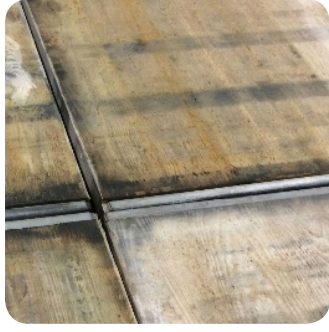
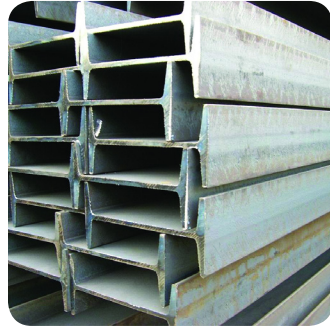
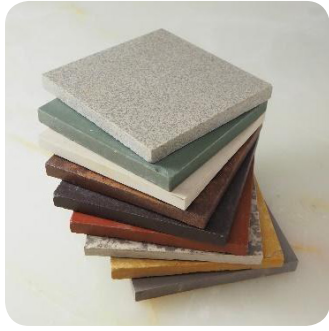


MATERIAAL- FICHES

TOOLKIT HERGEBRUIK



MATERIAALFICHES: ALGEMENE INLEIDING



BUITENAANLEG EN WEGEN

- Kasseien
- Boordstenen in natuursteen
- Kleiklinkers, straatbakstenen
- Houten panelen, type 'steenschotten'
- Scheepshout



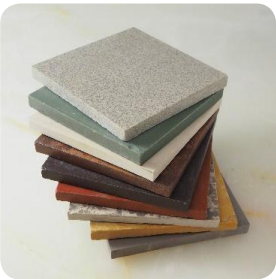
RUWBOUW EN BOUWSCHIL

- Massief constructiehout met rechthoekige dwarsdoorsnede
- Constructieve elementen van gelijmd gelamelleerd hout
- Stalen liggers
- Barnwood, schuurhout
- Volle keramische baksteen
- Kleidakpannen
- Natuurleisteen
- Natuurstenen dorpels
- Natuurstenen muurdeksels
- Natuurstenen platen voor muurbekledingen



SCHRIJNWERK

- Brandwerende binnendeuren
- Binnendeur - Houten paneel deur



BINNENAFWERKING

- Ongeglazuurde keramische tegels - gres porcellanato
- Keramische wandtegels - faience
- Tegels op basis van cement
- Ongeglazuurde terracotta tegels
- Parket en plankenvloeren in massief hout
- Verhoogde vloeren
- Vloerbedekkingen van textiel
- Natuurstenen vloertegels
- Natuurstenen tabletten



UITRUSTING

- Toiletten
- Hangurinoir
- Individuele en collectieve wastafels (en uitgietbakken)
- Gietijzeren radiatoren
- Radiatoren uit plaatstaal, roestvrij staal of aluminium



ELEMENTEN VAN CEMENTBETON

- Inleiding tot het hergebruik van elementen van cementbeton
- Betonbreuksteen
- Betonklinkers en -tegels
- Betonwanden

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



1. Inleiding: waarom deze fiches?

Het hergebruik van bouwmaterialen houdt tal van voordelen in op ecologisch, sociaal-economisch en cultureel vlak. Het is een zeer belangrijke stap in de omschakeling naar een meer circulaire bouwsector.

Ondanks de vele positieve aspecten van hergebruik worden projectteams die bouwmaterialen willen hergebruiken in hun projecten vaak geconfronteerd met vragen waar ze niet meteen een antwoord op kunnen vinden:

→ *Welke bouwmaterialen zijn geschikt voor hergebruik?*

→ *Waar kan men deze materialen vinden?*

→ *Wat zijn de eigenschappen van deze materialen en hoe kunnen die worden beoordeeld?*

→ *Hoe kunnen deze materialen worden geïntegreerd in de technische documentatie, met name in de bestekken?*

Deze collectie fiches is een poging om zoveel mogelijk beschikbare informatie te verzamelen over veelvoorkomende en relatief recente materialen, om projectteams te helpen antwoorden te vinden op hun vragen. Het doel van deze fiches is het hergebruik van bouwmaterialen te bevorderen door het aanreiken van de nodige kennis omtrent de mogelijkheden en praktische kant van zaken.

Wij hebben hiervoor verschillende bronnen aangewend: technische documentatie, geharmoniseerde normen, beschikbare literatuur, maar ook interviews met professionele leveranciers van hergebruikmaterialen en de feedback uit circulaire voorbeeldprojecten.

Deze inleidende fiche verzamelt de algemene informatie die van toepassing is op alle materialen. Ze beschrijft eveneens de methodologische keuzes die gemaakt werden bij het opstellen van de materiaal fiches.



Reinigen en sorteren van gerecupereerde bakstenen



2. Wat is de structuur van deze fiches?

Elke fiche behandelt een specifiek materiaal, is ingedeeld in verschillende hoofdstukken en bespreekt de belangrijkste vragen die worden gesteld inzake hergebruik.

2.1. Beschrijving

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van de voornaamste kenmerken van het desbetreffende hergebruikmateriaal. Hoe wordt het geproduceerd? Waar en in welke vorm wordt het gewoonlijk gevonden? Hoe kan het worden herkend?

Daarnaast worden hier praktische aspecten besproken zoals de meest voorkomende formaten, kleuren en texturen, de samenstelling van de materialen, etc.

2.2. Recuperatie

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de belangrijkste aandachtspunten in verband met een zorgvuldige recuperatie: waarop moet worden gelet en wat zijn de verschillende stappen van het demontageproces?

Het is doorgaans een goed idee beroep te doen op bedrijven die gespecialiseerd zijn in de demontage en recuperatie van materialen. Zij kunnen werken in het kader van een afzonderlijke opdracht of als onderaannemer van de algemene aannemer betrokken bij het project.

Voor het opstellen van een inventaris van de herbruikbare materialen in een bestaand gebouw verwijzen we naar de documentatie die hierover werd opgesteld in het kader van het [FCRBE](#) project ¹.

Wat betreft het uitschrijven van een publieke aanbesteding voor demontages met het oog op hergebruik verwijzen we naar het [Vademecum voor hergebruik ex situ](#) ².

2.3. Toepassingen en plaatsing

Hier worden de meest courante toepassingen beschreven voor het hergebruik van het materiaal in kwestie, aangevuld met informatie met betrekking tot de plaatsing ervan:

→ *Recuperatie en verkoop door professionele bedrijven*. De materialen die opnieuw te koop worden aangeboden door professionele handelaars zijn gewoonlijk gereinigd, ge-

sorteerd en soms ook bewerkt waardoor ze doorgaans klaar voor plaatsing op de werf geleverd worden. In dit geval verschilt hun plaatsing niet van die van hun nieuwe equivalenten en verwijzen we graag door naar de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

→ *Bijzonderheden van hergebruik*. In bepaalde gevallen kan het werken met een hergebruikmateriaal een invloed hebben op de plaatsing. Specifieke kenmerken zoals de aanwezigheid van mortelresten, de behandelingen die het materiaal heeft ondergaan tijdens vroegere gebruiksfases, tekenen van slijtage, etc. kunnen een invloed hebben op de toe te passen plaatsingsmethode. Deze aandachtspunten worden in de fiches behandeld.

In het algemeen worden ontwerpers aangemoedigd te kiezen voor plaatsingsmethodes die de integratie van hergebruikmaterialen vergemakkelijken en waardoor de lotten maximaal benut kunnen worden. Het aanvaarden van variaties in afmetingen of sporen van oppervlakkige slijtage is vaak een doeltreffende manier om meer gerecupereerde materialen te valoriseren en afval te beperken.

Sommige gerecupereerde bouwmaterialen kunnen op de meest uiteenlopende manieren gebruikt worden terwijl andere geschikt zijn voor een beperkter aantal toepassingen. Zo kan de ene tegel bijvoorbeeld zowel als vloer- als als muurbekleding gebruikt worden terwijl andere tegels, vanwege hun dikte, enkel als vloerbedekking kunnen worden gebruikt. Deze informatie wordt gedetailleerd beschreven in de fiches. De ontwerpers kunnen uiteraard altijd meer verregaande, alternatieve toepassingen bedenken dan wat wordt beschreven in de fiches. In dat geval is het aan hen om een passend kader voor deze specifieke situaties te creëren.

2.4. Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Zie ook hoofdstuk 3 omtrent de geschiktheid voor beoogd gebruik van een hergebruikmateriaal.

De geschiktheid voor beoogd gebruik wijst op het vermogen van een bouw materiaal om te voldoen aan de vereisten specifiek aan een bepaalde toepassing. Dit wil zeggen dat een bepaald prestatieniveau bereikt



Gelamelleerde houten balken geïntegreerd in een nieuw project

moet worden voor de relevante materiaaleigenschappen.

Het is ten allen tijde de verantwoordelijkheid van het projectteam om er op toe te zien dat de gekozen materialen effectief voldoen aan de prestatie-eisen voor een bepaald gebruik. Met andere woorden, wanneer de voorschriften bepaalde prestatie-eisen opleggen aan een product of materiaal, is het aan het projectteam om te verzekeren dat het materiaal aan deze eisen voldoet. Als er geen specifieke voorschriften bestaan, is het aan het projectteam om zelf een product of materiaal te selecteren waarvan de prestaties beantwoorden aan het beoogde gebruik.

Het bepalen en meten van de eigenschappen van hergebruikmaterialen kan een alternatieve aanpak vereisen. In tegenstelling tot nieuwe materialen die in grote hoeveelheden worden geproduceerd en waarvan de technische eigenschappen worden gemeten en aangegeven door de producent bij de verkoop, bestaat er niet altijd een dergelijke documentatie voor gerecupereerde materialen. In dat geval moeten de nodige gegevens op een andere manier bekomen worden.

Elke fiche bevat een lijst met de eigenschappen die relevant zijn om na te gaan naargelang het beoogde gebruik. Voor het opstellen hiervan baseren we ons op de Europese technische normen (of productnormen) ³. Hoewel deze normen hergebruik doorgaans niet behandelen zijn de overwegingen specifiek aan een bepaald gebruik zeer verhelderend. We hebben deze lijst aangevuld met de beschikbare informatie specifiek voor hergebruikmaterialen die kan helpen hun geschiktheid voor een bepaald gebruik te beoordelen.

¹ FCRBE, *Een gids voor het identificeren van bouwproducten met potentieel voor hergebruik*, 2020.

² Rotor (S. SEYS, L. BILLIET). *Vademecum voor hergebruik buiten de bouwsite. De recuperatie van bouwmaterialen uit publieke gebouwen haalbaar maken*, Brussel, 2015.



Sommige eigenschappen kunnen echter niet op een algemene manier worden vastgesteld. Hiervoor moet een aanpak op maat worden voorzien. Tot slot dient te worden opgemerkt dat bepaalde materialen door geen enkele technische norm worden gedekt (bijv. steenschotten, deze elementen zijn van origine geen bouw materiaal).

2.5. Hergebruikindicatoren

Dit hoofdstuk bevat informatie met betrekking tot drie aspecten:

1. **Beschikbaarheid van de materialen bij professionele hergebruikhandelaars.** De meeste materialen die worden beschreven in deze fiches zijn beschikbaar bij gespecialiseerde hergebruikhandelaars. Hun beschikbaarheid hangt af van de hoeveelheden die men nodig heeft binnen een bepaald project. Wij geven in elke fiche een grootteorde aan van de courant beschikbare hoeveelheden.
2. **Richtprijs.** Dit is de prijs van de materialen op de hergebruikmarkt (bij gespecialiseerde handelaars, online via tweedehandsites, etc). De bedragen kunnen evenwel variëren naargelang de geografische locatie, het historische karakter en de kwaliteit van de materialen.
3. **Impact op het milieu.** Het hergebruik van bouwmaterialen is doorgaans interessant vanuit een ecologisch standpunt. Het biedt de mogelijkheid de levensduur van bestaande materialen te verlengen waardoor de milieu-impact door de productie van nieuwe materialen wordt vermeden.

Wat betreft dat laatste punt beperken we ons tot een evaluatie van de impact op de klimaatverandering en spitsen we ons in deze fiches toe op de broeikasgasemissies die worden vermeden (in kg CO₂ equivalent). Andere milieueffecten kunnen uiteraard ook beschouwd worden, zoals de emissie van fijne deeltjes, de toxiciteit, de eutrofiëring van water, de uitputting van de grondstoffen, etc.

We baseren ons op de gegevens over de impact van de productie van equivalente nieuwe materialen zoals opgenomen in hun milieuproductverklaringen (EPD databank en



Gespecialiseerde handelaar in hergebruikdeuren

gelijkaardige documentatie, naargelang het land). Het in rekening brengen van de emissies tijdens de productiefase (A1-A3) geeft ons een algemeen idee geeft van de 'koolstofwinst' die geboekt wordt door hergebruik.

Dit principe berust dus op de logica waarbij de vermeden impact wordt berekend, m.a.w. de impact die niet heeft plaatsgevonden als gevolg van een specifieke actie (in dit geval het hergebruik van een bestaand materiaal in plaats van de productie van een nieuw materiaal).

Deze logica wordt reeds toegepast in verschillende contexten. Bijvoorbeeld:

→ In bepaalde milieucertificatiesystemen voor gebouwen, zoals het Franse BBKA-label. Deze gaan ervan uit dat, in de globale berekening van de emissies tijdens de volledige levenscyclus van een gebouw, de impact van de productie van een materiaal genegeerd kan worden wanneer er sprake is van hergebruik.

→ In beslissingsondersteunende instrumenten, met name het Belgische 'Totem'.

→ In de door de Europese Commissie voorgestelde formule voor de evaluatie van de ecologische voetafdruk van een product (die onder andere de vermeden impact in rekening brengt gelinkt aan het vervangen van primaire grondstoffen) ⁴.

Er dient echter te worden genoteerd dat deze logica niet gelijkwaardig is aan de inspanningen nodig om een gedetailleerd profiel op te stellen van de milieu-impact van een product. De hier voorgestelde benadering dient niet als vervanging van een milieuproductverklaring. Ze is niet gebaseerd op gedetail-

leerde levenscyclusanalyses (LCA) waarbij de bewerkingen op de gerecupereerde materialen voorafgaand aan hun hergebruik in rekening worden gebracht. In sommige gevallen hebben deze operaties een niet te verwaarlozen impact op het milieu.

Deze benadering houdt ook geen rekening met de fases die volgen op de productie (vervoer, plaatsing, onderhoud, einde van de levensduur). Het kleine aantal levenscyclusanalyses die zijn uitgevoerd voor hergebruikmaterialen tonen evenwel aan dat het niet tijdens deze fases is dat de belangrijkste milieuwinsten door hergebruik geboekt worden. Hergebruikmaterialen doorlopen immers deze stappen op een gelijke manier als nieuwe materialen (hoewel er specifiek voor vervoer niet vergeten mag worden dat nieuwe equivalenten soms erg grote afstanden afleggen).

Tenslotte baseren wij ons zoveel mogelijk op verschillende bronnen. Deze vertonen soms aanzienlijke verschillen.

De gegevens in deze fiches mogen in geen geval worden beschouwd als absolute waarden. Ze moeten worden begrepen als grootteordes die kunnen helpen bij het besluitvormingsproces.



Gedemonteerde kleidakpannen

³ Van Europese productnormen wordt gezegd dat ze 'geharmoniseerd' zijn wanneer de technische specificaties van het product voor alle lidstaten gemeenschappelijk zijn. Wanneer een product niet onder een geharmoniseerde norm valt, wordt het meestal omkaderd door een Europese norm die in een meer specifieke, nationale regelgeving werd omgezet. In dat geval kunnen er aanzienlijke verschillen optreden tussen lidstaten (bijvoorbeeld wat betreft de testmethode om een specifieke eigenschap van een materiaal te bepalen). Deze fiches baseren zich voornamelijk op de Belgische normen. Houd er rekening mee dat normen voortdurend evolueren en dat steeds de meest recente versie geraadpleegd dient te worden.

⁴ Commission Recommendation of 9 April 2013 on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations (2013/179/EU).

**Het specifieke geval van hergebruik van materialen uit en op basis van hout (of andere organische producten).**

Het beoordelen van het effect van materialen uit of op basis van hout op de klimaatverandering is vrij complex. Naast de klassieke parameters die bij een levenscyclusanalyse worden beschouwd, moet hier ook de biogene koolstof in rekening worden gebracht. Dit is de CO₂ die planten door fotosynthese opnemen uit de atmosfeer en omzetten in koolhydraten en zuurstof. Dit maakt van bomen belangrijke koolstofreservoirs, zelfs wanneer ze worden gekapt en verwerkt tot consumptiegoederen. Om deze reden wordt de productiefase van producten op houtbasis in levenscyclusanalyses vaak negatief uitgedrukt: de negatieve waarde heeft betrekking op de hoeveelheid koolstof die door de plant opgenomen is geweest en vastgehouden wordt (de biogene koolstof dus). Deze redenering is slechts geldig onder twee voorwaarden:

1. Het gebruikte hout moet afkomstig zijn uit duurzaam beheerde bossen. Het in rekening brengen van de biogene koolstof is slechts gerechtvaardigd wanneer elke gekapte boom gecompenseerd wordt door het planten van een nieuwe boom. Duurzaam bosbeheer dient ook rekening te houden met het tempo van het natuurlijke herstel van de plekken waar het hout gewonnen wordt. Ondanks lokale inspanningen inzake duurzaam bosbeheer neemt het globale bosbestand af om plaats te maken voor verstedelijking en landbouwgrond.
2. Producten op houtbasis mogen de biogene koolstof niet te snel weer vrijgeven. Dit betekent dat de producten zo lang mogelijk in omloop moeten blijven opdat ze hun rol als koolstofreservoirs kunnen blijven vervullen en geen broeikasgassen uitstoten (in de vorm van CO₂ en/of methaan).

In dit opzicht speelt het hergebruik van houten elementen een belangrijke rol in het garanderen van de koolstofopslag in de bebouwde omgeving. Hergebruik is het alternatief bij uitstek voor verbranding of verwerking tot biomassa.

De beoordeling van de globale milieueffecten van gerecupereerde houten bouwelementen moet echter ook het transport in rekening brengen. Sommige loten gerecupereerd hout (bv. 'barnwood') die in Noordwest-Europa verkrijgbaar zijn worden ingevoerd uit Noord-Amerika of Zuidoost-Azië. Deze lange afstanden hebben hun weerslag op de totale balans. In sommige gevallen kan het interessanter zijn beroep te doen op lokale bronnen die zich inzetten voor verantwoord bosbeheer dan gerecupereerd hout te importeren.

Tegelijk is het belangrijk te wijzen op de erfgedwaarde van houten elementen en op het feit dat de hergebruikmarkt kan worden beschouwd als een bron van houtsoorten die nieuw lokaal niet voorhanden zijn (bv. Azobé hout uit maritieme toepassingen). Deze elementen zijn moeilijk in cijfers uit te drukken en overstijgen enigszins de beoordeling van hun ecologische voetafdruk.

Samenvattend kan men stellen dat in de meeste gevallen het hergebruik van houten elementen de levensduur van de reeds bestaande materialen verlengt en daardoor de opslag van biogene koolstof in houten bouwelementen in stand houdt. Daarbovenop is het eveneens een strategie die helpt om de huidige druk op het bosbestand te verlichten.



Gerecupereerde houten vloerplanken



3. De geschiktheid voor beoogd gebruik van een hergebruikmateriaal

De geschiktheid voor beoogd gebruik wijst op het vermogen van een gerecupereerd bouw materiaal of -element om te voldoen aan de vereisten van een specifieke toepassing. Deze vereisten kunnen twee vormen aannemen ⁵:

1. **Regelgeving.** Dit zijn niet-onderhandelbare vereisten die zijn bepaald door de wetgever (bv. fundamentele eisen op Europees niveau, stedenbouwkundige eisen op regionaal niveau, etc.). Ze hebben betrekking op algemene principes zoals de veiligheid en gezondheid van personen, de stabiliteit van gebouwen, brandveiligheid, beperking van de emissie van giftige stoffen, stevigheid van de structuur, toegankelijkheid voor personen met beperkte mobiliteit, thermische en akoestische isolatie, etc. Sommige van deze vereisten worden uitgedrukt door te verwijzen naar technische normen (bv. de Eurocodes).
2. **Contractueel.** Dit zijn vereisten die worden bepaald door het projectteam in de context van een specifiek project. Deze kunnen betrekking hebben op afmetingen, uiterlijk, kleur van de materialen, etc. In bestekken wordt dikwijls verwezen naar de technische normen om deze vereisten uit te drukken.

De vereisten verbonden aan een specifiek gebruik worden bepaald door de geldende normatieve en wetgevende kaders opgelegd door de lidstaten, en door de regels van de kunst in de bouwsector. Deze vereisten zijn hetzelfde voor hergebruikmaterialen als voor nieuwe materialen. In beide gevallen moeten de ontwerpers ervoor zorgen dat ze materialen kiezen waarvan de eigenschappen voldoen aan de specifieke vereisten van een bepaalde toepassing. Het kennen van alle wettelijke bepalingen blijft de verantwoordelijkheid van elk projectteam en/of opdrachtgever.

De technische documentatie van nieuwe producten (prestatieverklaring, Europese technische beoordeling, CE-markering, etc.) maakt het gemakkelijk hun geschiktheid voor beoogd gebruik te controleren ⁶. Dit geldt niet altijd voor gerecupereerde materialen.

Om hun geschiktheid na te gaan is er informatie nodig over:

- de oorspronkelijke eigenschappen van het materiaal in kwestie.
- de eventuele wijzigingen die het materiaal heeft ondergaan tijdens eerdere gebruiksfases: slijtage, progressieve vorming van restproducten, fysisch-chemische vervormingen, etc.

Afhankelijk van de aard en de mate van deze wijzigingen kunnen de prestaties van het materiaal worden beïnvloed en de toepassingsmogelijkheden ervan worden beperkt. In sommige gevallen kunnen ze hergebruik volledig in de weg staan.

Het zou verkeerd zijn hergebruikmaterialen te beschouwen als materialen met minder kwaliteiten dan hun nieuwe tegenhangers. Integendeel, in sommige gevallen hebben ze zeer interessante technische kenmerken. Maar ze beschikken over het algemeen niet over een technische fiche waarin al hun eigenschappen en prestaties nauwkeurig zijn vastgelegd.

Hoe kan men dan zeker zijn dat ze geschikt zijn voor een bepaalde toepassing? Naargelang het type materiaal en de eisen waaraan het moet voldoen zijn er verschillende, complementaire manieren van aanpak mogelijk. De precieze procedure zal afhangen van de specifieke aspecten per project en de eisen die door de verzekeraars en de technische inspectiediensten worden gesteld.



Behandeling van de materialen

3.1. Garanties van professionele hergebruikhandelaars

De professionele hergebruikhandelaars zijn een essentiële schakel in de keten van handelingen die leidt tot het hergebruik van een materiaal. Ze zorgen niet alleen voor de opslag en de commercialisering van de materialen, maar ze voeren ook een aantal bewerkingen uit op de gerecupereerde materialen: reinigen, sorteren, beschrijven van de materialen, etc.

Deze handelaars zijn toegewijd aan hun praktijk. De meeste leveranciers kunnen bepaalde zaken garanderen, zoals de homogeniteit van een lot met betrekking tot de samenstelling of de afmetingen van een materiaal, de kwaliteit van de reiniging of de volledigheid van de partijen.

Sommigen gaan nog verder en bieden commerciële garanties aan met betrekking tot bepaalde kenmerken van de verkochte producten. Bijvoorbeeld: sommige leveranciers van gietijzeren radiatoren voeren druktesten uit en garanderen zo de waterdichtheid van de gerestaureerde radiatoren. Leveranciers van gerecupereerde stalen profielen voeren tests uit om de sterkte van de elementen te beschrijven. Verkopers van verhoogde vloertegels kunnen performanties garanderen die gecertificeerd zijn door erkende instellingen. Leveranciers van bakstenen kunnen de druksterkte en porositeit van de courante types meedelen. En verkopers van materialen voor buitenaanleg stellen gedetailleerde technische fiches op over hun producten.

Het komt echter zelden voor dat deze handelaars een nauwkeurig overzicht geven van alle eigenschappen voor alle materialen die ze verkopen. De reden hiervoor is dat ze vaak werken met relatief verschillende loten en met aanzienlijk kleinere hoeveelheden dan doorgaans het geval is bij de industriële productie van nieuwe materialen. In deze context is het onmogelijk systematische tests uit te voeren.

⁵ Florence Poncelet, Morgane Deweerdt, Jeroen Vrijder, « Réemploi des matériaux : comment justifier leurs performances techniques ? » in CSTC Contact, 2020/1, p. 23-26.

⁶ Sinds de invoering van de *Bouwproductenverordening (BPV)* en de harmonisatie van de productnormen worden de technische specificaties voor veel bouwproducten niet langer door elke lidstaat omgezet en aangepast. De essentiële eigenschappen van producten die onder een geharmoniseerde norm vallen en de manier waarop hun prestaties worden bepaald zijn in elke lidstaat hetzelfde.



3.2. Zorgvuldige inspectie

Voor sommige eigenschappen kunnen eenvoudige metingen worden verricht door de leveranciers, aannemers of de opmakers van inventarissen. Denk bijvoorbeeld aan afmetingen, kleur, massa, enz.

Een grote hoeveelheid (kleine en grote) wijzigingen ten opzichte van de originele staat van het materiaal kunnen ook visueel worden gedetecteerd: aanwezigheid van aanslag, uitbloeiingen, slijtage, afschilfering, sporen van impact, schimmelvorming, barsten, verkleuringen, etc. Sommige wijzigingen zijn echter onzichtbaar voor het blote oog (haarscheurtjes, metaalmoetheid, etc.).

Als een visuele inspectie niet volstaat kunnen andere snelle manieren van controle worden uitgevoerd. Dakleggers hebben bijvoorbeeld de gewoonte tegen de dakpannen te tikken om de aanwezigheid van interne barsten te detecteren aan de hand van het geluid dat ze maken.

Tenslotte kunnen een aantal technische eigenschappen worden bepaald of gecontroleerd op basis van gegevens die relatief gemakkelijk te meten zijn. Zo kan de elasticiteitsmodulus van een stalen element worden afgeleid uit de hardheid van het staal. Dergelijke benaderingen kunnen interessant zijn als de desbetreffende tests eenvoudiger en goedkoper kunnen worden uitgevoerd.

3.3. Oorspronkelijk gebruik

Deze aanpak werkt bijzonder goed wanneer het mogelijk is de partijen te inspecteren voordat ze worden gedemonteerd. In dat geval gaat het erom zoveel mogelijk nuttige informatie over het materiaal te verzamelen: is het correct geïnstalleerd geweest, in welke context, aan welke lasten werd het onderworpen, werd het correct onderhouden, wat waren de oorspronkelijke klimatologische en hygrometrische condities, etc.?

Alle gegevens kunnen nuttig zijn om de geschiktheid voor hergebruik correct te kunnen beoordelen. Het opstellen van een inventaris die het hergebruikpotentieel van de beschikbare elementen beschrijft is een goede stap om deze gegevens te verzamelen.

Deze taak kan gepaard gaan met het opzoeken van documentatie in de as built dossiers, de oorspronkelijke technische fiches, de onderhoudsplannen en bepaalde historische archieven (gespecialiseerde persberichten, fotoreportages, etc.).

3.4. Tests

Sommige materiaaleigenschappen kunnen niet met voldoende zekerheid en nauwkeurigheid worden bepaald op basis van de hierboven beschreven methodes. In dat geval moeten laboratoriumtests door erkende instellingen worden uitgevoerd.

De kosten van deze tests variëren naargelang de uit te voeren metingen en de nodige staalnames.

In het geval van een door een professionele verkoper geleverde partij materiaal wordt aanbevolen de tests op tegensprekelijke wijze uit te voeren, d.w.z. in aanwezigheid van de koper en de verkoper. Indien mogelijk moeten er verschillende, gespreide monsters worden genomen om gemiddelde waardes te verkrijgen. Meestal helpen de gecertificeerde testinstellingen de correcte monsterneming te bepalen.

3.5. Voorzorgsmaatregelen met betrekking tot gevaarlijke stoffen

Sommige gerecupereerde bouwmaterialen kunnen verontreinigd zijn met gevaarlijke stoffen. Bijvoorbeeld: impregneermiddelen voor hout die arsenicum of PCP (pentachloorfenol) bevatten, verf op basis van lood of cadmium, materialen die asbest bevatten, houten vloeren die zijn geplaatst met een kleefmiddel dat teer bevat, etc.

Sinds het einde van de 20e eeuw is door nieuwe regelgeving een strikt kader vastgelegd dat het gebruik van veel giftige stoffen beperkt of verbiedt. In sommige gebouwen bevinden er zich echter nog materialen die dateren van vóór de opstelling van deze reglementen en die dus een toxicologisch gevaar kunnen inhouden. De toepassingen van gevaarlijke stoffen zijn variabel en veelvoudig. In de mate van het mogelijke bespreken wij de vaakst voorkomende gevallen per materiaal in elk van de fiches.

Hier volgen een aantal algemene principes die kunnen helpen om per project een correcte aanpak te bepalen:

→ **Respect voor de geldende wetgeving:** asbesthoudende materialen moeten bijvoorbeeld worden geregistreerd voor afbraak/renovatie en ze moeten worden beschouwd als gevaarlijk afval bij hun verwijdering. De verwijdering wordt gewoonlijk uitgevoerd door erkende bedrijven volgens een nauwgezette procedure. Het hergebruik van deze materialen is derhalve verboden.

→ **Risicoanalyse:** bij twijfel is het raadzaam beroep te doen op een expert ter zake om het risiconiveau te bepalen, alsook de te nemen maatregelen. Deze beoordeling berust doorgaans op laboratoriumtests uitgevoerd op een aantal stalen.

→ **Reiniging:** bepaalde vormen van verontreiniging kunnen worden verholpen om de levensduur van een materiaal te verlengen. Dit is met name het geval voor verschillende oppervlakteverontreinigingen, zoals verf met zware metalen of teerhoudende kleefstoffen. Het verwijderen van deze lagen kan resulteren in een veilig materiaal dat zonder gevaar kan worden hergebruikt. Deze operaties moeten echter worden uitgevoerd in overeenstemming met de geldende milieu- en gezondheidsvoorschriften. Er zijn tal van professionals in de hergebruiksector die deze bewerkingen correct kunnen uitvoeren.

→ **Beperkingen op het gebruik:** sommige stoffen kunnen een risico inhouden bij bepaalde toepassingen (als binnenafwerking, in direct contact met de huid of voedingsstoffen, etc.) maar niet bij andere toepassingen (als buitenafwerking, buiten het bereik van de gebruikers, etc.). Het gebruik van deze materialen moet dus worden beperkt tot de toepassingen waarbij ze geen risico inhouden. Zo kan bijvoorbeeld een lot planken dat PCP (pentachloorfenol) uitstoot, geschikt zijn voor de bekleding van buitenmuren, op voorwaarde dat het risico van contact met de huid en voedingsstoffen beperkt blijft.

→ **Bescherming van de arbeiders:** de demontage van elementen die een risico inhouden vereist passende maatregelen om het blootstellingsrisico van de arbeiders te beperken.

→ **Behandeling voor hergebruik:** men dient er op toe te zien dat het gerecupereerde materiaal niet wordt verontreinigd met stoffen die mogelijk schadelijk zijn voor mens en milieu. Het in acht nemen van dit principe zal het toekomstige hergebruik van de elementen in kwestie vergemakkelijken. Bijvoorbeeld: het opnieuw schilderen van gietijzeren radiatoren met ecologisch verantwoorde verf die weinig VOS (vluchtige organische stoffen) bevat krijgt de voorkeur op verf op basis van polyurethaan.



3.6. Alternatieve ontwerpstrategieën

Last but not least, bij gebrek aan informatie of bij twijfel over de prestaties van een bepaald materiaal, kunnen er ook ontwerpstrategieën worden gevolgd die vertrekken van het cascadeprincipe: het hergebruiken van de materialen in minder veeleisende toepassingen dan oorspronkelijk het geval was.

Twijfelt u bijvoorbeeld aan de porositeit van een lot leistenen? Misschien kunnen ze worden gebruikt in een deel van het gebouw dat niet blootgesteld is aan de weersomstandigheden. Is het niet mogelijk alle prestaties van een stalen balk te meten? Dan kan hij misschien nog steeds worden gebruikt voor niet-structurele doeleinden in de binnenrichting. Beschikt u over een lot tegels die erg zijn afgeschilferd? Mogelijk kunnen ze worden gebruikt in ruimtes waar deze schoonheidsfoutjes mooi passen. Twijfelt u over de brandwerendheid van een deur? Waarom ze dan niet gebruiken in ruimtes waar deze vereiste niet geldt?

Ook strategieën gebaseerd op de principes van overdimensionering en redundantie zijn in deze context interessant.

Het is daarnaast sterk aanbevolen een vlotte communicatie te organiseren met de betrokken ingenieurs- en controlebureaus. Dit maakt het mogelijk de kosten correct in te schatten en te beheersen, en het ecologisch en economisch voordeel van de operatie te evalueren.



Zorgvuldige demontage van marmeren elementen



Gespecialiseerde handelaar in tapijttegels



LE BÂTI
BRUXELLOIS
SOURCE DE
NOUVEAUX
MATÉRIAUX

Cadre technique des matériaux de réemploi :
Comment justifier les performances techniques
des matériaux de réemploi ?

Mai 2021



Meer weten?

Technisch kader voor hergebruikmaterialen: Hoe kunnen de technische prestaties van hergebruikmaterialen worden verantwoord? Le Bâti Bruxellois : Source de nouveaux Matériaux (BBSM). Mei 2021. (document In het Frans)

<https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2021/06/annexe-16-WP6-cadre-technique-des-matériaux-de-reemploi.pdf>



4. Suggesties voor het voorschrijven van hergebruikmaterialen

In principe moet de informatie vermeld in de fiches (eventueel ondersteund door specifieke informatie ingewonnen door het projectteam) de bestekschrijvers in staat stellen om hergebruikoperaties in het bestek te formuleren.

Hier volgen enkele algemene overwegingen waarbij uiteenlopende situaties worden beschouwd.

Opgelet, deze suggesties zijn geen standaardclausules die ongewijzigd kunnen worden gekopieerd in een bestek. Iedere bestekschrijver moet ze aanpassen in functie van de specifieke aspecten per project.

4.1. Voorschrijven van een demontage voor hergebruik

Ongeacht of het gaat over hergebruik in situ of via de professionele hergebruikhandelaars is het noodzakelijk een zorgvuldige demontage van de loten in kwestie voor te schrijven.

Naargelang de organisatie van de bouw- of werf wordt de demontage uitgevoerd voor of tijdens de afbraak- of de algemene werken. In alle gevallen is het van belang het doel van de operatie duidelijk te preciseren (i.e. het toekomstige hergebruik van de elementen).

Indien nog niet uitgevoerd voorafgaand aan de werken kan aan de aannemer of een eventuele andere partij gevraagd worden een demontagetest uit te voeren om de haalbaarheid van de operatie na te gaan en het verliespercentage te kunnen inschatten.

In deze fase is het raadzaam te werken met Vermoedelijke Hoeveelheden (VH).

Bijvoorbeeld:

“Het lot [XYZ] wordt zorgvuldig gedemonteerd met het oog op een toekomstig hergebruik.

De aannemer zorgt ervoor dat het lot wordt gestockeerd in omstandigheden waarbij de integriteit van de materialen gewaarborgd wordt [eventueel de omstandigheden preciseren: vorstvrij / niet blootgesteld aan de weersomstandigheden / in een droge ruimte / beschermd tegen stof...].

Het lot wordt verpakt [de verpakkingsvereisten vermelden: op palletten / in dozen / ingesnoerd in pakketten van X stuks / in bulk...].

Het lot wordt gesorteerd volgens [de criteria specificeren: vorm / kleur / afmetingen / kwaliteit...].”

Bijvoorbeeld:

“Enkel de effectief gerecupereerde hoeveelheden worden betaald door de opdrachtgever.”

4.2. Voorschrijven van een demontage voor hergebruik in situ

In het geval van hergebruik in situ moet de taakverdeling zeer duidelijk worden bepaald.

Voorbeeld van een dergelijke verdeling:

“Demontage + opslag = verantwoordelijkheid van de afbraakaanemer.

Reiniging + plaatsing = verantwoordelijkheid van de algemene aannemer.”

Het is raadzaam de aannemers de mogelijkheid te laten beroep te doen op gespecialiseerde hergebruikhandelaars en andere dienstverleners voor de operaties die nodig zijn met het oog op hergebruik (bijvoorbeeld: bedrijven gespecialiseerd in ‘voorsloop’ of demontages).

In bepaalde gevallen dient men rekening te houden met de mogelijkheid dat de nodige bewerkingen (reinen, etc.) buiten de werf moeten worden uitgevoerd als de omstandigheden op de werf er zich niet toe lenen of

Bijvoorbeeld:

“Het lot [XYZ] dat moet worden geplaatst is afkomstig van een zorgvuldige demontage met het oog op hergebruik uitgevoerd in een vorig project / post [te preciseren].

Het lot heeft de volgende eigenschappen [preciseer het formaat, de kleuren, de eventuele bijbehorende elementen...].

De gerecupereerde elementen [XYZ] zijn in goede staat. De aannemer kan kennis nemen van de loten / stalen op de werf.

De elementen moeten worden [preciseer de verwachtingen: gereinigd / afgebeitst / gezandstraald / geschuurd / gecoat / behandeld tegen bepaalde zaken / verzaagd / gekalibreerd op bepaalde afmetingen...] voor ze worden geplaatst.

Deze bewerkingen zijn / zijn niet [te specificeren] omvat in deze post.

Er dient een overschot [een percentage of een absolute hoeveelheid vermelden] te worden voorzien voor toekomstige reparaties.

Vermoedelijke hoeveelheid (VH) in [te specificeren: m², stuks, m³, ton...] – netto oppervlakte – enkel de prijs van de plaatsing (exclusief de aankoop van het materiaal, reeds ter plaatse).”

als de materialen niet correct kunnen worden opgeslagen.

Het kan ook nuttig zijn te verwijzen naar de post omtrent de demontage in de clausule waar de plaatsing beschreven wordt.

Het kan contraproductief zijn een aannemer te verplichten een in situ gedemonteerd lot binnen hetzelfde project te hergebruiken, in het bijzonder als de demontage niet vooraf is bestudeerd. Het is immers de aannemer die opgescheept wordt met het risico op een tegenvallende demontage.

Om een dergelijke situatie te voorkomen, kan het nuttig zijn demontage en plaatsing op te splitsen in twee acties:

1. Leg de aannemer een *inspanningsverplichting* op om een zo groot mogelijke hoeveelheid van een bepaald materiaal te recupereren voor hergebruik (hetzij in situ, hetzij via de professionele hergebruikmarkt).
2. Geef de aannemer aan dat de te plaatsen materialen afkomstig moeten zijn van hergebruik (hetzij in situ, hetzij vanop de professionele hergebruikmarkt).



Demontage van een verhoogde vloer



Demontage van natuurstenen elementen



Demontage van keramische tegels



Zo zal de aannemer ertoe worden aangemoedigd het materiaal in situ te hergebruiken als de omstandigheden het toelaten, maar wordt hij/zij niet geblokkeerd als dat niet het geval is. De gedemonteerde materialen kunnen nog steeds elders een nieuwe toepassing vinden, eventueel via de hergebruikmarkt. En de hergebruikmarkt kan eveneens worden aangesproken voor de levering van een ander hergebruikmateriaal.

Bijvoorbeeld:

“Deze post heeft betrekking op de installatie van een lot hergebruik [XYZ]. Deze elementen moeten worden geleverd door de aannemer via een professionele leverancier / een andere sloopwerf / overige [te preciseren]. De aannemer licht de opdrachtgever in over de herkomst van het materiaal om zeker te zijn dat het geen imitatie hergebruik (verouderde nieuwe materialen) betreft.”

4.3. Voorschrijven van de plaatsing van een lot hergebruikmaterialen

In dit geval komt het lot van een externe bron. De aannemer kan zich daarvoor wenden tot een professionele hergebruikhandelaar of materialen voorstellen die afkomstig zijn van een andere actieve werf.

De bestekschrijver beschrijft vervolgens de vereisten:

- Beschrijving van het materiaal: samenstelling, type, etc.
- Afmetingen en dimensionale tolerantie.
- Uiterlijk: kleur, textuur, tint, etc.
- Verwachte niveau van reiniging.
- Tolerantie voor cosmetische imperfecties.
- (Niet) toegelaten vormen van wijziging of beschadiging.
- Andere vereiste prestaties.

Voorbeeld voor het hergebruik van keramische wandtegels:

“Het lot hergebruik keramische wandtegels bevat de volgende elementen: **effen gekleurde tegels / plinten / bovenranden**.... De afmetingen van de tegels zijn $X \times X \times X$ cm, met een tolerantie van $\pm XX$ mm. Ze hebben een **effen / decoratief / ... uiterlijk en een homogene kleur [te preciseren]** of tint [te preciseren]. De aanwezigheid van **craquelé is / is niet toegelaten [eventueel de voorwaarden vermelden: al dan niet enkel de oorspronkelijke craquelé]**. Het geleverde lot is homogeen: het bevat enkel keramische wandtegels. De tegels worden geleverd in goede staat en volledig ontdaan van mortelresten **op de achterzijde / de voegen / de achterzijde en de voegen**. De afschilfering aan de randen mag niet groter zijn dan XX mm² per tegel [eventueel een schema of tekening toevoegen].

De voorbereiding van de onderlaag (pleisterwerk en reparaties), het voegen en de afwerking zijn omvat in deze post.

Vermeedelijke hoeveelheid (VH) in m² – netto oppervlakte.”

De bestekschrijver kan de aandacht van de aannemer vestigen op het bestaan van een professionele hergebruikmarkt door te verwijzen naar de online databanken die de sector documenteren zoals opalis.eu of salvoweb.com.

De clausules omtrent de demontage en/of plaatsing moeten in overeenstemming zijn met de administratieve clausules van het bestek. Indien nodig moeten die laatste worden aangepast om een correct kader te bieden voor de hergebruikoperaties.



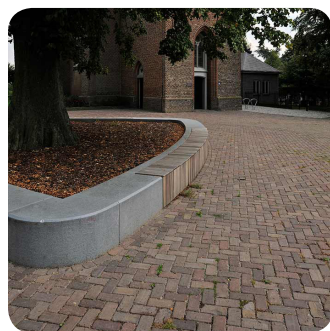
Aanwezigheid van mortelresten

Trouver des prestataires spécialisés

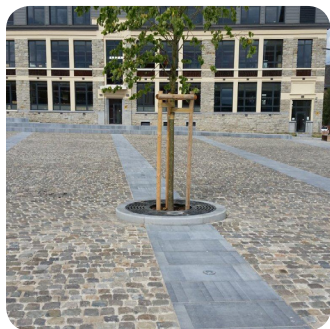
salvoweb.com

opalis.eu

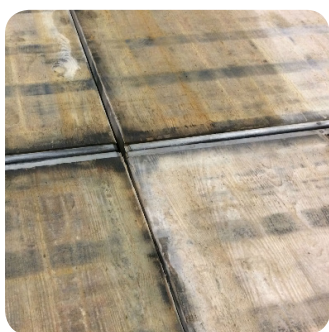
En tenslotte, vergeet ook zeker niet in de meetstaat en op de uitvoeringsplannen de posten aan te duiden waarop hergebruik van betrekking is!



BUITENAANLEG EN WEGEN



- Kasseien
- Boordstenen in natuurstee
- Kleiklinkers, straatbakstenen
- Houten panelen, type 'steenschotten'
- Scheepshout



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Kasseien worden al eeuwenlang (her)gebruikt. Lange tijd waren ze het materiaal bij uitstek voor de aanleg van wegen en openbare ruimtes. Vanaf de jaren 1900 werden ze echter vervangen door wegdekken uit beton en derivaten uit de aardolie-industrie. Maar de laatste decennia wint de kassei terug aan populariteit bij stedenbouwkundigen, onder meer voor erfgoedprojecten.

Hoewel de kassei een toonvoorbeeld is van circulariteit (kasseien werden in de loop van de geschiedenis veelvuldig hergebruikt), bevindt het materiaal zich vandaag in een enigszins paradoxale situatie. Europa importeert namelijk grote hoeveelheden nieuwe kasseien (voornamelijk uit Azië), terwijl het een aanzienlijk deel van zijn voorraad oude kasseien naar alle uithoeken van de wereld exporteert.

Ondanks deze ontwikkelingen worden recuperatiekasseien nog steeds relatief veel gebruikt voor openbare werken en in de bouwsector. Er bestaan heel wat gevestigde bedrijven die gespecialiseerd zijn in recuperatie en herverkoop van kasseien. Naast het sorteren, reinigen en verpakken van de oude kasseien, onderzoeken sommige bedrijven ook nieuwe pistes om tegemoet te komen aan de eisen die stedenbouwkundigen tegenwoordig stellen, bijvoorbeeld door technieken te ontwikkelen om oude kasseien te verzagen of door nieuwe toepassingen te bedenken.

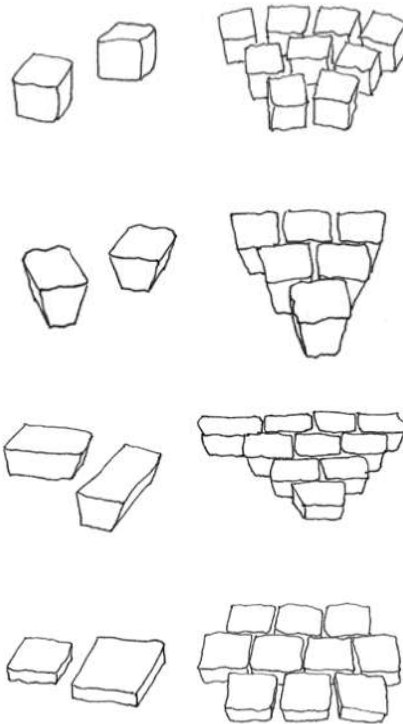
Deze fiche is hoofdzakelijk gericht op het gebruik van kasseien voor binnen- en buitenaanleg (omgevingswerken), met uitzondering van openbare wegen (voor deze laatste gelden er bijzondere specificaties).

Merk op dat de term 'kassei' wordt gebruikt voor een grote verscheidenheid aan stenen die sterk van elkaar verschillen. In het algemeen kunnen we stellen dat kasseien harde, rechthoekige blokken zijn die naast elkaar worden gelegd en zo een vloerbedekking vormen. Er bestaan ontelbaar veel variëteiten kasseien, afhankelijk van de volgende parameters:

→ **Formaat.** Er bestaat een zeer grote verscheidenheid aan kasseiformaten naargelang hun jaar en regio van productie, en hun toepassing. Dit zijn enkele veelvoorkomende types op basis van hun courante afmetingen en proporties (Figuur 1).

Naast de vele formaten bestaan er ook tal van specifieke benamingen die vaak verwijzen naar een combinatie van regio, formaat, type gesteente en/of specifieke bewerking. Enkele voorbeelden: pavés du Roy (Franse kassei uit grès van 23 x 23 x 23 cm), Napoleonkoppen (Franse kassei uit grès van 20 x 20 x 20 cm), Boerenkasseien in België en Nederland, Yorkstone setts in het Verenigd Koninkrijk, Sampietrini in Italië, etc.

afhankelijk van de afwerking van de kassei, zoals de slipweerstand en de slijtsterkte, zijn bepalend voor hun toepassing (bv. een voetpad geschikt voor personen met beperkte mobiliteit, etc.). De spanningen waaraan de kasseien blootgesteld worden bij gebruik kunnen ervoor zorgen dat het dagvlak geleidelijk aan verzoet of begint te glanzen.



Mozaïekkasseien (kubieke of bijna kubieke vorm): gelijke zijdes van 7 tot 12 cm voor dagvlak en staartheogte (dikte). In de praktijk worden partijen mozaïekkasseien zelden gesorteerd en kunnen ze ook trapeziumvormige stenen bevatten die afkomstig zijn uit waaierverbanden.

Vierkante kasseien (kubieke vorm): 13 x 13 cm, 15 x 15 cm, 17 x 17 cm, 20 x 20 cm, voor een staartheogte tussen 11 en 20 cm. Kenmerkend voor deze kasseien is dat ze naar de basis (onderkant) taps toelopen (vermindering van max. 1,5 cm langs elke zijde).

Rechthoekige kasseien (rechthoekige vorm) 9 x 14 cm, 11 x 17 cm, 14 x 20 cm, voor een staartheogte tussen 10 en 15 cm. Sommige modellen zijn ook taps toelappend.

Platines (platter formaat): 12 x 12 cm, 14 x 14 cm, 16 x 16 cm, voor een staartheogte tussen 5 en 10 cm. Deze kasseien worden doorgaans voor voetpaden gebruikt. Sommige modellen zijn ook taps toelappend.

Figuur 1. Belangrijkste gangbare afmetingen en verhoudingen

→ **Geologische herkomst.** Er worden verschillende soorten gesteenten gebruikt voor de productie van kasseien. Los van de grote petrografische families waartoe ze behoren, is ook de oorsprong van de gesteenten heel divers.

→ **Kleuren.** De diversiteit van de gesteenten wordt weerspiegeld in een brede waaier aan kleuren. Eenzelfde gesteente kan bovendien verschillende tinten vertonen. De insluitsels hebben specifieke benamingen (aders, korrels, lagen, gaten, etc.).

→ **Textuur en afwerking.** De meer of minder opvallende textuur van de kasseien is afhankelijk van het gesteente en de productietechnieken (gekloofd, bewerkt met een afkaphamer, gezaagd). Het dagvlak (zichtbare zijde) kan gebogen, vlak of onregelmatig zijn als de kassei niet behandeld werd, en glad en vlak indien hij gezaagd werd. De prestaties

Magmatische gesteenten

Graniet
Basalt
Porfier

Metamorfe gesteenten

Gneis
Knikkers
Kwartsiet

Sedimentaire gesteenten

Zandsteen
Kalksteen
Zandsteen kalksteen



Recuperatie van het materiaal

Kasseiverhardingen worden voornamelijk voor buitentoepassingen gebruikt zoals wegen, pleinen, terrassen, opritten, en ook voor keermuren en kleine muurtjes. Indien ze niet met cementmortel vastgezet werden, zijn ze gemakkelijk te recupereren. Voor hergebruik in situ is het mogelijk om ze ter plekke te sorteren, te reinigen en eventueel te zagen, voor zover de omstandigheden het toelaten. Meestal worden de gedemonteerde kasseien naar een gespecialiseerd bedrijf gebracht dat ook partijen kasseien kan leveren die klaar zijn voor plaatsing. Deze professionals kunnen instaan voor het goede verloop van de volgende operaties:

→ **Demontagetests.** Deze tests worden uitgevoerd om de haalbaarheid en de rentabiliteit van de demontage na te gaan. De aard van het legbed, de kenmerken van de voegen en het type kassei zijn de voornaamste factoren die de moeilijkheidsgraad van de demontage beïnvloeden.

→ **Demontage.** Tijdens de demontage moet er bijzondere aandacht besteed worden aan het behoud van de homogeniteit van de partijen. Het risico op materiële schade is klein. De ontmanteling gebeurt manueel voor zones met specifieke formaten (de uiteindes en/of de zijdelingse afboording van een kasseistrook) en mechanisch voor homogene oppervlakken. Met een hydraulische graafmachine voorzien van een puinbak (of zeefbak) kunnen resten van zand, aarde, mos en grind verwijderd worden.

→ **Reiniging en sortering.** De gedemonteerde partijen kasseien worden op transportbanden gelegd waar ze behandelingen ondergaan, zoals:

- reiniging met water;
- manuele sortering en reiniging om de resten mortel en/of asfalt te verwijderen;
- specifieke sortering (zeefinstallatie en halfautomatische of manuele sortering) om de kasseien te sorteren volgens de steensoort, het formaat en de kleur.

Tijdens dat proces worden kasseien verwijderd die gebroken, gebarsten of op een andere manier zichtbaar beschadigd zijn. Het verliespercentage hangt sterk af van de steensoort en van de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden. Het percentage kan tot 20% oplopen voor platines in grès. Sedimentaire gesteenten zijn namelijk opgebouwd uit 'laagvlakken' (als gevolg van het geologische afzettingsproces), waarlangs ze gemakkelijk breken of barsten.



Kasseien in grès gelegd volgens de traditionele manier op een zandbed: de recuperatie zal over het algemeen gemakkelijk verlopen.



Kasseien gevoegd met cement: de recuperatie zal een stuk moeilijker zijn.



Gebruik van een puinbak



Voorbeeld van slecht geplaatste kassei in grès. Het laagvlak moet evenwijdig zijn aan de legrichting. Wanneer dat niet het geval is zal de kassei veel sneller barsten of breken onder belasting. Deze kassei zal tijdens de sortering weggegooid worden.

Wist je dat?

Sommige steden hebben een eigen voorraad aan materialen voor buitenaanleg. In Parijs bijvoorbeeld is het verplicht om geschikte kasseien in situ te hergebruiken of ze naar een centrale opslag te brengen, waaruit aannemers zich moeten bevoorraden voor nieuwe inrichtingen. Dit platform, dat meer dan 20 jaar geleden werd opgericht, zorgt onder andere voor de inzameling, sortering, reiniging en opslag van de Parijse kasseien. Zo worden niet alleen de kosten voor de aankoop van nieuwe materialen tot een minimum beperkt, bovendien wordt ook het afvoeren van 7.000 tot 8.000 ton graniet als afval (kasseien + afboordingen) per jaar vermeden. Dit komt overeen met 600 ton niet uitgestoten CO₂. (Bron: Centrum voor onderhoud en bevoorrading (CMA) van het stadhuis van Parijs, ADEME)



Sorteerstation



→ **Bewerkingen.** Sommige kasseien worden na een beperkte reiniging hergebruikt onder dezelfde vorm, andere ondergaan bijkomende bewerkingen waarbij ze van vorm en afmetingen veranderen:

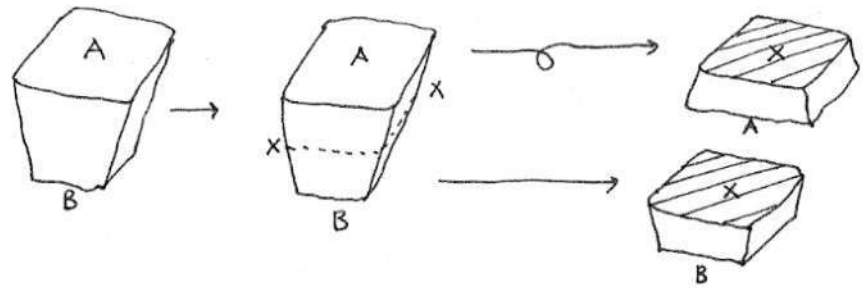
• **Verzagen in twee gelijke delen (Figuur 2).**

Deze behandeling maakt het mogelijk om twee kasseien van gelijke dikte te verkrijgen met een nieuw, glad dagvlak. Deze kasseien bereiken niet meer hetzelfde prestatieniveau als de oorspronkelijke kasseien. In het geval van taps toelopende kasseien verkrijgt u twee stuks met verschillende afmetingen. Bovendien moet er op gelet worden dat de bovenste helft op de correcte manier geplaatst wordt (met het kleinere oppervlak naar beneden). Sommige operatoren sorteren de bovenste en onderste helften niet van elkaar, wat een invloed heeft op het gemak van de plaatsing.

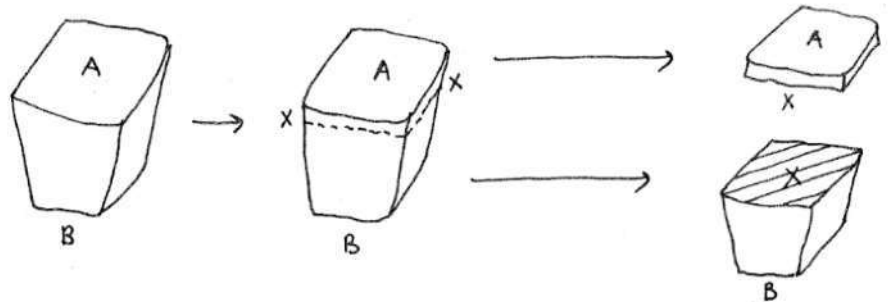
• **Afzagen van het bovenste deel van de kassei (Figuur 3).** Hierdoor verkrijgt u een dikke kassei met een nieuw, glad dagvlak en mechanische prestaties die vergelijkbaar zijn met die van het oorspronkelijke product. Er wordt eveneens een dunner nevenproduct bekomen (1 tot 4 cm) die ook 'hoed', 'calotte' (soort hoofddekse) of 'tête de pavé' (lett. keikop) worden genoemd. Deze laatste wordt niet altijd plaatselijk hergebruikt, maar in grote hoeveelheden naar het buitenland geëxporteerd. Deze methode wordt ook gebruikt om asfaltresten te verwijderen die moeilijk kunnen worden gereinigd.

• **Een kassei in twee gelijke delen kloven.** Gelijkaardig aan het verzagen in twee gelijke delen, maar met een kloofmachine verkrijgt u een minder regelmatig dagvlak. Wees aandachtig met kasseien die taps toelopen (zie opmerkingen hierboven).

Harde gesteenten (zoals graniet en porfier) worden zelden gezaagd. Bij sedimentaire gesteenten moet het gezaagde vlak steeds evenwijdig zijn aan hun laagvlakken.



Figuur 2. Verzagen in twee gelijke delen



Figuur 3. Afzagen van het bovenste deel van de kassei

→ **Opslag en verpakking.** Niet-gesorteerde kasseien worden meestal buiten in bulk opgeslagen. Kasseien die gesorteerd en gereinigd zijn, worden op dezelfde manier opgeslagen, of op pallets, in houten kisten of in big bags om te voorkomen dat ze onderling gemengd worden. Mozaïekkeien worden doorgaans in bulk geleverd.

Kasseien die geschikt zijn voor plaatsing worden per homogene partij duidelijk gemarkeerd en gelabeld. Ze worden per m² of per ton verkocht. De meeste leveranciers kunnen een technische fiche bezorgen waar zowel de kenmerken van de kasseien (steen-soort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, voorziene toepassingen, etc.) als hun herkomst op vermeld staan. In eerder uitzonderlijke gevallen kunnen sommige leveranciers een meer gedetailleerde omschrijving geven van de prestaties van een partij kasseien die gebaseerd is op een testrapport van een referentiemonster (petrografische, chemische, fysische en mechanische kenmerken).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen die ervoor zorgen dat deze operaties goed worden uitgevoerd.



Bulkopslag



Bulkopslag



Opslag in bulk en big bags



Afzagen van het bovenste deel van de kassei



Opslag in boxpallets



Toepassingen en plaatsing

De afgelopen drie decennia hebben de evolutie van de stedelijke omgeving en het besef van het esthetische en patrimoniale belang van kasseien het gebruik ervan, en dat van natuurstenen in het algemeen doen toenemen. Voor recente ontwerpen met kasseiverhardingen wordt er rekening gehouden met verschillende factoren: geschiedenis, architectuur, functionaliteit, lokale appreciatie en milieu.

De hergebruikte kasseien dienen vooral als modulaire elementen voor binnen- of buitenvloeren en dit voor toepassingen die matig (voetpaden, pleinen, opritten, etc.) of zwaar belast (autowegen) worden. Ze kunnen ook gebruikt worden voor metselwerk zoals muurtjes of steunmuren. De nevenproducten van het zaagproces (de 'hoedjes' van 1 tot 2 cm dikte) kunnen dienen als buitenvloerbekleding voor toepassingen die licht belast worden, als wand- en gevelbekleding of als een element voor buiteninrichting.

De keuze voor een bepaald type kassei hangt af van de specifieke eisen van het beoogde gebruik: verwachte verkeer, weeromstandigheden, geluidsniveau, doorla-

tendheid van de verharding, stedenbouwkundige voorschriften, etc. Dit alles hangt niet alleen af van de kasseien zelf, maar ook in grote mate van de plaatsingstechniek: belangrijk zijn onder andere de aard van de fundering en de onderlaag, het soort voegvulling, het soort verband, de aard van de verankerings-elementen, etc. Ook de kwaliteit van de plaatsing kan het verschil maken tussen een bestrating die al dan niet beantwoordt aan de verwachtingen (bv. in verband met de vlakheid van het oppervlakte). Tenslotte is het ook noodzakelijk om bij het ontwerp van verhardingen rekening te houden met het vooropgestelde onderhoud. Zo is het afgeraden om steenslag als voegmiddel te gebruiken op een marktplein waar vaak een borstel- of veegwagen voorbijkomt.

In dat opzicht verschillen de aandachtspunten voor de plaatsing van recuperatiekasseien niet van die voor nieuwe kasseien. Het is de taak van het projectteam om op de hoogte te zijn van en rekening te houden met de nationale en Europese productnormen (met name EN 1342 voor buitenbestrating) alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Opmerking: sommige lokale referentiegedisens over de

plaatsing van kasseien beschrijven reeds het gebruik van recuperatiekasseien (bv. 'Quali-route', het lastenboek van het Waalse gewest in België).

De onderstaande tabel geeft informatie over de belangrijkste vereisten voor het plaatsen van wegverhardingen.

Denk omkeerbaar!

Sommige plaatsingsmethodes zorgen ervoor dat de kasseien moeilijk of zelfs niet gerecupereerd kunnen worden. Dat is met name het geval wanneer kasseien stijf bestraat worden en er mortels en hydraulische bindmiddelen worden gebruikt. Indien mogelijk en indien vergelijkbare prestaties behouden kunnen worden, is flexibele bestrating aanbevolen (zachte ondergrond, legbed van zand, voegen met (gestabiliseerd) zand of met bitumenemulsies). Als deze plaatsingsmethode uitgevoerd wordt volgens de regels van de kunst, is ze zeer goed bestand tegen spanningen, kan ze gemakkelijk hersteld worden en belet ze dat de bestrating omhoog komt of dat er zich scheuren vormen.

Tabel 1: Belangrijkste vereisten voor het plaatsen van straatstenen

Aangeraden gebruik	Druksterkte (MPa)	Minimale dikte (cm)	Verband	Soort plaatsing
decoratie	geen vereiste	geen vereiste	Alle	Flexibel of stijf
zones uitsluitend voor voetgangers	> 50	6	Alle	Flexibel of stijf
voetgangers- en fietszones	> 85	8	Alle	Flexibel of stijf
zones met occasionele toegang voor lichte voertuigen, inritten van garages	> 100	8	Alle	Flexibel of stijf
voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 100	10	Niet in volsteensverband	Stijf
voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (vb. bussen)	> 100	10	Niet in volsteensverband	Flexibel of stijf
wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 160	12	Niet in volsteensverband	Stijf



Zagen in twee gelijke delen



Aanbrengen van gezaagde straatstenen



Aanbrengen van gezaagde / ruwe bestrating



De volgende kenmerken kunnen beschreven en gespecificeerd worden bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij hergebruikkasseien:

→ **Samenstelling van de partij:** de partij bestaat uit hergebruikkasseien van eenzelfde type, dezelfde geologische aard, of zelfs met eenzelfde oorspronkelijk gebruik. Het is aangeraden om een lot te bepalen in termen van een te verhard oppervlak met dezelfde toepassing, van maximum 500 m². Partijen van gemengde kasseien kunnen evenwel geschikt zijn voor minder veeleisende toepassingen.

→ **Formaat:** naargelang de plaatsing moeten de afmetingen van de kasseien in meer of mindere mate gelijk zijn (dezelfde afmetingen en eventuele verdunning naar de basis toe). Mozaïekkasseien verdragen grotere verschillen beter omdat de verbanden waarin ze typisch geplaatst worden meer ruimte laten voor dimensionale verschillen.

→ **Kleur:** kenmerkend voor natuurstenen zijn de verschillende kleuren en uitzichten die ze van nature hebben.

→ **Staat:** de partij mag geen stuks met barsten of aanzienlijke schade bevatten. Vermeld, indien vereist, dat de kasseien vrij moeten zijn van asfalt- en mortelresten.

→ **Vorm en afwerking:** vermeld, afhankelijk van de vereisten, het gewenste uitzicht van het dagvlak (gezaagd, gekloofd, gebogen, onregelmatig, plat, etc.) en preciseer dat alle kasseien hieraan moeten voldoen.

→ **Hoeveelheid:** sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet in staat zijn om de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken te garanderen. Deze extra hoeveelheid kan ook van toepassing zijn in het geval van hergebruik in situ. Over het algemeen is het raadzaam om een reserveopslag kasseien te voorzien voor eventuele latere herstellingen.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controletestprocedure uitgevoerd worden op basis van een contractueel monster en een bemonstering bij ontvangst.

De meeste gerecupereerde bouwmaterialen worden verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten die eigen zijn aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen informatie verspreken over het aangekochte product (zie voor meer informatie de inleidende fiche).

Ontwerptip!

Om de kansen te vergroten de nodige hoeveelheid kasseien te vinden op de hergebruikmarkt, kan het projectteam ervoor kiezen om grote oppervlakken op te splitsen in kleinere partijen, bijvoorbeeld door combinaties van formaten en patronen te voorzien in het te verhard oppervlak.



Hergebruikkasseien. Gemeenteplein van Raeren (BE) © Carrière de la Hazotte



Hergebruikkasseien. Project "Charles Malis" in Molenbeek, Brussel (BE) (Architekten.: Mamout + Willocx + LD2) © Studio Fiftyfifty



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 1342 legt de relevante kenmerken (naargelang de context) vast om de geschiktheid te bepalen van kasseien voor gebruik als buitenbestrating. Hoewel deze kenmerken opgesteld zijn voor nieuwe kasseien, gemaakt uit ontgonnen en bewerkte natuursteen, kunnen ze ook nuttig zijn om het gebruik van recuperatiekasseien te beoordelen (tabel 2).

Tabel 2: Kenmerken die moeten worden beoordeeld om de geschiktheid voor beoogd gebruik van kasseien voor buitenbestrating te bepalen

Eigenschappen	Opmerkingen
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	De hergebruikkasseien kunnen afkomstig zijn van verhardingen die oorspronkelijk gerealiseerd zijn met stenen van verschillende herkomst. Hoewel het meestal mogelijk is om de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven (bv. een certificaat van oorsprong voor recente kasseien of archiefdocumenten voor oudere stenen). Voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen kasseien is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij recuperatiekasseien (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de kasseien gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen kasseien die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een ander voorbeeld: kasseien die in goede staat gerecupereerd werden in een straat die onderhevig is aan zwaar verkeer, hebben in zekere zin bewijs geleverd van een goede druksterkte. Een gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan dus grotendeels opgelost worden door informatie over de locatie van demontage.
Schijnbare volumieke massa en porositeit	Deze kenmerken verschillen per steen en kunnen makkelijk teruggevonden worden in de technische documentatie. Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936. De porositeit (of waterabsorptie) van een steen bepaalt niet rechtstreeks zijn vorstvastheid. Ze beïnvloedt echter wel de mate van weerstand tegen vervuiling.
Afmetingen (lengte, breedte)	Deze eigenschap kan met eenvoudige metingen bepaald worden. Ze hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de kasseien. Het is raadzaam om de maattolerantie voor een bepaalde toepassing met de leverancier te bepalen, naargelang het beoogde verband en de functionaliteit van de verharding. Bijvoorbeeld platines in een recht verband vereisen een hoge dimensionale stabiliteit (tolerantie ± 10 mm).
Staarthoogte (dikte)	De toepassing en het soort belasting bepalen doorgaans de minimaal vereiste staartheogte. De tolerantie op de staartheogte hangt hoofdzakelijk af van de plaatsingsmethode en de dikte van het legbed. Bij een flexibele wijze van bestrating op een zandbed kan de tolerantie van de staartheogte bijvoorbeeld meer dan 15 mm bedragen indien de zandlaag een dikte van 7 cm heeft ($\pm 1,5$ cm). Bij een stijve of semi-stijve wijze van bestrating, ligt de tolerantie lager. Het is dus aangeraden om dit met de leverancier vast te leggen.
Vlakheid, verdunning (taps toelopen) en onregelmatigheid van de gekloofde zijvlakken	Deze kenmerken hangen nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikkasseien. Een visueel of gedetailleerd onderzoek van de partij volstaat vaak om ze te schatten.
Druksterkte	Deze factor bepaalt hoofdzakelijk de capaciteit van de verharding om weerstand te bieden aan belastingen (voertuigen, vrachtwagens). Het is aanbevolen om kasseien met een druksterkte hoger dan 60 MPa te gebruiken voor verhardingen onderhevig aan verkeer van lichte voertuigen (tot 25 vrachtwagens per dag) en hoger dan 120 MPa indien het aantal oploopt tot meer dan 150 vrachtwagens per dag. Een proefnorm (EN 1926) maakt het mogelijk om deze parameter te meten.
Glij- en slipweerstand (stroefheid)	Deze eigenschap beïnvloedt het comfort en de veiligheid van de gebruikers en hangt voornamelijk af van de ruwheid en de textuur van de verharding. Ze evolueert in de tijd onder invloed van de slijtage van de verharding, de aanwezigheid van vuil, het onderhoud, de helling, de dichtheid van de voegen en het klimaat (neerslag). Kasseien met een grove structuur (grès) en een onregelmatige afwerking (ongezaagd) hebben doorgaans voldoende weerstand tegen uitglijden. Er bestaat een norm (EN 14231) om deze parameter te testen voor gezaagde kasseien of kasseien met onregelmatigheden kleiner dan 1 mm. Een grondige beoordeling van de glij- of slipweerstand is relevant indien de verharding respectievelijk bestemd is voor voetgangers of voertuigen. Specifieke afwerkingen (bijvoorbeeld vlammen) kunnen eventueel nog na de plaatsing aangebracht worden om zo aan de geldende voorschriften te voldoen.



Eigenschappen	Opmerkingen
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)	De herkomst en de staat van een partij kasseien kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude kasseien hebben tijdens hun vroegere gebruik immers meer vorst-dooicycli doormaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm (EN 12371) die de prestaties van nieuwe partijen kasseien beoordeelt. De norm is namelijk gebaseerd op een testsysteem waarbij er in een laboratorium opeenvolgende cycli gesimuleerd worden met verschillende temperaturen en vochtigheidsgehalte. Kasseien die minder weerstand bieden en vorstschade hebben opgelopen, zullen waarschijnlijk bij de sortering reeds weggegooid zijn.
Slijtvastheid en polijstweerstand (slijtage)	Dit duurzaamheidskenmerk is afhankelijk van de steensoort, de intensiteit en de aard van het verkeer, de aanwezigheid van schurende deeltjes en het onderhoud. Hoewel deze eigenschap nauwkeurig kan worden beoordeeld aan de hand van een proefnorm (EN 14157 - Capon-proef), kunnen we ons voor hergebruik-kasseien ook baseren op de wijze waarop ze de spanningen bij hun eerste gebruik hebben weerstaan. Over het algemeen zijn graniet, porfier en basalt geschikt voor zware belastingen en beter bestand tegen slijtage dan grès en kalksteen.
Weerstand tegen vervuiling	Een porositeit kleiner dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te beperken. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het dagvlak van onbewerkte (gezaagde) elementen. Er kunnen eveneens specifieke oppervlaktebehandelingen aanbevolen worden om deze prestatie te verbeteren.

In *tabel 3* worden ter indicatie enkele gekende prestaties opgelijst van een aantal steensoorten die vaak hergebruikt worden. Ook hier is het belangrijk om mee te geven dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen van eenzelfde gesteente verschillende eigenschappen kunnen vertonen.

Tabel 3: Kenmerken van de steensoorten van veelvuldig hergebruikte kasseien

	Schijnbare volumieke massa (kg/m ³)	Druksterkte (MPa)	Porositeit	Slijtagegedrag
Grès	2000 - 2700	200 - 260	weinig poreus	++
Blauwsteen (en zandstenen)	1500 - 2800	60 - 200	weinig poreus	++
Porfier	2000 - 2800	280	heel weinig poreus	+++
Graniet	2500 - 3000	100 - 210	heel weinig poreus	+++



Gezaagde hergebruikskasseien. Gemeenteplein van Molenbeek (BE)
© a practice, Atelier Ruimtelijk advies en Marie-Françoise Plissart



Gemeenschapscentrum Werf 44, Schilde (BE)
© Conix RDBM Architects



Beschikbaarheid

Recuperatiekasseien kennen een redelijk grote afzetmarkt. De leveranciers kunnen gemakkelijk grote hoeveelheden leveren (> 1000 m²).

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naargelang de beschikbaarheid van het formaat, de steensoort en de mate van sorteren en reinigen. Gesorteerde kasseien zijn meestal duurder dan niet gesorteerde, maar zijn wel makkelijker om te plaatsen.

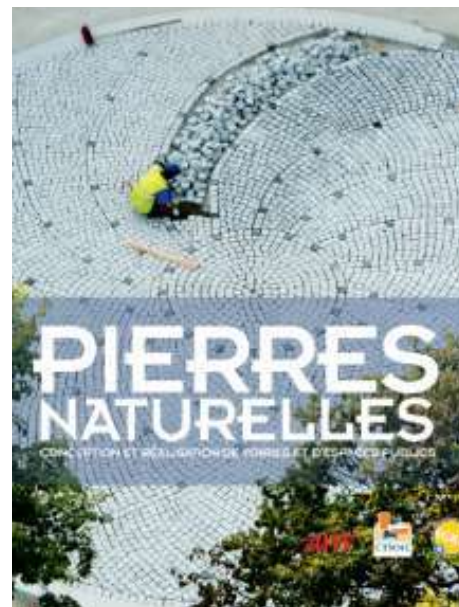
- Ontmantelingskosten: 10 - 15 €/m². Als de kwantiteit voldoende groot is, kan de demontage door de hergebruikhandelaar uitgevoerd worden.
- Levering: afhankelijk van het formaat, de steensoort, de algemene staat van de par-tij, etc.
- Verzagen kost gewoonlijk tussen de 30 en 60 €/m².

Wist je dat?

In zijn memoires vertelt Baron Haussmann hoe hij Napoleon III probeerde te overtuigen om porfier kasseien te kiezen voor de wegen van het nieuwe Parijs. Haussmann sprak vol lof over de kasseien: ze waren proper, duurzaam, sterk, etc. Maar Napoleon III was een ruiter! En hoeven houden niet van kasseien, want daar glijden ze op uit! Hij wou liever overal dolomiet - ook al zouden voetgangers op regenachtige dagen de modder moeten trotseren. Maar Haussmann gaf niet op. Hij vroeg zijn technische teams om een rubberen hoefijzer te bedenken dat beter geschikt zou zijn voor de kasseien. Hij wilde nog liever de hoeven van elk paard in Parijs vervan-gen dan op die duivelse dolomiet te moeten kijken. Uiteindelijk kreeg de keizer toch zijn zin en zo kreeg Parijs dus geen porfier! (Mémoires du baron Haussmann, 1890, Victor-Havard, Parijs).

Gespecialiseerde leveranciers vinden

SALVO salvoweb.com **OPALIS** opalis.eu



Lees meer (in het Frans): Pierres naturelles - Conception et réalisation de voiries et d'espaces (2019), RGRA, 440 p., ISBN : 978-2-913414-52-5



Lees meer (in het Frans): Pavés de Bruxelles (2015), AAM Editions, 521 p., ISBN : 978-2-87143-308-8

Gesorteerde en gereinigde recuperatiekasseien	Nieuwe kasseien
Grès: 40 - 50 €/m ²	Belgische grès: ~ 90 €/m ²
Graniet: 30 - 40 €/m ²	Indische grès: ~ 30 €/m ²
Basalt: 30 - 50 €/m ²	Portugese graniet: ~ 30 €/m ²
Porfier: 20 - 30 €/m ²	Vietnamese basalt: ~ 35 €/m ²
Porfier (verschillende formaten): 15 - 20 €/m ²	
Mozaïek: 30 - 40 €/m ²	

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES-databank (FR) - Algemene informatie *	45,0	-
ICE-databank (VK) - Graniet **	175,0	0,7
ICE-databank (VK) - Zandsteen ***	12,0	0,06

* Indicatieve waarde voor een buitenaanleg (wegen of publieke ruimtes) van 1 m² met een dikte van 15 cm in kasseien, gedurende een referentielevensduur van 150 jaar.

** Indicatieve waarde voor een buitenaanleg van 1 m² in kasseien uit graniet (dikte = 10 cm, dichtheid = 2.500 kg/m³)

*** Indicatieve waarde voor een buitenaanleg van 1 m² in kasseien uit grès (dikte = 10 cm, dichtheid = 2.000 kg/m³)



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² kasseien de uitstoot van ~ 1 200 tot ~ 17 500 kg CO₂-eq., gerelateerd aan de productie van nieuwe kasseien (enkel de productiefase). Naargelang de bron komt dit overeen met een traject van ~ 7 200 tot ~ 105 000 km in een kleine dieselauto.

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Boordstenen in natuursteen worden gedefinieerd als rechte of gebogen elementen van meer dan 30 cm lang, waarmee verkeerszones zoals wegen, voetpaden, wandelpaden en andere buiteninrichtingen kunnen worden afgebakend. Ze dienen in het bijzonder om voetgangers te beschermen tegen het wegverkeer, het wegdek op zijn plaats te houden en bij te dragen aan de regenwaterafvoer.

Boordstenen zijn lange tijd op traditionele wijze manueel gehouwen geweest, met behulp van een puntbeitel, gewone beitel en houten hamer. Deze oude boordstenen zijn te herkennen aan hun grillige vormen. Gaandeweg werden ze vervangen door machinaal gezaagde, gestandaardiseerde elementen die steeds regelmatiger van vorm werden. Tegenwoordig worden boordstenen vooral in beton uitgevoerd, in plaats van in natuursteen.

Net als andere materialen in natuursteen is het hergebruik van boordstenen een relatief goed verankerde praktijk bij openbare werken en bouwprojecten. Heel wat bedrijven hebben zich gespecialiseerd in de recuperatie en verkoop van dit materiaal en er is een stabiel aanbod van hergebruikboordstenen. Grote partijen identieke boordstenen (meer dan 500 strekkende meters) kunnen moeilijker te vinden kunnen zijn.

Boordstenen worden doorgaans als dusdanig hergebruikt, maar ook vaak bewerkt tot traptreden, omrandingen, elementen voor landschapsinrichting, paaltjes, etc. Deze fiche is hoofdzakelijk toegespitst op het gebruik van natuurstenen boordstenen voor bestrating en landschapsinrichtingen.

Op de hergebruikmarkt vind je een grote diversiteit aan boordsteenmodellen. Die zijn vaak een afspiegeling van historische, regionale kenmerken. Boordstenen kunnen onderscheiden worden op basis van de volgende kenmerken:

→ *Type*. Er bestaan twee hoofdtypen hergebruikboordstenen in natuursteen:

- ‘Landelijke’ of ‘rustieke’ boordstenen. Deze hebben een nogal grillige vorm met gekloofde of handmatig bewerkte zijden. Ze zijn vrij kort (30 tot 50 cm) en worden hoofdzakelijk gebruikt voor landschapsinrichtingen.
- Straatboordstenen of stoepranden. Deze hebben een regelmatigere vorm met een of meerdere vlakke zijden, bekomen door zagen of oppervlaktebehandeling. Ze zijn langer (50 tot 200 cm) en komen meestal van weginrichtingen.

→ *Geologische herkomst*. Er zijn talloze steensoorten gebruikt voor de vervaardiging van boordstenen. Op de hergebruikmarkt vinden we, in allerlei lokale variaties, vooral grès, porfier, blauwsteen en kalksteen wat de landelijke boordstenen betreft, en (roze of grijs) graniet, blauwsteen en witte kalksteen voor straatboordstenen. Er bestaan ook boordstenen van basalt, gneis, travertijn, leisteen en andere gesteenten, maar die zijn minder courant te vinden op de hergebruikmarkt.

→ *Profielen*. Er bestaan verschillende boordsteenprofielen (zie figuur). Op de hergebruikmarkt komen rechte of afgeronde boordstenen het meest voor. In de lengte gebogen boordstenen, hoekstukken en overgangboordstenen zijn zeldzamer.



Oude boordstenen in natuursteen (< 19e eeuw) - manueel gehouwen, stevige, grillige vorm. © stonecurators.com



Oude boordstenen in natuursteen (19e - 20e eeuw) - de bovenzijde is gezaagd, de andere zijden zijn manueel gehouwen. De stenen hebben een vrij regelmatige vorm. © stonecurators.com



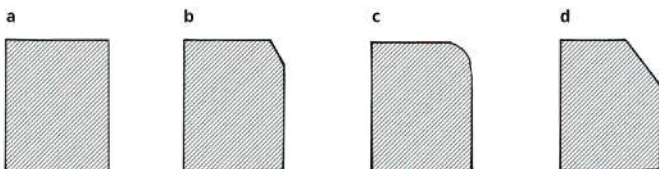
Boordstenen in natuursteen (van na het begin van de 20e eeuw) - vervaardiging met behulp van mechanisch gereedschap. De stenen hebben een gelijkmatige, nauwkeurige vorm. © stonecurators.com



Straatboordstenen in blauwsteen. Weginrichting. © Carrière de la Hazotte



‘Landelijke’ boordstenen in blauwsteen. Landschap-sinrichting. © Carrière de la Hazotte



- a. *Recht profiel*
- b. *Afgeschuind profiel*
- c. *Afgerond profiel*
- d. *Afgeschuind profiel*

Vaak voorkomende boordsteenprofielen



Hergebruikboordstenen in grès



Hergebruikboordstenen in grijs graniet



Hergebruikboordstenen in roze Zweedse graniet



Hergebruikboordstenen in blauwsteen (kalksteen)



Hergebruikboordstenen in witte kalksteen

→ **Afmetingen.** Hergebruikboordstenen hebben meestal een balkvorm. Ze zijn beschikbaar in verschillende lengten, hebben een breedte tussen 12 en 30 cm en een hoogte tussen 20 en 40 cm. Het is echter niet ongebruikelijk speciale formaten aan te treffen (bijvoorbeeld lage of overgangsboordstenen, schuine boordstenen, etc.).

→ **Uitzicht.** De diversiteit aan gesteenten vertaalt zich in een rijk kleurenpalet, en ook binnen eenzelfde steensoort zijn kleurvariaties mogelijk: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De 'elementen' die deel uitmaken van de natuurlijke structuur van de stenen hebben specifieke benamingen: aders, korrels, lagen, vlammen, etc.

Daarnaast wordt het uitzicht van hergebruikboordstenen ook bepaald door de manier van versnijden (kloven of zagen) en de oorspronkelijke afwerking (gevlamd, gezandstraald, gegritstraald, gehamerd, etc.). In de loop der jaren verandert hun uitzicht ook onder invloed van de gebruiksbelasting: verzoeting of polijsting van de oppervlakken, sporen van verf, mortel of bitumen, ontwikkeling van organismen (zoals mossen en korstmossen), etc.

Als er wordt overwogen om hergebruikboordstenen opnieuw te bewerken (zagen, vlaklijpen, frezen, etc.) zal dat doorgaans het uitzicht van de zichtbare oppervlakken veranderen.

→ **Verbindingen.** In sommige gevallen hebben boordstenen aan de uiteinden een tand-en-groefstelsel, maar de bruikbaarheid daarvan hangt af van de staat waarin dit systeem zich bevindt. Indien nodig kunnen de uiteinden (van de volledige partij of een deel ervan) worden verzaagd om de nieuwe plaatsing te vergemakkelijken.



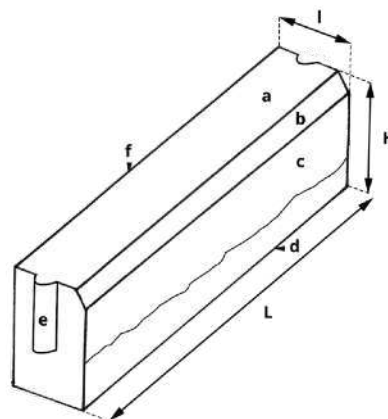
Zijaanzicht van een overgangsboordsteen



Boordstenen met tand-en-groefstelsel (blauwsteen)



Boordstenen met tand-en-groefstelsel (graniet)



- a. Bovenzijde (typisch met een specifieke afwerking)
- b. Velling (afgeschuind of afgerond)
- c. Voorzijde (met dezelfde afwerking als de bovenzijde)
- d. Onderzijde (ruw gezaagd of gekloofd)
- e. Uiteinde (tand-en-groefstelsel, ruw gezaagd of gekloofd)
- f. Achterzijde (ruw gezaagd of gekloofd)

$L \times l \times H$: Lengte x Breedte x Hoogte

Algemene 'anatomie' van een hergebruikboordsteen in natuursteen



Recuperatie van het materiaal

Boordstenen in natuursteen zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij in situ, hetzij via professionele hergebruikhandelaars. Deze spelers kunnen eveneens de levering garanderen van partijen boordstenen die klaar zijn voor plaatsing, en ze kunnen instaan voor het goede verloop van de volgende operaties:

- *Demontagetests* (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. Bij boordstenen zijn de aandachtspunten onder meer:
 - de algemene staat van de partij en de plaatsingsmethode: staat van de steen, formaten en afmetingen, aard van het legbed, kenmerken van de voegen, etc.;
 - hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de beschikbare hoeveelheid, het demontage- en verkooppotentieel, de specifieke regionale kenmerken, etc.;
 - de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidssduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ *Demontage*. Een zorgvuldige demontage van de boordstenen is erop gericht de veiligheid van de arbeiders en de integriteit van de elementen te garanderen. Er moet bijzondere aandacht worden besteed aan de risico's verbonden aan de aanwezigheid van nutsleidingen (ondergrondse kabels en buizen). Het risico op beschadiging van het materiaal tijdens de demontage is doorgaans relatief klein, behalve voor elementen in zachte steen of met een kleine doorsnede, die meer voorzichtigheid vereisen. Boordstenen worden eerst machinaal losgemaakt (met behulp van een drillboor) en daarna met aangepaste hijsmiddelen (boordsteentang) verplaatst.

→ *Reiniging en sortering*. De gerecupereerde boordstenen worden gesorteerd op kwaliteit, kleur en afmetingen. Elementen die erg beschadigd zijn (splijting) of grote tekortkomingen vertonen, worden verwijderd. Bij boordstenen in sedimentaire gesteenten (grès of kalksteen) is het belangrijk te controleren of het laagvlak wel evenwijdig loopt aan de plaatsingsrichting (i.e. horizontaal). Een reiniging met water (onder hoge druk) of door afschraping volstaat meestal om resten van

het legbed, opvoegproducten en andere elementen te verwijderen die aan de boordstenen kunnen vastzitten.

→ *Behandelingen*. Sommige boordstenen worden na een beperkte reiniging hergebruikt onder dezelfde vorm, andere ondergaan bijkomende bewerkingen:

- *Verzagen*: dit kan nodig zijn om vlakke en verticale zijvlakken te bekomen of om ervoor te zorgen dat alle boordstenen dezelfde afmetingen hebben (bv. dezelfde hoogte om hun plaatsing te vergemakkelijken). Vaak worden de uiteinden verzaagd om eventuele beschadigingen te verwijderen of het tand-en-groefstelsel aan te passen.
- *Behouwen en mechanisch bewerken*: dit maakt het mogelijk de velling en het profiel van de boordstenen te corrigeren en bij te werken.
- *Afwerken*: dit kan nodig zijn om het uiterlijk van de steen te homogeniseren of de zichtbare vlakken te verruven. Verschillende technieken zijn mogelijk naargelang de steensoort en het verwachte resultaat: hameren/boucharderen, zandstralen, vlammen, gritstralen, bikken, etc. Er bestaat een specifieke terminologie om de verschillende afwerkingen te benoemen. Enkele voorbeelden:



Gehamerde/gebouchardeerde blauwsteen



Gefrijnde blauwsteen



Gevlamde graniet

- *Kloven*: boordstenen die niet meer geschikt zijn voor behouwing kunnen in verschillende stukken gespleten worden om er kasseien van te maken.

Deze verschillende bewerkingen kunnen door gespecialiseerde handelaars met hun eigen machines uitgevoerd worden. Ze kunnen ook in situ gebeuren indien de werflogistiek dat toelaat.

Ontwerptip!

Over het algemeen stijgt de prijs van boordstenen in functie van het aantal uit te voeren bewerkingen. Als het beoogde gebruik dit toelaat, zijn onbewerkte boordstenen de goedkoopste oplossing. Het overlangs verzagen van boordstenen is een uitzondering op deze regel, aangezien met één relatief eenvoudige handeling de hoeveelheid potentieel beschikbaar materiaal verdubbelt! Er moet evenwel nagegaan worden of de versneden elementen (met name hun afmetingen) nog beantwoorden aan de vereisten van hun nieuwe toepassing.



Overlangs verzagen van boordstenen © Steengroeve Bonneuil-sur-Marne



Gehamerde afwerking van boordstenen © Steengroeve Bonneuil-sur-Marne



Kloven van boordstenen © Arnaud Bouissou - TERRA



Boordstenen in natuursteen

→ *Opslag en verpakking.* Boordstenen worden meestal verpakt en op omsnoerde pallets buiten gestockeerd. Ze worden horizontaal opgeslagen, idealiter van elkaar gescheiden door middel van afstandshouders om het risico op beschadiging te beperken. Metalen riemen zijn niet geschikt omdat er zich dan (roest)vlekken op de steen kunnen vormen. Boordstenen die klaar zijn voor plaatsing worden per homogene partij duidelijk gemarkeerd en gelabeld. Korte boordstenen (landelijke type) kunnen ook in een big bag of kist worden opgeslagen. Bij de opslag moet rekening worden gehouden met het gewicht van de stenen (de pallets moeten meer dan 2 ton kunnen dragen). Ook aangepaste transport- en hijsmiddelen zijn noodzakelijk.

Hergebruikboordstenen in natuursteen worden meestal per strekkende meter of per ton verkocht. De meeste leveranciers stellen een technische fiche op met hun belangrijkste kenmerken (steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, voorziene toepassingen) en in bepaalde gevallen hun herkomst.



Opslag in bulk © Pavés de rue



Opslag op omsnoerde pallets © Hofman NV-SA



Opslag op pallets © Van Dijk



Centrum voor opslag van Parijse kasseien, Bonneuil-sur-Marne. Voorraad kasseien en boordstenen in natuursteen, klaar om te worden gesorteerd, gereinigd en hergebruikt op werven van de stad Parijs (FR)
© Parijs, Florence Morisson.

Wist je dat?

Sommige steden hebben een eigen voorraad bestratingsmateriaal. In Parijs bijvoorbeeld is het verplicht om geschikte kasseien en boordstenen in situ te hergebruiken of ze naar een centrale opslagplaats te brengen waar aannemers hun materiaal voor nieuwe inrichtingen vervolgens moeten komen halen. Dit platform, dat meer dan 20 jaar geleden werd opgericht, verzorgt onder andere de inzameling, sortering, reiniging en opslag van de Parijse kasseien en boordstenen. Zo worden de kosten voor de aankoop van nieuwe materialen tot een minimum beperkt en wordt er jaarlijks onder andere 7.000 tot 8.000 ton graniet niet naar een stortplaats gebracht, wat overeenkomt met 600 ton CO₂ die niet uitgestoten wordt. (Bron: [Centrum voor onderhoud en bevoorrading \(CMA\) van het stadhuis van Parijs, ADEME](#)).



Toepassingen en plaatsing

Hergebruikboordstenen worden hoofdzakelijk gebruikt voor de afbakening van wegen en voor minder veeleisende landschapsinrichtingen (afbakening van groene zones, scheidingsmuurtjes, opstapjes, banken, paaltjes, etc.).

De keuze voor een bepaald type boordsteen hangt af van de beoogde toepassing: verkeer, weersomstandigheden, stedenbouwkundige voorschriften, etc. Straatboordstenen moeten bestand zijn tegen de impact van wielen en de wrijving van banden, en ze moeten het regenwater kunnen afvoeren. Het is dus van belang dat ze op een stevige fundering worden geplaatst en voldoende geschoord worden, zodat ze niet kunnen kantelen.

De meeste aandachtspunten voor de plaatsing van hergebruikboordstenen verschillen niet van die voor nieuwe boordstenen. Ze hebben onder andere betrekking op: type en afmetingen van de boordstenen, eigenschappen van de fundering en van het legbed, type voegvulling, schoorvoorzieningen, straatgoten, aard en functie van het wegdek, etc.

Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (EN 1343), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Opmerking: sommige lokale referentiegidsen over de plaatsing van bestratingselementen in natuursteen bespreken reeds het gebruik van hergebruikboordstenen (bv. 'Qualiroute', het lastenboek van het Waalse Gewest in België).

Bij het hergebruik van straatboordstenen dient op de volgende zaken gelet te worden:

- Variabele hoogte van de boordstenen. Het is mogelijk dat de boordstenen verschillende hoogten hebben door onregelmatigheden aan de onderzijde. Indien nodig kan dit opgelost worden door de funderingslaag in functie hiervan aan te passen.
- Variabele lengte van de boordstenen. Doordat boordstenen verschillende lengten hebben, is het handiger hijsklemmen te gebruiken omdat die de stenen in de breedte grijpen. In dat geval moeten de boordstenen echter vóór de bestrating geplaatst worden zodat er voldoende ruimte is voor het gebruik van de hijsklem.

- Zichtbare sporen. Boordstenen met zichtbare sporen van een ander materiaal (asfalt, verf, mortel, etc.) kunnen over de hele lengte, op regelmatige afstand van elkaar, verdeeld worden. Indien nodig kunnen boordstenen met dergelijke sporen ook voorbehouden worden voor in esthetisch opzicht minder veeleisende toepassingen.
- Onregelmatige uiteinden. Deze kunnen zo nodig verzaagd worden tot vlakke zijvlakken.
- Verbinding met speciale boordstenen. Als nieuwe elementen in de verharding worden geïntegreerd (bv. overgangsboordstenen, gebogen boordstenen, hoekstukken, etc.) dient men na te gaan of ze compatibel zijn met de hergebruikboordstenen in kwestie.

Overigens moeten er adequate plaatsingsvoorschriften worden opgesteld, aangezien de verschillende mogelijke toepassingen van boordstenen doorgaans elk een specifieke plaatsingsmethode vereisen.

Het kan moeilijk zijn om een lot te vinden dat exact beantwoordt aan heel precieze, op voorhand bepaalde kenmerken. In dat geval is het vaak beter een partij onbewerkte hergebruikboordstenen te kiezen en aanvullende bewerkingen te overwegen. De expertise van de hergebruikleveranciers kan hierbij heel waardevol zijn.

Bij het opstellen van de technische voorschriften voor de levering van een partij hergebruikboordstenen kunnen de volgende kenmerken beschreven en gespecificeerd worden:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij hergebruikboordstenen bestaat uit elementen van hetzelfde type (landelijke of straatboordstenen), met dezelfde geologische samenstelling (grès, graniet, porfier, witte kalksteen) en eventueel zelfs met hetzelfde oorspronkelijke gebruik (drukke weg, zone onderhevig aan vriescycli, etc.). Partijen gemengde boordstenen kunnen evenwel geschikt zijn voor minder veeleisende toepassingen.

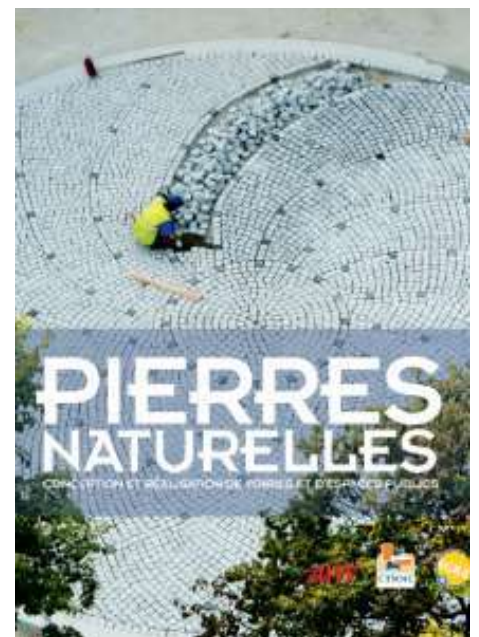
→ **Afmetingen.** Doorgaans moeten de boordstenen dezelfde breedte en hoogte hebben, en moeten ze vlak en recht genoeg zijn. Afhankelijk van het ontwerp kan de partij worden opgesplitst in deelpartijen van verschillende afmetingen. Om de kosten te beperken en de zoektocht naar een partij hergebruikboordstenen te vergemakkelijken is het raadzaam voldoende flexibel te zijn inzake de afmetingen door te opteren voor een plaat-

sing in vrije lengte, door alleen een minimumlengte te vermelden (bv. min. 40 cm) of door een vrij breed interval vast te leggen (bv. lengte tussen 80 en 120 cm). Indien nodig kunnen er natuurlijk ook preciezere dimensies (en striktere maattoleranties) worden geëist, maar dit kan aanleiding geven tot een ingrijpende verandering van het materiaal (verzagen, opnieuw bewerken).

→ **Textuur en afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) vereisten en de steensoort moet het uitzicht van de zichtbare oppervlakken (gehamerd, gevamd, gebikt, gegritstraald, etc.), de niet-zichtbare vlakken en de uiteinden (verzaagd, gekloofd) vermeld worden. Naargelang de ingraafdiepte is het mogelijk dat de voorzijde maar een gedeeltelijke oppervlaktebehandeling nodig heeft. Dat moet dan duidelijk vermeld worden.

→ **Profiel.** Idem. Indien nodig moet het profiel van de boordstenen en de staat van de velingen (recht gezaagd, afgeschuind, afgerond, hellend, zonder vereisten, etc.) vermeld worden. Om tot een grotere homogeniteit inzake de profielen van de elementen te komen moeten de precieze afmetingen (en hun respectievelijke maattoleranties) bepaald worden, en moet er eventueel een bewerking van de boordstenen voorzien worden.

→ **Kleur.** Van nature kennen natuurstenen een grote variëteit in kleurschakering en uitzicht. Afhankelijk van het beoogde gebruik (bv. bij een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk verduidelijkt worden door een algemene tint of een precieze kleur op te geven.



Pierres naturelles - Conception et réalisation de voiries et d'espaces (2019), RGRA, 440 p., ISBN : 978-2-913414-52-5 (In het Frans).



→ **Staat.** Naast sporen van mortel-, verf- en bitumenresten kunnen hergebruikboordstenen ook lichte verwerkingen vertonen, zoals oppervlakkige gebruikssporen, afsplinteringen, afschilferingen, kleine scheuren, kraters, vlekken, mosresten, etc. Deze beschadigingen kunnen een invloed hebben op de technische en esthetische prestaties van boordstenen, alsook op hun plaatsing. Maar ze vormen geen ernstig obstakel voor hergebruik, behalve bij zeer specifieke toepassingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogde gebruik').

Sommige steensoorten hebben nog specifieke bijkomende vereisten. Zo moet het laagvlak (en de stylolitische voegen) van boordstenen in sedimentair gesteente (i.e. grès, kalksteen) evenwijdig lopen aan de plaatsingsrichting. Anders kan de steen splijten. Of nog: sommige kalksteensoorten (bv. blauwsteen) kunnen stylolitische voegen bevatten die de steen kunnen verzwakken, maar deze imperfecties kunnen soms wel toegestaan worden aan de niet-zichtbare vlakken van boordstenen. De bestaande technische documentatie maakt het grotendeels mogelijk om deze verschillende aspecten geval per geval te beoordelen. Indien nodig kunnen ook professionals geraadpleegd worden.

Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de uitvoeringsvoorwaarden, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. afsplinteringen, afschilferingen, kleine scheuren < x cm² op de zichtbare oppervlakken, toegestane afgebroken hoeken en randen op de niet-zichtbare delen, etc.).

Boordstenen met oneffenheden of sporen van bitumen zijn volkomen geschikt voor sommige toepassingen, en zijn goedkoper dan de meer gekalibreerde boordstenen.

→ **Hoeveelheid.** Om de zoektocht op de hergebruikmarkt te vergemakkelijken kan het projectteam overwegen om verschillende partijen te combineren (bv. graniet en grès) en/of een zekere termijn te voorzien, zodat de leverancier de gevraagde hoeveelheid kan bijeenbrengen. In geval van hergebruik in situ is het raadzaam een voorraad reserveboordstenen aan te leggen om later herstellingen uit te voeren en beschadigde boordstenen te vervangen.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controletestprocedure uitgevoerd worden op basis van een contractueel monster en een be-monstering bij ontvangst.

De meeste gerecupereerde bouwmaterialen worden verkocht "as is" (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten die eigen zijn aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (voor meer informatie zie de inleidende fiche).

Ontwerptip!

Gezien de variabele lengte van hergebruikboordstenen is het beter een hoeveelheid in strekkende meters dan in aantal stuks te bestellen.



Voorbeeld van stylolitische voegen



Place de la Bastille, Parijs (FR). Hergebruik van 10 000 oude stoepranden die overlangs verzaagd werden om te dienen als pleintegels. © Benjamin Randow



Hergebruik van boordstenen als traptreden (FR) © Noblema



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 1343 legt de relevante kenmerken (naargelang de context) vast om de geschiktheid van boordstenen in natuursteen voor buitenverharding te bepalen. Hoewel deze kenmerken uitvoerig beschreven worden voor nieuwe materialen gemaakt uit ontgonnen en bewerkte natuursteen, kunnen ze ook nuttig zijn om het specifieke geval van hergebruikboordstenen te bekijken.

Eigenschappen	Opmerkingen
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	De hergebruikboordstenen kunnen afkomstig zijn van verhardingen die oorspronkelijk gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende afkomst. Hoewel het meestal mogelijk is om de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bv. een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen hergebruikboordstenen is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikboordstenen (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de boordstenen gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen boordstenen die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een ander voorbeeld: boordstenen die in goede staat gerecupereerd werden in een straat die onderhevig is aan zwaar verkeer, hebben in zekere zin bewijs geleverd van een goede druksterkte. Een gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan dus grotendeels opgelost worden door informatie over de locatie van demontage.
Schijnbare volumieke massa en open porositeit	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [kg/m^3] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus. De open porositeit van een steen wordt bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. De eigenschap wordt uitgedrukt in [volumepercent]. Ze wordt gewoonlijk geschat door de waterabsorptie te meten (massa van het geabsorbeerde water in verhouding tot de massa van een droog proefstuk). Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen directe invloed op de vorstgevoeligheid van stenen elementen (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Beide kenmerken kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over natuurstenen (zie tabel hieronder). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.
Geometrische kenmerken	Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikboordstenen en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de boordstenen opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maattoleranties te bepalen op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) in functie van de plaatsing, de steensoort en de functionaliteit van de verharding (deze verschillende aspecten worden beschreven in norm EN 1343). Ook de eisen omtrent vlakheid en haaksheid moeten gedetailleerd worden omschreven. Onbewerkte hergebruikboordstenen vertonen over het algemeen vormonregelmatigheden door hun oorspronkelijke vervaardiging en/of opgelopen slijtage gedurende hun vroegere gebruikperiode.
Gladheid	Deze eigenschap beïnvloedt het comfort en de veiligheid van de gebruikers en hangt voornamelijk af van de ruwheid en de textuur van de verharding. Ze kan visueel beoordeeld worden. Hoe grofkorreliger het oppervlak is, hoe meer slipweerstand. Dit kenmerk evolueert in de tijd onder invloed van de slijtage van de verharding, de aanwezigheid van vuil, het onderhoud, de helling, de dichtheid van de voegen en het klimaat (neerslag). Een grondige evaluatie van de slipweerstand (zoals beschreven in EN 14231) is relevant als de verharding bedoeld is voor voetgangers. Deze norm stipuleert overigens dat boordstenen die een oppervlakteafwerking in reliëf hebben of gekloofd zijn, waarvan het reliëf groter is dan 1,0 mm, voldoen aan de slipweerstandsvereisten zonder voorafgaande proefmetingen. Bij hergebruikboordstenen kan een specifieke, aan de steensoort aangepaste afwerkingsbehandeling worden overwogen. Sommige afwerkingen (bijvoorbeeld vlammen) kunnen nog na plaatsing aangebracht worden, wanneer de stenen al in gebruik zijn, om zo aan de geldende voorschriften te voldoen.
Slijtsterkte	Dit duurzaamheidskenmerk is afhankelijk van de intensiteit en de aard van het verkeer, de aanwezigheid van schurende deeltjes en het onderhoud. Hoewel deze eigenschap nauwkeurig beoordeeld kan worden met een proefnorm (EN 14157 - Capon-proef), kunnen we ons voor hergebruikboordstenen ook baseren op de wijze waarop ze de spanningen bij hun eerste gebruik hebben weerstaan. Over het algemeen zijn graniet en porfier geschikt voor zware spanningen en beter bestand tegen slijtage dan grès en kalksteen.



Eigenschappen	Opmerkingen																
Buigsterkte	<p>De buigsterkte R_f [MPa] is een mechanische eigenschap die het vermogen van de stenen aangeeft om weerstand te bieden aan buigkrachten tijdens de gebruiksfase. Ze varieert naargelang de steensoort en wordt meestal bepaald door middel van buigproeven, zoals vastgelegd in norm EN 12372.</p> <p>Aan de hand van de buigsterkte kan de toegelaten breukbelasting [kN] van boordstenen in functie van hun afmetingen berekend worden volgens de volgende formule:</p> $P = \frac{R_f \times W \times t^2}{1500 \times L \times F_s}$ <p>waarbij P : breukbelasting [kN] W, L, t : breedte, lengte en hoogte [mm] R_f : buigsterkte [MPa] F_s : veiligheidsfactor, over het algemeen $F_s = 1,6$</p> <p>De vereisten voor straatboordstenen zijn samengevat in de volgende tabel:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Aanbevolen gebruik</th> <th>Breukbelasting (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>decoratie</td> <td>geen vereiste</td> </tr> <tr> <td>zones uitsluitend voor voetgangers</td> <td>> 0,75</td> </tr> <tr> <td>voetgangers- en fietszones</td> <td>> 3,5</td> </tr> <tr> <td>zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages</td> <td>> 6</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten</td> <td>> 9</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)</td> <td>> 14</td> </tr> <tr> <td>wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer</td> <td>> 25</td> </tr> </tbody> </table> <p>Bij hergebruikboordstenen kunnen we evenwel veronderstellen dat elementen die in hun eerste gebruiksfase onderworpen werden aan hoge belastingen zullen blijven voldoen aan gelijkaardige of lagere belastingsniveaus. Een grondig onderzoek naar de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden laat dus toe de buigsterktecapaciteit van hergebruikboordstenen te beoordelen, zonder specifieke proefmetingen.</p>	Aanbevolen gebruik	Breukbelasting (kN)	decoratie	geen vereiste	zones uitsluitend voor voetgangers	> 0,75	voetgangers- en fietszones	> 3,5	zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages	> 6	voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 9	voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)	> 14	wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 25
Aanbevolen gebruik	Breukbelasting (kN)																
decoratie	geen vereiste																
zones uitsluitend voor voetgangers	> 0,75																
voetgangers- en fietszones	> 3,5																
zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages	> 6																
voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 9																
voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)	> 14																
wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 25																
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)	<p>Bij buitentoepassingen moeten de elementen in natuursteen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht of mechanische kenmerken aangetast worden. De herkomst en de staat van een partij hergebruikboordstenen kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude boordstenen zullen wellicht in hun eerste gebruiksfase meer vorst/dooi-cycli hebben weerstaan dan vooropgesteld in EN 12371, de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld. Het is dus van belang informatie in te winnen over de geografische herkomst van de partij om zeker te zijn van de oorspronkelijke weersomstandigheden (bv. een partij die uit Noord-Europa komt zal waarschijnlijk geschikt zijn voor gebruik in het Middellandse Zeeklimaat van Zuid-Frankrijk; het omgekeerde is niet noodzakelijk waar). Boordstenen die minder weerstand bieden en vorstschade hebben opgelopen, zullen waarschijnlijk bij de sortering en reiniging reeds verwijderd zijn.</p>																
Weerstand tegen vervuiling	<p>Dit kenmerk hangt sterk af van de porositeit en afwerkingsgraad van de stenen. Het kan beoordeeld worden door te kijken naar de mate van vuilafzetting op het zichtbare oppervlak van gerecupereerde boordstenen die nog niet bewerkt of verzaagd werden. Indien nodig kunnen specifieke oppervlaktebehandelingen aanbevolen worden om deze prestatie te verbeteren. Oppervlaktebehandeling met silanen, siloxanen, teflon, etc. vertragen de infiltratie van olieachtige substanties in de poriën van de steen.</p>																

In de volgende tabel worden ter informatie enkele gekende eigenschappen opgelijst van een aantal steensoorten die vaak hergebruikt worden. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen van eenzelfde gesteente redelijk verschillende prestaties kunnen vertonen.

	Schijnbare volumieke massa (kg/m ³)	Buigsterkte (MPa)	Porositeit	Slijtagegedrag
Grès	2000 - 2700	20 - 30	weinig poreus (0,5 tot 10%)	++(+)
Zachte kalksteen (bv.: witte kalksteen)	< 2500	-	poreus (5 tot 50%)	++
Compacte kalksteen (bv.: blauwsteen)	> 2500	10 - 25	weinig poreus (0,2 tot 5%)	++
Porfier	2000 - 2800	15 - 30	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	+++
Graniet	2500 - 3000	15 - 30	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	+++



Beschikbaarheid

Er bestaan veel handelaars die hergebruikboordstenen in natuursteen verkopen, maar de beschikbare voorraden zijn niet altijd even groot. Daarom is het voor projectteams die op zoek zijn naar een grote hoeveelheid elementen (vanaf enkele honderden strekkende meters) aangewezen redelijk snel contact op te nemen met de handelaars.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de Noordwest-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze zijn afhankelijk van het formaat, de afmetingen, de steensoort en de mate van sortering en reiniging.

- Rustieke, landelijke boordstenen: ~ 25-30 €/streckende meter
- Straatboordstenen: ~ 40-70 €/streckende meter



Place du Panthéon, Parijs (FR), Les Monumentales (Emma Blanc, Collectif ETC, Genre et Ville, Albert and co.). Hergebruik van 400 granieten stoepranden (of blokken) als pleinrichting. © Lucas Bonnel en © Samuel Colin-Canivez

Wist je dat?

Bestratingselementen in roze graniet, die momenteel verkrijgbaar zijn op de Belgische hergebruikmarkt, komen van Zweedse steengroeven. Deze kasseien en boordstenen werden gebruikt als ballast in het ruim van schepen die vroeger tussen België en Zweden voeren. Toen ze in havensteden werden gelost, kregen ze daar een nieuwe toepassing als verhardingselementen bij de aanleg van openbare ruimten.

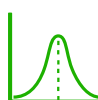


Lower Mystic Lake House (USA). Hergebruik van boordstenen in natuursteen. © matthew-cunningham.com

Gespecialiseerde leveranciers vinden

SALVO salvoweb.com

OPALIS opalis.eu



Naargelang de bron en steensoort voorkomt het hergebruik van 100 strekkende meter boordstenen in natuursteen de uitstoot van ~ 680 tot ~ 7.880 kg CO₂-eq., gerelateerd aan de productie van nieuwe boordstenen (enkel de productiefase). Afhankelijk van de bron komt dit overeen met een traject van ~4.050 tot ~47.250 km in een kleine dieselauto.

Zoals duidelijk wordt uit de gegevens is het hergebruiken van boordstenen in natuursteen ter vervanging van nieuwe betonnen boordstenen eveneens interessant.

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)	kg CO ₂ -eq./m	kg CO ₂ -eq./kg
INIES-databank (FR) – Algemene informatie – Boordsteen in natuursteen *	35,8	-
INIES-databank (FR) – Algemene informatie – Boordsteen in beton **	29,0	-
ICE-databank (VK)- Graniet ***	78,8	0,7
ICE-databank (VK)- Kalksteen ****	10,1	0,09
ICE-databank (VK)- Grès *****	6,8	0,06

* Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter straatboordstenen in natuursteen met een functionele referentielevensduur van 150 jaar.
 ** Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter straatboordstenen in beton met een functionele referentielevensduur (inclusief waterafvoer) van 50 jaar.
 *** Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter boordstenen in graniet (breedte = 15 cm, hoogte = 30 cm, volumieke massa = 2.500 kg/m³).
 **** Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter boordstenen in kalksteen (breedte = 15 cm, hoogte = 30 cm, volumieke massa = 2.500 kg/m³).
 ***** Indicatieve waarde voor 1 strekkende meter boordstenen in grès (breedte = 15 cm, hoogte = 30 cm, volumieke massa = 2.500 kg/m³).

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Kleiklinkers (ook 'straatbakstenen' of gewoon 'klinkers' genoemd) zijn een bestratingsmateriaal dat wijdverbreid is in West-Europa, vooral in Nederland, Duitsland en het noorden van België.

Klinkers zijn bijzonder geschikt voor hergebruik. Een studie die in 2009 in Nederland werd uitgevoerd in opdracht van klinkerfabrikanten, schatte dat 90% van de kleiklinkers die door gemeenten en particulieren werden gebruikt, gerecupereerde klinkers waren. De redenen voor dit erg hoge cijfer zijn met name de zeer hoge sterkte van de klinkers, het relatieve gemak waarmee ze kunnen worden gedemonteerd en het feit dat ze mooi verouderen.

Hoewel ze op gewone bakstenen lijken, verschillen beide producten door hun productiemethode en hun eigenschappen. Kleiklinkers worden meestal gemaakt van een mengsel van (primaire en/of secundaire) klei, vulkanisch gesteente en/of chamotte, waaraan eventueel natuurlijke pigmenten worden toegevoegd. Deze bestanddelen worden gemengd met water, gekneed, gevormd, gedroogd en vervolgens gebakken bij een temperatuur van 1.100 tot 1.200 °C. Het eindproduct heeft een zeer hoge hardheid en lage poreusheid, waardoor het perfect geschikt is voor buitenbestrating. De klinkers zijn bestand tegen extreme vorst, druk, slijtage en agressieve stoffen.

Kleiklinkers hebben een erg lange levensduur. Zij kunnen hun oorspronkelijke eigenschappen gemakkelijk meer dan een eeuw behouden, en soms zelfs meerdere eeuwen. Aangezien hun plaatsingsmethode traditioneel omkeerbaar is (plaatsing op een zandbed), worden ze vaak gerecupereerd voor hergebruik. Deze praktijk is zeer gangbaar in Nederland, waar er een groot aantal leveranciers van recuperatieklinkers te vinden is (die hun aanbod soms aanvullen met nieuwe klinkers).

Tot het begin van de 20e eeuw werden kleiklinkers soms gezien als een bijproduct van de productie van metselbakstenen (of 'gewone' bakstenen) in traditionele ovens. Deze ovens werden namelijk gekenmerkt door een ongelijkmatige verdeling van de warmte, waardoor één partij bakstenen aan verschillende baktemperaturen werd blootgesteld. De hardst gebakken stenen werden dan gebruikt als buitenbestrating. Later, met de uitbreiding van het gemotoriseerde verkeer, werden speciale ovens ontworpen voor de industriële productie van klinkers.

Kleiklinkers mogen niet worden verward met gewone bakstenen waarmee muren worden gebouwd (die minder hard en poreuzer zijn), of met betonnen straatstenen (die dikwijls 'betonklinkers' of soms ook gewoon 'klinkers' worden genoemd en van cementbeton zijn gemaakt). Deze laatste zijn herkenbaar aan de aanwezigheid van granulaten in hun massa. In dit document worden verder uitsluitend kleiklinkers behandeld, alhoewel verschillende principes ook van toepassing zijn op het hergebruik van andere bestratingsmaterialen.

Er is een grote verscheidenheid aan modellen van recuperatieklinkers. Het lokale aanbod is soms een afspiegeling van historische regionale bijzonderheden. Klinkers kunnen onderscheiden worden aan de hand van de volgende criteria:

→ *Productiemethode - vorm.*

- *Vormbakklinkers*: de klinkers worden afzonderlijk gevormd door de klei met behulp van een mechanische pers in een vorm of mal te drukken. De boven- en onderzijde onderscheiden zich soms door hun textuur (waarbij de bovenzijde iets zanderiger of ruwer is). Dit is een zeer gangbaar type op het Europese vasteland.
- *Strengpersklinkers*: de klei wordt door een mal geperst, waardoor continue strengen ontstaan die vervolgens in gelijke stukken worden gesneden. Strengpersklinkers zijn over het algemeen aan alle zijden glad afgewerkt. Ze zijn minder poreus doordat bij de vervaardiging een groter aandeel aan primaire klei wordt gebruikt. Dit is een zeer gangbaar type in Duitsland en Verenigd Koninkrijk.

→ *Productiemethode - bakproces.*

- *'Oud gebakken'*: traditioneel werden klinkers gebakken in bakstenen ovens die met hout en kolen werden verwarmd. Aangezien de warmteverdeling in de oven niet volledig homogeen was, leidde dit tot verschillen in de eigenschappen van de klinkers (poreusheid, hardheid, kleur, etc.).
- *'Nieuw gebakken'*: tegenwoordig worden klinkers meestal geproduceerd in industriële tunnelovens, die een gelijkmatige verdeling van de baktemperatuur kunnen garanderen. Recente klinkers hebben dus homogenere (maar daarom niet per se betere) eigenschappen dan hun voorgangers.

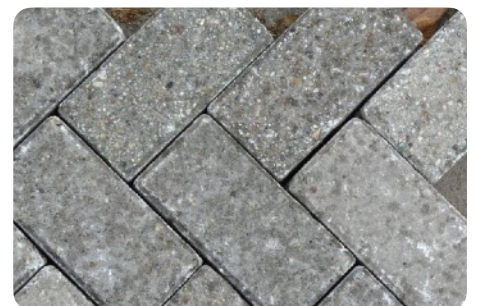
De uitdrukkingen 'oud gebakken' en 'nieuw gebakken' zijn geen wetenschappelijke termen. Het zijn veeleer handelsbenamingen waarvan de betekenis kan verschillen van

handelaar tot handelaar. Soms worden nieuw geproduceerde klinkers ook aangeduid als 'oud gebakken' en omgekeerd zijn er ook gerecupereerde 'nieuw gebakken' klinkers op de markt. Vraag bij twijfel meer informatie over de afkomst van de klinkers aan uw leverancier.

→ *Uitzicht.* Afhankelijk van het model en de mate van slijtage hebben hergebruikklinkers een gladde, ruwe, licht zanderige of meer uitgesproken textuur. De randen zijn recht, afgerond of 'bot', met of zonder afkanting. Sommige nieuw geproduceerde klinkers zijn met opzet getrommeld om ze een rustiek uitzicht te geven. Deze mogen niet worden verward met echte hergebruikklinkers! Zogenaamde waterdoorlatende klinkers hebben afstandhouders op hun zijkant die een tussenruimte openhouden om het regenwater te laten infiltreren. Er kunnen mortel-, zand- of verfresten (bv. van wegmarkeringen) aanwezig zijn op het oppervlak van hergebruikklinkers.



Gerecupereerde kleiklinkers



Gerecupereerde betonklinkers



Gerecupereerde metselbakstenen



Klink !

Wist je dat? Het woord 'klinker' is afgeleid van het heldere geluid dat deze straatstenen maken wanneer er op getikt wordt.

→ **Kleuren.** De kleur van de kleiklinkers wordt bepaald door de samenstelling van de klei, de baktemperatuur en de eventuele aanwezigheid van minerale toeslagstoffen. Veelvoorkomende kleuren zijn bruin, rood, paars en geel.

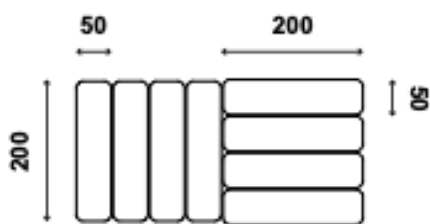
→ **Formaten.** Er bestaan veel formaten recuperatieklinkers, afhankelijk van hun oorspronkelijke toepassing en de regionale bijzonderheden. *Tabel 1* toont ter informatie enkele veelvoorkomende klinkerformaten op de hergebruikmarkt (voornamelijk in het Nederlandse taalgebied) waarbij opgemerkt moet worden dat de reële afmetingen van de klinkers per lot kunnen afwijken van de waardes hieronder. Soms worden ook andere, minder gangbare formaten (bv. vierkant, lang, etc.) aangetroffen.



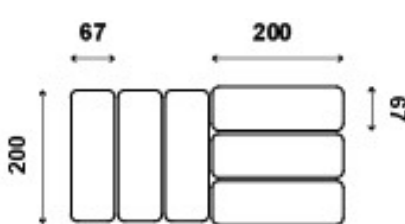
Showroom van een leverancier van recuperatieklinkers © VSB Sierbestrating

Tabel 1: Afmetingen van de meest voorkomende formaten van hergebruikklinkers.

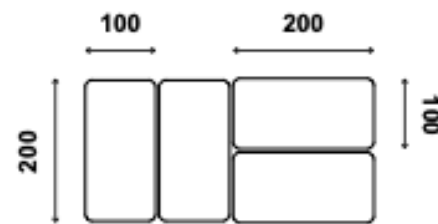
Formaat	Lengte × breedte (mm)	Dikte (mm)	Aantal stuks per vierkante meter
Waalformaat of 5-duimers	~ 200 × 50 (verhouding 4:1)	~ 60 tot 90	~ 100 (plat gelegd)
Dikformaat of 7-duimers	~ 200 × 67 (verhouding 3:1)	~ 60 tot 90	~ 73 (plat gelegd)
Keiformaat of 10-duimers	~ 200 × 100 (verhouding 2:1)	~ 50 tot 90	~ 50 (plat gelegd)
Rijnformaat	~ 180 × 45	~ 60 tot 90	~ 120 tot 145 (op hun kant gelegd)
Ijsselformaat	~ 160 × 40	~ 60 tot 70	~ 135 tot 160 (op hun kant gelegd)



4:1



3:1



2:1



Waalformaat, gemengde kleuren © Rebricks



Dikformaat, rood © Rebricks



Keiformaat, rood © Rebricks



Recuperatie van het materiaal

In de overgrote meerderheid van de gevallen zijn kleiklinkers gemakkelijk te recupereren. Voor hergebruik in situ is het mogelijk ze ter plaatse te sorteren en te reinigen indien de werflogistiek dit toelaat. Meestal worden de klinkers uitgebrouwen door gespecialiseerde bedrijven, die ook gebruiksklare partijen kunnen leveren. Deze professionals zijn in staat om ervoor te zorgen dat de volgende handelingen goed verlopen:

→ *Vooronderzoeken en demontagetests.* Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse, of op basis van foto's en technische informatie over het model, de afmetingen, de fabricant, etc. Ook kan het nuttig zijn informatie te verzamelen over de oorspronkelijke toepassing van de elementen (voor hun demontage) om bepaalde eigenschappen van het materiaal te bevestigen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').

De aard van het legbed en de kenmerken van de voegen zijn de voornaamste factoren die bepalen hoe makkelijk de klinkers kunnen worden uitgebrouwen. Over het algemeen worden klinkers op een zandbed met zandvoegen gelegd (losse plaatsing), een legmethode die perfect omkeerbaar is. De aanwezigheid van cementmortel of asfalt (vaste plaatsing) kan het uitbreken daarentegen bemoeilijken.

Ook moet worden nagegaan of de klinkers niet verontreinigd zijn. Er dient op drie soorten verontreiniging te worden gecontroleerd:

- Verontreiniging van de bodem of van de fundering van de bestrating (bv. asbest, teer, olie op voormalige industrieterreinen) die ook de klinkers kan hebben aangetast.
- Verontreiniging van het bovenoppervlak van de klinkers, bv. door olie, teer, verf, thermoplasten, etc. Dit soort verontreiniging kan visueel worden vastgesteld. Vaak worden de verontreinigde oppervlakken van een bestrating gemarkeerd voordat ze worden uitgebrouwen, om ze tijdens de demontage te kunnen scheiden van de 'propre' klinkers. Soms is een beperkte verontreiniging met koolwaterstoffen (benzine, diesel, etc.) echter toelaatbaar (zie § 'Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').

- Verontreiniging door uitloging van de klinkers zelf. In zeldzame gevallen kunnen sommige oude klinkers verontreinigende stoffen afgeven. Om hierover uitsluitsel te krijgen, kan een laboratoriumanalyse nodig zijn. Soms kunnen specialisten en/of lokale overheden hierover ook meer informatie verstrekken. Amsterdams onderzoek heeft bijvoorbeeld aangetoond dat geen enkel type klinker binnen de regio enige vorm van uitloging vertoonde die hun hergebruik als buitenbestrating in de weg zou kunnen staan (zie ook § 'Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').

→ *Demontage.* Tijdens de demontage moet bijzondere aandacht worden besteed aan de homogeniteit van de partijen. In de praktijk wordt vooral gekeken naar het formaat van de klinkers en niet altijd naar de kleur. Het risico op beschadiging van het materiaal tijdens het uitbreken is over het algemeen laag. Klinkers die op een zandbed zijn gelegd, worden meestal machinaal verwijderd met een hydraulische graafmachine die is uitgerust met een schudbak. Na het opscheppen van de elementen worden ze geschud om zo een groot deel van de zand- en grondresten direct te verwijderen. Na deze bewerking bedraagt de resterende zand- en grondfractie op de klinkers nog slechts ongeveer 3% van de massa van de klinkers. In de zeldzame gevallen dat de klinkers niet op een zandbed zijn gelegd, kan een specifieke handmatige reiniging nodig zijn om de mortelresten (van legbed en/of voegen) te verwijderen.

→ *Behandelingen.* Afgezien van de hierboven beschreven reiniging worden gerecupereerde kleiklinkers over het algemeen niet behandeld. De reiniging kan ter plaatse of bij een specialist worden uitgevoerd. De uitgebrouwen partijen klinkers worden gewoonlijk op transportbanden behandeld. De sortercriteria verschillen per leverancier. Doorgaans worden gebroken of beschadigde klinkers verwijderd (het verliespercentage wordt geschat op 10-15%).

De klinkers in goede staat worden in de eerste plaats gesorteerd op formaat en soms ook op kleur. Dit hangt vooral af van de homogeniteit van de oorspronkelijke partij. Algemeen geldt dat hoe homogener een partij gereinigde en gesorteerde recuperatieklinkers is, hoe hoger de verkoopprijs. Gespecialiseerde leveranciers combineren vaak partijen gelijksoortige klinkers van verschillende herkomst.

→ Indien er redenen zijn om aan de kwaliteit van een partij te twifelen of als de klinkers niet goed zijn gereinigd/geschud, kan ook een specifieke sortering worden uitgevoerd op basis van een:

- visuele controle: de klinkers worden geïnspecteerd en de elementen met aanzienlijke schade worden er uitgehaald. De klinkers mogen onregelmatig zijn, maar ten minste één strek moet in goede staat zijn. Wanneer er verf-, mortel- of asfaltresten op het oppervlak van een klinker zijn achtergebleven, moet de tegenoverliggende strek in goede staat zijn. De aanwezigheid van mossen of korstmossen op het oppervlak wijst op een hoge porositeit, waarmee rekening moet worden gehouden voor de toekomstige toepassing.
- auditieve controle: om na te gaan of de kleiklinkers intact, stevig en niet poreus zijn, kan men ze tegen elkaar stoten of er met een hard voorwerp op tikken. Een helder geluid betekent dat hun structurele integriteit niet is aangetast.
- mechanische controle: om de porositeit te controleren, worden de klinkers tegen elkaar gewreven. Als een klinker afschilfert, is die meestal te poreus.



Uitbreken en kuisen van klinkers door middel van een graafmachine met schudbak © VSB Sierbestrating



In principe ondergaan gerecupereerde kleiklinkers geen andere behandelingen. Soms worden ze voor of tijdens het palletiseren handmatig of machinaal geborsteld of gespoeld. Sinds kort bestaan er in Nederland volledig geautomatiseerde reinigingsinstallaties die de klinkers reinigen/wassen, controleren op maatafwijkingen en ze rechtstreeks op pallets plaatsen volgens een specifiek verband, zodat ze bij hergebruik machinaal kunnen worden gelegd (zie § Toepassingen en plaatsing).

Klinkers die tijdens de demontage en de reiniging breken, zijn grotendeels onbruikbaar voor hergebruik. Toch kan een kleine hoeveelheid halve klinkers bewaard worden voor de aansluitingen en de hoeken, afhankelijk van het verband waarin de recuperatieklinkers gelegd zullen worden. Sommige professionele leveranciers kunnen ook deze tussenformaten leveren (o.a. $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$).

→ **Opslag en verpakking.** Niet-gesorteerde klinkers worden doorgaans buiten, in bulk opgeslagen. Na het sorteren worden de klinkers opnieuw in bulk opgeslagen of op pallets of in big bags verpakt.

Klinkers die klaar zijn voor plaatsing worden per homogene partij duidelijk gemarkeerd en gelabeld. Ze worden meestal per vierkante meter verkocht. De meeste leveranciers kunnen een technische fiche bezorgen waarin zowel de kenmerken van de klinkers (formaat, nominale afmetingen en toleranties, kleur, uitzicht, voorziene toepassingen) als hun herkomst vermeld staan.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.



Opslag in big bags en op pallets © Opalis (VSB Sierbestrating)



Bulkopslag © Opalis (VSB Sierbestrating)



Bulkopslag van gerecupereerde kleiklinkers © Tuinmaterialen Meynen



Toepassingen en plaatsing

Recuperatieklinkers worden vooral gebruikt als modulaire elementen voor binnen- of buitenbestrating, blootgesteld aan matige (voetpaden, voetgangerszones, pleinen, boulevards, etc.) of zwaardere belastingen (autowegen, parkeerplaatsen, etc.). Ze zijn eveneens geschikt voor binnenvloeren, dakterrassen en civiel-technische toepassingen zoals keermuren, perrons, trappen, etc.

Over het algemeen verschilt de plaatsing van hergebruikklinkers niet van die van vergelijkbare nieuwe klinkers. De keuze voor een type klinker hangt af van de vereisten van de beoogde nieuwe toepassing: verkeer, weersomstandigheden, geluidsniveau, waterdoorlatendheid van de verharding, stedenbouwkundige voorschriften, etc. Of er voldaan wordt aan de gestelde eisen hangt, behalve van de klinker, ook in grote mate af van de plaatsingsmethode. Aandachtspunten zijn onder meer de aard van de fundering van de leglaag (zand, gestabiliseerd zand of mortel), de voegvulling, het soort verband, eventueel nog aanwezige zand- of mortelresten, etc. Ook de kwaliteit van de plaatsing kan bepalen of een bestrating al dan niet aan de verwachtingen voldoet (bv. ten aanzien van de vlakheid van het oppervlak). Er moet altijd rekening gehouden worden met de geldende nationale en Europese productnormen (met name EN 1344 voor buitenbestratingen), de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

Machinale plaatsing!

In Nederland is het sinds een tiental jaar voor openbare werken in de meeste omstandigheden wettelijk verplicht om de klinkers machinaal te leggen. Deze beslissing werd genomen vanwege de frequentie waarmee sommige bestratingen werden vervangen en vanwege de zware arbeidsomstandigheden. Om de klinkers machinaal te kunnen leggen, is het vaak nodig ze vooraf te palletiseren in het gewenste verband, wat nagenoeg geen ruimte laat voor kleine maatafwijkingen of afwijkende vormen. Deze methode is dus niet geschikt voor zeer onregelmatige klinkers (vaak zeer oude klinkers). Voor openbare werken is het aangewezen dat de aanbestedende overheid hierover tot een akkoord komt met de leveranciers.

Het legverband is van invloed op de esthetiek van het bestratingsoppervlak, het uitvoeringsgemak en het aantal passtukken dat meegeleverd of ter plekke gezaagd moeten worden. Sommige verbanden, zoals het visgraat- of keperverband, zijn beter bestand tegen gemotoriseerd verkeer (voertuigen die remmen, optrekken en draaien).

Door middel van een afkanting of afstandhouders kan de schade aan de randen voor toepassingen met zwaar verkeer worden beperkt. Maar deze klinkers worden dan weer niet aanbevolen voor oppervlakken voor voetgangers waar er bijvoorbeeld winkelwagens worden gebruikt (bv. winkelcentra).

Recuperatieklinkers worden doorgaans met de oude strek (d.w.z. de strek die zichtbaar was in de oorspronkelijke toepassing) naar boven gelegd, om het patina tot zijn recht te laten komen. Het is ook mogelijk de strekken om te keren of af te wisselen.

De volgende kenmerken kunnen worden beschreven en gespecificeerd bij het opstellen van de technische specificaties voor de levering van een partij hergebruikklinkers:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij bestaat uit klinkers van hetzelfde model (formaat, eventueel kleur, met of zonder afstandhouders, met of zonder afkanting, etc.) In de meeste gevallen bieden professionele leveranciers partijen klinkers aan die homogeen zijn, maar van andere demontagewerven afkomstig zijn.

→ **Formaat.** De afmetingen van de klinkers moeten homogeen zijn. Partijen oude klinkers kunnen maatschommelingen vertonen ten opzichte van de standaardafmetingen beschreven in de § *Beschrijving van het materiaal*. Daarnaast kunnen lichte maatschommelingen tussen klinkers binnen eenzelfde partij ook voorkomen bij zeer oude klinkers. Over het algemeen stellen professionele leveranciers zo homogeen mogelijke partijen samen, maar partijen bestaande uit klinkers van verschillende lengte bestaan ook. Het projectteam dient de dimensionale tolerantie te bepalen, eventueel in overleg met een leverancier, op basis van de plaatsingsmethode.

Denk eraan dat de klinkers op hun kant of plat kunnen worden gelegd. Voor plaatsingsmethoden waarbij passtukken nodig zijn, moeten de afmetingen (o.a. 1/4, 2/4, 3/4) en de gewenste hoeveelheden worden opgegeven.

Denk omkeerbaar!

Bij sommige plaatsingsmethoden is het moeilijk of zelfs onmogelijk de klinkers te recupereren. Dat is namelijk het geval bij een vaste plaatsing met cementhoudende mortel. In die zin dient, waar mogelijk en bij vergelijkbare prestaties, de voorkeur te worden gegeven aan een losse plaatsing (zachte ondergrond, legbed en voegen van zand). Indien deze plaatsingsmethode vakkundig is uitgevoerd, is ze zeer goed bestand tegen belastingen, kan ze gemakkelijk worden hersteld en zal de bestrating niet omhoogkomen of scheuren.

→ **Kleur en uitzicht.** Verschillen in kleur en uitzicht komen vaak voor. In het geval van hergebruikklinkers zijn de verschillen voornamelijk te wijten aan de productiemethoden en de herkomst van de partijen. Partijen recuperatieklinkers van professionele handelaars zijn meestal voldoende gemengd om een goed esthetisch resultaat te bekomen. Bij twijfel kunnen de klinkers tijdens de plaatsing opnieuw worden gemengd. Aangezien de klinkers niet altijd op kleur zijn gesorteerd, kan ook worden gekozen voor een 'gemengd' oppervlak uit klinkers van verschillende kleuren. Men kan ook spelen met een al dan niet willekeurige afwisseling tussen gepatineerde en ongepatineerde strekken.

→ **Staat.** Behalve lichte zand- of mortelresten, kunnen gerecupereerde kleiklinkers ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, kleine afschilferingen, putjes, vlekken, verfstrepen, mossen, etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische prestaties van de klinkers en hun nieuwe toepassing, maar vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik (zie § *Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik*). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren.



Ontwerptip!

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid klinkers op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen om grote oppervlakken op te splitsen in kleinere partijen (bijvoorbeeld door het te verhard oppervlak onder te verdelen in zones met verschillende types klinkers).

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken kunnen garanderen. Ook in het geval van hergebruik in situ dient men hiermee rekening te houden.

Het is aangeraden om onmiddellijk voldoende klinkers te bestellen, om het risico te beperken dat een bepaald type klinker niet meer beschikbaar is op de markt voor latere bijbestellingen. Ook kan het nuttig zijn een reservevoorraad klinkers te voorzien voor eventuele latere herstellingen.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de *inleidende fiche voor meer informatie*).



Renovatie van bestrating met hergebruikklinkers, Bergen (NL), 2020 © Stone Base



Aanleg van een plein met hergebruikklinkers, Macharen (NL), 2020 © Stone Base



Aanleg van een plein met hergebruikklinkers, Schijndel (NL), 2020 © Stone Base



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 1344 legt de relevante eigenschappen vast (in functie van de context) om de gebruiksgeschiktheid van nieuwe kleiklinkers voor binnen- of buitentoepassing te bepalen. Hoewel deze eigenschappen beschreven worden voor nieuwe producten, kunnen ze ook nuttig zijn om het specifieke geval van recuperatieklinkers te bekijken. Houd er rekening mee dat er op nationaal niveau soms aanvullende eisen gelden. Indien beschikbaar, kan de originele technische documentatie van de fabrikant waardevolle informatie verschaffen over de eigenschappen van het materiaal.

Tip!

Indien er prestaties moeten worden bepaald via laboratoriumtesten, dient er een representatieve staalname uitgevoerd te worden. Het aantal en de afmetingen van de te nemen stalen zijn afhankelijk van het soort test dat moet worden uitgevoerd, en de bemonsteringsprocedure dient nauwkeurig gevolgd te worden. Het is aangeraden hiervoor beroep te doen op een specialist. De nodige testen kunnen worden bepaald in functie van de oorspronkelijke en nieuwe toepassing van de klinkers.

Eigenschappen	Commentaar
Afmetingen (lengte, breedte, dikte)	<p>Deze kenmerken hangen nauw samen met de slijtagegraad van de klinkers en de kwaliteit van de sortering. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak om deze eigenschap na te gaan. De norm EN 1344 specificeert dat de toelaatbare afwijking ten opzichte van de nominale afmetingen niet groter mag zijn dan $0,4 \sqrt{d}$ (waarin d de fabrieksmaat is. In geval van hergebruik kan d de gemiddelde maat zijn van de partij).</p> <p>In de praktijk kan de maatafwijking van klinkers nagekeken worden door willekeurig geselecteerde klinkers tegen elkaar te leggen. Over het algemeen voldoen nieuwere en goed gesorteerde partijen klinkers aan de maateisen van de meeste toepassingen. Voor partijen oude klinkers is het raadzaam om samen met de leverancier de aanvaardbare maattolerantie te bepalen, afhankelijk van de toepassing en de plaatsingsmethode (zie ook het kader over 'machinale plaatsing!').</p>
Massadichtheid	De massadichtheid van kleiklinkers is doorgaans hoger dan 1.700 kg/m^3 . Deze eigenschap kan eenvoudig worden nagegaan met een weegschaal en een meter of preciezer worden bepaald in een laboratorium.
Porositeit en waterabsorptie	Door hun hoge massadichtheid is de porositeit van kleiklinkers doorgaans laag genoeg om ervoor te zorgen dat ze waterdicht zijn. Deze eigenschap verandert slechts weinig in de loop der tijd. Partijen oude klinkers behouden over het algemeen goede eigenschappen op dit vlak. Niettemin moet bijzondere aandacht worden besteed aan de staat van de klinkers (zie § 'Recuperatie van het materiaal'). De porositeit of de waterabsorptie kan ook nauwkeurig worden bepaald door middel van laboratoriumproeven.
Weerstand tegen vries-dooicycli (en tegen strooizout)	De herkomst en de staat van een partij klinkers kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Zo zullen klinkers die in goede staat verkeren en werden uitgedroogd in een gebied waar intense vries-dooicycli voorkomen, hoogstwaarschijnlijk goede vorstbestendig zijn. Bij twijfel kan dit door middel van laboratoriumproeven worden nagegaan. Hetzelfde geldt voor de weerstand tegen dooizout.
Mechanische sterkte	<p>Deze eigenschap geeft aan in welke mate het materiaal bestand is tegen belastingen. De belastingen kunnen sterk variëren naargelang de toepassing (o.a. statisch tgv. dynamisch, voetgangerszone tgv. rijweg). De sterkte van een klinker is onder andere afhankelijk van zijn dikte. Deze eis wordt bepaald door de toepassing van een klinker. Zo moeten klinkers voor wegen met veel verkeer over het algemeen minimaal 80 mm dik zijn.</p> <p>De toepassing bepaalt dus de vereiste dikte en, bij uitbreiding, de plaatsingswijze. Sommige kleiklinkers kunnen in verschillende richtingen worden gelegd, bijvoorbeeld plat en op hun kant. In de praktijk worden klinkers met een hoogte van minder dan 40 mm op een gestabiliseerd zandbed of mortelbed gelegd, niet op een zacht zandbed. Bij klinkers die op een zacht bed worden gelegd, mag de verhouding tussen de lengte en de hoogte niet meer dan 6 mm bedragen.</p> <p>Informatie over de oorspronkelijke weg kan soms helpen om deze eigenschap te beoordelen (bv. klinkers in goede staat die afkomstig zijn van een straat met druk autoverkeer leveren in zekere zin een bewijs van hun goede mechanische sterkte). Indien nodig kunnen precieze metingen worden uitgevoerd adhv een driepuntsbuigproef in een laboratorium.</p>

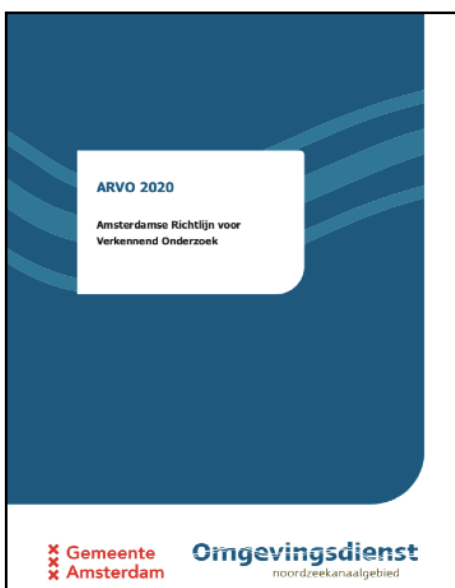


Eigenschappen	Commentaar
Slijtsterkte	Deze eigenschap heeft betrekking op het zichtbare oppervlak van een klinker. Een beoordeling van de slijtageomstandigheden van de oorspronkelijke rijweg (bv. verkeersdrukte, leeftijd, etc.) in combinatie met het nakijken van de afmetingen van de klinkers geeft meestal een goed idee van de weerstand tegen slijtage van de elementen. Indien nodig kan de slijtvastheid ook nauwkeurig worden bepaald door middel van laboratoriumproeven.
Glij- en slipweerstand (stroefheid)	Deze eigenschap beïnvloedt het comfort en de veiligheid van de gebruikers. Ze wordt bepaald door de textuur van de klinkers, hun slijtagegraad en de kenmerken van de voegen (o.a. dichtheid, dikte, etc.), en kan in de loop der tijd veranderen. Over het algemeen bezitten gerecupereerde kleiklinkers met een ruw uitzicht een voldoende stroefheid. Bovendien kunnen de klinkers tijdens hun plaatsing opnieuw licht worden geschuurd door het voegproces. De glij- (voetgangers) en slipweerstand (auto's) kunnen nauwkeurig bepaald worden via laboratoriumproeven indien nodig.
Brandgedrag en brandwerendheid	De aard en de samenstelling van het materiaal voldoen aan de eisen voor brandreactieklasse A1 volgens EN 13501-1. Het is niet nodig deze eis na te gaan als de klinkers niet meer dan 1 massaprocent organisch materiaal bevatten (wat bijna altijd het geval is vanwege het bakproces) en indien er geen bescherm laag op de klinkers is aangebracht.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

- **Uitloging.** In 2017 heeft de stad Amsterdam een studie laten uitvoeren over de uitloging van kleiklinkers op haar grondgebied. Hieruit bleek dat in de onderzochte materialen geen enkele onaanvaardbare vorm van uitloging werd aangetroffen. Het rapport komt tot het besluit dat voor zover de klinkers niet van buitenaf verontreinigd zijn, alle stuks die op haar grondgebied aanwezig zijn én alle klinkers die vergelijkbaar zijn qua leeftijd, soort en samenstelling, vanuit gezondheids- en milieuoogpunt mogen worden hergebruikt.
- **Oppervlakteverontreiniging door olie.** De stad Amsterdam stelt ook dat een beperkte oppervlakteverontreiniging met olie aanvaardbaar is (max 0,5 m² per vervuild oppervlak). Andere vormen van oppervlakteverontreiniging zijn niet toegestaan, ongeacht de oppervlakte.
- **Asbest en teer.** Funderingen die met asbest of teer verontreinigd zijn, kunnen ook de klinkers aantasten.

Referenties



Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied, 'Zijn steentje bijdragen aan het bouwwerk. Een leidraad voor hergebruik van bestratingmaterialen in de gemeente Amsterdam', 2018.
https://assets.amsterdam.nl/publish/pages/909255/gams2020049_arvo_rapport_r1.pdf



'De mate van hergebruik van straatbakstenen in Nederland'. Samenvatting van het eindrapport van het Koninklijk Verbond van Nederlandse Baksteenfabrikanten, 2009.
<https://www.knb-keramiek.nl/media/2264/9v1632-samenvatting-eindrapport-30nov.pdf>



Beschikbaarheid

De professionele markt voor gerecupereerde kleiklinkers is zeer uitgebreid. De beschikbare hoeveelheden variëren per leverancier. Sommige handelaars richten zich specifiek op particulieren dan wel gemeenten, wat een invloed heeft op de grootte van de partijen die ze aanbieden.

Ter informatie, voor partijen recuperatieklinkers van hetzelfde model:

Vaak	< 100 m ²
Af en toe	100 → 500 m ²
Zelden	> 500 m ²

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze verschillen naargelang de beschikbaarheid van het formaat en het type klinker, maar ook naargelang de mate van sortering. Gesorteerde klinkers zijn meestal duurder dan niet gesorteerde, maar zijn ook makkelijker te plaatsen.

- *Waalformaat:* € 20 - 60/m²
- *Dikformaat:* € 20 - 40/m²
- *Kiezelformaat:* € 20 - 35/m²
- *Rijnformaat:* € 35 - 60/m²
- *Ijselformaat:* € 60 - 120/m²

Met kleine klinkers zijn er meer stuks nodig om dezelfde oppervlakte te bedekken. Bovendien zullen ook de plaatsingskosten hoger zijn.



Geautomatiseerd reinigings- en verpakkingsproces van gerecupereerde kleiklinkers.
© NH Nieuws, 2018
(<https://www.youtube.com/watch?v=lmeWIMkrwoU>)

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
Databank OEKOBAUDAT (DE) - average dataset - Facing Bricks, Clay Pavers and Brick Slips *	26,1	255,5
Databank NIBE (NL) - kleiklinkers voor wegen, dikformaat, levensduur 75 jaar *	52,6	515,7

* Indicatieve waarden voor klinkers van 60 mm dik met een massadichtheid van 1700 kg/m³.



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² recuperatieklinkers de uitstoot van ~2.610 tot ~5.260 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe kleiklinkers (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto over een afstand van ~15.600 tot ~31.500 km.

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

'Steenschotten' zijn een ware klassieker op de hergebruikmarkt in België, Nederland en, in mindere mate, Frankrijk en Duitsland. Ze vinden hun eerste toepassing in de betonindustrie, waar ze dienen om stenen en geprefabriceerde producten uit beton (blokken, klinkers, boordstenen, etc.) te trillen en te drogen te leggen.

Steenschotten zijn vierkante of rechthoekige panelen samengesteld uit houten planken, over de volledige lengte verbonden met tand- en groefverbindingen. De afzonderlijke planken worden samengehouden door grote ijzeren houtdraadbouten en de kopsen kanten worden over de gehele breedte beschermd en verstevigd door (gegalvaniseerde) metalen C-profielen. Ook andere montagesystemen kunnen voorkomen.

Het verweerde uitzicht van de panelen is het gevolg van het contact met water en cement, de warmte die vrijkomt bij het drogen, de wrijving met de mallen en de betonblokken, en het gebruik van ontkistingsolie.

Het merendeel van de steenschotten bestaat uit één van de volgende drie houtsoorten: azobé (*Lophira alata*, hardhout), douglas (*Pseudotsuga menziesii*, zachthout, ook bekend als oregon) en lariks (*Larix sp.*, zachthout). Daarnaast bestaan er ook panelen uit zeeden (*Pinus pinaster*, zachthout). Deze houtsoorten verschillen zowel in uiterlijk (kleur, textuur, etc.) als technische eigenschappen (dichtheid, duurzaamheidsklasse, etc.). Onbewerkte panelen hebben doorgaans een ruwe, wollige textuur als gevolg van hun oorspronkelijk gebruik.

De afmetingen van de panelen variëren van [100 tot 150] cm x [50 tot 70 / 90 tot 150] cm. De dikte varieert van [3 tot 6] cm.

De panelen worden gebruikt voor velerlei buitentoepassingen, zoals terrasvloeren, scheidingswanden en omheiningen, houten afdaken, tuinmeubels, steunmuren, etc. De panelen kunnen ook worden gedemonteerd zodat de planken afzonderlijk nog andere toepassingen mogelijk maken (bv. als gevelbekleding). Af en toe worden ze ook binnenshuis geplaatst, als vloerbekleding of lambrijsing.



Hergebruik van steenschotten als vloerbekleding en terrasvloeren. Brasserie de la Senne, Brussels (BE). Architect: Générale. © François Lichtlé.



Recuperatie van het materiaal

Steenschotten zijn voornamelijk beschikbaar bij gespecialiseerde handelaars, en af en toe ook als aanvulling op het aanbod van handelaars in nieuw hout.

Door beroep te doen op gespecialiseerde professionals kan men het goede verloop van de volgende operaties garanderen:

→ **Behandeling:** de panelen worden gewoonlijk onbewerkt en onbehandeld verkocht. Soms worden ze, al dan niet op aanvraag, geschuurd, gezandstraald of gereinigd met een hogedrukreiniger. Sommige hergebruikhandelaars bieden de demontage van de panelen in afzonderlijke planken aan, om deze dan aan een meerprijs te verkopen.

→ **Stockage:** de panelen worden horizontaal gestockeerd en gestapeld op paletten, doorgaans buiten. Naargelang de weersomstandigheden en het type hout kan de vochtigheidsgraad van het hout stijgen en het gewicht aanzienlijk toenemen.

→ **Transport en levering:** voor steenschotten brengt dit weinig complicaties met zich mee. Wel dient men rekening te houden met de massadichtheid van de verschillende houtsoorten (met name azobé panelen kunnen tot 120 kg wegen).

Wist je dat?

Steenschotten zijn één van de weinige hergebruikmaterialen die rechtstreeks uit de industriële sector gerecupereerd worden. Gemiddeld worden panelen uit douglas 3 tot 5 jaar gebruikt in de betonindustrie, voor panelen uit azobé is dit 8 tot 10 jaar.

In het Nederlands wordt voor dit product quasi uitsluitend de term 'steenschotten' gebruikt, maar die is niet vast bepaald. In het Frans wordt als naamgeving ook 'panneaux de coffrage', 'planches en bois de séchage de parpaing', 'plancher de bateau', etc. gebruikt.

Aan steenschotten worden zo goed als nooit houtcertificaten toegekend (bv. FSC, PEFC, etc.). Het is slechts zelden mogelijk hun oorsprong en productieomstandigheden te certificeren. De ecologische impact van hun productie voor primair gebruik kan moeilijk worden gekwantificeerd maar mag zeker niet als onbestaande of gering worden beschouwd.



Panelen vóór behandeling



Gekuiste en gesorteerde panelen



Opslag buiten op paletten



Toepassingen en plaatsing

Steenschotten zijn geschikt voor uiteenlopende toepassingen, zowel buiten als binnen.

Buitentoeepassingen:

→ *Als vloerbekleding en terrasvloer*: de plaatsing van de panelen is relatief eenvoudig en gelijkwaardig aan die van andere houten terrassen. De panelen kunnen worden bevestigd op een houten draagstructuur zodat de onderzijde goed geventileerd wordt. Andere systemen (palen, terrasdragers, etc.) zijn eveneens mogelijk. Het is aangewezen ze te bevestigen met schroeven in roestvrij staal om verkleuring van het hout door roestvorming te voorkomen. Een beschermende behandeling (fungicide/insecticide) is aanbevolen voor panelen uit douglas en lariks om hun levensduur te verlengen. De randen van panelen die regelmatig en/of zwaar worden belast, worden best beschermd.

→ *Als omheining, afsluiting, tuinmeubilair, steunmuren, etc.*: raadpleeg tabel 2.

Binnentoeepassingen:

→ *Als vloerbekleding en lambrisering*: panelen die buiten worden opgeslagen dienen te worden gedroogd vooraleer ze binnen worden geïnstalleerd (tot een vochtgehalte van 8-12%). Aangezien het hout kan vervormen tijdens het drogen garandeert het gebruik van droge panelen een betere dimensionale stabiliteit en wordt het ontstaan van scheuren vermeden. Voor het correct drogen van de panelen is het aanbevolen een professionaal te raadplegen.

Voor een toepassing als vloerbekleding worden steenschotten na plaatsing gewoonlijk meerdere keren bewerkt met een roterende parketschuurmachine (waarbij schuur-schijven met een aangepaste korrelgrootte gebruikt worden). Een bandschuurmachine kan aangewend worden om achtergebleven betonresten te verwijderen. Om betonresten op voorhand al zoveel mogelijk te verwijderen kan een reiniging met een hogedrukreiniger aangewezen zijn.

De panelen kunnen worden geschuurd, gezandstraald, geborsteld, gebrand ('shou sugi ban'), geolied, vernist, gebeitst of geverfd.

Gezien de aanwezigheid van metalen C-profielen en bouten wordt het verzagen van de panelen afgeraden. Indien nodig dient

parallel aan de C-profielen te worden gezaagd. Azobé is een bijzonder hard hout dat aangepaste werktuigen vereist.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ *Samenstelling van het lot*: het lot moet volledig zijn samengesteld uit panelen van dezelfde houtsoort.

→ *Afmetingen*: de afmetingen van de panelen moeten homogeen zijn, inclusief de dikte.

→ *Kleurschakering*: de kleurschakeringen kunnen licht variëren binnen eenzelfde lot.

→ *Toxiciteit*: voor binnentoeepassingen of in het geval van direct contact met de huid en/of voedingsstoffen mag er op de panelen geen minerale ontkistingsolie meer aanwezig zijn (aangebracht tijdens hun eerste gebruik, zwart en toxisch).

→ *Staat*: de panelen mogen geen schimmelvorming vertonen. De graad van slijtage en de aanwezigheid van gebruikssporen kunnen sterk variëren tussen loten onderling. Sommige hergebruikhandelaars maken een onderscheid tussen panelen van 'eerste' en 'tweede keuze'. Deze laatste categorie bevat vaak panelen die lichte beschadigen vertonen, zoals gebroken of ontbrekende metalen profielen, putten en barsten in het hout, een gesplinterd oppervlak, kromme randen, afgeronde hoeken, etc.

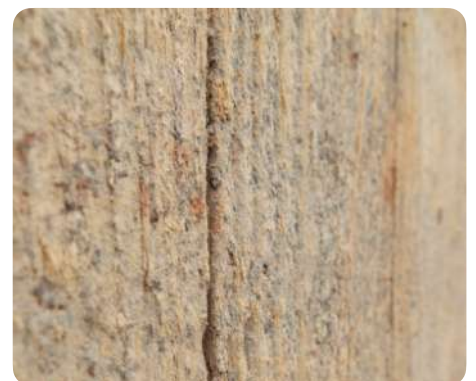
De meeste professionele leveranciers kunnen doorgaans de conformiteit van de geleverde loten garanderen.

Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren. Zo kunnen gebarsten panelen waarschijnlijk niet meer worden gebruikt als vloerbekleding waaraan intensieve eisen worden gesteld, en panelen met afgeronde hoeken zullen een impact hebben op het uitzicht van een terrasvloer.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde

leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).

De afmetingen van steenschotten verschillen dikwijls per lot. Het is daarom belangrijk meteen voldoende steenschotten aan te kopen, aangezien het niet gegarandeerd is dat eenzelfde formaat beschikbaar is bij een latere bestelling.





Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

In het specifieke geval van steenschotten bestaan er geen normen om hun prestaties als bouwelement te beoordelen. Wel laten de normen en de technische documentatie met betrekking tot nieuw hout en materialen op houtbasis die commercieel beschikbaar zijn, alsook de ervaring van professionals, toe om de volgende eigenschappen en aanbevelingen op te sommen:

Tabel 1: Technische eigenschappen van de drie meest voorkomende houtsoorten

	Azobé <i>Lophira alata</i>	Douglas <i>Pseudotsuga menziesii</i>	Lariks <i>Larix sp.</i>
Dichtheid [kg/m ³]	1050	550	600
Hardheid (Monnin / Janka) *	10,7 / 17000 N (hard)	3,2 / 2940 N (medium-hard)	3,8 / 3400 N (medium-hard)
Dimensionale stabiliteit	Zwak	Gemiddeld	Gemiddeld
Natuurlijke duurzaamheid (resistentie tegen houtrotschimmels)**	Klasse I – II (duurzaam tot zeer duurzaam)	Klasse III - IV (zwak tot gemiddeld duurzaam)	Klasse III - IV (zwak tot gemiddeld duurzaam)
Resistentie tegen houtworm**	(Duurzaam tegen termieten)	Duurzaam	Duurzaam
Kleur	Roodbruin-/grijsachtig	Oranje-/grijsachtig	Geel-/grijsachtig

* Er bestaan verschillende methodes om de hardheid van hout te bepalen, waarbij de proefopstelling verschilt (Monnin, Janka, Brinnell). Onderstaande waarden, afkomstig van verschillende bronnen, worden ter indicatie meegegeven. Ze tonen de langse indrukweerstand bij een vochtigheidsgraad van 12%.

** Deze classificatie geldt enkel voor kernhout (duramen) en niet voor spinthout (randhout). Wij gaan er hier van uit dat de steenschotten enkel zijn samengesteld uit kernhout om te voldoen aan de technische vereisten van de betonindustrie.

Tabel 2: Gebruiksklassen en bijbehorende biologische risico's

Klasse	Algemeen gebruik	Biologische risico's		Natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout				
		Insecten	Schimmel	I	II	III	IV	V
				Azobé		Douglas/Lariks		
1	Binnen, droog	Ja	Nee					
2	Binnen of onder een afdak, niet blootgesteld aan de weersomstandigheden, mogelijks blootgesteld aan condensatie	Ja	Laag					
3	Buiten, niet in contact met de grond, blootgesteld aan de weersomstandigheden	Ja	Ja					
4	Buiten, in contact met de grond en/of zoet water	Ja	Ja					
5	Regelmatig of permanent onder zout water	Ja	Ja					

Behandeling niet nodig
Behandeling aangeraden
Behandeling nodig

De prestaties van hout worden voornamelijk bepaald door de duurzaamheidsklasse (resistentie tegen schimmelvorming en insecten), de waterwerende eigenschappen en de aanwezigheid van vocht in de onmiddellijke omgeving. De geharmoniseerde Europese norm EN 460 definieert vijf gebruiksklassen voor hout en de daaraan verbonden biologische risico's, en beveelt de eventuele toepassing van beschermende behandelingen aan naargelang het gebruik en de natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout in kwestie (tabel 2).

NB: de duurzaamheid en waterwerende eigenschappen van steenschotten zijn beïnvloed door hun eerste gebruik, met name door het indringen van cement en ontkistingsolieën (zie volgende pagina).

Onbehandelde panelen uit azobé zijn uitermate geschikt voor buitenvloeren blootgesteld aan de weersomstandigheden. Deze tropische houtsoort is sterker en beter bestand tegen mechanische belasting en vocht dan harshoudende soorten (douglas/lariks) en heeft bijgevolg een langere levensduur. Panelen uit harshoudende soorten zijn in principe geschikt voor dezelfde toepassingen mits een beschermende behandeling en regelmatig onderhoud.

Voor andere binnen- en buitentoepassingen kunnen de drie houtsoorten worden gebruikt conform de aanbevelingen in tabel 2.



Andere relevante eigenschappen die moeten worden beoordeeld naargelang het beoogde gebruik en de context:

Eigenschappen	Opmerkingen
Afmetingen (lengte, breedte, dikte)	Deze eigenschap hangt nauw samen met de mate van sortering van de panelen. Een nauwkeurige visuele inspectie van het lot volstaat vaak.
Geometrie (rechtheid van de randen, hoeken, vlakheid van het oppervlak)	Deze eigenschap hangt nauw samen met de mate van sortering van de panelen. Een nauwkeurige visuele inspectie van het lot volstaat vaak.
Kwaliteit van het oppervlak en de randen	Deze eigenschap hangt nauw samen met de mate van sortering van de panelen. Een nauwkeurige visuele inspectie van het lot volstaat vaak. De kwaliteit van het oppervlak moet afgestemd zijn op het gewenste niveau van afwerking (ruw, gladgeschuurd, gezandstraald, geborsteld, gebrand, etc.).
Waterabsorptie	Deze eigenschap is moeilijk meetbaar voor steenschotten. De impregnatie met cement en ontkistingsolie tijdens hun eerste gebruik maakt dat hun capaciteit tot waterabsorptie waarschijnlijk verminderd is, en hun waterwerendheid verbeterd. Het eventuele aanbrengen van een beschermende behandeling of afwerkingslaag zal deze parameter eveneens beïnvloeden.
Mechanische prestaties	Een grondige evaluatie van de mechanische prestaties is belangrijk in het geval van een hoge mechanische belasting.
Slijtage	Azobé planken brengen een risico op splinters met zich mee. Splinters van tropisch hout bevatten gewoonlijk chemische stoffen die de irritatie bij verwonding kunnen verhogen. Indien de planken worden toegepast als vloerbekleding die geschikt moet zijn om met blote voeten op te lopen is het raadzaam ze glad te schuren.
Veiligheid	Panelen met verroeste profielen (veel voorkomend) die in direct contact kunnen komen met de huid dienen een geschikte behandeling te krijgen. Panelen met profielen uit roestvrij staal komen zelden voor.
Slipweerstand	De afwerking van het oppervlak (geschuurd, geborsteld, ruw) is bepalend voor deze parameter, alsook voor het optreden van algenbloei in vochtige omgevingen. De aanwezigheid van algen op de panelen moet onder controle worden gehouden door middel van regelmatige reiniging en/of een passende preventieve behandeling.
Brandreactie	<p>De specifieke vereisten met betrekking tot de brandreactie van vloer- en muurbekledingen worden bepaald door nationale regelgeving. Deze vereisten hangen o.a. af van het gebruik van de ruimtes en het gebouw (bijvoorbeeld: privé- of collectieve woning, nooduitgang, terrassen op platte daken, etc.), de hoogte van het gebouw (voor gevelbekledingen) en van de mobiliteit van de gebruikers die moeten worden geëvacueerd in geval van brand (woonzorgcentrum, ziekenhuis, etc.).</p> <p>De brandreactie van bouwmaterialen wordt gedefinieerd in de Europese norm EN 13-501-1 (Euroklasse) en geëvalueerd op basis van een test uitgevoerd onder de uiteindelijke toepassingsomstandigheden (m.a.w. rekening houdend met het volledige constructiesysteem). Volgens de Europese classificatie worden massief houten panelen (minimale dichtheid 400 kg/m³, minimale dikte 12 mm) ingedeeld als Dfl-s1 voor vloertoepassingen en D-s2, d0 voor andere toepassingen (zonder ventilatie achter het paneel).</p> <p>Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om te voldoen aan de vereisten met betrekking tot de brandreactie door de materialen en hun plaatsingsmethode correct te bepalen in functie van hun beoogd gebruik.</p> <p>Indien nodig kan de brandreactie van steenschotten worden verbeterd door een behandeling met brandvertragende middelen, waardoor ze minder snel vuur vatten en verspreiden.</p>
Toxiciteit	Tijdens het eerste gebruik van de panelen wordt vaak ontkistingsolie aangebracht op de oppervlakken, waarvan de toxiciteit niet altijd bekend is. Er is een onderscheid tussen minerale oliën (zwart) die schadelijk zijn voor mens en milieu, en plantaardige oliën (wit) die niet toxisch zijn. Indien informatie hierover ontbreekt is het voor binnentoepassingen raadzaam zich te houden aan het 'voorzorgsbeginsel'.



De beoordeling van het effect van het hergebruik van houten elementen op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen. De analyse is altijd productspecifiek en afhankelijk van parameters zoals de oorsprong van het product, de milieuprestaties van nieuwe equivalenten, de levensduur, de hoeveelheid biogene koolstof die in het materiaal is opgeslagen, etc. Voor meer informatie kan de specifieke paragraaf over dit onderwerp in de inleidende fiche geraadpleegd worden.

Beschikbaarheid

Steenschotten zijn relatief gemakkelijk te vinden op de hergebruikmarkt. Hun beschikbaarheid hangt af van de benodigde hoeveelheden. Ter indicatie:

Frequent	Lot van 0 tot 500 m ²
Ocasioneel	Lot van 500 tot 1000 m ²
Zelden	Lot > 1000 m ²

Strengere regelgeving inzake ontbossing in tropische regio's hebben de productie van nieuwe panelen uit azobé doen afnemen ten voordele van productie uit douglas, lariks, zeeden of composietmaterialen. Bijgevolg is ook de prijs van panelen uit azobé op de hergebruikmarkt sterk gestegen. Eveneens maken nieuwe technologieën het mogelijk de gebruiksduur van de panelen voor hun eerste toepassing te verlengen. De verwachtingen zijn dan ook dat de hergebruikmarkt voor steenschotten de komende 10 jaar zal krimpen.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid:

Douglas : 140 × 110 × 5 cm: 15 tot 25 €/m²

Azobé : 140 × 110 × 4,5 cm: 35 tot 45 €/m²

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Tijdens het eerste gebruik van de panelen wordt vaak ontkistingsolie aangebracht op de oppervlakken, waarvan de toxiciteit niet altijd bekend is. Er is een onderscheid tussen minerale oliën (zwart) die schadelijk zijn voor mens en milieu, en plantaardige oliën (wit) die niet toxisch zijn. Indien informatie hierover ontbreekt is het voor binnentoepassingen raadzaam zich te houden aan het 'voorzorgsbeginsel'.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu



Voorbeelden van hergebruikte steenschotten
© panneauxleontine.be



Voorbeelden van hergebruikte steenschotten
© panneauxleontine.be



Voorbeelden van hergebruikte steenschotten
© panneauxleontine.be

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Scheepshout (ook bekend als 'scheepsplanken' of 'scheepsvloer') is een veelvoorkomend materiaal op de Belgische en Nederlandse hergebruikmarkt. Het is afkomstig uit ontmantelde haveninfrastructuur, vloeren van binnenschepen en pontons.

Scheepshout bestaat bijna uitsluitend uit azobé (*Lophira alata*), een tropisch hardhout dat van nature bestand is tegen vocht en hoge mechanische belasting.

De commercieel aangeboden planken hebben gewoonlijk de tand des tijds doormaakt (ze zijn langdurig blootgesteld geweest aan de weersomstandigheden, zout water, intensief gebruik, etc.) en worden gekenmerkt door hun ruw oppervlak en verweerd uiterlijk.

Hun afmetingen zijn variabel. De planken zijn gewoonlijk 10 tot 23 cm breed, 2,5 tot 5 cm dik en 0,8 tot 5 m lang. Tussen loten onderling en binnen eenzelfde lot kunnen er kleurverschillen optreden.

De toepassingen voor scheepsplanken zijn divers. Ze worden gebruikt voor houten terrasvloeren, scheidingswanden en omheiningen, afdaken, tuinmeubels, steunmuren etc. Af en toe worden ze ook binnenshuis geplaatst, als vloerbekleding of lambrisering.



Oppervlak van het scheepshout



Stockage buiten © scheepsplanken.be

Recuperatie van het materiaal

Scheepshout is voornamelijk beschikbaar bij gespecialiseerde handelaars, en af en toe ook als aanvulling op het aanbod van handelaars in nieuw hout.

Door beroep te doen op gespecialiseerde professionals kan men het goede verloop van de volgende operaties garanderen:

→ **Behandeling:** de planken worden doorgaans onbewerkt verkocht, of na een lichte oppervlaktebehandeling (borstelen, schuren, zandstralen, hogedrukreiniging, etc.). Soms worden de planken aan alle kanten geschuurd behalve aan de zichtbare zijde om hun verweerde uiterlijk te bewaren.

→ **Stockage:** de planken worden horizontaal gestockeerd en gestapeld op paletten, doorgaans buiten.

→ **Transport en levering:** voor scheepshout brengt dit weinig complicaties met zich mee. Wel dient men rekening te houden met de massadichtheid van azobé (1050 kg/m³).



Geborstelde planken © scheepsplanken.be



Opslag buiten © rawwood.be



Toepassingen en plaatsing

Gerecupereerd scheepshout is geschikt voor uiteenlopende toepassingen, zowel binnen als buiten.

Buitentoepassingen:

→ *Als vloerbekleding en terrasvloer:* de plaatsing van gerecupereerde scheepsplanken is relatief eenvoudig en vergelijkbaar met die van nieuwe houten terrassen. De planken worden doorgaans bevestigd op een houten draagstructuur zodat de onderzijde goed geventileerd wordt.

→ *Als omheining, afsluiting, tuinmeubilair, steunmuren, etc.:* het is aangewezen de scheepsplanken te bevestigen met schroeven in roestvrij staal om verkleuring van het hout door roestvorming te voorkomen. Vanwege de hardheid van azobé wordt ook aangeraden voor te boren. De plaatsing dient te gebeuren volgens de regels van de kunst en er dient rekening gehouden te worden met de volgende aandachtspunten: de staat en eigenschappen van de onderliggende structuur, de vochtigheidsgraad van het hout, de breedte/dikte-verhouding (slankheid) van de planken, de bevestigingsmethode, etc.

Door hun jarenlang gebruik zijn scheepsplanken minder vatbaar voor vervorming (doorbuigen, kromtrekken, etc.) dan hun equivalenten uit nieuw hout.



Onbewerkte planken © rawwood.be

Binnentoepassingen:

→ *Als vloerbekleding en lambrisering:* planken die buiten worden gestockeerd dienen te worden gedroogd alvorens ze binnen te installeren (tot een vochtgehalte van 8-12%). Aangezien het hout kan vervormen tijdens het drogen garandeert het gebruik van droge planken een betere dimensionale stabiliteit en wordt het ontstaan van scheuren vermeden. Voor het correct drogen van de planken is het aanbevolen een professional te raadplegen.

Toxiciteit

Planken uit het ruim van binnenschepen kunnen in contact zijn gekomen met toxische stoffen. Indien informatie over het oorspronkelijke gebruik ontbreekt is het voor binnentoepassingen of gebruik als meubelhout raadzaam zich te houden aan het voorzorgsbeginsel.

Scheepsplanken kunnen worden verzaagd, geschuurd, gezandstraald, geborsteld, geolied, vernist of geschilderd. Let er op dat azobé een bijzonder hard hout is dat aangepaste werktuigen vereist.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ *Samenstelling van het lot:* het lot moet zijn samengesteld uit planken van dezelfde houtsoort.

→ *Afmetingen:* de afmetingen van de planken moeten homogeen zijn, dikte inbegrepen. Het is wel mogelijk te opteren voor een plaatsing in 'vrije lengte' om minder eisen te moeten stellen omtrent de lengte van de planken.

→ *Kleurschakering:* de kleurschakeringen kunnen licht variëren binnen eenzelfde lot maar over het algemeen is de kleur van de planken relatief homogeen.

→ *Staat:* de planken mogen geen schimmelvorming vertonen. De graad van slijtage en de aanwezigheid van gebruikssporen kan sterk variëren van partij tot partij.



Ontmanteling van het ruim van een binnenschip
© historischhout.nl

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen.

Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren. Gebarsten planken, bijvoorbeeld, zullen allicht niet meer geschikt zijn voor een vloerbekleding die aan hoge mechanische lasten wordt blootgesteld.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (*zie de inleidende fiche voor meer informatie*).

De afmetingen van scheepsplanken verschillen dikwijls per lot. Het is daarom belangrijk meteen voldoende scheepsplanken aan te kopen, aangezien het niet gegarandeerd is dat eenzelfde formaat beschikbaar is bij een latere bestelling.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

In het specifieke geval van scheepsplanken bestaan er geen normen om hun eigenschappen als bouwelement te beoordelen. Wel laten de normen en de technische documentatie met betrekking tot nieuw hout en materialen op houtbasis die commercieel beschikbaar zijn, alsook de ervaring van professionals, toe om de volgende eigenschappen en aanbevelingen op te sommen:

Tabel 1: Technische eigenschappen van azobé hout (*Lophira alata*)

Dichtheid [kg/m ³]	1050
Hardheid (Monnin / Janka) *	10,7 / 17000 N (hard)
Dimensionale stabiliteit	Zwak
Natuurlijke duurzaamheid (resistentie tegen houtrotschimmels) **	Klasse I – II (duurzaam tot zeer duurzaam)
Resistentie tegen houtworm **	(Duurzaam tegen termieten)
Kleur (tint)	Roodbruin - grijsachtig

* Er bestaan verschillende methodes om de hardheid van hout te bepalen, waarbij de proefopstelling verschilt (Monnin, Janka, Brinnell). Onderstaande waarden, afkomstig van verschillende bronnen, worden ter indicatie meegegeven. Ze tonen de langse indrukweerstand bij een vochtigheidsgraad van 12%.

** Deze classificatie geldt enkel voor kernhout (duramen) en niet voor spinthout (randhout). Wij gaan er hier van uit dat de steenschotten enkel zijn samengesteld uit kernhout om te voldoen aan de technische vereisten van de betonindustrie.

De prestaties van hout worden voornamelijk bepaald door de duurzaamheidsklasse (resistentie tegen schimmelvorming en insecten), de waterwerende eigenschappen en de aanwezigheid van vocht in de onmiddellijke omgeving. De geharmoniseerde Europese norm EN 460 definieert vijf gebruiksklassen voor hout en de daaraan verbonden biologische risico's, en beveelt de eventuele toepassing van beschermende behandelingen aan naargelang het gebruik en de natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout in kwestie (tabel 2).

Onbehandelde planken uit azobé zijn uitermate geschikt voor buitenvloeren blootgesteld aan de weersomstandigheden. Deze tropische houtsoort is sterk en goed bestand tegen mechanische belasting en vocht, en heeft bijgevolg een lange levensduur.

Tabel 2: Gebruiksklassen en bijbehorende biologische risico's

Klasse	Algemeen gebruik	Biologische risico's		Natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout				
		Insecten	Schimmel	I	II	III	IV	V
				Azobé				
1	Binnen, droog	Ja	Nee					
2	Binnen of onder een afdak, niet blootgesteld aan de weersomstandigheden, mogelijks blootgesteld aan condensatie	Ja	Zwak					
3	Buiten, niet in contact met de grond, blootgesteld aan de weersomstandigheden	Ja	Ja					
4	Buiten, in contact met de grond en/of zoet water	Ja	Ja					
5	Regelmatig of permanent onder zout water	Ja	Ja					

Behandeling niet nodig
Behandeling aangeraden
Behandeling nodig



Andere relevante eigenschappen die moeten worden geëvalueerd naargelang het gebruik en de context:

Eigenschappen	Opmerkingen
Afmetingen (lengte, breedte, dikte)	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering van de scheepsplanken. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak.
Geometrie (rechtheid van de randen, hoeken, vlakheid van het oppervlak)	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering van de scheepsplanken. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak.
Kwaliteit van het oppervlak en de randen	Een nauwkeurig visueel onderzoek volstaat vaak. De kwaliteit van het oppervlak moet beantwoorden aan het gewenste niveau van afwerking (ruw, geschuurd, gezandstraald, geborsteld, etc.).
Waterabsorptie	Azobé planken zijn weinig waterabsorberend.
Mechanische prestaties	Een grondige evaluatie van de mechanische prestaties is belangrijk in het geval van een hoge mechanische belasting.
Slijtage	Azobé planken brengen een risico op splinters met zich mee. Splinters van tropisch hout bevatten gewoonlijk chemische stoffen die de irritatie bij verwonding kunnen verhogen. Indien de planken worden toegepast als vloerbekleding die geschikt moet zijn om met blote voeten op te lopen is het raadzaam ze glad te schuren.
Slipweerstand	De afwerking van het oppervlak (geschuurd, geborsteld, ruw) is bepalend voor deze parameter, alsook voor het optreden van algenbloei in vochtige omgevingen. De aanwezigheid van algen op de planken moet onder controle worden gehouden door middel van regelmatige reiniging en/of een passende preventieve behandeling.
Brandreactie	<p>De specifieke vereisten met betrekking tot de brandreactie van vloer- en muurbekledingen worden bepaald door nationale regelgeving. Deze vereisten hangen o.a. af van het gebruik van de ruimtes en het gebouw (bijvoorbeeld: privé- of collectieve woning, nooduitgang, terrassen op platte daken, etc.), de hoogte van het gebouw (voor gevelbekledingen) en van de mobiliteit van de gebruikers die moeten worden geëvacueerd in geval van brand (woonzorgcentrum, ziekenhuis, etc.).</p> <p>De brandreactie van bouwmaterialen wordt gedefinieerd in de Europese norm EN 13-501-1 (Euroklasse) en geëvalueerd op basis van een test uitgevoerd onder de uiteindelijke toepassingsomstandigheden (m.a.w. rekening houdend met het volledige constructiesysteem). Volgens de Europese classificatie worden massief houten planken (minimale dichtheid 400 kg/m³, minimale dikte 12 mm) ingedeeld als Dfl-s1 voor vloertoepassingen en D-s2, d0 voor andere toepassingen (zonder ventilatie achter de planken).</p> <p>Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om te voldoen aan de vereisten met betrekking tot de brandreactie door de materialen en hun plaatsingsmethode correct te bepalen in functie van hun beoogd gebruik.</p> <p>Indien nodig kan de brandreactie van scheepsplanken worden verbeterd door een behandeling met brandvertragende middelen, waardoor ze minder snel vuur vatten en verspreiden.</p>
Toxiciteit	Planken uit het ruim van binnenschepen kunnen in contact zijn gekomen met toxische stoffen. Indien informatie over het vorige gebruik ontbreekt, is het voor binnentoepassingen raadzaam zich te houden aan het 'voorzorgsbeginsel'.



De beoordeling van het effect van het hergebruik van houten elementen op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen. De analyse is altijd productspecifiek en afhankelijk van parameters zoals de oorsprong van het product, de milieuprestaties van nieuwe equivalenten, de levensduur, de hoeveelheid biogene koolstof die in het materiaal is opgeslagen, etc. Voor meer informatie kan de specifieke paragraaf over dit onderwerp in de inleidende fiche geraadpleegd worden.

Beschikbaarheid

Gerecupereerde scheepsplanken zijn voornamelijk op de Belgische en Nederlandse hergebruikmarkt te vinden. Hun beschikbaarheid hangt echter af van de benodigde hoeveelheden. Ter indicatie:

Frequent	0 → 50m ²
Ocasioneel	50 → 150m ²
Zelden	> 150 m ²

Volgens sommige gespecialiseerde hergebruikhandelaars zal de markt voor gerecupereerd scheepshout krimpen, aangezien planken voor maritieme toepassingen stelselmatig vervangen worden door alternatieven uit metaal.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid:

Gesorteerd en geborsteld: van 25 tot 45 €/m²

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Planken uit het ruim van binnenschepen kunnen in contact zijn gekomen met toxische stoffen. Indien informatie over hun vorige gebruik ontbreekt is het voor binnentoepassingen of gebruik als meubelhout raadzaam zich te houden aan het 'voorzorgsbeginsel'.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

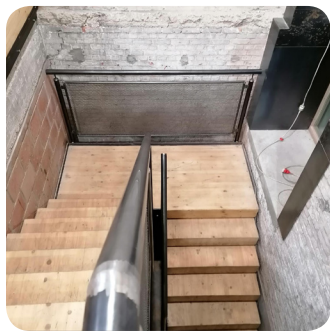
opalis.eu



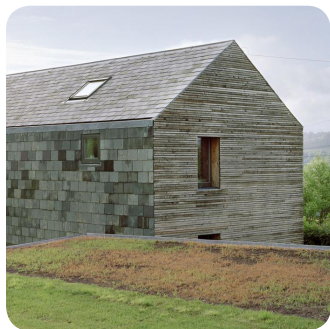
Toepassing als terrasvloer © robuustbarnwood.nl



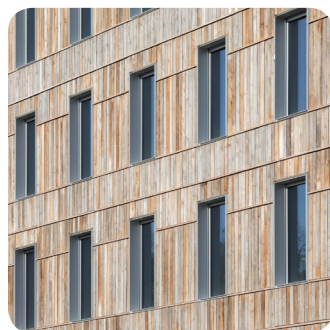
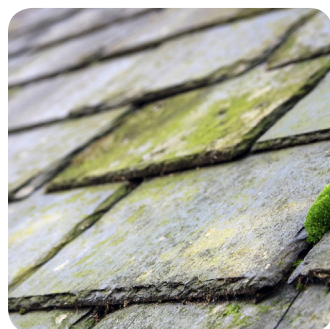
Toepassing als gevelbekleding © rawwood.be



RUWBOUW EN BOUWSCHIL



- Massief constructiehout met rechthoekige dwarsdoorsnede
- Constructieve elementen van gelijmd gelamelleerd hout
- Stalen liggers
- Barnwood, schuurhout
- Volle keramische baksteen
- Kleidakpannen
- Natuurlesteen
- Natuurstenen dorpels
- Natuurstenen muurdeksels
- Natuurstenen platen voor muurbekledingen



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

De term 'constructiehout' dekt een brede waaier van elementen, waarvan de kenmerken verschillen naargelang de houtsoort, de afmetingen, de oorspronkelijke assemblagemethoden of de aanwezigheid van eventuele afwerkings- en beschermingsbehandelingen.

Deze fiche behandelt het hergebruik van massieve houten constructie-elementen met een rechthoekige dwarsdoorsnede. Deze kunnen afkomstig van verschillende toepassingen afkomstig zijn: dakgebinten en vloeren, constructiedragers, stijl- en regelwerk, structuur van grote kunstwerken, etc. Deze houten elementen kunnen ruw gezaagd zijn, gepatineerd en aangetast door de tand des tijds. Door middel van een specifieke terminologie - soms gekenmerkt door veel regionale woorden - kunnen de elementen worden ingedeeld volgens hun afmetingen en/of hun gebruik. Bijvoorbeeld: balken, dwarsbalken, kepers, baddings, planken, etc.

De algemeen verkrijgbare producten op de hergebruikmarkt kunnen worden onderverdeeld in twee grote categorieën:

→ **'Technisch' hout:** dit zijn houten elementen die veelgevraagd zijn omwille van hun technische eigenschappen. Ze worden meestal verkocht als een (milieuvriendelijker en goedkoper) alternatief voor nieuwe equivalenten. Hun afmetingen komen soms overeen met de normen voor nieuw constructiehout, maar niet systematisch. Niettemin vertonen ze een zekere regelmaat. Het gaat hoofdzakelijk om naalddhoutsoorten: douglasspar, vurenhout, den, zilverspar, lork/lariks, etc.

→ **Oude balken:** dit zijn elementen die afkomstig zijn uit oude gebouwen en die vaak meer dan honderd jaar oud zijn. Over het algemeen zijn ze eerder duur, en vooral gewild vanwege hun geschiedenis en hun uitzicht (doorgaans onregelmatiger dan recentere

gestandaardiseerde elementen). Men vindt oude balken van loofhout (overwegend eik) en naalddhout (zilverspar, vuren, lork/lariks, etc.).

Deze fiche heeft geen betrekking op andere constructie-elementen van hout: rondhout, gelamineerd hout, gelijmd gelamelleerd hout, CLT, hout met zwaluwstaartverbinding, gevingerlast hout, etc.

Houten elementen kunnen een zeer lange levensduur hebben, zoals talrijke voorbeelden van oude constructies over de hele wereld bewijzen: Aziatische tempels, huizen in de Verenigde Staten, vakwerkhuisen in Europa, etc. Het is niet ongewoon dat de gerecupereerde elementen al verschillende levens hebben gehad, aangezien hout een veelzijdig materiaal is dat zich voor meerdere toepassingen leent.

Historisch gezien was hout door deze veelzijdigheid een belangrijk materiaal in de pre-industriële Europese economie, vooral in de bouw. Hout was toen niet alleen een volwaardig bouw materiaal met een brede waaier aan gebruiksmogelijkheden, het was ook een essentieel hulpmiddel bij de plaatsing van andere materialen, zoals natuursteen. Hout werd namelijk gebruikt voor het maken van bogen, bekistingen, kranen, steigers, etc. Daarnaast bewijzen tal van archeologische voorbeelden dat het zeer gangbaar was om gebouwen met een houtskeletconstructie, zoals schuren en huizen, volledig uit elkaar te halen en weer op te bouwen.

Ondanks hun voordelen voor het milieu, zijn deze praktijken vandaag de dag in Noordwest-Europa minder courant. In de Verenigde Staten is houtbouw en de bijbehorende recuperatie van houten elementen nog wel populair.

De beoordeling van de bouwtechnische kwaliteiten van oude dakgebinten vereist over het algemeen een aanpak op maat en een specifieke vakkenis. In normale omstan-

digheden zijn ze droog en voldoende stabiel, zodat ze minder onderhevig zijn aan torsie of krimp dan nieuwe elementen tijdens het drogen, wanneer ze worden hergebruikt in gebouwen. Bij de restauratie van oude gebouwen wordt vaak veel aandacht besteed aan de oude dakgebinten. Sommige methodes die gebruikt worden om na te gaan of de structurele elementen geschikt zijn voor behoud, kunnen ook worden toegepast om de mogelijkheid tot hergebruik te evalueren.



Hergebruik van houten balken voor een nieuw dakgebinte © yr-architecture (USA)



Oude eiken balken



Stijlen van naalddhout die worden gebruikt voor hun technische kwaliteiten



Recuperatie van het materiaal

De recuperatie van constructiehout vereist over het algemeen een goede coördinatie en moet worden uitgevoerd met inachtneming van de geldende veiligheidsvoorschriften voor sloop- en breekwerk, vooral wanneer structurele elementen worden afgebroken.

→ **Vooronderzoek.** Dit dient om de algemene kwaliteit van de verschillende elementen te beoordelen. Verschillende methodes kunnen gecombineerd worden:

- **Visuele inspectie.** Hiermee kan de houtsoort worden geïdentificeerd en de eventuele aanwezigheid worden vastgesteld van een of meerdere van volgende zaken, die hergebruik kunnen bemoeilijken of zelfs onmogelijk maken:
 - kruip (vervorming), dit is een indicator dat de elementen blootgesteld zijn aan een hoge belasting, waardoor de mechanische eigenschappen mogelijk zijn afgenomen;
 - natuurlijke gebreken (kwasten);
 - spinthout;
 - spleten (in de richting van de vezels) en barsten (dwars op de vezelrichting);
 - zichtbare zwammen, biologische agentia, houtaantasters;
 - schimmelplekken, vochtplekken, verkleuring (doorgaans in vochtige ruimten, ter hoogte van dakgoten en op plekken die mogelijks langdurig vochtig zijn geweest);
 - zaagsporen;
 - oxidatie van metalen verbindingen;
 - etc.

Deze visuele inspectie laat ook toe om de rechtheid van de elementen te controleren (plaatselijke en algemene vervorming) en de aard van de verbindingen na te gaan, die een invloed kunnen hebben op de ontmantelingsmethode.

• Elementaire tests:

- Meting van de sterkte, dichtheid en hardheid met een resistograaf. Hiermee kunnen oppervlakkige rotte plekken worden opgespoord.
- Test met een schroevendraaier. Hierbij wordt lokaal een afschilfering veroorzaakt met een stomp voorwerp. Bij gezond hout loopt de breuk langs de vezels, terwijl rot hout de neiging heeft

in kleine stukjes of in het midden van de vezels af te breken.

- Test met een rubberen hamer. Deze bestaat erin zachtjes op het hout te tikken om de aanwezigheid van holle of rotte plekken op te sporen (die een hol geluid voortbrengen).
- Meting van het vochtgehalte met een vochtigheidsmeter.
- **Bijkomende tests.** Om een meer volledige evaluatie op te kunnen maken van de staat van de elementen, vooral als ze beschilderd of bedekt zijn, kunnen aanvullende onderzoeken worden uitgevoerd, zoals bijvoorbeeld het uitvoeren van boringen en kernboringen (om inwendige aantasting van het hout op te sporen en eventueel de dikte van het resterende gezonde hout te bepalen). Ook diverse laboratoriumproeven kunnen worden gebruikt om de aanwezigheid van zwammen op te sporen, de exacte houtsoort te identificeren, de mas-sichtheid te meten of de aanwezigheid

van gevaarlijke stoffen op te sporen (zie 5 *Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen*)

- **Aanvullend onderzoek.** Dit kan uitgevoerd worden naargelang de relevantie voor de elementen hun eventuele nieuwe toepassing:
 - Onderzoek naar de geschiedenis van het gebouw op basis van de oorspronkelijke documentatie (uitvoeringsplannen, verbindingsmethoden, berekeningsnota's, etc.) en onderzoek naar de gebruiksomstandigheden (gesprekken met bewoners die er al lang wonen, vaststelling van gebeurtenissen zoals branden, waterlekken, overstromingen, etc.).
 - Gedetailleerd inventariseren van het geometrisch profiel van de balken, op basis van een opmeting van het dakgebinte of het regelwerk door een landmeter om de afmetingen van de elementen en hun verbindingen in kaart te brengen.



Test met een schroevendraaier
© qualite.bzh



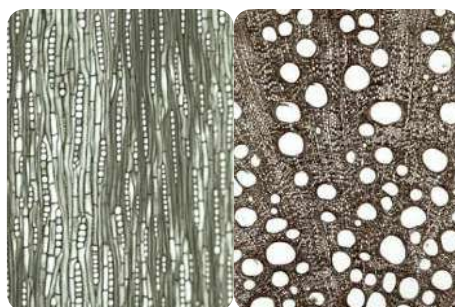
Test met een rubberen hamer
© Romane Lavoine



Hardheidstest met een resistograaf
© qsb.fr



Meting van het vochtgehalte met een vochtigheidsmeter © Romane Lavoine



Laboratoriumonderzoek - optische microscopietechniek, eik (*Quercus Petraea*) - tangentiële doorsnede (links) en transversale microsneede (rechts)
© woodanatomy.ch



Kernboring van het hout
© Romane Lavoine



→ **Demontage.** Een zorgvuldige ontmanteling is erop gericht de veiligheid van de werknemers en de integriteit van de elementen in kwestie te waarborgen. Een verliespercentage is veelal toelaatbaar vanwege de mogelijke breuken die tijdens de demontage kunnen optreden, en verzagingen. Gelijksortige elementen worden bij voorkeur gegroepeerd, genummerd en correct geïdentificeerd om de homogeniteit en traceerbaarheid van de partijen te garanderen. Ze worden opgeslagen op dwarsdragers (geen contact met de grond), met tussenafstand en beschermt tegen de weersinvloeden.

→ **Bewerkingen.** Afhankelijk van hun staat kunnen gerecupereerde houten constructie-elementen verschillende bewerkingen ondergaan voordat ze opnieuw worden gebruikt. Meestal voeren de gespecialiseerde leveranciers sowieso een aantal van deze bewerkingen uit. Soms wordt het hout echter in zijn oorspronkelijke staat verkocht. Het is dan aan de koper om indien nodig deze bewerkingen uit te voeren:

- **Verwijderen van metalen elementen.** Spijkers, schroeven en andere metalen elementen worden verwijderd met geschikt gereedschap (tang, pneumatische drevel, etc.). Dit tijdrovende proces is essentieel als het hout later moet worden bewerkt, omdat de machines anders beschadigd kunnen raken. Het gebruik van een metaaldetector vergemakkelijkt het opsporen van metalen voorwerpen.
- **Oppervlakkige reiniging.** Met behulp van een zachte borstel of staalborstel, of door te schuren of zandstralen naargelang de eisen.
- **Drogen.** De noodzaak hiervan is afhankelijk van het vochtgehalte van het gerecupereerde hout. De elementen worden meestal op natuurlijke wijze gedroogd in een loods, waarbij ze correct gestockeerd moeten worden (afstand tussen de elementen, geen contact met de grond, dwarsdragers, etc.) Kunstmatig drogen in droogovens is ook een optie. Dit draagt ook bij tot het verwijderen van mogelijk ongedierte (schimmels, insecten, etc.).
- **Klasse-indeling van het hout.** Om ervoor te zorgen dat de prestaties van de gerecupereerde houten elementen voldoen aan de eisen van hun toekomstige toepassing, moeten hun specifieke eigenschappen worden bepaald (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Dit is met

name het geval voor structurele toepassingen waarvoor een normatief kader geldt en er dus een voldoende nauwkeurige kennis van de mechanische eigenschappen van hout is vereist. Elk element kan machinaal of visueel worden geïnspecteerd door een gecertificeerd persoon, om de houtsoort vast te stellen, het type hout, de duurzaamheidsklasse, de mechanische sterkteklasse, de aanwezigheid van beschermingsbehandelingen en de invloed daarvan op de duurzaamheid, etc. De klasse-indeling vindt bij voorkeur plaats wanneer de elementen hun definitieve dwarsdoorsnede hebben gekregen (bijvoorbeeld na het schaven). Vervolgens worden de elementen afzonderlijk of per pakket gelabeld.



Recuperatie van houten balken (Hageltoren, Brussel)
© Bernard Van Damme



Reiniging van hout © yr-architecture



Verwijderen van schors, spinthout en houtspanen
© yr-architecture

Klasse-indeling van hout

De geharmoniseerde norm EN 14081-1 omschrijft de eisen van toepassing op nieuw constructiehout met rechthoekige doorsnede, dat wordt ingedeeld naar sterkte en CE-markering. Er is sprake van twee classificatiemethodes voor hout:

1. **Machinale methode** (EN 519-norm): veelgebruikt binnen grote industriële installaties voor de verwerking van nieuw hout. Hiermee kunnen productiestalen worden gekenmerkt op basis van metingen die werden verricht door goedgekeurde sorteermachines. De klasse-indeling verschilt naargelang de houtsoort (naaldhout of loofhout). De mechanische eigenschappen van de elementen worden beoordeeld aan de hand van niet-destructieve proeven (continue driepuntsbuigproef, röntgenstralen, ultrageluid, trillingen, etc.) Een voorafgaande visuele inspectie is noodzakelijk om de weerstandseigenschappen na te gaan die niet automatisch worden gedetecteerd door de machine. Er bestaan mobiele sorteermachines, die onder bepaalde omstandigheden nuttig kunnen zijn voor de classificatie van een grote partij constructiehout voor hergebruik. Ter informatie: een draagbare MTG-sorteermachine kost 7.000 tot 15.000 euro, afhankelijk van de gewenste instellingen en functies.
2. **Visuele methode** (EN 518-norm): hierbij worden met het blote oog gebreken aan het oppervlak van het element opgespoord die tot een vermindering van de sterkte kunnen leiden (grootte van scheuren, massadichtheid, aantal en grootte van de kwasten, harszakken, vezelhelling, etc.), maar ook geometrische gebreken over het volledige element (holten (spinhout), vervormingen in de lengte en in de breedte, spiraalvormige vervormingen etc.) en mogelijke biologische aantastingen (zwammen, insecten, rot, etc.) In Europa bestaan er per land veel verschillende regels voor visuele classificatie, maar er zijn ook basisprincipes vastgesteld. In de praktijk kunnen erkende certificeerders nieuw hout karakteriseren om het gebruik ervan als structureel element vrij te geven. Een concordantietabel tussen de visuele klassen en mechanische klassen is vastgelegd in de norm EN 1912. Deze methode kan eventueel worden toegepast op gerecupereerde elementen.



- **Verduurzamingsbehandeling.** Indien de toepassing dit vereist, kunnen de houten elementen worden behandeld om hun duurzaamheid voor buitentoepassingen te optimaliseren en hun gebruiksklasse te verbeteren. Er bestaan verschillende preventieve behandelingen, bijvoorbeeld onderdompeling, besproeiing, instrijken, autoclaveren, etc. Deze worden omkaderd door normen en aanbevelingen voor gebruik. Advies van een vakman wordt aanbevolen, vooral als het hout in het verleden reeds een dergelijke behandeling heeft gekregen of als er reeds een afwerkingslaag aanwezig is. Een specialist kan u eveneens informeren over de mogelijke giftigheid van de producten.

- **Thermische behandeling.** Dit procedé verbetert de duurzaamheid van hout voor buiten, maar is wel nadelig voor de mechanische eigenschappen van het hout. Het wordt meestal gebruikt voor gevelbekledings-elementen.

- **Verzagen en versnijden.** Het hout kan worden verkleind in de doorsnede en in de lengte. Sommige handelaars bieden ook de bewerking van dakspanten, en de uitvoering van dakgebinten of andere structuren op basis van een elementen uit hun eigen voorraad aan. Anderen verzagen oude balken om er parket, plankenvloer of gevelbekleding van te maken.

- **Schaven.** Het hout kan ruw worden gelaten of aan één of beide zijden worden geschaafd om een vlakke en constante doorsnede te verkrijgen.

- **Afwerking.** Het hout kan onbewerkt worden gelaten of een afwerkingslaag krijgen (vernis, was, olie, beits, verf, etc.).

→ **Opslag.** Houten elementen worden bij voorkeur opgeslagen op dwarsdragers en met afstandshouders tussen de verschillende elementen. Ze kunnen worden opgeslagen in een ruimte die beschermt is tegen de weersinvloeden of in een verwarmde omgeving om het vochtgehalte onder controle te houden. In sommige regio's met een droog klimaat mogen balken buiten worden opgeslagen. Deze worden eveneens op grote rekken geplaatst, met onderlinge tussenafstand.

→ **Transport en levering.** Tijdens het vervoer en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen worden genomen (omsnoering, hijs- en hefmiddele, etc.).



Verwijderen van metalen elementen



Opslag © Opalis / [Les ateliers de saint Gaudent](#)



Sorteren en selecteren van de balken
© [yr-architecture](#)



Opslag © Opalis / [Vieux bois des Alpes](#)



Afwerkingsbehandeling van het hout
© [yr-architecture](#)



Opslag © Opalis / [Atelier de saint Cannat](#)



Etikettering van balken, visuele of machinale klasse-indeling © [yr-architecture](#)



Opslag © Opalis / [Europort BVBA](#)

Truly Reclaimed Label

In het kader van het Europese FCRBE-project (waarbinnen ook deze fiches opgesteld werden) werkt de organisatie SALVO Ltd. (VK) aan de ontwikkeling van een 'Truly Reclaimed' keurmerk waarmee de oorsprong van gerecupereerd materiaal als dusdanig wordt gecertificeerd (om deze elementen te onderscheiden van kunstmatig verouderde, nieuwe elementen). Dit keurmerk zou zeer binnenkort beschikbaar moeten zijn voor gerecupereerde producten van hout.



Opslag © Opalis / [Bloem](#)



Toepassingen en plaatsing

Houten elementen voor hergebruik lenen zich voor dezelfde verscheidenheid aan ontwerpmethoden als nieuwe materialen. Zij kunnen worden hergebruikt voor constructiedoeleinden (keper- of spantendaken, mezzanines, afdaken, algemeen stijl- en regelwerk, etc.) of voor andere doeleinden (sierbalken, meubelhout, timmerhout, etc.). Sommige leveranciers verzagen oude balken om er parket, plankenvloer of gevelbekleding van te maken.

Voor structurele toepassingen is het raadzaam om in een vroeg stadium het adviesbureau stabiliteit en het controlebureau mee te betrekken. Zij kunnen een geschikte aanpak voorstellen voor de betreffende elementen, en ook de veiligheidsmarges aanpassen aan de beschikbare informatie (veilige aannames voor de berekening van de belasting, overdimensionering, etc.). Het is ook mogelijk om de houten elementen alleen voor minder veeleisende toepassingen te gebruiken, als manier om hun levensduur te verlengen.

Naargelang de toepassing moet er altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (bv. EN 1995: Eurocode 5 voor het ontwerp en de berekening van houtconstructies, EN 14081-1, etc.), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Afhankelijk van de geldende voorschriften moeten ook de vereisten worden nageleefd inzake aardbevingen, temperatuur, geluid, bescherming tegen termieten, brandwerendheid, etc.

Ondanks hun uitgebreide kennis van de materialen en het waardevolle advies dat zij kunnen geven, certificeren handelaars in constructiehout doorgaans niet alle eigenschappen van de elementen die zij leveren. Sommigen geven daarentegen wel garanties op eigenschappen zoals de homogeniteit van de partijen, de afmetingen van de elementen, het maximale vochtgehalte, de staat van het hout (vrij van metalen elementen, schimmels, barsten, etc.) of de herkomst (enkele handelaars brengen het label FSC recycled aan, dat certificeert dat het hout afkomstig is van de ontmanteling van een gebouw en niet van het kappen van bomen).

Afhankelijk van het beoogde gebruik kan het projectteam de verwachtingen met betrekking tot de volgende kenmerken preciseren:

→ *Soorten en afmetingen*. Door marge te laten op de afmetingen, de houtsoort, de kleur en alle niet-essentiële kenmerken, wordt het zoeken naar een partij op de hergebruikmarkt veel gemakkelijker. Aangezien de afmetingen van 'technisch' hout voor hergebruik niet noodzakelijk overeenkomen met de standaardafmetingen van nieuw hout, moet hiermee rekening worden gehouden tijdens de ontwerpfasen. Bovendien kunnen veilige aannames bij de berekening van de constructie (pessimistische gegevens over de houtkwaliteit) het gebrek aan informatie of certificatie van het materiaal compenseren. Het kan ook nuttig zijn compenserende maatregelen te nemen uitgaande van de nieuwe toepassing van het structureel hout (versterken van het grootste buigmoment, belasting verlagen, kortere asafstand, overdimensioneren van de houten elementen, verdubbelen van kolommen, uitsluiten van beschadigde elementen, etc.).

→ *Staat*. De volgende verwachtingen kunnen gepreciseerd worden:

- afwezigheid van gebrekkige, rotte of slechte knoopverbindingen;
- afwezigheid van sporen van vorstspleten, ringscheuren, hartscheuren, grote scheuren, valbreuken en andere barsten, kloven en scheuren;
- afwezigheid van vervorming en kromtrekking;
- elementen vrij van puntvormige beschadigingen en grote wormgaten, sporen van rot en schimmel;

- redelijke aanwezigheid van spijker- en boutgaten (een beperkte aanwezigheid is onvermijdelijk en deel van het karakter van oud hout);
- vochtgehalte;
- bepaling van de duurzaamheidsklasse.

→ *Hoeveelheid*. Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid hout te vinden op de hergebruikmarkt kan het projectteam ervoor kiezen de partij op te splitsen in verschillende houtsoorten en partijen.



Ontwerp van een woninguitbreiding van 110 m² met gerecupereerde materialen
© AASF Atelier Architecture Sarah Fruit, *Bati Recup* (FR)



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Het hergebruik van elementen voor structureel gebruik vereist over het algemeen een voldoende nauwkeurige kennis van de volgende prestaties (in verband met de houtsoort): vochtgehalte, maatvastheid, natuurlijke duurzaamheid van het hout, gebruiksklasse, mechanische sterkte, brandreactie en uitstoot van gevaarlijke stoffen. Deze kenmerken zijn vastgelegd in de geharmoniseerde norm EN 14081-1 en kunnen worden beoordeeld door erkende vakmensen. Hoewel deze normen uitgebreide informatie bevatten voor nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn om de geschiktheid voor gebruik van gerecupereerd constructiehout met rechthoekige doorsnede te beoordelen. Sommige van deze kenmerken zijn ook relevant voor niet-structurele toepassingen.

Eigenschappen	Opmerkingen
Dimensionale stabiliteit	Deze hangen nauw samen met de houtsoort, de droog- en opslagomstandigheden, de mate van sortering van de elementen en de homogeniteit van de partij. De werkelijke afmetingen van de houten elementen worden beïnvloed door het zwellen en krimpen als gevolg van schommelingen in het vochtgehalte. Een visueel of meer gedetailleerd onderzoek kan volstaan om ze te schatten.
Vochtgehalte	Afhankelijk van zijn functie en plaats in de constructie, moet het houten element worden gebruikt bij een evenwichtsvochtgehalte (bv. $15\% < H < 22\%$ voor elementen van het dakgebinte en $H < 18\%$ voor stijl- en regelwerk). Het is aangewezen zich hierbij te baseren op de uitvoeringsnormen. Het vochtgehalte van het hout hangt voornamelijk af van de droog- en opslagomstandigheden van het gerecupereerd hout. Het wordt gemeten met een vochtmeter.
Natuurlijke duurzaamheid	Dit kenmerk beoordeelt de natuurlijke weerstand van het hout (per houtsoort trouwens verschillend voor spinthout en kernhout) tegen aantasting door zwammen. Het wordt beoordeeld naargelang de houtsoort en is een maatstaf voor de bepaling van de gebruiksklasse van de elementen. De natuurlijke duurzaamheid kan worden verhoogd door middel van beschermende behandelingen in functie van de houtsoort en het beoogde gebruik. In dat geval spreken we van duurzaamheid door behandeling. In het geval van gerecupereerd hout is het weliswaar mogelijk de aan- of afwezigheid van beschermende behandelingen visueel vast te stellen, maar doorgaans is het moeilijker om de precieze aard van de aanwezige stoffen te bepalen.
Gebruiksklasse	De gebruiksklasse van hout bepaalt de geschikte toepassingen (zie tabel hieronder). De geharmoniseerde Europese norm EN 460 onderscheidt vijf gebruiksklassen voor hout en de bijbehorende biologische risico's. De norm geeft ook aanbevelingen over het eventuele gebruik van een adequate beschermingsbehandeling overeenkomstig de toepassing en de natuurlijke duurzaamheidsklasse van het geplaatste hout (zie normen EN 350-2 en EN 335). Zo moet bijvoorbeeld dakhout dat niet in contact komt met de grond, niet is blootgesteld aan de weersinvloeden maar wel kortstondig vochtig kan worden, van gebruiksklasse 2 zijn.
Mechanische sterkte	De sterkteklasse volgt uit de klassering van het hout op basis van zijn mechanische eigenschappen (buig-, druk-, trek-, afschuifsterkte, elasticiteitsmodulus). Ze wordt bepaald in functie van de houtsoort, de massadichtheid en het vochtgehalte. Over het algemeen hebben houtsoorten met een hoge massadichtheid een betere mechanische sterkte. De mechanische klassen van de houten elementen kunnen worden bepaald door een machinale of visuele klasse-indeling (zie kader over klasse-indeling, onder § 'recuperatie van het materiaal'). De visuele klasse-indeling lijkt aangewezen in het geval van hergebruikte materialen, aangezien het een aanvulling vormt op het herstellingsproces door de handelaars. Erkende certificeerders kunnen u hierbij helpen.

Gebruiksklasse	Algemeen gebruik	Biologische risico's		Natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout				
		Insecten	Zwammen	I	II	III	IV	V
1	Binnen, droog	Ja	Nee					
2	Binnen of beschut, niet blootgesteld aan weersomstandigheden. Mogelijkheid tot watercondensatie	Ja	Gering					
3	Buiten, niet in contact met de grond, blootgesteld aan de weersomstandigheden	Ja	Ja					
4	Buiten, in contact met de grond en/of zoetwater	Ja	Ja					
5	Regelmatig of permanent ondergedompeld in zoutwater	Ja	Ja					

Behandeling niet nodig
Behandeling aanbevolen
Behandeling noodzakelijk



Eigenschappen	Opmerkingen
Brandreactie	<p>De specifieke eisen in verband met de brandreactie van de bekledingen worden bepaald door de nationale voorschriften. Deze eisen hangen onder meer af van het gebruik van het gebouw (bv. privéwoning of flatgebouw, nooduitgangen, terrassen op platte daken, etc.), van de hoogte van het gebouw (voor de gevelbekleding), maar ook van de mogelijkheid voor de gebruikers om het gebouw te verlaten in geval van brand (bejaardentehuis, ziekenhuis, etc.). Het projectteam dient zich er dus van te vergewissen dat er voldaan wordt aan de wettelijke eisen inzake brandreactie door de materialen en hun plaatsingsmethode te bepalen in functie van het beoogde gebruik.</p> <p>Overeenkomstig een Europese beschikking (2003/43/EG) wordt de brandreactieklasse D-s2,d0 zonder verdere beproeving toegekend aan alle massieve houtsoorten waarvan de gemiddelde massadichtheid minimaal 350 kg/m³ bedraagt (gemeten op basis van een referentievochtigheid, H=12%) en de minimale dikte ten minste 22 mm is.</p> <p>Er moet ook rekening worden gehouden met de invloed van een beschermende behandeling tegen biologische aantasting of andere afwerkingsbehandelingen. Zo nodig moet de brandreactie van de elementen worden getest en opgegeven volgens EN 13501-1.</p>
Brandwerendheid	<p>Bij de berekening van de brandwerendheid van houten constructies (norm EN 1995: Eurocode 5), wordt de verbrandingssnelheid beoordeeld aan de hand van de vormeigenschappen (afmetingen van de elementen, dwarsdoorsnede, combinatie, etc.) en de materiaaleigenschappen (houtsoort, sterkte, stijfheid, karakteristieke massadichtheid, etc.).</p>
Toxiciteit	<p>Houten elementen kunnen tijdens hun gebruiksfase behandeld zijn met giftige producten of in contact zijn geweest met gevaarlijke stoffen. Hoewel het in de meeste gevallen mogelijk is de aanwezigheid van beschermende en afwerkingsbehandelingen visueel vast te stellen, is het doorgaans moeilijker om de precieze aard van de aanwezige stoffen te bepalen. Door middel van laboratoriumproeven kan worden bepaald en beoordeeld in welke mate eventueel aanwezige verontreinigende stoffen gevaarlijk zijn. De toxiciteit van sommige van deze verontreinigende stoffen kan na jarenlang gebruik drastisch zijn gedaald. Bij gebrek aan informatie hierover is het wenselijk het 'voorzorgsprincipe' aan te houden voor binnentoepassingen of toepassingen waarbij direct contact met mensen mogelijk is.</p>



Hergebruik van gebinhout als stijlen voor de ballustrades.
© Cyrus Cornut, Grande Halle de Colombelles, WIP. Architecten: *Encore Heureux* (FR)



Beschikbaarheid

Balken zijn vaak verkrijgbaar in dwarsdoorsneden van 150 mm × 150 mm tot 450 mm × 450 mm, en in een grote verscheidenheid van lengtes (gangbare afmetingen tot 8 m). Langere balken zijn zeldzamer. De meeste houten balken voor hergebruik zijn van eik, maar men vindt er ook van den, iepenhout, teak, etc. Professionele handelaars houden doorgaans grote voorraden aan en kunnen snel voldoen aan de meeste middelgrote en kleine bestellingen. Voor grotere bestellingen is meestal een wachttijd nodig om voldoende voorraad op te bouwen.

Dwarsbalken zijn verkrijgbaar in de meest courante standaardafmetingen (60 × 150 mm tot 80 × 24 mm) in den, eik, jarrah, etc. Leveranciers houden doorgaans grote voorraden aan die ze snel kunnen aanvullen.

Hout voor stijl- en regelwerk is over het algemeen verkrijgbaar met een dwarsdoorsnede van 50 × 100 mm, en een lengte tussen 2,4 en 3 m, in naaldhout, meestal den. Bij grote volumes (tiental km) kunnen de stijlen afkomstig zijn van verschillende leveranciers en verschillen vertonen qua kleur, doorsnede, etc.

Wist je dat?

Volgens tal van Belgische handelaars is de vraag naar oude balken tussen 1990 en 2000 gedaald. Veel leveranciers die over een grote voorraad beschikten, hebben zich dan ook uitgerust om deze balken te verwerken tot vloeren, gevelbekleding, deuren, traptreden of meubelen.

De balken worden over het algemeen als volgt verzaagd: de zijvlakken worden afgezaagd en intact gehouden om er gepateneerde vloerdelen van te maken. De kern van de balk wordt vervolgens in kleinere elementen verzaagd die in sommige gevallen kunstmatig worden verouderd om het aanbod aan rustieke vloeren verder uit te breiden.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze verschillen naargelang het model, de staat en de vereiste hoeveelheden. Enkele vastgestelde prijzen:

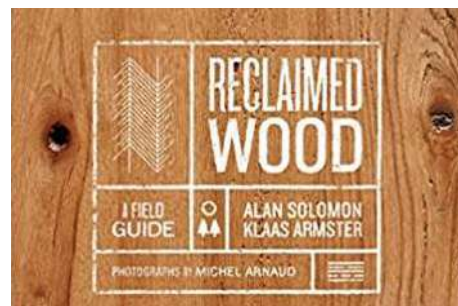
- Dwarsbalken van den 6 × 16 cm: ~ 3,5 €/m
- Dwarsbalken van den 8 × 24 cm: ~ 8,5 €/m
- Dwarsbalken van zachthout (6 × 16 tot 8 × 20 cm): 4 tot 10 €/m naargelang de dwarsdoorsnede

Over het algemeen leveren hergebruikhandelaars bij voorkeur lengtes van 2,4 tot 2,8 m omdat deze kortere lengtes gemakkelijker te vinden zijn. Voor lengtes van meer dan 4 meter kan een toeslag in rekening worden gebracht.

- Oude vurenhouten gebintbalken 90 × 400 mm: ~ 560 €/m³
- Oude grenen balken: prijs varieert naargelang de afwerking (al dan niet geschaafd) en de lengte: ~350 €/m³. De eenheidsprijs is hoger voor lange balken.
- Oude eiken balken: prijs varieert naargelang de afwerking (al dan niet geschaafd) en de lengte: voor een dwarsdoorsnede van 25 × 25 cm: tussen 700 € en 2350 €/m³. De eenheidsprijs is hoger voor lange balken.
- Borstelen/reiniging: ~ 20 € per strekkende meter



Artikel over het belang van hergebruik van houten elementen, ondanks het gebruik van behandelingen die nu verboden zijn: <https://www.salvoweb.com/salvonews/29459-salvo-strongly-supports-the-salvage-and-reuse-of-reclaimed-timbers>



Boek over gerecupereerd hout in de Verenigde Staten (geschiedenis, recuperatie, voorbeelden van hergebruik en praktische tips). *Reclaimed wood: a field guide* (2019), Alan Solomon & Klaas Armster, 240 p., Abrams edition, ISBN-13: 978-1419738180



Feedback over en beschrijving van de uitvoeringen van een dakgebinte in gerecupereerd hout, YR Architecture Design: <http://www.yr-architecture.com/reclaimed-timber-preparing-reclaimed-wood-for-reuse/>

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu



De inschatting van het effect van het hergebruik van houten elementen op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen. Het basisprincipe is dat met constructiehout biogene koolstof kan worden vastgelegd. Hergebruik is dus een manier om deze koolstofvoorraden in stand te houden en te voorkomen dat ze opnieuw in de atmosfeer terecht komen (wat zou gebeuren als het hout bijvoorbeeld zou worden verbrand als afval). Voor de algemene milieubalans van een hergebruikt houten element moet echter ook rekening worden gehouden met aspecten zoals de herkomst van het product en de afgelegde afstand, het gebruik van een beschermende behandeling, etc. Voor meer informatie raden wij aan de specifieke paragraaf over dit onderwerp in de inleidende fiche te raadplegen.



Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Houten structurelementen kunnen tijdens hun gebruiksfase in contact zijn geweest met gevaarlijke stoffen of behandeld zijn met giftige producten, met name om ze beter bestand te maken tegen biologische agentia, brand of vocht. Hoewel het in de meeste gevallen mogelijk is de aan- of afwezigheid van beschermende en afwerkingsbehandelingen visueel vast te stellen, is het doorgaans moeilijker om de precieze aard van de aanwezige stoffen te bepalen. Voor bepaalde moleculen kunnen soms eenvoudige opsporingsmethoden worden gebruikt op basis van verkleuring (loodtest, chroom-azurooltest, etc.).

In het voorbeeld hiernaast wordt een verkleuring gebruikt om te bepalen of het hout behandeld is. Een rode verkleuring wijst op de afwezigheid van behandeling, terwijl een blauwachtige kleur op de aanwezigheid van een behandeling wijst.

Lood, koper, chroom, arseen, PCP's en bepaalde kiemdodende moleculen behoren tot de gevaarlijke stoffen die kunnen worden aangetroffen. Hun concentratie in het hout, hun doeltreffendheid en hun residueel schadelijk effect zijn moeilijk te bepalen zonder specifieke laboratoriumproeven. Bij gebrek aan informatie hierover, of bij twijfel, is het altijd wenselijk het 'voorzorgsprincipe' aan te houden voor binnentoepassingen of toepassingen waarbij direct contact met mensen mogelijk is. Bovendien moeten zaag-, schaaft-, schuurbewerkingen, etc. worden uitgevoerd volgens de passende veiligheidsmaatregelen (persoonlijke beschermingsmiddelen, stofafzuiginstallatie, verwijdering van afvalstoffen, etc.).

Sommige manieren van houtbehandeling die vandaag worden aangeboden, bevatten nog altijd giftige stoffen. Het gebruik daarvan is sterk gereguleerd en voorbehouden voor bepaalde toepassingen. Hoe dan ook kunnen dergelijke behandelingen het toekomstige hergebruik van de behandelde elementen beperken of zelfs volledig onmogelijk maken.

Voor meer informatie hierover kunt u het volgende document van het INRS raadplegen, dat een overzicht geeft van de belangrijkste houtbehandelingsproducten (bestanddelen, gevaren, toepassingen en preventieve maatregelen): <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20981>.



De rode verkleuring duidt op afwezigheid van een behandeling. © expert-bois.fr



De blauwe verkleuring duidt op de aanwezigheid van een behandeling (hier beperkt tot het spinthout). © expert-bois.fr



Hergebruik van 2 000 lopende meter houtmassiefbouwelementen. Redfox Commons (2019) (USA) © Leverarchitecture.com



Gebruik van 350 m³ gerecupereerd hout om de structuur voor gipsplaatwanden te maken, BedZED. © Bill Dunster Architects (ZEDfactory, 2002) (UK)



Lees meer!

Een aantal algemene beginselen met betrekking tot het hergebruik van hout worden in dit document (in het Frans) nader toegelicht:

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi des charpentes industrialisées - Fondation Bâtiment Énergie (FBE). December 2020 (FR).

<http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-charpente-V1.pdf>

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



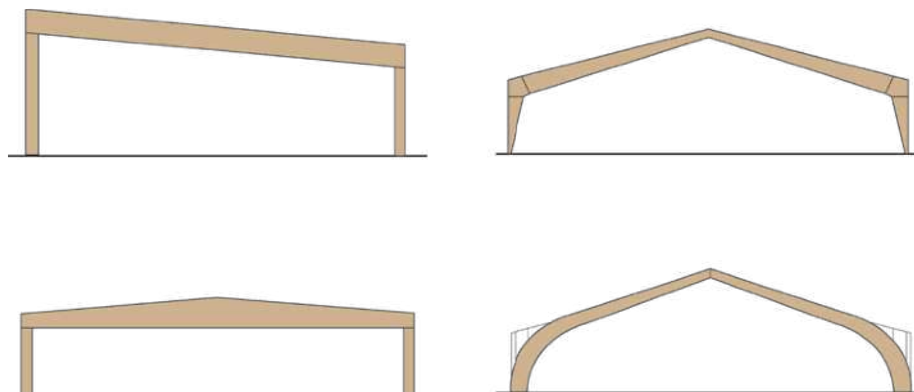
Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Elementen van gelijmd gelamelleerd hout, of afgekort 'GGH' (de franse afkorting 'BLC' voor 'bois lamellé-collé' wordt ook veel gebruikt) worden vervaardigd door geschaafde houten lamellen op elkaar te leggen en aan elkaar te lijmen. Deze techniek is al honderden jaren oud en kende in de 20e eeuw een sterke ontwikkeling. Deze constructieve elementen worden gewaardeerd om hun mechanische eigenschappen, hun lichtheid, hun vermogen om grote overspanningen te overbruggen (in de praktijk alleen begrensd door transportbeperkingen) en de verscheidenheid aan geometrische vormen die de techniek toelaat.

De lamellen die bij de productie worden gebruikt, worden verkregen door houten delen die vrij zijn van structurele gebreken (kwasten, etc.) te vingerlassen. Ze worden zo geplaatst dat hun vezel evenwijdig loopt met de hoofdrichting van het vervaardigde element. De lamellen worden met elkaar verlijmd en in de gewenste vorm geperst (recht of gebogen). De vervaardigde elementen worden vervolgens geschaafd en machinaal bewerkt om de plaatsing en assemblage van de verbindingselementen te vergemakkelijken. Tal van afwerkingsbehandelingen zijn mogelijk, afhankelijk van de vereisten van de beoogde toepassing (uitzicht, brandwerendheid, bescherming tegen biologische agentia, etc.).



Voorbeelden van de uiteenlopende vormen van constructie-elementen van gelijmd gelamelleerd hout

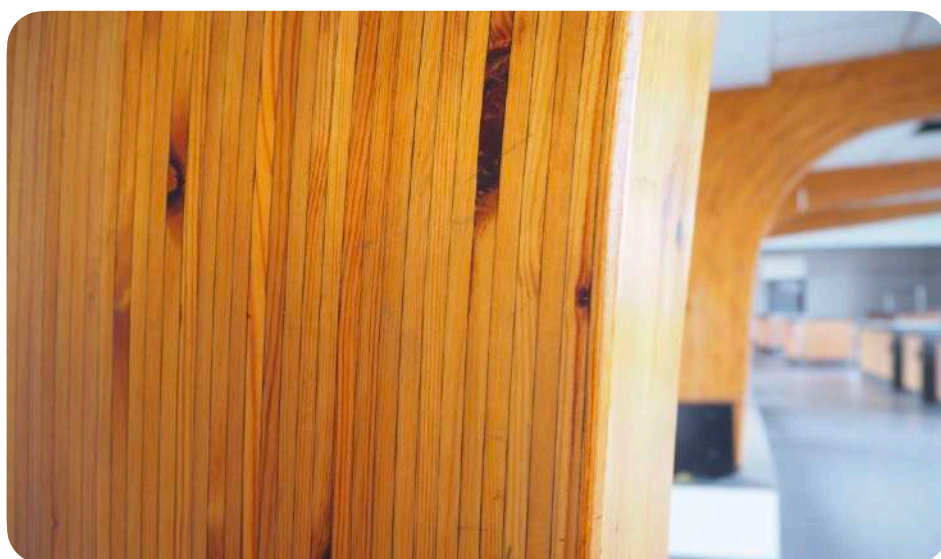
Fabrikanten van nieuw GGH geven een geschatte levensduur op van 100 jaar, maar niet zelden worden gebouwen met een structuur van GGH al veel eerder gesloopt. In theorie zouden constructie-elementen van GGH die bij een dergelijke sloop zorgvuldig worden gedemonteerd, dus kunnen worden hergebruikt, ook voor structurele doeleinden. In de praktijk gebeurt dit nog maar zelden, hoewel enkele voorbeeldprojecten aantonen dat dit wel degelijk mogelijk is. Wie weet zijn ze de voorbode van veelbelovende toekomstmogelijkheden voor dit materiaal. Momenteel worden elementen van GGH het vaakst hergebruikt voor niet-structurele doeleinden, bijvoorbeeld voor meubelen of interieurrichting.

Structureel gelijmd gelamelleerd hout mag niet worden verward met CLT (Cross Laminated Timber), waarvan de lagen onder een hoek van 90° worden gekruist om de stijfheid en stabiliteit van het paneel in alle richtingen te verhogen, of LVL (Laminated Veneer Lumber) of Kerto (Lamibois), wat eerder op zeer dikke multiplex lijkt. Het verschilt ook van gelijmd gelamelleerd hout voor meubelen of timmerhout.

Balken van GGH worden meestal onderscheiden op basis van de volgende criteria:

→ **Houtsoort.** Meestal naaldhout (bv. spar, zilverspar, grenen, douglasspar, lariks, etc.), in zeldzame gevallen ook loofhout (bv. populier, beuk of eik). De samenstelling van een element van gelijmd gelamelleerd hout kan homogeen zijn (alle lamellen zijn van dezelfde houtsoort) of gemengd (mix van verschillende soorten met verschillende mechanische eigenschappen).

→ **Formaten en afmetingen.** Balken kunnen recht of gebogen zijn, met constant of variabel traagheidsmoment, met rechte of afgeschuinde randen. De afmetingen, het aantal en de schikking van de lamellen zijn variabel en beïnvloeden de mechanische prestaties





Recuperatie van het materiaal

Momenteel is GGH voor hergebruik hoofdzakelijk afkomstig van de ontmanteling van dakgebinten, vloerbalken of kolommen die meestal dateren uit de tweede helft van de 20e eeuw.

De recuperatie van gebintelementen van GGH vereist een goede coördinatie en een zekere mate van deskundigheid. Het is wenselijk zich te laten bijstaan door vakmensen (bouwkundig ingenieurs, controlebureaus, sloopbedrijven, aannemers, etc.) die de stabiliteit van het gebouw kunnen garanderen dankzij een geschikte demontagemethode, die de uitvoerbaarheid en rentabiliteit van een ontmanteling kunnen verzekeren en een schatting kunnen geven van de kwaliteit en kwantiteit van de GGH-elementen in goede staat, om zo te beoordelen of de partij interessant is.

Net als massief hout kunnen elementen van GGH verweren wanneer ze overmatig worden blootgesteld aan vocht. De schadeverschijnselen die dan optreden zijn doorgaans het gevolg van de aanwezigheid van zwammen die houtrot veroorzaken of van houtetende insecten. Sterke schommelingen in de luchtvochtigheidsgraad veroorzaken krimp van het hout en loskomen van de lamellen, waardoor er zich scheurtjes vormen waarin overtollig water kan binnendringen. Daardoor zal een onbeschermd of slecht ontworpen bouwwerk potentieel meer schade oplopen. De horizontale delen van de balken en de verbindingen zijn de belangrijkste risicozones.

→ **Vooronderzoek.** Dit dient om de algemene kwaliteit van de verschillende elementen te beoordelen. Verschillende methodes kunnen gecombineerd worden:

- **Visuele inspectie.** hiermee kunnen bepalende kenmerken van de elementen nagegaan worden (soort hout, wijze van vingerlassen van de lamellen, etc.) en de aanwezigheid van eventuele schadeverschijnselen vastgesteld:

- scheuren, niet schadelijk of door de volledige dikte;
- loskomende elementen door loslaten van de lijm;
- abnormale vervormingen;
- verkleuringen;
- aanwezigheid van insecten, zwammen of rotte plekken;

- slechte staat van het ijzerbeslag en de mechanische verbindingen;
- slechte staat van de beschermlaag (vernis, beits).

Ook moet worden onderzocht aan welk(e) soort(en) belasting(en) de constructie tijdens de gebruiksfase is blootgesteld: overbelasting tijdens gebruik, ongevallen, blootstelling aan verontreinigende stoffen, etc. Door analyse van de verbindingen kan tijdens deze fase tevens de meest geschikte demontagemethode al worden bepaald.

- **Elementaire tests:**

- Meting van de sterkte, dichtheid en hardheid met een resistograaf. Hiermee kunnen oppervlakkige rotte plekken worden opgespoord.
- Test met een schroevendraaier. Hierbij wordt lokaal een afschilfering veroorzaakt met een stomp voorwerp. Bij gezond hout loopt de breuk langs de vezels, terwijl rot hout de neiging heeft in kleine stukjes of in het midden van de vezels af te breken.
- Test met een rubberen hamer. Deze bestaat erin zachtjes op het hout te tikken om de aanwezigheid van holle of rotte plekken op te sporen (die een hol geluid voortbrengen).
- Vochtigheidsmeting met een vochtigheidsmeter.

- **Aanvullend onderzoek.** Dit kan uitgevoerd worden naargelang de relevantie voor de elementen hun eventuele nieuwe toepassing:

- Onderzoek naar de geschiedenis van het gebouw op basis van de oorspronkelijke documentatie (uitvoeringsplannen, verbindingsmethoden, berekeningsnota's, etc.) en onderzoek naar de gebruiksomstandigheden (gesprekken met bewoners die er al lang wonen, vaststelling van gebeurtenissen zoals branden, waterlekken, overstromingen, etc.).
- Gedetailleerd inventariseren van het geometrisch profiel van de balken, op basis van een opmeting van het dakgebinte of het regelwerk door een landmeter om de afmetingen van de elementen en hun verbindingen in kaart te brengen.



Meting van de vochtigheid © SGI



Visuele beoordeling van de risicozones © SGI



Analyse en inventarisatie van de aanwezige scheurtjes © SGI



Aantasting door langdurige blootstelling aan vocht © SGI



Scheurtjes door delaminatie © SGI



Analyse van de verbindingen © SGI



→ *Demontage.*

- Voor een nieuw structureel gebruik van de elementen moet worden vermeden dat bij de ontmanteling torsiespanningen ontstaan of dat de elementen vervormd worden. Daarom moeten de elementen eerst worden losgemaakt voordat ze voorzichtig worden verwijderd. Voor een zorgvuldige ontmanteling van structurele elementen is een goede coördinatie en het gebruik van geschikte technische hulpmiddelen (snijwerktuigen, hefwerktuigen, etc.) vereist om de veiligheid van de werknemers en de integriteit van de teruggewonnen elementen te garanderen. Tijdens het hijsen met een kraan moeten brede riemen worden gebruikt en moeten de randen van de elementen van GGH worden beschermd met stalen hoekprofielen of iets dergelijks om te vermijden dat de riemen insnijdingen in de rand van de balk.
- Ontmanteling door lostrekken met een houttang, wat vaak voorkomt bij sloopprojecten, kan schade en vervorming veroorzaken die het hergebruik van elementen voor structurele doeleinden beperkt of zelfs onmogelijk maakt. Elementen die op die manier zijn gedemonteerd, kunnen echter nog wel worden gebruikt voor minder veeleisende toepassingen.

Na demontage worden de elementen bij voorkeur gegroepeerd, genummerd en correct geïdentificeerd om de homogeniteit en traceerbaarheid van elk stuk in de partij te garanderen.

→ *Opslag.* De elementen worden staand of liggend gestockeerd, en wel zodanig dat ze beschermd zijn tegen invloeden van buitenaf, zoals de zon, regen, schommelingen in de luchtvochtigheid, contact met de grond, vegetatie, etc. Hiervoor kan een waterdicht dekzeil gebruikt worden. Bij langdurige opslag moet de verpakking worden geopend om condensatie te voorkomen of af te voeren. De elementen worden op propere houten dwarsdragers gelegd die voldoende dik moeten zijn om een goede ventilatie te garanderen. Bij vlakke stapeling moet een voldoende aantal niet-geïmpregneerde houten afstand-

sblokjes van gelijke dikte worden gebruikt. Zorg ervoor dat bij langdurige opslag de elementen mooi vlak liggen.

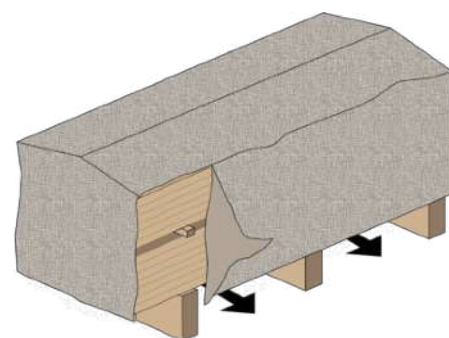
→ *Transport.* Afhankelijk van de lengte van de elementen en de geldende verkeersregels kunnen speciale vergunningen en hulpmiddelen vereist zijn. Afhankelijk van de beoogde toepassing en de initiële lengte van de stukken, kan het wenselijk zijn de elementen ter plaatse in te korten om ze gemakkelijker te vervoeren. De elementen worden best beschermd om het risico op schade te beperken (mechanische schade, vocht, uv-straling, etc.). Het is aangeraden brede en correct geplaatste riemen te gebruiken.

→ *Bewerkingen.* Afhankelijk van hun staat en het beoogde gebruik, kunnen gerecupereerde constructie-elementen van GGH verschillende bewerkingen ondergaan voordat ze worden hergebruikt. Sommige leveranciers voeren sowieso een aantal van deze bewerkingen uit. Soms wordt het hout ook in zijn oorspronkelijke staat verkocht. Het is dan aan de koper indien nodig deze bewerkingen uit te voeren. Het kan interessant zijn leveranciers van nieuwe GGH-elementen bij dit proces te betrekken, om te helpen met herstelling van de elementen.

- *Verwijderen van metalen elementen.* Spijkers, schroeven en andere metalen elementen worden verwijderd met geschikt gereedschap. Dit tijdrovende proces is essentieel als het hout later moet worden bewerkt, omdat anders de machines beschadigd kunnen raken. Het gebruik van een metaaldetector vergemakkelijkt het opsporen van metalen voorwerpen.

- *Oppervlakkige reiniging.* Met behulp van een zachte borstel of staalborstel, of door te schuren of zandstralen naargelang de eisen. Eventuele verf- of vernisresten kunnen met een machinale schuurbewerking worden verwijderd.

- *Drogen.* De noodzaak hiervan is afhankelijk van het vochtgehalte van het gerecupereerde hout. De elementen worden meestal op natuurlijke wijze gedroogd in een loods, waarbij ze correct gestockeerd moeten worden (afstand tussen de elementen, geen contact met de grond, dwarsdragers, etc.) Kunstmatig drogen in droogovens is ook een optie.



Opslag, overdekte balken



Opslag van gerecupereerde balken van GGH



Vorbereiding voor demontage



Demontage van balken van GGH



Demontage van balken van GGH



Transport van balken van GGH

Het is normaal dat er krimpscheurtjes ontstaan in het hout als gevolg van vocht- of temperatuurschommelingen. Meestal veranderen deze de mechanische eigenschappen van de constructies niet noemenswaardig en hoeven ze dus niet als gebrek beschouwd worden.



- **Verduurzamingsbehandeling.** Indien de toepassing dit vereist, kunnen de houten elementen worden behandeld om hun duurzaamheid voor buitentoepassingen te optimaliseren en hun gebruiksklasse te verbeteren. Er bestaan verschillende preventieve behandelingen, bijvoorbeeld onderdompeling, besproeiing, instrijken, autoclaveren, etc. Deze worden omkaderd door normen en aanbevelingen voor gebruik. Door de grote afmetingen van de elementen van GGH zijn bepaalde soorten behandelingen slechts beperkt mogelijk. Advies van een vakman wordt aanbevolen, vooral als het hout in het verleden reeds een dergelijke behandeling heeft gekregen of als er reeds een afwerkingslaag aanwezig is. Er dient opgemerkt te worden dat geen enkele oppervlaktebehandeling (in tegenstelling tot autoclaveren) een duurzame bescherming biedt tegen houtrot. Daarnaast is zover ons bekend een onbes-

chermd buitentoepassing, zonder verduurzamingsbehandeling van de elementen niet mogelijk, behalve wanneer geweten is dat de elementen al afdoende behandeld werden voor hun vorige gebruik. (zie ook § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik' -> gebruiksklasse).

- **Verzagen en versnijden.** Elementen van GGH kunnen in kleinere stukken of op maat worden verzaagd. Balken kunnen ook in de dikte worden verzaagd, met een mobiele zaag of in de zagerij, om dünnere elementen te verkrijgen die bijvoorbeeld geschikt zijn voor meubelprojecten.

- **Schaven.** De delen kunnen aan één of beide zijden worden geschaafd om een vlakke en constante doorsnede te verkrijgen en om oneffenheden te corrigeren die het gevolg zijn van een eerdere zaagbewerking.

- **Bewerking.** Indien nodig kunnen nieuwe uitsparingen voor verbindingen (verbindingstukken, ijzerbeslag, etc.) worden gefreesd. CNC-machines bieden in dat geval de nodige precisie.

- **Herstellingen.** Eventuele kleine scheuren en gaten (zoals oude verbindingsgaten) kunnen met houtpasta of epoxyhars worden opgevuld. Mechanische reparaties zijn mogelijk (toevoeging van onderdelen en versterkingen).

- **Afwerking.** Afhankelijk van de beoogde toepassing, kan het hout onbewerkt worden gelaten of een afwerkingslaag krijgen (vernis, was, olie, beits, verf, etc.). Sommige afwerkingsbehandelingen kunnen de prestaties in verband met de brandrisico's verbeteren. Gezonde en milieuvriendelijke afwerkingsbehandelingen verdienen de voorkeur.



Verwijderen van metalen onderdelen



Inspectie met een metaaldetector



Overlangs (in de lengte) gezaagd GGH



Schaven



Schaven



Bewerking en renovatie van een balk van GGH.
© Crossroads Lumber, 2015.
(<https://www.youtube.com/watch?v=YmB2cAdFDAQ>)



Toepassingen en plaatsing

Gerecupereerde elementen van GGH bieden veel mogelijkheden voor hergebruik. Concrete projecten worden dikwijls getypeerd door het samenkomen van de volgende twee aspecten:

- de beoogde nieuwe toepassing:
 - structureel
 - niet-structureel
- het vertrekpunt van het ontwerp:
 - uitgaande van een structuur die nog overeind staat
 - uitgaande van een partij elementen die reeds zijn ontmanteld en te koop worden aangeboden door professionele leveranciers

Structurele toepassing zijn natuurlijk het meest veeleisend. Hiervoor dienen de geldende normen geraadpleegd te worden (bv. EN 1995: Eurocode 5 voor het ontwerp en de berekening van houtconstructies; EN 14080, etc.). Afhankelijk van de geldende regelgeving moet ook rekening worden gehouden met seismische, thermische en akoestische eisen, eisen inzake bescherming tegen termieten, brandwerendheid, etc. Daarom wordt aanbevolen zo vroeg mogelijk gespecialiseerde ingenieurs te betrekken bij het ontwerp-proces.

In het geval van een nog bestaande constructie kunnen ze de nodige voorafgaande onderzoeken aanbevelen, begeleiden en interpreteren: visuele inspectie, voorafgaande tests, aanvullend onderzoek, etc. (zie § 'Recuperatie van het materiaal'). Op basis van deze informatie kunnen aanvullende tests uitgevoerd worden indien nodig (bepaling van de houtsoorten, de staat van de lijmen, de buigsterkte, etc.). In de meeste gevallen kunnen de ingenieurs een ontwerpbenadering voorstellen die aangepast is aan de beschikbare informatie. Deze benadering zal steunen op:

→ Veilige aannames bij de berekening van de constructie. Bijvoorbeeld door de marges of onzekerheden met betrekking tot de houtkwaliteit aan te passen, door een model te simuleren op basis van de laagste mechanische klasse, etc.

→ Compenserende maatregelen op basis van de nieuwe toepassing van de structuur. Bijvoorbeeld door versterkingen voor te stellen op de plaatsen waar het buigmoment het grootst is, de asafstand tussen de elementen

te verkorten, de belasting te verlagen, de elementen te overdimensioneren (bijvoorbeeld door de kolommen te ontdubbelen), etc.

Ook bij niet-structurele toepassingen is het belangrijk dat de eigenschappen van het gerecupereerde materiaal het beoogde nieuwe gebruik toestaan.

Professionele leveranciers specificeren bepaalde eigenschappen van de elementen. Behalve het uitvoeren van herstellingen kunnen zij meestal ook informatie verstrekken over de afmetingen van de elementen (dikte, lengte en breedte), hun gewicht, de houtsoort of de staat van de elementen (aanwezigheid van gaten, scheuren, metalen elementen, etc.). Het kan nuttig zijn reeds vroeg in het ontwerp-proces een opslag- of demontagesite te bezoeken om de kwaliteit van een bepaalde partij zelf in te kunnen schatten.

Afhankelijk van het beoogde gebruik kan het projectteam de verwachtingen met betrekking tot de volgende kenmerken preciseren:

→ **Soorten en afmetingen.** Door marge te laten met betrekking tot de afmetingen, de houtsoort, de kleur en alle niet-essentiële kenmerken, wordt het zoeken naar een partij op de hergebruikmarkt veel gemakkelijker.

→ **Staat.**

- Controle van de goede hechting van de lijmen (door middel van specifieke proeven of door visuele inspectie). Als deze niet meer in goede staat verkeren, kunnen de elementen delamineren (waarbij de verschillende lamellen loskomen van elkaar).
- Toegelaten mate van onvolkomenheid ten aanzien van het beoogde gebruik, met opgave van de aanvaarding of afkeuring van deze gebreken (bv. niet-doorgaande scheuren < 30 cm, etc.). Dit principe mag in visuele vorm worden beschreven om het onderzoek van elementen van gelijmd gelamelleerd hout te vergemakkelijken.
- Aanvaardbare aanwezigheid van gaten en doorboringen. Indien niet aanvaardbaar mogen kleine scheuren en gaten worden opgevuld met houtpasta of epoxyharsen. Voor structureel gebruik bestaan er andere renovatiemethoden die de integriteit van de elementen herstellen, waarbij het gebrekkige materiaal wordt behandeld door injectie, door een aangetast deel te vervangen door een prothese of door versterkingen aan te brengen, etc.

→ **Hoeveelheid.** Bij niet-structureel gebruik en om de kans te vergroten dat de nodige hoeveelheid materiaal op de hergebruikmarkt te vinden is, kan het projectteam ervoor kiezen de partij op te splitsen in verschillende houtsoorten, kleuren en partijen.

De meeste gerecupereerde bouwmaterialen worden op de hergebruikmarkt verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen informatie verstrekken over het aangekochte product (voor meer informatie, zie de inleidende fiche).



Aanwezigheid van gaten, scheuren en beschadigingen bij gerecupereerde elementen

 **Portail du BOIS LAMELLÉ**

Het portaal voor gelamelleerd hout (<http://www.glu-lam.org>), gepubliceerd door de Union des Industriels Constructeurs Bois (UICB), biedt een schat aan informatie over gelijmd gelamelleerd hout, zowel wat betreft de plaatsing als mogelijke toepassingen (website in het Frans).



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Het hergebruik van elementen uit GGH voor structurele doeleinden vereist over het algemeen een voldoende nauwkeurige kennis van de volgende prestaties (verbonden aan de houtsoort): dimensionale karakteristieken, vochtgehalte, mechanische sterkte, duurzaamheid van het hout (van nature of door behandeling), gebruiksklasse, sterkte van de lijmverbinding, brandreactie en uitstoot van gevaarlijke stoffen. Deze eisen zijn vastgelegd in de geharmoniseerde norm EN 14080 en kunnen worden beoordeeld door erkende vakmensen. Hoewel ze zijn gespecificeerd voor nieuwe materialen, kunnen ze ook worden gebruikt om de geschiktheid voor hergebruik van elementen uit GGH te beoordelen. Sommige van deze kenmerken zijn ook relevant voor niet-structurele toepassingen.

Eigenschappen	Opmerkingen
Maatvastheid	De dimensionale karakteristieken hangen nauw samen met de houtsoort, de droog- en opslagomstandigheden, de mate van sortering van de elementen en de homogeniteit van de partij. De werkelijke afmetingen van de elementen uit GGH worden beïnvloed door het zwellen en krimpen als gevolg van schommelingen in het vochtgehalte. Een visueel of meer gedetailleerd onderzoek kan volstaan om ze te schatten.
Vochtgehalte	Door de relatieve luchtvochtigheid onder controle te houden, kan de maatvastheid van de elementen uit GGH worden verzekerd. Afhankelijk van hun functie en plaats in de constructie, moeten de elementen worden geplaatst bij een evenwichtsvochtgehalte (bv.: max. 15% voor gebintelementen) en overeenkomstig de aangegeven gebruiksklasse. Het is aangeraden zich hierbij te baseren op de uitvoeringsnormen. Het vochtgehalte van gerecupereerd hout hangt voornamelijk af van de droog- en opslagomstandigheden. Het wordt gemeten met een vochtmeter.
Duurzaamheid	De natuurlijke duurzaamheid van elementen uit gelijmd gelamelleerd hout is een maat voor hun weerstand tegen aantasting door zwammen. Deze is identiek aan die van de houtsoort waarvan ze zijn gemaakt en maakt het mogelijk na te gaan of de elementen compatibel zijn met de aangegeven gebruiksklasse. De natuurlijke duurzaamheid kan worden verhoogd door middel van beschermende of afwerkingsbehandelingen die aangepast zijn aan de houtsoort en het beoogde gebruik. In dat geval spreken we van duurzaamheid door behandeling. Het gebruik van conserveringsmiddelen wordt geregeld door normen en aanbevelingen voor het gebruik. Men dient erop toe te zien dat de behandelingen geschikt zijn voor de soms aanzienlijke grootte van de elementen van GGH. Over het algemeen is de beste manier om hout te beschermen er technisch en ontwerpmatig voor te zorgen dat er geen verrotting kan optreden: door een geschikte houtsoort te kiezen, door de elementen te beschermen, door ervoor te zorgen dat ze snel kunnen drogen, of door een speciale behandeling te overwegen.
Gebruiksklasse	De gebruiksklasse van het hout bepaalt voor welke toepassingen het geschikt is (zie tabel). De geharmoniseerde Europese norm EN 460 definieert vijf gebruiksklassen voor hout en de bijbehorende biologische risico's, en raadt eventuele geschikte beschermende behandeling aan, naargelang de toepassing en de natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout in kwestie (zie normen EN 350-2 en EN 335). Zo moet bijvoorbeeld dakhout dat niet in contact komt met de grond, niet is blootgesteld aan de weersinvloeden en slechts tijdelijk vochtig kan worden, van gebruiksklasse 2 zijn. Deze classificatie is van belang voor zowel structurele als niet-structurele toepassingen. Door toepassing van duurzaamheidsbehandelingen op het oppervlak van GGH is het niet mogelijk een hogere klasse te halen dan gebruiksklasse 2. Gebruiksklassen 3 en 4 kunnen alleen worden bereikt door behandeling van de afzonderlijke lamellen, d.w.z. vóór de verlijming. Gebruiksklasse 5 is niet van toepassing op GGH. In het kader van de dimensionering van houtconstructies worden de elementen ingedeeld in een gebruiksbelastingsklasse (EN 1995) die rechtstreeks bepaald wordt door de gebruiksklasse van het hout.

Gebruiksklasse	Algemeen gebruik	Biologische risico's		Natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout				
		Insecten	Zwammen	I	II	III	IV	V
1	Binnen, droog	Ja	Nee					
2	Binnen of beschut, niet blootgesteld aan weersomstandigheden. Mogelijkheid tot watercondensatie	Ja	Gering					
3	Buiten, niet in contact met de grond, blootgesteld aan de weersomstandigheden	Ja	Ja					
4	Buiten, in contact met de grond en/of zoetwater	Ja	Ja					
5	Regelmatig of permanent ondergedompeld in zoutwater	Ja	Ja					

Traitement non nécessaire
 Traitement recommandé
 Traitement nécessaire



Eigenschappen	Opmerkingen
<p>Duurzaamheid van de lijmverbinding</p>	<p>In het kader van het hergebruik van elementen van GGH heeft de sterkte van de lijmnamen vooral betrekking op de zwaluwstaartverbindingen binnen de lamellen (meestal vingerlassen) en de lijmnamen tussen de lamellen. Deze kan worden getoetst door middel van delaminatieproeven of afschuifproeven op monsters. Door deze prestatie te bepalen, kan worden nagegaan of schommelingen in de houtvochtigheid bij een bepaalde gebruiksklasse niet kunnen leiden tot delaminatie, d.w.z. het loskomen van de lamellen door loslaten van de lijmverbindingen.</p> <p>Een snelle (maar niet gestandaardiseerde) test kan hier een eerste indicatie geven. De methode bestaat erin met behulp van een klem een drukkracht uit te oefenen op een uitgehold deel van een proefstuk, om trekspanningen te veroorzaken loodrecht op de houtnerf (delaminatiespanningen van de lijmnaad). Als de breuk zich voordoet in de houtvezels en niet in het lijmvlak, spreken we van een cohesiebreuk, wat wijst op een voldoende sterke verlijming.</p> <div data-bbox="438 582 1013 795" style="text-align: center;"> </div> <ol style="list-style-type: none"> 1. Klem (drukkracht) 2. Proefstuk gelijmd gelamelleerd hout 3. Uitgehold deel 4. Lijmvlak tussen de lamellen 5. Cohesiebreuk, in de houtvezels <p>Over het algemeen zal een visuele inspectie van de elementen een eerste beeld geven van de staat van de lijmverbindingen. De resultaten van deze inspectie kunnen ook worden geïnterpreteerd ten opzichte van de gebruiksklasse van het element in zijn oorspronkelijke toepassing. (Bijvoorbeeld balken die oorspronkelijk werden ingezet in gebruiksklasse 3, met grote schommelingen in het vochtgehalte, en die geen sporen van delaminatie vertonen, zijn naar alle waarschijnlijkheid geschikt voor hergebruik in gebruiksklasse 1, met geringe schommelingen in het vochtgehalte. Het omgekeerde is absoluut niet aan te bevelen.)</p> <p>Ook het gebruikte lijmtypen bepaalt de gebruiksbelastingsklasse waarin het element kan worden ingezet. Bij gebrek aan precieze informatie over het lijmtypen is het daarom raadzaam een minder veeleisende gebruiksbelastingsklasse voorop te stellen. De meest gebruikte lijmen voor constructie-elementen van gelijmd gelamelleerd hout behoren tot drie typen: Melamine-Ureum-Formaldehyde (MUF), Polyurethaan (PU) en Resorcinol-Fenol-Formaldehyde (RPF). Dit derde type, synthetische bicomponenten, is geleidelijk in onbruik geraakt ten voordele van de andere twee. Ook de oplosmiddelvrije en milieuvriendelijke lijmen op basis van caseïne die in het begin van de 20e eeuw werden gebruikt, raakten in onbruik omdat ze niet meer beantwoorden aan de huidige eisen.</p>
<p>Mechanische sterkte</p>	<p>In de industrie wordt de mechanische sterkte van nieuwe elementen van GGH bepaald op basis van de mechanische sterkte van de lamellen die bij hun productie worden gebruikt. Hiervoor wordt elke partij lamellen in kaart gebracht door een normatieve klasse-indeling (visueel of machinaal), waardoor een sterkteklasse kan worden bepaald voor de elementen van gelijmd gelamelleerd hout (bv.: GL24, GL28, GL32, etc.). De verschillende mechanische prestaties van de elementen kunnen dan rechtstreeks worden berekend op basis van deze klasse-indeling (buigsterkte, treksterkte, druksterkte, afschuifsterkte en elasticiteitsmodulus), maar ook op basis van de andere kenmerken van het materiaal (houtsoort, massadichtheid, sterkte, stijfheid, sterkte van de vingerlassen, afmetingen en combinatie van de lamellen, etc.)</p> <p>In het geval van gerecupereerde houten elementen is een gedetailleerde visuele sortering van het hout door een bevoegde en erkende instantie mogelijk, waardoor de mechanische prestaties van elk element kunnen worden bepaald op basis van veilige aannames. Ook destructieve proeven op balken op ware grootte zijn mogelijk. Hiervoor dient men over voldoende elementen te beschikken in een partij zodat er een of meerdere kunnen worden opgeofferd. Aan de hand van deze informatie kunnen materiaal en toekomstig gebruik op elkaar worden afgestemd.</p>



Verwerking tot traptreden (BE) © Zinneke



Verwerking tot leuningen (BE) © Zinneke

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu



Eigenschappen	Opmerkingen
Brandreactie	<p>De specifieke eisen in verband met de brandreactie van de bekledingen worden bepaald door de nationale voorschriften. Deze eisen hangen onder meer af van het gebruik van het gebouw (bv. privéwoning of flatgebouw, nooduitgangen, terrassen op platte daken, etc.), van de hoogte van het gebouw (voor de gevelbekleding), maar ook van de mogelijkheid voor de gebruikers om het gebouw te verlaten in geval van brand (bejaardentehuis, ziekenhuis, etc.). Het projectteam dient zich er dus van te vergewissen dat er voldaan wordt aan de wettelijke eisen inzake brandreactie door de materialen en hun plaatsingsmethode te bepalen in functie van het beoogde gebruik.</p> <p>Overeenkomstig een Europese beschikking (2005/610/EG) wordt de brandreactieklasse D-s2,d0 zonder verdere beproeving toegekend aan alle elementen van gelijmd gelamelleerd hout die voldoen aan de norm EN 14080 waarvan de gemiddelde massadichtheid minimaal 380 kg/m³ bedraagt (gemeten op basis van een referentievochtigheid van 12%) en de minimale dikte ten minste 40 mm is.</p> <p>Er moet ook rekening worden gehouden met de invloed van een beschermende behandeling tegen biologische aantasting of andere afwerkingsbehandelingen. Zo nodig moet de brandreactie van de elementen worden getest en opgegeven volgens EN 13501-1.</p>
Brandweerstand	<p>Bij de berekening van de brandwerendheid van houten constructies (norm EN 1995: Eurocode 5), wordt de verbrandingssnelheid beoordeeld aan de hand van de vormeigenschappen (afmetingen van de elementen, dwarsdoorsnede, combinatie van de lamellen, etc.) en de materiaaleigenschappen (houtsoort, sterkte, stijfheid, karakteristieke massadichtheid, etc.).</p>
Gevaarlijke stoffen	<p>Er zijn al vele verschillende soorten lijmen gebruikt bij de productie van elementen van GGH. Bij gebrek aan nauwkeurige informatie is het vrij moeilijk om hun giftigheid en hun effect op de binnenluchtkwaliteit te bepalen. Sommige lijmen, zoals gemodificeerde melaminehars en fenol-resorcinolhars, kunnen formaldehyde bevatten. Niettemin moet worden opgemerkt dat het formaldehydegehalte in deze lijmen zeer laag is en dat de concentraties van vluchtige organische stoffen (VOS) in de omgevingslucht ver onder de grenswaarden zullen liggen die zijn opgelegd door de regelgeving voor plaatmateriaal. Zo nodig kunnen proeven worden uitgevoerd om de afgifte van formaldehyde na te gaan. Algemeen wordt echter aangenomen dat de emissiegraad van sommige materialen die formaldehyde bevatten, afneemt met de tijd. Het risico in verband met het hergebruik van elementen van gelijmd gelamelleerd hout binnenshuis kan daarom als gering worden beschouwd.</p> <p>De elementen van GGH kunnen tijdens hun gebruiksfase ook zijn behandeld met giftige producten of in contact zijn geweest met gevaarlijke stoffen. Hoewel het in de meeste gevallen mogelijk is de aan- of afwezigheid van beschermende en afwerkingsbehandelingen visueel vast te stellen, is het doorgaans lastiger de precieze aard van de aanwezige stoffen te bepalen. Door middel van laboratoriumproeven kan worden bepaald en beoordeeld in welke mate eventueel aanwezige verontreinigende stoffen gevaarlijk zijn. De toxiciteit van sommige van deze verontreinigende stoffen kan na jarenlang gebruik drastisch zijn gedaald. Bij gebrek aan informatie hierover is het wenselijk het 'voorzorgsprincipe' aan te houden voor binnentoepassingen of toepassingen waarbij direct contact met mensen mogelijk is.</p> <p>Aangezien constructies van GGH zich uitstekend gedragen in een agressieve omgeving, worden ze vaak gebruikt in opslagloodsen voor stoffen zoals zouten, zuren, koolwaterstoffen, etc. Informatie over dit oorspronkelijke gebruik kan derhalve nuttig zijn om de toxiciteitsrisico's (mogelijke contaminaties) in verband met hun nieuwe toepassing te beperken.</p>

(1) Indoor Air Pollution: An Evaluation of Three Agents – Formaldehyde, Exposure to Environmental Hazard, University of Minnesota, PubH 5103, fall semester 2003.



Verwerking van balken uit GGH tot meubelelementen (BE) © Rotor



Verwerking tot meubelelementen. Espace 16 Arts, Atelier d'architecture Alain Richard, Anderlecht (BE), 2011. © aa-ar

Voor meer informatie hierover kunt u het volgende document van het INRS raadplegen, dat een overzicht geeft van de belangrijkste houtbehandelingsproducten (bestanddelen, gevaren, toepassingen en preventieve maatregelen): <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20981>.

In 2015 gaf het Nederlandse bedrijf Bruil Beton & Mix zijn toestemming voor het gebruik van gerecupereerde balken van gelijmd gelamelleerd hout in het ontwerp van hun nieuwe gebouw. De vuren houten balken van het oude gebouw werden afzonderlijk geïnspecteerd door het controlebureau SHR en vervolgens zorgvuldig gedemonteerd en hersteld door Heko Spanten (fabrikant van nieuwe elementen). Na droging werden de balken afzonderlijk beoordeeld op mogelijke schade en aantasting door rot. Op elk element werden delaminatietests uitgevoerd om de staat van de lijm te toetsen. De mechanische sterkteklasse werd visueel bepaald (GL24h). Al deze parameters werden vervolgens gebruikt voor de constructieberekeningen en de dimensionering van het nieuwe gebouw. De restauratie van de balken bestond uit een oppervlakkige reiniging met water, een inkorting in de lengte en een bewerking om de compatibiliteit met de nieuwe verbindingselementen te verzekeren. In totaal konden 13 balken van 16.100 × 890 × 133 mm worden hergebruikt.
<https://naturalcapital.futureproof.community/uploads/71dbb80a7b0136dff3f57725f4b11762.pdf> in HOUTWERELD, Nr. 11 (mei 2015).

Beschikbaarheid

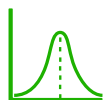
Elementen van GGH zijn niet erg gangbaar op de hergebruikmarkt. Sommige leveranciers vullen hun reguliere aanbod echter aan met partijen gerecupereerd gelijmd gelamelleerd hout.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze verschillen naargelang het model, de staat en de benodigde hoeveelheden.

→ Balk uit GGH: 200 - 450 €/m³

◀ Op een vergelijkbare manier werkte het Nederlandse bedrijf De Groot Vroomshop, dat ook nieuwe balken vervaardigt, mee aan het hergebruik van 80 ton gebogen balken van 40 jaar oud, afkomstig van de sloop van een oude ijsbaan (NL). © De Groot Vroomshop.
<https://degrootvroomshop.nl/gelijmde-hout-constructies/hergebruik-houten-spanten/>



De inschatting van het effect van het hergebruik van houten elementen op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen.

Het basisprincipe is dat met constructiehout biogene koolstof kan worden vastgelegd. Hergebruik is dus een manier om deze koolstofvoorraden in stand te houden en te voorkomen dat ze in de atmosfeer terechtkomen (wat zou gebeuren als het hout bijvoorbeeld zou worden verbrand als afval). Voor de algemene milieubalans van een hergebruikt houten element moet echter ook rekening worden gehouden met aspecten zoals de herkomst van het product en de afgelegde afstand, het gebruik van een beschermende behandeling, etc. Voor meer informatie raden wij aan de specifieke paragraaf over dit onderwerp in de inleidende fiche te raadplegen.



Balken vóór hergebruik



Demontage



Plaatsing



Balken na hergebruik

Hergerbruik ter plaatse. Standaertsite, Ledeberg Gent (BE), 2018. © AE / Carton123 / murmuur.
<https://opal.is.eu/nl/projecten/gelijmd-gelamelleerde-liggers-hergebruikt-op-de-standaertsite>

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

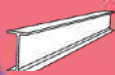
Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Crystal Palace, een gigantische serre van 92.000 m² van ijzer en glas, werd gebouwd voor de Londense wereldtentoonstelling van 1841 en is een van de eerste toepassingen van de mogelijkheden van ijzer voor de bouw van grote gebouwen. Toevallig is het ook een treffend voorbeeld van de hergebruikmogelijkheden inherent aan deze manier van bouwen. Oorspronkelijk stond het gebouw in Hyde Park, maar een contractuele bepaling eiste dat het na afloop van de tentoonstelling werd afgebroken. De publieke opinie keerde zich echter tegen dit trieste einde. Na talrijke voorstellen, was het uiteindelijk een zekere Francis Fuller die het kristallen paleis kocht. Hij liet het zorgvuldig demonteren en in zijn geheel heropbouwen in Sydenham (waar het stond tot het in 1936 door brand werd verwoest). Sleutelfactoren voor het slagen van een dergelijke operatie waren het gebruik van sterke elementen met eerder bescheiden afmetingen (de grootste waren holle gietijzeren balken van 8 m lang die minder dan een ton wogen) en de eenvoud van de verbindingen.

Hoewel gietijzer intussen is vervangen door staal, zorgen dezelfde principes van modulariteit, hanteerbaarheid, sterkte en de omkeerbaarheid van verbindingen ervoor dat structurele stalen elementen zeer geschikt zijn voor hergebruik. Deze fiche gaat behandelt specifiek stalen liggers, die onderdeel zijn van de structurele constructie van een gebouw en die als individuele elementen worden hergebruikt. Ze bespreekt dus niet rechtstreeks het hergebruik van de volgende elementen:

- liggers van gietijzer, aluminium, roestvrij staal of andere metaallegeringen;
- andere metalen bouwelementen (bv. holle profielen en buizen, gelaste stalen buizen, hoekprofielen, raatliggers, damwandprofielplaten, etc.)
- gedeeltelijke of volledige structuren op basis van nog verbonden stalen liggers;
- verbindingselementen van de liggers (voeten eindplaten, kogelgewrichten, etc.)

Niettemin kunnen de in dit document beschreven principes ook als leidraad dienen voor het hergebruik van sommige van deze elementen.

Over het algemeen worden stalen liggers gebruikt als afzonderlijke dragende, verticale (bv. kolommen) of horizontale (bv. balken, lateien, vloerbalken, etc.) elementen, of als verbonden elementen in een staalconstructie (bv. skelet, dakgebinte, etc.). Hun toepassing in een constructie wordt doorgaans gevalideerd door een studie bureau voor stabiliteit. Bij staalconstructies worden de elementen dikwijls voorbereid en geleverd door een gespecialiseerde aannemer. De liggers kunnen onderscheiden worden aan de hand van verschillende criteria:

→ **Samenstelling.** Tegenwoordig worden liggers meestal gemaakt van ongelegeerd constructiestaal, dat hoofdzakelijk uit ijzer bestaat, met een koolstofgehalte van minder dan 2% en een beperkt gehalte aan bepaalde andere elementen bevat (bv. mangaan, fosfor, zwavel, silicium, etc.). De samenstelling van het staal bepaalt in grote mate de fysische en chemische eigenschappen van de liggers. Stalen liggers mogen niet dus worden verward met elementen uit gietijzer (ouder en minder sterk door een hoger koolstofgehalte), aluminium (lichter, gewonnen uit bauxiet, hebben andere materiaaleigenschappen), roestvrij staal, ook gekend als 'inox' (een andere staalsoort die wordt gekenmerkt door een hoog chroomgehalte) of andere metaallegeringen.

→ **Productiemethode.** Stalen liggers zijn afgewerkte producten (of halffabricaten als ze nog bewerkt moeten worden) uit de metaalnijverheid. Ze worden traditioneel ingedeeld in lange producten en warmgewalste producten.

→ **Leeftijd van de elementen.** Het gebruik van staal in de bouw is sinds het einde van de 19e eeuw wijdverbreid. Over het algemeen wordt aangenomen dat staal geproduceerd van 1970 voldoet aan de moderne productspecificaties en de rekenmethodes op basis van de uiterste grenstoestand (UGT) en de bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT).

→ **Staalsoorten en -kwaliteiten** (steel grade). Een numeriek classificatiesysteem onderscheidt de verschillende staalsoorten die voor liggers worden gebruikt, op basis van hun mechanische eigenschappen. Staalsoorten voor constructie worden aangeduid met:

- de letter S ('structural')
- de minimale vloeigrens in N/mm² (bij een dikte van 16 mm)
- een code die verwijst naar hun taatheid (volgens de opgegeven waarde voor de kerfslagsterkte: JR, J0, J2, K2).

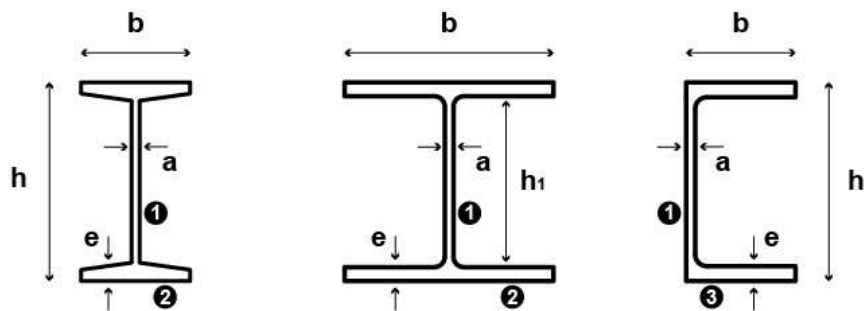
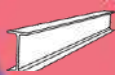
De meest gebruikte staalsoorten voor de productie van liggers zijn S235JR / S275JR / S355J2, waarbij S235JR bijvoorbeeld staat voor 'constructiestaal met een vloeigrens van 235 N/mm² en een gegarandeerde minimale kerfslagwaarde van 27 Joule bij 20°C'. Er zijn ook staalsoorten met een hogere vloeigrens en met een verbeterde weerstand tegen weersinvloeden. Er bestaan vergelijkingstabellen voor staalsoorten die volgens oude normen zijn gecodeerd.

De oorspronkelijke technische documentatie van een gerecupereerde ligger bevat informatie over de gebruikte staalsoort. Als deze niet beschikbaar is, kan een fysisch-chemische analyse worden uitgevoerd bij een erkend laboratorium.

→ **Formaten en profielen.** Liggers van constructiestaal zijn verkrijgbaar in tal van gestandaardiseerde vormen en maten. De gangbare modellen zijn IPN-, IPE-, HEA-, HEB-, HEM-, UPE- en UPN-profielen (waarbij de eerste letter verwijst naar de vorm van de doorsnede, zie *figuur 1 tot 3*). Per model zijn de mogelijke afmetingen gestandaardiseerd en de daarbijbehorende massa's en eigenschappen vastgelegd in de norm EN 10365. Per profiel verschillen de mechanische eigenschappen.

CE-markering

De CE-markering is sinds 2014 verplicht voor nieuw constructiestaal en wordt besproken in de norm EN 1090-1. De norm EN 1090-2 bepaalt dat elementen die niet onder de vermelde normen vallen (zoals hergebruikstaal), mogen worden gebruikt als hun relevante eigenschappen worden gespecificeerd en opgegeven. In het geval van hergebruikliggers kan men zich relatief eenvoudig baseren op de specificaties van de Europese normen voor nieuwe producten om hun gebruiksgeschiktheid aan te tonen. Dit kan gebeuren door een visuele beoordeling van de staat van de elementen, en door beroep te doen op tabellen met de prestaties van vergelijkbare nieuwe elementen, tests in laboratoria en een ontwerpstrategie van overdimensionering van de structuur.



Figuur 1. IPN-profiel (schuin aflopende flenzen met variabele dikte)

Figuur 2. HEA-profiel (parallele flenzen)

Figuur 3. UPE-profiel

Figuur 1 tot 3 : Gebruikelijke profielen van stalen balken

1. 'lijf'
2. 'flens'
3. 'flens'

- a. Dikte van het lijf
b. Breedte van de flens
e. Dikte van de flens
h. Hoogte van het lijf (inclusief flenzen)
h1. Hoogte van het lijf (exclusief flenzen)

→ **Oppervlakteafwerking.** Afhankelijk van het beoogde gebruik kunnen de balken verschillende behandelingen hebben ondergaan:

- **Onbehandeld:** deze liggers zijn herkenbaar aan hun donkere kleur en roestige wals-huid. Onbehandelde liggers worden vooral gebruikt voor niet zichtbare toepassingen.
- **Behandeld met een roestwerende primer ('menie'):** deze liggers zijn herkenbaar aan hun roodbruine oppervlak en worden vaak gebruikt voor niet zichtbare binnentoepassingen of later voorzien van een afwerklaag (verf).
- **Thermisch verzinkt:** de liggers worden ondergedompeld in een bad met zink en/of ijzer/zink-legeringen. Hierdoor ontstaat een dikke, roestwerende, matte laag, geschikt voor meer veeleisende buitentoepassingen.
- **Gemetalliseerd:** hierbij wordt een metaal of legering of het oppervlak van de liggers gespoten.
- **Voorzien van een brandwerende bescherming:** dit kan in de vorm van een opzwellende verf, flocking, etc. (let op: sommige beschermingslagen kunnen **asbest** bevatten, zie § 'Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').
- **Andere afwerkingen, zoals poederlakken, aanbrengen van een organische deklaag, etc.** Deze procedés zorgen voor een extra laag (lichte) bescherming en voor het kleuren van de elementen. Dit wordt meestal gedaan voor zichtbare binnentoepassingen.

Afhankelijk van het beoogde gebruik kan het nodig zijn om de oorspronkelijke afwerking te verwijderen door middel van zandstralen, gritstralen of chemisch afbijten. Voor deze behandelingen gelden er specifieke normatieve bepalingen.

→ **Bevestigingen.** Er zijn verschillende bevestigingswijzen mogelijk:

- mechanisch verbinden, door klinknagels of bouten, met behulp van hulpstukken en verbindingselementen (stiften, bouten, klinknagels, eindplaten, kogelgewrichten, etc.);
- lassen;
- vastmetselen in het metselwerk.

Afhankelijk van de middelen die werden gebruikt bij de demontage van stalen liggers, komt het vaak voor dat er nog hulpstukken vastzitten aan de liggers (vb. versterkingen, verbindingselementen) of dat er nog sporen van de vorige bevestigingswijze zichtbaar zijn (bv. mortelresten, lasnaden).



Ruwe, onbehandelde liggers



Gerecupereerde IPE-liggers, met roestwerende behandeling © Opalis (Omgekeerd Bouwen)



Gegalvaniseerde liggers © lecoindupro



Liggers voorzien van een brandwerende bescherming in de vorm van flocking



Geschilderde liggers



Recuperatie van het materiaal

Recent geproduceerde stalen liggers zijn volledig gestandaardiseerd. Mits een goede coördinatie is een zorgvuldige ontmanteling met het oog op hergebruik meestal eenvoudig. De gedemonteerde liggers zijn goed geschikt voor hergebruik ter plaatse of via de hergebruikmarkt. Verschillende leveranciers bieden ook gerecupereerde liggers aan.

Deze fiche bespreekt liggers die apart worden gedemonteerd en afzonderlijk weer worden gemonteerd. Het is evenwel ook mogelijk volledige (onderdelen van) staalconstructies in hun geheel te recupereren.

→ **Voorafgaand onderzoek.** Dit laat toe herbruikbare liggers te identificeren en inventariseren, en na te gaan of hun demontage voor hergebruik haalbaar en rendabel is. In geval van losse elementen (bv. een latei), kan een 'deskundig oog' vaak de waarde van een partij inschatten op basis van foto's of een bezoek ter plaatse.

Wanneer het de bedoeling is een metalen constructie volledig of gedeeltelijk te recupereren, is het aangewezen het geheel en de elementen afzonderlijke grondig te onderzoeken en documenteren (opstellen van een gedetailleerd plan, opmetingen, etc.). Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat van de elementen/de partij: aantallen, afmetingen van de elementen, zichtbare beschadigingen, aard en staat van de oppervlaktecoating, aan-/afwezigheid van gaten of versterkingen, etc.;
- de plaatsingsmethode (bouten, klinknagels, lassen, vastmetselen), de staat van de verbindingen en de demonteerbaarheid van de elementen;
- de commerciële waarde van een zorgvuldige verwijdering, afhankelijk van het type liggers, de hoeveelheid, het verkooppotentieel, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Archiefonderzoek en controle van de staalkwaliteit.** Voorafgaand aan de ontmanteling zelf, is het ook nodig om bepaalde kenmerken van het gebouw en de liggers na te gaan, om er zeker van te zijn dat ze geschikt zijn voor demontage en hergebruik. Dit houdt in

Beperkingen

Verschillende referentiedocumenten (zie § 'Wist je dat') zijn het erover eens dat elementen die aan de volgende voorwaarden voldoen, **niet opnieuw mogen worden gebruikt**:

- liggers die blootgesteld werden aan extreme puntbelastingen, zware schokken of brand.
- liggers die vermoeiing vertonen, d.w.z. een zwakke plek die is ontstaan bij een metaal dat werd blootgesteld aan overmatige krachten, die plaatselijk de inwendige structuur hebben gewijzigd. Dit verschijnsel komt tot uiting door het ontstaan van scheurtjes (voor de breuk). Het kan worden veroorzaakt door herhaalde cycli van schokken of trillingen. Deze gebruiksomstandigheden zijn vrij zeldzaam in de bouwindustrie, maar kunnen bijvoorbeeld worden aangetroffen in liftschachten, bij rolbruggen, verkeersbruggen, spoorrails, etc.
- liggers afkomstig van extreme toepassingen (bv. blootgesteld aan radioactiviteit, etc.).
- liggers met een aanzienlijke afname van hun dwarsdoorsnede door corrosie (één document legt de grens op 5% van de dikte van het element). Dit wordt vooral aangetroffen bij liggers die ondergronds zijn geplaatst of zijn blootgesteld aan een hoge vochtigheidsgraad.
- liggers met zichtbare (of vermoedelijke) tekenen van plastische vervorming.
- liggers die vóór 1970 zijn vervaardigd, aangezien hun samenstelling wellicht niet voldoet aan de hedendaagse staalnormen. Het is evenwel mogelijk hun gebruiksgeschiktheid voor een bepaalde toepassing na te gaan op basis van een specifieke onderzoeken en tests.

dat de gebruiksomstandigheden van het materiaal moeten worden achterhaald en dat er informatie moet worden opgespoord in de bouwarchieven, bij de oorspronkelijke architecten, ingenieurs en/of aannemers, of in andere lokale bronnen. Deze informatie heeft betrekking op:

- **het gebouw:** bouwdatum, plannen, geografische ligging, soort gebruik en belasting (bv. corrosieve omstandigheden, kustgebied), eventuele schadegevallen (bv. brand, overstroming, aardbeving, schokken), etc.
- **de liggers:** technische fiche van de elementen (o.a. profieltype, staalsoort en -kwaliteit, aard van de coating), functie van de elementen (bv. kolom, balk, latei, etc.), gebruiksomstandigheden (bv. binnen/buiten, corrosieve omgeving, aard van de belastingen), eventuele reparaties, etc.

→ **Ontmanteling.** Wanneer er volledige constructies ontmanteld worden en er op hoogte moet worden gewerkt, vereist de zorgvuldige ontmanteling van stalen liggers een goede coördinatie om de veiligheid van de werknemers te garanderen en de integriteit van de liggers te waarborgen.

Met het oog op hun verdere traceerbaarheid wordt ten eerste aanbevolen de elementen afzonderlijk te identificeren door middel van een fysieke markering (lieft op het lijf, met

behulp van etiketten of watervaste, onuitwisbare en lichtechte markeerstiften).

Aaneengebouwde elementen kunnen mechanisch worden gedemonteerd ('ontbouden') of zo dicht mogelijk bij de verbindingen doorsneden worden, om de lengte van de elementen zo groot mogelijk te houden. Enkele aandachtspunten:

- Bouten zullen onder een te grote spanning plastisch vervormen. Dit moet tijdens de demontage nauwlettend in de gaten worden gehouden om het risico op breuk en instabiliteit te beperken.
- Lasverbindingen kunnen plotseling bezwijken. Voor de demontage van gelaste elementen is voortdurend ondersteuning van een hefwerktuig vereist om de last op de verbindingen te verlichten.
- De liggers mogen niet op de grond vallen.

→ **Reiniging en sortering.** Gerecupereerde liggers worden meestal ter plaatse, of later in een werkplaats of stock, gesorteerd volgens kwaliteit en grof gereinigd. Daarbij worden ze ontdaan van mortelresten. Ook hulpstukken die hinderlijk kunnen zijn bij het vervoer en de verplaatsingshandelingen, worden volledig of gedeeltelijk verwijderd (versterkingen, verbindingselementen, etc.). Liggers met verdachte vervormingen of sporen van vervuiling worden verwijderd.



→ **Bewerkingen.** Sommige liggers kunnen reeds na een beperkte reiniging worden hergebruikt, terwijl andere bijkomende bewerkingen kunnen vereisen, zoals:

- **Versnijden:** de liggers kunnen gemakkelijk op de gewenste lengte worden gebracht. De gebruikte procedés (bv. zagen, waterstraalsnijden, zuurstofsnijden, etc.) moeten compatibel zijn met de eisen op het vlak van maattoleranties, maximale hardheid en rechtheid van de randen.
- **Machinale bewerking:** de liggers kunnen in een werkplaats worden bewerkt in functie van de specifieke vereisten van de beoogde toepassing (draadtappen, lassen van extra elementen, buigen, uitsnijden van specifieke vormen, boren, etc.) Het is niet altijd nodig de oude lasverbindingen, verstijvers, hoekstaven, etc. te verwijderen. Het is toegelaten nieuwe bout- en andere gaten aan te brengen, op voorwaarde dat ze op voldoende afstand (meestal 100 mm) van de bestaande bout- en andere gaten worden aangebracht. Alle bewerkingen moeten beantwoorden aan de geldende specificaties voor nieuwe stalen liggers (o.a. EN 10034 voor I- en H-liggers).

- **Afwerking:** de corrosie-/brandwerende bescherming (indien aanwezig) kan tijdens de demontage beschadigd zijn. Daardoor kunnen de prestaties van de oorspronkelijke coating afgenomen zijn en niet voldoen aan de eisen van de beoogde toepassing. Het is aangewezen zich op de geldende normen te baseren en zo nodig aanvullende tests uit te voeren om de prestaties van de originele coating te bepalen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').
 - Sommige originele coatings kunnen gevaarlijke stoffen bevatten (o.a. lood, asbest, zie § 'Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').
 - Vertrouw niet te veel op de oorspronkelijke brandwerende coatings, aangezien deze vaak gevoelig zijn voor vocht en sterk afhankelijk zijn van de vorm, de plaats en de oorspronkelijke toepassing van het element vóór de demontage.
 - Indien een nieuwe oppervlaktecoating wordt overwogen, is het aangewezen de aard van de oorspronkelijke coating te bepalen, deze op passende wijze te verwijderen (o.a. zandstralen, gritstralen, chemisch afbijten) en de verwerkings- en voorbereidingsvoorschriften

voor de nieuwe coating in acht te nemen (de voorgeschreven normatieve specificaties zijn algemeen genomen dezelfde als voor nieuwe stalen liggers).

- Plaatselijke reparaties van de oude coating kunnen nodig zijn ten gevolge van schade die werd veroorzaakt door de demontage en/of door verdere bewerkingen met het oog op hergebruik (o.a. zagen, lassen, etc.). Bekijk zeker of de reparatieproducten onderling compatibel zijn.

Tip: Lotvorming!

Als er tests moeten worden uitgevoerd om de prestaties van het staal of de liggers te bepalen, is het raadzaam om tijdens de demontage identieke elementen in afzonderlijke partijen te groeperen.

De criteria voor deze groepering kunnen zijn: het formaat en de grootte van de elementen, hun oorspronkelijke toepassing (binnen/buiten, corrosieve omgeving, belastingsniveau, etc.), het type coating, etc.

Deze werkwijze maakt nadien de monsternamen van de partijen en de interpretatie van de testresultaten een stuk gemakkelijker.



Gerecupereerde balken met gelaste verbindingen
© Gebruikte bouwmaterialen Weert



Aantasting van de oorspronkelijke coating
© Gebruikte bouwmaterialen Weert



Vervormde hoeken
© Gebruikte bouwmaterialen Weert



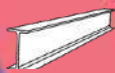
Installatie voor het zagen van liggers
© Opalis (Wolter Bouwmaterialen)



Gezaagde liggers
© Opalis (Wolter Bouwmaterialen)



Bewerking van gerecupereerde liggers
© Opalis (Général Métal Réédition)



→ *Opslag en verplaatsingshandelingen.* Vanwege hun zware gewicht (de dichtheid van staal bedraagt 7.850 kg/m³) worden liggers doorgaans met geschikte hefwerktuigen verplaatst. Voor lange elementen wordt aanbevolen meerdere hijspunten te gebruiken. Het is wenselijk de hijspunten goed te beschermen, vooral als de coating moet worden behouden. Stalen elementen mogen buiten worden opgeslagen zonder bescherming tegen vocht of vorst. Het is echter raadzaam:

- de elementen niet rechtstreeks op de grond te stockeren, om corrosie te beperken,
- ervoor te zorgen dat er geen water op de liggers kan blijven staan,
- voldoende steunpunten te voorzien om vervorming te voorkomen,
- de elementen in afzonderlijke partijen op te slaan, die correct worden geïnventariseerd (zie kader 'Tip: Lotvorming!').

→ *Transport en levering.* Tijdens het transport en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen worden getroffen (vastzetten, laad- en losmaterieel, etc.). Door de grootte en het gewicht van de elementen kan het transport vrij duur zijn. Verschillende professionele leveranciers van gerecupereerde liggers vermijden de transport- en opslagkosten door de liggers ook rechtstreeks vanop de demontagerf te verkopen.



Opslag van liggers volgens profiel en formaat © Opalis (Sarl Perrin)



Opslag van stalen hergebruikliggers, met roestwerende beschermingslaag (rood) en zonder beschermingslaag (roest en witte verf) © Gebruikte bouwmaterialen Weert



Opslag van gerecupereerde liggers op houten steunbalken © Opalis (Premys Ferrari)

Inspiratie

Tal van inspirerende projecten tonen aan dat hergebruik van staalconstructies op de schaal van volledige gebouwen niet alleen mogelijk, maar ook ecologisch en economisch interessant is. Het succes van deze projecten berust meestal op een combinatie van factoren zoals samenwerking met gespecialiseerde leveranciers, inschakeling van studie bureaus die de eigenschappen van de liggers kunnen analyseren en een vernieuwende aanpak om de geschiktheid voor het beoogde gebruik aan te tonen.

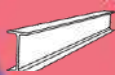
→ <https://projectsites.vtt.fi/sites/progress/cases.html>



Bedzed-project (2002), Hackbridge (VK). Hergebruik van 95 ton staal © Bill Dunster Architects, ZedFactory

https://library.uniteddiversity.coop/Ecological_Building/BedZED-Toolkit-Part-1.pdf





Toepassingen en plaatsing

Gerecupereerde stalen liggers zijn geschikt voor zeer uiteenlopende toepassingen. Ze kunnen voor structurele en niet-structurele doeleinden worden gebruikt, zowel binnen als buiten.

Voor meer veeleisende toepassingen kan een grondige bepaling en/of verificatie van de materiaaleigenschappen noodzakelijk zijn (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Gerecupereerde stalen liggers zijn over het algemeen niet geschikt voor extreme toepassingen waar de technische prestaties maximaal worden benut en de foutenmarge uiterst klein is (bv. structurele toepassingen die onderhevig zijn aan hoge spanningen of vermoeiing, toepassingen die een grote vervormbaarheid vereisen, seismische toepassingen, etc.)

Voor structurele toepassingen is het raadzaam reeds zeer vroeg in het ontwerp-proces een beroep te doen op stabiliteitsingenieurs om eerst op basis van het voorontwerp de geschikte soorten liggers te bepalen en vervolgens het ontwerp correct uit te werken op basis van de beschikbare profielen. Hierbij dient de nodige voorzichtigheid aan de dag gelegd te worden, zoals bijgestelde veiligheidsfactoren voor de berekeningen, overdimensionering van de structuur, etc.

Hergebruikliggers worden op dezelfde manier verbonden als nieuwe liggers. Indien ze worden gelast, moet specifiek rekening worden gehouden met het koolstofequivalent (CEV) van de profielen. Deze waarde geeft de 'lasbaarheid' van de liggers aan. Ze wordt bepaald door de chemische samenstelling van het staal. Zo nodig kan het kool-

stofequivalent worden bepaald door middel van destructieve en/of niet-destructieve proeven (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').

Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (o.a. EN 1090-2: 'Het vervaardigen van staal- en aluminiumconstructies - Deel 2: Technische eisen voor staalconstructies'), de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

De meeste hergebruikleveranciers kunnen informatie verstrekken over de herkomst van de liggers, hun afmetingen en profieltype, maar dikwijls niet over hun technische kenmerken. Het gebrek aan informatie of certificatie van het materiaal moet dan worden opgevangen door veilige aannames over de technische kenmerken van het staal (o.a. de laagste waardes veronderstellen, compenserende maatregelen inlassen, rekenen met veiligheidsfactoren, overdimensioneren van de structuur, etc.) en/of door aanvullende tests.

Afhankelijk van het beoogde gebruik, kan het nodig zijn dat de ontwerper zijn verwachtingen toelicht met betrekking tot de volgende kenmerken:

→ **Soorten en afmetingen.** Om de kans te vergroten om geschikte elementen te vinden bij professionele leveranciers, wordt aangeraden om een zo groot mogelijk groep profielen te specificeren die mogen worden gebruikt in het ontwerp. Vaak volstaat het ook een minimumlengte op te geven in plaats van een exacte lengte, aangezien de profielen later gemakkelijk op de gewenste lengte kunnen worden gezaagd.

→ **Staat.** Gerecupereerd staal ziet er vaak anders uit dan nieuw staal. Er kunnen bout- of andere gaten, gelaste verbindingen, hulpstukken, etc. aanwezig zijn. Deze zijn op zich meestal geen probleem en kunnen behouden blijven. Indien nodig kan een beperking worden opgelegd voor de grootte en/of de plaats van bestaande (bout)gaten. Liggers met (bout)gaten of met oppervlakkige roestaanslag zijn over het algemeen geschikt voor hergebruik, maar er kunnen beperkingen gelden voor het aanbrengen van nieuwe gaten.

→ **Afwerking.** Zoals aangegeven in het hoofdstuk 'Recuperatie van het materiaal', kan men best niet te veel vertrouwen op de oorspronkelijke coatings en is het vaak beter een nieuwe coating aan te brengen, overeenkomstig de eisen van de beoogde toepassing.

→ **Hoeveelheid.** Om de kans te vergroten de benodigde hoeveelheid op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen deze op te splitsen in kleinere partijen, of een extern bedrijf aan te spreken om de elementen in te zamelen. Het is aangewezen de mogelijkheid open te laten om de partij hergebruikliggers aan te vullen met nieuwe elementen op cruciale punten in de constructie en/of om de gevonden hoeveelheden aan te vullen.

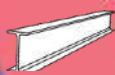
Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal (zie de inleidende fiche voor meer informatie).

Inspiratie



NTS-gebouw (2017), Thirsk (VK). Hergebruik van stalen liggers als draagstructuur © Cleveland Steel and Tubes (CST)

<https://www.steelconstruct.com/wp-content/uploads/CS01-NTS-building-Thirsk.pdf>



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Staal heeft een erg lange levensduur en de technische eigenschappen gaan slechts zeer beperkt achteruit tijdens de gebruiksfase (onder normale omstandigheden). Om de geschiktheid voor beoogd gebruik van de hergebruikliggers te beoordelen is het vaak nodig dat bepaalde eigenschappen bekend zijn (zie onderstaande tabel).

Afhankelijk van het beoogde gebruik beoordeelt het projectteam - en met name de stabiliteitsingenieur - of er proeven nodig zijn om de mechanische eigenschappen en de chemische samenstelling van het staal van de hergebruikliggers te bepalen en te verifiëren. Voor het vaststellen van bepaalde eigenschappen kunnen destructieve proeven op een monster of niet-destructieve proeven op (enkele of alle) afzonderlijke elementen nodig zijn. Om de extrapolatie van de resultaten naar de hele partij te kunnen valideren moet er bijzondere aandacht besteed worden aan een geschikte bemonsteringsmethode en statistische aanpak.

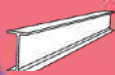
Het vereiste aantal monsters en de aard van de uit te voeren tests kunnen van invloed zijn op de economische haalbaarheid van het project en dienen op tijd in rekening gebracht te worden. Enkele opmerkingen in dit verband:

- De vloeigrens, de maximale treksterkte, de taaiheid en de chemische samenstelling zijn gestandaardiseerd voor stalen liggers die na 1970 zijn vervaardigd. **Het al dan niet gekend zijn van de staalsoort en -kwaliteit van de liggers bepaalt in grote mate het aantal en de aard van de tests die nodig zullen zijn om hun gebruiksgeschiktheid aan te tonen.** Het is in dat opzicht dan ook nuttig de originele technische fiches en uitvoeringsdocumenten te raadplegen. Als deze informatie bekend is, dan volstaat in de meeste gevallen een eenvoudige visuele inspectie van de elementen om te bepalen of ze geschikt zijn voor hergebruik. Als deze informatie niet beschikbaar is, moeten test worden overwogen om, in functie van het beoogde gebruik, de nodige gegevens te achterhalen.
- Staalbouwconstructies worden ingedeeld in **drie normatieve gevolgklassen** (afgekort CC, 'consequence classes') naargelang de gevolgen bij instorting van de constructie in termen van verlies aan mensenlevens. Deze worden gekoppeld aan **uitvoeringsklassen** (EXC), die het uitvoeringsniveau, de kwaliteitsborging en de controle en beproeving regelen (zie Eurocode EN 1090-2:2018). Voor gebouwen in de hoogste uit gelden er meer eisen om de technische eigenschappen van de constructie-elementen te bepalen en te verifiëren.
- De principes van overdimensionering bij **het ontwerp**, het gebruik van extra veiligheidsfactoren en/of het werken met minimumwaarden voor bepaalde eigenschappen, kunnen eveneens de nood aan uitgebreide beproevingen verminderen. Soms zal het echter voordeliger zijn bepaalde eigenschappen aan te tonen door middel van proeven om de prestaties van de liggers ten volle te kunnen benutten.
- De uitvoering van de tests op het staal en de liggers dient te worden toevertrouwd aan erkende laboratoria die over de juiste infrastructuur beschikken en de correcte monsternamen alsook de analyse en interpretatie van de verkregen resultaten kunnen garanderen.
- In tal van praktische handleidingen zijn concrete methodologische procedures te vinden voor het hergebruik van stalen liggers. In deze documenten wordt onder meer aangegeven welke tests nodig zijn voor welke soorten toepassingen, op hoeveel monsters en of ze al dan niet statistisch moeten worden uitgevoerd (zie § 'Wist je dat?').

Eigenschappen	Commentaar
Dimensionale karakteristieken (lengte, breedte, dikte)	Deze kenmerken hangen nauw samen met de mate van sortering van de gerecupereerde elementen. Een zorgvuldige visuele inspectie en eenvoudige opmetingen volstaan vaak om deze te bepalen. De afmetingen van de dwarsdoorsnede van de stalen liggers zijn sinds de jaren 1970 algemeen genormaliseerd (zie EN 10365 voor warmgewalste U-, I- en H-doorsneden).
Maat- en vormtoleranties	De toleranties op de doorsnede en de vorm van de liggers zijn gespecificeerd in verschillende Europese normen (EN 10034 voor I- en H-profielen). Een zorgvuldig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak om deze te bepalen.
Taaiheid	<p>De taaiheid (of kerfslagsterkte) is het vermogen van staal om energie te absorberen en plastisch te vervormen zonder te breken of barsten onder een plotselinge belastingen. Deze eigenschap is afhankelijk van de staalsoort en de omgevingstemperatuur. Ze wordt in de technische documentatie gespecificeerd in de 'subgrade' (bv. door de letters JR in de uitdrukking 'S 275 JR') voor staalsoorten die na 1970 zijn vervaardigd.</p> <p>Deze eigenschap dient nagegaan te worden voor specifieke en veeleisende toepassingen, doorgaans in een buitenomgeving bij zeer lage temperaturen. Voor binnenstaal dat niet aan vermoeiing onderhevig is, volstaat vaak een veilige aanname (d.w.z. de laagste JR-kwaliteit zoals gedefinieerd in EN 10025). In sommige gevallen is het echter nuttig om door middel van destructief onderzoek (Charpy-proef) aan te tonen dat het staal een betere taaiheid heeft dan deze minimumwaarde.</p>



Eigenschappen	Commentaar
<p>Mechanische sterkte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vloeigrens • Treksterkte • Breukrek 	<p>De vloeigrens is de maximale belasting waarboven een element blijvend zal vervormen (d.w.z. dat het in de 'plastische' zone komt). De treksterkte is de maximale belasting die een onderdeel kan weerstaan voordat het bezwijkt en vervolgens breekt.</p> <p>Deze kenmerken zijn afhankelijk van de nominale dikte van de balken en worden aangegeven door de staalsoort. Een stalen balk (16 mm dik) van het type S275 geeft bijvoorbeeld aan dat zijn vloeigrens 275 N/mm² is. Op grond hiervan kan vervolgens worden vastgesteld dat de maximale treksterkte tussen 370 en 530 N/mm² ligt.</p> <p>Indien deze informatie niet beschikbaar is, kan ze worden vastgesteld aan de hand van proefmethodes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Destructieve trekproeven op een representatief monster (voor een partij gerecupereerde balken neemt de mate van betrouwbaarheid toe met het aantal monsters, zie EN ISO 6892-1). Bij trekproeven kan ook de breukrek worden bepaald, d.w.z. het vermogen van het materiaal om uit te rekken voordat het breekt (bij trekbelasting); dit is een belangrijke eigenschap om te kennen voor sommige specifieke toepassingen. • Niet-destructieve hardheidsmeting, met behulp van een draagbare hardheidsmeter. Onder bepaalde voorwaarden kunnen door het meten van de hardheid van staal zowel de vloeigrens als de treksterkte van de elementen worden ingeschat aan de hand van tabellen (zie EN ISO 18265). <p>Deze eigenschappen worden ook gebruikt om het gedrag van balken onder buiging, samendrukking, afschuiving, enz. te modelleren.</p>
<p>Brandreactie</p>	<p>Staal wordt beschouwd als een onbrandbaar materiaal (Euroklasse A1), dat geen warmte of rook afgeeft. Het verliest echter snel zijn sterkte en stijfheid bij de hoge temperaturen die bij een brand worden bereikt. De omgevingswarmte kan de stalen elementen vervormen en tot instabiliteit van de constructie leiden.</p> <p>Klasse A1 geldt alleen voor het staal en is niet van toepassing op de coatings van de liggers. Het is daarom aangewezen de brandreactie te kennen van de gebruikte afwerkingsproducten (verf, etc.).</p>
<p>Brandwerendheid</p>	<p>De specifieke eisen in verband met brand worden bepaald door de nationale voorschriften. Deze eisen hangen onder meer af van de functie en eigenheden van een gebouw (bv. privéwoning of flatgebouw, nooduitgangen, terrassen op platte daken etc.) en de hoogte, maar ook van de mogelijkheid voor de gebruikers om het gebouw te ontruimen in geval van brand (woonzorgcentrum, ziekenhuis etc.).</p> <p>Op Europees niveau is de classificatie van de brandweerstand van verschillende bouwelementen beschreven in de norm EN 13501-2. Deze wordt uitgedrukt als een tijdsperiode R_f (in minuten) gedurende welke een constructiesysteem op het vlak van stabiliteit (R), vlamdichtheid (E) en thermische isolatie (I) aan de criteria voldoet.</p> <p>Daarom worden de constructie-elementen of -systemen over het algemeen gedimensioneerd en ontworpen volgens de Eurocode-normen om aan de nationale eisen te voldoen. In het geval van stalen constructie-elementen komt het er, naargelang de toepassing, vooral op aan de temperatuurstijging te vertragen om het draagvermogen van de constructie zo lang mogelijk in stand te houden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hetzij door de elementen overmaats te dimensioneren (dikkere elementen warmen minder snel op); • hetzij door een brandwerende bekleding aan te brengen op het staaloppervlak (bv. platen, opzwellende verven, opgespoten mortel, etc.) • of door de stalen constructie-elementen in te bouwen in een brandwerende betonnen bekleding.
<p>Geschiktheid om te lassen - 'lasbaarheid'</p>	<p>Bij gebrek aan precieze informatie kunnen een analyse van de chemische samenstelling van het staal en een metallurgisch onderzoek nodig zijn om de lasbaarheid van het staal te bepalen.</p> <p>De chemische samenstelling kan op niet-destructieve wijze worden bepaald door middel van optische emissiespectroscopie (mobiele apparatuur of in het laboratorium) of op destructieve wijze door een staalname (afzagen van een uiteinde of extractie van spanen door boren).</p> <p>Het metallurgische onderzoek (microscopie) gebeurt door staalname en maakt het onder meer mogelijk de structuur van het staal, de korrelgrootte en de insluitels vast te stellen.</p>
<p>Weerstand tegen corrosie</p>	<p>Dit kenmerk heeft vooral betrekking op de staat en de aard van de corrosiebeschermende bekleding. In een buitenomgeving moet het staal correct worden beschermd overeenkomstig de geldende normen. Binnen of in een niet-corrosieve omgeving zijn geen speciale voorschriften vereist.</p>



In sommige bijzondere gevallen moeten er ook andere kenmerken worden beoordeeld, bijvoorbeeld:

- Eisen met betrekking tot insnoering voor bepaalde soorten koppelingen/verbindingen
- Beperkingen op interne discontinuïteiten of scheuren in de laszones
- Gedrag bij hoge temperaturen (kruipproef)
- Vermoeiingsgedrag (torsieproef, buigproef, vermoeiingsproef door herhaalde schokken)
- Eisen in de dikterichting.
- Etc.



Draagbare hardheidsmeter © PCE Instruments France

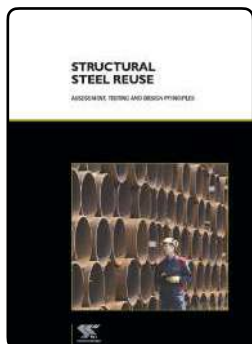
Referenties

EUROPESE AANBEVELINGEN VOOR HERGEBRUIK VAN STAALPRODUCTEN IN GEBOUWEN MET ÉÉN VERDIEPING (ENG)

https://www.steelconstruct.com/wp-content/uploads/PROGRESS_Design_guide_final-version.pdf

Handleiding voor hergebruik van stalen elementen in constructies met één verdieping. Het document beschrijft verschillende hergebruikscenario's en geeft concrete richtlijnen voor het ontwerp en de berekening van constructies op basis van gerecycled stalen elementen.

Opgesteld door een panel van actoren in het kader van het PROGRESS-project (PROvisions for GREater reuse of Steel Structures), dat wordt gefinancierd door het RFCS (Research fund for coal and steel - Onderzoeksfonds voor kolen en staal).



HERGEBRUIK VAN CONSTRUCTIESTAAL / EVALUATIE, BEPROEVING EN ONTWERPPRINCIPES (ENG)

https://steel-sci.com/assets/downloads/steel-reuse-event-8th-october-2019/SCI_P427.pdf

Handleiding met richtlijnen voor de beoordeling van de gebruiksgeschiktheid, testmethodes en de berekening van staalconstructies voor hergebruik.

Opgesteld door het Steel Construction Institute, Verenigd Koninkrijk, maar ook geldig in de landen die de Eurocode-normenreeks hebben goedgekeurd.

HERGEBRUIK VAN CONSTRUCTIE-ELEMENTEN VAN STAAL VOOR STRUCTURELE TOEPASSINGEN (FR)

<https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2021/06/annexe-20-WP6-fiche-produit-application-elements-de-structures-acier-de-reemploi-application-structurale.pdf>

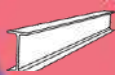
Handleiding opgesteld in het kader van het BBSM-project (Bâti Bruxellois Source de nouveaux Matériaux) met richtlijnen voor hergebruik van stalen elementen, waarbij de richtlijnen zoals beschreven in 'HERGEBRUIK VAN CONSTRUCTIESTAAL / EVALUATIE, BEPROEVING EN ONTWERPPRINCIPES' worden getoetst aan de Belgische en Brusselse context, en meer bepaald in de algemene protocollen voor hergebruik zoals opgesteld binnen hetzelfde project.



METHODE VOOR DE EVALUATIE VAN DE EIGENSCHAPPEN VAN STALEN SKELETELEMENTEN, MET HET OOG OP HERGEBRUIK (FR).

Fondation Bâtiment Énergie (FBE), 2020.

<http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-ossature-V9.pdf>



Beschikbaarheid

HEA-, HEB- en IPE-liggers, en in mindere mate IPN- en HEM-liggers, worden vaak in kleine en middelgrote hoeveelheden aangeleverd op de hergebruikmarkt, voornamelijk bij sloopbedrijven die ook actief zijn in de verkoop van hergebruikmaterialen (elementen van hetzelfde type, variabele lengte, gemiddeld 4 tot 6 m):

Frequent	1 - 5 elementen
Ocasioneel	5 - 20 elementen
Zelden	20 - 100 elementen

Vaak worden grote aantallen liggers voor hergebruik rechtstreeks op de afbraakwerf gedemonteerd en verkocht om de transport- en opslagkosten te beperken. Daarom wordt aangeraden reeds vroegtijdig (bij het begin van het project) contact op te nemen met gespecialiseerde bedrijven om zo de kansen te vergroten een geschikte partij te vinden.

Gespecialiseerde leveranciers vinden

salvoweb.com opalis.eu

Richtprijzen (excl. btw)

De prijs van gerecupereerde stalen elementen kan sterk fluctueren, afhankelijk van de ontwikkelingen op de grondstoffenmarkt (met name de vraag naar gerecycleerd staal). Onderstaande tabel geeft een indicatie voor verschillende profielen (prijs per strekkende meter, geldend in 2021).

HEA-profielen:	HEA 100 : 18 €/m HEA 200 : 40 €/m HEA 300 : 75 €/m
HEB-profielen:	HEB 180 : 50 €/m HEB 220 : 70 €/m HEB 300 : 120 €/m
IPE-profielen:	IPE 120 : 10 €/m IPE 240 : 26 €/m IPE 360 : 50 €/m

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

	<p>Een <i>looddiagnose</i> kan nodig zijn om de aanwezigheid van oude roestwerende loodverf (loodmenie) op te sporen op de stalen liggers. In theorie werd loodmenie rond 1990 verboden in Europa. Deze diagnose kan worden uitgevoerd met behulp van een loodtestkit die in de handel verkrijgbaar is, door een verfstaal op te sturen naar een laboratorium of door de test te laten uitvoeren door een specialist. Indien de aanwezigheid van lood wordt vastgesteld, is het ten stelligste aangeraden om de ligger te laten afbijten en/of herschilderen door een gespecialiseerde firma. Het gebruik van een verfstripper, schuurmachine of schuurpapier om de loodverf te verwijderen, wordt ten zeerste afgeraden. Chemisch afbijten verdient de voorkeur, met inachtneming van de passende gezondheids- en milieuvoorschriften.</p>
	<p>De gerecupereerde stalen liggers kunnen vervuild zijn met <i>asbest</i> dat aanwezig was in oude brandwerende afwerkingslagen. Daarom is het raadzaam de liggers pas te verwijderen na de asbestverwijderingswerkzaamheden, en sowieso de asbestinventaris te raadplegen, indien beschikbaar.</p>

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./kg
INIES-databank (FR) – Collectieve informatie (CTICM) *	1,41
INIES-databank (FR) - Algemene informatie **	4,76
IBU-databank (DE) - individuele gegevens (EPD bauforumstahl e.V.) ***	1,74
ICE-databank (VK) ****	1,55

* Richtwaarde voor 1 kg stalen ligger met een dragende functie (kolom, balk, vloerbalk, etc.) of als gebintelement (spantonderdelen, gordingen, etc.), waarbij de in de ontwerpfase van het project voorgeschreven prestaties worden gewaarborgd, voor een referentielevensduur van 100 jaar, met een elasticiteitsmodulus van 210 GPa. Staalsoorten: S235, S275, S355 en S460 (gedefinieerd in de norm NF EN 10025).

** Richtwaarde voor 1 kg verticaal dragend stalen element, onderdeel van een staalskelet, voor een referentielevensduur van 100 jaar.

*** Richtwaarde voor 1 kg constructiestaal (profielen en platen). Geldt voor producten van de staalsoorten S235 tot S960, gewalst tot constructieprofielen, staafstaal en zware platen.

**** Richtwaarde voor 1 kg warmgewalst staalprofiel, meer bepaald I-liggers, H-liggers, liggers met brede flenzen en damwandprofielplaten.



De productie van nieuwe stalen liggers heeft een aanzienlijk milieueffect, met name vanwege de bevoorrading van grondstoffen uit de mijnbouw en/of de metaalrecycling, maar ook door de energie die het staalproductieproces zelf vraagt. Hergebruik een bijzonder doeltreffende strategie om de levensduur van een stalen component te verlengen. Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 1 ton staal de uitstoot van ~1410 tot ~4760 kg CO₂ eq., gerelateerd aan de productie van nieuw staal (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto over een afstand van ~8.400 tot ~28.600 km.



Inspiratie

In 2021 integreerde het architectenbureau Bauburo In Situ stalen constructie-elementen in een project in Winterthur (Zwitserland). Het merendeel van de liggers (60 ton) was afkomstig van de afbraak van een 15 jaar oud gebouw, aangevuld met staal van andere sloopwerven (10 ton). Bij gebrek aan precieze informatie over de kwaliteit van het staal gingen het bureau en de ingenieurs uit van de laagste kwaliteit en pasten ze compenserende maatregelen toe voor het ontwerp van de constructie (bv. een verdubbeling van het aantal secundaire balken). Er werden geen tests uitgevoerd, en reparaties aan het oppervlak en aanvullende behandelingen werden slechts in beperkte mate toegepast. Brandweerstand werd waar nodig verkregen door bepaalde liggers in beton te gieten. Het ontwerp van het nieuwe gebouw werd in ruime mate bepaald door de dimensies van de gerecupereerde partijen, in die mate dat ook het verzagen van de liggers tot een minimum werd beperkt, en de meeste verbindingen zonder aanpassingen opnieuw gebruikt werden. © Martin Zeller, Baubüro in situ ag (<https://www.insitu.ch/projekte/196-k-118>).



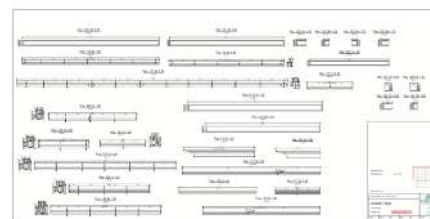
Recuperatie van de liggers



Recuperatie van de liggers



Recuperatie van de liggers



Inventarisatie van de elementen



Hergebruik van de liggers



Hergebruik van de liggers



Hergebruik van de liggers

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Schuurhout, beter bekend als 'barnwood', is een klassieker op de hergebruikmarkt. Volgens verschillende gespecialiseerde leveranciers in België en Nederland geniet dit product sinds begin jaren 2000 een stijgende populariteit. De term 'barnwood' verwijst doorgaans naar houten planken die afkomstig zijn van de afbraak van voormalige agrarische gebouwen ('schuren') en die hoofdzakelijk geïmporteerd worden uit Oost-Europa en Noord-Amerika. Dit door de tijd en de blootstelling aan weer en wind getekende hout is heel stabiel en sterk. Het leent zich dan ook uitstekend voor hergebruik als gevelbekleding (buiten), wandbekleding of lambrisering (binnen) en de creatie van allerlei meubels.

Niet zelden hebben partijen barnwood een zekere historische betekenis. Vaak zijn ze oorspronkelijk gezaagd uit bomen uit Europese en Amerikaanse oerbossen. In sommige gevallen hebben de afgebroken schuren een belangrijke rol gespeeld in de lokale geschiedenis. Over het algemeen staan invoerders van barnwood in rechtstreeks contact met plaatselijke sloopbedrijven, maar de omstandigheden waarin de ontmanteling gebeurt, zijn niet altijd even transparant.

Er zijn leveranciers die de term 'barnwood' soms ook gebruiken voor andere soorten houten planken met een oude look. Zoals houten vloeren uit oude Franse huizen, gebruikte steigerplanken, hout van Amerikaanse fruitkisten, pallets of zelfs treinbielzen. Het betreft meestal ook kwaliteitshout, maar de kenmerken en het oorspronkelijk gebruik kunnen verschillen van die van schuurhout, wat gevolgen hebben voor de mogelijke nieuwe toepassingen. In geval van twijfel over de herkomst of de omstandigheden waarin de elementen gedemonteerd werden, is het raadzaam zich te wenden tot uw leverancier voor meer informatie.

Een oude schuur bestemd voor afbraak bestaat van nature meestal uit planken met onderling verschillende kenmerken. De kwaliteit van de sortering en eventuele behandelingen hangt sterk af van de toeleveringsketen en van de bewerkingen die de professionele leveranciers zelf voor hun rekening nemen. De te koop aangeboden partijen kunnen onderscheiden worden op basis van de volgende kenmerken:

→ **Geografische herkomst.** In tegenstelling tot andere delen van de wereld is de belangstelling voor houtbouw in West-Europa sterk teruggelopen tijdens de vorige eeuw. Het op de hergebruikmarkt aangeboden barnwood is dan ook grotendeels ingevoerd vanuit verder gelegen gebieden, met name Oost-Europa en Noord-Amerika. Het Alpengebied heeft ook een specifieke markt.

→ **Houtsoort.** Uit Noord-Amerika ingevoerd barnwood is vaak heel oud (100-150 jaar, zelfs ouder) en bestaat hoofdzakelijk uit Amerikaanse witte eik, iep of naaldhout (yellow pine, hemlock, redwood, red cedar, etc.). Planken uit Oost-Europa en het Alpengebied zijn doorgaans meer dan 50 jaar oud en komen meestal van naaldbomen (den, gewone spar) of, wat minder voorkomt, van Europese eik. De te koop aangeboden partijen zijn bijna altijd samengesteld uit planken van dezelfde houtsoort.

→ **Originele toepassing.** De planken worden bij de ontmanteling doorgaans gesorteerd op basis van hun oorspronkelijk gebruik (gevelbekleding, lambrisering, houten vloer, etc.) en gegroepeerd volgens hun uiterlijke kenmerken.

→ **Afmetingen.** Deze kunnen erg verschillen van partij tot partij, en ook onderling binnen eenzelfde partij zijn verschillen mogelijk. De planken zijn gewoonlijk zo'n 15 tot 50 mm dik, 100 tot 400 mm breed en 0,8 tot 5 m lang, hoewel sommige elementen van deze richtmaten afwijken. Soms vertonen de planken duidelijke vervormingen (zoals kromtrekkingen). Sommige leveranciers voeren bewerkingen uit (verzagen, schaven, kantrechten, etc.) zodat alle planken van een partij (ongeveer) dezelfde afmetingen hebben.

→ **Uiterlijk.** Gedurende tientallen jaren is het hout blootgesteld geweest aan intensief gebruik en wisselende weersomstandigheden, waardoor het een heel bijzonder, uniek patina heeft: subtiele kleurverschillen, verf- of beitsresten, sporen van nagels en beslag, de aanwezigheid van knoesten en kleine scheuren, accentuering van groeven in het hout, afgestompte randen, etc.

→ **Eindbehandeling.** Voor verschillende toepassingen heeft barnwood geen enkele behandeling nodig. Sommige leveranciers leveren bepaalde diensten aan voor wanneer dat wel het geval is, zoals borstelen, zandstralen, schaven, opschuren, etc.



Variatie in barnwoodplanken



Recuperatie van het materiaal

Omdat barnwood hoofdzakelijk geïmporteerd wordt, is het vooral te verkrijgen bij gespecialiseerde handelaars, hoewel het soms ook als nevenproduct in het aanbod zit van handelaars in nieuw hout.



Bron: Pixabay

→ **Demontage.** Hoewel professionele handelaars de demontage niet zelf uitvoeren, leggen ze hun toeleveranciers over het algemeen de nodige voorwaarden op, zodat ze zeker zijn van zorgvuldig gedemonteerde kwaliteitsplanken. Barnwood wordt meestal manueel ontmanteld om de elementen intact te houden. Over het algemeen gebeurt er al een eerste selectie ter plekke. Houtelementen die grote gebreken vertonen (houtrot, sporen van insecten, grote scheuren, vervormingen, etc.) worden in deze fase verwijderd. De aanwezigheid van knoesten is meestal geen criterium om hout weg te gooien. De planken kunnen ook al worden ontnageld en in partijen verdeeld volgens hun oorspronkelijk gebruik (gevelbekleding, lambrisering, houten vloer, etc.), hun respectievelijke afmetingen en hun uitzicht.

→ **Sortering door de leverancier.** Er zijn gespecialiseerde leveranciers die de geïmporteerde partijen een tweede keer sorteren op basis van de hierboven beschreven criteria. Sommigen controleren met een metaaldetector of er nog nagels en andere metalen elementen in het hout zitten, dit is belangrijk om te voorkomen dat machines bij een eventuele latere bewerking schade oplopen.

→ **Drogen.** Dit is afhankelijk van het vochtgehalte van het hout. De elementen worden meestal in een loods natuurlijk gedroogd, met inachtneming van de juiste opslagomstandigheden (afstand tussen de elementen, geen contact met de grond, ventilatie, verwarming etc.). Soms wordt het hout kunstmatig gedroogd in een oven om het vochtgehalte te verminderen tot ongeveer 12%. De bedoeling is enerzijds te garanderen dat het hout kort na de plaatsing niet vervormt

(naargelang de vereisten van de beoogde nieuwe toepassing) en anderzijds insecten en schimmels te elimineren die nog in de planken zouden kunnen zitten.

→ **Bewerkingen.** Afhankelijk van de specifieke vereisten per project kunnen de partijen onbewerkt geleverd worden of eerst een aantal bewerkingen ondergaan. Die hebben weliswaar een invloed op de prijs, maar ze zorgen ervoor dat het product perfect aangepast is aan de nieuwe toepassing.

- **Oppervlakkig reinigen:** met water of licht borstelen met een machine, om het patina te behouden.
- **Opschuren en zandstralen:** deze bewerkingen kunnen de patinalaag sterk aantasten.
- **Schaven:** sommige leveranciers bieden dit aan om alle planken binnen een partij dezelfde dikte te geven. Het schaven gebeurt vrijwel altijd aan de niet-gepatineerde zijde.
- **Kantrechten:** op deze manier kunnen planken van gelijke breedte verkregen worden. Hierdoor verdwijnen ook de afgestompte randen.
- **Verzagen:** op deze manier kunnen planken van gelijke lengte verkregen worden en ongewenste stukken verwijderd.
- **Profielbewerking:** wijziging van het profiel van de planken zodat ze beantwoorden aan de criteria van de nieuwe plaatsing. Mogelijke bewerkingen zijn: de planken voorzien van een tand-en-groefstelsel om de assemblage te vergemakkelijken, van een trapeziumprofiel voor een horizontale gevelbekleding buiten, de randen afkanten, etc.
- **Verduurzamings- en impregneerbehandeling:** om de duurzaamheid van buitenhout te optimaliseren en/of het hout brandwerend, olie- en waterafstotend te maken bestaan er verschillende procedés, zoals onderdampelen, besproeien, instrijken, een autoclaafbehandeling, een warmtebehandeling, etc. Ze worden gereguleerd door normen (of technische adviezen) en gebruiksaanbevelingen. De behandeling kan in zekere mate het oorspronkelijke uitzicht en het patina aantasten. Het is raadzaam het advies van een vakman in te winnen, vooral als het hout dit soort behandeling in het verleden al heeft gekregen of als het een afwerklaag heeft. Een vakman kan eveneens informatie verstrekken over de eventuele toxiciteit van de producten.

• **Afwerking:** het hout kan al dan niet een afwerklaag krijgen (vernis, was, olie, beits, verf, etc.).

→ **Opslag.** De planken worden horizontaal opgeslagen, op pallets gestapeld, correct omsnoerd en beschermd tegen de vochtomstandigheden buiten. Een goede ventilatie en een verwarmde omgeving maken het mogelijk het vochtgehalte van het hout te beheersen.

→ **Transport en levering.** Tijdens het vervoer en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen worden genomen (omsnoering, laad- en losmiddelen aangepast aan het gewicht van de partijen, bescherming tegen de regen, etc.).



Bewerking van planken om een tand-en-groefprofiel voor de assemblage te bekomen



Opslag van partijen barnwoodplanken

Truly Reclaimed Label

In het kader van het Europese FCRBE-project (waarbinnen ook deze fiches opgesteld werden) werkt de organisatie SALVO Ltd. (VK) aan de ontwikkeling van een 'Truly Reclaimed' keurmerk waarmee de oorsprong van gerecupereerd materiaal als dusdanig wordt gecertificeerd (om deze elementen te onderscheiden van kunstmatig verouderde, nieuwe elementen). Dit keurmerk zou zeer binnenkort beschikbaar moeten zijn voor gerecupereerde producten van hout.



Toepassingen en plaatsing

Barnwood leent zich voor uiteenlopende toepassingen als gevelbekleding, lambrisering en de creatie van meubilair. Doordat partijen barnwoodplanken sterk verschillende kenmerken hebben, is hun hergebruik als plankenvloer niet echt aanbevolen, tenzij het materiaal intensief bewerkt wordt om aan de vereisten van deze toepassing te voldoen (zie de desbetreffende materiaalfiche voor meer informatie over hergebruikparket).

De zoektocht naar een geschikte partij op de hergebruikmarkt verloopt vaak makkelijker als er wat marge gelaten wordt op het vlak van afmetingen, textuur, kleurschakering en andere niet-essentiële kenmerken van het hout. Deze aanpak vereist doorgaans flexiblere ontwerp- en plaatsingsmethodes die de heterogeniteit van de partijen tot haar recht laat komen en tegelijkertijd de essentiële vereisten respecteren. Twee strategieën zijn bijvoorbeeld het gebruik van planken als gevelbekleding in vrije lengte of het gebruik als lambrisering van variabele dikte.

Hoewel handelaars in barnwood een doorgedreven kennis van de materialen hebben en waardevol advies kunnen geven, certificeren ze doorgaans niet alle kenmerken van de elementen die ze leveren. Sommige leveranciers geven evenwel een garantie op aspecten als de houtsoort van de geleverde partij, de afmetingen van de elementen, het maximale vochtgehalte, de staat van het hout (zonder metaal, schimmels, scheuren, etc.), en de herkomst (zo gebruiken sommige handelaars het label *FSC recycled* - of een equivalent - om te garanderen dat het hout afkomstig is van de afbraak van gebouwen en niet van het kappen van bomen).

In elk geval moet bij de keuze van planken rekening worden gehouden met de beoogde belasting (zie § 'prestaties en geschiktheid voor gebruik'), alsook met de Europese productnormen (bijvoorbeeld EN 14915: Wand- en gevelbekleding van massief hout - kenmerken, vereisten en markering), en de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Ter indicatie volgt hier een (niet-exhaustieve) lijst met aandachtspunten per toepassing.



© Samuel Defourny

→ Voor gebruik als gevelbekleding

- De houtsoort moet een natuurlijke duurzaamheid hebben die haar geschikt maakt voor buitentoepassingen of ze moet de juiste verduurzamingsbehandeling gekregen hebben.
- De planken worden horizontaal of verticaal geplaatst, met een aangepast profiel om waterstagnatie te voorkomen. Bijvoorbeeld, een recht profiel voor een verticale open gevelbekleding, een tand-en-groefprofiel voor een gesloten bekleding, een trapeziumprofiel (dubbele helling) voor een horizontale open bekleding, etc. Over het algemeen voeren verticale stroken het regenwater sneller af. Ook de ontwerpdetails zijn heel belangrijk om waterinfiltratie te vermijden (dakoversteek, verbindingen in schuine las, minimumafstand tot de grond, etc.).
- Partijen barnwood bestaan vaak uit planken van verschillende afmetingen die bovendien vervormingen kunnen vertonen (kromtrekking, etc.). De plaatsing kan gemakkelijk worden door planken van gelijke breedte en dikte te groeperen, maar werken met elementen die onderling verschillende vervormingen hebben, kan moeilijker zijn. Een mogelijke oplossing is precieze dimensionale kenmerken te eisen aan de leverancier, of een bewerking van het materiaal te voorzien (schaven, kantrechten, profileren, etc.).
- Over het algemeen moet hout voor gevelbekledingen minimum 15 tot 18 mm dik zijn.



© Samuel Defourny



© Samuel Defourny



Installatie van 2600 m² gevelbekleding van barnwood uit Oost-Europa, Instituut voor Plantkunde van de ULg, Luik (BE). © André Warnier

<https://opalys.eu/fr/projets/lInstitut-de-botanique-de-lulg>



- Om latere vervormingen te vermijden, heeft het hout bij de plaatsing idealiter een maximaal vochtgehalte van $15 \pm 3\%$.
- De andere aandachtspunten komen overeen met die bij het ontwerpen van nieuwe gevelbekledingen: type ondersteuning (houtskelet, metselwerk, etc.), enkel of dubbel regelwerk, keuze en afmetingen van de steunlatten, bevestigingswijze en hart-op-hart afstand van de steunlatten, plaatsing van druiplijsten ter hoogte van de lateien, verbinding van inspringende en uitspringende hoeken, overgang tussen gevel en dak, rooster tegen knaagdieren, nagels en schroeven (geringd, rvs, gegalvaniseerd, afmeting etc.), regenscherm, luchtsponw en ventilatie, isolatie aan de buitenkant, uitvoeringstoleranties, specifiek onderhoud, brandwerende, water- en olieafstotende afwerkingsproducten of -methodes, etc.

→ Voor gebruik als lambrisering en meubilair binnen

- De meeste houtsoorten komen hiervoor in aanmerking.
- Er moet goed op toegezien worden dat er zich geen insecten in de planken bevinden, aangezien die zich naar andere houten elementen kunnen verspreiden. Een visuele inspectie van de planken tijdens de plaatsing is daarom aangewezen. Voor meer zekerheid kunnen gedroogde planken geëist worden of een insectendodende behandeling voorzien worden.

- Het hout heeft bij de uitvoering idealiter een maximaal vochtgehalte van $10 \pm 3\%$ om de dimensionale stabiliteit van de planken te garanderen. Een acclimatisatie van de planken vóór de plaatsing is aanbevolen (1 tot 2 weken).
- Bij binnentoepassingen moet je er zeker van zijn dat het hout tijdens de eerste gebruiksfase niet behandeld is geweest met of blootgesteld aan giftige stoffen, vooral als het in contact kan komen met mensen en/of voedingsmiddelen. Als er hierover geen precieze informatie beschikbaar is, is het best het 'voorzorgsprincipe' in acht te nemen (zie verderop § 'Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').
- Als er een nieuwe afwerklaag wordt aangebracht (beits, vernis, etc.) is het aangewezen milieuvriendelijke producten te kiezen die de binnenluchtkwaliteit niet beïnvloeden.
- De brandreactieklasse is afhankelijk van de houtsoort en de dikte van de planken. Brandwerende behandelingen kunnen deze eigenschap verbeteren.
- Andere aandachtspunten zijn: type ondersteuning, bevestigingswijze, nagels en schroeven (geringd, rvs, gegalvaniseerd, afmeting, etc.), sponw en ventilatie, uitvoeringstolerantie, specifiek onderhoud, brandwerende, water- en olieafstotende afwerkingsproducten of -methodes, etc.

Afgeleid product

Barnwood wordt soms gebruikt als afwerkingslaag voor multiplex. Na een reeks bewerkingen worden de oude planken en het nieuwe hout verlijmd tot een hybride product dat de stabiliteit van een multiplexpaneel koppelt aan de bijzondere esthetiek van barnwood. Deze platen zijn doorgaans populair voor de creatie van meubilair (vervaardiging van keukens, deuren, kasten, laden, etc.).



Barnwoodfineer op multiplex © Rotor © Atmosphère Bois



Lambrisering gemaakt van planken in verschillende houtsoorten en afmetingen.

Hoeveelheid

Het is belangrijk om onmiddellijk voldoende planken aan te kopen, aangezien de precieze esthetiek en patina van de planken van lot tot lot verschillen, en het dus niet gegarandeerd kan worden dat identiek hetzelfde product bij een latere bestelling nog beschikbaar is. Zowel voor gevelbekledingen als lambriseringen is het daarom aangeraden 10 tot 15% meer te bestellen dan de exact benodigde hoeveelheid, afhankelijk van de staat van de partij en de gekozen ontwerp- en plaatsingsstrategie. Om de kans te vergroten voldoende barnwood op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam er ook voor kiezen de totale benodigde hoeveelheid op te splitsen in kleinere partijen, en deze bijvoorbeeld per ruimte of gevel plaatsen, of ze net allemaal door elkaar te mengen.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Om de geschiktheid voor beoogd gebruik van barnwoodplanken te kunnen inschatten is informatie over verschillende karakteristieken noodzakelijk. Onderstaande lijst aan aanbevelingen voor een gebruik als gevelbekleding en lambrisering is opgesteld op basis van ervaring, de normatieve documenten (bijvoorbeeld de geharmoniseerde norm EN 14915) en de technieken van toepassing op nieuw hout en houtachtige materialen.

Om de lezing te vergemakkelijken, bevat de tabel hieronder een aantal relevante parameters voor enkele courante soorten barnwood.

Tabel 1: Kenmerken van de meest voorkomende houtsoorten barnwood

Houtsoort	Duurzaamheidsklasse (1)	Gevoeligheid voor insecten (1)	Volumieke massa [kg/m ³] (2)	Dimensionale stabiliteit (3)
Amerikaanse witte eik en Europese eik <i>Quercu spp., Quercus robur</i>	II - III	Gevoelig	700	Matig tot weinig stabiel
Lariks <i>Larix spp.</i>	III - IV	Gevoelig	600	Matig stabiel
Yellow Pine <i>Pinus spp.</i>	III - IV	Gevoelig	500	Stabiel
Grove den <i>Pinus sylvestris</i>	III - IV	Weinig gevoelig	500	Matig stabiel
Gewone spar <i>Picea abies</i>	IV	Gevoelig	450	Matig stabiel
Western hemlock <i>Tsuga heterophylla</i>	IV	Gevoelig	450	Matig stabiel
Californian redwood <i>Sequoia sempervirens</i>	II	Weinig gevoelig	400	Stabiel
Western red cedar <i>Thuja plicata</i>	II	Weinig gevoelig	370	Heel stabiel

- (1) Deze classificatie is alleen van toepassing op kernhout (niet op spinthout), voor hout zonder verduurzamingsbehandelingen. In het geval van barnwood dat vroeger gebruikt werd voor gevelbekleding is de kans heel groot dat al het spinthout al verdwenen is. Het is evenwel aangewezen dat na te gaan door de partij te controleren of door informatie in te winnen over de oorspronkelijke toepassing (zie ook verderop 'gebruiksklasse').
- (2) Voor een referentievochtgehalte $H = 15\%$
- (3) Vermogen van het hout om te weerstaan aan vervorming onder invloed van vochtigheids- en temperatuurschommelingen.

Tabel 2: Andere relevante kenmerken die in functie van het beoogde gebruik en de context moeten worden beoordeeld

Kenmerken	Commentaar
Dimensionale kenmerken	Deze hang nauw samen met de droog- en opslagomstandigheden, de mate van sortering van de elementen, de houtbewerkingen (kantrechten, schaven, etc.) en de homogeniteit van de partij. Een grondig visueel onderzoek kan voldoende zijn om deze kenmerken te beoordelen. Zo nodig kunnen de meeste leveranciers de planken de gewenste breedte, lengte of dikte geven. De reële afmetingen van barnwoodplanken worden beïnvloed door zwellen en krimp als gevolg van schommelingen in het vochtgehalte.
Vorm (vlak, gebogen, kromgetrokken)	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering van de planken en hun oorspronkelijke belasting. Een grondig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak om dit na te gaan.
Kwaliteit van het oppervlak	Een grondig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak om dit na te gaan. Op basis van de kwaliteit van het oppervlak kunnen de gewenste afwerkingsgraad (onbewerkt, opgeschuurd, gezandstraald, geborsteld, etc.) en de aanvaardbare esthetische afwijkingen (knoesten, kleine scheuren, gaten, etc.) bepaald worden. Als de planken bestemd zijn voor binnengebruik of in contact kunnen komen met voedingsmiddelen moet het risico op afschilferende, toxische verf worden beoordeeld (zie § 'Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').
Vochtgehalte	Om latere vervormingen te vermijden moet barnwood bij de plaatsing een vastgesteld evenwichtsvochtgehalte hebben ($H = 15 \pm 3\%$ voor gevelbekledingen en $H = 10 \pm 3\%$ voor lambriseringen). Deze parameter hangt hoofdzakelijk af van de droog- en opslagomstandigheden van het hout, en kan met een hygrometer worden gecontroleerd.



Kenmerken	Commentaar
Natuurlijke duurzaamheid	Dit kenmerk verwijst naar de natuurlijke weerstand van hout tegen schimmelaantasting. Het wordt beoordeeld aan de hand van de houtsoort en het houttype (spint of kernhout), en het laat toe de gebruiksklasse van barnwoodplanken te bepalen. Onder bepaalde voorwaarden kan de natuurlijke duurzaamheid verbeterd worden door middel van verduurzamingsbehandelingen die aangepast zijn aan de houtsoort, de specifieke kenmerken van het hergebruikmateriaal en het beoogde gebruik. In dat geval spreken we van 'duurzaamheid door behandeling' of een 'verbeterde duurzaamheid'.
Gebruiksklasse	De gebruiksklasse van hout bepaalt de geschikte toepassingen (zie tabel hieronder). De geharmoniseerde Europese norm EN 460 onderscheidt vijf gebruiksklassen voor hout en de bijbehorende biologische risico's. De norm geeft ook aanbevelingen over het eventuele gebruik van een adequate beschermingsbehandeling overeenkomstig de toepassing en de natuurlijke duurzaamheidsklasse van het geplaatste hout (zie normen EN 350-2 en EN 335). Zo lenen eik, californian redwood en western red cedar (duurzaamheidsklasse 2) zich bijvoorbeeld perfect voor een toepassing als gevelbekleding zonder bijkomende verduurzamingsbehandeling.

Tabel 3: Gebruiksklassen en natuurlijke duurzaamheidsklassen van hout

Gebruiksklasse	Algemeen gebruik	Biologische risico's		Natuurlijke duurzaamheidsklasse van het hout				
		Insecten	Zwammen	I	II	III	IV	V
1	Binnen, droog	Ja	Nee					
2	Binnen of beschermt, niet blootgesteld aan de weersomstandigheden, mogelijks blootgesteld aan condensatie	Ja	Gering					
3	Buiten, niet in contact met de grond, blootgesteld aan de weersomstandigheden	Ja	Ja					
4	Buiten, in contact met de grond en/of zoetwater	Ja	Ja					
5	Regelmatig of permanent onder zoutwater	Ja	Ja					

Behandeling niet noodzakelijk
Behandeling aanbevolen
Behandeling noodzakelijk



Hergebruik van 800 m² barnwood als houten gevelbekleding en lambrisering. Quay01 (K-nal), Brussel, België © Jean-Paul Hermant Architectes
<https://opalix.eu/nl/projecten/gevelbekleding-quay01-k-nal>



Gevelbekleding in barnwood voor een woning en gastenkamers (Cerftitude) © Benoit Lanis. Architect: Atelier 4/5.
<https://opalix.eu/nl/projecten/cerftitude>



Kenmerken	Commentaar
Gevoeligheid voor insecten	Sommige houtsoorten zijn gevoeliger voor aantasting door insecten. De planken moeten hierop gecontroleerd worden vóór hun plaatsing, om het risico op plagen en verspreiding naar ander houtwerk te vermijden. Kunstmatig gedroogde planken zijn hier minder gevoelig voor. Zo nodig bestaan er specifieke verduurzamings- of afwerkingsbehandelingen.
Stabiliteit van het hout	Dit kenmerk bepaalt de manier waarop hout zich gedraagt als het blootgesteld wordt aan grote schommelingen in de luchtvochtigheid, en omvat de mate en snelheid van de vervormingen ('werking van het hout'). Een stabiele houtsoort zal waarschijnlijk beter geschikt zijn voor toepassingen die onderhevig zijn aan sterke schommelingen in de luchtvochtigheid (zie tabel hierboven). Maar aangezien barnwood tijdens zijn vorige gebruik al veel gekrompen en gezwollen is, geldt algemeen dat de impact van deze parameter kan worden gerelativeerd, ongeacht de houtsoort. Er moet ook rekening worden gehouden met de ontwerp- en plaatsingsdetails (voldoende speling tussen de planken, spouw, droog hout, etc.).
Mechanische prestaties	Een grondige beoordeling van de mechanische prestaties is maar relevant in geval van grote statische en/of dynamische belastingen. Voor deze beoordeling kijken we naar het hele constructiesysteem, niet alleen naar de planken. Bij het ontwerpen van sterk belaste gevelbekledingen moet hiermee rekening worden gehouden.
Waterdampdoorlatendheid	Niet van toepassing als er een spouw tussen de lambrisering/gevelbekleding en de muur zit. Als er geen spouw is, kan de dampdiffusieweerstandscoefficiënt worden bepaald aan de hand van de volumieke massa van het hout in kwestie (zie tabelwaarden in de norm EN ISO 10456).
Geluidsabsorptie	Dit kenmerk is van belang bij binnentoepassingen. Het wordt beïnvloed door de vorm en afwerking van de planken. De geluidsabsorptiecoëfficiënt kan worden beoordeeld aan de hand van tabelwaarden opgenomen in de norm EN 14951.
Warmtegeleiding	Dit kenmerk is alleen van belang bij binnentoepassingen. De warmtegeleidingscoëfficiënt of λ -waarde (in W/(m.K)) kan worden beoordeeld aan de hand van tabelwaarden opgenomen in de norm EN ISO 10456. Hij is voornamelijk afhankelijk van de volumieke massa en het vochtgehalte van het hout.
Brandreactie	<p>De specifieke eisen in verband met de brandreactie van de bekledingen worden bepaald door de nationale voorschriften. Deze eisen hangen onder meer af van het gebruik van het gebouw (bv. privéwoning of flatgebouw, nooduitgangen, terrassen op platte daken, etc.), van de hoogte van het gebouw (voor de gevelbekleding), maar ook van de mogelijkheid voor de gebruikers om het gebouw te verlaten in geval van brand (bejaardentehuis, ziekenhuis, etc.). Het projectteam dient zich er dus van te vergewissen dat er voldaan wordt aan de wettelijke eisen inzake brandreactie door de materialen en hun plaatsingsmethode te bepalen in functie van het beoogde gebruik.</p> <p>Volgens een Europese beschikking (Beschikking 2006/213/EG) wordt de brandreactieklasse D-s2,d0 zonder bijkomende tests toegekend aan alle massief houten buitenbekledingen met een gemiddelde volumieke massa van minstens 390 kg/m³ (gemeten volgens een referentievochtgehalte) en een minimumdikte van 18 mm.</p> <p>De invloed van een verduurzamingsbehandeling tegen biologische aantasting of elke andere afwerkingsbehandeling moet ook in rekening worden genomen. Indien nodig moet de brandreactieprestatie van onbehandelde en behandelde houten elementen voor gevels en lambriseringen worden onderworpen aan een test en moet er een prestatieverklaring worden opgesteld volgens EN 13501.</p> <p>Een brandwerende behandeling verbetert de brandreactie van barnwoodplanken en vermindert hun invloed op brandontwikkeling en -verspreiding (een vacuüm-/drukimpregnering met brandwerende producten voor binnen- of buitentoepassingen maakt het bijvoorbeeld mogelijk de brandreactieklasse B-s1,d0 te bekomen).</p>
Toxiciteit	Planken van barnwood kunnen behandeld geweest zijn met giftige producten of tijdens hun eerste gebruiksfase in contact gekomen zijn met gevaarlijke stoffen. Hoewel het meestal mogelijk is om via een visuele inspectie verduurzamings- en afwerkingsbehandelingen op te sporen, is het doorgaans een stuk moeilijker om de precieze aard van de aangetroffen substanties te bepalen. Door middel van laboratoriumproeven kan worden bepaald en beoordeeld in welke mate eventueel aanwezige verontreinigende stoffen gevaarlijk zijn. De toxiciteit van sommige van deze contaminanten kan immers drastisch gedaald zijn na jarenlang gebruik. Bij gebrek aan informatie hierover dient het 'voorzorgsprincipe' in acht genomen te worden voor binnentoepassingen of toepassingen waarbij direct contact met mensen en/of voedsel mogelijk is.



Beschikbaarheid

Planken in barnwood kennen momenteel een zekere populariteit. Hun beschikbaarheid is afhankelijk van de gezochte hoeveelheid. Ter informatie:

Frequent	0 tot 100m ²
Occasioneel	100 tot 250m ²
Zelden	250 tot 500m ²

Bij heel grote bestellingen is het mogelijk dat sommige leveranciers tijd nodig hebben om verschillende partijen te verzamelen. In dat geval is de kans ook groot dat de planken van verschillende locaties afkomstig zijn.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naargelang het model, de staat en de benodigde hoeveelheden. Enkele voorbeelden van prijzen:

→ *Noord-Amerikaans barnwood*

- Eik: 80 - 170 €/m²
- Zachthout (den, hemlock), gekantrecht + geborsteld: 80 €/m²

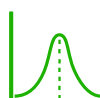
→ *Europees barnwood*

- Eik: 65 - 100 €/m²
- Eik, gekantrecht: 75 - 110 €/m²

- Zachthout (naaldbomen), onbewerkt: 35 - 45 €/m²
- Zachthout, gekantrecht en geborsteld: 45 - 60 €/m²
- Zachthout, geborsteld met tand en groef: 60 - 100 €/m²

Deze prijzen gelden voor gedroogde (H = ~12%), niet behandelde planken. Langere planken zijn soms duurder.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



De inschatting van het effect van het hergebruik van houten elementen op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen. Het basisprincipe is dat met constructiehout biogene koolstof kan worden vastgelegd. Hergebruik is dus een manier om deze koolstofvoorraden in stand te houden en te voorkomen dat ze opnieuw in de atmosfeer terecht komen (wat zou gebeuren als het hout bijvoorbeeld zou worden verbrand als afval). Voor de algemene milieubalans van een hergebruikt houten element moet echter ook rekening worden gehouden met aspecten zoals de herkomst van het product en de afgelegde afstand, het gebruik van een beschermende behandeling, etc. Raadpleeg voor meer informatie de desbetreffende paragraaf in de inleidende fiche.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Planken van barnwood kunnen behandeld geweest zijn met giftige producten of tijdens hun eerste gebruiksfase in contact gekomen zijn met gevaarlijke stoffen. Hoewel het meestal mogelijk is om via een visuele inspectie verduurzamings- en afwerkingsbehandelingen op te sporen, is het doorgaans een stuk moeilijker om de precieze aard van de aangetroffen substanties te bepalen. Lood, koper, chroom, arseen en PCP's zijn schadelijke stoffen die kunnen voorkomen in planken van barnwood. Hun concentratie in het hout, hun werkzaamheid en hun residuele schadelijkheid zijn moeilijk in te schatten zonder specifieke laboratoriumtests. Bij gebrek aan informatie hierover dient het 'voorzorgsprincipe' in acht genomen te worden voor binnentoepassingen of toepassingen waarbij direct contact met mensen en/of voedsel mogelijk is. Bovendien moeten bij de uitvoering van houtbewerkingen, zoals verzagen, schaven, opschuren etc., passende veiligheidsmaatregelen worden genomen (persoonlijke beschermingsmiddelen, stofafzuigsystemen, afvalverwijdering, etc.).

	<p>Een <i>loodtest</i> kan noodzakelijk zijn om de aanwezigheid van oude loodverf op de planken op te sporen. De diagnose kan gesteld worden met een in de handel verkrijgbare loodverftestkit, door een staal van de verf op te sturen naar een laboratorium of door deze test te laten uitvoeren door een vakman. Als de aanwezigheid van lood is bewezen is het ten eerste aangeraden de verf af te bijten en/of de planken te herschilderen via een gespecialiseerd schildersbedrijf. Het gebruik van een verfstripper, een schuurmachine of schuurpapier wordt absoluut afgeraden voor de verwijdering van loodverf. Kies voor een chemisch afbijtmiddel, op voorwaarde dat er passende gezondheids- en milieumaatregelen worden genomen. Een alternatief voor afbijten is een nieuwe afwerkingslaag aanbrengen zodat de oude verflaag volledig 'ingekapseld' zit.</p>
	<p>Raadpleeg voor meer informatie over het onderwerp het volgende document van het Franse INRS ('Institut national de recherche et de sécurité'), dat de voornaamste behandlungsproducten voor hout oplist en toelicht (bestanddelen, gevaren, toepassingen, voorzorgsmaatregelen, etc.): https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20981</p>

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

**Beschrijving van het materiaal**

Volle keramische bakstenen (hierna ook 'bakstenen' genoemd) worden bekoemen door klei te bevochtigen en te mengen. Vervolgens wordt die massa vormgegeven door ze door een strengpers te halen, of machinaal of handmatig in een vormbak te drukken; te drogen en uiteindelijk te bakken op een temperatuur van 850 tot 1200° C. Bakstenen zijn een keramisch product van artisanale of industriële makelij waarvan de technische eigenschappen hoofdzakelijk afhangen van de samenstelling van het mengsel, de baktemperatuur en de technische knowhow die wordt aangewend voor de productie. Hoewel het productieproces vanaf de 19e eeuw werd gemechaniseerd, is het al meer dan 6.000 jaar bijna onveranderd gebleven. Tot de Tweede Wereldoorlog werd het overgrote deel van de bakstenen regionaal geproduceerd, met lokale klei.

In normale omstandigheden worden bakstenen traditioneel gebruikt voor dragend of decoratief metselwerk, al dan niet beschermd. Deze bakstenen zijn over het algemeen zeer duurzaam. Het kan evenwel gebeuren dat externe factoren hun eigenschappen aantasten tijdens de gebruiksfase: zware structurele lasten, weersomstandigheden, verschillende vormen van verontreiniging, etc.

Beschermd en onbeschermd metselwerk

Beschermd metselwerk verwijst naar een muur die niet aan water is blootgesteld en niet in contact staat met de bodem en het grondwater. Dit is het geval voor binnenmuren en voor buitenmuren die bedekt zijn met een geschikte pleister of beschermd worden door een gevelbekleding. Onbeschermd metselwerk verwijst naar muren die blootgesteld zijn aan regen en vorst en in contact kunnen komen met de bodem en het grondwater. Dit is het geval voor buitenmuren zonder of met beperkte bescherming (bv. een dunne pleisterlaag). Het beschermde of onbeschermd karakter hangt niet af van de structurele rol van het metselwerk (dragend of niet-dragend).

Een groot deel van de bakstenen op de hergebruikmarkt werden geproduceerd tussen 1800 en 1970, en zijn voornamelijk afkomstig van muren die met kalkmortel (of een andere zachte mortel) gemetseld zijn geweest. Vanaf 1970 heeft het gebruik van mortels op cementbasis de recuperatie van bakstenen bemoeilijkt, zo niet onmogelijk

gemaakt. Andere factoren, zoals het gebruik van lichtere holle of geperforeerde bakstenen, maar ook de verlaging van de baktemperatuur van de bakstenen als gevolg van de oliecrisis van 1973, hebben de mogelijkheden voor hergebruik verder beperkt.

Toch zijn er grote hoeveelheden volle bakstenen, gerecupereerd bij afbraakwerken, verkrijgbaar bij professionele hergebruikleveranciers, voornamelijk in België, Groot-Brittannië en Nederland. Je treft er tal van verschillende soorten aan, die vaak een afspiegeling zijn van de historische regionale bijzonderheden. Hergebruikbakstenen kan je onderscheiden aan de hand van volgende verschillende criteria:

→ **Productiemethoden**, meer bepaald:

- Handvormstenen (ook bekend als 'handgemaakte stenen'). Meestal zien deze bakstenen er iets ruwer uit en bevatten ze oneffenheden.
- Vormbakstenen. Hierbij wordt de klei machinaal geperst in vormbakken. De stenen hebben dezelfde kenmerken als de handvormstenen, met een min of meer uitgesproken uitsparing in het legvlak ('Frog' in het Verenigd Koninkrijk).
- Strengpersstenen (ook bekend als 'machienstenen', 'getrokken stenen' of 'wire cut'). Deze worden geproduceerd met een extrusiepers, waarbij de klei door een mondstuk wordt geperst in continue strengen en vervolgens in regelmatige stukken wordt gesneden. Deze bakstenen zijn vaak gladder en regelmatiger.

→ **Oorsprong**. Hergebruikbakstenen worden vaak vernoemd naar de streek waar ze geproduceerd werden (bv. *Beersesteen* en *Scheldesteen* in België, *IJzelsteen/IJsselsteen* in Nederland, *Accrington* in Groot-Brittannië, etc.) of naar het soort oven waarin ze werden gebakken (bv. *Paepesteen*, *Klampsteen*, *Veldovensteen*, etc.).

→ **Formaat**. Er bestaat een zeer grote verscheidenheid aan modellen en formaten die meestal geassocieerd worden met een producent en/of een regio van oorsprong. Bijvoorbeeld: rijnformaat (BE) (180 × 85 × 50 mm), derdeling (BE) (160 × 80 × 40 mm), boerkes (BE) (170 × 90 × 65 mm), waalformaat (BE, NL) (210 × 100 × 50 mm), Spaanse Moef (BE) (210 × 50 × 100 mm), vechtfarmaat (NL) (210 × 100 × 40), Imperial bricks (VK) (225 × 110 × 65 mm), etc.

→ **Uiterlijk en kleur**. Afhankelijk van het model hebben recuperatiebakstenen een

gladde of ruwe textuur, met scherpe of afgeronde/stompe randen. Volle bakstenen zijn niet geperforeerd, maar kunnen meer of minder uitgesproken uitsparingen vertonen (bijvoorbeeld bij vormbakstenen). De kleuren zijn vaak geel, oranje, rood, bruin, paars, grijs of blauw. In sommige gevallen kunnen er verfstrepen op de strekken of koppen zitten. Ook kunnen er lichte sporen van mortel of zand op het oppervlak aanwezig zijn.

Bakstenen bakken in traditionele ovens verliep minder homogeen dan vandaag het geval is in moderne ovens. Een partij stenen van eenzelfde 'bakserie' kon dus verschillende kenmerken vertonen, afhankelijk van hun plaats in de oven en hun blootstelling aan de hitte. De best gebakken bakstenen waren donkerder en beschikten over betere mechanische prestaties (zoals vorstweerstand, druksterkte, etc.). Ze waren bestemd voor gebruik in dragend en onbeschermd metselwerk. De minder gebakken bakstenen waren bestemd voor minder veeleisende toepassingen, zoals binnenwanden. Deze selectie werd uitgevoerd op basis van de knowhow van de steenbakkers en metselaars. Vandaag worden de meeste nieuwe bakstenen gebakken in tunnelovens die een meer gelijkmatige verdeling van de warmte garanderen. Hun prestaties worden bepaald aan de hand van gestandaardiseerde tests.



Gerecupereerde handvormsteen van het type Boomse Klampsteen (België)



Gerecupereerde strengperssteen van het type Beersesteen (België)



Gerecupereerde vormbaksteen van het type Accrington (VK)



Soorten hergebruikbaksteen op de Belgische markt. Van links naar rechts, van boven naar onder: 1. (Boomse) Klampsteen of handgevormde Klinkaard (rijnvorm). 2. (Boomse) Klampsteen of handgevormde Klinkaard (derdeling). 3. Paepsteen (rijnvorm). 4. Paepsteen (derdeling). 5. Blauwe Paepsteen (derdeling). 6. Beerse steen of machinale Klinkaard (rijnvorm). 7. Beerse steen of machinale Klinkaard (Beerse 65). 8. Beerse steen of machinale Klinkaard (waalformaat). 9. Handgevormde Poldersteen (moef) of Brugse moef/Poldersteen. 10. Damse Poldersteen (moef) of Damse (abdij)moef, Kuststeen. 11. Spaanse moef. 12. Brusselse Klampsteen. 13. Scheldesteen. 14. Scheldesteen (dik). 15. Veldovesteen.

Momenteel worden recuperatiebakstenen hoofdzakelijk gebruikt voor decoratief, niet-dragend binnen- en buitenmetselwerk. Bepaalde modellen zijn zeer in trek. Recuperatiebakstenen worden af en toe ook gebruikt voor dragend metselwerk. Daarnaast worden ze ook courant gebruikt voor landschapsarchitectuur.

Deze fiche behandelt enkel volle bakstenen uit klei. Volgende materialen komen niet aan bod: kleiklinkers; vuurvaste, holle, geperforeerde stenen of stenen met tand en groef ('snelbouwstenen'); geglazuurde stenen of bakstenen met een kaleilaag; en stenen in kalkzandsteen.



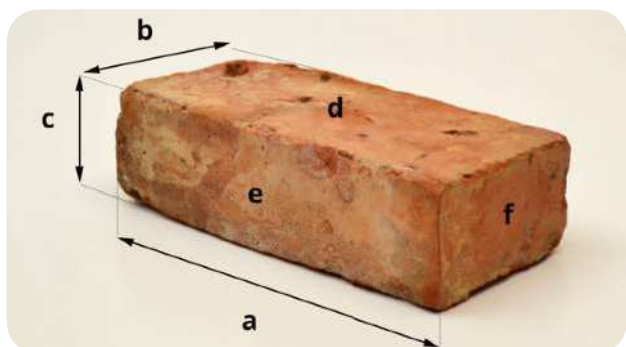
Klinkers voor bestrating

Niet te verwarren met ... (1)

Volle bakstenen voor metselwerken mag je niet verwarren met klinkers voor bestrating. Ondanks de sterke gelijkenissen worden klinkers gemaakt uit speciale kleisoorten en gebakken op zeer hoge temperaturen. Ze zijn van nature zeer goed bestand tegen vorst, druk, slijtage en agressieve middelen zoals dooizouten en reinigingsproducten. Raadpleeg voor meer informatie de desbetreffende fiche.

Niet te verwarren met ... (2)

Bepaalde types hedendaags geproduceerde bakstenen worden 'handgevormd' genoemd vanwege hun uitzicht, ook al komen ze in werkelijkheid uit een strengpers. Vandaag de dag wordt bijna geen enkele baksteen in Europa nog met de hand gemaakt. Het succes van recuperatiebakstenen heeft sommige fabrikanten van nieuwe bakstenen ertoe gebracht om bakstenen te produceren die het uitzicht van oude bakstenen imiteren, door gebruik te maken van kunstmatige verouderingstechnieken: doen afbrokkelen van de randen, trommelen, aanbrennen van valse mortelsporen, etc. Vraag bij uw leverancier dus zeker naar de herkomst van de bakstenen!



- a. Lengte
- b. Breedte
- c. Hoogte (dikte)
- d. Legvlak
- e. Strek
- f. Kop

'Anatomie' van een volle metselsteen



Recuperatie van het materiaal

Bakstenen recupereren is een relatief zware operatie waarbij steeds de geldende veiligheidsvoorschriften voor sloopwerken moeten worden gevolgd. Indien de bakstenen niet in situ hergebruikt kunnen worden, kan dit via de professionele hergebruikmarkt. Vaak zijn de operatoren die bakstenen recupereren ook actief als afbraakaanemers. In dat geval kan er over de commerciële voorwaarden worden onderhandeld, naargelang de waarde van de bakstenen.

→ **Demontagetests** (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij stenen inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. De aandachtspunten zijn onder meer:

- de algemene staat van de partij stenen en de plaatsingsmethode (soort mortel, beschadigingen, etc.);
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de beschikbare hoeveelheid, de demontage- en hergebruikmogelijkheden, de specifieke regionale kenmerken, etc.;
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

Om de mogelijkheden voor hergebruik van de bakstenen met grotere zekerheid te bepa-

Beperkingen voor het hergebruik van bakstenen

Sommige factoren kunnen het hergebruik van bakstenen beperken of zelfs onmogelijk maken.

- **Originele toepassingen.** Bakstenen die worden aangetroffen in stallen (met een typische ammoniakgeur), keldermuren, funderingen, beerputten, regenputten en schoorstenen zijn niet geschikt voor hergebruik. De permanente schade die ze tijdens hun gebruiksfase hebben opgelopen door vocht en/of verontreiniging maken het immers onmogelijk om hun levensduur op een veilige en correcte manier te verlengen.
- **Mortel.** Mortelresten verwijderen is noodzakelijk om de bakstenen te kunnen hergebruiken. Over het algemeen zijn zachte mortels, zoals die op basis van kalk, as en klei; en bastaardmortels, op basis van cement en kalk, relatief makkelijk te verwijderen. Cementmortels en lijmortels, die sinds de jaren zeventig op grote schaal worden gebruikt, zijn moeilijker schoon te maken. Deze mortels zijn resistenter maar hechten ook veel sterker. Technisch gezien is de verwijdering ervan niet onmogelijk, maar in de praktijk is dit meestal te duur en heeft het gevolgen voor de rentabiliteit van de hergebruikoperatie. Behalve aan de hand van de ouderdom van het metselwerk kunnen de twee mortelsoorten vaak ook visueel van elkaar worden onderscheiden: kalkmortels zijn lichter en vaak beige, cementmortels donkerder en grijs (maar let op, kalkmortels in een stedelijke omgeving gaan vaak schuil achter een oppervlakkige laag grijze vervuiling, en soms worden muren gemetseld met kalkmortel nog oppervlakkig opgevoegd met een cementmortel).

len en het verliespercentage in te schatten, wordt meestal een demontage- en reinigingsproef uitgevoerd op een steekproef van enkele tientallen bakstenen.

→ **Demontage.** Een zorgvuldige demontage is er op gericht de integriteit van de bakstenen en een zekere homogeniteit van de loten te waarborgen. Eerst worden de oppervlaktebekledingen (pleisterwerk, gipsbepleistering, etc.) mechanisch verwijderd. Vervolgens kan de eigenlijke ontmanteling manueel gebeuren of, bij grotere volumes, met behulp van een grijpkraan. Daarbij moet er vooral op gelet worden dat de bakstenen voorzichtig op de grond of in een container worden geplaatst. Zelfs een val van kleine hoogte kan genoeg zijn om een perfect herbruikbare

baksteen te breken. Bakstenen die tijdens de demontage spontaan breken of verpulveren, moeten steeds worden weggegooid.

De gedemonteerde bakstenen worden gewoonlijk in containers vervoerd. Voor bepaalde soorten bakstenen die breekbaarder zijn, is het echter raadzaam ze eerst te reinigen en te palletiseren vooraleer ze te vervoeren. Zo kan het verliespercentage worden beperkt.

Indien de te demonteren bakstenen variaties vertonen (bv. door een verschillende blootstelling aan de weersomstandigheden), is het raadzaam dit tijdens de demontage te inventariseren en de bakstenen nauwkeurig van elkaar te scheiden.



Afbrokkelende baksteen, ongeschikt voor hergebruik



Variaties in kleur en uitzicht van oude bakstenen



Aanwezigheid van verfsporen en lichte mortelresten



Sloop en hergebruik in situ. Renovatie Loadtoren, Brussel © BVDA - Bernard Van Damme Architecte



Manuele reiniging van mortelresten



Mechanische reiniging van mortelresten



→ **Behandelingen.** Behalve het reinigen van mortelresten en het sorteren op kwaliteit, moeten de recuperatiebakstenen over het algemeen niet behandeld worden. De reiniging kan ter plaatse of bij een specialist worden uitgevoerd. Mortelresten of vuil (mos, etc.) kunnen manueel verwijderd worden, baksteen per baksteen, met behulp van een bijl, beitel of staalborstel; of door middel van een machine met vibrerende messen of platen. Om het hergebruik van de recuperatiebakstenen te vergemakkelijken, worden slechts lichte sporen van oppervlaktemortel of cementsluiers getolereerd. Deze kuisoperatie is zeer moeilijk tot onmogelijk bij holle of geperforeerde bakstenen, waardoor deze dan ook zelden gerecupereerd worden.

De stenen worden bij het reinigen gesorteerd aan de hand van de volgende controles:

- **Visueel:** de bakstenen worden geïnspecteerd en de stenen met aanzienlijke schade

worden weggegooid. De bakstenen mogen onregelmatig zijn, maar ten minste één strek en één kop moeten in goede staat zijn. Wanneer er verfresten op het oppervlak van een baksteen achtergebleven zijn, moet de tegenoverliggende strek of kop in goede staat zijn. Bakstenen ongeschikt voor hergebruik vanwege hun vroegere toepassing kunnen dikwijls ook visueel herkend worden (vb. bakstenen met brandvlekken afkomstig van oude schoorstenen).

- **Olfactorisch** (geur): bakstenen met een vieze geur (ammoniak, mazout, etc.) worden weggegooid.
- **Auditief:** om na te gaan of een baksteen intact, stevig en niet poreus is, wordt er licht op getikt met gereedschap of een hard voorwerp. Een dof geluid wijst op een baksteen die weggegooid moet worden, een helder geluid op een baksteen die intact is. Meestal voeren gekwalificeerde experts deze rudimentaire inspectie uit.

- **Mechanisch:** om de porositeit te controleren, wordt er over de stenen gewreven. Als een baksteen afschilfert, is die meestal te poreus.

De bakstenen worden gesorteerd op model, kwaliteit, eventuele schade, kleur en grootte. Het totale aandeel van de teruggewonnen bakstenen hangt af van de staat van het oorspronkelijke metselwerk. Vaak is dat 50 tot 70%. Bakstenen die tijdens de demontage en de reiniging breken, zijn grotendeels onbruikbaar. Toch kan een kleine hoeveelheid halve stenen of driekwart stenen bewaard worden voor de aansluitingen en de hoeken, afhankelijk van het metselverband. Sommige professionele leveranciers kunnen ook deze onvolledige formaten leveren.

→ **Bijkomende tests.** Een reeks eenvoudige technieken kan worden aangewend om het hergebruikpotentieel ter plaatse verder te onderzoeken.



◀ De **Karstenbuis** of **Karstenpijp** is een eenvoudige test om de waterabsorptie van bakstenen te meten. Een glazen buis gevuld met water wordt stevig op het oppervlak van de baksteen bevestigd. Een maatverdeling geeft de hoeveelheid water aan die in een bepaalde tijd doordringt. © [Plate-Forme Maison Passive](#)



▲ Het vochtgehalte van de bakstenen kan worden gemeten met een **vochtmeter** of met een eenvoudige **calcium carbide test**. Deze meting wordt gebruikt om de porositeit van de bakstenen na te gaan. © [dmelaser.com](#)



◀ De **rebound sclerometer** (of **schmidthamer**) is een draagbaar apparaat dat de druksterkte/hardheid van bepaalde materialen op een niet-destructieve manier meet. Het toestel bestaat uit een stalen pen op een veer. De pen slaat op het oppervlak, waarna aan de hand van de terugslag de hardheid van het oppervlak berekend kan worden. Een analyse van de gegevens met behulp van nomogrammen of ijkcurven maakt het vervolgens mogelijk om de proefstalen te vergelijken. © [proceq.com](#)



▲ Tot op zekere hoogte kunnen de drukspanningen (en dus de in situ druksterkte) worden geschat aan de hand van een **platte cilinder**. Bij deze techniek wordt ter hoogte van een horizontale mortelvoeg een groef in het metselwerk aangebracht om er onder druk een platte cilinder in te plaatsen.

Deze techniek is echter niet voor alle mortelsoorten geschikt en de resultaten moeten door ervaren personen met de nodige omzichtigheid worden geïnterpreteerd. © CSTC, *Guide pour la restauration des maçonneries: 1ère partie, Stabilité des ouvrages*, 2002



▲ **Indicatorstrips** worden gebruikt om de aanwezigheid van oplosbare zouten in het metselwerk te bepalen en te kwantificeren (nitraten, chloriden en sulfaten). © [technichem.be](#)



→ **Opslag.** De bakstenen worden idealiter verspringend gestapeld en op pallets opgeslagen (500 tot 1.000 stuks/pallet, afhankelijk van het model). De volledige pallets zijn niet hoger dan 1m en zijn afgedekt met PE-krimpfolie om hun stabiliteit tijdens het vervoer te garanderen en ze te beschermen tegen weersomstandigheden en stof. Wanneer de bakstenen ter plaatse worden gereinigd en hergebruikt, kunnen ze ook op een vlakke, droge grond gestapeld worden. Het is van essentieel belang ze te beschermen tegen regen en opstijgend vocht uit de grond, zodat ze droog zijn wanneer ze opnieuw geplaatst worden.

→ **Transport en levering.** Tijdens het vervoer en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden om breuken tot een minimum te beperken (pallets omsnoerd met riemen en verpakt in krimpfolie, etc.).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Tip

Het is aangewezen om vanaf het begin voldoende bakstenen te kopen. Elke levering van recuperatiebakstenen heeft een unieke samenstelling. De afmetingen en/of kleuren van bakstenen van een latere levering kunnen dus verschillend zijn.



Showroom van een handelaar in recuperatiebakstenen. De handelaar zet de verschillende modellen in de kijker, met voegen die variëren in soort en dikte.



Opslag van gerecupereerde bakstenen bij een professionele handelaar, vóór sortering en reiniging



Opslag van gesorteerde en gereinigde bakstenen op pallets, afgedekt met krimpfolie



*Steenstrips voor geveltoepassingen
© franc.be*



*Steenstrips voor geveltoepassingen
© BCA matériaux anciens*

Steenstrips van recuperatiebakstenen voor geveltoepassingen

Sommige handelaars bieden steenstrips van recuperatiebakstenen voor geveltoepassingen. De originele bakstenen worden in de lengte gezaagd in stukken van 25 tot 40 mm dik. Deze strips voor verticaal metselverband worden apart verkocht en hun typisch patina blijft bewaard.



*Steenstrips voor geveltoepassingen
© BCA matériaux anciens*

Wist je dat?

De Deense handelaar in recuperatiebakstenen Gamle Mursten heeft een procedure ingeleid om een CE-markering te verkrijgen voor bepaalde courante baksteentypes op de Deense markt. Daartoe werd aan een erkende Europese instantie gevraagd om de geharmoniseerde normen die voor de industriële productie werden ontwikkeld, aan te passen aan de specifieke kenmerken van hergebruikmaterialen. Dit bood Gamle Mursten duidelijke richtlijnen om een prestatieverklaring (Declaration of Performance, DoP) op te stellen voor de meest voorkomende soorten recuperatiebakstenen. Behalve het commerciële voordeel van de CE-markering verschaft dit proces de bouwprofessionals betrouwbare gegevens over bepaalde kenmerken van recuperatiebakstenen (bv. druksterkte, vorstweerstand, absorptie, buig- en treksterkte, etc.). Er is eveneens een EPD-milieuverklaring voor hun producten beschikbaar.



Sortering en gemechaniseerde verpakking van gerecupereerde bakstenen © [Gamle Mursten \(DK\)](http://Gamle Mursten (DK))



Toepassingen en plaatsing

Volle bakstenen uit klei worden hoofdzakelijk gebruikt voor beschermd of onbeschermd metselwerk, zoals buiten-gevelbekledingen, wandbekledingen en scheidingsmuren. Ze kunnen ook gebruikt worden voor dragend metselwerk, buitenmetselwerk (muurtjes, etc.), binnenvloeren en decoratief metselwerk. Voor trottoirs en buitenvloeren worden de meeste modellen afgeraden (hiervoor kunnen beter kleiklinkers worden gebruikt).

In het algemeen moet bij de keuze van bakstenen rekening worden gehouden met de voorziene spanningen (zie hieronder 'prestaties en geschiktheid voor gebruik') en de stedenbouwkundige voorschriften. Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (bv. EN 1996: Eurocode 6 voor het ontwerp en de berekening van constructies uit metselwerk, EN 771-1+A1, etc.), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Afhankelijk van de geldende voorschriften moet er ook rekening worden gehouden met thermische en akoestische vereisten, en bepaling met betrekking tot brandweerstand, waterdichtheid en aardbevingen.

Het hergebruik van een partij onbeschadigde volle recuperatiebakstenen uit klei kan enigszins verschillen van die van nieuwe bakstenen, maar in grote lijnen gelden dezelfde aandachtspunten: eigenschappen en staat van alle metselwerkelementen (spouwmuur, samengestelde muur, aansluitingen, ankers, etc.), keuze van de mortel, voegen, verband, afwerking, klimaat- en weersfactoren, isolatie, bevestigings- en steunsysteem, veiligheidscoëfficiënten voor de dimensionering, kosten en plaatsingstermijnen, etc.

Vanwege een grotere dimensionale variabiliteit als gevolg van hun onregelmatige oppervlak, worden recuperatiebakstenen vaak gemetseld in een 'wildverband' of onregelmatig verband en met brede mortelvoegen (10 tot 12 mm). Afhankelijk van het type baksteen zijn er ook andere oplossingen mogelijk. Lijmen wordt afgeraden.

Bij de integratie van recuperatiebakstenen in dragend metselwerk moet aan de mechanische vereisten worden voldaan. Doorgaans zijn de mechanische prestaties van metselwerk afhankelijk van de aard van de elementen, het type mortel, de dikte van de voeg en de sterkte van de materialen.

Bijkomend moet er bij de keuze van de mortel ook rekening worden gehouden met bepaalde kenmerken van de bakstenen (porositeit, aanvankelijke waterabsorptie, vochtgehalte, massa, hechting, etc.) en met de vereisten van het metselwerk (blootstelling aan het klimaat, weerstand tegen vochtigheid, belasting, etc.).

Denk omkeerbaar!

Het gebruik van kalkmortel of bastaardmortel (op basis van kalk en cement) zonder harsen of andere toevoegingen, vergemakkelijkt de toekomstige demontage. Bij deze plaatsingsmethode moet er rekening worden gehouden met de beoogde toepassing van de bakstenen, en moeten er speciale voorzorgsmaatregelen getroffen worden tijdens de plaatsing. Voor meer informatie, zie de norm EN 998 (1-3): Definities en specificaties voor metselmortels. Sommige producenten van nieuwe bakstenen interesseren zich voor de omkeerbaarheid van verbindingen en stellen daartoe oplossingen voor. Aarzel niet ze met deze vragen te contacteren.

Na de plaatsing kan het metselwerk op verschillende manieren worden afgewerkt: zandstralen van de overgebleven verf- en mortelresten op de recuperatiebakstenen, kaleien / aanbrengen van een kalkpleister, of, afhankelijk van de vereisten, zelfs het aanbrengen van een waterdichte coating.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet de voorschrijver erop toe dat er partijen gebruikt worden die een zekere mate van homogeniteit vertonen met betrekking tot de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij moet bestaan uit bakstenen van eenzelfde model. In de meeste gevallen bieden professionele leveranciers partijen bakstenen aan die homogeen zijn, maar een andere oorsprong hebben.

Voor hergebruik in situ worden de partijen stenen samengesteld volgens de inventaris opgesteld tijdens de demontage, die verwijst naar hun oorspronkelijke toepassingen en wijze van plaatsing. Op basis van deze informatie kunnen de criteria vastgesteld worden die nodig zijn voor de verdeling en homogeniteit van de partijen met het oog op hun beoogde toepassing. De aandachtspunten zullen onder meer zijn:

- **Informatie over de bakstenen:**
 - Type, merk, model, fabrikant, productiejaar, afmetingen, technische fiche, uitzicht en eventuele schade, etc.
- **Informatie over de oorspronkelijke toepassingen:**
 - Type bouwwerk, bouwjaar, geografische ligging en bijzonderheden (gelegen aan zee, aan een weg, in een berggebied, etc.).
 - Soorten toepassing (beschermd, onbeschermd, gevel, draagmuur, etc.) en plaats in het bouwwerk.
 - Bijzonderheden (oriëntatie van de onbeschermd muren, keldermuren, geïsoleerde muren, binnen- of buitenmuren, funderingen, stallen, etc.).
- **Informatie over de oorspronkelijke plaatsing:**
 - Soorten voegen, mortels, bevestigings- en verbindingssystemen, waterafstotende behandelingen en injecties tegen het vocht, latere renovaties, etc.

→ **Afmetingen.** De afmetingen van de bakstenen moeten homogeen zijn. De voorschrijver zal de dimensionale tolerantie bepalen afhankelijk van de beperkingen van de plaatsing. Over het algemeen kunnen de strekken van de baksteen die te onregelmatig zijn, verborgen worden door ze te keren naar de onzichtbare kant van het metselwerk. Voor verbanden die halve bakstenen vereisen, is het aangeraden de gewenste hoeveelheid te vermelden. Er dient op voorhand te worden nagegaan welke soorten bakstenen er in welke formaten beschikbaar zijn.

→ **Kleur.** Verschillen in kleur en uitzicht komen veelvuldig voor. In het geval van recuperatiebakstenen uit klei zijn de verschillen voornamelijk te wijten aan de productiemethoden en de herkomst van de partijen. Gepalletiseerde bakstenen van professionele handelaars zijn meestal voldoende gemengd om een goed esthetisch resultaat te bekomen. In geval van twijfel kunnen de verschillende pallets tijdens de plaatsing opnieuw worden gemengd.

→ **Reiniging.** Ondanks een grondige reiniging zijn oppervlakkige mortelresten onvermijdelijk, vooral bij handvormstenen. Sporen van cementmortel zijn dikwijls extra zichtbaar. Deze kunnen de muur een esthetisch interessant karakter geven. Indien nodig is het ook mogelijk om een afwerkingsbehandeling te voorzien (zandstralen, pleisteren/kaleien, etc.).



→ **Staat.** Naast sporen van mortelresten kunnen de recuperatiebakstenen kleine aantastingen en/of beschadigingen vertonen, zoals sporen van oppervlakkige slijtage, schilfers, scheuren, kraters, vlekken, verfsporen, resten van mos, sporen van uitbloeiingen, etc.

Deze aantastingen en/of beschadigingen kunnen invloed hebben op de technische en esthetische prestaties van de bakstenen, evenals op hun plaatsing, maar ze zijn geen ernstig obstakel voor hergebruik (zie 'prestaties en geschiktheid voor gebruik'). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van hun bakstenen een extra hoeveelheid van 5% voorzien als ze niet in staat zijn om de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken te garanderen. Deze extra hoeveelheid kan toegepast worden in het geval van hergebruik in situ. Om het risico te beperken dat een bepaald model opnieuw wordt gevonden bij een tekort moet er bijzondere aandacht worden besteed aan de bestelde hoeveelheden.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie voor meer informatie de inleidende fiche).

Sommige oude bakstenen staan bekend om hun uitstekende technische kenmerken, die met name verband houden met de kwaliteit van de klei, de baktemperaturen (historisch gezien hoger dan vandaag) en de knowhow van de oude steenbakkers. Het voortbestaan van soms eeuwenoude (en zelfs millennia oude) bouwstructuren is een bewijs van de duurzaamheid van oude bakstenen. Vandaag de dag is deze hoofdzakelijk empirische kennis, die steunt op een meer directe relatie met het materiaal, nog steeds sterk aanwezig bij veel specialisten in oude bakstenen. Maar ze kan moeilijk haar stempel drukken binnen de normatieve kaders van de bouwsector, die immers gebaseerd zijn op een meer statistische benadering eerder dan op de persoonlijke kennis van specialisten. Het advies van specialisten is en blijft desalniettemin uiterst waardevol bij de keuze van een baksteenmodel geschikt voor de beoogde toepassing.

Ontwerptip!

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid stenen op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen grote oppervlakken op te splitsen in kleinere partijen, bijvoorbeeld door bepaalde formaten en patronen in het metselwerk te combineren. In dat geval moet de compatibiliteit van de modellen vooraf worden bepaald, zowel technisch als ontwerpmatig.



Hergebruik van bakstenen modules. The Resource Rows. © Lendager Group (DK)

Wist je dat?

Het Deense bedrijf Lendager Group onderzocht een alternatief voor het klassieke hergebruik van bakstenen 'per stuk'. Hun project 'Resource Row' (2019) is een wooncomplex waarin 'baksteen-modules' van verschillende sloopplaatsen in de gevel werden geïntegreerd. De variaties in patroon en oriëntatie van de modules dragen bij tot het bijzondere karakter van het gebouw.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Meestal is het ingewikkeld, zo niet onmogelijk, om alle technische prestaties van een partij recuperatiebakstenen tegelijk aan te tonen. Dit is te wijten aan aanzienlijke verschillen die kunnen optreden binnen een partij bakstenen, met name als gevolg van:

- het baksteenproductieproces (heterogeniteit van kleimengsels, variabele en seizoensgebonden natuurlijke droogomstandigheden, ongelijke verdeling van de warmte tijdens het bakproces van de bakstenen, etc.).
- de ongelijke verdeling van spanningen waaraan het metselwerk van eenzelfde gebouw tijdens zijn levensduur blootgesteld wordt. Bijvoorbeeld de plaatselijke variabiliteit van blootstelling aan vorst en vochtigheid, de variabiliteit van mechanische of fysisch-chemische spanningen, etc. Op het moment van ontmanteling kunnen de bouwelementen enigszins worden gescheiden op basis van eenvoudige kenmer-

ken (bv. scheiden van metselwerk dat wel of niet aan vorst en vocht is blootgesteld, uitsluiten van gevoelige ruimtes zoals stallen, tanks, funderingen, etc.) maar zelfs binnen de zo gevormde loten blijft een zekere mate van onzekerheid bestaan.

- de mengeling van bakstenen van verschillende bronnen. Leveranciers van recuperatiebakstenen stellen vaak partijen samen van gelijkaardige bakstenen afkomstig van verschillende gebouwen. Op die manier worden tijdens het sorteer- en reinigingsproces bakstenen gemengd die onderworpen zijn geweest aan verschillende spanningen.

Deze variabiliteit vormt gewoonlijk geen probleem voor toepassingen waarbij de stenen aan beperkte spanningen worden onderworpen. Daarbij is het dikwijls zelf mogelijk slechts een beperkte sortering uit te voeren, aangezien de zwakkere stenen toch verspreid zullen zitten over de volledige muur, en zodoende de hoeveelheid hergebruikte stenen te verhogen.

Maar recuperatiebakstenen zijn minder geschikt voor toepassingen waarbij een hoge mate van homogeniteit van bepaalde technische kenmerken, zoals bv. de druksterkte, essentieel is. In dat geval kan het gebruik van laboratoriumtests uitsluitel geven, op voorwaarde dat de staalname representatief is voor de partij. Ontwerpstrategieën zoals overdimensionering en degelijkheid van details kunnen ook een alternatief bieden voor dure tests.

De geharmoniseerde Europese norm EN 771-1+A1 definieert de relevante kenmerken (naargelang de context) en prestatie-eisen om de geschiktheid voor gebruik van nieuwe volle bakstenen uit klei te bepalen. Hoewel deze kenmerken opgesteld zijn voor nieuwe bakstenen, kunnen ze ook nuttig zijn om de geschiktheid van recuperatiebakstenen met eenzelfde gebruik te beoordelen. In de onderstaande tabel worden deze besproken voor onbeschermd en beschermd, dragend (d.) en niet-dragend (n.d.) metselwerk.

	Onbeschermd metselwerk		Beschermd metselwerk		Opmerkingen
	d.	n.d.	d.	n.d.	
Dichtheid	x	x	x	x	Deze parameter wordt courant gebruikt voor de berekening van de stabiliteit, akoestische en thermische isolatie, brandweerstand en waterdampdoorlatendheid. De dichtheid kan eenvoudig worden nagegaan met een weegschaal en een meter of preciezer worden bepaald in een laboratorium.
Afmetingen (lengte, breedte, dikte)	x	x	x	x	Det kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de bakstenen. Een visueel of gedetailleerd onderzoek van de partij volstaat vaak om dit na te gaan. De dimensionele tolerantie van recuperatiebakstenen is over het algemeen relatief groot en dient gecompenseerd te worden door het gebruik van dikkere voegen of door een aangepast ontwerp (bijvoorbeeld een 'wild-' of onregelmatig verband).
Staat van het oppervlak	x	x	x	x	Idem. Kleine beschadigingen worden niet als gebreken beschouwd zolang ze een correcte plaatsing niet verhinderen en de mechanische eigenschappen van de baksteen niet aantasten. Oppervlakken die bepleisterd zullen worden moeten voldoende ruw zijn om het product te laten hechten.
Structurele integriteit	x	x	x	x	De structurele integriteit van de bakstenen kan vrij eenvoudig worden vastgesteld aan de hand van visuele of auditieve test (zie § 'Recuperatie van het materiaal').
Porositeit en waterabsorptie	x	x			De porositeit van recuperatiebakstenen varieert per model, en gaat van een zeer lage tot een zeer hoge absorptie. Over het algemeen ligt hun porositeit tussen 5 en 20%. Dit hangt voornamelijk af van de temperatuur waarop ze werden gebakken. De porositeit beïnvloedt de waterabsorptie en de mate van vervuiling. Waterafstotende afwerkingsbehandelingen kunnen deze factor beperken. De initiële waterabsorptiegraad bepaalt de compatibiliteit tussen een mortel en een baksteen, afhankelijk van het vereiste hechtingsniveau. Deze eigenschap is belangrijk voor dragend metselwerk en onbeschermd metselwerk dat onderhevig is aan horizontale belastingen (winddruk, aardbevingen, etc.). Deze parameters kunnen in het laboratorium worden getest of in situ worden geëvalueerd (cf. Karstenpijp, vochtmeter, calcium carbide test).



Eigenschappen	Onbeschermd metselwerk		Beschermd metselwerk		Opmerkingen
	d.	n.d.	d.	n.d.	
Vorstweerstand	x	x			<p>Algemeen beschouwd hebben bakstenen die aan talrijke vries- en dooicycli zijn onderworpen zonder daarbij schade op te lopen reeds bewezen dat ze vorstbestendig zijn. Het volstaat na te gaan dat de nieuwe en oorspronkelijke toepassing en klimatologische zone overeenkomen, vooral als de bakstenen worden hergebruikt in onbeschermd metselwerk.</p> <p>In geval van onzekerheid kunnen specifieke tests in het laboratorium worden uitgevoerd. Bij afwezigheid van tests worden bakstenen afkomstig uit beschermd metselwerk niet aanbevolen voor buitentoepassingen.</p>
Brandweerstand	x	x			<p>De brandweerstand wordt beoordeeld op het niveau van het bouwelement, en wordt bepaald aan de hand van de dikte en de kenmerken van de verschillende lagen. De basisregels worden beschreven in de norm EN 1996-1-2 (Eurocode 6).</p>
Brandreactie	x	x	x	x	<p>Beschikking 2000/603/EG van de Commissie bepaalt dat metselbakstenen met een gehalte aan organische stoffen van minder dan 1,0% zonder verder onderzoek kunnen worden ingedeeld in brandreactieklasse A1. In geval van onzekerheid kunnen de bakstenen worden ingedeeld volgens EN 13501-1.</p>
Druksterkte	x	(x)	x	(x)	<p>Dit kenmerk is vooral belangrijk bij dragend metselwerk. De bepaling van de gemiddelde druksterkte van een partij recuperatiebakstenen kan in het laboratorium worden bepaald en vervolgens worden gebruikt voor de berekening volgens Eurocode 6. Ter informatie: de spreiding van de staalnameresultaten mag niet te groot zijn. Het is daarom aangewezen om met partijen ongemengde bakstenen te werken.</p> <p>Voor niet-dragend gevelmetselwerk, dat volgens de regels van de kunst werd gebouwd, wordt de druksterkte over het algemeen niet als een essentieel criterium beschouwd.</p> <p>Voor zover wij weten, blijkt uit proeven met verschillende oude recuperatiebakstenen dat de druksterkte hoog is, voornamelijk als gevolg van de hoge baktemperaturen tijdens hun productieproces. De meeste leveranciers van recuperatiebakstenen hebben een goede kennis van de soorten en hun mechanische eigenschappen, die empirisch gecontroleerd worden. Zij kunnen dan ook nuttig advies geven.</p> <p>De druksterkte van metselwerk is ook afhankelijk van de gebruikte mortelsoort.</p> <p>Deze parameter kan ook in situ worden ingeschat (cf. techniek van de platte cilinder).</p>
Buig- en schuifsterkte, hechting	(x)	(x)	(x)		<p>Deze kenmerken zijn relevant om te beoordelen indien het metselwerk wordt blootgesteld aan horizontale krachten (lange muren met beperkte zijdelingse versteviging, winddruk, seismische gebieden, etc.) en vooral in het geval van dragend metselwerk. Ze kunnen worden berekend aan de hand van tabelwaarden naargelang het type metselwerkelement en het morteltype (Eurocodes 6) of aan de hand van laboratoriumproeven (EN 1052-2 en EN 1052-3).</p>
Thermische eigenschappen	x	x			<p>Dit kenmerk is relevant om na te gaan indien de bakstenen bijdragen aan de thermische prestaties van de gebouwschil. De bepaling van de thermische waarden kan bekomen worden via tabelgegevens (op basis van de dichtheid van de stenen), metingen, berekeningen of een combinatie van deze drie. Zie EN 1745: Metselwerk en metselwaren - Methoden voor het bepalen van thermische eigenschappen.</p> <p>Over het algemeen hebben bakstenen zoals de meeste kleiproducten een relatief hoge thermische inertie die helpt om de temperatuur van het binnenklimaat te regelen.</p>
Uitzetting door vocht	x	x			<p>Bouwelementen in klei zijn normaal gesproken vormvast.</p>



Eigenschappen	Onbeschermd metselwerk		Beschermd metselwerk		Opmerkingen
	d.	n.d.	d.	n.d.	
Uitbloeiing	x	x			<p>Uitbloeiingen aan het oppervlak van recuperatiebakstenen worden voornamelijk veroorzaakt door het transport van oplosbare bestanddelen door de baksteen via de regen.</p> <p>Meestal hebben aan de weersomstandigheden blootgestelde bakstenen de tijd gehad om hun gehalte aan oplosbare zouten tijdens hun levensduur te evacueren (opgelet voor bakstenen die zijn blootgesteld aan zeewater). Het hergebruik voor buitentoepassingen van beschermde (binnen)bakstenen of van bakstenen die in contact zijn geweest met de grond kan evenwel uitbloeiingen veroorzaken.</p> <p>De gebruikte mortelsoort, de mate van blootstelling van het metselwerk aan vocht (infiltratie, plaatsing van vochtige bakstenen, etc.) en de microporositeit van de bakstenen hebben eveneens invloed op het verschijnen van uitbloeiingen. Mortels op basis van portlandcement zullen sneller uitbloeiingen veroorzaken.</p> <p>Het risico kan echter worden beperkt door een weloverwogen keuze van materialen en architecturale details, en door een zorgvuldige uitvoering.</p>
Waterdampdoorlatendheid	x	x			<p>Dit kenmerk moet worden beoordeeld voor onbeschermd en geïsoleerd metselwerk. De weerstandscoefficienten tegen waterdampdiffusie kunnen worden ontleend aan tabelwaarden (EN 1745), afhankelijk van de dichtheid van de bakstenen in kwestie, of aan proefmetingen.</p>
Gehalte aan actieve oplosbare zouten	x	x			<p>Dit kenmerk kan invloed hebben op het ontstaan van uitbloeiingen en op het goede gedrag van cementgebonden voegen. Doorgaans hebben bakstenen afkomstig van onbeschermd metselwerk een groot deel van de oplosbare zouten geëvacueerd die ze mogelijks bevatten. Om het gebruik van bakstenen met een hoog gehalte aan oplosbare zouten te vermijden, wordt aanbevolen geen bakstenen te gebruiken die in contact zijn geweest met de bodem (funderingen, kelders), of die afkomstig zijn uit stallen, oude schoorstenen, septische putten, muurvoeten langs de weg (strooizout), etc.</p> <p>Het gehalte aan oplosbare zouten kan worden getest in het laboratorium of met behulp van indicatorstrips.</p>
Toxiciteit	(x)	(x)	x	x	<p>Bakstenen uit klei bevatten zelf waarschijnlijk geen gevaarlijke stoffen. Tijdens hun levensduur kunnen ze echter op verschillende manieren verontreinigd zijn (schimmel, afwerkingsbehandelingen, verf, absorptie van verontreinigd water, etc.) Bij gebrek aan een nauwkeurige bepalingmethode moet het hergebruik van bakstenen afkomstig van beerputten, funderingen, olietanks, stallen, etc. worden vermeden (zie § <i>Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen</i>).</p>



Gevelverband met drie verschillende modellen hergebruikbakstenen. Chiro Itterbeek (BE). © ROTOR



Beschikbaarheid

Bijna alle hergebruikbakstenen die door de gespecialiseerde leveranciers worden verkocht, zijn gesorteerd, gecontroleerd, gereinigd, gepalletiseerd en klaar voor levering. Verschillende Belgische leveranciers hebben melding gemaakt van een interessante ontwikkeling op de hergebruikmarkt. In het verleden waren de zogenaamde handvormstenen het meest in trek. Dit waren onregelmatig uitziende bakstenen, vaak 100 of 200 jaar oud. Sinds de jaren negentig worden er minder zeer oude gebouwen gesloopt, terwijl de vraag naar recuperatiebakstenen aanhoudt. Dit heeft geleid tot een verschuiving van het aanbod richting meer recentere soorten volle bakstenen, de zogenaamde strengpersstenen. Deze dateren uit de eerste helft van de twintigste eeuw en zien er gelijkvormiger uit. Omdat ze vaker bij sloopwerken vrijkomen, zijn ze ook goedkoper dan de handvormstenen.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naargelang het model, de afmetingen, de kwaliteit van de partijen en hun zeldzaamheid:

- Handvormstenen: 0,30 tot 0,60 €/stuk
- Strengpersstenen: 0,25 tot 0,35 €/stuk

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

In het Verenigd Koninkrijk:
<http://www.brickdirectory.co.uk/html/reclaim-and-renaovation-brick.html>



Mix van recuperatiebakstenen en nieuwe bakstenen. Folkloremuseum, Moeskroen, (BE). © V+ architectes

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

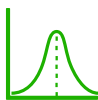
	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
CTMNC (FR) – Collectieve Verklaring *	41,6	-
TERREAL (FR) - Individuele verklaring **	72,9	-
INIES-databank - Algemene informatie ***	23,2	-
ICE-databank (VK) – Clay brick ****	-	0,45
GAMLE MURSTEN (DK) - Recuperatiebaksteen	-	0,0027

* Indicatieve waarde voor gevelmetselwerk van 1 m² in baksteen (inclusief mortel en verbindingstukken). Geldt voor gevelstenen met een massa per m² tussen 75 kg/m² en 186 kg/m².

** Indicatieve waarde voor metselwerk van 1 m², gemaakt van handgevormde volle stenen (136 kg/m²), (inclusief mortel en verbindingstukken)

*** Indicatieve waarde voor een muur van 1 m² gemaakt van kleine metselwerkelementen van klei (dikte tussen 15 en 25 cm)

**** Indicatieve waarde voor een keramische baksteen (2,13 kg/baksteen)



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² recuperatiebakstenen de uitstoot van ~2.320 tot ~7.290 kg CO₂-eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe bakstenen (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~13.900 tot ~43.700 km in een kleine dieselauto. Op basis van de verzamelde gegevens kan worden gesteld dat de impact van hergebruikbakstenen op de klimaatopwarming 150 keer lager is dan voor nieuwe bakstenen.



Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Cementstof kan silicium- of kwartsdeeltjes bevatten die schadelijk kunnen zijn voor de gezondheid. Het is aangeraden om de nodige beschermingsmiddelen te dragen bij demontage en reiniging van de bakstenen (FFP3-maskers).

Merula, ook bekend als *huiszwam*, is een houtetende schimmel die zich ontwikkelt en hout aantast in vochtige of slecht geventileerde omstandigheden. Dit kan structurele schade veroorzaken. Hoewel de schimmel geen metselwerk aantast, produceert hij sporen die kunnen infiltreren in bakstenen en mortel in de buurt van het aangetaste houtwerk. Het gebruik van recuperatiebakstenen kan dus een bron zijn van schimmelverspreiding indien de hygrometrische omstandigheden slecht worden gecontroleerd.



Binnengevel in recuperatiebaksteen. Zonnige Kempen (BE).



Buitengevel in recuperatiebaksteen. Maison Vignette (BE) © Giulia Frigerio. Architect: Karbon' architecture & Urbanisme



Uitbreiding van een eengezinswoning. Buitengevel in recuperatiebaksteen. Brussel (BE) © Sophie Boone voor VLA-Architecture

Fiche produit-application : briques de terre cuite destinées à être réemployées en parement
Mai 2021

Logos: UCLouvain, CSIC, VUB, and others.

Lees meer over het hergebruik van kleibakstenen voor gevelbekleding:

Fiche produit-application : briques de terre cuite destinées à être réemployées en parement - Le Bâti Bruxellois: Source de nouveaux Matériaux (BBSM). Mei 2021. (Document in het Frans)

<https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2021/06/annexe-17-WP6-fiche-produit-application-briques-de-terre-cuite-parement.pdf>

Lees meer over het evalueren van de eigenschappen van hergebruikbakstenen:

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi de briques - Fondation Bâtiment Énergie (FBE). December 2020. (Document in het Frans)

<http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-FCB-enjeu-A-brique-V5.pdf>

ÉCONOMIE CIRCULAIRE DES BÂTIMENTS

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi de briques

FONDATION BÂTIMENT ÉNERGIE

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Kleidakpannen (eveneens bekend als keramische dakpannen, hierna ook kortweg ‘dakpannen’ of ‘pannen’ genoemd) worden geproduceerd door het bakken van een kleimengsel dat wordt bevochtigd en ontgast; getrokken, geperst, gegoten of voorgevormd; gedroogd en tot slot gebakken aan een temperatuur van 1000 tot 1100°C gedurende 12 tot 48 uur. Het betreft een keramisch materiaal dat ambachtelijke of industrieel wordt vervaardigd, waarvan de technische eigenschappen afhangen van de samenstelling van het mengsel, de baktemperatuur en de productie- en afwerkingstechnieken. Onder normale omstandigheden verzekert het gebruik van kleidakpannen voor dakbedekkingen en gevelbekledingen de waterdichtheid van een constructie. Hoewel kleidakpannen zeer duurzaam zijn (levensduur tot 100 jaar) worden ze tijdens hun gebruik blootgesteld aan een aantal factoren die hun integriteit en technische eigenschappen kunnen aantasten (bv. de helling van het dak, de afwatering, het weer en klimaat, de oriëntatie, de eigenschappen van de afwerkingslaag, de regelmaat van het onderhoud, etc.).



Kleidakpannen worden sinds de 19de eeuw in overvloed geproduceerd in Europa en zijn dan ook courant beschikbaar op de hergebruikmarkt. Ze mogen niet verward worden met hun tegenhangers uit beton, die poreuzer en minder duurzaam zijn (levensduur van ca. 50 jaar).

→ **Formaten:** er bestaat een grote verscheidenheid aan modellen en formaten, veelal verbonden aan een producent en/of regio van herkomst, alsook aan de klimatologische condities en de daaraan verbonden vereisten omtrent plaatsing (hellingsgraad en oriëntatie van het dak, vereiste waterdichtheid, vegetatie in de omgeving, windbelasting, belasting op de dakstructuur, etc.). Er wordt een

onderscheid gemaakt tussen pannen zonder sluiting, gewoonlijk met een overlapping (Oude Holle / Boomse pannen, tegelpannen, kanaalpannen, etc.) en pannen met sluiting (enkel, dubbel of driedubbel; zijsluiting en/of kopsluiting). Naargelang het type en het model vereisen sluitingspannen 10 tot 20 pannen/m² en dakpannen zonder sluiting tot 65 pannen/m².

→ **Accessoires:** verschillende accessoires voor specifieke modellen zijn in mindere mate ook beschikbaar op de hergebruikmarkt. Bijvoorbeeld: (eind)nokpannen, hoekkeperpannen, gevelpannen, luchtpannen, halve dakpannen, etc.

→ **Afwerkingen en kleuren:**

- **Onbehandeld:** de tegels hebben een rode kleur (homogeen over de volledige dikte) bepaald door het type klei en het ijzeroxidegehalte. Ze hebben een mat en licht ruw uiterlijk.
- **Geëngobeerd:** na het drogen wordt op de dakpan een fijne, vloeibare kleilaag met metaaloxiden of pigmenten aangebracht. Tijdens het bakken smelt de engobe en hecht zich aan de pan. Het resultaat is een donkerrode, bruine of zwarte pan met een matte of zijdeglanzende afwerking.
- **Geglazuurd:** na het drogen wordt op de dakpan een glazuursuspensie aangebracht bestaande uit silicaten en metaaloxiden. Tijdens het bakken verglaast de glazuur en hecht het zich aan de pan. Het resultaat is een rode, bruine of zwarte pan met een matte of glanzende afwerking, in verschillende tinten. Geglazuurde dakpannen zijn doorgaans glad, weinig poreus en goed bestand tegen vuil, mossen en algenbloei.
- **Donkere scherf:** de klei wordt gekleurd door toevoeging van mangaanoxide, waardoor de dakpannen over de volledige dikte zwart zijn en eventuele oppervlakteschade weinig of niet zichtbaar is.
- **Gesmoord:** smoren of reduceren is het beperken van zuurstof tijdens het bakproces, waardoor de pannen blauwgrijs kleuren.
- **Beschermende behandelingen:** gerecupereerde dakpannen kunnen tijdens hun eerste gebruik geverfd zijn, of behandeld met een waterafstotende laag.





Recuperatie van het materiaal

Kleidakpannen zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij in situ, hetzij via professionele hergebruikhandelaars. Verschillende spelers zijn bereid loten dakpannen te recupereren. Hun hergebruikwaarde hangt voornamelijk af van het model, en de grootte en algemene staat van het lot. De recuperatie van dakpannen moet altijd gebeuren met inachtneming van de geldende veiligheidsvoorschriften voor dakwerken.

→ **Demontagetests (of deskundig advies):** deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten op basis van foto's, de productinformatie op de achterkant van de pan of door een bezoek ter plaatse. Men dient onder andere te letten op:

- de algemene staat en de bevestigingsmethode van de dakpannen (los gelegd of bevestigd met nagels, schroeven, haken, mortel, etc.);
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model en de grootte van het lot, het verkooppotentieel, hun specifiek regionaal karakter, etc.;
- de nodige veiligheidsvoorzieningen (afhankelijk van de staat van de draagconstructie, de hellingsgraad van het dak, de configuratie van het gebouw, etc.);
- de logistieke omstandigheden op de demontagerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Demontage:** een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de dakpannen en een zekere homogeniteit binnen de loten te waarborgen. De dakpannen worden gesorteerd op model, kwaliteit, eventuele schade, kleur, afmetingen, hun graad van 'netheid' en per type accessoire. Dakpannen met zichtbare krassen, barsten, afbrokkelingen, een aangetast oppervlak of sporen van lood worden niet gerecupereerd. De dakpannen worden bij voorkeur gestockeerd op hun zijkant om het risico op breuk te beperken en het accumuleren van vocht te voorkomen. Overmatige blootstelling van vocht kan immers leiden tot de ontwikkeling van algen en mossen, en een negatief effect hebben op de porositeit en technische eigenschappen van de dakpannen.

→ **Behandeling:** behalve een sortering op type en kwaliteit worden gerecupereerde dakpannen meestal niet behandeld. Let erop dat een hogedrukreiniging hun oppervlak ernstig kan beschadigen en hun waterdichtheid negatief kan beïnvloeden. Indien nodig kunnen de dakpannen worden gereinigd met een zachte borstel om mossen, algen en vuil te verwijderen.

→ **Stockage:** de dakpannen kunnen worden opgeslagen in palletkooien, waarbij de panen op hun zijkant worden opgestapeld om het risico op breuk te beperken, of ze kunnen, eveneens op hun zijkant, in bulk worden vervoerd naar de opslagplaats en daar enkele rijen hoog verticaal op elkaar gestapeld worden.

→ **Transport en levering:** de nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen tijdens het transport en de levering om schade te voorkomen (de paletten moeten stevig worden bevestigd, etc.).

Het is raadzaam beroep te doen op gespecialiseerde professionals om het goede verloop van deze operaties te garanderen.

Tijdens de demontage van oude dakpannen kan tot 40% van een lot ongeschikt zijn voor hergebruik. In geval van hergebruik in situ is het vaak noodzakelijk hiermee rekening te houden in het ontwerp, of het lot aan te vullen met nieuwe of van elders afkomstige gerecupereerde dakpannen.



Klanktest!

Onzichtbare gebreken aan een dakpan kunnen opgespoord worden door met een hard voorwerp op de pan te tikken. Een onbeschadigde dakpan maakt een helder geluid, een dakpan met interne breukschade maakt een dof geluid.





Toepassingen en plaatsing

Gerecupereerde dakpannen worden voornamelijk gebruikt als dakbedekking of gevelbekleding. Bij de keuze voor een bepaald type dakpan dient men rekening te houden met de beoogde toepassing (zie § 'eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik' hieronder) en de stedenbouwkundige verordeningen. Ook moet men de nationale en Europese productnormen raadplegen (EN 1304 : 2013), en de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen respecteren.

De plaatsing van een volledig lot gerecupereerde kleidakpannen is identiek aan die van nieuwe dakpannen. Ze zijn geschikt voor dezelfde verscheidenheid aan legmethodes. Er dient rekening gehouden te worden met dezelfde aandachtspunten, met name: eigenschappen en staat van de draagconstructie, klimatologische en weersomstandigheden, minimale helling, bevestigingsmethode, verankeringspunten en veiligheidshaken, verbindingstukken, waterdicht onderdak, ventilatiesysteem, afvoer en opvang van regenwater, kosten en termijn van de werken, specifiek onderhoud, etc.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van het lot:** het lot moet volledig zijn samengesteld uit kleidakpannen van eenzelfde model. De meegeleverde accessoires moeten compatibel zijn.

→ **Volledigheid van het lot:** alvorens een partij aan te kopen of te opteren voor hergebruik in situ dient men na te gaan of de nodige accessoires beschikbaar zijn (nieuw of gerecupereerd) en of ze compatibel zijn met de nieuwe plaatsing van de hergebruikpannen. Afhankelijk van het project kunnen de volgende accessoires vereist zijn: bevestigingshaken, nokpannen, gevelpannen, halve dakpannen, luchtpanzen, (eind)nokpannen, etc.

Hergebruikdakpannen worden doorgaans niet geleverd met een handleiding voor de plaatsing; het is dus aangewezen beroep te doen op een professionele dakwerker voor uw project.

→ **Afmetingen:** de afmetingen van de dakpannen moeten homogeen zijn. De afmetingen van oude ambachtelijk geproduceerde dakpannen kunnen echter variëren. De tolerantie wat betreft hun afmetingen wordt bepaald door het projectteam naargelang de plaatsingsmethode.



→ **Tint:** variaties in kleurschakeringen en uitzicht van de pannen zijn mogelijk. In het geval van hergebruikdakpannen kunnen deze variaties te wijten zijn aan de productiemethode, de vroegere blootstelling aan licht, de eerder uitgevoerde behandelingen, etc. Het is raadzaam de dakpannen te mengen tijdens de plaatsing.

→ **Staat:** gerecupereerde dakpannen kunnen lichte beschadigingen vertonen zoals:

- tekenen van oppervlakkige slijtage, vlekken of haarscheurtjes in de glazuurlaag/engobe;
- licht afgeschilferde of afgebrokkelde randen;
- lichte beschadigingen aan de uitstekende delen, ophangneuzen en verankeringsgaten;
- lichte beschadigingen van de sluitingen;
- vlekken, schimmelvorming, uitbloeiing, etc.

Let op!

Kleidakpannen afkomstig van stallen die blootgesteld zijn geweest aan grote hoeveelheden stikstof en zwavel hebben de neiging gemakkelijk af te brokkelen en kunnen, afhankelijk van partij tot partij, ongeschikt zijn voor hergebruik.

Deze vormen van lichte schade kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de pannen, alsook op hun plaatsing, maar ze zijn geen ernstig obstakel voor hergebruik (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren.

→ **Hoeveelheid:** sommige leveranciers rekenen automatisch een surplus van 5% bij de levering van hun product indien zij niet in staat zijn de homogeniteit van de bovengenoemde kenmerken te garanderen. Er kan met eenzelfde surplus gerekend worden in het geval van hergebruik in situ.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde loten aan deze eisen voldoen.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 1304 omschrijft de relevante eigenschappen (naargelang de context) voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van kleidakpannen. Hoewel deze kenmerken beschreven worden voor nieuwe materialen kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van gerecupereerde kleidakpannen.

Eigenschappen	Opmerkingen
Afmetingen (lengte, breedte) en homogeniteit	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering van de hergebruikdakpannen. Een nauwkeurig visueel onderzoek van het lot volstaat vaak. Voor de plaatsing van gerecupereerde loten dient men rekening te houden met het onregelmatig uiterlijk van oude, handgemaakte dakpannen.
Structurele integriteit	Dakpannen met krassen, barsten, afbrokkelingen of afgebroken ophangneuzen mogen niet worden gerecupereerd. Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering van de gerecupereerde dakpannen. Een nauwkeurig visueel onderzoek van het lot volstaat vaak. Een klanktest (zie hoger) kan worden uitgevoerd tijdens de recuperatie om onzichtbare, interne breuken te detecteren.
Kwaliteit van het oppervlak	Krassen, barsten, schuursporen, uitbloeiing en haarscheurtjes in het glazuur worden niet beschouwd als een defect voor zover ze de fysische en mechanische eigenschappen van de dakpannen niet beïnvloeden.
Waterabsorptie	Kleidakpannen zijn van nature poreus. De glazuurlaag, engobe of een waterafstotende behandeling verbeteren de waterwerende eigenschappen van de dakpannen aanzienlijk. Men dient de staat van het oppervlak en de afwerkingslaag van de dakpannen te controleren. De aanwezigheid van mos of algenbloei kan hun waterdichtheid aantasten. In het geval van overlappende dakpannen zonder sluiting kan de waterdichtheid van het geheel niet worden gegarandeerd. Dit betekent dat een extra waterdichte onderdakfolie moet worden voorzien. Dit geldt ook voor dakpannen met beschadigde sluitingen. De waterdichtheid van een lot kan worden getest in een laboratorium.
Weerstand tegen breuk	Te evalueren naargelang het klimaat (wind- en sneeuwbelasting) en de configuratie van het dak (oriëntatie, helling, etc.). Dakpannen kunnen in een laboratorium worden getest op hun weerstand tegen breuk.
Weerstand vorst-dooicycli	Hergebruikdakpannen hebben doorgaans de tand des tijds en meerdere vorst-dooicycli doorstaan. Het is echter belangrijk te weten uit welke klimaatzone de dakpannen afkomstig zijn en die met hun nieuwe klimaatzone te vergelijken. Oude dakpannen die vorstschade opgelopen hebben dienen gecontroleerd te worden op hun structurele integriteit (zie klanktest). Specifieke tests kunnen ook in een laboratorium worden uitgevoerd.
Brandprestatie wanneer blootgesteld aan brand van buitenaf	Conform het besluit 2000/553/CE van de Europese Commissie worden kleidakpannen ingedeeld in de klasse BROOF (t1) zonder bijkomende test, onder voorbehoud van een correct ontwerp en uitvoering van het dak.
Brandreactie	Conform het besluit 96/603/CE van de Europese Commissie worden kleidakpannen geklasseerd als niet brandbaar materiaal en behoren ze zonder voorafgaande tests tot de Europese brandreactieklasse A1.
Bevestigingsmethode	Er zijn doorgaans meerdere bevestigingsmethoden toegelaten. Men dient de plaatsingsvoorschriften te raadplegen en de staat van het bevestigingssysteem te controleren om de conformiteit van het lot te beoordelen (in het bijzonder voor een toepassing als gevelbekleding). Sommige plaatsingsvoorschriften vereisen twee verankeringsgaten. Het (opnieuw) boren van gaten is mogelijk maar tijdrovend.
Dekking	Bij dakpannen zonder sluiting (Oude Holle / Boomse pannen, tegelpannen etc.) dient er een minimale overlappingsafstand in acht worden genomen en dienen de pannen correct geschrinkt geplaatst te worden. Bij gebrek aan technische documentatie voor de gerecupereerde dakpannen kan men die van nieuwe equivalente producten raadplegen of een beroep doen op de ervaring van professionals.
Toxiciteit	Dakpannen mogen geen sporen van lood bevatten afkomstig van andere dakelementen (te herkennen aan grijze strepen op het oppervlak). Deze eigenschap is nauw verbonden aan de mate van sortering van de gerecupereerde dakpannen. Een nauwkeurige visuele inspectie volstaat vaak.

In het geval van specifieke en veeleisende toepassingen moeten eigenschappen als de weerstand tegen breuk en vorst-dooicycli of de waterabsorptie worden gemeten en gekwantificeerd door middel van proeven die worden uitgevoerd in erkende laboratoria.



Beschikbaarheid

Afhankelijk van het model en de regio zijn kleidakpannen in relatief grote hoeveelheden beschikbaar op de hergebruikmarkt. De meest courante types zijn gemakkelijk in loten van enkele honderden tot zelfs duizenden vierkante meter te vinden. Sommige zeldzame of decoratieve dakpannen worden enkel verkocht voor kleine reparaties of renovaties. Sommige hergebruikhandelaars verkopen ook nieuwe dakpannen en accessoires.

Het meest courant te vinden op de Belgische hergebruikmarkt zijn Boomse dakpannen (in Nederland bekend als 'Oude Holle pannen'), Bourgondische tegelpannen, oude platte pannen en stormpannen.

De Nederlandse hergebruikmarkt voor dakpannen is erg groot. De meest courante rustieke modellen zijn de Oude Holle pannen (ook 'Boomse pannen', zie hierboven), Verbeterde Holle (VH) en Opnieuw Verbeterde Holle (OVH) pannen, vlakke muldenpannen, stormpannen, kruispannen, Romaanse pan-

nen en vele andere meer regionale types zoals de gegolfde Friese pannen. Ook heden-daagse geglazuurde of geëngobeerde pannen zijn gemakkelijk vindbaar.

In Frankrijk bestaat het aanbod hoofdzakelijk uit verschillende Franse rustieke modellen en kanaalpannen (ook bekend als 'monniken- en nonnenpannen').

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid:

- Goedkope en courante modellen: vanaf 8 €/m²
- Hedendaagse modellen: 15 – 25 €/m²
- Zeldzamere modellen: 35 – 40 €/m²
- Accessoires: 15 – 25 €/stuk

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Sommige oude dakpannen zijn afgewerkt met een loodhoudend glazuur of engobe.

Sommige dakpannen kunnen sporen van lood bevatten afkomstig van andere dakelementen.




Leer er meer over!

Diagnose- en prestatiebeoordelingsmethode voor het hergebruik van kleidakpannen - Fondation Bâtiment Énergie (FBE). December 2020 (document in het Frans). <http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-facade-V5.pdf>

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES databank (FR) – Algemeen gegeven*	26.4	0.53
CTMNC – Collectieve verklaring – Dakpannen met sluiting **	12.2	0.27
CTMNC – Collectieve verklaring – Kanaal- en platte dakpannen ***	18.9	0.29
ICE databank (UK) - Kleidakpan	24.0	0.48

* Richtwaarden voor een geschatte oppervlaktemassa van 50 kg/m²
 ** Richtwaarden voor een geschatte oppervlaktemassa van 45,4 kg/m²
 *** Richtwaarden voor een geschatte oppervlaktemassa van 65,8 kg/m²

 Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² gerecupereerde kleidakpannen de uitstoot van ~1220 tot ~2640 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe dakpannen (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 7320 tot ~15840 km in een kleine dieselwagen.



Voorbeeld van hergebruikte kleidakpannen (BE)
© AGWA



Voorbeeld van hergebruikte kleidakpannen (BE)
© recupan.be



Voorbeeld van hergebruikte kleidakpannen (BE)
© deoudedakpan.be

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Leisteen is een metamorf gesteente dat tot de familie van de schist behoort. Het materiaal bestaat uit een structuur van horizontale foliaties en fijne en harde korrels. Er zijn tal van bewijzen dat leisteen zeker al sinds de 12e eeuw wordt gebruikt, wat het te danken heeft aan volgende eigenschappen:

→ **Splijtbaarheid.** Leisteen laat zich goed splijten in dunne, zuivere laagjes (met een vlak oppervlakte en een fijne dikte), wat hun verwerking tot bedekkingselement vergemakkelijkt.

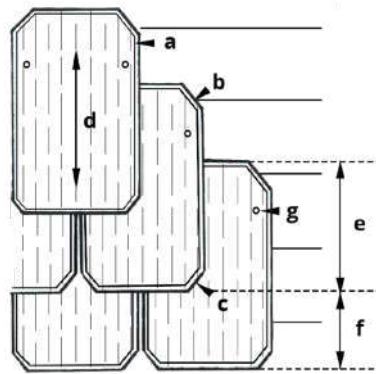
→ **Lage porositeit.** Het materiaal is bestand tegen vorst en slechte weersomstandigheden.

→ **Bewerkbaarheid.** Leisteen kan gemakkelijk bewerkt en geperforeerd worden.

Natuurleisteen wordt voor tal van toepassingen in de bouw gebruikt. De meeste voorkomende, als dakbedekking en buitengevelbekleding, zijn het onderwerp van deze fiche. Natuurleisteen komt ook vrij veel voor in de vorm van vloertegels, binnenmuurbekleding, treden, etc., maar deze toepassingen worden hier niet behandeld.

Dekkingselementen van natuurleisteen (verder 'leien' of 'natuurleien' genoemd) zijn over het algemeen zeer duurzaam (referentielevensduur van 100 jaar, tot zelfs 300 jaar voor kwaliteitsleien). Gespecialiseerde vakmensen kunnen ze zorgvuldig demonteren. Hun hergebruikpotentieel hangt af van aspecten zoals de oorspronkelijke kwaliteit van de leien (afwezigheid van natuurlijke gebreken), de kwaliteit van de oorspronkelijke plaatsing, goed onderhoud en weerstand tegen weers- en klimaatomstandigheden die hun eigenschappen kunnen aantasten.

Bedrijven die gespecialiseerd zijn in de verkoop van hergebruikleien zijn vaak gevestigd in regio's die een lange traditie hebben (of hadden) op het vlak van de winning van dit materiaal: Wales, Schotland, de Ardennen, Anjou, Corrèze, etc. Specifieke namen kenmerken bepaalde traditionele modellen (bv. '1ère carrée', 'cartelettes', 'Princesses', 'Duchesses', 'Bangor Blue', etc.). Sommige leve-



- a. Rand van de leisteen
- b. Afgeschuinde hoek
- c. Afgeschuinde hoek
- d. Nerfrichting
- e. Dekking (het bedekte gedeelte van de lei)
- f. Dagvlak (het zichtbare gedeelte van een geplaatste lei)
- g. Nagelgat

Anatomie van een natuurlei voor hergebruik. Rechthoekig model.

ranciers bieden ook recentere modellen aan die oorspronkelijk ingevoerd werden uit Spanje, China, Canada of Brazilië. Doorgaans zijn leien die vóór de eerste helft van de 20e eeuw werden geproduceerd dikker en ruwer dan de meer recente leien.

Natuurleien mogen niet worden verward met met andere dekstenen (bv. lavasteen of lauze) of met kunstleien (uit asbestcement, vezelcement of kunststoffen) met een kortere levensduur (30 jaar).

Een natuurleien dak met zorg plaatsen of demonteren vereist specifieke vakkennis. Dit werk wordt meestal toevertrouwd aan professionele en hooggekwalificeerde vakmensen (leidekkers en dakdekkers).

→ **Formaten.** Er bestaat een zeer grote verscheidenheid aan modellen en formaten die meestal geassocieerd worden met een producent en/of een regio van oorsprong, evenals met de weers- en plaatsingsomstandigheden. De exacte benaming van de modellen is afhankelijk van streek tot streek. Het merendeel van de hergebruikleien zijn rechthoekig van vorm. Hun afmetingen variëren meestal van 120 op 240 mm tot 300 op 600 mm. Af en toe zijn er ook vierkante of ruitvormige formaten te vinden, of speciale rechthoekige leien met gebogen of puntbogige onderzijde. Naargelang het model varieert de dikte gewoonlijk van 2,5 tot 9 mm. Een partij hergebruikleien kan modellen van homogene of variabele grootte bevatten (in dat geval spreken we van gemengde partijen).

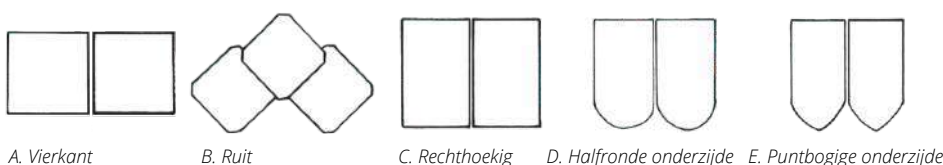
→ **Kleuren.** De kleur van de leien varieert sterk naargelang hun herkomst, en kunnen

variëren van lichtgrijs, over oranje, donkerrood, roze, blauw, violet en groen tot zwart. Een hergebruikleien kan eveneens aanzienlijke kleurverschillen vertonen tussen het zichtbare en het bedekte gedeelte, als gevolg van de blootstelling aan klimaat- en weersomstandigheden. Een homogene tint en kleur bij een hergebruikleien zijn kenmerkend voor minder oude exemplaren, met een laag gehalte aan carbonaten en minerale insluitsels.

→ **Uiterlijk en afwerking.** Afhankelijk van hun herkomst en oorspronkelijke productiemethode kunnen types hergebruikleien er in meer of mindere mate verschillend uitzien. Bijvoorbeeld gladde of ruwe textuur, aanwezigheid van oude nagelgaten, aanwezigheid van (korst)mossporten op de blootgestelde delen, variatie in de richting van de nerf, etc.



Variatie in kleur en tint tussen het zichtbare en bedekte gedeelte © roofslates.com



Variaties in de vormen van leien



Recuperatie van het materiaal

Leien recupereren moet steeds gebeuren in overeenstemming met de geldende veiligheidsvoorschriften voor dakbedekkingen en bij voorkeur door een vakman. Natuurleien zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij in situ, hetzij via professionele hergebruikhandelaars. Hun interesse zal afhangen van het model, de hoeveelheden en de algemene toestand van de partij.

→ *Demontagetests* (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan het belang van een partij inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of aan de hand van foto's, dikwijls aangevuld met een demontagetest. Aandachtspunten zijn onder meer:

- de algemene staat van de partij:
 - Een algemeen onderzoek van het dak geeft meestal een eerste indicatie over het hergebruikpotentieel van de leien (leeftijd, algemeen uiterlijk, helling, aantal gebroken leien, percentage reparaties, aanwezigheid van verkleuringen of delaminatie, etc.). Wanneer de leien op panlatten (plaatsing met haken) geplaatst zijn en het dak niet geïsoleerd werd, is het soms mogelijk om de leien van binnenin het gebouw te observeren. Ook de omgeving beïnvloedt de levensduur en de herbruikbaarheid van de leien (o.m. luchtvervuiling, aanwezigheid van bomen, isolatie en ventilatie van het onderdak, dakhelling, etc.). In Noordwest-Europa bijvoorbeeld is er een verschil tussen de leien op oost- en zuidgerichte daken, die meestal minder onderhevig zijn aan weers- en klimaatomstandigheden en dus beter bewaard blijven, en de leien op west- of noordgerichte daken. Ook een industriële omgeving of de nabijheid van de zee kan de kwaliteit van leien in de omgeving sterk beïnvloeden.
 - Een grondig onderzoek van een staalname bestaande uit enkele leien maakt het mogelijk hun individuele staat te beoordelen (zie verder: 'sortering') en de kenmerken ervan te extrapoleren naar de hele partij. Een controle van de buigsterkte en de waterabsorptie door middel van passende tests kan eveneens helpen om het potentieel van een partij te bevestigen.

Over het algemeen worden natuurleien poreuzer onder invloed van herhaalde temperatuur- en vochtigheidscycli. Ze zijn ook gevoelig voor bepaalde vormen van luchtverontreiniging (zuren). Op lange termijn kan dit resulteren in een geleidelijke toename van de porositeit, waardoor de waterdichtheid van de leien afneemt. De snelheid en intensiteit van deze afname hangt af van verschillende factoren, zoals de dikte van de leien, de intensiteit en herhaling van de externe factoren, maar ook de intrinsieke kenmerken van het materiaal. Hierbij spelen het calciumcarbonaat- (calciet) en ijzergehalte (pyriet), die verband houden met de oorspronkelijke leisteenafzetting, een belangrijke rol in de mechanismen die de porositeit beïnvloeden. Onder invloed van carbonaat kunnen natuurleien de neiging vertonen om na verloop van tijd wit te kleuren en broos te worden (delaminatie). Pyriet kan in zijn verschillende vormen aanleiding geven tot uiteenlopende problemen (bv. roeststrepen, oxidatie, perforaties, etc.). Dunne leien met een hoog calciet- en pyrietgehalte hebben daarom de neiging sneller te verslijten. Het is belangrijk op te merken dat de beschadigingen zowel de bedekte als de onbedekte kanten betreft. Natuurleien kunnen dus niet gewoon omgedraaid worden voor hergebruik. De oorspronkelijke plaatsing speelt ook een belangrijke rol in de levensduur van de leien. Zo zal bijvoorbeeld een steil hellend dak zorgen voor minder waterstilstand in de leien, en ook een goed geventileerd onderdak zal een gunstig effect hebben op hun levensduur.

- de plaatsingsmethode van de leien: de recuperatie van de leien verloopt makkelijker in geval van een plaatsing met haken. Bij een genageld leien dak moet erop worden toegezien dat er ter hoogte van de bestaande gaten geen al te grote afschilfering optreedt en dat de gaten nog geschikt zijn voor een latere plaatsing. Indien de gaten te groot zijn, moet worden nagegaan of er nieuwe gaten kunnen worden gemaakt (minimale afstand tot de randen ~30 mm). Soms zijn de leien al verschillende keren hergebruikt. Op lange termijn kan de aanwezigheid van meerdere gaten hergebruik bemoeilijken.
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, het verkooppotentieel, de specifieke regionale kenmerken, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidssduur, nodige handelingen, transport, etc.
- de veiligheidsomstandigheden op de demontagewerf, met name de staat van de dakconstructie, de dakhelling, de configuratie van het gebouw, etc.

→ *Demontage*. Een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de leien te garanderen, alsook een zekere homogeniteit van de partijen. Het gebruik van een dakwerkersladder of van een stelling voorkomt dat er op de leien wordt gestapt, want deze kunnen het gewicht van een persoon niet dragen. Idealiter worden de leien vanaf de bovenkant van het dak naar beneden gedemonteerd, met behulp van specifiek gereedschap in functie van de bevestigingswijze (tang, leidekkershamer, 'slate ripper', etc.).

Leien die met haken bevestigd zijn zijn gemakkelijk te verwijderen door de haak te

draaien, terwijl leien geplaatst met nagels moeilijker te verwijderen zijn. In dat geval moet de nagel uit de lei worden getrokken door er een hefboomwerking op uit te oefenen, waarbij de lei niet mag breken. Het soort nagel is daarbij een belangrijke factor (ijzeren nagels zijn moeilijker te verwijderen dan koperen). De bevestigingen zelf worden zelden gerecupereerd. In sommige gevallen is het nodig om de eerste en de laatste rij leien op te offeren om zo de demontage te vergemakkelijken.

Het is aangewezen om tijdens de demontage al een eerste selectie te maken, bijvoorbeeld door de originele leien te scheiden van de nadien toegevoegde 'reparatieleien'. Wanneer de leien in rijen van verschillende hoogte zijn gelegd (bv. Oudduitse dekking) is het raadzaam de leien rij per rij te demonteer, en de leien van gelijke hoogte te groeperen.



'Slate ripper'

Leidekkershamer

Voor partijen oude, dunne leien kan het verliespercentage zeer hoog zijn (vanwege beschadigde randen, gebroken hoeken, breuk bij de demontage, etc.) en oplopen tot 80%, zodat uiteindelijk slechts 20% van de leien kan worden hergebruikt.



→ **Sortering.** Eenmaal de leien zijn gedemonteerd, kunnen ze ter plaatse worden gesorteerd of in bulk naar een professionele handelaar worden gebracht. Die zal ze dan visueel sorteren naargelang het model en de afmetingen, de kwaliteit, de eventuele beschadigingen, de kleur, de mate van vervuiling, etc.

Factoren die kunnen leiden tot het afkeuren van de natuurleien zijn onder meer:

- aanzienlijke schade: breuken, barsten, schilfers en gaten (andere dan oude nagelgaten);
- beschadiging van het oppervlak: afschilfering, delaminaties, uitstekende 'knobbels';
- vervormingen die maken dat de lei niet meer voldoende vlak is;
- aanwezigheid van minerale of metaalhoudende insluitsels;
- aanwezigheid van verdachte uitbloeiingen en verkleuringen;
- aanwezigheid van talrijke nagelgaten, of gaten van ongeschikte grootte;
- aanwezigheid van gevaarlijke stoffen: lood, etc. (zie verder § 'gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').

→ **Bewerkingen.** Gerecupereerde natuurleien worden gewoonlijk op kwaliteit gesorteerd (model, afmetingen, etc.). Indien nodig kunnen ze met een zachte borstel worden gereinigd om mos, algen en ander vuil te verwijderen. Het gebruik van een hogedrukreiniger moet worden vermeden omdat dit de oppervlaktelaag kan beschadigen en de waterdichtheid van de leien kan aantasten. Sommige handelaars en leidekkers bieden ook aan om leien opnieuw te versnijden of kalibreren. De reparatie van nagelgaten is onder bepaalde voorwaarden eveneens mogelijk.

→ **Opslag.** De natuurleien worden idealiter opgeslagen en gestapeld in palletboxen, waarbij de nodige voorzorgsmaatregelen worden genomen om het risico op breuk te beperken (de leien worden op hun zijkant opgeslagen, de verschillende lagen worden van elkaar gescheiden, eventueel worden de leien vastgebonden, etc.) en de accumulatie van water te vermijden.

→ **Transport en levering.** Tijdens het transport en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden om breuken tot een minimum te beperken (pallets verpakken, omsnoeren met riemen, etc.).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Auditieve test!

Om na te gaan of een lei intact is, kan je er licht op tikken met een hard voorwerp. Een 'dof' geluid wijst op een interne breuk of een hoge porositeit, een 'helder' geluid betekent dat de lei intact is.



Breuken, barsten en schilfers © nachi.org



Minerale insluitsels en roestsporen



'Originele' en 'reparatieleien'



Minerale insluitsels en roestsporen © nachi.org



Uitbloeiingen en delaminatie © nachi.org



Variatie in kleur © toiture.pro



Opslag van hergebruikleien © slateprices.co.uk



Opslag van hergebruikleien © hastingswhite.co.uk



Toepassingen en plaatsing

Hergebruikleien worden hoofdzakelijk gebruikt als dakbedekking of waterdichte buitengevelbekleding, maar ze kunnen ook worden gebruikt voor andere, minder veeleisende toepassingen zoals binnenafwerking of decoratief element. In het algemeen moet bij de keuze van leien rekening worden gehouden met de voorziene belastingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik') en de stedenbouwkundige voorschriften. Er moet eveneens altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (EN 12326: Producten van lei en andere natuursteen voor overlappende dakbedekkingen en buitenmuurbekledingen), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

Het hergebruik van een volledige partij onbeschadigde recuperatieleien verschilt weinig van dat van nieuwe leien. Ze kunnen op dezelfde diverse manieren worden geplaatst (als ze tenminste geen gaten vertonen). En dezelfde aandachtspunten komen aan bod, met name: eigenschappen en staat van de dakconstructie en het onderdak, klimaat- en weersomstandigheden, dekking, minimale dakhelling, bevestigingsmethode, lucht- en dampdichtheid, ventilatiesysteem onder het dak, thermische en akoestische isolatie, afvoer en opvang van hemelwater, algemene kosten, plaatsingstermijnen, specifiek onderhoud, etc.

Sowieso moet de dakconstructie correct gedimensioneerd zijn, gezien het hoge gewicht van een leien dak. Daarbij moet ook een minimale dakhelling in acht worden genomen.

→ **Bevestiging.** Natuurleien voor hergebruik worden bevestigd met nagels of haken (gegalvaniseerd, koper of roestvrij staal). De leien met oude nagelgaten kunnen het best opnieuw worden genageld. Hierbij moeten de bestaande gaten worden bekeken om er zeker van te zijn dat ze in goede staat zijn en hergebruikt kunnen worden. Zo niet, dan kunnen nieuwe gaten worden gemaakt (minimumafstand vanaf de rand: 30 mm, minimumafstand tot de oude gaten: 20-25 mm). Oude genagelde leien met haken bevestigen is mogelijk, op voorwaarde dat de waterdichtheid kan worden gegarandeerd (afhankelijk van de afmetingen van de leien, de plaats van de gaten, de dakhelling, de blootstelling aan de weersomstandigheden, de dekking, etc.).



Bevestiging met haken, Kazerne van Reuilly, Parijs (FR)



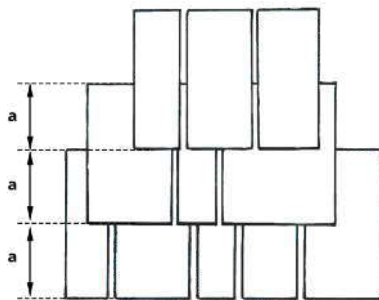
Bevestiging met nagels (bron: Pixabay)

De bevestiging met nagels gebeurt op het dakbeschot en is over het algemeen minder snel en duurder dan met haken, die op pannelen worden bevestigd. Leien plaatsen op complexe dakstructuren (kielgoten, nokken, schoorstenen, dakkapellen, etc.) vereist een uitstekende vakkennis.

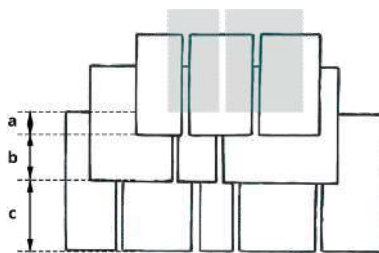
→ **Legverband.** Afhankelijk van het gebruik (dakbedekking of gevelbekleding), de vorm van het dak, de soort leien, de ouderdom van het gebouw of het beschikbare budget, zijn er heel wat verschillende plaatsingsmethoden en legverbanden mogelijk. Sommige daarvan zijn enkel geschikt voor homogene partijen qua grootte en dikte, terwijl andere een grotere variatie toelaten. Bijvoorbeeld:

- Een dekking die toelaat leien van verschillende breedtes te plaatsen.
- Een dekking die toelaat leien van verschillende leihogte en breedte te plaatsen. Hierbij worden typisch de grotere leien aan de voet van de dakhelling geplaatst, en worden ze steeds kleiner naar de nok toe. Dit maakt het mogelijk om met leien met variabele breedte en hoogte te werken (waarbij ze enkel per rij een identieke hoogte moeten hebben).
- In de Verenigde Staten maakt de zogenaamde 'staggered butt' dekking het mogelijk om een mix van leien met variabele breedte en hoogte 'verspringend' plaatsen.

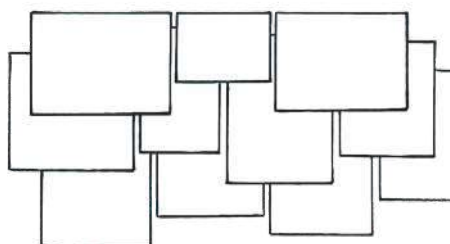
Om een plaatsingsmethode te kiezen moet de lengte van de vereiste overdekking (twee leien) of overlapping (drie leien) worden bepaald. Die is afhankelijk van de dakhelling, de streek, de oriëntatie, de lengte van de waterafvoer en de bevestigingsmethode. Overlappingstabellen (zie nationale uitvoeringsnormen) kunnen worden gebruikt om deze waarde te bepalen. In sommige gevallen kunnen de leien worden bijgesneden, maar dit brengt extra kosten met zich mee.



Dekking met variabele breedte.



Dekking met variabele breedte en hoogte.



'Staggered butt' dekking: leien met verschillende formaten en afmetingen.

Tip!

Herbruikleien worden meestal niet geleverd met technische documentatie of specifieke plaatsingsvoorschriften. Het is dus aangewezen om een beroep te doen op een professionele dakdekker/leidekker om uw project te begeleiden.



Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij moet bestaan uit leien die compatibel zijn met de gekozen plaatsingsmethode. Om zeker te zijn van een relatieve homogeniteit van hun eigenschappen, wordt er best voor gezorgd dat de leien van hetzelfde oorspronkelijke dak afkomstig zijn.

→ **Volledigheid van de partij.** Vooral een partij aan te kopen of te kiezen voor hergebruik in situ, is het raadzaam na te gaan of de nodige toebehoren (nieuw of hergebruik) beschikbaar zijn en of deze geschikt zijn voor een bedekking met hergebruikleien. Eveneens moet er op voorhand nagegaan worden of er nieuwe of hergebruikleien beschikbaar zijn die de partij indien nodig kunnen aanvullen.

→ **Dimensionale karakteristieken.** De nominale afmetingen en de dikte van de leien moeten compatibel zijn met en geschikt voor de gekozen plaatsingsmethode. Het projectteam zal de dimensionale tolerantie bepalen in functie van de beperkingen van de plaatsing. Het is belangrijk om op te merken dat de meeste professionele leveranciers van hergebruikleien de oudere, 'traditionele' modellen aanbieden, waarbij grotere dimensionale verschillen binnen eenzelfde lot mogelijk zijn.

→ **Kleur en uitzicht.** Verschillen in kleur en uitzicht tussen leien van eenzelfde partij zijn mogelijk. In het geval van hergebruikleien kunnen deze variaties te wijten zijn aan hun chemische samenstelling, herkomst, kwaliteit, oorspronkelijke blootstelling, etc. Om deze redenen is het aangewezen om de leien bij hun plaatsing te mengen.

→ **Staat.** Het projectteam kan de aanvaardbare staat van de leien specificeren. Zo kunnen hergebruikleien kleine gebreken vertonen, zoals:

- afsplinteringen en oppervlakkige slijtage-sporen;
- licht beschadigde randen;
- lichte beschadiging ter hoogte van de bevestigingsgaten;
- vlekken, sporen van schimmel of korstmos, uitbloeiingen;
- etc.

Deze aantastingen en/of beschadigingen kunnen een invloed hebben op de technische

en esthetische eigenschappen van de leien, evenals op hun plaatsing, maar ze zijn geen ernstig obstakel voor hergebruik (zie § 'eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering een extra hoeveelheid van 5% tot 10% voorzien om het risico op breuk tijdens het vervoer te dekken, evenals de verliezen die bij de plaatsing optreden als de dakdekker/leidekker de leien sorteert en klasseert. Deze hoeveelheid kan aanzienlijk variëren in functie van het type en de complexiteit van het dakbedekkingsproject, en kan relatief hoog en moeilijk voorspelbaar zijn als er leien van willekeurige grootte worden gebruikt. Daarnaast is het ook aangeraaden een extra hoeveelheid in te rekenen in het geval van hergebruik in situ.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie voor meer informatie de inleidende fiche).

Tip!

Het is aangewezen om direct voldoende leien te kopen. Elke partij hergebruikleien heeft een unieke samenstelling wat betreft afmetingen en/of kleur die nadien mogelijks niet meer beschikbaar is.



Genagelde plaatsing van hergebruikleien, dik model met variërende leihogte en breedte (FR)
© Sarl Ritouet



Gehaakte plaatsing van hergebruikleien, dik model met variërende leihogte en breedte (FR)
© Sarl Ritouet



Hergebruikleien als binnenmuurbekleding, Hôtel Pasteur (FR) © Encore Heureux architectes



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

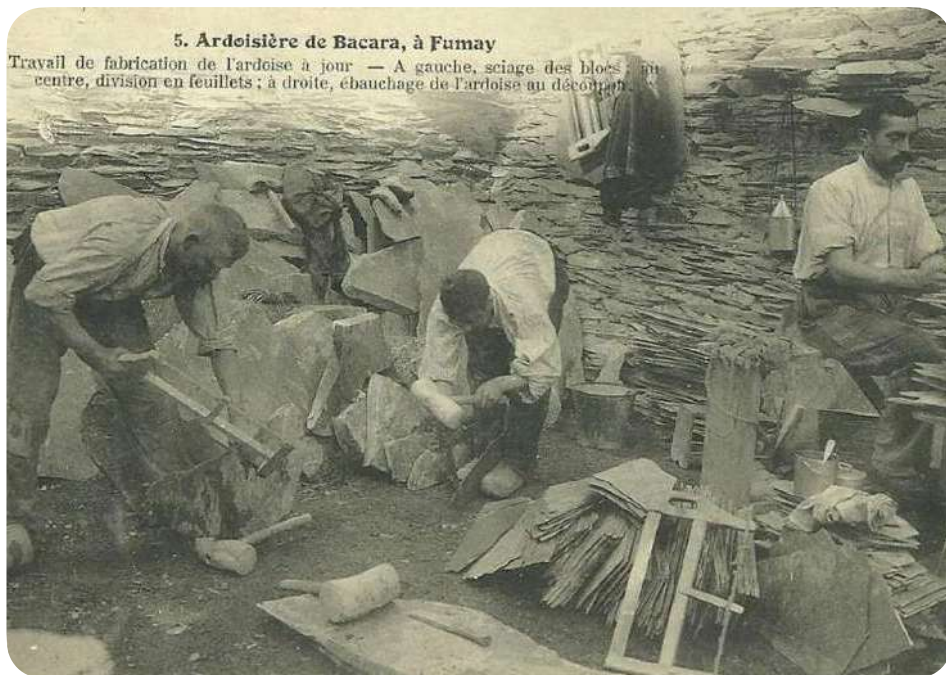
De geharmoniseerde Europese normen EN 12326-1 (productspecificaties) en -2 (testen) omschrijven de relevante kenmerken op basis waarvan de geschiktheid van natuurleien voor gebruik als dakbedekking en buitengevelbekleding kan worden bepaald. Hoewel deze kenmerken beschreven worden voor nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn om het specifieke geval van hergebruikleien te bekijken. Ook de vakkennis van een professional is doorgaans erg nuttig bij het beoordelen van de eigenschappen van een partij hergebruikleien.

Kenmerken	Commentaar
Afmetingen (hoogte, breedte), regelmaat van vorm	<p>Deze kenmerken hangen nauw samen met de mate van sortering. Een visueel onderzoek van de partij in combinatie met eenvoudige opmetingen volstaat vaak om dit na te gaan.</p> <p>De beoordeling van deze eigenschap gebeurt in functie van de plaatsingsmethode en het legpatroon van de leien bij hun hergebruik. Voor partijen homogene leien bestemd voor plaatsing met vaste geometrie, is het raadzaam om bijzondere aandacht te besteden aan deze kenmerken. Ter vergelijking: voor nieuwe leien wordt een tolerantie van ± 5 mm op de hoogte en breedte van de leien aanbevolen. Bepaalde plaatsingsmethoden (zie § 'toepassingen en plaatsing') maken het echter mogelijk om met leien van meer heterogene afmetingen te werken. Een controle van de vlakheid en rechtheid van de leien wordt eveneens aangeraden.</p> <p>De natuurleien kunnen eventueel ook worden bijgesneden.</p>
Dikte	<p>Om de plaatsing te vergemakkelijken, wordt aanbevolen te werken met partijen hergebruikleien van gelijke dikte. Het is gebruikelijk om de gemiddelde dikte van leien te beoordelen op basis van een steekproef van 100 leien ('gestapelde dikte'). In de praktijk wordt aanbevolen dat de afwijking van het gemiddelde niet meer dan 25% bedraagt.</p> <p>In het algemeen wordt de minimale individuele dikte van nieuwe leien bepaald aan de hand van tabelwaarden, afhankelijk van hun afmetingen, hun buigsterkte en de klimatologische en bouwkundige kenmerken van de geografische regio waar ze geplaatst worden (zie bijlage B van EN 12326). Bovendien moeten aanpassingsfactoren worden toegepast naar gelang van het carbonaatgehalte en de zwavelblootstelling.</p> <p>In het geval van hergebruikleien kan worden aangenomen dat partijen waarvan een aanzienlijk deel het eerste gebruik heeft doorgemaakt zonder duidelijke verslechtering van hun staat, de juiste dikte hebben. Een visuele inspectie aan de hand van eenvoudige metingen is voldoende om dit na te gaan. In de meeste gevallen is het aanbevolen te werken met hergebruikleien met een dikte van meer dan 3,5 mm.</p> <p>Doorgaans worden de leien door de professionele dakwerkers gesorteerd volgens hun dikte op het moment van plaatsing. De dikkere leien worden onder aan de helling gelegd, de middelmatige in het midden en de dünnere boven aan de helling.</p>
Volumieke massa	<p>Ter indicatie: deze bedraagt doorgaans tussen 2.700 en 2.900 kg/m³.</p>
Structuur	<p>Leien met barsten en breuken worden verwijderd. Een auditieve test kan worden uitgevoerd op het moment van plaatsing (zie kader 'Auditieve test' onder § 'Recuperatie van het materiaal'). Dit kenmerk hangt samen met de mate van sortering van de hergebruikleien. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak om dit na te gaan.</p>
Kwaliteit van het oppervlak	<p>Een visuele inspectie van de leien volstaat vaak om dit kenmerk na te gaan. Leien met gebreken zoals barsten, breuken, gekleurde insluitsels, perforaties (andere dan oude nagelgaten), delaminaties en uitstekende knobbels moeten zorgvuldig worden verwijderd.</p> <p>Afschilferingen, krassen en andere wrijfsporen worden niet als gebreken beschouwd in die mate dat de fysische en mechanische eigenschappen van de leien niet aangetast worden.</p>
Waterabsorptie en vorstweerstand	<p>Om hun duurzaamheid te garanderen, moet de waterabsorptie van de nieuwe leien minder dan 0,6% bedragen (in massa). Bij hogere waarden wordt aanbevolen de vorstweerstand via een proefopstelling na te gaan.</p> <p>Hergebruikleien hebben eigenlijk al cycli van vocht- en temperatuurschommelingen ondergaan, maar hun fysisch-chemische eigenschappen en vorstgevoeligheid kunnen in de loop van de tijd veranderen. Hoewel het betrekkelijk eenvoudig is om vorstschade vast te stellen (delaminatie, etc.), is het over het algemeen moeilijker om hun precieze prestaties in termen van waterabsorptie en vorstweerstand te bepalen. Het ontbreken van belangrijke beschadigingen is een aanwijzing voor de kwaliteit van de leien, maar dit kan enkel worden bevestigd door nauwkeurigere tests. De oorspronkelijke toepassing van de leien kan een andere nuttige indicator zijn, vooral als de leien afkomstig zijn van een streek met een streng klimaat.</p>



Kenmerken	Commentaar
Carbonaatgehalte	<p>Als het carbonaatgehalte van de leien te hoog ligt (>20%), is het mogelijk dat ze na verloop van tijd gaan zwel len en broos worden. Dit komt vaker voor bij Italiaanse en Portugese leien, en kan worden verergerd door de luchtverontreiniging. Er kunnen eveneens witachtige vlekken op het oppervlak van de leien verschijnen, maar dit is meer een esthetisch probleem aangezien die vlekken geen impact hebben op de duurzaamheid van het element. Een nauwkeurig visueel onderzoek volstaat doorgaans om problematische elementen te verwijderen. Indien nodig is een specifieke laboratoriumtest ook mogelijk.</p>
Oxideerbaarheid	<p>Oxidatie treedt op als gevolg van de aanwezigheid van ijzersulfiden in de leien. De aanwezigheid van een roestig oranje waas op de hergebruikleien is daarvan een indicator. Hergebruikleien die gevoelig zijn voor oxidatie en blootgesteld werden aan externe factoren zullen meestal roestsporen vertonen (in sommige gevallen met inbegrip van perforaties van pyriet). Dit kenmerk kan de hele partij of slechts een deel van de leien aantasten. Een nauwkeurig visueel onderzoek volstaat doorgaans om de niet geschikte leien te verwij deren.</p> <p>Zwavel-dioxidetests of thermische schoktests maken het voor recentere hergebruikleien mogelijk om dit risico vast te stellen.</p>
Reactie op zwaveldioxide	<p>De meting van de reactie op zwaveldioxide wordt aanbevolen in sterk verontreinigde gebieden (auto-, indus triële of stedelijke vervuiling). SO₂ kan leiden tot verweking van de lei, waardoor er voor een dikker model moet worden gekozen.</p> <p>Afhankelijk van hun geografisch herkomstgebied heeft de reactie van hergebruikleien op SO₂ reeds plaats-gevoonden tijdens hun vorige gebruik. In dat geval volstaat een nauwkeurig onderzoek van de partij om on-geschikte leien te verwijderen. In andere gevallen kan een specifieke laboratoriumtest worden overwogen.</p>
Thermisch schokgedrag	<p>Het projectteam dient zich ervan te vergewissen dat het thermisch schokgedrag van de leien in overeens-temming is met de plaatsingsmethode en het beoogde gebruik. Afhankelijk van hun geografisch herkomst-gebied hebben hergebruikleien hun thermisch schokbestendigheid tijdens hun vorige gebruik reeds bewe-zen. Een nauwkeurig visueel onderzoek volstaat in dat geval om de niet geschikte leien te verwijderen. Indien nodig is een specifieke laboratoriumtest ook mogelijk.</p>
Buigsterkte	<p>Deze eigenschap moet worden beoordeeld in functie van de klimaatzone (harde wind, sneeuwval, etc.) en de configuratie van het dak (oriëntatie, helling, etc.).</p> <p>De buigsterkte varieert tussen 30 en 70 N/mm². Het prestatieniveau wordt gebruikt om de minimumdikte van de leien te bepalen, afhankelijk van de hoogte van de elementen (zie hierboven 'dikte').</p> <p>Algemeen beschouwd kan worden aangenomen dat hergebruikleien, die hun eerste gebruik zonder duide-lijke beschadiging hebben doorgemaakt, correct gedimensioneerd zijn met betrekking tot hun buigsterkte. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat in dat geval om dit kenmerk na te gaan.</p>
Prestatie bij brand vanaf de buitenzijde	<p>Overeenkomstig Beschikking 2001/671/EG van de Europese Commissie worden leien geclassificeerd als BROOF (t1) zonder verdere tests, mits een correct ontwerp en uitvoering van het dak.</p>
Brandreactie	<p>Overeenkomstig Beschikking 96/603/EG van de Europese Commissie worden leien geclassificeerd als on-brandbaar en behoren ze tot de Europese brandreactieklasse A1 zonder voorafgaande test.</p>
Toxiciteit	<p>Leien mogen niet verontreinigd zijn met asbest of lood (zichtbaar onder de vorm van grijze strepen) afkom-stig van externe elementen. Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering van de hergebruik-leien. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij door een specialist volstaat vaak om dit na te gaan.</p>

Bij specifieke en veeleisende toepassingen kunnen parameters met betrekking tot eigenschappen als mechanische sterkte, vorstweerstand of waterdichtheid worden gemeten en gekwantificeerd door middel van proeven die door erkende laboratoria worden uitgevoerd.



Werkplaats voor de fabricage van dekkingselementen in natuurleesten aan het begin van de 20e eeuw, Ardoisières de Baccara, Fumay (FR)



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² natuurleien de uitstoot van ~359 tot ~982 kg CO₂-eq. verbonden aan de ontginning en productie van nieuwe leien (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto voor een traject van ~2.150 tot ~5.900 km.

Beschikbaarheid

Hergebruikleien zijn in relatief grote hoeveelheden beschikbaar op de hergebruikmarkt, afhankelijk van het model en de geografische regio. Partijen van de meest courante modellen kunnen een paar honderd vierkante meter bedragen. De markt is het meest ontwikkeld in het Verenigd Koninkrijk, waar sommige professionele leveranciers partijen aanbieden van meer dan 15.000 stuks.

De meer zeldzame of decoratieve modellen worden hoofdzakelijk verkocht voor dakreparaties of -renovaties. Sommige leveranciers zijn ook verdelers van nieuwe leien en toebehoren.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naargelang het model, de afmetingen, de kwaliteit van de partijen, hun zeldzaamheid en de leveranciers. Hergebruikleien kunnen per eenheid, per vierkante meter of per ton worden verkocht.

Enkele voorbeelden (excl. btw):

- Courante modellen voor waterdichte dekking: 0,5 tot 2 €/stuk; 30 tot 50 €/m²
- Zeldzame modellen: tot 4,5 €/stuk; 50 - 150 €/m²

De grotere modellen zijn duurder, maar kunnen sneller worden geplaatst.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Embodied carbon (cradle to gate - productie A1-A3)



	kg CO ₂ eq./m ²
INIES-databank (FR) – Algemene informatie*	9,82
CTMNC (FR) – Collectieve Verklaring**	3,59

* Indicatieve waarde voor de bedekking van 1 m² dak met 4 mm dikke leien die de waterdichtheid garanderen voor een referentielevensduur van 100 jaar.

** Indicatieve waarde voor de bedekking van 1m² dak met CUPA natuurleien van 4,5 mm dik en afmetingen van 32x22 cm (gebruikt als dakbedekking), geplaatst aan de buitenkant van het dak voor een referentielevensduur van 100 jaar.



Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

	<p>Sommige leien kunnen verontreinigd zijn met <i>lood</i> of andere stoffen uit de bijbehorende dakbedekkingselementen. Voorzichtigheid is geboden als de leien binnen worden gebruikt of in contact komen met personen. In geval van twijfel kan een diagnose worden uitgevoerd met behulp van een loodtestkit die in de handel verkrijgbaar is, door een staal op te sturen naar een laboratorium of door de test te laten uitvoeren door een professional.</p>
	<p>Vanaf de tweede helft van de 20e eeuw werden grote hoeveelheden kunstleien vervaardigd van <i>asbesthoudend</i> vezelcement. Het is niet uitzonderlijk om dit type als 'reparatielei' tegen te komen op daken in natuurlesteen. In geval van twijfel is het aanbevolen om verdachte leien te verwijderen en als gevaarlijk afval te behandelen. Meestal zijn kunstleien gemakkelijk met het blote oog te herkennen (gladde rechte rand, regelmatig uitzicht, zichtbare vezels, aanwezigheid van opschriften, etc.). Een diagnose in een laboratorium is ook mogelijk.</p>



Dak en gevelbekleding in hergebruikleien, Ty Pren project (VK), Feilden Fowles architecten © David Grandorge



Hergebruiklei © thereclaimedcompany.co.uk



Plaatsing van hergebruikleien op een dak
© thereclaimedcompany.co.uk

Disclaimer

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



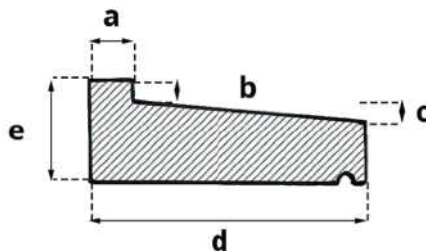
Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

Beschrijving van het materiaal

Deur- of raamdorpels van natuursteen zijn bouwelementen die langs de buitenkant van de bouwschil aan de onderkant van muuropening geplaatst worden, om de afvloeiing van water te bevorderen, infiltratie te voorkomen en het vuil worden van het metselwerk te beperken.

Net als andere natuurstenen materialen zijn dorpels zeer geschikt voor hergebruik: ze zijn sterk, mooi afgewerkt en lenen zich goed voor allerlei bewerkingen. Ze zijn makkelijk te vinden op de hergebruikmarkt, in zeer uiteenlopende varianten die vaak regionaal gebonden zijn (blauwe hardsteen in België, Bourgondische steen in Midden-Frankrijk, verschillende soorten zandsteen in het Verenigd Koninkrijk, etc.).

Deze fiche focust op het hergebruik van natuurstenen dorpels als deur- of raamdorpels. In de praktijk worden raamdorpels vaker hergebruikt dan deurdorpels. Deze laatste zijn soms moeilijker te demonteren en kunnen meer uitgesproken slijtagesporen vertonen.



Figuur 2. Doorsnede van een natuurstenen raamdorpel

De vorm van de dorpels wordt bepaald door een aantal eisen:

- **Verzekeren van waterdichtheid en waterafvoer.** De uitsprong buiten het gevelvlak, de aanwezigheid van een druiprand, de helling van het bovenvlak en de aanwezigheid van een opkant, eventueel ook langs opzij (neut, kussen), zijn allemaal middelen om infiltratie te voorkomen (figuur 1).

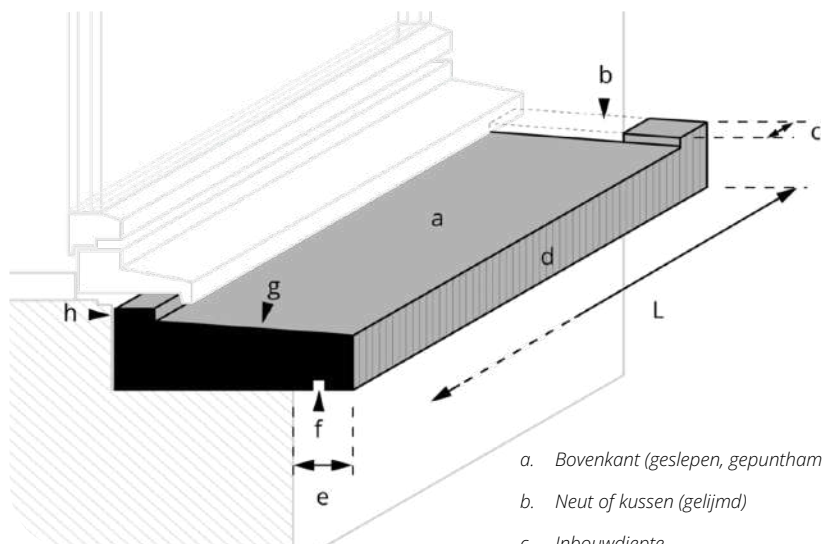
- **Verzekeren van de stevigheid van het bouwwerk.** Dorpels worden doorgaans op een mortelbed gelegd. Om te voorkomen dat ze kantelen worden ze aan de zijkanten minstens 5 cm diep ingewerkt in het metselwerk.

- a. Breedte van de opkant
- b. Hoogte van de opkant
- c. Hellingsgraad
- d. Breedte van de dorpel
- e. Dikte of hoogte van de dorpel

Op de hergebruikmarkt is een grote verscheidenheid aan dorpels te vinden. Deze kunnen onderscheiden worden aan de hand van de volgende kenmerken:

→ **Geologische herkomst.** Voor de vervaardiging van dorpels worden vele soorten gesteenten gebruikt. De meest voorkomende op de hergebruikmarkt zijn graniet, zandsteen en kalksteen (blauwe hardsteen of witte kalksteen), in al hun lokale variaties.

→ **Afmetingen.** Meestal zijn dorpels voor hergebruik tussen 20 en 40 cm breed, tussen 4 en 20 cm dik en van verschillende lengte. In tegenstelling tot de huidige nieuwe dorpels, die vanaf een lengte van 155 cm vaak in twee delen worden gesplitst, zijn er hergebruikdorpels te vinden met een lengte tot wel 2 m (figuur 2).



- a. Bovenkant (geslepen, gepunthamerd, verzoet...)
- b. Neut of kussen (gelijmd)
- c. Inbouwdiepte
- d. Voorkant (gefrijnd, geslepen, ...)
- e. Uitsprong buiten het gevelvlak
- f. Druiprand
- g. Helling
- h. Opkant

Figuur 1. Geometrie van een natuurstenen raamdorpel



Deurdorpel van blauwe hardsteen (kalksteen)



Raamdorpel van blauwe hardsteen (kalksteen)



→ **Profielen.** Er bestaan verschillende dorpelprofielen (figuur 3). Dorpels die niet gelijkliggen met de vloer, vertonen meestal een helling om de waterafvoer te bevorderen. Hier toe kunnen ze zijn uitgevoerd met een aflopend profiel (figures 3b, 3d et 3e) of schuin zijn geplaatst (figures 3a, 3c et 3f).

→ **Uitzicht.** De verscheidenheid aan gesteenten resulteert in een breed kleurenpalet: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De inluitsels van de stenen worden aangeduid met specifieke benamingen: aders, nerven, lagen, vlammen, vlekken, etc.

Behalve door het gesteente wordt het uitzicht van de dorpels ook bepaald door de wijze waarop ze oorspronkelijk werden vervaardigd (gekliefd, gezaagd) en afgewerkt (slijpen, schuren, verzoeten, frijnen, punthameren, vlammen, etc.). Na verloop van tijd verandert hun uitzicht ook naargelang de gebruiksbelasting: verzoeting, polijsting van het oppervlak, verf- of mortelresten, groei van organismen (mos, korstmoss, ...), etc.

De bewerking van gerecupereerde dorpels (zagen, vlakslijpen, frezen, etc.) zal over het algemeen het uitzicht van de zichtbare vlakken veranderen.

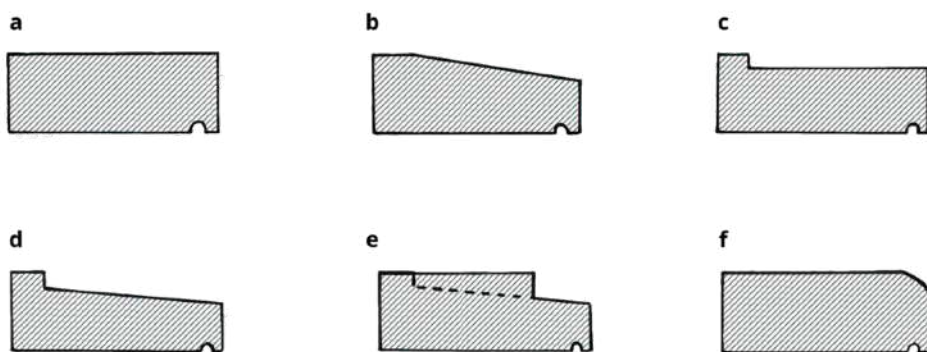


Figure 3. a. Klassieke platte dorpel met druiprand (schuin geplaatst)
b. Massief afwaterende dorpel met helling, druiprand en plat stuk aan de bovenkant van de dorpel
c. Platte dorpel met druiprand en opkant (schuin geplaatst)
d. Massief afwaterende dorpel met helling, druiprand en opkant
e. Dorpel met helling, druiprand, opkant en kussens
f. Platte dorpel met afgeronde neus (schuin geplaatst)



Raamdorpel van graniet
© Stone of New England



Raamdorpel van zandsteen
© Cawarden Reclaim



Platte dorpel van blauwe hardsteen (kalksteen)
© Het arduinen hoekje



Resten van witte verf
© valleyreclamation.co.uk



Groei van organismen
© valleyreclamation.co.uk



Mortelresten
© valleyreclamation.co.uk

**Recuperatie van het materiaal**

Dorpels van natuursteen zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij ter plaatse, hetzij via de hergebruikmarkt. Verschillende professionele hergebruikleveranciers kunnen hele partijen van gebruiksklare dorpels leveren, en doorgaans verzekeren dat de volgende handelingen goed worden uitgevoerd:

→ **Demontagetests** (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij meestal inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. Voor dorpels zijn de aandachtspunten onder meer:

- de algemene staat van de partij en de plaatsingswijze: staat van de steen, formaten en afmetingen, aard van het legbed, kenmerken van de voegen, etc.
- de commerciële waarde, afhankelijk van de periode, de stijl, de steensoort, de staat, de hoeveelheid ter plaatse, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

Om de mogelijkheden voor hergebruik van de dorpels precies te bepalen, kan een demontage- en reinigingstest worden uitgevoerd op één of enkele elementen.

→ **Demontage**. Een zorgvuldige demontage is erop gericht de veiligheid van de werknemers en de integriteit van de teruggewonnen elementen te waarborgen. Nadat het raam of de deur is verwijderd, worden de dorpels eerst losgemaakt van het metselwerk met behulp van geschikt gereedschap (trilhamer, pneumatische beitels, etc.) voordat ze uit hun uitsparing worden geduwd. Let op, dorpels kunnen zwaar zijn door hun afmetingen en de dichtheid van de steen (>2,5 t/m³). Ze kunnen ook breekbaar zijn, vooral als er witte nerven of aders te zien zijn op het steenoppervlak. Als ze barsten of breken, verliezen ze veel van hun waarde. Het is dus aangewezen om geschikte werkmiddelen te gebruiken of beroep te doen op een specialist. Bij de demontage kan het nodig zijn passende maatregelen te treffen voor het werken op hoogte.

→ **Sortering en reiniging**. De gerecupereerde dorpels worden vervolgens gesorteerd volgens kwaliteit, kleur en grootte. Om resten van het legbed of voegmiddelen te verwijderen volstaat het meestal de elementen te

reinigen met een borstel en water; of de resten af te schrapen met een geschikt mes. Er bestaan producten om kleine barstjes en breuken te repareren (o.a. minerale mortel, stenen inzetstukken, etc.). Deze kunnen worden overwogen om beschadigde dorpels te herstellen.

→ **Bewerkingen**. Sommige dorpels kunnen reeds na een basisreiniging worden hergebruikt terwijl andere bijkomende bewerkingen vereisen, zoals:

- **Zagen**: dit kan nodig zijn om de zijden van de dorpels vlak en verticaal te maken of om dorpels van gelijke afmetingen te verkrijgen.
- **Behouwen en mechanisch bewerken**: het profiel en de randen van de dorpels kunnen bijgewerkt of gecorrigeerd worden.
- **Afwerking**: dit laat toe het uitzicht van een lot stenen uniform te maken of om de elementen een specifiek oppervlak te geven. Afhankelijk van de aard van de steen en de verwachte prestaties zijn er verschillende technieken mogelijk: slijpen, schuren, verzoeten, frijnen, punthameren, vlammen, etc. Het soort afwerking wordt aangeduid met specifieke termen naargelang de steensoort.

Deze verschillende bewerkingen kunnen door gespecialiseerde handelaars worden uitgevoerd met hun eigen installaties. Een bewerking op de werf kan ook worden overwogen, op voorwaarde dat de werflogistiek dit toelaat.

→ **Opslag en verpakking**. Dorpels worden meestal buiten opgeslagen, met spanbanden vastgezet op pallets. Ze worden horizontaal gelegd. Idealiter worden er telkens afstandhouders tussen de elementen geplaatst om het risico op beschadiging te beperken. Deze houten latten moeten onbehandeld, goed droog, en vrij van looistoffen zijn, die vlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Ook metalen spanbanden moeten worden vermeden omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Bij de verpakking moet rekening worden gehouden met de aanzienlijke massa van de elementen. Er moeten ook passende transport- en hefmiddelen worden voorzien.

Natuurstenen dorpels worden meestal per partij of per stuk verkocht. De meeste leveranciers kunnen informatie verstrekken over hun voornaamste kenmerken: steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, geschikte toepassingen en in sommige gevallen hun herkomst.



Vrijmaken van de boven-, zij- en onderkant van de dorpel © CDR Construction



Gestapelde opslag op pallet © valleyreclamation.co.uk



Opslag op pallet met spanbanden



Toepassingen en plaatsing

Hergebruikdorpels kunnen worden hergebruikt in hun oorspronkelijke functie of voor andere toepassingen, zoals buitenvloeren, traptreden, straat- of buiteneubilair, etc.

De meeste aandachtspunten in verband met de plaatsing van natuurstenen dorpels zijn dezelfde als die voor nieuwe dorpels, met name: de aard en de afmetingen van de elementen, de aard van het legbed, het soort opvoeging, het dorpelprofiel en de helling, de afmetingen van de opkant, de aanwezigheid van een druiprand, bouwkundige details, thermische isolatie, etc.

Het projectteam dient hierbij rekening te houden met de nationale en Europese productnormen, alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Bovendien moeten er adequate plaatsingsvoorschriften worden opgesteld, aangezien de verschillende mogelijke toepassingen van gerecupereerde dorpels doorgaans elk een specifieke plaatsingsmethode vereisen.

Over het algemeen kan het moeilijk zijn een partij met zeer specifieke kenmerken te vinden. Vaak is het beter om op zoek te gaan naar één of meerdere partijen ruwe hergebruikdorpels en aanvullende behandelingen en bewerkingen te overwegen. De expertise van specialisten kan in dit verband erg waardevol zijn.

Bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij hergebruikdorpels kunnen de volgende kenmerken worden beschreven en gespecificeerd:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij bestaat uit gerecupereerde natuurstenen dorpels van hetzelfde type (zelfde profiel), dezelfde steensoort (zandsteen, graniet, kalksteen, blauwe hardsteen, witte kalksteen) en eventueel zelfs met eenzelfde oorspronkelijk gebruik en/of regio van herkomst (vorstgevoelig gebied, etc.). Het projectteam kan er ook voor kiezen verschillende partijen (formaat, steensoort, oorspronkelijk gebruik, etc.) te combineren en deze geordend te verdelen over het gebouw (bijvoorbeeld met per gevel een homogene partij dorpels).

→ **Afmetingen.** De gekozen partij moet overeenstemmen met de specifieke kenmerken van het project. Over het algemeen moeten de elementen uniform zijn van breedte en dikte. Om de kosten te drukken en het vin-

den van een partij te vergemakkelijken, is het aangewezen flexibel te zijn ten aanzien van de afmetingen door breedte-, lengte- en dikte-intervallen te definiëren die voldoen aan de voorschriften van het project (bv. elke breedte die een uitsprong mogelijk maakt, een dikte tussen 5 en 10 cm, etc.). Het is ook mogelijk een lange dorpel uit te voeren met een aantal kleinere elementen daar ze tegen elkaar te plaatsen. Indien nodig kunnen preciezere maateisen en kleinere maattoleranties worden opgegeven. Dit kan tot gevolg hebben dat er ingrijpendere bewerkingen nodig zijn op het materiaal (zagen, mechanisch bewerken).

→ **Profil.** Idem. Zo nodig moeten het gewenste profiel (zie *figuur 3*), de vorm van de randen (recht, afgeschuind, afgerond, etc.), de helling en de afmetingen van de druiprand worden gespecificeerd. Deze kenmerken kunnen 'open' (bv. hoogte van de opkant > 10 mm, helling > 5%, etc.) of preciezer worden omschreven

→ **Textuur en afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) eisen en de steensoort kan het nuttig zijn het uitzicht van de bovenkanten (gezaagd, geslepen, verzoet, gepunthamerd, gevlamd, etc.) en van de zichtbare zijden (geschuurd, verzoet, geslepen, gefrijnd) te specificeren.

→ **Kleur.** Natuursteen vertoont van nature een grote verscheidenheid aan kleuren en uiterlijke kenmerken. Afhankelijk van de toepassing (bv. in de context van een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk worden gespecificeerd door een algemene tint of een bepaalde kleur op te geven.

→ **Staat.** Behalve mortel-, verf- en bitumenresten kunnen hergebruikdorpels ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, afschilfering, kleine barstjes, kraters, krassen, vlekken, mosresten, etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de dorpels, evenals op hun plaatsing; maar ze vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Afhankelijk van de aard van het gesteente kunnen bepaalde beschadigingen als grote onvolkomenheden worden beschouwd. Sommige kalkgesteenten (bv. blauwe hardsteen) kunnen bijvoorbeeld stylolieten vertonen, die de steen kunnen verzwakken. De bestaande technische documentatie maakt het grotendeels mogelijk deze verschillende aspecten van geval tot

geval te beoordelen. Men kan hiervoor ook een beroep doen op een specialist. Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. barsten en afschilferingen < x cm² toegestaan op de zichtbare vlakken, gebroken hoeken en randen toegestaan op de niet-zichtbare delen, etc.).



Stylolieten

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de *inleidende fiche* voor meer informatie).

Ontwerptip!

In geval van hergebruik in situ moet er rekening gehouden worden met de volgende punten:

- *Het is waarschijnlijk dat er enkele dorpels breken tijdens de demontage. De ter plekke gedemonteerde partij kan eventueel worden aangevuld met dorpels van de hergebruikmarkt.*
- *Bij een renovatie waarbij er langs de buitenkant wordt geïsoleerd zijn de dorpels soms niet meer breed genoeg, zodat ze niet meer op dezelfde plaats kunnen worden hergebruikt.*

Wist je dat?

Sommige handelaars in natuursteenelementen bieden ook nieuwe producten aan, die soms kunstmatig zijn verouderd om ze er als hergebruikproducten te laten uitzien. Vraag bij twijfel naar de herkomst van de materialen om er zeker van te zijn dat het om hergebruikproducten gaat.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Wanneer de steensoort bekend is, is het meestal mogelijk de algemene eigenschappen van een lot gerecupereerde natuurstenen elementen te bepalen. Deze informatie is waardevol bij het beoordelen van hun geschiktheid voor beoogde gebruik.

Zie bijvoorbeeld: www.febenat.be ; www.stonenaturelle.fr ; www.pierreetsol.com ; www.wtcb.be ; etc.

In de volgende tabel (Tabel 1) worden ter informatie enkele gekende prestaties opgelijst van een aantal gesteentes die vaak gebruikt worden voor dorpels. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen dorpels van eenzelfde gesteente verschillende prestaties kunnen vertonen.

Er bestaat geen specifieke geharmoniseerde norm voor natuurstenen dorpels, maar er zijn wel verschillende normen en beproevingsmethoden om de eigenschappen van natuursteen te bepalen (12407 - Petrografisch onderzoek, EN 1936 - Bepaling van de werkelijke dichtheid en de schijnbare dichtheid en van de totale poreusheid en open poreusheid, EN 12371 - Bepaling van de vorstbestandheid, etc.). Hoewel deze documenten betrekking hebben op nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn bij het bepalen van de relevante kenmerken (naargelang het project) voor hergebruik van natuurstenen dorpels (Tabel 2).

Tabel 1 : Technische kenmerken van de meest gangbare steensoorten die worden gebruikt voor dorpels

	Schijnbare volumieke massa (kg/m ³)	Poreusheid	Slijtagegedrag
Zandsteen	2000 - 2700	weinig poreus (0,5 tot 25%)	goed tot zeer goed
Zachte kalksteen (bv. witte kalksteen)	< 2500	poreus (5 tot 50%)	goed
Compacte kalksteen (bv. blauwe hardsteen)	> 2500	weinig poreus (0,2 tot 5%)	goed
Graniet	2500 - 3000	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	zeer goed

Tabel 2 : Relevante kenmerken om de geschiktheid voor beoogd gebruik van natuurstenen dorpels te beoordelen

Eigenschappen	Commentaar
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	De dorpels kunnen afkomstig zijn van toepassingen die oorspronkelijk gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende herkomst. Hoewel het mogelijk is de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bijvoorbeeld: een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen dorpels is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikdorpels (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de dorpels gedemonteerd werden. Zo zullen dorpels die intact zijn en gedemonteerd werden in een gebied dat onderhevig is aan intense vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstbestendigheid bezitten. Bij gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan het dus nuttig zijn om over informatie te beschikken over het oorspronkelijke gebruik of de regio waarvan de elementen afkomstig zijn.
Geometrische kenmerken	Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering van de dorpels en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de dorpels opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maattoleranties te bepalen die van toepassing zijn op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) naargelang de steensoort en de functionaliteit van het element. Ook de eisen omtrent vlakheid, haaksheid, de afmetingen van de druiprand en de gewenste helling moeten gedetailleerd worden omschreven.
Schijnbare massadichtheid en open poreusheid	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [kg/m ³] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus het is. De open porositeit [volume %] en de waterabsorptie [massa %], worden bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën in de steen, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen rechtstreekse invloed op de vorstvastheid (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Deze gegevens kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over de natuursteensoorten (zie Tabel 1). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.



Eigenschappen	Commentaar
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)	Bij buitentoepassingen moeten de elementen in natuursteen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht of mechanische kenmerken aangetast worden. De herkomst en de staat van een partij dorpels kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude dorpels zullen wellicht in hun eerste gebruiksfase meer vorst/dooi-cycli hebben weerstaan dan vooropgesteld in EN 12371, de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld. Het is dus van belang informatie in te winnen over de geografische herkomst van de partij om zeker te zijn van de oorspronkelijke weersomstandigheden (bijvoorbeeld, een partij die uit Noord-Europa komt zal waarschijnlijk geschikt zijn voor gebruik in het Middellandse Zeeklimaat van Zuid-Frankrijk). Dorpels die minder weerstand bieden en vorstschade hebben opgelopen, zullen waarschijnlijk bij de sortering en reiniging reeds verwijderd zijn.
Brandreactie	Overeenkomstig de Beschikking 96/603/EG van de Commissie wordt natuursteen beschouwd als behorend tot brandreactieklasse A1 (zie EN 12 058 voor de uitzonderingen). Let echter op met het gebruik van vultkitten, die een invloed kunnen hebben op deze prestatie.
Vlekgevoeligheid	<p>Bij de beoordeling van deze eigenschap wordt een onderscheid gemaakt tussen de "interne" vlekvorming door de reactie van bepaalde bestanddelen die in de natuursteen aanwezig zijn (metaalhoudende mineralen of organische stoffen die aanwezig zijn in de steen) en de "externe" vlekvorming door contact met een product dat vlekken maakt.</p> <p>Interne vlekvorming is in de eerste plaats een esthetische kwestie. Het is aan het projectteam om te bepalen welke wijzigingen van het uitzicht aanvaardbaar zijn voor het beoogde gebruik.</p> <p>De vlekgevoeligheid houdt rechtstreeks verband met de poreusheid van de steen. Hoe hoger de poreusheid, hoe makkelijker de steen vloeistoffen en verontreiniging absorbeert, en hoe gevoeliger hij is voor vlekken. Een poreusheid lager dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te doen afnemen. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het zichtbare oppervlak van de gerecupereerde elementen (vóór ze bewerkt worden). Er bestaan oppervlaktebehandelingen om deze prestatie te verbeteren door de infiltratie van vettige stoffen in de openingen van de steen te vertragen.</p>



Inspiratie. Dorpel van een schuifraam, bestaande uit twee oude raamdorpels die op maat werden gezaagd en bewerkt om een ventilatie te voorzien voor de kelder (gat in het midden) © Sophie Boone



Beschikbaarheid

Professionele leveranciers van gerecupereerde natuurstenen elementen hebben meestal stenen dorpels in voorraad. De beschikbare hoeveelheden zijn vaak tamelijk klein (<10 elementen) en dus vooral geschikt voor kleine projecten. Voor grotere hoeveelheden dient men ruim op voorhand de beschikbare voorraden na te gaan bij de leveranciers. Aangezien zij over het algemeen goed zijn uitgerust om steen te bewerken, kunnen ze ook voorstellen stenen dorpels te maken van andere hergebruikselementen (muurdeksels, lateien, treden, etc.). Bepaalde elementen en stenen zijn zeer gewild en komen daardoor ook buiten hun gebied van herkomst voor. Zo is Belgische blauwe hardsteen zeer populair in Nederland en is Bourgondische steen ook te vinden op de Belgische en Engelse markt.

Richtprijzen (excl. btw)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de Noordwest-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. De prijs van een dorpel is afhankelijk van de beschikbaarheid van het formaat, de dikte en de steensoort, maar ook van de gewenste mate van sortering en reiniging.

- Dorpels in klassieke afmetingen (tussen 1m en 1,5m): ~ 40 - 70 €/m
- Extra lange dorpels: (>1,5m): ~ 75 - 120 €/m
- Steenbewerking - verzagen: ~ 40 €/uur

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

kg CO₂ eq./strekkende meter

INIES-databank (FR) – Algemene informatie – Deurdorpel van natuursteen *

51,7

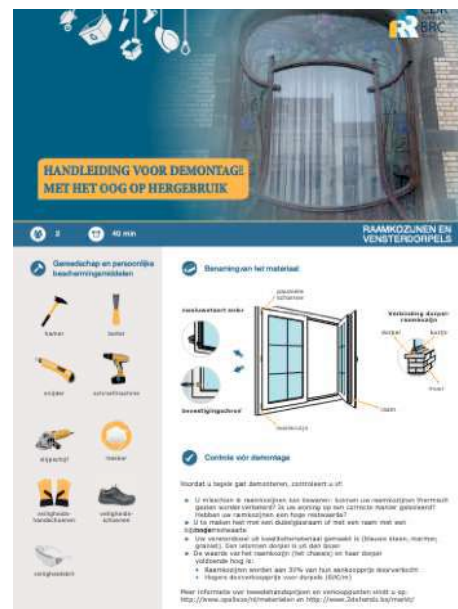
* Indicatieve waarde voor een deurdorpel van natuursteen van 1 m (35 cm breed) gedurende een referentielevensduur van 100 jaar.



Naargelang de bron en de steensoort voorkomt het hergebruik van 10 m natuurstenen dorpels de uitstoot van ~ 517 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe dorpels (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 3.100 km in een kleine dieselauto.



Hergebruik van dorpels van blauwe hardsteen, in situ gerecupereerd © François Lichtlé, L'Escaut Architectures. <https://opalis.eu/nl/projecten/verbouwing-van-de-oude-belle-vue-brouwerijen>



Geïllustreerde handleiding voor de demontage van raamkozijnen en raamdorpels voor hergebruik: [: https://reuse.brussels/pdf/raamkozijnen-en-vensterdorpels.pdf](https://reuse.brussels/pdf/raamkozijnen-en-vensterdorpels.pdf)

Disclaimer

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Natuurstenen elementen worden vaak gebruikt om de bovenkant van muren af te dekken (dakopstand, puntgevel, scheidingsmuren) om ze te beschermen tegen regen en vocht. Net als andere materialen uit natuursteen zijn muurdeksels (ook wel muurkappen, muurdekstenen of muurafdekking genoemd) goed geschikt voor hergebruik: ze zijn sterk, mooi afgewerkt en lenen zich goed voor allerlei bewerkingen. Muurdeksels zijn makkelijk te vinden op de hergebruikmarkt, in zeer uiteenlopende modellen die vaak een weerslag zijn van historische regionale kenmerken (blauwe hardsteen in België, Bourgondische steen in Midden-Frankrijk, zandsteen in het Verenigd Koninkrijk).

Muurdeksels kunnen onderscheiden worden aan de hand van de volgende criteria:

→ *Geologische herkomst.* Voor de vervaardiging van muurdeksels worden vele soorten gesteenten gebruikt. De meest voorkomende op de hergebruikmarkt zijn graniet, zandsteen, kalksteen (blauwe hardsteen of witte kalksteen) en leisteen, in al hun lokale variaties.

→ *Formaten en afmetingen.* Meestal zijn hergebruikmuurdeksels tussen 25 en 60 cm breed, tussen 4 en 20 cm dik en van verschillende lengte. De maximumlengte van nieuwe muurdeksels is gewoonlijk 155 cm. Naast rechte elementen zijn er ook speciale elementen te vinden voor hoeken, uiteinden, etc.

→ *Profielen.* Er bestaan verschillende muurdekselprofielen. Aangezien afvoer van regenwater hun belangrijkste functie is, lopen ze meestal (maar niet altijd) schuin af. De helling kan eenzijdig of tweezijdig zijn, afhankelijk van de gewenste aflooprichting. Over het algemeen steken muurdeksels uit over de dikte van de muur (≈ 5 cm aan weerszijden) en zijn ze voorzien van een druiprand of waterlijst om het afvloeiende water weg te houden van de muur (Figuur 1).

→ *Bevestiging.* De muurdeksels worden doorgaans op een vol mortelbed geplaatst (met of zonder toevoeging van hulpstoffen) zonder in elkaar te grijpen of elkaar te overlappen.



Figuur 1. Profiel van een natuurstenen muurdeksel

1. Druiprand of waterlijst
2. 'Uitkraging'
3. Schuin aflopende bovenkant



Plat muurdeksel
© [Architectural salvage](#)



Muurdeksel met schuin aflopend oppervlak
© [Willmow Reclamation & salvage](#)



Muurdeksel met dubbel schuin aflopend oppervlak
© [Rotor DC](#)



Muurdeksel in de vorm van een kap
© [Oude School architectural antiques](#)



Halve bol in gele Brionnaise-steen
© [Antic-Mat](#)



Muurdeksel 'Napoleonhoed'
© [Willmow Reclamation & salvage](#)



Natuurstenen muurdeksels

→ *Uitzicht*. De verscheidenheid aan gesteenten resulteert in een breed kleurenpalet, zelfs binnen eenzelfde steensoort: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De insluitels van de stenen worden aangeduid met specifieke benamingen: aders, korrels, lagen, vlammen, vlekken, etc.

Behalve door het gesteente wordt het uitzicht van hergebruikmuurdeksels ook bepaald door de wijze waarop ze oorspronkelijk werden vervaardigd (gekliefd, gezaagd) en afgewerkt (slijpen, schuren, verzoeten, beiten, punthameren, vlammen, etc.). Na verloop van tijd verandert hun uitzicht ook onder de gebruiksbelasting: verzoeting of polijsting van het oppervlak, verf- of mortelresten, groei van organismen (mos, korstmoss, ...), etc.

De bewerking van gerecupereerde muurdeksels (zagen, vlakslijpen, frezen, etc.), zal over het algemeen het uitzicht van de zichtbare oppervlakken veranderen.



Gerecupereerde muurdeksels in rode zandsteen
© [Willmow Reclamation & salvage](#)



Gerecupereerde muurdeksels in graniet
© [salvoweb.com](#)



Gerecupereerde muurdeksels in blauwe hardsteen (kalksteen)
© [Het arduinen hoekje](#)



Gerecupereerde muurdeksels in witte kalksteen
© [BCA Matériaux Anciens](#)



Gerecupereerde muurdeksels in leisteen
© [salvageandstone.co.uk](#)



Inspiratie. Platte muurkappen gezaagd uit gerecupereerde blokken Villebois-steen © [Antic-Mat](#)



Recuperatie van het materiaal

Muurdeksels van natuursteen zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij ter plaatse, hetzij via de hergebruikmarkt. Sommige professionele hergebruikhandelaars kunnen hele partijen van gebruiksklare muurdeksels leveren, en doorgaans verzekeren dat de volgende handelingen goed worden uitgevoerd:

→ *Demontagetests* (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of op basis van foto's. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat van de partij en de plaatsingsmethode: staat van de steen, formaat en afmetingen, aard van het legbed, kenmerken van de voegen, etc.
- de commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, de stijl, de periode, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

Om het hergebruikpotentieel met grotere zekerheid te bepalen, wordt meestal een demontage- en reinigingstest uitgevoerd op een monster.

→ *Demontage*. Een zorgvuldige demontage is erop gericht de veiligheid van de werknemers en de integriteit van de muurdeksels te waarborgen. De muurdeksels worden eerst losgemaakt van de muur met behulp van machinaal of handgereedschap (hamer, trilhamer, pneumatische beitel, koevoet, etc.). Let op, muurdeksels kunnen zwaar zijn door hun afmetingen en de dichtheid van de steen (>2,5 t/m³); en ze kunnen breekbaar zijn, vooral de dunne exemplaren (4-6 cm) of als er witte nerven of aders te zien zijn op het steenoppervlak. Als ze barsten of breken, verliezen ze veel van hun waarde. Het is dus aangewezen het geschikte gereedschap te voorzien of beroep te doen op een specialist.

→ *Schoonmaken en sorteren*. De gerecupereerde muurdeksels worden vervolgens gesorteerd volgens kwaliteit, kleur en grootte. Om resten van het legbed, voegmiddelen, kit, teer, etc. te verwijderen volstaat het meestal de elementen te reinigen met een borstel en water; of de resten af te schrapen met een

geschikt mes. Mortel kan echter zeer sterk vastzitten en is niet altijd gemakkelijk te verwijderen. Er bestaan methodes om kleine barsten en breuken te herstellen mocht het nodig zijn bepaalde elementen te herstellen of restaureren.

→ *Bewerkingen*. Sommige muurdeksels kunnen reeds na een basisreiniging worden hergebruikt, terwijl andere bijkomende bewerkingen vereisen, zoals:

- *Zagen*: de uiteinden van de muurdeksels kunnen worden verzaagd om vlakke en verticale zijvlakken te verkrijgen, en om muurdeksels van gelijke afmetingen te bekomen.
- *Behouwen en mechanisch bewerken*: de profielen en randen van de muurdeksels kunnen worden nabewerkt.
- *Grondige reiniging*: bij sommige poreuzere stenen kan het zichtbare oppervlak vlekken vertonen of verkleurd zijn ten gevolge van luchtverontreiniging of mosvorming. Het is niet altijd mogelijk deze in hun oorspronkelijke staat te herstellen. Dit hangt af van de diepte van de aantasting, wat afhankelijk is van het soort vervuiling en de steensoort. Het is raadzaam contact op te nemen met een specialist om na te vragen welke producten compatibel en welke behandelingsmethoden geschikt zijn. Verschillende technieken zijn mogelijk (ter plaatse of in een werkplaats): nat polijsten (bij verschillende druk en temperatuur), gebruik van chemicaliën (oxaalzuur, fluorsilicaat, glansmiddelen), mechanische reiniging (schuren, glanzen, hydropneumatisch stralen, fijnstralen, microschruren, etc.) en zelfs, in zeer speciale gevallen, het gebruik van laser, latex of cataplasma's. De keuze van een geschikte reinigingstechniek zal voornamelijk afhangen van de volgende aspecten: aard en hardheid van de steen, fijnheid van de korrel en andere eigenschappen van het oppervlak, aanwezigheid van aantasting, soort en graad van vervuiling en het gewenste resultaat.
- *Afwerking*: om aan de gewenste eisen te voldoen (homogene partij, ruw of glad uitzicht, etc.) zijn verschillende afwerkings-technieken mogelijk, afhankelijk van de aard van de steen en de verwachte prestaties: punthameren, zandstralen, vlammen, gritstralen, bikken, etc. Het soort afwerking wordt aangeduid met specifieke termen naargelang de betreffende steensoort.

Deze verschillende bewerkingen kunnen door gespecialiseerde handelaars worden uitgevoerd met hun eigen installaties. Een bewerking op de werf kan ook worden overwogen, op voorwaarde dat de werflogistiek dit toelaat.

→ *Opslag en verpakking*. Muurdeksels worden meestal buiten opgeslagen, met spanbanden vastgezet op pallets. Ze worden horizontaal gelegd. Idealiter worden er telkens afstandhouders tussen de elementen geplaatst om het risico op beschadiging te beperken. Deze houten latten moeten onbehandeld, goed droog, en vrij van looistoffen zijn, die vlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Ook metalen spanbanden moeten worden vermeden omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Bij de verpakking moet rekening worden gehouden met de aanzienlijke massa van de elementen. Er moeten ook passende transport- en hefmiddelen worden voorzien.

Gerecupereerde muurdeksels van natuursteen worden meestal per meter of per stuk verkocht. De meeste leveranciers kunnen een technische fiche bezorgen met hun voornaamste kenmerken: steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, geschikte toepassingen en in sommige gevallen hun herkomst.



Kit- en teerresten © [auctelia](#)



Groei van organismen
© [Willmow Reclamation & salvage](#)

Toepassingen en plaatsing

Gerecupereerde muurdeksels kunnen in hun oorspronkelijke functie worden hergebruikt of voor andere toepassingen: als deurdeur of vensterbank, voor buitenvloeren, trap treden, banken, etc.

Bij een identieke toepassing verschillen de meeste aandachtspunten in verband met de plaatsing van hergebruikmuurdeksels niet van die voor nieuwe muurdeksels, met name: de aard en afmetingen van de elementen, de aard van het legbed, het soort voeg, het profiel en de helling van de muurdeksels, de aanwezigheid van een druiprand, uitzettingsvoegen, verankering, etc.

Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen, alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Bovendien moeten er adequate plaatsingsvoorschriften worden opgesteld, aangezien de verschillende mogelijke toepassingen van gerecupereerde muurdeksels doorgaans elk een specifieke plaatsingsmethode vereisen.

Over het algemeen kan het moeilijk zijn een partij met zeer specifieke kenmerken te vinden. Vaak is het beter om op zoek te gaan naar één of meerdere partijen ruwe hergebruikmuurdeksels en aanvullende behandelingen en bewerkingen te overwegen. De expertise van specialisten kan in dit verband erg waardevol zijn.

Bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij hergebruikmuurdeksels kunnen de volgende kenmerken worden beschreven en gespecificeerd:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij bestaat uit gerecupereerde muurdeksels van natuursteen van hetzelfde type (profiel), dezelfde geologische aard en eventueel zelfs met eenzelfde oorspronkelijk gebruik en/of regio van herkomst (blootgesteld aan vorst, etc.). Voor minder veeleisende toepassingen kunnen ook gemengde partijen muurdeksels geschikt zijn.

→ **Formaat.** De gekozen partij moet overeenstemmen met de specifieke kenmerken van het project. Over het algemeen moeten de stenen uniform zijn van dikte en breder dan de af te dekken muur. Afhankelijk van het ontwerp kan de partij worden verdeeld in kleinere partijen met verschillende afmetingen. Om de kosten te drukken en het vinden van partijen hergebruikmuurdeksels te ver-

gemakkelijken, is het aangewezen flexibel te zijn ten aanzien van de afmetingen door te opteren voor een plaatsing in vrije lengte en alleen een minimumlengte op te geven (bijvoorbeeld min. 40 cm), of door een vrij groot interval te specificeren (bijvoorbeeld lengte tussen 80 en 120 cm). Indien nodig kunnen ook preciezere maateisen en kleinere maat-toleranties worden opgegeven. Dit kan tot gevolg hebben dat er ingrijpendere bewerkingen nodig zijn op het materiaal (zagen, etc.).

→ **Profiel.** Zo nodig moeten het profiel (vlak, eenzijdig of tweezijdig aflopend, etc.), de staat van elke rand (recht gezaagd, afgeschuind, afgerond, zonder eisen, etc.), de helling en de afmetingen van de druiprand worden gespecificeerd. Deze kenmerken kunnen 'open' (bv. dikte > 5 cm, helling > 5%, etc.) of preciezer worden omschreven.

→ **Textuur en afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) eisen en de steensoort moet worden gespecificeerd hoe de zichtbare oppervlakken (gezaagd, geslepen, gepunthamerd, gevlamd, gebikt, gegritstraald, etc.), de niet-zichtbare oppervlakken en de uiteinden (gezaagd, gekliefd) er moeten uitzien.

→ **Kleur.** Natuursteen vertoont van nature een grote verscheidenheid aan kleuren en uiterlijke kenmerken. Afhankelijk van de toepassing (bv. in de context van een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk worden gespecificeerd door een algemene tint of een welbepaalde kleur op te geven.

→ **Staat.** Behalve resten van mortel en verf kunnen de hergebruikmuurdeksels ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, afschilferingen, krassen, kleine barstjes, vlekken, mos- en aarderesten, etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de muurdeksels, evenals op hun plaatsing; maar ze vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Afhankelijk van de aard van het gesteente kunnen bepaalde beschadigingen als grote onvolkomenheden worden beschouwd. Sommige kalkgesteenten (bv. blauwe hardsteen) kunnen bijvoorbeeld stylvolieten vertonen, die de steen kunnen verzwakken. De bestaande technische documentatie maakt het grotendeels mogelijk deze verschillende aspecten van geval tot geval te beoordelen. Men kan hiervoor ook een beroep doen op een specialist. Het is de

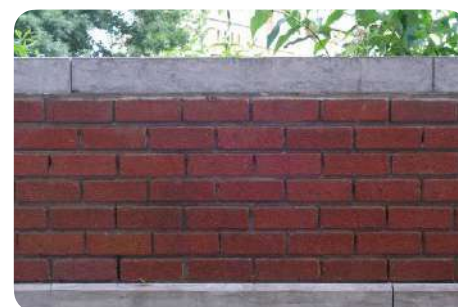
verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. barsten en afschilferingen < x cm² toegestaan op de zichtbare oppervlakken, gebroken hoeken en randen toegestaan op de niet-zichtbare delen, etc.).

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controletestprocedure uitgevoerd worden op basis van een contractueel monster en een bemonstering bij ontvangst.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Muurdeksel van blauwe hardsteen met overstekende rand



Muurdeksel van blauwe hardsteen zonder overstekende rand

Ontwerptip!

Het is beter een hoeveelheid in lopende meter te bestellen dan in aantal stuks, gezien de soms onregelmatige lengte van de muurdeksels.

Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Wanneer de steensoort bekend is, is het meestal mogelijk de algemene eigenschappen van een lot gerecupereerde natuurstenen elementen te bepalen. Deze informatie is waardevol bij het beoordelen van hun geschiktheid voor beoogde gebruik.

Zie bijvoorbeeld: www.febenat.be; www.stonenaturelle.fr; www.pierreetsol.com; www.wtcb.be; etc.

In de volgende tabel (*Tabel 1*) worden ter informatie enkele gekende kenmerken opgelijst van een aantal gesteentes die vaak voorkomen bij muurdeksels. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen muurdeksels van eenzelfde gesteente verschillende prestaties kunnen vertonen.

Er bestaat geen specifieke geharmoniseerde norm voor natuurstenen muurdeksels, maar er zijn wel verschillende normen en beproevingsmethoden om de eigenschappen van natuursteen te bepalen (12407 - Petrografisch onderzoek, EN 1936 - Bepaling van de werkelijke dichtheid en de schijnbare dichtheid en van de totale poreusheid en open poreusheid, EN 12371 - Bepaling van de vorstbestandheid, etc.). Hoewel deze documenten betrekking hebben op nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn bij het bepalen van de relevante kenmerken (naargelang het project) voor het hergebruik van natuurstenen muurdeksels (*Tabel 2*).

Tabel 1 : Technische kenmerken van de meest gangbare steensoorten die worden gebruikt voor muurdeksels.

	Schijnbare volumieke massa (kg/m ³)	Poreusheid	Slijtagegedrag
Zandsteen	2000 - 2700	weinig poreus (0,5 tot 25%)	goed tot zeer goed
Zachte kalksteen (bv. witte kalksteen)	< 2500	poreus (5 tot 50%)	goed
Compacte kalksteen (bv. blauwe hardsteen)	> 2500	weinig poreus (0,2 tot 5%)	goed
Graniet	2500 - 3000	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	zeer goed
Leisteen	2600 - 3000	zeer weinig poreus (<3%)	/

Tabel 2 : Relevante kenmerken om de geschiktheid van gerecupereerde natuurstenen muurdeksels voor hergebruik te beoordelen

Eigenschappen	Commentaar
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	De muurdeksels kunnen afkomstig zijn van toepassingen die oorspronkelijk gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende herkomst. Hoewel het mogelijk is de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bijvoorbeeld: een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen muurdeksels is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikmuurdeksels. Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de muurdeksels gedemonteerd werden. Bij gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong, kan het dus nuttig zijn om informatie te verkrijgen over het oorspronkelijke gebruik of de regio waarvan de elementen afkomstig zijn.
Geometrische kenmerken	Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de muurdeksels, en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de muurdeksels opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maattoleranties te bepalen die van toepassing zijn op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) naargelang de steensoort en de functionaliteit van het element. Ook de eisen omtrent vlakheid, haaksheid, de afmetingen van de druiprand en de gewenste helling moeten gedetailleerd worden omschreven.
Schijnbare volumieke massa en open poreusheid	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [kg/m ³] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus het is. De open porositeit [volume %] en de waterabsorptie [massa %], worden bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën in de steen, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen rechtstreekse invloed op de vorstvastheid (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Beide kenmerken kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over natuurstenen (zie <i>Tabel 1</i>). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.

Eigenschappen	Commentaar
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)	Bij buitentoepassingen moeten de elementen in natuursteen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht of mechanische kenmerken aangetast worden. De herkomst en de staat van een partij hergebruikmuurdeksels kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude muurdeksels zullen wellicht in hun eerste gebruiksfase meer vorst/dooi-cycli hebben weerstaan dan vooropgesteld in EN 12371, de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld. Het is dus van belang informatie in te winnen over de geografische herkomst van de partij om zeker te zijn van de oorspronkelijke weersomstandigheden (bijvoorbeeld, een partij die uit Noord-Europa komt zal waarschijnlijk geschikt zijn voor gebruik in het Middellandse Zeeklimaat van Zuid-Frankrijk). Muurdeksels die minder weerstand bieden en vorstschade hebben opgelopen, zullen waarschijnlijk bij de sortering en reiniging reeds verwijderd zijn.
Brandreactie	Overeenkomstig de Beschikking 96/603/EG van de Commissie wordt natuursteen beschouwd als behorend tot brandreactieklasse A1 (zie EN 12 058 voor de uitzonderingen). Let echter op met het gebruik van vulkitten, die een invloed kunnen hebben op deze prestatie.
Vlekgevoeligheid	<p>Bij de beoordeling van deze eigenschap wordt een onderscheid gemaakt tussen de 'interne' vlekvorming door de reactie van bepaalde bestanddelen die in de natuursteen aanwezig zijn (metaalhoudende mineralen of organische stoffen die aanwezig zijn in de steen) en de 'externe' vlekvorming door contact met een product dat vlekken maakt.</p> <p>Inwendige verkleuring is in de eerste plaats een esthetische kwestie en het is dan ook aan het projectteam om te bepalen welke wijzigingen van het uitzicht aanvaardbaar zijn voor het beoogde gebruik.</p> <p>De vlekgevoeligheid houdt rechtstreeks verband met de poreusheid van de steen. Hoe hoger de poreusheid, hoe makkelijker de steen vloeistoffen (en dus verontreiniging) absorbeert en hoe gevoeliger hij is voor vlekken. Een poreusheid lager dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te doen afnemen. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het zichtvlak van de hergebruikselementen voor hun eventuele bewerking. Er bestaan oppervlaktebehandelingen om deze prestatie te verbeteren door de infiltratie van vette stoffen in de openingen van de steen te vertragen.</p>
Impactweerstand	De weerstand tegen de impact van een hard lichaam hangt af van de eigenschappen van de steen, maar ook van de plaatsingswijze en de ondergrond. De proefmethode die wordt beschreven in EN 14158: 2004 bestaat erin dat men een stalen kogel op het geplaatste element laat vallen onder de werkelijke gebruiksomstandigheden. Indien mogelijk kan men zich voor de evaluatie van deze eigenschap ook baseren op de staat van de nog niet gedemonteerde muurdeksels. Als muurdeksels die aan bepaalde belastingen blootgesteld zijn geweest gebroken of beschadigd zijn, kan worden aangenomen dat de nog intacte elementen op dezelfde locatie wellicht ook zullen breken onder een vergelijkbare belasting. Het is in dat geval aangewezen niet tot een demontage over te gaan zonder deze informatie goed te bewaren.
Thermische vervorming	Natuursteen is onderhevig aan maatschommelingen onder invloed van de temperatuur. Deze vervorming wordt uitgedrukt in [mm/mK] door de warmte-uitzettingscoëfficiënt. Bij muurdeksels die onderhevig zijn aan grote temperatuurverschillen kan het aangewezen zijn de waarde daarvan te bepalen (EN 14581: 2005). Bij sommige marmersoorten en, in mindere mate, bij sommige granietsoorten kan de anisotrope thermische uitzetting van de steen tot een granulaire decohesie leiden waardoor de muurdeksels aanzienlijk kunnen vervormen.



Muurdeksels van blauwe hardsteen hergebruikt voor de aanleg van een terras, Brussels (BE) © VLA architecture <https://www.guidibatimentdurable.brussels/fr/reemploi.html?IDC=10994>



Beschikbaarheid

Professionele hergebruikleveranciers gespecialiseerd in natuursteen hebben meestal verschillende partijen muurdeksels op voorraad. De beschikbare hoeveelheden kunnen variëren van enkele meter (<10 m) tot een honderdtal meter. Voor grotere hoeveelheden is het aangewezen ruim op voorhand de voorraden bij de leveranciers na te gaan.

Richtprijzen (excl. btw)

De prijs van een muurdeksel is afhankelijk van de beschikbaarheid van het formaat, de dikte en de steensoort, maar ook van de gewenste mate van sortering en reiniging.

- Dun muurdeksel (< 10 cm): ~ 30-50 €/m
- Dik muurdeksel (> 10 cm): ~ 60-200 €/m
- Steenbewerking - verzagen: ~ 40 €/uur

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

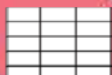
opalis.eu



Hergebruik van oude muurdeksels als raamdorpels © Sophie Boone

Wist je dat?

Sommige hergebruikhandelaars in natuursteen bieden ook nieuwe producten aan, die soms kunstmatig zijn verouderd om ze er als hergebruikproducten te laten uitzien. Vraag bij twijfel naar de herkomst van de materialen om er zeker van te zijn dat het om hergebruikproducten gaat.

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

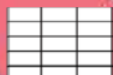
Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

**Beschrijving van het materiaal**

Natuursteen wordt al van oudsher gebruikt en hergebruikt in de bouw, met name voor het bekleden van buitengevels en binnenmuren. In zijn verhandeling over architectuur uit 1485 (*De re ædificatoria...*) spreekt Alberti al over het gebruik van natuursteen voor de bouw van wat hij de 'huid' of 'schors' van gebouwen noemt, namelijk de buiten- en binnenkant van muren. Hierover zegt hij: '...de ene vangt langs de buitenkant de wind en zon op, de andere houdt aan de binnenkant de schaduw vast...'. Hoewel de terminologie sinds de 15e eeuw is veranderd, wordt natuursteen nog steeds voor dezelfde doeleinden gebruikt. Vandaag maken we voor muurbekleding een onderscheid tussen natuurstenen platen en tegels uit natuursteen. Deze laatste zijn dunner en kleiner van formaat. Dikkere en grotere elementen vallen in de categorie van massieve gevelstenen, die meestal volgens andere technieken worden geplaatst.

Deze fiche gaat over het hergebruik van natuurstenen platen voor muurbekledingen (verder ook gewoon 'platen' genoemd). De natuursteenplaten kunnen ook voor andere doeleinden worden gebruikt, bijvoorbeeld als vloerbedekking (zie de fiche over natuurstenen vloertegels).

Het marktaanbod aan muurplaten voor hergebruik omvat een zeer grote verscheidenheid aan producten. Deze kunnen worden onderscheiden volgens verschillende criteria:

→ **Oorspronkelijke gebruik.** Sommige partijen zijn afkomstig van de gevels van kantoor- en andere grote openbare of private gebouwen (bv. spoorwegstations, banken, etc.). Bij de sloop van dergelijke gebouwen komen meestal grote hoeveelheden identieke natuursteenplaten vrij, vaak in uitstekende staat en van goede kwaliteit. Andere natuursteenplaten zijn afkomstig van de zorgvuldige ontmanteling van vensterbanken, vloerbedekkingen, etc. uit verschillende soorten



Afgeschuinde randen
© Pierre de Bourgogne



Afgeschilferde randen



Rechte randen



Bolle randen

gebouwen, waaronder ook oudere bouwwerken.

→ **Geologische herkomst.** Voor de vervaardiging van natuursteenplaten voor muurbekleding worden vele steensoorten gebruikt: graniet, marmer, kalksteen, zandsteen, leisteen, travertijn, etc., en dit in vele lokale varianten.

→ **Afmetingen.** Meestal hebben gerecupereerde natuursteenplaten een lengte en breedte tussen 30 en 150 cm en een dikte tussen 1 en 8 cm. Soms worden ook elementen aangetroffen met meer specifieke afmetingen.

→ **Uitzicht.** De verscheidenheid aan gesteenten resulteert in een breed kleurenpalet, zelfs binnen eenzelfde familie: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De insluitsels van de stenen worden aangeduid met specifieke benamingen: aders, korrels, lagen, vlammen, vlekken, etc.

Behalve door het gesteente wordt het uitzicht van de platen ook bepaald door de wijze waarop ze oorspronkelijk werden vervaardigd (gekliefd, gezaagd) en afgewerkt (vlammen, zandstralen, gritstralen, punthameren,

polijsten, etc.). Na verloop van tijd verandert hun uitzicht ook naargelang de gebruiksbelasting: verzoeting, polijsting of donkere verkleuring van het oppervlak, verf- of mortelresten aan de zij- of achterkant, groei van organismen (mos, korstmoss), etc.

Voor de oppervlaktebehandeling van sommige steensoorten kan het, net zoals voor nieuwe natuursteen, nodig zijn kit, vulmiddelen of soortgelijke producten te gebruiken om de natuurlijke gaten, defecten of barsten op te vullen. Soms is er bij gerecupereerde platen een anti-graffitibehandeling aanwezig (bv. bij natuursteenplaten afkomstig van gevelbekledingen op het gelijkvloers langs de straatkant).

De randen van de natuursteenplaten kunnen recht, bol, afgeschilferd of afgeschuind zijn.

De bewerking van gerecupereerde natuursteenplaten (zagen, vlakslijpen, frezen, etc.), zal over het algemeen het uitzicht van de zichtbare vlakken veranderen.



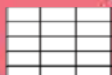
Natuurstenen plaat van gepolijst grijs graniet



Natuurstenen plaat van Carrara-marmer



Doucheruimte uitgevoerd in hergebruikt rood marmer. Brussels (BE) © Séverin Malaud



→ **Bevestiging.** De natuursteenplaten kunnen gelijmd of mechanisch bevestigd zijn :

- Lijmen wordt over het algemeen alleen toegepast bij dunnere platen (1 tot 2 cm dik, afhankelijk van de volumieke massa van de steen).
- Mechanische bevestigingsmiddelen zijn geschikt voor dikkere platen (2 tot 8 cm). Er zijn verschillende soorten: metalen ankers met of zonder morteldot, bevestigd op een tussenstructuur of rechtstreeks in de muur. De metalen ankers kunnen op niet-destructieve wijze, bijvoorbeeld met een pacometer, worden gelokaliseerd zonder de platen te demonteren.

→ **Oorspronkelijk voegwerk.** Afhankelijk van de plaatsingsmethode, de aan- of afwezigheid van isolatie, de exacte plaats van de natuursteenplaten en de hoogte van het gebouw, treffen we doorlopende volle voegen aan (mortel, voegspecie, epoxy, etc.); horizontale en verticale soepele verdeel- of uitzettingsvoegen (epoxy, kit, etc.); of verdiepte voegen, leeg gelaten of versierd met metalen elementen.



Bekleding in natuursteen bevestigd met metalen ankers, vastgezet in morteldotten.



*Opsporen van de metalen ankers van een natuursteenbekleding met behulp van een pacometer
© WTCB*



Mechanisch bevestigde natuursteenbekleding



Volle voeg



Verdiepte voeg opgevuld met metalen elementen

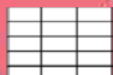


Verdiepte voeg



Doucheruimte uitgevoerd in hergebruikt marmer © Lionel Billiet





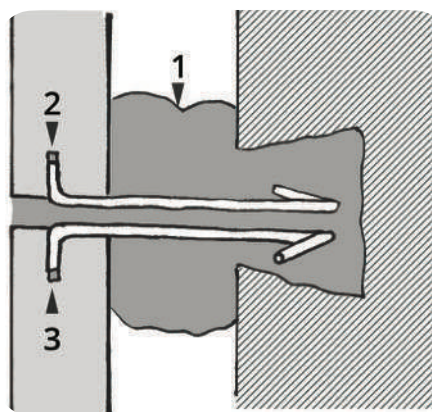
Recuperatie van het materiaal

Natuursteenplaten voor muurbekleding zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij ter plaatse, hetzij via de professionele hergebruikhandelaars. Deze kunnen ook hele partijen van gebruiksklare platen leveren. Ze kunnen doorgaans verzekeren dat de volgende handelingen goed worden uitgevoerd:

→ **Demontagetests** (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij meestal inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. Voor natuursteenplaten zijn de aandachtspunten onder andere:

- de algemene staat van de partij en de plaatsingsmethode: staat van de steen, formaten, afmetingen, bevestigingsmethode, aard van de ondergrond en de voegen, etc.
- de commerciële waarde, afhankelijk van het model, de beschikbare hoeveelheid, het verkooppotentieel, de specifieke regionale kenmerken, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Demontage**. Een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de natuursteenplaten en een zekere homogeniteit van de partijen te garanderen. Wanneer de voegen tussen de platen vol zijn uitgevoerd is het soms raadzaam de platen los te maken met behulp van geschikte werktuigen (diamantzaag op een rail, water onder druk, etc.) en geschikte hulpmiddelen om afschilfering van de platen te voorkomen. Daarna kunnen ze worden verwijderd (Figuur 1). Als de natuursteenplaten mechanisch verankerd zijn, moet



- (1) Morteldot
(2) Draaganker
(3) Windanker

Figuur 1. Bevestigingsmiddelen in de rand van de natuursteenplaat vastgezet met mortel

een eerste plaat worden gebroken om toegang te krijgen tot de achterkant van de bekleding, en moet vervolgens de morteldot (1) rond de metalen bevestigingsmiddelen (2 & 3) met een beitel worden gebroken. Daarna moeten de bevestigingsmiddelen met een beitel of koevoet worden verwijderd of ter hoogte van de voegen worden doorslepen. Om tijdens de demontage het risico op beschadiging te beperken, is het aangeraden de spanningen in de platen te verminderen door eerst twee (loodrechte) zijden van de los te maken platen vrij te maken. Dit houdt meestal in dat de niet-vrije platen die zich aan de rand van de wand bevinden gebroken worden. Het is aangewezen om bij de demontage van boven naar beneden te werken. Sommige natuursteenplaten kunnen overigens erg zwaar zijn vanwege hun afmetingen en de dichtheid van de steen (>2,5 t/m³). Zo nodig dient men speciale hefmiddelen te voorzien. Bij de demontage kan het ook nodig zijn maatregelen te treffen voor het werken op hoogte, en kan er aan de voet van de muur een hoop zand voorzien die de tegels kan opvangen.

→ **Reiniging en sortering**. De natuursteenplaten worden gesorteerd volgens kwaliteit, kleur, grootte en mate van reiniging. Elementen die beschadigd zijn (vb. gebarsten platen) of andere grote gebreken vertonen worden afgevoerd. Het verliespercentage hangt sterk af van de steensoort, de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden, de plaatsingsmethode, de dikte van de platen en de precisie van de demontage. Om resten van de mortel, voegmiddelen, etc. te verwijderen volstaat het meestal de elementen te reinigen met water; of de resten af te schrapen met een geschikt mes. De metalen bevestigingsmiddelen dienen ook verwijderd te worden.

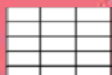
→ **Bewerkingen**. Sommige platen kunnen reeds na een basisreiniging worden hergebruikt, terwijl andere bijkomende bewerkingen vereisen, zoals:

- **Zagen**: de natuursteenplaten kunnen worden verzaagd om hun afmetingen gelijk te maken en zodoende hun hergebruik te vergemakkelijken.
- **Grondige reiniging**: bij sommige poreuze stenen kan het zichtbare oppervlak vlekken vertonen of verkleurd zijn ten gevolge van gebruik, luchtverontreiniging of mosvorming. Het is niet altijd mogelijk deze stenen in hun oorspronkelijke staat te herstellen. Dit hangt af van de diepte van de aantasting, wat afhankelijk is van het soort vervuiling en de steensoort. Het is raadzaam contact op te nemen met een specialist om na te vragen welke producten compatibel en welke behandelingsmethoden geschikt zijn. Verschillende technieken zijn mogelijk: polijsten met water (bij verschillende druk en temperatuur), gebruik van chemicaliën (oxaalzuur, fluorsilicaat, glansmiddelen), mechanische reiniging (schuren, glanzen, hydro-pneumatisch stralen, fijnstralen, microschuren, etc.) en zelfs, in zeer speciale gevallen, het gebruik van laser, latex of cataplasma's.

De keuze van een geschikte reinigingstechniek zal voornamelijk afhangen van de volgende aspecten: aard en hardheid van de steen, fijnheid van de korrel en andere eigenschappen van het oppervlak, aanwezigheid van aantasting, soort en graad van vervuiling en het gewenste resultaat.

• **Afwerking**: het komt zelden voor dat natuursteenplaten na hun recuperatie in het atelier een oppervlaktebehandeling krijgen, omdat het meestal de bedoeling is hun patina te bewaren. Maar om aan eventuele eisen te voldoen (homogene partij, een ruw uitzicht, etc.) zijn verschillende afwerkings-technieken mogelijk, afhankelijk van de aard van de steen en de verwachte prestaties: punthameren, zandstralen, vlammen, gritstralen, bikken, etc. Het soort afwerking wordt aangeduid met specifieke termen naargelang de betreffende steensoort.

• **Herstelling van de gaten van de ankers of andere bevestigingsmiddelen**: de bestaande gaten kunnen zijn beschadigd tijdens de gebruiksfase of bij het verwijderen van de platen (afschilfering, barsten, verwijding, etc.). In dat geval kunnen de zichtbare gaten worden opgevuld met een geschikt product en kunnen er in een atelier nieuwe gaten worden geboord (rekening houdend met de plaats en de sterkte van de nieuwe bevestigingsmiddelen zoals voorgeschreven door de technische normen voor het product).



→ *Opslag en verpakking.* De natuursteenplaten worden meestal buiten opgeslagen, waarbij ze op hun smalle kant in houten kisten worden geplaatst of horizontaal met spanbanden op pallets worden vastgezet. Afhankelijk van de breekbaarheid van de platen worden ze overdekt opgeslagen, waarbij contact met de grond moet worden vermeden en eventueel een bescherming tegen vorst moet worden voorzien. Idealiter worden er telkens afstandhouders tussen de platen geplaatst om het risico op beschadiging te beperken. Deze houten latten moeten onbehandeld, goed droog, en vrij van looistoffen zijn, die vlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Ook metalen spanbanden moeten worden vermeden omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Bij de verpakking moet rekening worden gehouden met de aanzienlijke massa van de elementen. Er moeten ook passende transport- en hefmiddelen worden voorzien.

De gebruiksklare platen worden gegroepeerd in homogene partijen. Ze worden meestal per partij of per m² verkocht. De meeste leveranciers kunnen een technische fiche bezorgen met hun voornaamste kenmerken: steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, geschikte toepassingen en in sommige gevallen hun herkomst.

Aandachtspunt!

Dunnere gevelplaten van metamorfe marmor kunnen onderhevig zijn aan granulaire ontbinding, wat kan leiden tot kromtrekken, barsten en scheuren van de elementen en gevaar voor vallende platen. Dit verschijnsel wordt versterkt bij gevels die erg blootgesteld zijn aan regen en zon (gericht op het zuiden of zuidwesten) en bij platen met grote afmetingen. Dit leidt vaak tot scheurvorming ter hoogte van de ankers. Dit verschijnsel kan over het algemeen vastgesteld worden door een nauwkeurige visuele inspectie. Het kan ook worden waargenomen bij een grondig onderzoek van de microstructuur van de steen.



Wandbekleding van marmeren platen



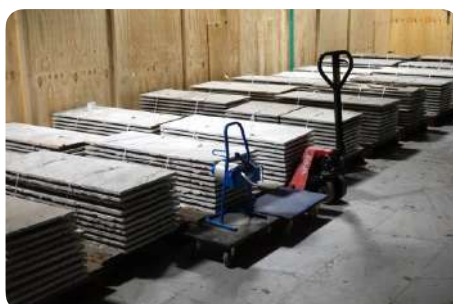
Wandbekleding van marmeren platen



Doorslijpen van de bevestigingsmiddelen



Demontage van marmeren platen



Palletiseren van de platen



Laden en vervoeren van de platen



Verwijderen van voegmortelresten op de randen met een slijpmachine



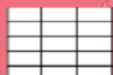
Kromtrekken van natuurstenen platen. Alvar Aalto's Finlandia Hall, Helsinki © University Of Helsinki



Stockage van gekuiste platen



Hergebruik van de platen als gevelbekleding, Project Jaspar, Architect Guillaume Sokal, Brussel (BE). © Guillaume Sokal



Toepassingen en plaatsing

De hier voorgestelde toepassingen hebben betrekking op natuursteenplaten die oorspronkelijk als muurbekleding werden gebruikt en als dusdanig worden hergebruikt. Andere toepassingen zijn uiteraard ook mogelijk (bv. als spat-scherm, vloerbedekking, etc.) maar worden hier niet besproken (zie bijvoorbeeld de fiche over natuurstenen vloertegels). Ook de situatie waarin een natuursteenplaat die afkomstig is van een andere toepassing wordt hergebruikt als muurbekleding, wordt in deze fiche niet expliciet besproken.

Algemeen geldt dat bij de keuze van de natuursteenplaten rekening moet worden gehouden met de verwachte belasting (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').

In gevels wordt de grootste belasting veroorzaakt door het eigengewicht van de natuursteen en de wind maar er moet ook rekening worden gehouden met andere factoren (weersinvloeden, thermische schokken, trillingen, impact, etc.). Er moet altijd rekening worden gehouden met de ontwerpnormen (Eurocode 1), de nationale en Europese productnormen (EN 1469: Natuursteenproducten - wandplaten), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

De plaatsing van een volledige partij recupereerde natuursteenplaten voor muurbekleding in goede staat verschilt weinig van de plaatsing van nieuwe platen. Afhankelijk van de kenmerken van de partij, lenen de elementen zich voor dezelfde verscheidenheid aan plaatsingsmethoden en moet er met dezelfde aandachtspunten rekening gehouden worden, namelijk: formaat van de elementen, eigenschappen van de steen, plaatsingsmethode en eigenschappen van de plaatsingselementen (bevestigingsmiddelen of lijmen), aard en staat van de ondergrond, isolatie, waterdichting, voegen, gebreken van de steen ter hoogte van de bevestigingspun-

Denk omkeerbaar!

Sommige plaatsingsmethoden maken het moeilijk of zelfs onmogelijk om de natuursteenplaten later te recupereren. Waar mogelijk en bij vergelijkbare prestaties wordt best de voorkeur gegeven aan een mechanische verankering (haken, ankers, etc.). En zonder of met gemakkelijk te reinigen voegen!

ten (barsten, afgesprongen stukken), staat van het steenoppervlak (vetvlekken, oxidatievlekken, druijsporen, etc.).

Bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij natuursteenplaten voor hergebruik kunnen de volgende kenmerken worden beschreven en gespecificeerd:

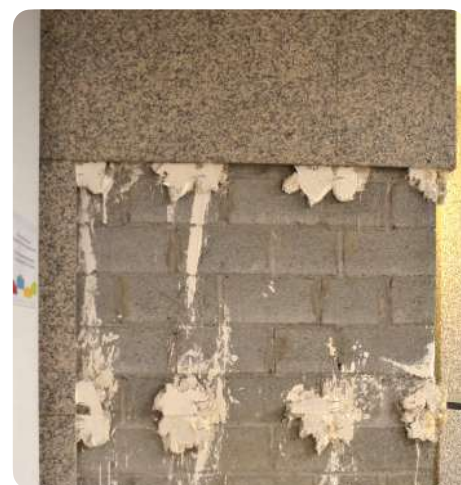
→ **Samenstelling van de partij.** De partij platen voor hergebruik bestaat uit elementen van dezelfde geologische aard (graniet, marmer, kalksteen, etc.) en eventueel zelfs met eenzelfde oorspronkelijk gebruik en/of regio van herkomst (binnentoepassing, vorstgevoelig gebied, etc.). Het is raadzaam om een aaneengesloten oppervlak te bekleden met elementen van eenzelfde lot. Voor minder veeleisende toepassingen kunnen ook gemengde partijen gebruikt worden.

→ **Dikte.** De dikte van natuursteenplaten voor muurbekleding is van invloed op hun mechanisch gedrag. Dit kenmerk dient te worden bepaald op basis van verschillende criteria: aard en textuur van het gesteente, beoogd gebruik, formaat, plaatsing, plaatsings- en verankeringsmethode, aard en intensiteit van de belastingen (wind, trillingen, schokken, vochtigheid, thermische vervormingen, kruip en krimp van de tussenstructuur, etc.). In de meest voorkomende gevallen wordt voor mechanisch bevestigde zachte en middelharde kalkgesteenten (volumieke massa < 2.500 kg/m³) over het algemeen een dikte van 4 cm noodzakelijk geacht. Deze kan voor dichtere steensoorten (marmer, graniet, hardsteen, etc.) worden verminderd tot 3 cm, of onder zeer specifieke voorwaarden (harde en homogene steen, goede kwaliteit van de ankers, opvang bij een val, etc.) zelfs tot minder dan 2 cm. Dit dient dan via specifieke procedures te worden verantwoord. Voor een gelijkde uitvoering daarentegen moeten de platen tussen de 1 en 2 cm dik zijn, afhankelijk van de volumieke massa van de steen.

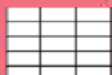
→ **Afmetingen.** De afmetingen van de natuursteenplaten voor hergebruik verschillen doorgaans van de ene partij tot de andere. Afhankelijk van de oorspronkelijke toepassing kunnen ze ook binnen eenzelfde partij verschillen. Het is belangrijk de gewenste afmetingen en de maattolerantie te specificeren. Goed om weten: in de uitvoeringsnormen zijn verschillende eisen vastgelegd in verband met de bevestiging, in functie van de oppervlakte van elke plaat, de verhouding tussen de lengte en de breedte (meestal ongeveer 1:3 voor buitentoepassingen en tot 1:5 voor binnen) en ook de hoogte waarop ze

worden geplaatst (minder dan 6 m, tussen 6 en 28 m, etc.). Voor platen met ongewone afmetingen kan bijgevolg een specifieke aanpak vereist zijn.

→ **Kleur.** Natuurstenen vertonen van nature een grote verscheidenheid aan kleuren en uiterlijke kenmerken. Afhankelijk van de toepassing (bv. in de context van een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk worden gespecificeerd door een algemene tint of een welbepaalde kleur op te geven. Men kan ook vragen de platen te mengen om een gelijkmatige kleurverdeling te verkrijgen.



Demontage van platen in graniet voor binnenmuurbekleding



→ **Staat.** Behalve mortel-, verf- en bitumenresten, kunnen gerecupereerde natuursteenplaten ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, afschilferingen, kleine barstjes, kraters, krasen, vlekken (druipsporen, vetvlekken, kringen, oxidatie), etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de natuursteenplaten, evenals op hun plaatsing; maar ze vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik, behalve voor zeer specifieke toepassingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Eventueel kunnen deze beschadigingen worden bijgewerkt met bepaalde oppervlaktebehandelingen of zelfs worden afgezaagd.

De partij mag echter geen elementen bevatten die ernstige beschadigingen vertonen die de structurele integriteit van het element kunnen aantasten (bv. grote barsten, breuken, afgesprongen stukken of andere gebreken in de steen ter hoogte van de bevestigingspunten). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren.

Let op de gaten van de oude haken of ankers. Soms zijn de platen onzorgvuldig losgemaakt, waardoor de gaten 'kraters' zijn geworden. Soms zijn de gaten gevuld door de morteldotten. De gaten kunnen ter plaatse of in een atelier worden hersteld met geschikt gereedschap.

→ **Afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) eisen en de steensoort moet worden gespecificeerd hoe het zichtvlak en de randen van de natuursteenplaten er moeten uitzien (onbewerkt, gezaagd, gepunthamerd, gegritstraald, gevlamd, gepolijst, verzoet, etc.). Sommige afwerkingen (grofgezaagd, geslepen, etc.) kunnen ervoor zorgen dat de gevel minder zonne-energie absorbeert, wat nuttig kan zijn bij gevels met donkere, gelijkde stenen die bijdragen tot het ontstaan van hitte-eilanden in steden en door de zon kunnen loskomen.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken kunnen garanderen. Het is ook nuttig een extra benodigde hoeveelheid in rekening te brengen in het geval van hergebruik in situ. Daarnaast wordt aangeraden om een reservevoorraad natuursteenplaten te voorzien voor eventuele latere herstellingen. Afhankelijk van het gekozen legpatroon

zal een grotere of kleinere marge noodzakelijk zijn vanwege de hoeveelheid snijverlies.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controletestprocedure uitgevoerd worden op basis van een contractueel monster en een bemonstering bij ontvangst.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).

Ontwerptip!

Over het algemeen wordt de integratie van hergebruikstenen in een project aanzienlijk vergemakkelijkt door de volgende ontwerpstrategieën:

- een legpatroon dat platen van verschillende afmetingen toelaat, bijvoorbeeld een wildverband.
- het mengen van verschillende loten om een willekeurige verdeling van de kleurschakeringen te verkrijgen, of net het apart gebruiken van verschillende loten voor verschillende ruimtes.



Boven: intact pengat
Onder: pengat gevuld met mortel



Pengat, verwijd tijdens de ontmanteling



Pengat, verwijd tijdens de ontmanteling

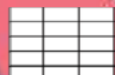
Meer lezen!

Meer lezen over de evaluatie van de eigenschappen van gerecupereerde platen natuursteen voor gevelbekleding:

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi de revêtements de façade en pierre naturelle attachée
- Fondation Bâtiment Énergie (in het Frans)

<http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-facade-V5.pdf>





Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Wanneer de steensoort bekend is, is het meestal mogelijk de algemene eigenschappen van een lot gerecupereerde natuurstenen elementen te bepalen. Deze informatie is waardevol bij het beoordelen van hun geschiktheid voor beoogde gebruik.

Zie bijvoorbeeld: www.febenat.be; www.stonenaturelle.fr; www.pierreetsol.com; www.wtcb.be; etc.

In de volgende tabel (Tabel 1) worden ter informatie enkele bekende prestaties opgelijst van een aantal gesteentes die vaak voorkomen bij hergebruikplaten. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen platen van eenzelfde gesteente verschillende prestaties kunnen vertonen.

De geharmoniseerde Europese norm EN 1469 omschrijft (in functie van de context) de relevante eigenschappen voor het bepalen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van natuursteenplaten voor muurbekledingen. Hoewel deze eigenschappen beschreven worden voor nieuwe materialen, rechtstreeks afkomstig uit de mijnbouw en verwerkende industrie, kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van hergebruikplaten voor binnen- en buitengebruik (Tabel 2).

Tip!

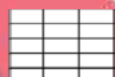
Indien de prestaties bepaald moeten worden in het laboratorium, dan moet er een representatief staal van de betreffende partij worden genomen. Het aantal en de afmetingen van de te nemen monsters zijn afhankelijk van het soort test dat moet worden uitgevoerd. Om bruikbare testresultaten te verkrijgen, moet de bemonsteringsprocedure zeer nauwgezet worden gevolgd. U kunt hierbij beroep doen op een specialist om de monsters en de uit te voeren tests te bepalen. De specialist zal er bijvoorbeeld op toezien dat de eigenschappen van verschillende monsters onder dezelfde belasting worden beoordeeld om een representatieve gemiddelde waarde te verkrijgen. De testprocedures zullen worden bepaald op basis van de oorspronkelijke en nieuwe toepassingen van de natuursteenplaten.

Tabel 1 : Technische kenmerken van de meest gangbare steensoorten die worden gebruikt voor muurplaten.

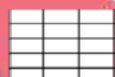
	Schijnbare volumieke massa (kg/m ³)	Buigsterkte (MPa)	Poreusheid	Slijtagegedrag
Zandsteen	2000 - 2700	3 - 14	weinig poreus (0,5 tot 25%)	goed tot zeer goed
Zachte kalksteen (bv. witte kalksteen)	< 2500	2-17	poreus (5 tot 50%)	goed
Compacte kalksteen (bv. blauwe hardsteen)	> 2500	2-17	weinig poreus (0,2 tot 5%)	goed
Graniet	2500 - 3000	8 - 25	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	zeer goed
Marmer	2600 - 2900	8 - 22	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	goed

Tabel 2 : Relevante kenmerken om de geschiktheid voor beoogd gebruik van natuursteenplaten, als muur- of gevelbekleding te bepalen

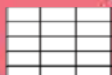
Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	x	x	De natuursteenplaten kunnen afkomstig zijn van toepassingen die gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende afkomst. Hoewel het meestal mogelijk is om de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bv. een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Zeker voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen platen is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	x	x	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikplaten (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de platen gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen platen die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan dus grotendeels opgelost worden door informatie over het oorspronkelijke gebruik van de elementen (buiten- of binnenbekleding) en/of de locatie van demontage.
Schijnbare volumieke massa en open poreusheid	x	x	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [kg/m ³] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus. De open porositeit van een steen wordt bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. De eigenschap wordt uitgedrukt in [volumepercent]. Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen directe invloed op de vorstgevoeligheid van stenen elementen (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Beide kenmerken kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over natuurstenen (zie Tabel 1). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Geometrische kenmerken	x	x	<p>Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikplaten en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de platen opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maattoleranties te bepalen op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) in functie van de plaatsing, het legpatroon, de steensoort en de functionaliteit van de muurbekleding (deze verschillende aspecten worden beschreven in norm EN 1469). Ook de eisen omtrent vlakheid en haaksheid moeten gedetailleerd worden omschreven. Als de plaat bijvoorbeeld wordt vastgezet met een lijm mortel of een dunne laag mortel, dan kunnen strengere toleranties noodzakelijk zijn. Tot slot kunnen sommige natuursteenplaten voor hergebruik van metamorf marmer tijdens hun vorige gebruik zijn kromgetrokken. In functie van de toepassing is het mogelijk dat deze platen niet hergebruikt kunnen worden.</p> <p>Onbewerkte hergebruikplaten vertonen over het algemeen vormonregelmatigheden door hun oorspronkelijke vervaardiging en/of opgelopen slijtage gedurende hun vroegere gebruikperiode.</p>
Buigsterkte	x	x	<p>De buigsterkte R_f [MPa] is een mechanische eigenschap die het vermogen van de stenen aangeeft om weerstand te bieden aan buigkrachten tijdens de gebruiksfase. Ze varieert naargelang de steensoort en wordt meestal bepaald door middel van buigproeven, zoals vastgelegd in norm EN 12372.</p> <p>Aan de hand van de buigsterkte kan de toegelaten breukbelasting [kN] van platen in functie van hun afmetingen berekend worden volgens de volgende formule:</p> $P = \frac{R_f \times W \times t^2}{1500 \times L \times F_s} \quad \text{où} \quad P : \text{breukbelasting [kN]}$ <p style="margin-left: 40px;">W, L, t : breedte, lengte en dikte [mm] R_f : buigsterkte [MPa] F_s : veiligheidsfactor, meestal $F_s = 1,6$</p> <p>Bij toepassingen met mechanische verankering in de gevel is de buigsterkte van de steen zelden een probleem. Het is veeleer de sterkte van de ankers die bepalend is voor de weerstand tegen de windbelasting, afhankelijk van de hoogte van het gebouw en de oppervlakte van de platen. Als vuistregel kan worden aangenomen dat compacte stenen van middelmatige grootte ($\approx 0,75 \text{ m}^2$) met een dikte van 3 cm of meer, in de meeste regio's aan deze eisen zullen voldoen.</p>
Sterkte van de bevestiging	x	x	<p>De bevestigingsweerstand moet worden aangetoond volgens de proefnorm EN 13364. Deze moet binnen ten minste 200 N bedragen en buiten ten minste 300 N. Er moeten verschillende bewijzen worden geleverd: de sterkte van de mechanische bevestiging, de plug in de dragende muur, de draadstang, de steen ter hoogte van de verankering en de buigsterkte van de natuursteen loodrecht op de gevel. De eerste 3 criteria worden gewoonlijk door de leveranciers opgegeven in de technische fiches. De sterkte ter hoogte van de ankerbout kan worden bepaald door middel van specifieke proeven die worden beschreven in de norm EN 13364.</p>
Hechtsterkte (bij verlijming)	x	x	<p>De hechtsterkte en de duurzaamheid zijn afhankelijk van verschillende belangrijke factoren: het type mortel/lijmmortel, de te verlijmen oppervlakken, de weersomstandigheden, etc.</p>
Waterdampdoorlatendheid	x	x	<p>De waterdampdoorlaatbaarheid van een steen beschrijft de hoeveelheid waterdamp die bij een gegeven dampdruk en gedurende een bepaalde tijd door het materiaal dringt. Deze eigenschap moet worden beoordeeld als de natuursteenplaat bedoeld is voor gebruik op een plaats waar er eisen gelden op het vlak van waterdampbeheersing. De doorlaatbaarheidscoëfficiënt kan worden bepaald via een laboratoriumproef of worden verkregen op basis van tabelwaarden overeenkomstig EN ISO 12572 en/of EN ISO 10456.</p>
Directe luchtgeluidsisolatie	x	x	<p>De isolerende kwaliteit van een wand hangt zowel af van de eigenschappen van de wand (stijfheid, volumieke massa) als van de frequentie van het geluid. Ze wordt gekenmerkt door de geluidsreductie-index (gemeten in het laboratorium) of de bruto geluidsisolatie (ter plaatse gemeten). Algemeen geldt dat hoe zwaarder (dikker en dichter) het materiaal is, hoe beter het isoleert, vooral tegen luchtgeluiden. Indien deze eigenschap belangrijk is, kan ze in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1936.</p>



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Warmtegeleidbaarheid	x	x	Het warmte-isolerend vermogen is afhankelijk van de aanwezigheid en de grootte van holten in een materiaal. De warmtegeleidbaarheid wordt dan gedefinieerd als de hoeveelheid warmte die per tijds- en oppervlakte-eenheid door het materiaal gaat. Algemeen geldt dat hoe lager de volumieke massa van de platen is, hoe hoger het isolerend vermogen. Indien de platen moeten bijdragen aan de thermische prestaties van een gebouw, kan deze eigenschap in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1745.
Brandreactie	x	x	Overeenkomstig de Beschikking 96/603/EG van de Commissie wordt natuursteen beschouwd als behorend tot brandreactieklasse A1 (zie EN 12 058 voor de uitzonderingen). Let echter op met het gebruik van vulkitten, die deze prestatie kunnen beïnvloeden.
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)		x	Voor buitentoepassingen moeten natuursteenelementen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht en hun mechanische eigenschappen worden aangetast. De herkomst en de staat van een partij natuursteenplaten kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude platen afkomstig van buitentoepassingen hebben tijdens hun eerste gebruiksfase meer vorst-dooicycli doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld (EN 12371). Daarom is het belangrijk de geografische oorsprong en de oorspronkelijke klimatologische omstandigheden van een lot te kennen (bv. een partij afkomstig uit Noord-Europa zal waarschijnlijk geschikt zijn voor een toepassing in het mediterrane klimaat van Zuid-Frankrijk). Doorgaans zijn de minst sterke platen die vorstschade hebben opgelopen al afgevoerd tijdens de sorteer- en reinigingsfase.
Weerstand tegen thermische schokken		x	De weerstand tegen thermische schokken beschrijft de mate waarin de steen bestand is tegen snelle temperatuurschommelingen (bv. een gevel die wordt blootgesteld aan sterke zonnestraling en vervolgens aan regen). Dit kan schade veroorzaken aan dunne gevelbekledingen: barstjes die doorgaans ontstaan ter hoogte van discontinuïteiten (aders, stylolietvoegen, etc.), microscheurtjes tussen de korrels die bij bepaalde gesteenten tot granulaire decohesie of kromtrekking kunnen leiden (o.a. in marmer en marmerachtig kalksteen). Maar net zoals bij bovenstaande eigenschap hebben veel oude natuursteenplaten tijdens hun eerste gebruiksfase meer cycli van thermische schokken doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm (EN 14066). Door een simpele visuele inspectie van de platen kunnen beschadigde elementen worden uitgesorteerd.
Weerstand tegen thermische en vochtcycli		x	Voor buitentoepassingen moeten elementen van kristallijn marmer hun goede weerstand tegen granulaire ontbinding kunnen aantonen door middel van een beproeving van hun weerstand tegen thermische en vochtcycli. Maar net zoals bij bovenstaande eigenschap hebben veel oude platen tijdens hun eerste gebruiksfase meer thermische en vochtcycli doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm (EN 16306). Door een simpele visuele inspectie van de platen kunnen beschadigde elementen worden uitgesorteerd.
Vlekgevoeligheid	x	x	Bij de beoordeling van deze eigenschap wordt een onderscheid gemaakt tussen de 'interne' vlekvorming door de reactie van bepaalde bestanddelen die in de natuursteen aanwezig zijn (metaalhoudende mineralen of organische stoffen die aanwezig zijn in de steen) en de 'externe' vlekvorming door contact met een product dat vlekken maakt. Inwendige verkleuring is in de eerste plaats een esthetische kwestie en het is dan ook aan het projectteam om te bepalen welke wijzigingen van het uitzicht aanvaardbaar zijn voor het beoogde gebruik. De vlekgevoeligheid houdt rechtstreeks verband met de poreusheid van de steen. Hoe hoger de poreusheid, hoe makkelijker de steen vloeistoffen (en dus verontreiniging) absorbeert en hoe gevoeliger hij is voor vlekken. Een poreusheid lager dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te doen afnemen. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het zichtvlak van de hergebruiktelementen voor hun eventuele bewerking. Er bestaan oppervlaktebehandelingen om deze prestatie te verbeteren door de infiltratie van vette stoffen in de openingen van de steen te vertragen.



Beschikbaarheid

Het aanbod van hergebruikplaten uit natuursteen voor muurbekleding is nogal wisselend. De grootte van de partijen kan variëren van enkele tientallen tot enkele honderden vierkante meter. Voor grote bestellingen is het verstandig al vroegtijdig navraag te doen bij professionele leveranciers.

Gevaarlijke stoffen

Sommige buitenstenen kunnen in contact zijn geweest met gevaarlijke stoffen (vervuiling, graffiti, urine, etc.) en deze hebben geabsorbeerd, vooral wanneer ze poreus zijn. Bij gebrek aan meer specifieke informatie hierover wordt daarom aanbevolen deze niet te gebruiken voor toepassingen die in contact komen met levensmiddelen en mensen

Richtprijzen (excl. btw)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de Noordwest-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naar gelang de leverancier, de soorten platen en de mate van sortering en reiniging.

- Platen in Bourgondische steen van willekeurige grootte (dikte 2 tot 4 cm): ~ 15 - 25 €/m²
- Platen van rood graniet, afkomstig van een kantoorstoren: ~ 20 €/m²
- Platen in Paloma-marmer (dikte 3 cm) in goede staat, met verschillende afmetingen: ~ 50 €/m²
- Platen in Belgische blauwe hardsteen (dikte 3 cm) in goede staat, met verschillende afmetingen: ~ 120 €/m²

- Platen in Carrara-marmer (87 × 84 × 5 cm) krassen en kleine afschilferingen mogelijk, sporen van een haakse slijper op de randen: ~160 €/m²

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Granietplaten *	31,8	0,6
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Marmerplaten *	16,3	0,3
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Kalksteenplaten *	14,9	0,3

* Indicatieve waarde voor een gevelbekleding van 1 m², met een dikte van 2 cm en een oppervlaktemassa van 52 kg/m²



Naargelang de bron en de steensoort voorkomt het hergebruik van 100 m² natuurstenen platen de uitstoot van ~ 1 492 tot ~ 3 175 kg CO₂-eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tabletten (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 9 000 tot ~ 19 000 km in een kleine dieselauto.



Recuperatie van 5.300 m² natuursteenplaten van rood graniet afkomstig van de gevels van de Tour Cèdre in La Défense, Parijs (FR). © Incomex <http://pierre-reemploi.com/offre/granit-rouge-de-facade-nr01/>



SCHRIJNWERK



- Brandwerende binnendeuren
- Binnendeur - Houten paneeldeur



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het product

Brandwerende binnendeuren spelen een belangrijke rol bij de passieve brandpreventie. Ze dienen niet alleen als doorgang voor de gebruikers (en voor hun evacuatie in geval van brand), maar dragen ook bij aan de compartimentering van gebouwen om zo de verspreiding van een brand te vertragen en een interventie van de hulpdiensten mogelijk te maken.

Het gebruik van branddeuren is verplicht in bepaalde gebouwtypes, zoals kantoor-, appartements- en publieke gebouwen (scholen, etc.). De aard van de deuren, de prestatie-eisen waaraan zij moeten voldoen en hun plaats in het gebouw worden geregeld door nationale voorschriften.

Het hergebruik van branddeuren is een interessant uitdaging. In de context van gebouwen met relatief korte renovatiecycli worden ze vaak al na enkele jaren van gebruik afgedankt, terwijl ze nog in goede staat verkeren (hun referentielevensduur wordt op 30 jaar geraamd). Door de manier waarop deze deuren samengesteld zijn uit verschillende types materialen vormen ze daarbovenop afval dat niet erg geschikt is voor recycling. Hun hergebruik is dus ecologisch zeer interessant, maar natuurlijk dragen ze ook bij aan een zeer essentiële eis voor gebouwen, die absoluut niet licht mag worden opgevat. Dat hun hergebruik mogelijk is binnen deze zeer strikte context werd reeds bewezen binnen enkele pilotprojecten.

Het volledige deurblok moet brandwerend zijn. Daarbij speelt elk onderdeel zijn rol:

A. Het **deurblad** (of de deurvleugel, d.w.z. het bewegende deel). Dit bestaat meestal uit een sandwichpaneel van verschillende lagen brand- en vochtbestendige materialen (hout, houtvezels, staal, etc.) waartussen isolatiemateriaal is aangebracht (minerale wol, gips, perliet, kurk, minerale

vezelplaat, houtvezelplaat, etc.). Ook de eventuele beglazingselementen van het deurblad zijn van brandwerend glas. Het deurblad is doorgaans uitgerust met een aantal toebehoren, zoals handgrepen, paumelles of scharnieren, sloten, spionnen, etc.

- B. Het **vast kader** (ook 'omlijsting' genoemd). Deze is gemaakt van een voldoende brandwerend materiaal (staal, massief hout, gelijmd gelamelleerd hout of gebonden houtvezels). Afhankelijk van het model kan het kader ook een bovenlicht of een vast beglazingselement bevatten.
- C. Voor de aansluiting van het deurenkader met de muur wordt ook een brandwerende **afdichting** gebruikt (bv. rotswol, brandwerend gemaakte polyurethaan-schuimisolatie, etc.)
- D. Daarnaast worden **opzwellende** (of opschuimende) **materialen** geïntegreerd in de structuur van het deurblad, in het deurenkader, rond het slot en in bepaalde toebehoren (bv. de ventilatieroosters). Deze producten hebben de eigenschap dat ze bij blootstelling aan hitte opzwellen, waarbij ze openingen en spleten afsluiten en zo verhinderen dat hete gassen en rook langs of door de deur kunnen passeren. Het opzwellen gaat meestal ook gepaard met een endotherme reactie waarbij warmte wordt geabsorbeerd.
- E. Bovendien zijn deze deuren over het algemeen voorzien van een **sluitmechanisme** dat de deur ofwel automatisch sluit elke keer nadat ze geopend wordt, ofwel automatisch sluit wanneer er brand gedetecteerd wordt, waarbij ze wel kunnen worden geopend om een evacuatie mogelijk te maken indien nodig. Deze mechanismen kunnen eenvoudige deurdrangers, elektromagneten, smeltzekeringen of paniekopeners zijn.



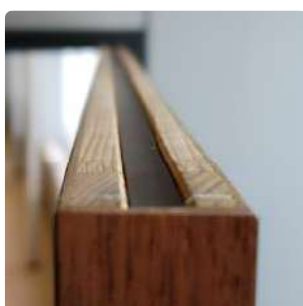
Voorbeeld van een branddeur

- F. Om de gewenste brandwerendheid te garanderen, zijn ook een correcte installatie en zorgvuldig onderhoud van het volledige deurblok absoluut noodzakelijk.

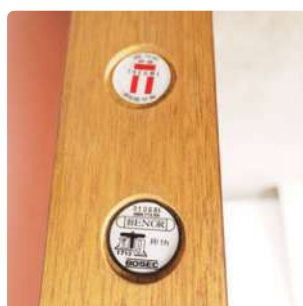
Binnen deze randvoorwaarden zijn er zeer uiteenlopende modellen van branddeuren. Ze kunnen onderscheiden worden volgens de materialen die worden gebruikt voor het deurblad en het kader, het aantal deurbladen (één of meer), het openingsprincipe (draai-deur, zwaai-deur of schuif-deur), de draairichting (links of rechts), het sluitmechanisme in geval van brand (bv. automatische deurdranger) of de oorspronkelijke fabrikant. Branddeuren zijn te herkennen aan het conformiteitslabel op de rand van het deurblad (aan scharnierzijde), waarop de brandwerendheidsprestaties vermeld staan.



Elektromagnetische vacuüm-grijper



Zwelstrip



Conformiteitslabel



Automatische deurdranger



Recuperatie van het product

Momenteel wordt van branddeuren vooral het deurblad gerecupereerd voor hergebruik.

Om de volgende redenen is het heel zeldzaam dat ook het kader wordt teruggewonnen:

- Het kader kan vaak moeilijk worden gedemonteerd zonder het te beschadigen. Bovendien is het element ook na demontage kwetsbaar en vereist het uitstekende transport- en opslagomstandigheden.
- De afmetingen van de nieuwe locatie zijn niet altijd identiek aan die van de oorspronkelijke locatie, waardoor er mogelijk aanpassingen nodig zijn aan het kader.
- Wanneer het deurblok in zijn geheel wordt gerecupereerd, moeten de elementen bij elkaar worden gehouden of correct worden geïnventariseerd om te voorkomen dat ze door elkaar worden gehaald, wat een erg precieze logistieke operatie en/of inventarisatie vereist.

De branddeuren kunnen ter plaatse worden hergebruikt of via professionele hergebruikhandelaars. Hun recuperatie bestaat uit de volgende handelingen:

→ **Demontagetest** (of deskundig advies): Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse, of op basis van foto's en technische informatie over de fabrikant, het model, de afmetingen, de vermoedelijke hoeveelheid en de geldigheid van het conformiteitscertificaat. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat van het lot. Kan het kader worden gerecupereerd? Zijn de onderdelen in goede staat (deurbladen, kader, sloten, hang- en sluitwerk, schuimvormende producten, etc.)? Zijn de conformiteitslabels aanwezig en zijn ze nog geldig?;
- de commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, de eventuele reparaties, het verkooppotentieel, de compatibiliteit van onderdelen, etc.;
- de logistieke omstandigheden op de demontageroep, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Demontage**. Een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de elementen te garanderen (hetzij van het deurblok in zijn geheel, hetzij enkel van het deurblad plus toebehoren). Elk element van hetzelfde deurblok moet correct worden genummerd of geïnventariseerd. Het is raadzaam de losse scharnieren, handgreep-elementen, cilindersloten en sluitelementen (deurdrangers, elektromagneten) te demonteren om het risico op beschadiging tijdens demontage en opslag tot een minimum te beperken. De slotkasten daarentegen moeten op hun plaats blijven om het opzwellende materiaal rond de slotkast niet te beschadigen. De elementen worden gesorteerd volgens model, kwaliteit en afmetingen. Let op: het hoge gewicht van sommige branddeuren vereist speciale hijsvoorzieningen (branddeuren van 100 kg of meer zijn niet ongevoel!).

→ **Opslag**. De deurbladen worden bij voorkeur op hun (lange of korte) smalle kant opgeslagen in geschikte rekken, met een passende bescherming (schuimstroken, schuimhoeken, tussenschoten, etc.). Indien de deuren op hun lange kant worden opgeslagen moet dat gebeuren met het slot naar boven gericht. Wanneer ook het kader wordt gerecupereerd, moet men erop letten dat dit niet wordt verwrongen. Bij een metalen kader uit één stuk is meestal een verstevigingslat (van hout) nodig om de stijlen te verbinden en te voorkomen dat ze vervormen. De elementen worden opgeslagen in een vorstvrije en vochtvrije omgeving, beschermt tegen weersinvloeden.

→ **Behandelingen**. Afgezien van een oppervlakkige reiniging van de elementen, voorzien de gespecialiseerde bedrijven uit de hergebruiksector doorgaans geen specifieke behandelingen. Een hergebruikbranddeur wordt over het algemeen opnieuw normconform gemaakt op het moment dat ze door de plaatser wordt geïnstalleerd.



Ijzerwerk



Verticale stockage

→ **Transport en levering**. De nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen om beschadiging van de elementen te beperken: bescherming van de hoeken en randen, voorzien van tussenlagen tussen de verschillende deuren, omsnoering van de elementen, etc. Ook hier moet rekening worden gehouden met het zware gewicht van sommige branddeuren.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Voor ze op de markt worden gebracht, beschikken *nieuwe* brandwerende deurblokken bijna altijd over een conformiteitscertificaat, alsook over een technische fiche en plaatsingsvoorschriften, opgesteld door de fabrikant. Dit garandeert hun brandwerende eigenschappen en hun prestaties bij conventioneel gebruik en gedurende een welbepaalde periode, wanneer aan de plaatsingsvoorschriften is voldaan. Deze vrijwillige certificatie van de producenten is niet verplicht (op het moment van schrijven is de CE-markering eveneens nog niet verplicht voor brandwerende binnendeuren).

De brandwerendheid van de deurblokken wordt beoordeeld op basis van destructieve proeven op geïnstalleerde proefstalen, volgens de Europese beproevingsnorm EN 1634-1+A1. Aan de hand van de resultaten wordt dan een prestatieklasse toegekend aan het deurbloksysteem volgens de classificatie van de Europese norm EN 13501-2 (of de nog geldende nationale norm, zie kader). Deze classificatie houdt rekening met de volgende parameters:

- R = Draagvermogen of stabiliteit bij brand. Structurele elementen mogen bij brand niet bezwijken. Dit geldt niet voor branddeuren, aangezien dit niet-structurele scheidingselementen zijn.
- E = Vlamdichtheid. Gedurende een bepaalde tijd mogen de vlammen niet door het element kunnen dringen via spleten of openingen.
- I = Thermische isolatie wat betreft temperatuur. De deur moet voorkomen dat de brand zich verspreidt door warmteoverdracht, waardoor onderdelen aan de niet aan brand blootgestelde zijde vlam zouden kunnen vatten.
- W = Thermische isolatie wat betreft warmtestraling. De deur moet voorkomen dat de brand zich verspreidt door warmtestraling, waardoor onderdelen aan de niet aan brand blootgestelde zijde vlam zouden kunnen vatten.

Tot 2016 gebruikte elk Europees land zijn eigen normatieve systeem en notatie. Bijvoorbeeld: Rf 30 / Rf 60 in België voor deurblokken met een brandwerendheid van 30 of 60 minuten, WBD in Nederland, SF/PF/CF in Frankrijk, FD in het Verenigd Koninkrijk, etc.



Branddeuren worden ingedeeld in vier klassen: E11, E12, E of EW. De nationale voorschriften bepalen de vereiste klassen naargelang de typologie van de gebouwen, het gebruik van de ruimten, etc. In België is bijvoorbeeld alleen klasse E11 (de strengste klasse) toegestaan. Er gelden ook eisen voor de weerstandsduur (bv. E11 30, E11 60, E11 90, E11 120; classificatie op basis van de regels van norm 13501-2). Voor sommige toepassingen (bv. deuren van trappenhuizen in gebouwen met meerdere verdiepingen) worden ook prestaties inzake rookdichtheid gevraagd.

Naast hun brandwerendheid moeten branddeuren ook voldoen aan de eisen inzake hun gebruiksgeschiktheid als klassieke deur. Deze hebben betrekking op de afmetingen, vlakheid, mechanische prestaties, akoestiek, veiligheid, manoeuvreerbaarheid, duurzaamheid, vochtbestendigheid, etc.

In geval van *hergebruik* kan de geschiktheid voor beoogd gebruik van branddeuren worden beoordeeld op de volgende manieren:

1. *Beoordeling op basis van het oorspronkelijke conformiteitscertificaat.* Bij aankoop van een deur (of bij de inventarisatie) moet worden nagegaan of de staat van de deur overeenstemt met de informatie in de technische fiche en/of op het conformiteitscertificaat van de fabrikant. Het conformiteitslabel op de deur vermeldt de naam van de certificatie-instelling, de keuringsmethode, de brandwerendheidsklasse (volgens de oude nationale classificaties of de Europese geharmoniseerde classificatie), het certificaatnummer en eventuele onderhoudscontroles.

Eventuele aanpassingen aan de deuren moeten strikt in overeenstemming zijn met de richtlijnen van de technische fiche die bij het conformiteitscertificaat is gevoegd. Hierin wordt uitgelegd wat wel en niet mogelijk is wat betreft het uitzetten van de cilindergaten, het vervangen van de slotkast, het aanbrengen van verstevigingsplaten, het doorboren van het deurbord of het

Het conformiteitscertificaat en de technische fiche zijn doorgaans verkrijgbaar bij de fabrikant of de certificatie-instelling (dikwijls gewoon via hun website). De geldigheidsduur kan door de producent worden verlengd. Deuren die tijdens de geldigheidsduur van het certificaat zijn geïnstalleerd, worden dus geacht conform te zijn, op voorwaarde dat de installatie strikt volgens de instructies uit de technische fiche is uitgevoerd. Indien het certificaat niet meer geldig is, betekent dit niet noodzakelijk dat de brandwerendheidsprestaties van de deur niet meer geldig zijn, maar eerder dat de fabrikant de productie van dit type deur heeft stopgezet en het certificaat niet heeft verlengd. Bij grote partijen kan het nuttig zijn contact op te nemen met een erkende keuringsinstantie om te beoordelen of een hercertificatie aangewezen is. In ieder geval is het raadzaam om bij twijfel over de brandveiligheid van de gebouwen het advies van de bevoegde instanties in te winnen.

kader, het vervangen van de handgrepen en scharnieren of het aanpassen van de afmetingen van het deurbord of het kader, etc. Als het deurbord licht moet worden geschaafd (bv. om zijn positie in het kader bij te stellen of nadat een nieuwe vloerbedekking is geplaatst), is het essentieel dat de zwelstrips die zich binnen in het deurbord bevinden niet zichtbaar worden door het verwijderen van materiaal.

Bijzondere aandacht moet ook worden besteed aan eventuele waterschade. Tekenen zoals vochtvlekken, oneffenheden of beschadigingen aan de onderrand van het deurbord kunnen vaak wijzen op een beschadiging van de opzwellende producten in het deurbord. Voor de zichtbare zwelstrips kan er ook visueel worden gecontroleerd of ze zich nog in hun oorspronkelijke staak bevinden (niet gezwollen of op een andere manier beschadigd).

2. *Beoordeling van het deurbord of het volledige deurblok door een erkende installateur.* Die kan de elementen opnieuw installeren volgens de vereiste voorschriften. De installateur kan indien nodig ook de elementen voor het deurkader en het hang- en sluitwerk bestellen voor een conforme herinstallatie (zie toepassing en uitvoering).

3. *Hercertificatie.* Op verzoek van een van de betrokken partijen (bouwheer, architect, aannemer, installateur, verzekeraar, etc.) kan een hergebruikdeur ook opnieuw of aanvullend worden gecertificeerd door een erkende keuringsinstantie voordat ze opnieuw in gebruik wordt genomen.



Toepassingen en plaatsing

Het is meestal gemakkelijker om een gerecupereerd deurblad (en zijn hang- en sluitwerk) in een nieuw kader en met nieuwe scharnieren te installeren. De fabrikanten van brandwerende deurblokken kunnen doorgaans de nodige onderdelen leveren voor een conforme herinstallatie. De technische instructies bij het originele conformiteitscertificaat geven informatie over andere uitvoeringsmogelijkheden en de toepassingsdetails: compatibiliteit met producten van een andere fabrikant, constructie van een kader op maat volgens de beschreven specificaties, compatibiliteit van de sloten en scharnieren, etc.

Het wordt ten zeerste aanbevolen de deur te laten plaatsen door een erkende installateur die ook een plaatsingsrapport kan opstellen en een conformiteitslabel op het geplaatste product kan aanbrengen.

In dat opzicht verschilt de installatie van hergebruikbranddeuren niet van die van nieuwe branddeuren. Ze vereist dezelfde aandachtspunten en moet in overeenstemming zijn met de voorschriften van de fabrikant, de technische instructies bij het oorspronkelijke conformiteitscertificaat, de geldende regels van goed vakmanschap en de uitvoeringsnormen. Deze hebben betrekking op de conformiteit van de volgende aspecten:

- afmetingen van de deur (deurblad, deurkader, aanslag, etc.);
- toebehoren (sloten, scharnieren, sluitsysteem, etc.);
- materialen (densiteit van het hout voor de vervaardiging van een kader op maat, alsook type en stijfheid van de vloerbedekking onder deur, etc.);
- uitvoering van een kader op maat;
- aansluiting tussen het kader en de ruwbouw (soort isolatie, dikte, etc.);
- afstelling van het systeem (speling rond de deur, afstand tot de vloer, vlakheid, vloerbedekking, etc.);
- werking bij brand (vb: werking van het automatische sluitsysteem);
- aanwezigheid en plaats van het conformiteitslabel (+ onderhoudssticker);
- etc.

Om de prestaties en de goede werking van het deurblok gedurende de volledige levensduur te garanderen, is regelmatig onderhoud noodzakelijk: schoonmaken, smeren van het hang- en sluitwerk, vervangen van versleten of ontbrekende onderdelen, bijstellen van de speling tussen het deurblad en het kader, visuele inspectie van de zwelstrips, reparatie van kleine beschadigingen, controle op vochtschade, etc.

Branddeuren kunnen ook worden hergebruikt als 'klassieke' deuren (d.w.z. deuren waarvoor geen brandwerendheidseisen gelden). In dat geval zijn kleine beschadigingen, aanpassingen of veranderingen van de afmetingen minder van belang. Het is dan nodig het conformiteitslabel te verwijderen om te vermijden dat de deur later opnieuw als branddeur wordt geïnstalleerd.



Voorbeeld 1: voor hergebruik



Voorbeeld 1: na hergebruik



Voorbeeld 2: voor hergebruik



Voorbeeld 2: na hergebruik



Beschikbaarheid

Het aanbod van en de vraag naar branddeuren op de hergebruikmarkt is slechts beperkt. Het materiële aanbod is hoofdzakelijk te vinden bij gespecialiseerde handelaars (of sloopbedrijven) die actief zijn in stedelijke gebieden. De beschikbare partijen bevatten vaak minder dan 10 dezelfde stuks. Meestal zijn alleen de deurbladen en bepaalde onderdelen van het hang- en sluitwerk beschikbaar.

Het is echter mogelijk om grotere partijen te vinden door op zoek te gaan naar deuren die vrijkomen bij afbraak- en renovatiewerken van grote gebouwen. Door contact op te nemen met de betrokken partijen (bouwheer, afbraakaanemer, etc.) kunnen zo tientallen of zelfs honderden branddeuren voor hergebruik worden gevonden.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) zijn enkele richtprijzen afgeleid. Er zijn vrij weinig verschillen tussen de modellen. Ze kosten ongeveer 50 tot 70 €/stuk voor intacte vleugels van branddeuren.

Ter informatie: het totale budget voor de installatie van een nieuwe standaard branddeur van het type EI1 60 ligt vaak tussen €600 en €1300.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen



Oude branddeuren (van vóór 1997) kunnen *asbest* bevatten.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu



Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./FE
INIES database (FR) - MALERBA - Individuele aangifte - Brandwerend houten deurblad in houten kader *	44,4
INIES database (FR) - MALERBA - Individuele aangifte - Brandwerend houten deurblad in metalen kader *	18,6
ASSA ABLOY - Individuele verklaring - Brandwerend stalen deurblad in metalen kader *	40,9

* FE (Functionele Eenheid) = vierkante meter openingsoppervlak vóór installatie



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 1 m² van een standaard brandwerend deurblok (totale grootte) de uitstoot van ~19 tot ~44 kg CO₂-eq, gerelateerd aan de productie van nieuwe exemplaren (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto voor een traject van ~112 tot ~266 km.

Opgelet: deze cijfers moeten naar beneden worden bijgesteld indien alleen het deurblad wordt hergebruikt.

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het product

Houten paneeldeuren, ook wel **'klassieke deuren'** genoemd, bestaan al meer dan 500 jaar, hebben in de loop der tijd vele uitvoeringen gekend en worden ook vandaag nog steeds gemaakt. Ze zijn stabiel te verkrijgen op de hergebruikmarkt, in een grote verscheidenheid aan vormen, stijlen en materialen (massief hout, half massief hout, multiplex, spaanplaat met gelamineerde coating, gelijmd gelamelleerd hout, etc.). Het meest voorkomende model is de enkele draaideur. De meest gebruikte houtsoorten zijn eik, es, den en andere soorten naaldhout, meranti, notenhout, en in mindere mate exotische houtsoorten.

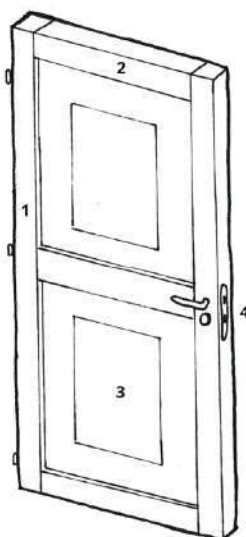
Deze fiche heeft betrekking op zogenaamde **'verbindingsdeuren'** voor interieurs. Deze deuren hebben geen bijzondere technische kenmerken op het vlak van brandwerendheid, warmte-isolatie, geluidsisolatie, inbraakveiligheid of stabiliteit; en ze worden tussen twee leefruimten geplaatst die geen grote klimatologische verschillen vertonen m.b.t. temperatuur en luchtvochtigheid. Deze fiche geldt niet voor buitendeuren, bordesdeuren of kelderdeuren.

Over het algemeen bestaat een gebruiksklaar **binnendeurblok** uit:

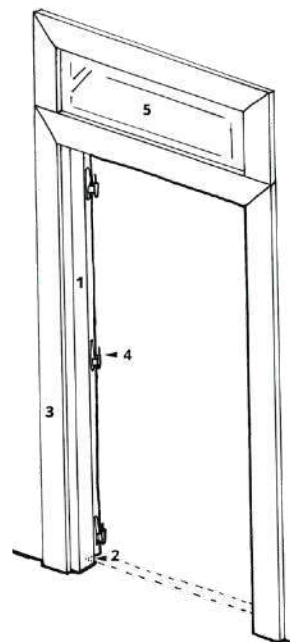
→ *Een of twee deurbladen*, ook wel 'vleugels' genoemd: dit is het bewegende deel van de deur. Deze bestaan uit een assemblage van stijlen en dwarsregels (vaak van massief hout of van gelijmd gelamelleerd hout), en vulelementen (vaak zijn dit o.a. panelen van massief hout, multiplex, spaanplaat of glas). Niet-massieve elementen zijn meestal bekleed met een laag natuurlijk houtfineer. De panelen van een deurblad zijn meestal niet vast verbonden met de stijlen en regels, zodat ze niet barsten wanneer het hout werkt. Het deurblad is doorgaans voorzien van een aantal toebehoren, zoals handgrepen, paumelles of scharnieren, sloten, etc. Het aantal panelen, het uitzicht van de sierlijsten en de detaillering van het schrijnwerk zijn vaak kenmerkend voor een stijl of periode.

→ *Een vast kader*, (ook 'deurkader', 'kozijn' of 'omlijsting' genoemd). Deze bestaat meestal uit verschillende elementen die rond de opening zijn vastgezet. Het kader dient als afwerking rond de opening en maakt het mogelijk de deurvleugel er optimaal aan aan te passen. Afhankelijk van het model kan het kader ook een bovenlicht of een vast paneel in glas bevatten.

1. Aanslag
2. Sponning
3. Omlijsting; deurkader
4. Scharnier
5. Bovenlicht



Anatomie van een deurblad



Anatomie van een deurkozijn



Deur met 8 panelen, waarvan 6 in glas, geschilderd



Deur met 2 rechte volle panelen, onbewerkt



Deur met 3 panelen, waarvan 1 glaspaneel, stijl 'Napoleonhoed', gevernist



Deur met 3 rechte volle panelen, geschilderd

**Recuperatie van het product**

Binnenpaneeldeuren bevinden zich vooral in woongebouwen, maar ook in oude schoolgebouwen, kloosters, klinieken, etc.

Meestal kunnen de deurbladen relatief eenvoudig worden gerecupereerd. Een zorgvuldige demontage van het deurkader kan echter moeilijker zijn. Dit hangt voornamelijk af van de oorspronkelijke uitvoering en de aard van de materialen die werden gebruikt. Geperst hout, dat van recentere datum is, leent zich doorgaans moeilijker voor een zorgvuldige demontage dan oudere elementen van massief hout. Het deurkader is ook kwetsbaarder voor beschadiging tijdens transport en opslag. In de praktijk worden kaders vaak alleen gerecupereerd wanneer ze van bijzondere waarde zijn vanwege hun ouderdom, hun stijl, hun karakter, hun materiaalsamenstelling, of omdat ze nauw verbonden zijn met de bijbehorende deurbladen (bijvoorbeeld als ze een zeer speciale vorm of speciale afmetingen hebben).

Binnendeuren zijn goed geschikt voor hergebruik in situ. Ze kunnen ook interessant zijn voor gespecialiseerde hergebruikhandelaars. Het recuperatieproces verloopt typisch als volgt:

→ **Beoordeling van het hergebruikpotentieel.** Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse, of op basis van foto's en technische informatie over de fabrikant (voor recentere deuren), het model, de afmetingen, de vermoedelijke hoeveelheid, etc. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat van het lot: Zijn de onderdelen in goede staat (deurbladen, deurkader, slot, hang- en sluitwerk, etc.)? Zijn er sporen van zwammen, houtaantastende insecten of zwelling als gevolg van overmatige luchtvochtigheid? Kan het deurkader worden gerecupereerd? Zijn er aanpassingen gebeurd aan de deurbladen? Kunnen ze worden hersteld of verkleind? Bestaat het risico dat er gevaarlijke stoffen aanwezig zijn (oude loodhoudende verf)?;
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, de eventuele reparaties, het verkooppotentieel, etc.;
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Demontage.** Een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de elementen te garanderen (hetzij van het deurblok in zijn geheel, hetzij alleen van het deurblad plus toebehoren). Elk element van hetzelfde deurblok moet correct worden geïnventariseerd. Na de demontage van het deurblad is het raadzaam de paumelles of scharnieren, handgrepen, sloten, etc. te demonteren om het risico op beschadiging tijdens de behandeling en opslag tot een minimum te beperken. Alle afzonderlijke elementen worden gesorteerd volgens model, kwaliteit en afmetingen. De elementen van het deurkader kunnen voorzichtig worden gedemonteerd met houtbeitels. Deurkaders van geperst hout zijn moeilijk te recupereren. Bijzondere aandacht moet worden besteed aan de beglazingselementen. Het is aangewezen de handgrepen en sloten te bewaren, ook als ze stuk zijn, om eventueel een vergelijkbaar model te kunnen vinden.

→ **Inventaris.** Om het werk te vergemakkelijken voor de ontwerpers en plaatsers is het dikwijls nuttig de maten van elk afzonderlijk element op te meten bij demontage en alle elementen van eenzelfde deurblok een specifieke nummering te geven. Het is eveneens aangewezen de openingsrichting van elke deur te noteren. Houd er rekening mee dat er zelfs in een partij identieke deuren maatverschillen kunnen voorkomen als gevolg van aanpassingen die plaatsvonden tijdens de gebruiksfase (bv. afschaven van een deur bij plaatsing van een nieuwe vloer in een kamer).

→ **Opslag.** De deurbladen worden bij voorkeur op hun (lange of korte) smalle kant opgeslagen in geschikte rekken, met een passende bescherming (schuimstroken, schuimhoeken, tussenschoten, etc.). Indien de deuren op hun lange kant worden opgeslagen moet dat gebeuren met het slot naar boven gericht. Bij de meeste professionele leveranciers worden de deuren op hun korte kant opgeslagen, op houten spieën. Om het risico op vervorming en op breuk van eventuele glaselementen te voorkomen, wordt afgeraden de deuren horizontaal, 'plat' op te slaan. De onderdelen van de deurkaders en van het hang- en sluitwerk worden in afzonderlijke pakketten opgeslagen. Alle elementen worden best vorstvrij gestockeerd, bij kamertemperatuur (15°C tot 25°C), en beschermd tegen vocht en stof (aanbevolen relatieve luchtvochtigheid van 40 tot 65%). Wanneer deze opslagcondities gerespecteerd worden is de maatvastheid van gerecupereerde houten uitstekend.



Stockage, verticaal

→ **Bewerkingen.** Afhankelijk van hun staat, kunnen paneeldeuren (of hun elementen afzonderlijk) verschillende bewerkingen ondergaan voor ze worden hergebruikt. De meeste leveranciers die gespecialiseerd zijn in hergebruikdeuren kunnen deze bewerkingen uitvoeren. Sommigen bieden ze systematisch aan. Soms worden de deuren ook in hun oorspronkelijke staat verkocht. Het is dan aan de koper om indien nodig de volgende bewerkingen uit te voeren. Hierbij is het belangrijk dat u duidelijke informatie krijgt van de verkoper, vooral over het materiaal van de deur. Half massieve houten deuren zien er bijvoorbeeld hetzelfde uit als massiefhouten deuren, maar zijn minder goed bestand tegen restauratiebewerkingen.

Bevestigingsmiddelen

Indien nieuwe scharnieren, paumelles of scharnierpennen moeten worden geplaatst, moeten deze worden gekozen in functie van het gewicht van de deur. Anders kan de deur vallen of klemmen. Voor meer informatie is het raadzaam de specificaties van de leverancier van het hang- en sluitwerk te raadplegen.



- **Oppervlaktebehandeling.** In veel gevallen vragen de deuren geen specifieke behandeling, tenzij een oppervlakkige reiniging of eventuele plaatselijke retouches. Het is echter mogelijk dat voor de nieuwe toepassing de oude afwerklaag op de houten elementen (vernis, verf, beits, etc.) moet worden verwijderd. Dit kan gebeuren door middel van schuren, schrapen, zandstralen, of thermisch of chemisch afbijten. Deze technieken vereisen de nodige vakbekwaamheid en kunnen aanzienlijke schade veroorzaken aan het materiaal als ze niet goed worden uitgevoerd. Bovendien moeten speciale voorzorgsmaatregelen worden genomen om de hiermee gepaard gaande risico's te beperken, zoals het vrijkomen van giftige dampen bij chemisch afbijten, of de giftigheid van oude loodverf. Tal van gespecialiseerde ateliers die regelmatig samenwerken met leveranciers van oude deuren, bieden hun diensten aan voor het chemisch afbijten van de deuren door onderdompeling in een bad van natriumhydroxide (bijtende soda). Deurelementen van geperst hout (houtvezelplaat, multiplex, etc.) zijn niet bestand tegen deze operatie.

Het is mogelijk om een nieuwe afwerklaag (saturator, vernis, beits, verf, etc.) aan te brengen in dezelfde werkplaats of bij herinstallatie. Indien er houtaantastende insecten of zwammen aanwezig zijn, moet een specifieke curatieve behandeling worden overwogen. De gebruikte producten worden geselecteerd in functie van de beoogde esthetiek, het milieueffect en de invloed op de binnenluchtkwaliteit.

- **Schrijnwerk.** Veel gespecialiseerde handelaars beschikken over een schrijnwerkerij en kunnen er bewerkingen uitvoeren zoals het aanpassen of verkleinen van de deurbladen, het bijwerken van de dwarsregels, het vervangen van beschadigde panelen, het uitvoeren van oppervlakkige reparaties, het maken van een nieuwe omlijsting, het veranderen van de openingsrichting, het aanbrengen van een sponningafdichting, het gladschaven van de kanten, het frezen van de uitsparingen voor de scharnieren en sloten, het boren van schootgaten, etc. Dergelijke bewerking kunnen ook worden toevertrouwd aan een klassieke schrijnwerker. Ze kunnen zijn niet altijd uitgevoerd worden bij elementen van geperst hout.

- **Vervanging van het hang- en sluitwerk.** Het hang- en sluitwerk vervangen is niet altijd eenvoudig. Het is relatief makkelijk om ontbrekende scharnieren te vervangen, op voorwaarde dat de belastingsspecificaties (maximumgewicht per element, deurbreedte, aantal elementen per deur, etc.) in acht worden genomen. Het vervangen van de originele handgrepen en sloten die verdwenen of niet meer bruikbaar zijn, is echter veel moeilijker. Sommige gespecialiseerde handelaars kunnen deze echter herstellen door gebruik te maken van originele onderdelen of kopieën van oude modellen. De prijs zal afhangen van de kwaliteit van het ijzerbeslag en het gebruikte materiaal. Het wordt daarom sterk aanbevolen defecte elementen te bewaren om hun vervanging te vergemakkelijken.

→ **Transport en levering.** De nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen om beschadiging van de elementen te beperken: bescherming van de hoeken en randen, voorzien van tussenlagen tussen de verschillende deuren, omsnoering van de elementen, etc.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Loogbad voor het decaperen van deuren



Vervangen van beglazingselementen



Afmetingen aanpassen



Gebarsten paneel



Zandstralen van houten elementen maakt de houtnerven dieper



Gedecapeerde en opgeschuurde paneeldeur



Toepassingen en plaatsing

Gerecupereerde houten paneeldeuren kunnen worden gebruikt als verbindingseuren in woongebouwen waar ze worden blootgesteld aan een matige belasting, met een lage temperatuur- en hygroscopische gradiënt tussen de vertrekken, met weinig of geen specifieke akoestische eisen, voor niet-industriële toepassingen. Sommige hergebruikdeuren zijn ook geschikt voor meer veeleisende toepassingen, indien hun specifieke geschiktheid aangetoond kan worden.

Sowieso moeten de deuren compatibel zijn met het gebruik van de ruimtes waartussen ze worden geïnstalleerd (zie § 'eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Men dient zich in dat opzicht te baseren op de productnormen, de geldende regels van goed vakmanschap en de uitvoeringsnormen.

In de ontwerpfase is informatie over de afmetingen van hergebruikdeuren essentieel, aangezien deze overeen moeten stemmen met de afmetingen van de deuropeningen. Er kunnen zich verschillende situaties voordoen:

- Ofwel bestaat de deur al vóór het ontwerp van de opening. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer deuren uit een oud gebouw werden gehaald voor hergebruik in een nieuw project dat zich nog in de ontwerpfase bevindt. De ontwerper kan zich dan baseren op de inventaris van de beschikbare deuren om de nieuwe openingen op maat te tekenen.
- Ofwel bestaat de opening al voordat de deur wordt gekozen. Dat is bijvoorbeeld het geval bij renovatie van een bestaand gebouw waarbij men hergebruikdeuren wil plaatsen. In dat geval komt het erop aan deuren te vinden waarvan de afmetingen overeenstemmen met die van de openingen. Gespecialiseerde leveranciers beschikken doorgaans over een grote voorraad en meestal is het mogelijk geschikte exemplaren te vinden.

Tijdens de uitvoering is er doorgaans nog wat ruimte voor aanpassingen, aangezien het meestal mogelijk is om de afmetingen van het deurblok aan te passen door het deurkader een beetje aan te passen, de deur wat bij te schaven of zelfs door de deur volledig aan te passen (voor zover het model dit toelaat).

In ieder geval dient deze operatie goed voorbereid te worden. Een gedetailleerde inventaris met de afmetingen van alle openingen en de beschikbare deurvleugels kan de match-making aanzienlijk vereenvoudigen.

Wanneer het oorspronkelijke kader wordt hergebruikt, moet deze vaak worden verdund om ze aan te passen aan de muurdikte van de nieuwe opening, die vaak dunner is dan een oudere muur.

Indien het oorspronkelijke kader niet werd gerecupereerd, moet er een nieuwe worden voorzien. Bij het ontwerp hiervan moet rekening worden gehouden met de aard van het gerecupereerde deurblad om ze esthetisch bij elkaar te laten aansluiten (keuze houtsoort, aard van de afwerkingen, patina, etc., tenzij er net een contrast beoogd wordt).

Indien de installatie van hergebruikdeuren wordt toevertrouwd aan een gekwalificeerd persoon, verschilt ze niet van die van nieuwe deuren. Dezelfde aandachtspunten gelden:

- afmetingen van de deur (deurblad, kader, sponning, toegankelijkheid voor personen met beperkte mobiliteit, etc.);
- vereiste eigenschappen (mechanische sterkte, maatvastheid, helderheid, ventilatie onder de deur, etc.);
- model (enkel of dubbel deurblad, in stompe of opdekuitvoering, links openend, rechts openend, etc.);
- materialen (soort hout, muursteen, vloerbedekking, etc.);
- toebehoren (sloten, scharnieren, pannelen of scharnierpenen, handgrepen, rozetten, deurstoppen, etc.);
- uitvoering van de deurkaders, maattoleranties (loodrechtheid, haaksheid, waterpas, etc.), bevestigingsmiddelen, ondersteuning, type kozijn, etc.;
- afstelling van het systeem (loodrechtheid, haaksheid, waterpas, afstand tot de vloer/afwerking, speling, vloerbekleding, etc.);
- afwerking (fijner, vernis, verf, beits, saturator, etc.).

Elke deur vereist een individuele aanpak. Oudere deuren uit dezelfde serie kunnen soms meer of minder uitgesproken verschillen vertonen.

Na de opslag van de deuren in een gecontroleerde omgeving (om ervoor te zorgen dat de vochtigheidsgraad van het hout tussen 8 en 12% blijft), wordt aanbevolen de deuren te laten acclimatiseren aan hun nieuwe omgeving door ze 24 uur (of langer indien mogelijk) te laten rusten in de ruimte waar ze zullen worden geïnstalleerd. Zo worden vervormingen voorkomen die zouden kunnen optreden na hun plaatsing.

Goed onderhoud is essentieel voor de goede werking en het behoud van de prestaties van het deurblok gedurende de volledige levensduur: reiniging, smering van het hang- en sluitwerk, vervangen van versleten of ontbrekende onderdelen, afstellen van de speling tussen het deurblad en het deurkader, herstelling van kleine beschadigingen, inspectie op vochtschade, etc.



Aanpassing of vervanging van ijzerwerk

Ontwerptip!

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen om deuren van verschillende modellen te aanvaarden, op voorwaarde dat deze aan de vereiste criteria voldoen (afmetingen, aan- of afwezigheid van beglazing, dezelfde houtsoort, etc.).

Let op! Oude deuren hebben niet noodzakelijk dezelfde afmetingen als recentere standaarddeuren. Hiermee moet rekening worden gehouden tijdens het ontwerp en de plaatsing.



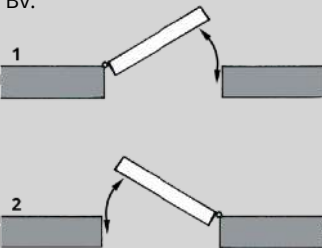
Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De verwachte eigenschappen van binnendeuren zijn afhankelijk van de beoogde toepassing. Deze wordt over het algemeen gedefinieerd door:

- het soort gebouw waar de deur wordt geïnstalleerd: woningen, niet-residentiële gebouwen, openbare gebouwen, scholen, etc.
- de aard van de van elkaar te scheiden ruimten: badkamer, keuken, klaslokaal, stookruimte, etc.
- de aard van de beweging van de deur: klapdeur, draaideur, schuifdeur, etc.

Over het algemeen moeten deuren zonder speciale eigenschappen de basisprestaties garanderen waaraan alle deuren voor niet-industriële toepassingen moeten voldoen. Op Europees niveau wordt momenteel gewerkt aan de bepaling van de prestatie-eigenschappen van binnendeurblokken voor voetgangers in het kader van een geharmoniseerde Europese productnorm (prEN 14351-2). Momenteel worden deze minimumeisen bepaald door de geldende nationale normen en voorschriften.

Het is niet eenvoudig om te beoordelen of hergebruikpaneeldeuren aan deze eisen voldoen. De relevante kenmerken die in aanmerking moeten worden genomen, worden besproken in de onderstaande tabel. In de meeste gevallen kan echter worden aangenomen dat hergebruikdeuren hun mechanische eigenschappen behouden, op voorwaarde dat ze zorgvuldig zijn gedemonteerd en niet in contact zijn gekomen met een vochtige omgeving. Doorgaans is het budgetair niet haalbaar prestatietests uit te voeren vanwege het lage aantal identieke deuren per lot.

Kenmerken	Commentaar
<p>Draairichting</p>	<p>De draairichting van de deuren moet duidelijk worden aangegeven. De norm EN 12519 omschrijft de draairichting als de sluitrichting, terwijl de meeste fabrikanten van nieuwe deuren deze in de opening-richting aangeven.</p> <p>Bv:</p>  <p>1) links openend; 2) rechts openend</p>
<p>Maattolerantie</p>	<p>Houten deuren hebben de neiging uit te zetten of te krimpen bij schommelingen in temperatuur en vochtigheid. Hergebruikdeuren zijn heel hun levensduur onderhevig geweest aan zeer specifieke omstandigheden die niet noodzakelijk bekend zijn. Sommige vervormingen zijn omkeerbaar, terwijl andere blijvend zijn. Onomkeerbare vervormingen kunnen worden beoordeeld door middel van een gedetailleerde visuele inspectie (kromming, vlakheid, etc.) van de deur in normale klimaatomstandigheden. In sommige gevallen kunnen ze in de werkplaats worden gecorrigeerd, zo niet, dan kunnen ze niet hergebruikt worden. Het is ook raadzaam om zich te informeren over de opslagomstandigheden na demontage, en de deuren vóór de installatie minimaal 24 uur te laten acclimatiseren in hun nieuwe omgeving (<u>meerdere dagen indien mogelijk!</u>).</p> <p>In verband met de nominale afmetingen die door de verkoper worden opgegeven (hoogte, breedte, dikte, haaksheid, etc.) wordt bij de keuring doorgaans een maximale afwijking van $\pm 1,5$ (dikte) tot 2,0 mm (hoogte en breedte) aanvaard (tolerantieklasse 1). Deze specificaties zijn vastgelegd in de norm EN 1529.</p>
<p>Stabiliteit van de vorm, vlakheid, vochtbestendigheid</p>	<p>Deze eigenschappen zijn moeilijk te beoordelen. Ze bepalen de mate van vervorming (verdraaiing, kromming, scheluwte, etc.) van de deuren wanneer ze worden blootgesteld aan temperatuur- en vochtgehalteschommelingen of -gradiënten zonder dat dit nadelig is voor hun werking. Om deze onzekerheid weg te nemen, is het raadzaam gerecupereerde paneeldeuren te gebruiken in binnentoepassingen met geringe belasting. Het is ook raadzaam de deuren vóór de installatie minimaal 24 uur te laten acclimatiseren in hun definitieve omgeving (<u>meerdere dagen indien mogelijk!</u>).</p> <p>In vochtige ruimtes (badkamer, keuken, toilet, wasruimte, etc.) moet de doorgangsoopening onder de deur voldoende groot zijn voor een goede luchtcirculatie. Het is ook mogelijk hiervoor een ventilatierooster te installeren.</p>
<p>Gebruiksfrequentie</p>	<p>Een binnendeur moet gedurende de volledige levensduur perfect openen en sluiten. Bij normaal gebruik mag het uiterlijk of de werking niet veranderen. Deze eigenschap kan doorgaans worden gegarandeerd door de plaatsing te laten uitvoeren door een vakman.</p>



Kenmerken	Commentaar
Mechanische sterkte	<p>De mechanische sterkte geeft aan in welke mate een deur bestand is tegen onvoorziene belastingen, zoals schoppen, wrikken of forceren. Hoewel deze eigenschap bij nieuwe deuren kan worden beoordeeld aan de hand van een reeks proeven (bv. bepaling van de weerstand tegen verticale hoekbelasting bij geopende deur [NBN EN 947], weerstand tegen statische torsie met geopende deur [NBN EN 948], weerstand tegen stoten met een zacht en zwaar lichaam bij gesloten deur [NBN EN 949], weerstand tegen stoten met een hard lichaam bij gesloten deur [NBN EN 950]), is het moeilijk haalbaar deze toe te passen op deuren voor hergebruik.</p> <p>Niettemin kan een beroep worden gedaan op de ervaring van een vakman om zich te vergewissen van de algemene betrouwbaarheid van een deur met betrekking tot de kenmerken van het deurblad en het deurkader (gewicht, dikte en soort hout, aard en dikte van de muren, etc.) en de belastingscapaciteit van de bevestigingsmiddelen (scharnieren, paumelles, etc.).</p>

Voor het ontwerp van nieuwe kaders voor gerecupereerde deurbladen wordt aanbevolen de Europese norm EN 942 in acht te nemen, waarin de algemene eisen voor hout in timmerwerk worden beschreven, en de norm EN 14221, waarin de eisen en specificaties zijn vastgelegd voor hout en houtachtige materialen in ramen, deuren en deurkaders voor binnen. Er zijn ook specifieke normen met betrekking tot gevingerlast hout, gelijmd gelamelleerd hout of geperst hout.



Hergebruik van paneeldeuren © Cyrus Cornut, Grande Halle de Colombelles. Architecten: Encore Heureux



Hergebruik van paneeldeuren © Sophie Boone (BE)



Beschikbaarheid

Over het algemeen zijn houten paneeldeuren een zeer gangbaar product op de hergebruikmarkt. De beschikbaarheid hangt af van het specifiek gezochte model en van de gewenste hoeveelheden, maar doorgaans is het mogelijk middelgrote partijen identieke deuren te vinden.

Frequent	Lot van 1 stuk
Occasioneel	Lot van 2 tot 10 identieke stukken
Zelden	Lot > 10 identieke stukken

Deur in stompe of opdekuitvoering

De modellen van paneeldeuren verschillen van land tot land. In België en Frankrijk bijvoorbeeld zijn modellen in stompe uitvoering (waarbij de deur volledig in het kader past) zeer gangbaar, terwijl in Nederland en Duitsland modellen in opdekuitvoering (waarbij de deur het kader overlapt) het meest voorkomen.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren sterk naargelang het model, de afmetingen, de houtsoort, de afwerking en de leverancier. Eiken deuren zijn het duurst, maar ook den en pitchpine zijn erg in trek.

→ Leveringsprijs:

- Enkel deurblad, niet gedecapeerd: ~30 €/stuk
- Enkel deurblad, gedecapeerd: ~60 €/stuk
- Deurblad uit het begin van de 20e eeuw, niet gedecapeerd: 100 tot 200 €/stuk

→ Afmetingen aanpassen:

50 tot 150 €/stuk naargelang de complexiteit

→ Decaperen in een loogbad:

50 tot 80 €/stuk

Daarnaast dient de vervanging van ontbrekend of defect hang- en sluitwerk mee gebudgetteerd te worden.

Zelfs wanneer deze bewerkingen (die inherent zijn aan hergebruik) in aanmerking worden genomen, zijn gerecupereerde houten paneeldeuren doorgaans een goedkoop alternatief voor nieuwe producten.



Geïllustreerde handleiding voor de ontmanteling van deuren en toebehoren met het oog op hergebruik: <https://reuse.brussels/pdf/deuren-en-toebehoren.pdf>



De inschatting van het effect van het hergebruik van houten elementen op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen. Het basisprincipe is dat met constructiehout biogene koolstof kan worden vastgelegd. Hergebruik is dus een manier om deze koolstofvoorraden in stand te houden en te voorkomen dat ze opnieuw in de atmosfeer terecht komen (wat zou gebeuren als het hout bijvoorbeeld zou worden verbrand als afval). Voor de algemene milieubalans van een hergebruikt houten element moet echter ook rekening worden gehouden met aspecten zoals de herkomst van het product en de afgelegde afstand, het gebruik van een beschermende behandeling, etc. Voor meer informatie raden wij aan de specifieke paragraaf over dit onderwerp te raadplegen in de inleidende fiche.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen



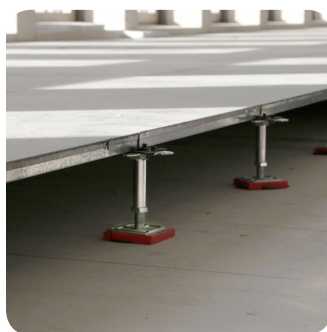
Een **looddiagnose** kan nodig zijn om de aanwezigheid van oude loodverf vast te stellen op de deurbladen en -kaders. Deze diagnose kan worden uitgevoerd met behulp van een loodtestkit die in de handel verkrijgbaar is, door een verfstaaf op te sturen naar een laboratorium of door de test te laten uitvoeren door een vakman. Indien de aanwezigheid van lood wordt vastgesteld, is het ten stelligste aangeraden om de deur te laten afbijten en/of te herschilderen door een gespecialiseerde firma. Het gebruik van een verfstripper, schuurmachine of schuurpapier om de loodverf te verwijderen, wordt ten zeerste afgeraden. Chemisch afbijten verdient de voorkeur, met inachtneming van de passende gezondheids- en milieuvorschriften.



BINNENAF- WERKING



- Ongeglazuurde keramische tegels - gres porcellanato
- Keramische wandtegels - faience
- Tegels op basis van cement
- Ongeglazuurde terracotta tegels
- Parket en plankenvloeren in massief hout
- Verhoogde vloeren
- Vloerbedekkingen van textiel
- Natuurstenen vloertegels
- Natuurstenen tabletten



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Ongeglazuurde keramische tegels (gres porcellanato, hierna kortweg 'tegels' of 'keramische tegels' genoemd) lenen zich zeer goed voor hergebruik. Hun samenstelling op basis van klei en veldspaat, en hun productie door persen en bakken op 1300°C garanderen een hoge weerstand. Ze zijn zeer hard, niet poreus en vorst- en krasbestendig. Deze tegels werden in overvloed geproduceerd in Europa van het begin van de jaren 20 tot de jaren 1980. Men vindt ze vaak terug in private en openbare gebouwen en gemeenschapsvoorzieningen, voornamelijk in de interieurs als vloerbekleding. Ze zijn courant beschikbaar op de hergebruikmarkt. De tegels die het onderwerp uitmaken van deze fiche werden droog geperst en niet voorzien van glazuur of engobe. Ze dienen niet verward te worden met hun getrokken tegenhangers of tegels met een andere samenstelling en productieproces zoals cement- of terracotta tegels. Deze zijn vaak poreuzer en/of minder goed bestand tegen slijtage.



Tegel met afgeschuinde rand



Enkellaagse 'full body'



Dubbellaagse 'full body'



Dubbellaagse 'full body'



→ **Formaten:** de meeste tegels zijn vierkant, zes- of achthoekig. Hun nominale afmetingen zijn doorgaans 10 × 10 cm, 13 × 13 cm, 15 × 15 cm en 20 × 20 cm. De dikte varieert naargelang het model maar is zelden meer dan 2,5 cm. Rechte plinten of plinten met afgeronde hoeken en afgeschuinde kanten die samengaan met dit materiaal kunnen dikwijls minder gemakkelijk of niet worden gedemonteerd en zijn dus moeilijk herbruikbaar.

→ **Afwerking:** ongeglazuurd en niet geëngobeerd

→ **Textuur:** De (zichtbare) bovenlaag is voornamelijk glad en gelijkmatig. Reliëf komt zelden voor. De randen zijn glad. Soms wordt de bovenkant van de randen afgeschuind. De (niet zichtbare) onderzijde is voorzien van een licht reliëf voor een betere hechting aan de onderlaag.

→ **Kleuren:** Er bestaan veel kleurvariaties. Van een effen tint, over tegels uit twee kleuren (in bijvoorbeeld een gevlekt of gevlamd motief) tot meerkleurige tegels voorzien van heuse tekeningen of patronen. De tekeningen zijn altijd zeer net met een heldere lijnvoering. Hergebruikte tegels zijn vaak enkel- of dubbellagse 'full body' tegels. In het eerste geval is de kleur hetzelfde over de volledige dikte en heeft slijtage van het oppervlak minder effect op de esthetische eigenschappen van de tegel.



Recuperatie van het materiaal

Keramische tegels zijn vaak gemakkelijk te recupereren wat ze heel geschikt maakt voor hergebruik in situ of via de professionele hergebruikmarkt.

→ **Demontagetests:** demontagetests bieden de mogelijkheid de haalbaarheid van de demontage te controleren. In sommige gevallen is het moeilijk om de tegels correct te demonteren. Dit geldt bijvoorbeeld voor tegels die geplaatst zijn geweest met mortellijm of voor accessoires zoals plinten.

→ **Demontage:** een zorgvuldige demontage is er op gericht de integriteit van de tegels en een zekere homogeniteit in de loten te waarborgen. Om het risico op schade tijdens de demontage te beperken is het raadzaam de spanning in de tegels te verminderen door op voorhand mogelijkheid tot speling te voorzien langs twee loodrechte zijden van de tegels. Dit houdt gewoonlijk in dat de tegels die zich langs de rand van de ruimte bevinden worden gebroken en verwijderd. De gedemonteerde tegels worden gesorteerd op kwaliteit, kleur, afmetingen en hun graad van 'netheid' (de aanwezige mortelresten). Bijzondere aandacht moet uitgaan naar loten gekarakteriseerd door een bepaald motief of waarbij enkele belangrijke stukken intact gerecupereerd moeten worden (bv. tegels die een tekening vormen in een bepaalde ruimte afgewerkt met speciale randen en hoeken).

→ **Behandeling:** voor een probleemloze plaatsing moeten eerst de mortelresten worden gereinigd van de onderzijde en de randen van de tegels. De meeste leveranciers in hergebruiktegels voeren deze reiniging uit voor ze de loten te koop aanbieden (door een mechanische of - minder courante - fysisch-chemisch behandeling). Sommige handelaars of andere spelers bieden deze dienst afzonderlijk aan. De tegels worden doorgaans niet ontvet en het is mogelijk dat bepaalde vlekken nog verwijderd moeten worden na plaatsing.

→ **Stockage:** de loten tegels worden in bulk opgeslagen op paletten of verpakt in pakketten. Idealiter worden de tegels opgeslagen op een locatie waar ze zijn beschermd tegen de weersomstandigheden om watercondensatie te voorkomen die schimmelvorming kan veroorzaken.

→ **Transport en levering:** de nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen tijdens het transport en de levering om schade te voorkomen (de paletten kunnen omwikkeld worden met een plasticfolie, moeten stevig bevestigd worden, etc.). Daarenboven vereenvoudigen voorverpakte tegels eveneens de plaatsing.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Tip bij het ontwerpen!

Om de kansen te verhogen voldoende tegels te vinden op de hergebruikmarkt kunnen de ontwerpers opteren grote oppervlakken op te delen in kleinere partijen (bijvoorbeeld, door uiteenlopende motieven te voorzien in elke ruimte).



Demontage van de tegels



Gedemonteerde tegels



Gepalletiseerde en verpakte tegels



Toepassingen en plaatsing

Gerecupereerde ongeglazuurde tegels kunnen zowel binnen als buiten worden gebruikt. Ze worden doorgaans gebruikt als vloerbekleding voor toepassingen waaraan matige (privéwoningen) of meer intensieve eisen worden gesteld (hallen, commerciële oppervlaktes). Als ze niet te dik zijn kunnen ze worden gebruikt voor muurbekledingen. Aangezien ze zeer weinig poreus zijn van aard zijn ze geschikt voor gebruik in ruimtes met een hoge vochtigheidsgraad (sanitaire ruimten) en voor blootstelling aan producten die agressief werken of vlekken maken (collectieve keukens, laboratoria).

Denk omkeerbaar!

Het gebruik van een bastaardmortel (kalk-cement) en voegen op basis van harsvrije cement vergemakkelijken toekomstige demontages. (Deze plaatsingsmethoden hebben echter een lagere hechtingsgraad. Ze worden dan ook afgeraden voor toepassingen met hoge thermische of mechanische belastingen.)

Bij de precieze keuze van de tegels dient men altijd rekening te houden met de beoogde toepassing (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Men moet altijd de Europese en nationale productnormen raadplegen (EN 14411) en de geldende uitvoeringsnormen en regels van de kunst respecteren.

De plaatsing van gerecupereerde tegels is identiek aan die van nieuwe tegels. De gekuiste hergebruikte tegels zijn geschikt voor dezelfde verscheidenheid aan legmethodes en patronen. Er dient rekening gehouden te worden met dezelfde aandachtspunten, met name: de eigenschappen en staat van de ondergrond, plaatsings- en voegproducten en -technieken, droogtijd en uitvoeringstermijn, bewegingsvoegen, afwerkingsvoegen vlakheid van de vloer, ontkoppelingsmat, onderliggende isolatie, vloerverwarming, algemene kosten, etc.

Tegels met mortelresten op de onderzijde kunnen enkel worden geplaatst in een verse dekvloer, of met mortel op een gestabiliseerd zandbed of een verharde ondergrond om de dikteverschillen te kunnen opvangen. Het gebruik van lijm-mortel is in dit geval te vermijden. Eveneens kunnen mogelijke mortelresten aan de randen van de tegels de nominale afmetingen, kleur en samenstelling van de voegen beïnvloeden.

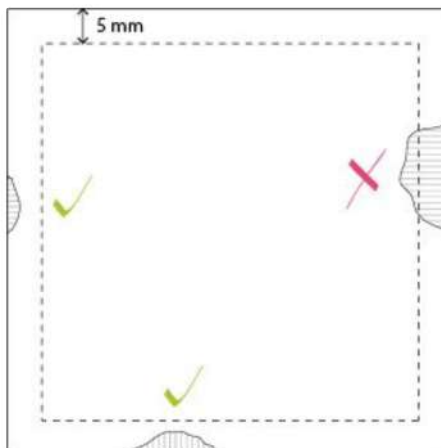
Om de plaatsing te vergemakkelijken moet het projectteam erop toezien loten voor te schrijven met een zekere homogeniteit met betrekking tot de volgende eigenschappen:

→ **Samenstelling van het lot:** het lot moet volledig zijn samengesteld uit ongeglazuurde keramische tegels.

→ **Afmetingen:** de afmetingen van de tegels moeten homogeen zijn, dikte inbegrepen. De tolerantie wat betreft de afmetingen wordt bepaald door het projectteam naargelang het gewenste uitzicht, de dikte van de voegen en de plaatsingsmethode.

→ **Tint:** lichte kleurschakeringen zijn mogelijk (net als bij nieuwe producten). In het geval van hergebruikte tegels kunnen deze variaties te wijten zijn aan de vroegere blootstelling aan licht. Het is raadzaam de tegels te mengen tijdens de plaatsing. De ontwerper kan ook expliciet opteren voor een motief met tegels in zeer uiteenlopende kleuren met het oog op een interessant architecturaal resultaat... en tegelijkertijd kan er op deze manier beroep gedaan worden op een groter aanbod van tegels!

→ **Staat:** hergebruikte tegels kunnen beschadigingen vertonen zoals tekenen van oppervlakkige slijtage, afgeschilferde en gekartelde randen, haarscheurtjes, etc. Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. enkel breuken en afschilferingen < 25 mm² toegestaan). Dit principe kan visueel worden beschreven om de inspectie van de tegels te vereenvoudigen. Bijvoorbeeld:



→ **Hoeveelheid:** sommige leveranciers rekenen automatisch een surplus van 5% bij de levering van hun product indien ze niet in staat zijn de homogeniteit van de bovengenoemde kenmerken te garanderen. Er kan

met eenzelfde surplus gerekend worden in het geval van hergebruik in situ.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Mechanische reiniging



Kleurschakering



Afgebroken hoek



Scheur


Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 14411 omschrijft de relevante eigenschappen voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van keramische tegels. Hoewel deze kenmerken beschreven worden voor nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van hergebruik keramische tegels.

	Vloeren		Muren		Opmerkingen
	Bin.	Buit.	Bin.	Buit.	
Voor alle toepassingen					
Afmetingen (lengte, breedte, dikte)	x	x	x	x	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de gerecupereerde tegels. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak.
Geometrie (rechtheid van de randen, hoeken, vlakheid van het oppervlak)	x	x	x	x	idem
Kwaliteit van het oppervlak	x	x	x	x	idem
Waterabsorptie	x	x	x	x	Ongeglazuurde keramische tegels hebben een zeer lage waterabsorptiecoëfficiënt (< 0,5%).
Voor specifieke toepassingen					
Brekweerstand	x	x	x	x	Voornamelijk afhankelijk van de dikte van de tegel. Te evalueren in geval van hoge mechanische belastingen.
Slijtvastheid	x	x			Keramische tegels zijn zeer slijtvast. Te evalueren in ruimtes onderhevig aan intens verkeer (stations- en luchthavenhallen, industriële werkplaatsen, etc.).
Lineaire thermische uitzetting	x	x	x	x	De tegels hebben een lage thermische uitzettingscoëfficiënt.
Thermische schokbestendigheid	x	x	x	x	Te evalueren voor specifieke toepassingen waarbij de tegels worden onderworpen aan grote temperatuurschommelingen.
Weerstand vorst-dooicycli		x		x	Dankzij de lage poreusheid van keramische tegels zijn ze doorgaans vorstbestendig.
Slipweerstand	x	x			Het doorgaans gladde oppervlak van de tegels kan glibberig zijn. Gladde tegels zijn mogelijks niet geschikt voor gebruik in niet overdekte locaties buitenshuis en/of locaties die regelmatig onder water staan. Dit dient specifiek te worden geëvalueerd voor toepassingen die intensief worden gebruikt en/of met hellende vloeren.
Adhesie aan mortel-, dispersielijmen of reactielijm			x	x	Te evalueren naargelang de voorziene plaatsingsmethode voor een toepassing als muurbekledingen.
Uitzetting door vochtigheid	x	x	x	x	De uitzetting door vochtigheid is zeer laag voor keramische tegels.
Lichte kleurverschillen	x	x	x	x	Te evalueren wanneer relevant geacht voor specifieke toepassingen.
Schokbestendigheid	x	x			Eventueel te evalueren in zones waar de weerstand tegen impact als zeer belangrijk wordt beschouwd. Het feit dat deze tegels ongeglazuurd en over hun volledige dikte gekleurd zijn geeft ze niettemin doorgaans goede prestaties.
Brandreactie	x		x	x	Conform het besluit 96/603/CE van de Europese Commissie worden vloerbekledingen uit keramische tegels geklasseerd als niet brandbaar materiaal en behoren ze zonder voorafgaande tests tot de Europese brandreactieklasse A1 _{FL} .
Tactiliteit	x	x			Essentiële eigenschap voor podotactiele oppervlakken voor slechtzienden. Te evalueren voor zeer specifiek toepassingen.
Vlekbestendigheid	x	x	x	x	De lage porositeit van de tegels biedt doorgaans een goede weerstand tegen vlekken.
Bestendigheid tegen hoge of lage concentraties van zuren en basen	x	x	x	x	Keramische tegels zijn doorgaans goed bestand tegen de gebruikelijke chemische stoffen.
Bestendigheid tegen huishoudelijke producten	x	x	x	x	Keramische tegels zijn doorgaans goed bestand tegen de gebruikelijke chemische stoffen.
Warmtegeleidingsvermogen	x				Te evalueren indien de tegels moeten bijdragen aan de thermische prestaties van een gebouwonderdeel.
Emissies van vluchtige organische stoffen (VOS)	x		x		De vluchtige organische stoffen worden vernietigd op het moment van de verbranding van alle organische stoffen eventueel aanwezig in de klei. Keramische tegels worden dus beschouwd als VOS-vrij. De producten voor de plaatsing en bescherming van de tegels kunnen echter wel uitstoters zijn van VOS.

In het geval van specifieke en veeleisende toepassingen moeten parameters met betrekking tot eigenschappen als slijtvastheid, de schokbestendigheid, brekweerstand, etc. worden gemeten en gekwantificeerd d.m.v. proeven die worden uitgevoerd in erkende laboratoria.



Beschikbaarheid

Ongeglazuurde keramische tegels zijn een product dat relatief gemakkelijk te vinden is op de hergebruikmarkt. Hun beschikbaarheid hangt echter af van de benodigde hoeveelheden. Ter indicatie:

Frequent	Lot van 0 tot 50 m ²
Ocasioneel	Lot van 50 tot 100 m ²
Zelden	Lot > 100 m ²

Demontage

Gemiddelde opbrengst van de demontage:
~15 m² niet beschadigde tegels / mandag

De werflogistiek en het breukpercentage zijn hierbij in rekening gebracht. Dat laatste varieert naargelang de afmetingen van de tegels, de hechtingsgraad van de mortel, de grootte van de ruimtes, etc.



Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid:

→ Prijs van de demontage: 15 - € 25/m²

→ Afkuisen van de mortel: 25 - € 35/m²

Prijs van de levering: naargelang het formaat, motief, algemene staat, etc. (voor niet-antieke tegels):

→ Gekuiste tegels: 50 - € 85 €/m²

→ Niet gekuiste tegels: 25 - € 50/m²

Embodied carbon (cradle to gate - productie A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES databank (FR) - Algemeen gegeven	9.29	0.40
ICE databank (UK)	17.94	0.78

Indicatieve waarden voor een gemiddelde dikte van 10 mm en een dichtheid geschat op 2300 kg/m³



100 m² tegels hergebruiken betekent dat de uitstoot wordt voorkomen van ~ 1000 tot ~1800 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tegels (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 6000 tot ~11500 km in een kleine dieselwagen.

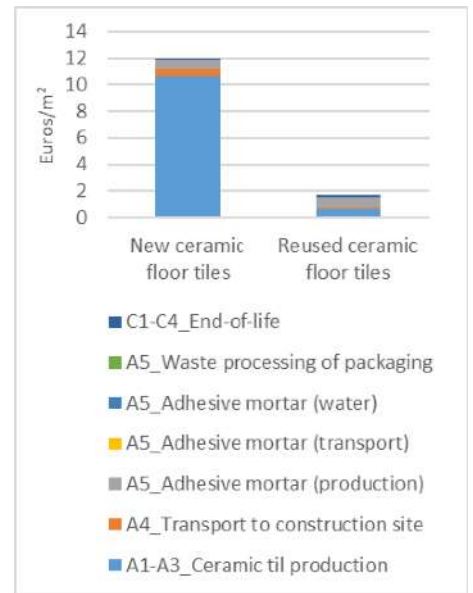
Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Asbest: Sommige types tegelijm die voor 1990 gebruikt werden kunnen asbest bevatten. Zelfs al is het risico laag (< 1 tot 10 % naargelang toepassing en regio) moeten de nodige maatregelen worden genomen om een correcte diagnose te stellen. Het risico is iets hoger voor lijmen die voor plinten gebruikt werden. Er kan ook asbest aanwezig zijn in de uitzettingsvoegen.

Wist je dat?

Uit een levenscyclusanalyse (LCA) van het reinigingsproces van gerecupereerde tegels van een Brussels bedrijf is gebleken dat hun milieupact 2 tot 6 keer kleiner is dan die van een nieuwe tegel.

Bron: Careno-project (Be Circular 2016) onder leiding van Rotor en het WTCB (Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf). Details van deze studie zijn beschikbaar op aanvraag (info@rotordb.org).



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Faience tegels (hierna ook kortweg 'tegels' genoemd) kunnen gemakkelijk worden herkend aan hun geglazuurd oppervlak. Ze worden geproduceerd op basis van een mengsel uit kleipasta, kwarts en kalk, met een witte, aarde- of kleurtint, dat een eerste maal wordt gebakken op een temperatuur van 1000°C tot 1200°C. Op deze 'biscuit' wordt vervolgens een kleurloze of gekleurde glazuur aangebracht, waarna de tegels een tweede keer worden gebakken op 1050°C. De biscuit zelf is doorgaans zeer poreus (poreusheid $E_b > 10\%$) maar de veel minder poreuze glazuurlaag beschermt de tegels tegen slijtage en maakt hun oppervlak minder vochtdoorlatend.

Faience tegels worden reeds eeuwenlang geproduceerd, maar kenden vooral in de 20ste eeuw een enorme toename in gebruik. Een bekend voorbeeld is het model dat in de metrostations van Parijs gebruikt werd, en dat tot op de de dag van vandaag in productie is. Faience tegels worden doorgaans gebruikt in zowel private als openbare gebouwen en gemeenschapsvoorzieningen, voornamelijk in sanitaire ruimtes. Ze zijn niet te verwarren met tegels uit geglazuurde keramiek of porselein, die sterker, minder poreus en meer (thermisch) schokbestendig zijn.

Hergebruik van deze tegels is mogelijk, maar sterk afhankelijk van de staat van de glazuurlaag. Als deze laag is beschadigd, zal het product veel van haar interessante kwaliteiten verliezen en het aantal nieuwe toepassingen aanzienlijk worden beperkt. Bovendien is de demontage vaak zeer delicaat. Om die redenen zijn grote loten faience tegels zeldzaam op de hergebruikmarkt. Meer courant, echter, zijn kleine loten tegels met handgeschilderde motieven en/of van grote historische waarde (bv. faience tegels van Delft).



→ **Formaten:** de meeste tegels zijn vierkant of rechthoekig. Hun nominale afmetingen zijn doorgaans 10×10 cm, 15×15 cm, 20×20 cm, 10×20 cm en 7,5×15 cm ('metro tegels'). Ook kleinere randtegels komen voor. De dikte varieert naargelang het model maar ligt gewoonlijk tussen 5 en 7 mm.

→ **Afwerking:** het zichtbare oppervlak is afgewerkt met een matte of glanzende glazuur. De randen van de tegels worden op uiteenlopende wijze afgewerkt: rechte randen (met of zonder glazuur), afgeschuinde of afgeronde randen aan één zijde (boordtegels) of twee zijden (hoektegels).

→ **Textuur:** de (zichtbare) bovenlaag is voornamelijk glad en gelijkmatig. De randen kunnen gedeeltelijk zijn afgewerkt met glazuur. Het oppervlak van sommige modellen of boordtegels kan voorzien zijn van een reliëf. De (niet zichtbare) onderzijde is voorzien van een licht reliëf voor een betere hechting aan de onderlaag. Op de onderkant wordt vaak de naam van de fabrikant aangebracht.

→ **Kleuren:** er bestaan veel kleurvariaties, van effen kleurvlakken tot decoratieve motieven. De kleuren zijn vaak levendiger dan bij hun tegenhangers uit keramisch gres. Als de glazuur versleten is, zal de witte of aardekleur van de biscuit zichtbaar worden.





Recuperatie van het materiaal

Faience muurtegels zijn veel voorkomend in bestaande gebouwen. Hoewel hun demontage zeer delicaat is lenen deze tegels zich zeer goed voor hergebruik in situ of via de professionele hergebruikmarkt.

→ **Demontagetests:** deze laten toe de haalbaarheid van de demontage na te gaan. De plaatsing (hetzij met kalk- of cementmortel, lijm-mortel of lijm) en de eigenschappen van de voegen (dikte en samenstelling) bepalen in belangrijke mate of het materiaal correct kan worden gedemonteerd.

→ **Demontage:** een zorgvuldige demontage is er op gericht de integriteit van de tegels en een zekere homogeniteit van de loten te waarborgen. Om het risico op schade tijdens de demontage te beperken is het raadzaam de spanning in de tegels te verminderen door op voorhand de mogelijkheid tot speling te voorzien langs twee loodrechte zijden van de tegels. Dit houdt gewoonlijk in dat de tegels die zich tegen de rand van de ruimte bevinden worden gebroken en verwijderd. De gedemonteerde tegels worden gesorteerd op

kwaliteit, kleur, afmetingen en hun graad van 'netheid' (de aanwezige mortelresten). Ze worden opgeslagen op hun zijkant, bij voorkeur met de zichtbare bovenkanten tegen elkaar, om schade aan de glazuurlaag te beperken.

→ **Behandeling:** de voornaamste behandeling die wordt voorgesteld door leveranciers van gerecupereerde faience tegels is de mechanische reiniging van mortelresten van de onderzijde en de randen. De tegels worden met behulp van een scherp gereedschap handmatig gereinigd en dienen systematisch te worden gesorteerd. Tegels met afschilferingen, barsten en/of scheurtjes in de glazuur worden niet meer gebruikt. Tegels met lijmresten worden vaak 'as is' verkocht (in de staat waarin ze verkeren). Dit betekent dat er specifieke aandachtspunten zijn wanneer ze opnieuw worden geplaatst (het is raadzaam advies te vragen aan een professionele tegellegger).

→ **Stockage:** De loten tegels worden in bulk opgeslagen op palletten, in kisten of verpakt in pakketten, waarbij de nodige maatregelen moeten worden genomen om slijtage en

beschadiging van de glazuur te vermijden. De tegels worden idealiter opgeslagen op een vorstvrije locatie waar ze zijn beschermd tegen de weersomstandigheden.

→ **Transport en levering:** de nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen tijdens het transport en de levering om schade te voorkomen (pallet stevig bevestigd, omwikkeld met plasticfolie, etc.). Daarenboven vereenvoudigen voorverpakte tegels eveneens de plaatsing.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.



Demontage van de tegels



Gedemonteerde tegels



Opnieuw verpakte tegels in pakketten



Toepassingen en plaatsing

Faience tegels zijn aanbevolen voor muurbekledingen binnen, in droge ruimten of ruimten met een lage vochtigheidsgraad (d.w.z. mogelijks bevochtigd door waterstralen onder lage druk en met een maximale luchttemperatuur van 40°C). Dit zijn ruimtes en lokalen voor particulier gebruik, individuele en collectieve douchecellen (zonder installaties voor hydrotherapeutische massage) en sanitaire lokalen met een gematigd tot regelmatig (collectief) gebruik. *Ondanks de glazuurlaag kunnen de muurtegels (tegels + voegen) niet worden beschouwd als volledig waterdicht.*

Bij de precieze keuze van de tegels dient men altijd rekening te houden met de beoogde toepassing (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Men moet altijd de nationale en Europese productnormen raadplegen (EN 14411) alsook de geldende uitvoeringsnormen en de regels van de kunst respecteren.

De plaatsing van volledig gekuiste gerecupereerde tegels is identiek aan die van nieuwe tegels. De gekuiste hergebruikte tegels zijn geschikt voor dezelfde verscheidenheid aan legmethodes en patronen. Men dient rekening te houden met dezelfde aandachtspunten, met name: eigenschappen en staat van de ondergrond, plaatsings- en voegproducten en -technieken, droogtijd en uitvoeringstermijn, uitzettings- en afwerkingsvoegen, accessoires (boordtegels, hoek- en stopprofielen), waterdichtheid van de onderlaag, vlakheid van de vloer, algemene kosten, etc.

Uitstekende hoeken en zichtbare randen kunnen afgewerkt worden met tegels met afgeronde randen (niet courant te vinden op de hergebruikmarkt) of geglazuurde rechte randen. In dergelijke gevallen kunnen loten hergebruikte tegels aangevuld worden met nieuwe tegels. Voor de afwerking van hoeken dient men standaard tegelprofielen uit PVC of aluminium te voorzien.

Denk omkeerbaar!

Het gebruik van een bastaardmortel (kalk-cement) en voegen op basis van harsvrije cement vergemakkelijken toekomstige demontages. (Deze plaatsingsmethoden, die niet worden vermeld in de huidige geharmoniseerde Europese normen, hebben echter een lagere hechtingsgraad. Bij voorkeur worden deze dan ook voorbehouden voor ondergronden met een zeer hoge dimensionale stabiliteit).

De toleranties die de onderlaag moet kunnen opvangen zijn afhankelijk van het gewenste niveau van afwerking en de gekozen plaatsingstechniek. Het gebruik van traditionele mortel maakt het corrigeren van onregelmatigheden, zoals mortelresten op de onderkant van de tegels, makkelijker dan wanneer de tegels met een lijm mortel of lijm worden geplaatst. Indien de tegels in een dunne laag mortel worden geplaatst, dient de onderlaag te voldoen aan dezelfde toleranties inzake vlakheid, loodrechtheid en niveauverschillen als die voor de tegels zelf.

Mortelresten op de randen kunnen de nominale afmetingen, kleur en samenstelling van de voegen beïnvloeden.

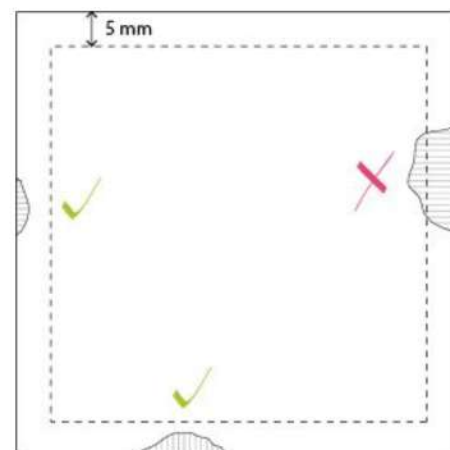
Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van het lot:** het lot moet volledig zijn samengesteld uit faience muurtegels.

→ **Afmetingen:** de afmetingen van de tegels moeten homogeen zijn, dikte inbegrepen. De tolerantie wat betreft de afmetingen wordt bepaald door het projectteam naargelang het gewenste uitzicht, de dikte van de voegen en de plaatsingstechniek.

→ **Tint:** lichte kleurschakeringen zijn mogelijk (net als bij nieuwe producten). In het geval van hergebruikte tegels kunnen deze variaties te wijten zijn aan de vroegere blootstelling aan licht. Het is raadzaam de tegels te mengen tijdens de plaatsing. De ontwerper kan ook expliciet opteren voor een motief met tegels in zeer uiteenlopende kleuren, met het oog op een interessant architecturaal resultaat. Tegelijk kan men zo beroep doen op een groter aanbod van tegels.

→ **Staat:** gerecupereerde faience muurtegels kunnen beschadigingen vertonen zoals tekenen van oppervlakkige slijtage, afgeschilferde en gekartelde randen, kleine gaatjes, afschilferingen op het oppervlak, barsten ontstaan tijdens de productie of het bakken, en haarscheurtjes die de biscuit blootstellen aan schade. Deze beschadigingen verhogen het risico op vocht opname en kunnen vlekken onder de glazuur in de hand werken. Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. enkel breuken en afschilferingen < 25 mm² toegestaan). Dit principe kan visueel worden beschreven om de inspectie van de tegels te vereenvoudigen. Bijvoorbeeld:



→ **Hoeveelheid:** sommige leveranciers rekenen automatisch een surplus van 5% bij de levering van hun product indien ze niet in staat zijn de homogeniteit van de bovengenoemde kenmerken te garanderen. Er kan met eenzelfde surplus gerekend worden in het geval van hergebruik in situ.



De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Faience tegels op een bastaardmortel



Close-up van craquelé

Craquelé is een geheel van in elkaar verweven haarscheurtjes die de glazuurlaag van een tegel aantasten. Dit kan het doelbewuste gevolg zijn van de spanning tussen glazuur en biscuit tijdens de productie (i.f.v. een decoratief effect) of onbedoeld door spanningen die optreden na plaatsing (bv. als gevolg van structurele beperkingen, opzwellling van de biscuit door overmatige vochtopname, differentiële spanningen, plaatsingstechniek en/of ongeschikte ondergrond, etc.). Water en andere vloeistoffen kunnen ten gevolge van craquelé gemakkelijker doordringen in de biscuit. In ruimtes waar tegels met craquelé blootgesteld worden aan vloeistoffen die vlekken kunnen maken dient een bijkomende waterafstotende beschermlaag te worden aangebracht (keukens, sanitair, etc.).



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 14411 omschrijft de relevante eigenschappen (naargelang de context) voor het bepalen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van keramische tegels. Hoewel deze kenmerken beschreven zijn voor nieuwe materialen kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van gerecupereerde faience muurtegels.

In het geval van specifieke en veeleisende toepassingen moeten parameters met betrekking tot eigenschappen als slijtvastheid, de schokbestendigheid, de weerstand tegen breuk, etc. worden gemeten en gekwantificeerd door middel van proeven die worden uitgevoerd in erkende laboratoria.

Eigenschappen	Muurbekledingen binnen
Afmetingen (lengte, breedte, dikte)	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de gerecupereerde tegels. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak.
Geometrie (rechtheid van de randen, hoeken, vlakheid van het oppervlak)	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de gerecupereerde tegels. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak.
Kwaliteit van het oppervlak	De glazuurlaag moet zorgvuldig worden geïnspecteerd op haarscheurtjes, deuken, schilfers en barsen.
Lichte kleurverschillen	Te evalueren wanneer relevant geacht voor specifieke toepassingen.
Weerstand tegen breuk	Voornamelijk afhankelijk van de dikte en porositeit van de tegel. Te evalueren in het geval van hoge mechanische belastingen.
Slijtvastheid	Te evalueren voor specifieke toepassingen (industriële, commerciële, etc.) met een groot risico op krassen en schuursporen door karren, vaten, etc.
Schokbestendigheid	Te evalueren voor specifieke toepassingen (industriële, commerciële, etc.) met een groot risico op krassen en schokken door karren, vaten, etc.
Lineaire thermische uitzetting	De tegels hebben een lage thermische uitzettingscoëfficiënt.
Thermische schokbestendigheid	Te evalueren voor specifieke toepassingen waarbij de tegels worden onderworpen aan hoge thermische belastingen.
Uitzetting door vochtopname	De uitzetting door vochtopname is zeer laag voor keramische tegels.
Waterabsorptie en ondoordringbaarheid voor andere vloeistoffen die op de muur kunnen spatten	Een glazuurlaag in goede staat garandeert een relatief goede waterdichtheid van de tegels. Gezien de hoge porositeit van de biscuit is het echter afgeraden de faience tegels te gebruiken in omgevingen met een zeer hoge vochtigheidsgraad. Naargelang de graad van blootstelling aan water dient men er ook op toe te zien dat de onderliggende drager waterdicht is alvorens men de tegels plaatst.
Bestendigheid tegen craquelé	Te evalueren voor toepassingen waarbij de tegels in contact komen met vloeistoffen die mogelijk vlekken kunnen maken (keukens, sanitair, etc.).
Adhesie aan mortel- dispersielijmen of reactielijm	Te evalueren naargelang de voorziene plaatsingsmethode en de prestatieclassen van de producten die worden gebruikt voor de plaatsing.
Brandreactie	Conform het besluit 96/603/CE van de Europese Commissie worden vloerbekledingen uit keramische tegels geklasseerd als niet brandbaar materiaal en behoren ze zonder voorafgaande tests tot de Europese brandreactieklasse A1.
Verwijdering van gevaarlijke stoffen (lood en cadmium)	Enkel vereist voor materialen die in contact komen met voedingsmiddelen (zie Verordening CE N°1935/2004 en Richtlijn 84/500/CEE).
Bestendigheid tegen hoge of lage concentraties van zuren en basen	Het gebruik van gerecupereerde faience muurtegels wordt afgeraden voor toepassingen waaraan intensieve eisen worden gesteld, zoals in laboratoria.
Vlekbestendigheid	Een glazuurlaag in goede staat garandeert een goede waterdichtheid van de tegels. Als er scheurtjes zijn, moet een bijkomende waterafstotende beschermlaag worden aangebracht om vlekken te voorkomen.
Geschiktheid voor reiniging en onderhoud	Te evalueren naargelang het gebruikte reinigingsproduct, de waterdruk en de textuur van de bovenlaag van de tegel (de staat van de glazuurlaag).
Gemak van reparaties en aanpassingen	Te bepalen met de professional die verantwoordelijk is voor de plaatsing.
Emissies van vluchtige organische stoffen (VOS)	De vluchtige organische stoffen worden vernietigd op het moment van de verbranding van alle organische stoffen die eventueel aanwezig zijn in de klei. Keramische tegels worden dus beschouwd als VOS-vrij. De producten voor de plaatsing en bescherming van de tegels kunnen echter wel uitstoters zijn van VOS.



Embodied carbon (cradle to gate - productie A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
Mosa Wall Tiles - Individuele verklaring (ter indicatie)	5.63	0.31
INIES databank (FR) – Algemeen gegeven	11.30 (*)	0.63
ICE databank (UK)	17.94	0.78

Indicatieve waarden voor een gemiddelde dikte van 6 mm en een geschatte dichtheid van 1800 kg/m³, (*) Inclusief lijm en voeg



Het hergebruiken van 100 m² faience muurtegels voorkomt de uitstoot van ~56 tot ~180 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tegels (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 336 tot ~1080 km in een kleine dieselwagen.

Beschikbaarheid

Geglazuurde faience muurtegels zijn relatief gemakkelijk te vinden op de hergebruikmarkt. Hun beschikbaarheid hangt echter af van de benodigde hoeveelheden. Ter indicatie:

Frequent	1 tot 5m ²
Ocasioneel	5 tot 20m ²
Zelden	> 20 m ²

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid:

Prijs van de demontage: 15 - 25 €/m²

Prijs van de reiniging: 25 - 35 €/m²

Prijs van de levering: naargelang het formaat, motief, algemene staat, etc. (voor niet-antieke tegels)

→ Gekuiste faience muurtegels: 25 - 50 €/m²

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Zware metalen: de bestanddelen van de glazuur waarmee faience tegels zijn afgevoerd kunnen lood- en cadmiumatomen bevatten. Deze zware metalen zijn schadelijk voor mens en milieu en kunnen zich verspreiden door contact met voedingsmiddelen. Als specifieke technische documentatie ontbreekt dient men extra waakzaam te zijn met tegels voor werkvlakken en muren waar voeding wordt verwerkt. Voor meer informatie is het aangeraden de Europese verordening CE N°1935/2004 en de richtlijn 84/500/CEE te raadplegen waarin de aanbevolen grenswaarden zijn vastgesteld. Deze vereiste kan worden gecontroleerd door erkende controleorganen.

Asbest: sommige types tegellijm die voor 1990 gebruikt werden kunnen asbest bevatten. Zelfs al is het risico laag (< 1 tot 10 % naargelang toepassingen en regio) moeten nodige maatregelen worden genomen om een correcte diagnose te stellen. Het risico is iets hoger bij lijmen die voor plinten gebruikt werden. Ook uitzettingsvoegen kunnen asbest bevatten.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Tip bij het ontwerpen!

Om de kans te vergroten voldoende tegels te vinden op de hergebruikmarkt kan het projectteam ervoor kiezen om grote oppervlakken op te splitsen in kleinere partijen (bv. door verschillende motieven te voorzien in elke ruimte).



Hergebruikte faience tegels in een sanitaire ruimte (BE). © VLA Architecture.

Wist je dat?

Ter indicatie: de markt voor nieuwe muurtegels in Frankrijk bedraagt ca. 50 miljoen m²/jaar (alle verschillende soorten samen).

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Tegels op basis van cement (hierna kortweg 'tegels' of 'cementtegels' genoemd) lenen zich zeer goed voor hergebruik. Het zijn sterke tegels met een lange levensduur. Ze worden geproduceerd op basis van een mengsel uit gekleurd cement en zand dat wordt vormgegeven en geperst, waarna ze drogen zonder te worden gebakken. Sommige tegels bevatten steenachtig granulaat ingewerkt in de massa of in een slijtvaste bovenlaag. De tegels danken hun sterkte aan het uitgeharde cement, dat hen bestand maakt tegen druk, schokken en vervormingen. Rechte voegen garanderen bovendien voldoende vlakheid. Deze eigenschappen maken van de cementtegel een geliefd materiaal in de utiliteitsbouw, in het bijzonder in ruimtes voor het gebruik van machines en werktuigen op wielen. Vanwege hun samenstelling zijn ze echter poreus en gevoelig voor vorst, zuur en vlekken (tenzij ze worden behandeld met een vulmiddel).



Cementtegels werden in overvloed geproduceerd sinds het einde van de 19de eeuw in Europa. Ze zijn dan ook relatief gemakkelijk te vinden bij professionele leveranciers van hergebruikmaterialen. Ze zijn niet te verwarren met andere soorten tegels zoals keramische tegels (die net als cementtegels een heel decoratief oppervlak kunnen hebben), samengestelde steen op basis van hars (beiden zijn slijtvaster en minder poreus), of betondallen. Ook circuleert er een foutief commercieel gebruik van de term 'cementtegel' waar eigenlijk een tegel met traditioneel motief wordt bedoeld.

We maken een onderscheid tussen twee grote categorieën cementtegels naargelang de samenstelling van de zichtbare laag:

1. 'Cement' tegels

Deze zijn:

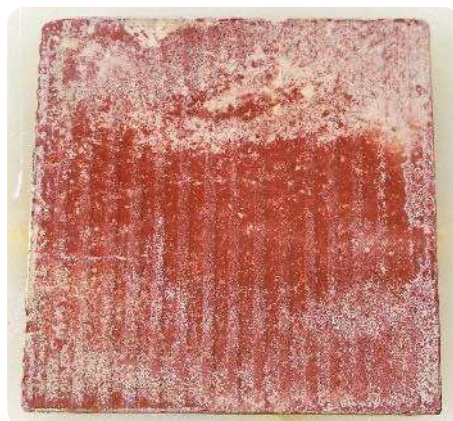
- enkellaags, bestaande uit wit of grijs cement, steenpoeder en kleurpigment.
- dubbellaags, samengesteld uit een slijtlaag (zichtbare zijde) met een gelijkaardige samenstelling als de enkellaagse tegels, en een onderlaag (zool) van zand, grijs cement en fijn grind voor stevigheid. De slijtlaag is dun (ca. 4 mm) in vergelijking met de totale dikte van de tegel (> 15 mm).



Dubbellaagse cementtegel



Enkellaagse cementtegel - zichtbare zijde



Enkellaagse cementtegel - achterzijde

2. Terrazzo tegels

Deze zijn:

- enkellaags, samengesteld uit een aangepast granulaat van steenpoeder, korrels en scherven, omgeven door een grijze of witte cementpasta en kleurpigment.
- dubbellaags, samengesteld uit een slijtlaag (zichtbare zijde) met een gelijkaardige samenstelling als de enkellaagse tegels, en een onderlaag (zool) van zand, grijs cement en fijn grind voor stevigheid.



Enkellaagse terrazzo tegel - doorsnede



Dubbellaagse terrazzo tegel - bovenzijde



Dubbellaagse terrazzo tegel - onderzijde



Terrazzo tegels (ook wel 'granito' tegels genoemd) kunnen tot 80% uit granulaten bestaan op basis van kiezel (kwarts, kwartsiet, graniet, porfier, zand, etc.), of kalk (marmer, kalksteen, dolomiet, etc.). De grootte van de granulaten varieert naargelang het gewenste resultaat. De weerstand van de slijtlaag hangt grotendeels af van de hardheid van het gebruikte granulaat. Deze granulaten zijn doorgaans restproducten van de steenwinning, de glasindustrie of scherven van andere tegels die een nieuwe markt vinden.



Terrazzo tegel met scherven van andere tegels als granulaat

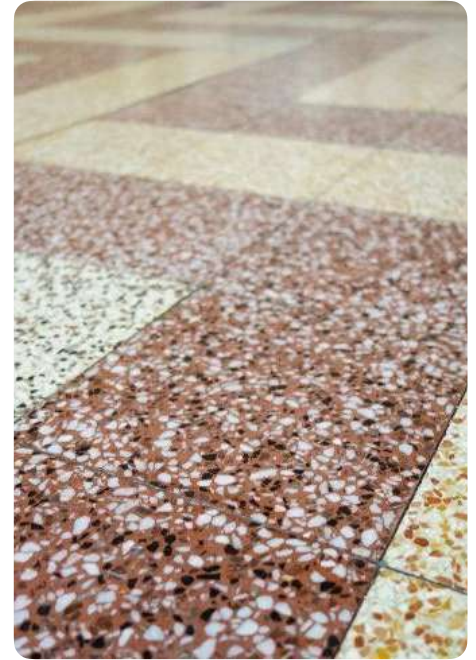
→ **Formaten:** de meeste tegels zijn vierkant of hexagonaal. Hun nominale afmetingen zijn doorgaans 20 × 20 cm, 25 × 25 cm, 30 × 30 cm en 40 × 40 cm. De dikte varieert naargelang het model en is gemiddeld tussen 15 en 40 mm. Kleinere modellen (10 × 10 cm, 10 mm dik) kunnen sterke gelijkenissen vertonen met niet geglazuurde zandsteen tegels. Ze zijn soms voorzien van rechte plinten, groeven of randen.

→ **Afwerking:** de zichtbare zijde kan op de verschillende manieren worden afgewerkt: gepolijst, gezoet, geborsteld, gestraald, gebouchardeerd, gezandstraald of gegroefd. Cementtegels worden niet geglazuurd/gecoat aangezien ze niet worden gebakken. De meeste tegels op basis van cement worden geïmpregneerd met een water/olie-afstotende laag tijdens hun eerste gebruik.

→ **Textuur:** de (zichtbare) bovenlaag is voornamelijk glad en gelijkmatig. De randen zijn doorgaans glad, maar omwille van hun broosheid zijn ze gevoelig voor afschilfering tijdens de recuperatie. De (niet zichtbare) on-

derzijde is doorgaans voorzien van een licht reliëf voor een betere hechting aan de onderlaag. Het logo of de naam van de fabrikant is meestal aangebracht op de onderzijde.

→ **Kleuren:** er bestaan veel kleurvariaties, vooral onder de 'cement' tegels. Van een effen tint, over tegels uit twee kleuren (bijvoorbeeld gevlekt of gevlamd) tot meerkleurige tegels voorzien van tekeningen of patronen. De motieven zijn doorgaans minder helder afgelijnd dan bij keramische tegels, tevens een belangrijke eigenschap om de twee types van elkaar te onderscheiden. De kleurvariaties van de terrazzo tegels worden bepaald door de kleur, de kwantiteit en afmetingen van het granulaat, alsook door de pigmenten die worden toegevoegd aan het cement.



Tegels voor recuperatie

Tip bij het ontwerpen!

Om de kans te verhogen voldoende tegels te vinden op de hergebruikmarkt kan het projectteam ervoor kiezen om grote oppervlakken op te delen in kleinere partijen (bv. door verschillende motieven te voorzien in elke ruimte).



Recuperatie van het materiaal

Tegels op basis van cement zijn vaak te vinden als vloerbekleding in bestaande gebouwen. Hun demontage is niet altijd gemakkelijk maar ze zijn niettemin uitermate geschikt voor hergebruik in situ of via de professionele hergebruikhandelaars.



Mortelresten op zij- en onderkant

→ **Demontagetests:** deze laten toe de haalbaarheid en de rentabiliteit van demontage na te gaan. De plaatsing (hetzij met cementmortel op een bed van gestabiliseerd zand, dan wel direct in een verse betonvloer of met mortellijm op een droge betonvloer), de eigenschappen van de voegen en de dikte en samenstelling van de tegels zelf bepalen in grote mate de demonteerbaarheid van het materiaal.

→ **Demontage:** een zorgvuldige demontage is er op gericht de integriteit van de tegels en een zekere homogeniteit van de loten te waarborgen. Om het risico op schade tijdens de demontage te beperken is het raadzaam de spanning in de tegels te verminderen door op voorhand de mogelijkheid tot speling te voorzien langs twee loodrechte zijden van de tegels. Dit houdt gewoonlijk in dat de tegels tegels die zich tegen de rand van de ruimte bevinden, worden gebroken en verwijderd. De tegels worden gesorteerd op kwaliteit, kleur, afmetingen en hun graad van 'netheid' (aanwezige mortelresten). Ze worden opgeslagen op hun zijkant om het risico op krassen te beperken. Ze worden bij voor-

keur met de zichtbare bovenkanten twee per twee tegen elkaar opgeslagen. Bijzondere aandacht moet uitgaan naar loten met een bepaald motief, of waarbij enkele belangrijke stukken intact gerecupereerd moeten worden (bv. tegels die een tekening vormen in een bepaalde ruimte afgewerkt met speciale randen en hoeken). Tegels op basis van cement hechten zich vaak heel stevig aan de mortel waarmee ze geplaatst worden. De mortelresten wordt zelden in situ gereinigd. Dit vereist specifiek gereedschap.



Mechanische reiniging

→ **Behandeling:** De voornaamste behandeling die wordt voorgesteld door de leveranciers van gerecupereerde cementtegels is de mechanische reiniging van mortelresten van de onderzijde en de randen. Deze manuele stap wordt doorgaans uitgevoerd met een aangepast werktuig (pneumatische beitel, invalzaag, slijpmachine, etc.) en vereist een systematische sortering. Tegels met grote vlekken of barsten worden niet meer gebruikt. Randen worden zelden volledig gekuist van mortelresten, waardoor specifieke maatregelen dienen genomen te worden tijdens de plaatsing (vraag advies bij uw professionele tegellegger). Het al dan niet reinigen heeft een grote invloed op de uiteindelijke prijs van de tegels.

→ **Stockage:** de tegels worden in bulk opgeslagen op paletten of verpakt in pakketten en de nodige maatregelen worden genomen om de slijtage van de zichtbare zijde te beperken (verticaal verpakt, van elkaar gescheiden met plasticfolie of hardboard ('unalit'), mooie zijde tegen mooie zijde, etc.). Idealiter worden de tegels opgeslagen op een locatie waar ze zijn beschermt tegen de weersomstandigheden om schimmelvorming ten gevolge van condensatie te voorkomen.

→ **Transport en levering:** de nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen tijdens het vervoer en de levering om schade te voorkomen (pallet stevig bevestigd, omwikkeld met plasticfolie, etc.). Daarenboven vereenvoudigen voorverpakte tegels eveneens de plaatsing. Op de werf moeten de tegels worden opgeslagen op een vorstvrije locatie waar ze beschermt zijn tegen de weersomstandigheden.

Het is raadzaam beroep te doen op gespecialiseerde professionals om het goede verloop van deze operaties te garanderen.



Demontage van de tegels



Gedemonteerde tegels

Denk omkeerbaar!

Het gebruik van een bastaardmortel (kalk-cement) en voegen op basis van harsvrije cement vergemakkelijken toekomstige demontages. (Deze plaatsingsmethoden hebben echter een lagere hechtingsgraad. Ze worden dan ook afgeraden voor toepassingen met hoge thermische of mechanische belastingen.)



Toepassingen en plaatsing

Hergebruik cementtegels worden door- gaans gebruikt als vloerbekleding *binnen* voor toepassingen waaraan matige (woningen) of meer intensieve eisen worden gesteld (hall, commerciële oppervlakte). Als ze niet te dik zijn (minder dan 16 mm) kunnen ze ook worden gebruikt als muurbekleding (tegels van dit formaat werden doorgaans recenter geproduceerd). Aangezien ze poreus zijn van aard *worden ze afgeraden voor buitentoepassing*. Bovendien zijn ze eerder ongeschikt voor gebruik in omgevingen met een hoge vochtigheidsgraad (sanitaire ruimten) of blootstelling aan producten die agressief werken of vlekken maken (collectieve keukens, laboratoria). Indien nodig, en mits het juiste onderhoud, kan het oppervlak van de tegels worden bewerkt met een water/olie-afstotende behandeling en kunnen maatregelen genomen worden om de onderlaag waterdicht te maken.

Bij de keuze van de tegels dient men rekening te houden met de beoogde toepassingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Men moet altijd de nationale en Europese productnormen raadplegen (EN 13748-1 voor marmeren mozaïek tegels), alsook de geldende uitvoeringsnormen en regels van de kunst respecteren.

Voor zover ze volledig zijn gereinigd is de plaatsing van gerecupereerde tegels identiek aan die van equivalente nieuwe tegels. De aanwezigheid van mortelresten kan echter specifieke maatregelen vereisen. De gereinigde hergebruikte tegels zijn geschikt voor dezelfde verscheidenheid aan legmethodes en patronen. Er dient rekening gehouden te worden met dezelfde aandachtspunten, met name: eigenschappen en staat van de ondergrond, plaatsings- en voegproducten en -technieken, droogtijd en uitvoeringstermijn, uitzettings- en afwerkingsvoegen, vlakheid van de vloer, ontkoppelingsmat, onderliggende isolatie, vloerverwarming, polieren van de terrazzo tegels na plaatsing, aanbrengen van een vulmiddel, kristalliseren, specifiek onderhoud, algemene kosten, etc.

De aanwezigheid van mortelresten op de randen wordt afgeraden, maar is niettemin courant. Dit heeft niet alleen gevolgen voor de nominale afmetingen van de voegen maar ze kunnen ook hun kleur en samenstelling beïnvloeden. Tegels met motieven worden gewoonlijk geplaatst met een fijne voeg zodat de motieven goed op elkaar aansluiten. Fijne voegen verzekeren bovendien een gebruiks-

vriendelijk oppervlak voor rollend verkeer en verkleinen de kans op barsten.

Gezien de relatief lage slijtvastheid van cementtegels is het raadzaam ze te bedekken met een vloermat wanneer ze blootgesteld zullen worden aan veel verkeer.

Hergebruikte tegels op basis van cement zijn relatief dik en dus moeilijk te plaatsen op een bestaande vloer.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ *Samenstelling van het lot*: het lot moet volledig zijn samengesteld uit cementtegels.

→ *Afmetingen*: de afmetingen en dikte van de tegels dienen homogeen te zijn. Binnen eenzelfde lot ambachtelijke (met de hand gegoeten) tegels kan echter een variatie in de dikte van 1 tot 2 mm voorkomen. Wanneer de tegelranden niet volledig vrij zijn van mortelresten dient men dit in rekening te nemen. De tolerantie wat betreft de afmetingen wordt bepaald door het projectteam naargelang het gewenste uitzicht, de dikte van de voegen en de plaatsingsmethode.

→ *Tint*: lichte kleurschakeringen zijn mogelijk (net als bij nieuwe producten). In het geval van hergebruikte tegels kunnen deze variaties te wijten zijn aan de oorspronkelijke blootstelling aan licht. Het is raadzaam de tegels te mengen tijdens de plaatsing. De ontwerper kan ook expliciet opteren voor een motief met tegels in zeer uiteenlopende kleuren. Zo kan er beroep gedaan worden op een groter aanbod aan tegels, wat tegelijk een interessant architecturaal resultaat kan opleveren.



Tegels oorspronkelijk geplaatst in een bastarmortel: weinig mortelresten na demontage.

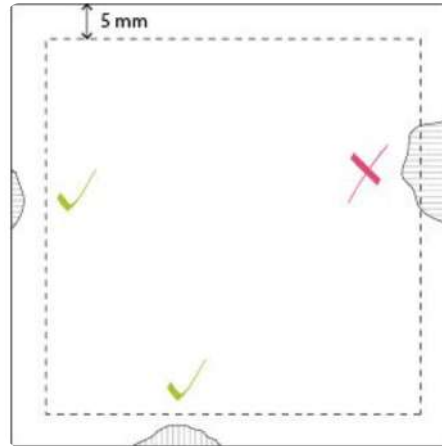


Close-up van craquelé op een cementtegel

Craquelé is een geheel van in elkaar verweven haarscheurtjes in de zichtbare zijde van de cementtegel. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door algemene krimpverschijnselen en differentieële spanning tussen de lagen van de tegel. Craquelé heeft geen invloed op de sterkte van de tegels, maar het vuil in de barsten kan het uiterlijk wel beïnvloeden. In ruimtes waar de tegels blootgesteld worden aan vloeistoffen die vlekken kunnen maken (keukens, sanitair, etc.) dient er een water/olie-afstotende bescherm laag te worden aangebracht



→ **Staat:** hergebruikte tegels kunnen beschadigingen vertonen zoals tekenen van oppervlakkige slijtage, afgeschilferde en gekartelde randen, haarscheurtjes, etc. Sommige tegels kunnen uitbloeiingen vertonen op de zichtbare zijde. Deze zijn gewoonlijk te wijten aan capillaire werking die een ophoping van kalkhydraten op het oppervlak van de tegels heeft achtergelaten tijdens het vroegere gebruik van de tegels. Uitbloeiing heeft geen invloed op de levensduur van de tegels. Ze kan worden verwijderd door een behandeling met specifieke schurende producten. Men kan ook het gebruik van agressieve wasmiddelen en zuurhoudende of alkalische producten overwegen. Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. enkel breuken en afschilferingen <math>< 25 \text{ mm}^2</math> toegestaan). Dit principe kan visueel worden beschreven om de inspectie van de tegels te vereenvoudigen. Bijvoorbeeld:



→ **Hoeveelheid:** sommige leveranciers rekenen automatisch een surplus van 5% bij de levering van hun product indien zij niet in staat zijn de homogeniteit van de bovengenoemde kenmerken te garanderen. Er kan met eenzelfde surplus gerekend worden in het geval van hergebruik in situ.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 13748-1 omschrijft de relevante eigenschappen (naargelang de context) voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van cementtegels. Hoewel deze kenmerken beschreven worden voor nieuwe materialen kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van gerecupereerde cementtegels.

In het geval van specifieke en veeleisende toepassingen moeten parameters met betrekking tot eigenschappen als slijtvastheid, slipweerstand, weerstand tegen breuk, etc. worden gemeten en gekwantificeerd door middel van proeven die worden uitgevoerd in erkende laboratoria.

Eigenschappen	Vloerbekledingen binnen
Afmetingen (lengte, breedte)	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de gerecupereerde tegels. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak.
Dikte	De norm voor nieuwe producten bepaalt een minimum dikte van 4 mm voor de bovenlaag van tweelaagse tegels die gecoat worden na plaatsing, en 8 mm voor tegels die niet gecoat worden na plaatsing.
Dikte	Een tolerantie van ± 2 mm is aanvaardbaar voor nieuwe tegels met een dikte van < 40 mm.
Geometrie (rechtheid van de randen, hoeken, vlakheid van het oppervlak)	Bij handgemaakte tegels is de onderzijde niet noodzakelijk parallel met de bovenzijde. Deze onregelmatigheid kan echter gemakkelijk worden opgevangen door een correcte plaatsing.
Kwaliteit van het oppervlak en de randen	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikte tegels. Een gedetailleerd visueel onderzoek van de partij volstaat vaak. Men dient in rekening te nemen dat de randen van cementtegels zeer broos zijn.
Waterabsorptie	Cementtegels zijn van nature uit poreus en kunnen vloeistoffen absorberen. Dit geldt voor 1) <i>de onderzijde</i> , waar een hoge vochtigheidsgraad kan leiden tot uitbloeiing op de zichtbare zijde, 2) <i>de randen</i> , waar het gebruik van gekleurde voegmiddelen wordt afgeraden, 3) <i>de bovenzijde</i> , waar het aanbrengen van een water/olie-afstotende bescherm laag raadzaam is.
Weerstand tegen breuk	Voornamelijk afhankelijk van de dikte en porositeit van de tegel. Gerecupereerde cementtegels zijn gewoonlijk vrij dik (≥ 20 mm) om te voldoen aan deze vereiste. Hedendaagse productietechnieken hebben intussen dunnere tegels mogelijk gemaakt. De weerstand tegen breuk dient grondig geëvalueerd te worden in het geval van hoge mechanische belastingen.
Slijtvastheid	Te evalueren voor specifieke (industriële, commerciële, etc.) toepassingen met een hoog risico op krassen en schuursporen door karren, vaten, etc. Tegels op basis van cement zijn doorgaans beter bestand tegen slijtage dan marmer maar minder dan keramisch grestegels.
Slipweerstand	Het doorgaans gladde oppervlak kan een risico op uitglijden of slippen vormen. Gladde tegels zijn mogelijk niet geschikt voor gebruik in niet overdekte locaties buiten en/of locaties die regelmatig onder water staan (bv. Italiaanse douche). Deze eigenschap dient specifiek te worden geëvalueerd voor toepassingen die intensief worden gebruikt en/of met hellende vloeren.
Brandreactie	Conform het besluit 96/603/CE van de Europese Commissie worden vloerbekledingen uit cementtegels geklasseerd als niet brandbaar materiaal en behoren ze zonder voorafgaande tests tot de Europese brandreactieklasse A1 _{FL} .
Vlekbestendigheid	Gezien de poreuze aard van cementtegels dient men een water/olie-afstotende laag (vulmiddel) aan te brengen om vlekken te voorkomen.
Bestendigheid tegen hoge of lage concentraties van zuren en basen	Onbehandelde cementtegels zijn zeer gevoelig voor zuren en basen.
Warmtegeleidingsvermogen	Te evalueren indien de tegels moeten bijdragen aan de thermische prestaties van een gebouwonderdeel.
Emissies van vluchtige organische stoffen (VOS)	Materialen op cementbasis worden beschouwd als materialen met een lage emissie van vluchtige organische stoffen. De producten voor de plaatsing en bescherming van de tegels kunnen echter wel uitstoters zijn van VOS.



Beschikbaarheid

Hergebruikte tegels op basis van cement zijn relatief gemakkelijk te vinden op de hergebruikmarkt. Hun beschikbaarheid hangt echter af van de benodigde hoeveelheden. Ter indicatie:

Frequent	Lot van 1 tot 50m ²
Occasionel	Lot van 50 tot 100m ²
Rare	Lot > 100 m ²

Demontage

Gemiddelde opbrengst van de demontage: ~15 m² niet beschadigde tegels / mandag

De werflogistiek en het breukpercentage zijn hierbij in rekening gebracht. Dat laatste varieert naargelang de afmetingen van de tegels, de hechtingsgraad van de mortel, de grootte van de ruimtes, etc.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid.

Prijs van de levering: naargelang het formaat, motief, algemene staat, etc. (voor niet-antieke tegels):

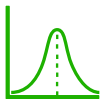
→ Gekuiste cementtegels: 25 – 50 €/m²

→ Niet gekuiste cementtegels: 55 - 125 €/m²

Embodied carbon (cradle to gate - productie A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
DNV – Life Cycle assessment on floor coverings *	9.6	0.21
ICE databank (UK) *	5.3	0.12

* Indicatieve waarden voor een terrazzo tegel met een gemiddelde dikte van 20 mm en een geschatte massadichtheid van 2250 kg/m³



Het hergebruiken van 100 m² cementtegels voorkomt de uitstoot van ~530 tot ~960 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tegels (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~3 200 tot ~5 700 km in een kleine dieselwagen.

Hoe cementtegels van keramische tegels onderscheiden?

→ visueel: het motief van een keramische tegel lijkt in potlood te zijn getekend, dat van een cementtegel met een viltstift. De kleuren van de cementtegel ogen meer afgebleekt, maar worden veel levendiger wanneer ze worden nat gemaakt. Bij keramische tegels is dit contrast veel minder uitgesproken.

→ geluid: twee keramische tegels die tegen elkaar worden getikt, klinken als glas. Dit is niet het geval voor cementtegels.

→ tactiel: in de zon voelt een keramische tegel veel warmer aan dan een cementtegel

Wist je dat?

Moderne cementtegels worden doorgaans geproduceerd in Marokko. Een individuele arbeider produceert ca. 4 m² tegels per dag met de hand. De verkoopprijs van nieuwe tegels op de Noordwest-Europese markt schommelt tussen 60 en 150 euro/m².

Met behulp van een geschikte installatie kan een arbeider tussen 10 en 20 m² gerecupereerde tegels per dag reinigen.



Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu



Boven: tegels voor demontage / onder: dezelfde tegels, hergebruikt (BE). © Antony Nocera (Ceramica Concept)

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Ongeglazuurde terracotta tegels (hier-na ook kortweg ‘tegels’ genoemd) worden geproduceerd door het bakken van een mengsel bestaande uit klei (of aarde) en zand dat wordt ontgast; getrokken (getrokken tegels), gegoten of voorgevormd; gedroogd en tot slot gebakken aan een temperatuur van 900 tot 1050°C gedurende 12 tot 48 uur. Het is keramisch materiaal van ambachtelijke of industriële makelij waarvan de eigenschappen afhankelijk zijn van de samenstelling van het mengsel, de baktemperatuur en de technieken die worden toegepast tijdens de productie.

Gebakken, ongeglazuurde terracotta tegels zijn *zeer sterk* en relatief goed bestand

tegen slijtage en perforaties. Ze hebben bovendien een hoge thermische inertie (warmteopslag en -geleiding), waardoor ze uiterst geschikt zijn voor toepassingen in combinatie met vloerverwarming.

Onbewerkt zijn de meest courante hergebruik terracotta tegels doorgaans zeer *poruus*. Vooral grote en dunne formaten absorberen gemakkelijk water, zijn weinig vorstbestendig en gevoelig voor vlekken, en beschikken over lage mechanische prestaties. Over het algemeen zijn deze tegels vooral geschikt voor *gebruik binnen* en vereisen ze doorgaans een beschermende afwerkingsslaag en *regelmatig onderhoud*.

Hedendaagse technieken maken het niettemin mogelijk tegels te produceren die voldoende vorstbestendig zijn voor gebruik buiten. Deze zijn echter niet courant te vin-

den op de hergebruikmarkt. De tegels die het onderwerp uitmaken van deze fiche zijn ongeglazuurd / niet geëngobeerd. Ze dienen onderscheiden te worden van grotere en dikkere tegels en kleiklinkers die ook voor buitentoepassingen geschikt zijn.

Terracotta tegels worden sinds de 19de eeuw in overvloed geproduceerd in Europa, voornamelijk in het zuiden, en zijn dan ook courant beschikbaar op de hergebruikmarkt. De term ‘terracotta’ is afgeleid van het Italiaanse ‘terra cotta’, letterlijk ‘gebakken aarde’. In het Nederlands en Engels is deze term courant, maar in het Frans wordt de vertaling ‘terre cuite’ gebruikt. Sommige modellen staan in het Frans ook bekend als ‘tomettes’. Terracotta tegels mogen ten slotte niet verward worden met hun tegenhangers uit getrokken gres.



Voorbeeld van ‘parefeuilles’



Courant voorkomende tegels op de hergebruikmarkt in Zuid-Frankrijk zijn de zogenaamde ‘parefeuilles’ of ‘mallons de couvert’, rechthoekige tegels die oorspronkelijk werden gebruikt als dakisolatie en vandaag als vloerbekleding worden hergebruikt. Deze zijn relatief gevoelig voor vlekken. Vraag advies bij uw verkoper.



Tip bij het ontwerpen!

Om de kansen te verhogen voldoende tegels te vinden op de hergebruikmarkt kunnen de ontwerpers opteren grote oppervlakken op te delen in kleinere partijen (bijvoorbeeld, door uiteenlopende motieven te voorzien in elke ruimte).



→ **Formaten:** er bestaat een grote verscheidenheid aan formaten, veelal verbonden aan de regio van herkomst. De meeste tegels zijn vierkant, zeshoekig, achthoekig of rechthoekig. Hun nominale afmetingen zijn doorgaans 10 × 10 cm, 12 × 12 cm, 14 × 14 cm, 16 × 16 cm en 30 × 30 cm. De dikte varieert naargelang het model maar ligt voornamelijk tussen 12 en 25 mm. Ook accessoires als plinten, trapneuzen en boordstenen zijn beschikbaar.

→ **Afwerking:** onbewerkte terracotta tegels worden voornamelijk gekenmerkt door een eerder mat oppervlak, ruw of glad, met onregelmatigheden en licht afgeronde randen. Er zijn meerdere mechanische afwerkingen beschikbaar op de markt, waaronder: gegroefde randen, een extra glad of meer gestructureerd oppervlak, of geborsteld, ge-

zandstraald, geglaazuurd, etc. (deze laatste afwerking wordt niet behandeld in deze fiche). Tegels die binnen worden gebruikt, worden gewoonlijk behandeld met een beschermend water/olie-afstotend middel en hebben een matte, matglanzende of glanzende afwerking.

→ **Textuur:** de tegels hebben meestal een onregelmatig uitzicht en zichtbare poriën. Sommige zogenaamde 'rustieke' tegels worden geproduceerd op basis van onzuivere en grof vermalen klei waardoor korrels, steentjes en vlekken zichtbaar zijn. Er kunnen aan het oppervlak van de tegels kleine of grotere gaten verschijnen. De (niet zichtbare) onderzijde is doorgaans voorzien van een licht reliëf voor een betere hechting aan de onderlaag. Vaak wordt het logo of de naam

van de fabrikant aangebracht op de onderzijde.

→ **Kleuren:** kleurvariaties zijn afhankelijk van het type klei en het ijzeroxidegehalte. De verschillende schakeringen zijn een resultaat van de bakmethode (houtvuur) en de plaats van de tegels in de oven. Ambachtelijk geproduceerde tegels die op hogere temperatuur worden gebakken zijn donkerder en robuuster. Traditionele terracotta tegels zijn meestal roze, rood en koper-oranje terwijl moderne versies ook in het wit, grijs, oker of bruin bestaan.





Recuperatie van het materiaal

Ongeglazuurde terracotta tegels worden zowel binnen als buiten in een verscheidenheid aan gebouwen toegepast, maar zijn vooral populair in residentiële, landelijke en historische contexten. Als de tegels niet direct kunnen worden hergebruikt in situ kunnen ze worden verkocht via de professionele netwerken voor hergebruikhandelaars.

→ **Demontagetests:** deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. De wijze waarop de tegels worden geplaatst (met een kalk-, bastaard- of cementmortel, of gelijmd met een lijm mortel) en de eigenschappen van de voegen en de tegels (dikte, samenstelling) bepalen in grote mate de demonteerbaarheid van het materiaal.

→ **Demontage:** een zorgvuldige demontage is er op gericht de integriteit van de tegels en een zekere homogeniteit van de loten te waarborgen. Om het risico op schade tijdens de demontage te beperken is het raadzaam de spanning in de tegels te verminderen door op voorhand de mogelijkheid tot speling te voorzien langs twee loodrechte zijden van de tegels. Dit houdt gewoonlijk in dat de tegels die zich tegen de rand van de ruimte bevinden worden gebroken en verwijderd. De gedemonteerde tegels worden gesorteerd op kwaliteit, kleur, afmetingen en hun graad van 'nethed' (de aanwezige mortelresten). Ze worden bij voorkeur gestockeerd op hun zijkant om het risico van breken of barsten te beperken.

→ **Behandeling:** de voornaamste behandelingen voorgesteld door leveranciers van tegels zijn oppervlaktereiniging en de mechanische reiniging van mortelresten van de onderzijde en randen. Tijdens deze manuele stap gebruikt men gewoonlijk aangepaste werktuigen (pneumatische beitels, cirkelzaag, slijpmachine, etc.) en dienen tegels systematisch te worden gesorteerd. Broze tegels of tegels met grote vlekken of barsten worden geweigerd.

→ **Stockage:** de loten tegels worden in bulk opgeslagen op paletten of verpakt in pakketten, waarbij de nodige maatregelen worden genomen om het risico van barsten en breken te voorkomen (verpakt op de rand, van elkaar gescheiden met een tussenlaag, etc.). Oude, poreuze tegels en tegels voor gebruik binnen dienen te worden opgeslagen op een vorstvrije locatie waar ze beschermd zijn tegen de weersomstandigheden. Vanwege hun

hoge porositeit lopen de tegels bovendien een groter risico op uitbloeiing en schimmelvorming wanneer ze zijn blootgesteld aan condensatie.

→ **Transport en levering:** de nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen tijdens het transport en de levering om schade te voorkomen (de paletten moeten stevig worden bevestigd, omwikkeld met

plasticfolie, etc.). Op de werf moeten tegels die binnen geplaatst zullen worden, worden opgeslagen op een vorstvrije locatie waar ze zijn beschermd tegen de weersomstandigheden.

Het is raadzaam beroep te doen op gespecialiseerde professionals om het goede verloop van deze operaties te garanderen.



Zichtbare zijde



Achterzijde



Zichtbare zijde



Achterzijde



Mechanische reiniging



Stockage



Stockage



Stockage



Toepassingen en plaatsing

Hergebruik terracotta tegels worden voornamelijk gebruikt als vloerbekleding binnen voor toepassingen waaraan matige eisen worden gesteld (woningen, inkomhallen, etc.). Ze zijn eerder ongeschikt als muurbekleding. De meeste terracotta tegels zijn poreus van aard. Een buiten-toepassing wordt dus afgeraden, behalve indien kan worden aangetoond dat ze ervoor geschikt zijn. Ze zijn niet geschikt voor toepassingen met een zeer intensief gebruik (gangen, winkels, rollend verkeer, etc.), in ruimtes met een zeer hoge vochtigheidsgraad (sanitaire ruimten) of voor blootstelling aan producten die agressief werken of vlekken maken (collectieve keukens, restaurants, laboratoria).

Bij de precieze keuze van de tegels dient men altijd rekening te houden met de beoogde toepassing (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Men moet altijd de nationale en Europese productnormen raadplegen (EN 14411), en de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen respecteren.

De plaatsing van volledig gekuiste gerecupereerde terracotta tegels is identiek aan die van nieuwe tegels. De gekuiste hergebruikte tegels zijn geschikt voor dezelfde verscheidenheid aan legmethodes en patronen. Er dient rekening gehouden te worden met dezelfde aandachtspunten, met name: eigenschappen en staat van de ondergrond, plaatsings- en voegproducten en -technieken, droogtijd en uitvoeringstermijn, uitzettings- en afwerkvoegen, vlakheid van de vloer, ontkoppingsmat, onderliggende isolatie, vloerverwarming, aanbrengen van een vulmiddel, specifiek onderhoud, algemene kosten, etc. Bij tegels die buiten worden gebruikt, dient men rekening te houden met de helling, de afwatering, het risico op uitbloeiing, etc.

Tegels met een onregelmatige dikte of met mortelresten op de onderzijde kunnen enkel worden geplaatst in een verse dekvloer (traditionele plaatsing met mortel) om de dikteverschillen te kunnen opvangen. Het gebruik van lijm mortel is in dit geval te vermijden. Eveneens kunnen mogelijke mortelresten aan de randen van de tegels de nominale afmetingen, kleur en samenstelling van de voegen beïnvloeden.

Terracotta is een poreus materiaal dat moet worden behandeld met een water/olieafstotende coating die regelmatig dient te worden vernieuwd (bijvoorbeeld: was, hars,

Denk omkeerbaar!

Het gebruik van een bastaardmortel (kalk-cement) en voegen op basis van harsvrije cement vergemakkelijken toekomstige demontages. (Deze plaatsingsmethoden zijn echter niet geschikt voor elke situatie en hebben gevolgen voor de adhesie aan de onderlaag, de kosten en tijdsduur van de plaatsing, etc.)

impregneerolie, lijnzaadolie, terpentijnolie, etc.). Hergebruikte tegels kunnen volledig of gedeeltelijk zijn bedekt met de oude beschermlaag. Naargelang de staat kan deze laag worden gestript (chemisch, door te zandstralen, etc.) alvorens een nieuwe beschermlaag aan te brengen. Terracotta tegels vereisen regelmatig en specifiek onderhoud.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van het lot:** het lot moet volledig zijn samengesteld uit terracotta tegels.

→ **Afmetingen:** de afmetingen van de tegels moeten homogeen zijn, dikte inbegrepen. Variaties in de dikte van 1 tot 2mm binnen eenzelfde lot zijn echter mogelijk bij ambachtelijk geproduceerde tegels. Wanneer de tegelranden niet volledig vrij zijn van mortelresten dient men dit in rekening te nemen. De tolerantie wat betreft de afmetingen wordt bepaald door het projectteam naargelang het gewenste uitzicht, de dikte van de voegen en de plaatsingsmethode.

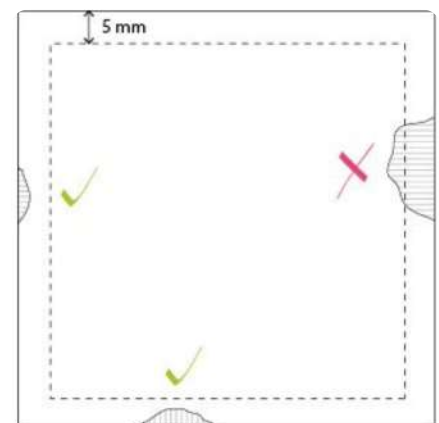
→ **Tint:** lichte kleurschakeringen zijn mogelijk (net als bij nieuwe producten). In het geval van hergebruik terracotta tegels kunnen deze variaties te wijten zijn aan de productiemethode, de vroegere blootstelling aan licht, de

eerder uitgevoerde behandelingen, etc. Het is raadzaam de tegels te mengen tijdens de plaatsing.



Kleurschakeringen

→ **Staat:** hergebruikte tegels kunnen beschadigingen vertonen zoals tekenen van oppervlakkige slijtage, afgeschilferde en gekartelde randen, haarscheurtjes, schimmelvorming, uitbloeiing, etc. Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren (bv. enkel breuken en afschilferingen < 25 mm² toegestaan). Dit principe kan visueel worden beschreven om de inspectie van de tegels te vereenvoudigen. Bijvoorbeeld:



→ **Hoeveelheid:** sommige leveranciers rekenen automatisch een surplus van 5% bij de levering van hun product indien zij niet in staat zijn de homogeniteit van de bovengenoemde kenmerken te garanderen. Er kan met eenzelfde surplus gerekend worden in het geval van hergebruik in situ.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde loten aan deze eisen voldoen.



Voorbeeld van een imperfectie



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 14411 omschrijft de relevante eigenschappen (naargelang de context) voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van keramische tegels. Hoewel deze kenmerken opgesteld zijn voor nieuwe materialen kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van gerecupereerde, ongeglazuurde terracotta tegels.

Eigenschappen	Binnen	Buiten	Opmerkingen
Afmetingen (lengte, breedte)	x	x	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikte tegels. Een nauwkeurig visueel onderzoek van het lot volstaat vaak. De onregelmatigheden van deze tegels hebben een invloed op de dikte van de voegen tijdens de plaatsing.
Dikte	x	x	Een variatie van ± 10 % wordt getolereerd voor de meeste nieuwe terracotta tegels. Deze variaties, alsook de grote dikte van sommige types tegels dienen voor de plaatsing in rekening gebracht te worden, in het bijzonder bij renovaties (bijvoorbeeld met betrekking tot de totale dikte van de vloer).
Geometrie (rechtheid van de randen, hoeken, vlakheid van het oppervlak)	x	x	Een nauwkeurig visueel onderzoek van het lot volstaat vaak om deze eigenschappen in te schatten. Het gebruik van gebogen tegels buiten moet zoveel mogelijk worden vermeden om stagnerend water te voorkomen.
Kwaliteit van het oppervlak	x	x	Dit kenmerk hangt nauw samen met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikte tegels. Een nauwkeurig visueel onderzoek van het lot volstaat vaak. Men dient bijzonder goed te controleren op vlekken of schimmel, aangezien deze mogelijk niet meer kunnen worden verwijderd.
Waterabsorptie	x	x	De porositeit van terracotta tegels is onregelmatig maar ze absorberen gemakkelijk vloeistoffen. Dit geldt voor 1) de onderzijde, waar een hoge vochtigheidsgraad kan leiden tot uitbloeiing op de zichtbare zijde, 2) de randen, waar het gebruik van gekleurde voegmiddelen wordt afgeraden, 3) de bovenzijde, waar het aanbrengen van een water/olie-afstotende beschermlaag raadzaam is indien de tegels binnen worden gebruikt.
Weerstand tegen breuk	x	x	Voorname afhankelijk van de dikte en porositeit van de tegel. Oudere terracotta tegels zijn gewoonlijk vrij dik (≥ 20 mm) om te voldoen aan deze vereiste. Hedendaagse productietechnieken maken dunnere tegels mogelijk. Een grondige evaluatie van deze prestatie is belangrijk in het geval van hoge mechanische belastingen.
Slijtvastheid	x	x	Terracotta tegels hebben een zwakke tot middelmatige slijtvastheid. Dit betekent dat ze niet geschikt zijn voor intensief gebruik (bv. scholen, supermarkten, doorgang van machines op wiertjes, etc.)
Schokbestendigheid	x	x	Te evalueren in zones waar de weerstand tegen impact als zeer belangrijk wordt beschouwd.
Slipweerstand	x	x	Aangezien terracotta tegels doorgaans een ruwer oppervlak hebben, vormen ze een minder groot risico op uitglijden of slippen dan andere tegels. Deze eigenschap dient specifiek te worden geëvalueerd bij meer intensief gebruik, en/of voor toepassingen met hellende vloeren of buitentoepassingen. Dit kenmerk wordt beoordeeld in relatie tot de aanwezige slijtage en vervuiling, het onderhoud van de vloer en de behandelingen van het oppervlak.
Brandreactie	x		Conform het besluit 96/603/CE van de Europese Commissie worden vloerbekledingen uit keramische tegels zonder afwerklaag geklasseerd als niet brandbaar materiaal en behoren ze zonder voorafgaande tests tot de Europese brandreactieklasse A1 _{FL} .
Weerstand vorst-dooicycli		x	Deze prestatie bepaalt de beperkingen voor het gebruik buiten. Vanwege de poreuze aard van de meeste hergebruikte terracotta tegels kunnen ze slechts in beperkte mate buiten worden gebruikt. Bepaalde loten gerecupereerde tegels die buiten zijn gebruikt kunnen wel opnieuw buiten worden geplaatst.
Vlekbestendigheid	x	x	Hun hoge porositeit maken terracotta tegels gevoelig voor vlekken. Men moet dus een water/olie-afstotende beschermlaag (vulmiddel) aanbrengen tijdens de plaatsing en deze behandeling moet regelmatig worden herhaald.
Bestendigheid tegen kleine of grote concentraties van zuren en basen	x	x	Terracotta tegels zijn doorgaans goed bestand tegen de courant gebruikte chemische stoffen. Het volstaat dikwijls een voegmiddel te gebruiken dat voldoet aan deze vereiste.
Lineaire thermische uitzetting	x	x	Keramische tegels hebben over het algemeen een lage thermische uitzettingscoëfficiënt, waardoor ze uiterst geschikt zijn voor toepassingen in combinatie met vloerverwarming.
Warmtegeleiding-vermogen	x		Te evalueren indien de tegels moeten bijdragen aan de thermische prestaties van een gebouwonderdeel.
Emissies van vluchtige organische stoffen (VOS)	x		De vluchtige organische stoffen worden vernietigd op het moment van de verbranding van alle organische stoffen die eventueel aanwezig zijn in de klei. Keramische tegels worden dus beschouwd als VOS-vrij. Gerecupereerde tegels kunnen echter "vervuild" zijn door stoffen tijdens hun vroegere gebruiksfase (bv. legproducten, afwerkingsproducten, enz.).

In het geval van specifieke en veeleisende toepassingen moeten parameters met betrekking tot eigenschappen als slijtvastheid, schokbestendigheid, weerstand tegen breuk, etc. worden gemeten en gekwantificeerd door middel van proeven die worden uitgevoerd in erkende laboratoria.



Beschikbaarheid

Gebakken, ongeglaazuurde terracotta tegels zijn relatief gemakkelijk te vinden op de hergebruikmarkt. Hun beschikbaarheid hangt echter af van de benodigde hoeveelheden. Ter indicatie:

Frequent	Lot van 1 tot 50 m ²
Ocasioneel	Lot van 50 tot 100 m ²
Zelden	Lot > 100 m ²

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid:

Prijs van de demontage: 15 – € 25/m²

Prijs van de levering: naargelang het formaat, algemene staat, etc. (voor niet-antieke tegels):

- Gekuiste terracotta tegels, hergebruik: 50 – € 90/m²
- Nieuwe terracotta tegels: 25 – € 90/m²
- Beschermende behandeling en afwerking: 8 – € 16/m²

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Tijdens de eerste helft van de 20ste eeuw werden terracotta tegels vaak overschilderd met een rode verf die lood kan bevatten en giftige gassen kan vrijgeven na blootstelling aan zuren (in het Frans is de verf bekend als 'rouge de Prusse'). Het is raadzaam de nodige maatregelen te treffen als u vloeren met resten van deze rode verf wilt hergebruiken of renoveren.



"Pruisisch Rode" verf: voorzorgsmaatregelen!

Embodied carbon (cradle to gate – productie A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES databank (FR) – Algemeen gegeven	27.2	1
CTMNC – Collectieve verklaring	21.6	0.8

Indicatieve waarden voor een gemiddelde dikte van 15 mm en een geschatte dichtheid van 1800 kg/m³



Het hergebruik van 100 m² terracotta tegels voorkomt de uitstoot van van ~2160 tot ~2720 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tegels (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~12.980 tot ~16.320 km in een kleine dieselmagen.



Hergebruikte tegels in de oude 'Marbrerie Albert' (BE) © François de Ribaucourt

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

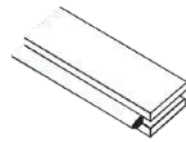
Een parket of plankenvloer in massief hout is een type binnenvloerbekleding dat per definitie bestaat uit planken uit één enkele laag massief hout van minstens 2,5 mm dik.

In dit document wordt het hergebruik van parket en plankenvloeren uit massief hout toegelicht, waarvan het nieuwe gebruik identiek is aan het oorspronkelijke gebruik (we spreken hier dus over *oude parket en plankenvloeren*). De fiche behandelt zowel de kleinere plankjes of stroken, typisch voor bijvoorbeeld een visgraatparket, als de langere planken van een plankenvloer. (Verder worden voor beide de termen ‘parket’, ‘parketvloer’, ‘planken’, ‘parketplanken’ en nog andere benamingen gebruikt). Op de hergebruikmarkt zijn ook andere vloerbekledingmaterialen in oud hout, afkomstig van andere toepassingen beschikbaar, zoals planken van treinwagons, barnwood, kaasplanken of planken die verzaagd werden uit gerecupereerde balken (in dit geval spreken we over *parketvloeren in oud hout*). Ook al bestaan er gelijkenissen tussen oude parketvloeren en parketvloeren in oud hout, in deze fiche komt uitsluitend de eerste soort aan bod. De fiche behandelt evenmin het hergebruik van meerlagige parket, lamellen op kant, parketvloeren in kopshout, terrasplanken en laminaatvloeren.

Oude parket wordt veelvuldig hergebruikt, vooral vanuit een waardering voor haar esthetiek. Tal van leveranciers hebben zich hierop toegelegd. Omdat het hergebruik van het materiaal ingewikkeld kan zijn als bepaalde basisvoorwaarden niet gerespecteerd worden, ondergaan de elementen gewoonlijk vooraf een aantal bewerkingen om bepaalde eigenschappen te homogeniseren. Afhankelijk van hun staat gebeurt dat door middel van een volledige machinale herwerking. Deze bewerkingen kunnen zwaar doorwegen op de uiteindelijke kostprijs van de hergebruikoperatie.

→ **Soorten.** Hergebruikparket in massief hout komt het meest voor in de vorm van planken met een rechte rand (ook vloerplanken genoemd) en planken met tand- en groefverbinding. Parketpanelen (Versailles, Arenberg, etc.) komen ook voor maar minder frequent. Mozaïekparket (bestaande uit heel veel kleine latjes) wordt slecht sporadisch hergebruikt.

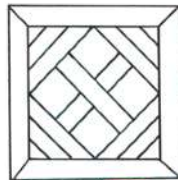
→ **Afmetingen.** Afhankelijk van het oorspronkelijke motief, hebben de planken meestal de volgende afmetingen: dikte = 10 tot 30 mm,



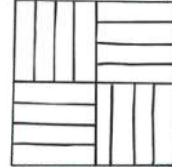
Planken met tand- en groefverbinding



Planken met een rechte rand



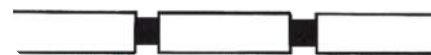
Parketpaneel



Mozaïekparket

breedte = 70 tot 300 mm, lengte = 0,5 tot 5 m. Deze afmetingen kunnen van partij tot partij verschillen, en ook binnen eenzelfde partij kunnen de planken onderling andere afmetingen hebben.

→ **Profilering.** De planken kunnen oorspronkelijk reeds geprofileerd zijn, of geprofileerd worden door een aantal specifieke bewerkingen. Geprofileerde planken kunnen groeven hebben langs de zijkant plus eventueel de onder- en bovenkant, die hen een specifieke vorm geven: tand- en groefverbinding, sponning, verspringende groef, met of zonder afschuining, al dan niet taps toelopend.



Planken met een rechte rand



Planken met verschillende soorten tand- en groefverbindingen

→ **Plaatsingsmethode.** De oorspronkelijke plaatsingsmethode van het parket heeft een grote invloed op de demontage- en recuperatiemogelijkheden. Zo is genagelde parket meestal makkelijker te demonteren dan gelijmd parket. Overigens moeten er bij de recuperatie van parketvloeren die geplaatst werden op zwarte bitumineuze lijm van voor de jaren 1950 bijzondere voorzieningen wor-

den getroffen (zie kadertekst ‘Bitumen of teer?’ onder § ‘Recuperatie van het materiaal’). Over het algemeen kan er verder nog van uit gegaan worden dat parketvloeren in massief hout nooit zwevend geplaatst zijn geweest.

→ **Houtsoort.** Oude partijen bestaan hoofdzakelijk uit planken uit loofhout (eik, kastanje, beuk, haagbeuk, notelaar, es, etc.) of naaldhout (den, grenenhout, spar, lariks, etc.). Af en toe worden ook tropische houtsoorten aangetroffen, vooral in recentere partijen (teak, mahonie, iroko, jatoba, padoek, etc.).

→ **Uiterlijk.** Het uiterlijk van een hergebruikparketvloer hangt af van de intrinsieke kenmerken van het hout (natuurlijke kleur, knoesten, karakteristieken van de houtsoort, aanwezigheid van spint, biologische aantasting, zaagsnede, nerf, etc.), van de sporen van vroeger gebruik (barsten, krassen, verfsporen, lijmsporen op de zichtbare kant of op het legvlak, gaten, etc.) en van de bewerkingen die de planken ondergingen (onbewerkt rustiek, geschuurd, geschaafd, gezandstraald, gevernist, geolied, geboend, etc.).

→ **Specifieke benamingen.** De houten planken zijn meestal van over heel Europa afkomstig. Er worden dan ook vaak specifieke namen voor gebruikt (bv. ‘parket van Franse eik’, ‘sportvloer’, ‘classic London boards’, etc.).



Meerlagig parket

Meerlagig parket bestaat uit meerdere lagen: een zichtvlak in massief hout (de slijtlaag, niet te verwarren met de slijtlaag van een parket uit massief hout, zie afbeelding onder § ‘recuperatie van het materiaal’) gekleefd op een onderlaag in HDF (High Density Fibreboard) of in multiplex. Meestal worden de planken gefabriceerd voor een snelle en kostenefficiënte zwevende plaatsing, of voor een gelijmd plaatsing. Het hergebruik van deze elementen is niet onmogelijk maar hangt sterk af van de toestand van de slijtlaag. Als die te sterk is afgenomen door gebruik of door (eerdere of nog uit te voeren) schaafterwerken, is het einde van de levensduur van deze elementen in zicht. Een plank in massief hout daarentegen kan meerdere malen geschuurd of geschaafd worden.



Recuperatie van het materiaal

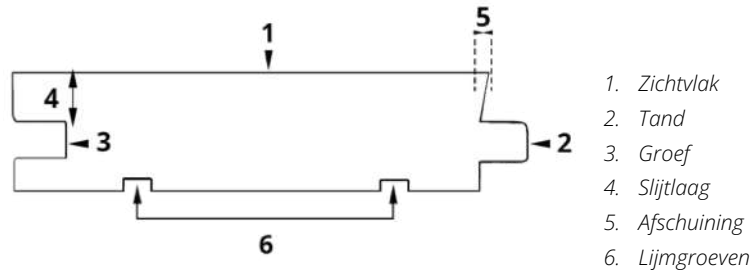
Parketvloeren in massief hout worden vaak aangetroffen in gezinswoningen en in publieke gebouwen (sportzalen, tentoonstellingsruimtes, musea, kantoorgebouwen, etc.). Omdat ze meestal makkelijk demonteerbaar zijn, zijn ze zeer geschikt voor hergebruik, hetzij in situ, hetzij via de professionele hergebruikmarkt. De handelaars hun interesse in deze elementen zal in eerste instantie afhangen van het model, de hoeveelheden en de algemene toestand van de partij.

→ *Beoordeling van het hergebruikpotentieel.*

Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of aan de hand van foto's en technische informatie over het type parket, de aard van de ondergrond, de plaatsingsmethode, hoeveelheden, afmetingen, etc. Aan de hand van een demontagetest kan deze informatie worden vervolledigd. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat: Zijn de planken ernstig beschadigd (vochtschade, vervormingen, scheuren, sporen van schimmel, insecten of van een bijkomende bekleding, etc.)? Wat is de staat van de afwerkingslaag en de slijtlaag? Homogeniteit van de afmetingen? Oorspronkelijke plaatsingsmethode (gelijmd of genageld)? Kunnen de planken makkelijk worden gedemonteerd zonder ze te beschadigen? Is de tand- en groefverbinding gelijmd of fragiel geworden? Bestaat er een risico op de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen (asbest, kwik, teer, etc.)?;
- de beschikbare documentatie (technische fiches, prestatieverklaring, info over onderhoud, etc.) en de evaluatie van de gebruiksomstandigheden (type en intensiteit van het gebruik van de ruimtes, hygrometrische omstandigheden, variaties in kleur te wijten aan een verschillende blootstelling aan zonlicht, grondigheid van het onderhoud, etc.);
- de commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, het verkooppotentieel, de mogelijkheid tot herdimensionering, etc.;
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

Lichte oppervlaktebeschadigingen zoals krassen, verf- of lijmsporen kunnen in de meeste gevallen worden gecorrigeerd door ze weg te



Anatomie van een parketplank met tand- en groefverbinding.

schaven/schuren. Er moet rekening worden gehouden met het feit de slijtlaag na schaven/schuren nog voldoende dik moet zijn (≥ 2,5 mm) om hergebruik mogelijk te maken.

→ *Demontage.* Een zorgvuldige demontage van een parketvloer in massief hout is erop gericht de integriteit van de planken en de veiligheid van de arbeiders te garanderen. Er moet bijzondere aandacht worden besteed aan de risico's verbonden aan de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen (asbest, PAK's, etc.) en aan de risico's verbonden aan de eventuele aanwezigheid van elektrische bekabeling onder de parketvloer. In een gebouw waarin zware werken plaatsvinden (afbraak, renovatie, asbestverwijdering, etc.), worden de vloeren best verwijderd vooraleer de werkzaamheden aan te vatten. Anders moeten er voorzorgsmaatregelen worden genomen om schade door impact of indrukken, vocht, vuil, blootstelling aan gevaarlijke stoffen, etc. te voorkomen.

Meestal hangt de demontage af van de oorspronkelijke plaatsingsmethode. Eerst moeten de plinten en overgangsprofielen worden verwijderd. Vervolgens worden de planken een voor een vanaf één rand van de ruimte verwijderd met behulp van geschikt gereedschap (koevoet, breekijzer, tang, houtbeitel, etc.). De eerste planken zijn vaak moeilijk te verwijderen zonder ze te beschadigen. In het geval van parket met tand- en groefverbinding is het daarenboven aan te raden om te beginnen bij de rand van de laatst gelegde rij. Genagelde planken moeten gelijkmatig, beetje bij beetje over de hele lengte ter hoogte van de nagels opgetild worden. Opgelet, het behoud van de tanden en groeven is dikwijls belangrijk om hergebruik mogelijk te maken (deze mogen niet beschadigd worden door ze te forceren, los te wrikken of door een hefboomwerking op de planken uit te oefenen)!

Er wordt aangeraden om de nagels bij de demontage uit de planken te verwijderen met behulp van een tang (met steunstuk om schade aan het zichtvlak te vermijden) of een pneumatische drevel. Deze stap vermindert

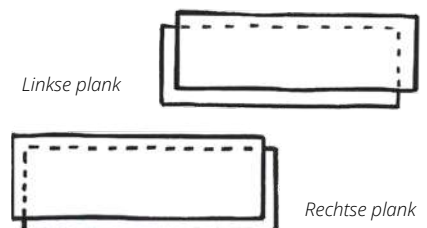
het risico op beschadiging van de planken tijdens hun transport en opslag, en vergemakkelijkt hun latere machinale bewerking. Traditioneel worden nagels in een hoek ten opzichte van de tand genageld, wat hun verwijdering delicaat maakt. De nagels simpelweg af- of doorzagen wordt afgeraden want de overgebleven stukjes zijn nadien moeilijk te verwijderen en verhinderen verdere bewerking (beschadiging van de machines).

Een verlies van 20 tot 40% van het totale gedemonteerde oppervlakte als gevolg van breuk en verzagingen is doorgaans aanvaardbaar

Na hun demontage worden de planken visueel gesorteerd op basis van hun staat (barsten, vlakheid, slijtage, toestand van tand- en groefverbindingen, aanwezigheid van insecten, etc.) en hun kenmerken (afmetingen, linkse of rechtse planken, etc.). Gelijksortige planken worden bij voorkeur gegroepeerd, genummerd en correct gelabeld om de homogeniteit en traceerbaarheid van de partij te waarborgen. De planken worden plat gestapeld, op pallets (geen contact met de grond) en beschermt tegen de weersomstandigheden.



Demontage van een op lambourdes vernagelde parketvloer



Schematische voorstelling van linkse of rechtse planken (tand- en groefverbindingen).



→ **Bewerkingen.** Afhankelijk van hun staat kunnen de gerecupereerde parketplanken in massief hout meerdere bewerkingen ondergaan voorafgaandelijk aan hun hergebruik. Meestal beschikken de gespecialiseerde leveranciers over de nodige expertise om bepaalde bewerkingen zelf uit te voeren. Het kan evenwel gebeuren dat het hout onbewerkt, in originele staat verkocht wordt. De koper moet dan zelf instaan voor de nodige bewerkingen:

- **Metalen elementen verwijderen.** Als dit al niet gebeurt is tijdens de demontage, worden de nagels, vijzen en andere metalen delen verwijderd met behulp van geschikt gereedschap (tang, pneumatische drevet). Dit tijdrovende proces is essentieel als het hout nadien moet worden bewerkt, omdat de machines anders beschadigd kunnen raken. Het gebruik van een metaaldetector vergemakkelijkt de lokalisatie van metalen voorwerpen.
- **Oppervlakkige reiniging,** door borstelen, schuren of zandstralen, afhankelijk van de eisen. Elk procedé heeft een onmiddellijke impact op het uitzicht van de planken.
- **Reiniging van lijmrresten.** Dit is afhankelijk van de lijmsort en hoe gemakkelijk die verwijderd kan worden, en kan gebeuren met manueel gereedschap (steekmes en schaaf) of met mechanisch gereedschap (schaafmachine).
- **Reiniging van de randen.** Aangezien rechte randen en tand- en groefverbindingen vaak vervuild of verstopt zijn met lijm- en vernisresten of hardnekkig vuil, dienen ze zorgvuldig gereinigd te worden met behulp van houtbeitels. Dit is meestal nodig om complicaties bij de plaatsing te voorkomen.



Gereedschap om de tand- en groefverbindingen mee te reinigen

- **Zagen en schulpen.** De planken kunnen op bepaalde lengtes en breedtes worden gezaagd, volgens de eisen van het legpatroon (bv. Hongaarse punt, visgraat, etc.). Het

gebeurt vaak dat de beschadigde uiteinden van de planken worden afgezaagd. Het is ook mogelijk om de dikte van de planken te verminderen, bijvoorbeeld om te voldoen aan eisen in verband met vloerverwarming of om resten van bitumineuze lijm te verwijderen.

- **Schaven.** Dit kan nodig zijn om de slijtlaag te herstellen, lijmsporen te verwijderen, of voor partijen met grote dikteverschillen. Dit komt doordat parketplanken tijdens hun levensduur aan verschillende belastingen worden blootgesteld. Meestal is het midden van een kamer meer onderhevig aan slijtage dan de randen, waardoor de centrale planken een grotere slijtage vertonen. De gerecupereerde planken worden vervolgens aan één of beide kanten geschaafd om planken van constante dikte te verkrijgen. Het belangrijk om rekening te houden met de positie van de tand- en groefverbinding, en ervoor te zorgen dat alle planken compatibel blijven met elkaar. Na deze bewerking moet de slijtlaag ten minste 2,5 mm dik zijn om een lange levensduur te waarborgen en latere renovaties mogelijk te maken.



Schaven

- **Volledige machinale herbewerking** (dimensionale ijking). Deze bestaat uit zagen, schaven en eventueel ook frezen om het tand- en groefstelsel bij te werken of om een afschuining te maken. Herbewerkte planken worden meestal als 'legklaar' gelabeld.



Machinale (opnieuw) aanbrengen van tanden en groeven

- **Drogen.** Dit is afhankelijk van het vochtgehalte van het hout. De planken worden over het algemeen op natuurlijke wijze gedroogd in een loods, met de nodige voorzieningen voor de opslag (tussenruimte tussen de planken, geen contact met de grond, verwarming, ventilatie, etc.). Soms wordt het hout ook kunstmatig gedroogd in een oven, om het vochtgehalte te verminderen en stabiliseren. Hout kunstmatig drogen draagt bij aan de verwijdering van mogelijke schadelijke stoffen (schimmelvorming, insecten, etc.) en wordt vaak aanbevolen voor toepassingen gecombineerd met vloerverwarming.
- **Herstelling.** Gaten kunnen worden gedicht of opgevuld.
- **Afwerking.** Afhankelijk van de nieuwe eisen, de oorspronkelijke afwerking (geolied, gevernist, geboend) en de staat van de gerecupereerde parketvloer, moeten de planken meer of minder worden afgeschuurd om de nieuwe afwerking aan te kunnen brengen (zo moet een oorspronkelijk geboende parketvloer die gevernist wordt bijvoorbeeld blank worden geschuurd, anders komen er vlekken op). Schuren en afwerken gebeurt meestal op het moment van de plaatsing. Het is aangewezen om milieuvriendelijke afwerkingsproducten te gebruiken die voldoen aan de milieu- en gezondheidsvoorschriften.
- **Behandeling met insecticiden.** Dit kan nodig zijn als er een risico is op houtaantasting. Aantaste planken moeten worden verwijderd en de rest van de partij moet bij voorkeur worden behandeld door impregnatie. Er bestaan verschillende soorten preventieve of curatieve behandelingen, bijvoorbeeld door onderdompeling, besproeiing, instrijking, autoclaaf- en thermische behandeling, etc. Deze behandelingen zijn onderworpen aan normen (of technische adviezen) en gebruiksaanbevelingen, met name wat betreft de impregneerbaarheid van houtsoorten (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Professioneel advies wordt aanbevolen, vooral als het hout al eerder een dergelijke behandeling heeft ondergaan of als er reeds een afwerkingslaag aanwezig is.
- Indien nodig kunnen de planken specifiek worden behandeld om hun brandreactieprestaties te verbeteren (brandwerendheid).



Bitumen of teer?

Niet zelden kom je parket in massief hout tegen die met behulp van bitumineuze of teerlijm bevestigd werd. Tot de tweede helft van de 20e eeuw werden deze lijmen courant gebruikt. Afhankelijk van hun samenstelling kunnen ze **asbest** bevatten, evenals een hoog gehalte aan PAK's (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen, zoals Benzo(a)pyreen), waarbij teer veel meer PAK's bevat dan bitumen (zie onderstaande tabel). Deze giftige en kankerwekkende stoffen opsporen gebeurt door middel van staalnames en laboratoriumproeven. Het is aangewezen om niet tot een demontage over te gaan zolang de resultaten van deze tests (asbestinventarisatie en PAK-test) niet bekend zijn.

Parketplanken met resten van teer- of asbestlijm kunnen niet worden hergebruikt en moeten als gevaarlijk afval worden behandeld. Resten van bitumineuze lijm kunnen wel worden verwijderd. Daarbij moeten de gepaste voorzorgsmaatregelen worden genomen (persoonlijke beschermingsmiddelen, luchtafzuiging, stofverwijdering, etc.). Er zijn bedrijven die zich hierin specialiseren. Aangezien de hardheid en verwerkbaarheid van bitumen samenhangen met de temperatuur, geven deze operatoren er doorgaans de voorkeur aan om de verwijdering van het bitumen in de winter uit te voeren.

Lijmsoort	Benzo(a)pyreengehalte (PAK)	Toxiciteit (risico)
Bitumen	< 50 mg/kg	Ongevaarlijk
	> 50 mg/kg	Gevaarlijk!
Teer	> 4.000 tot 7.000 mg/kg	Zeer gevaarlijk!

Ter informatie: er zijn sprays op de markt die de aanwezigheid van teer detecteren en PAK-concentraties van meer dan 100 mg/kg kunnen opsporen.



Verwijderen van bitumineuze lijmresten
© www.parquetbitumenremoval.co.uk

→ **Opslag.** De planken worden horizontaal op pallets opgeslagen of in een pallet box (voor kleinere lengtes) gestapeld, correct omsnoerd en beschermd tegen de vochtomstandigheden buiten. Een goede ventilatie en een verwarmde omgeving (relatieve vochtigheid van de ruimte = 40-65%, temperatuur = 20 °C) zorgen ervoor dat het vochtgehalte van het hout onder controle blijft, om latere vervormingen te voorkomen. Planken met tand- en groefverbinding kunnen het best groef tegen groef worden opgeslagen. Het is ook aangewezen om overmatig uitstekende planken te vermijden, omdat die onder hun eigen gewicht kunnen vervormen. Dit kan worden vermeden door extra ondersteuningselementen of voldoende grote pallets te gebruiken. De partijen kunnen in cellofaanfolie worden gewikkeld, maar er moet voor gezorgd worden dat het hout kan ademen.

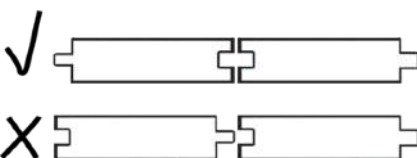


Opslag in palletbox



Opslag op pallet

→ **Transport en levering.** Tijdens het vervoer en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen worden genomen (omsnoering, nodige handelingen, bescherming tegen de regen, gewicht, etc.).



Opslag groef tegen groef van planken met tand- en groefverbinding



Transport

Lees meer over het evalueren van de eigenschappen van hergebruikparket:

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi de parquets - Fondation Bâtiment Énergie (FBE). Décembre 2020. (Document in het Frans)

<http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-parquets-V8.pdf>

ÉCONOMIE CIRCULAIRE
DES BÂTIMENTS

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi de parquets

FONDATION
BÂTIMENT
ÉNERGIE



Toepassingen en plaatsing

De plaatsing van een 'legklaar' hergebruikparket in massief hout verschilt niet van die van een nieuw parket. Dezelfde aandachtspunten komen aan bod, met name (naargelang de beoogde toepassing): materiaalkeuze en geschiktheid voor gebruik, plaatsingsmethode, eigenschappen en staat van de ondergrond, vloerhoogte, legrichting en -patroon van de planken, thermische en akoestische isolatie, brandweerstand, vloerverwarming, perifere uitzetvoeg, voorkomen van vochtrisico's, afwerkingsbehandelingen, onderhoudsprocedures, vochtomstandigheden en temperatuur tijdens de plaatsing, uitvoeringstermijnen, kosten, etc.

Naargelang de toepassing moet er altijd rekening worden gehouden met de Europese productnormen (bv. EN 14342), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Afhankelijk van de geldende voorschriften moet er ook rekening worden gehouden met thermische en akoestische vereisten, bescherming tegen termieten, brandweerstand, etc.

De zoektocht naar een geschikte partij op de hergebruikmarkt verloopt vaak makkelijker als er wat marge gelaten wordt op het vlak van afmetingen, textuur, kleurschakering en andere niet-essentiële kenmerken. Deze aanpak vereist doorgaans flexibeler ontwerp- en plaatsingsmethodes die de heterogeniteit van de partijen tot haar recht laat komen en tegelijkertijd de essentiële vereisten respecteren. Bijvoorbeeld een plaatsing in engelsvorm (ook 'plankenvloer' of 'strokenparket' genoemd) met vrije lengtes of variabele breedtes, laat het gebruik van een heterogene partij toe. Over het algemeen is het raadzaam samen te werken met een professionele parketplaatser die in staat is de haalbaarheid van de hergebruikoperatie en plaatsing te beoordelen.

Ondanks hun uitgebreide kennis van de materialen en het waardevolle advies dat ze kunnen verstrekken, certificeren handelaars van hergebruikparket in massief hout doorgaans niet alle eigenschappen van de elementen die ze leveren. Sommigen geven daarentegen wel garanties op eigenschappen zoals de homogeniteit van de partijen, de afmetingen van de planken, het maximale vochtgehalte, de staat van het hout (vrij van metalen elementen, schimmels, barsten, etc.) of op de herkomst (sommige handelaars

brengen het label *FSC recycled* aan, dat certificeert dat het hout afkomstig is van de demontage van een gebouw en niet van het kappen van bomen, of het Truly Reclaimed-label). Bepaalde leveranciers kunnen ook specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de *Inleidende Fiche voor meer informatie*).

Naargelang het beoogde gebruik kan het projectteam de verwachtingen met betrekking tot de volgende kenmerken preciseren:

→ **Houtsoort.** Deze keuze kan cruciaal zijn, aangezien elke houtsoort haar eigen kenmerken heeft, met name wat betreft de gevoeligheid voor impact, indrukken en krassen (hardheid), vocht, vervormingen, insecten, verkleuring, etc. (zie § *Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik*). Voor toepassingen in vochtige ruimtes, zoals badkamers, moet de keuze voor natuurlijk rotbestendige houtsoorten (bepaalde tropische houtsoorten) worden overwogen.

→ **Staat.** Parketplanken in massief hout voor hergebruik kunnen kleine beschadigingen of aantastingen vertonen, zoals:

- oppervlakkige slijtagesporen (splinters, barsten, gaten, ...);
- lichte vervormingen die de plaatsing niet verhinderen (doorbuigen, schotelen, wringen, opzwellen);
- licht beschadigde of afgebroken randen;
- lichte beschadigingen aan de tanden en groeven die de plaatsing niet verhinderen;
- vlekken, sporen van verf of van oude afwerkingen;
- aanwezigheid van nagels en andere metalen elementen.

Deze beschadigingen kunnen een impact hebben op de technische en esthetische prestaties van de planken en op hun plaatsing, maar vormen geen grote belemmering voor hergebruik (zie § *Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik*). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de uitvoeringsvoorwaarden, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren.

Planken met grote beschadigingen, zoals sterke vervormingen (doorbuigen, schotelen, wringen, opzwellen, etc.), met een slijtlaag van minder dan 2,5 mm, sporen van rot en schimmel, sterk gebarsten tanden en groe-

ven, etc. moeten systematisch worden verwijderd. Elementen met wormgaaatjes waarin mogelijks nog houtworm aanwezig dienen behandeld te worden met een bestrijdingsmiddel.



Er moet worden nagekeken dat er geen larven van houtwormen in het hout aanwezig zijn die zich kunnen verspreiden naar andere houten elementen in het gebouw. Een visuele inspectie van de planken wordt aanbevolen op het moment van plaatsing. Voor extra veiligheid kunnen ook kunstmatig gedroogde planken ('oven gedroogd' of 'kiln drying process') vereist zijn, of moet er een beschermende behandeling met insecticiden of een warmtebehandeling worden voorzien.

→ **Soorten en afmetingen.** Gewoonlijk hangt de keuze van het type parket af van het beoogde legpatroon en de voorziene plaatsingsmethode. Het omgekeerde kan echter ook: legpatroon en plaatsingsmethode kunnen worden gekozen in functie van de mogelijkheden die een beschikbare partij parket biedt! Als algemene regel geldt dat de dikte van de planken homogeen moet zijn, vooral in het geval van tand- en groefsystemen. Legpatronen zoals de engelsvorm bieden zowel in de lengte als in de breedte een grotere flexibiliteit. Visgraat- en Hongaarse puntpatronen daarentegen zijn veeleisender. Een oplossing kan zijn om precieze dimensionale karakteristieken te eisen of om een transformatie van het materiaal te voorzien door schaven, schulpen, machinaal bewerken, etc.





→ **Vochtgehalte.** Om vervormingen van het hout (bewegen, opzwellen, barsten, etc.) te voorkomen, wordt voor de plaatsing door-gaans een maximaal houtvochtgehalte van $10 \pm 3\%$ aanbevolen. Tal van leveranciers kunnen aan deze eis voldoen. Indien nodig kan deze parameter worden gemeten met behulp van een vochtmeter. Om vervormingen veroorzaakt door schommelingen in de relatieve vochtigheid en temperatuur tijdens en na de plaatsing te voorkomen, worden aanvullende voorzorgsmaatregelen aanbevo-len: acclimatisatie van de partij aan de omge-vingslucht, vochtbeheersing van de onder-grond, aanbrengen van een waterdichte onderlaag, aanvullende voorzorgsmaatregelen voor vloerverwarming, etc.

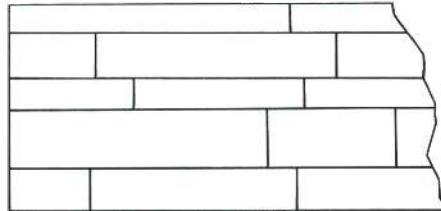
→ **Afwerking.** Deze is afhankelijk van de vast-gelegde eisen: ruw, geborsteld, geschuurd, geschaafd, gevernist, geolied, geboend, etc. Als er een nieuwe afwerklaag wordt aange-bracht, hetzij door de leverancier, hetzij ter plaatse, is het aangewezen milieuvriendelijke producten te kiezen die de binnenluchtkwali-teit niet beïnvloeden.

→ **Toxiciteit.** Voor binnentoepassingen mag het hout tijdens de eerste gebruiksfase niet behandeld zijn geweest met of blootgesteld aan giftige stoffen, vooral als het in contact kan komen met mensen/dieren en/of voe-dingsmiddelen. Als er hierover geen precieze informatie beschikbaar is, is het best het 'voorzorgsprincipe' in acht te nemen (zie § 'Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen').

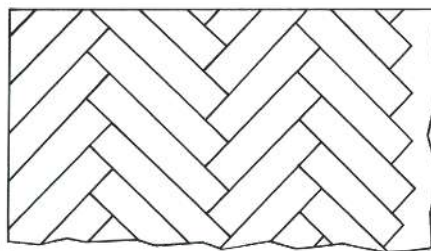
→ **Hoeveelheden.** Het is aangewezen om vanaf het begin voldoende planken te kopen. Aangezien elke partij unieke esthetische kenmerken bezit, is het niet zeker dat er bij een latere bestelling nog een identiek model beschikbaar zal zijn. Algemeen beschouwd is het daarom raadzaam 10 tot 15% meer te bestellen, afhankelijk van de staat van de partij en de gekozen ontwerpstrategie (en tot 25% meer voor heterogene partijen). Om de kans te vergroten voldoende parket te vinden op de hergebruikmarkt, kan het projectteam er ook voor kiezen de totale benodigde hoe-veelheid op te splitsen in kleinere partijen.

→ **Legpatroon.** Er bestaat een zeer grote verscheidenheid aan legpatronen. Kiezen voor een patroon dat identiek is aan het oorspronkelijke is een goede manier om de afmetingen van de planken niet (te veel) te moeten aanpassen. Maar in bepaalde geval-len kan een machinale bewerking succesvol hergebruik net mogelijk maken (bijvoorbeeld:

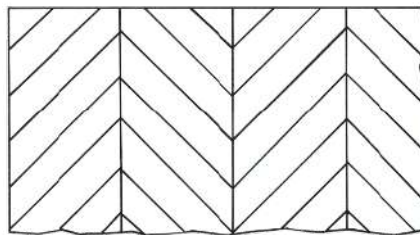
een parket in visgraatmotief kan worden omgezet in een parket in Hongaarse punt door de beschadigde hoeken af te zagen). Verschillende professionele leveranciers kunnen ook advies bieden omtrent het legpa-troon van de planken. Enkele voorbeelden:



Parket in engelsvorm / plankenvloer / strokenparket met vrije lengte en variabele breedte



Parket met visgraatmotief



Parket met Hongaarse punt



Combinaties van verschillende partijen.
Bovenaan: MAMOUT architecten & Atelier d'architec-ture AUXAU / Huis Renier-Chalon, © Guy-Joël Olivier
Onderaan: Librebook © Rotor

Ontwerptip!

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid parket te vinden op de hergebruikmarkt, kan het projectteam ervoor kiezen meerdere, onderling verschillende partijen aan te kopen en ze op een doordachte manier over het ge-bouw te verdelen. Bijvoorbeeld door voor elke afzonderlijke ruimte een homogene partij te voorzien of door door te zorgen voor elegante aansluitingen bij het combineren van partijen. Deze ontwerpstrategieën zorgen meestal voor een interessante architecturale kwaliteit, maar de compatibiliteit tussen de partijen moet op voorhand goed bestudeerd worden!

→ Bevestigingsmethode en omkeerbaarheid.

Als de beoogde toepassing het toelaat, geniet een genagelde plaatsing de voorkeur op een gelijkjnde plaatsing, aangezien die laatste toekomstig hergebruik kan bemoeilijken.

→ **Vloerverwarming.** De combinatie vloerver-warming en parket in massief hout is niet altijd vanzelfsprekend. Het is aangewezen een specialist te raadplegen om hiervoor de specifieke vereisten te bepalen: houtsoort en aangepaste dikte, stabiliteit van het hout, relatieve vochtigheid, droogtegraad van de planken, lengte van de planken, etc.

→ **Brandgedrag.** De brandreactieklasse is afhankelijk van de houtsoort en de dikte van de planken. Brandwerende behandelingen kunnen deze eigenschap verbeteren.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Truly Reclaimed Label

In het kader van het Europese FCRBE-project (waarbinnen ook deze fiches opgesteld wer-den) werkt de organisatie SALVO Ltd. (VK) aan de ontwikkeling van een 'Truly Reclaimed' keurmerk waarmee de oorsprong van gerec-upereerd materiaal als dusdanig wordt gecerti-ficeerd (om deze elementen te onderscheiden van kunstmatig verouderde, nieuwe elemen-ten). Dit keurmerk zou zeer binnenkort bes-chikbaar moeten zijn voor gerecupereerde



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Om de geschiktheid voor beoogd gebruik van parketplanken te kunnen inschatten is informatie over verschillende karakteristieken noodzakelijk. De belangrijkste kenmerken, omschreven in de geharmoniseerde norm EN 14342 (voor nieuwe producten) of in de uitvoeringsnormen, kunnen voor het grootste deel worden bepaald of geëvalueerd door professionele parketplaatser. Ze worden ter informatie opgenomen in tabel 2.

Over het algemeen wordt elke houtsoort gekarakteriseerd door een reeks parameters die betrekking hebben op het verwachte prestatieniveau. Zeker voor meer veeleisende toepassingen is het absoluut noodzakelijk hier rekening mee te houden. Tabel 1 toont enkele van deze parameters relevant voor een toepassing als vloerbekleding, voor de meest voorkomende soorten hergebruikparket in massief hout. Afhankelijk van de eisen kunnen andere parameters ook relevant zijn. Het is relatief gemakkelijk om deze aanvullende informatie, alsook de gegevens over minder voorkomende houtsoorten (iep, walnoot, etc.) te vinden.

Tabel 1 : Kenmerken van de meest voorkomende houtsoorten voor hergebruikparket in massief hout

	Dichtheid [kg/m ³]	Monnin / Janka hardheid (1)	Stabiliteit in gebruik (2)	Gevoeligheid voor insecten (3)	Impregneerbaarheidsklasse (4)
Europese eik <i>Quercus robur</i>	740	4,2 / 6049 N (middelhard)	gemiddeld	Nee / Ja	4
Tamme kastanje <i>Castanea sativa</i>	640	2,9 / 3070 N (zacht)	gemiddeld	Nee / Ja	4
Europese esdoorn <i>Acer spp.</i>	600	4,7 / 4850 N (middelhard)	gemiddeld	Ja / Ja	1
Beuk <i>Fagus sylvatica</i>	710	4,2 / 7060 N (middelhard)	gemiddeld	Nee / Nee	1
Grove den <i>Pinus sylvestris</i>	550	2,6 / 2940 N (zacht)	gemiddeld	Nee / Nee	3 - 4
Pitch-pine <i>Pinus caribaea</i>	580	3,5 / 5000 N (middelhard)	zwak	Nee / Nee	3 - 4
Spar / Epicea <i>Picea abies</i>	450	2,5 / 1910 N (zacht)	gemiddeld	Nee / Nee	3 - 4
Teak <i>Tectona grandis</i>	670	4,2 / 4450 N (middelhard)	gemiddeld	Nee / Ja	4

- (1) Er bestaan verschillende methodes om de hardheid van hout te bepalen, waarbij de proefopstelling verschilt (bv. Monnin, Janka, Brinnell). Onderstaande waarden, afkomstig van verschillende bronnen, worden ter indicatie meegegeven. Ze tonen de lange indrukweerstand bij een vochtgehalte van 12%. De gegevens zijn indicatief omdat er variaties kunnen optreden naargelang de groeiomstandigheden van de bomen.
- (2) Vermogen van het hout om te weerstaan aan vervorming onder invloed van vochtigheids- en temperatuurschommelingen.
- (3) Kernhout / spinthout - gevoeligheid voor aantasting door *Lyctus*.
- (4) Alleen voor kernhout, 1= Impregneerbaar -> 4 = Niet impregneerbaar.

Houtsoorten met een hoge volumieke massa zijn over het algemeen harder. In de meeste gevallen gaat dit ook gepaard met een betere slijt- en ponsweerstand. In de traditionele architectuur werden minder dense naaldhoutsoorten, zoals dennen of sparren, vaak voorbehouden voor minder intens gebruikte ruimtes (slaapkamers, zolders, etc.). Tegenwoordig zijn deze houtsoorten (zowel nieuw als hergebruik) vaak minder duur dan loofhout of tropische soorten.



Hergebruik van 50 m² parket in visgraatmotief. De planken werden in de dikte doorgezaagd om de oude bitumenlijm te verwijderen. Daarna werden ze bewerkt om in Hongaarse punt te worden geplaatst (gelijmde plaatsing), Boom, België © Atelier Passe Partout



Tabel 2 : Relevante kenmerken voor de beoordeling van de geschiktheid voor gebruik van hergebruikparket in massief hout.

Kenmerken	Commentaar
Houtsoort	De identificatie van de houtsoort is meestal essentieel bij de beoordeling van de prestaties van een parketvloer. Dit kenmerk kan worden bepaald door professionele leveranciers of in een laboratorium.
Hardheid	De hardheid van een houtsoort bepaalt de indrukweerstand (zie ook tabel 1). Ze hangt voornamelijk af van de volumieke massa van de houtsoort en de schikking van de vezels. Ze wordt gewoonlijk uitgedrukt iop een schaal van 1 tot 10 (Monnin-hardheid) of [N] (Janka-hardheid) of [N/mm ²] (Brinell-hardheid). Deze parameter moet worden beschouwd ten aanzien van de beoogde toepassing. In het algemeen zijn 'harde' houtsoorten meer geschikt voor toepassingen met een hoge belasting (inkomhal, handelsruimte, etc.).
Stabiliteit van het hout	Deze prestatie kenmerkt de manier waarop het hout zich gedraagt wanneer het wordt blootgesteld aan aanzienlijke vochtigheids- of temperatuurschommelingen (zie ook tabel 1). Deze notie omvat de mate van vervorming ('werken van het hout') en de snelheid waarmee die optreedt. Een stabiele houtsoort is waarschijnlijk geschikter voor toepassingen waar grote schommelingen in de luchtvochtigheid voorkomen, zoals een badkamer. Ook ontwerp- en plaatsingsdetails zijn hier belangrijk (type parket, plaatsingsmethode, afmetingen, etc.).
Gebruiksklasse	De gebruiksklasse van nieuwe parketvloeren wordt vaak bepaald door de hardheid van de houtsoort en de dikte van het zichtvlak van de planken (slijtlaag) (Franse norm XP B 53-669 of EN ISO 10874). In het geval van hergebruikparket in massief hout is het relevant naar deze normen te verwijzen, op voorwaarde dat de houtsoort nauwkeurig kan worden bepaald en dat bij de dikte van de resterende slijtlaag rekening wordt gehouden met nog eventueel uit te voeren schuur-/schaafbewerkingen.
Kwaliteit van het oppervlak	In sommige gevallen kunnen esthetische eisen worden gesteld aan het uiterlijk van het hout en aan de toelaatbare gebreken van het zichtvlak. Deze eisen moeten worden gedetailleerd aan de hand van algemene criteria (afwezigheid van vlekken, gaten en verfsporen, afwerking van het hout, etc.) of specifiek in functie van de betrokken houtsoort (percentage knoesten, kleurvariatie, aanwezigheid van gezond spint hout, spleten, harszakken, variaties in draadhelling, etc.). Of een partij aan deze eisen voldoet hangt van tal van factoren af. Door wat marge te laten met betrekking tot deze niet-essentiële kenmerken (zolang ze de sterkte en slijtweerstand van de parketvloer niet aantasten), wordt het zoeken naar een partij op de hergebruikmarkt vaak gemakkelijker.
Afmetingen van de planken en van het profielsysteem	De dimensionale karakteristieken hangen nauw samen met de mate van sortering en met de bewerkingen die op de gerecupereerde parketplanken worden uitgevoerd. Afhankelijk van het type parket, de plaatsingsmethode en het beoogde legpatroon zijn bepaalde afwijkingen toelaatbaar. Doorgaans is de kans groter dat volledig herbewerkte planken aan deze eisen voldoen. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partijen volstaat vaak om dit na te gaan. Er moet ook op worden toegezien dat de dikte van de planken geschikt is voor het beoogde gebruik. De dikte van de slijtlaag moet groter zijn dan 2,5 mm.
Geometrische kenmerken en aanvaardbare vervormingen	De eisen wat betreft de rechtheid van de randen en hoeken, de vlakheid van het oppervlak, het schotelen, doorbuigen of scheluw trekken van de planken worden bepaald volgens het type parket, de plaatsingsmethode en het voorziene legpatroon. Deze karakteristieken hangen nauw samen met de mate van sortering en met de bewerkingen die op de gerecupereerde planken worden uitgevoerd. Algemeen beschouwd is de kans groter dat volledig herbewerkte planken aan deze eisen voldoen. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partijen volstaat vaak om dit na te gaan.
Vochtgehalte	Om latere vervormingen te voorkomen, moeten parketplanken in massief hout worden geplaatst bij een bepaald evenwichtsvochtgehalte, afhankelijk van de toepassing ($H = 10 \pm 3 \%$). Deze parameter hangt voornamelijk af van de droog- en opslagomstandigheden van het hout, en kan worden nagegaan met behulp van een vochtmeter.
Breuksterkte en stijfheid	Deze kenmerken zijn relevant voor de evaluatie van zelfdragende parketvloeren of voor specifieke toepassingen (bv. sportzaal).



Slijtweerstand	De slijtweerstand van een parketvloer wordt beoordeeld aan de hand van de gebruikte houtsoort en de soort afwerking (een afwerking met drie lagen vernis verbetert bijvoorbeeld aanzienlijk de slijtweerstand). In het algemeen zijn houtsoorten met een grote dichtheid (<i>zie tabel 1</i>) minder onderhevig aan slijtage. De beoordeling van deze prestaties is vooral relevant voor toepassingen die onderhevig zijn aan intens gebruik of die kunnen worden blootgesteld aan grote hoeveelheden schurende deeltjes (inkomhal, etc.). Een beoordeling door middel van de Taber Abraserproef is mogelijk (EN 13696).
Ponsweerstand	Dit kenmerk wordt beoordeeld in functie van het voorziene gebruik (bv. aanwezigheid van zware meubelen, klein oppervlak van de steunpunten, etc.) en de hardheid van het hout. Algemeen beschouwd zijn houtsoorten met een grote dichtheid (<i>zie tabel 1</i>) harder en minder gevoelig voor indrukking. Een beoordeling door middel van een test is mogelijk (Brinell-hardheidsmeting, EN 1534).
Slipweerstand	De slipweerstand van een vloer wordt beoordeeld aan de hand van de intrinsieke kenmerken van het materiaal (nerven, type afwerking, etc.) en van de gebruiksomstandigheden (aanwezigheid van water of deeltjes, intensiteit van gebruik en slijtage, onderhoud, etc.). Dit kenmerk zal dus waarschijnlijk in de loop van de tijd veranderen. Het kan worden bepaald door laboratoriummetingen of metingen in situ (proef met SRT-slinger).
Brandreactie	<p>Specifieke vereisten op het vlak van brandreactie van vloerbekledingen worden bepaald door de nationale regelgevingen. Die vereisten hangen onder andere af van de functie die de ruimte vervult (bv. eengezinswoning of appartementsgebouw, nooduitgangen, etc.), de hoogte van het gebouw en van de mogelijkheid voor de gebruikers om het gebouw te verlaten in geval van brand (bejaardentehuis, ziekenhuis, etc.).</p> <p>De brandreactie van de bouwproducten is vastgelegd in de Europese norm EN 13501-1 (Euroklasse) en wordt beoordeeld op basis van een proef die wordt uitgevoerd onder de uiteindelijke gebruiksomstandigheden, d.w.z. rekening houdend met het volledige bouwsysteem (ondergrond + ondervloer + parket + afwerking).</p> <p>Bij parketvloeren in massief hout kan de brandreactieklasse zonder voorafgaande proef worden beoordeeld voor een reeks vastgelegde combinaties, waarbij rekening wordt gehouden met het soort parket, de houtsoort (volumieke massa), de minimumdikte en de uitvoeringsvoorwaarden (voor meer informatie, zie EN 14342).</p> <p>Het is dus belangrijk dat het projectteam rekening houdt met de voorschriften inzake brandreactie door de materialen en de uitvoeringswijze te bepalen in functie van het voorziene gebruik.</p> <p>Het is in zekere mate mogelijk om de parketplanken een brandvertragende behandeling te geven. Zo kan de brandreactie worden verbeterd en hun bijdrage aan de vlamoverslag en branduitbreiding worden verminderd. Er moet worden toegezien op de compatibiliteit van de planken met de bestaande behandelingen (impregnatie, filmvormende afwerking, vernis, etc.), meer bepaald inzake de impregneerbaarheid van het hout.</p>
Thermische eigenschappen	De isolerende eigenschappen van een parketvloer hangen vooral af van de gebruikte houtsoort en de vloerdikte. Hoe hoger de volumieke massa, hoe minder isolerend het parket. De warmteweerstand van parketvloeren in massief hout kan worden berekend aan de hand van tabelwaarden. Hierbij wordt rekening gehouden met de houtsoort en de dikte van het hout, evenals met de kenmerken van de ondergrond en de gebruikte onderlaag. Dit kenmerk is bijzonder belangrijk in geval van vloerverwarming.
Akoestische eigenschappen	Doorgaans vormen parketvloeren in massief hout op zich geen goede akoestische isolatie. Bij de beoordeling van de akoestische prestaties van een vloerbekleding moet rekening worden gehouden met de onderlaag en de ondergrond (bv. geluiddempende dekvloer, akoestische onderlaag, etc.).
Toxiciteit	Parketplanken in massief hout kunnen tijdens eerdere gebruiksfases zijn behandeld met giftige producten of in contact zijn geweest met gevaarlijke stoffen (bv. lood, asbest, teer, PCP, etc.). Hoewel het meestal mogelijk is om via een visuele inspectie lijmsporen, verduurzamings- en afwerkingsbehandelingen op te sporen, is het doorgaans een stuk moeilijker om de precieze aard van de aangetroffen substanties te bepalen. Door middel van laboratoriumproeven kan worden bepaald en beoordeeld in welke mate eventueel aanwezige verontreinigende stoffen gevaarlijk zijn. Een volledige machinale herbewerking van de planken en/of het aanbrengen van een filmvormende afwerking (bv. coatingvernis) kan een oplossing zijn. Bij gebrek aan informatie hierover dient het 'voorzorgsprincipe' in acht genomen te worden voor binnentoepassingen of toepassingen waarbij direct contact met mensen en/of voedsel mogelijk is. Over het algemeen is het aangewezen om ecologische afwerkingsproducten te gebruiken die voldoen aan de milieu- en gezondheidsvoorschriften.



De inschatting van het effect van het hergebruik van houten elementen op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen. Het basisprincipe is dat met constructiehout biogene koolstof kan worden vastgelegd. Hergebruik is dus een manier om deze koolstofvoorraden in stand te houden en te voorkomen dat ze opnieuw in de atmosfeer terechtkomen (wat zou gebeuren als het hout bijvoorbeeld zou worden verbrand als afval). Voor de algemene milieubalans van een hergebruikt houten element moet echter ook rekening worden gehouden met aspecten zoals de herkomst van het product en de afgelegde afstand, het gebruik van een beschermende behandeling, etc. Raadpleeg voor meer informatie de desbetreffende paragraaf in de inleidende fiche.

Beschikbaarheid

De beschikbaarheid van hergebruikparket in massief hout hangt van de vereiste hoeveelheden af. Over het algemeen geldt voor homogene partijen:

Frequent	0 tot 50m ²
Occasioneel	50 tot 100m ²
Zelden	100 tot 250m ²

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de Noordwest-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naargelang de oorsprong, de historiek, de afmetingen, de patina, de hoeveelheden en de uitgevoerde bewerkingen. Vloerbekledingen in zachte houtsoorten (den, epicea) zijn meestal goedkoper dan die in harde houtsoorten (eik, kastanje, beuk, tropische houtsoorten, etc.), maar hebben niet dezelfde eigenschappen.

Enkele vastgestelde prijzen :

- Parket in eik (planken): 40 - 150 €/m²
- Parket in den (planken): 10 - 50 €/m²
- Parket in eik (panelen): > 160 €/m²
- Sportvloer: 50 - 100 €/m²

Afhankelijk van de staat van de oorspronkelijke parketvloer kunnen verschillende stappen nodig zijn vooraleer het product hergebruikt kan worden. Deze stappen zijn vaak noodzakelijk om een efficiënte en vlotte plaatsing mogelijk te maken. De kosten hiervan kunnen variëren tussen 25 en 100 €/m², maar geld willen besparen door een onbewerkt product te kopen is niet altijd een goed idee, tenzij u beschikt over de nodige tijd, expertise en gereedschap!



Hergebruik van 80 m² parket in eik, visgraatmotief, Librebook boekhandel, Brussel, België © ROTOR



Hergebruik van 290 m² parket in eik, visgraatmotief, privéproject, Brussel, België © K2A architecten, Oana Crainic.

Lees meer over het hergebruik van massief houten parket voor binnenvloerbekleding:

Fiche produit-application : parquets en bois massif destinés à être réemployés en revêtements de sol intérieur. Le Bâti Bruxellois : Source de nouveaux Matériaux (BBSM), Mai 2021. (Document in het Frans)




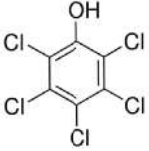

https://www.bbsm.brussels/wp-content/uploads/2021/06/annexe-21_WP6_fiche-produit-application-parquet-en-bois-massif-de-reemploi-revetement-interieur.pdf





Gevaarlijke stoffen

Hergebruikparket in massief hout kan tijdens eerdere gebruiksfases zijn behandeld met giftige producten of in contact zijn gekomen met gevaarlijke stoffen. Hoewel het meestal mogelijk is om via een visuele inspectie verduurzamings- en afwerkingsbehandelingen op te sporen, is het doorgaans een stuk moeilijker om de precieze aard van de aangetroffen substanties te bepalen. Lood, asbest, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) en pentachloorfenolen (PCP's) behoren tot de gevaarlijke stoffen die in gerecupereerde parketplanken kunnen worden aangetroffen. Hun concentratie in het hout, hun werkzaamheid en hun residuele schadelijkheid zijn moeilijk in te schatten zonder specifieke laboratoriumtests. Bij gebrek aan informatie hierover dient het 'voorzorgsprincipe' in acht genomen te worden voor binnentoepassingen of toepassingen waarbij direct contact met mensen en/of voedsel mogelijk is. Bovendien moeten de gepaste veiligheidsmaatregelen worden genomen bij houtbewerkingen zoals verzagen, schaven, schuren, etc. (persoonlijke beschermingsmiddelen, stofafzuigsystemen, afvalverwijdering, etc.).

	<p>Een <i>loodtest</i> kan noodzakelijk zijn om de aanwezigheid van oude loodverf op de planken op te sporen. De diagnose kan gesteld worden met een in de handel verkrijgbare loodverftestkit, door een staal van de verf op te sturen naar een laboratorium of door deze test te laten uitvoeren door een vakman. Als de aanwezigheid van lood is bewezen is het ten eerste aangeraden de verf af te bijten en/of de planken te herschilderen via een gespecialiseerd schildersbedrijf. Het gebruik van een verfstripper, een schuurmachine of schuurpapier wordt absoluut afgeraden voor de verwijdering van loodverf. Kies voor een chemisch afbijtmiddel, op voorwaarde dat er passende gezondheids- en milieumaatregelen worden genomen. Een alternatief voor afbijten is een nieuwe afwerkingslaag aanbrengen zodat de oude verflaag volledig 'ingekapseld' zit.</p>
	<p>Hergebruikte parketplanken kunnen vervuild zijn met <i>asbest</i> dat aanwezig is in oude bitumineuze of teerlijmen (zie specifiek tekstvak 'bitumen of teer?' onder § 'Recuperatie van het materiaal') of oude lijm van elastische vloerbekledingen (als de vloer bijvoorbeeld met vinyl was bedekt). De verontreiniging kan ook voortkomen uit stof van slecht uitgevoerde asbestverwijderingswerken. Daarom is het raadzaam om de parketplanken indien mogelijk te demonteren voordat de asbestverwijderingswerken worden uitgevoerd, of ervoor te zorgen dat alle beschermende voorzorgsmaatregelen worden genomen indien dergelijke werkzaamheden worden uitgevoerd voor de demontage. In ieder geval moet de asbestinventaris, indien beschikbaar, geraadpleegd worden.</p>
	<p><i>PAK</i>-verontreiniging van parketplanken is vooral te wijten aan de aanwezigheid van oude bitumineuze of teerlijm (zie specifiek tekstvak 'bitumen of teer?' onder § 'Recuperatie van het materiaal').</p>
	<p><i>Pentachloorfenol (PCP)</i>. Het gebruik van dit houtbehandelingsmiddel (pesticide) is in Europa gereguleerd sinds de jaren 1990. Toch bestaat er een gering risico dat deze persistente, giftige en hormoonverstorende verontreinigende stof wordt aangetroffen in hergebruikparket van massief hout. Het is een stof die in hoge doses kankerwekkend kan zijn. Het vermijden van rechtstreeks contact met het materiaal of het aanbrengen van een filmvormende afwerking (bv. coatingvernis) kan het risico beperken.</p>
	<p>Raadpleeg voor meer informatie over het onderwerp het volgende document van het Franse INRS ('Institut national de recherche et de sécurité'), dat de voornaamste behandelingsproducten voor hout oplist en toelicht (bestanddelen, gevaren, toepassingen, voorzorgsmaatregelen, etc.): https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20981</p>

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



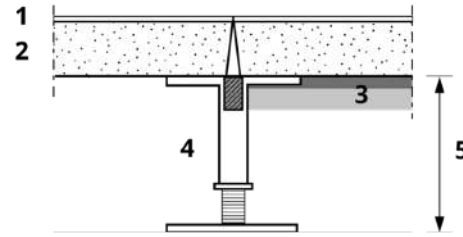
Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het product

Verhoogde vloeren, ook wel 'zwevende vloeren' of 'verhoogde installatievloeren' genoemd, bestaan uit modulaire platen met regelmatige afmetingen (verder in deze fiche ook 'verhoogde vloertegels' of simpelweg 'tegels' genoemd), die op een onderconstructie worden geplaatst door middel van vaste voetjes of in de hoogte verstelbare vijzels (zelfdragende vloer) en bijkomend met elkaar kunnen worden verbonden door versterkende dwarsregels (vloer met kadersysteem). In de leiding-spouw tussen de vloer en de verhoogde vloer (= plenum) kunnen de kabelnetten (elektriciteit, computers, telecommunicatie) en de leidingen van de verwarmings-, airconditionings- en ventilatiesystemen worden geplaatst.

In tegenstelling tot holtevloeren, die niet aan bod komen in deze fiche, zijn de modulaire platen van een verhoogd vloersysteem verwijderbaar en verwisselbaar en bieden zij gemakkelijk toegang tot het plenum. Hun lichte ontwerp maakt een veelzijdige inrichting van de ruimten mogelijk en vergemakkelijkt hun hergebruik. Meestal worden alleen de tegels hergebruikt en moet er dus een nieuwe, compatibele onderconstructie voorzien worden. Vanwege hun structurele aard wordt vaak geëist dat de technische prestaties van gerecupereerde verhoogde vloeren correct worden beoordeeld om te garanderen dat ze geschikt zijn voor hun beoogde gebruik. Daarom moet bijzondere aandacht worden besteed aan de traceerbaarheid en homogeniteit van de gerecupereerde partijen. Voor zover wij weten, is de hergebruikmarkt voor verhoogde vloeren momenteel slechts weinig ontwikkeld, maar de laatste jaren werd er aanzienlijke vooruitgang geboekt.



Opbouw van een verhoogde vloer

1. Bekleding
2. Tegel (met afgeschuinde rand)
3. Dwarsregel (optioneel)
4. Verstelbare vijzel
5. Plenum

→ **Soorten.** Hergebruikte tegels bestaan grotendeels uit een kern van geperst vezelhout met hoge dichtheid (HDF) of van vezelversterkt calciumsulfaat (gips). Afhankelijk van het model zijn ze volledig of gedeeltelijk ommanteld met een aluminiumplaat of een verzinkte staalplaat. De bovenzijde (zichtzijde) is onbewerkt (niet bekleed) of voorzien van een fabrieksafwerking (zie afwerking). De randen worden beschermd door de omgeslagen plaat of door zelfdovende en antistatische pvc-stroken.

→ **Formaten.** De afmetingen van de tegels bedragen doorgaans 500 mm × 500 mm of 600 mm × 600 mm en hun dikte varieert van 16 mm tot 44 mm. Meestal zijn de randen afgeschuind om de plaatsing en demontage te vergemakkelijken.

→ **Afwerking.** De bovenzijde van de tegels kan voorzien zijn van een fabrieksafwerking (laminaat, pvc, vinyl, tapijt, linoleum, rubber, etc.) of niet-bekleed zijn, d.w.z. bedoeld om na de uitvoering te worden voorzien van een aparte afwerkingslaag. Bij hergebruikte tegels kunnen er nog lijmresten aanwezig zijn. Het soort afwerking draagt in grote mate bij aan de prestaties van de tegels en het verhoogde vloersysteem.

→ **Vijzels en dwarsliggers.** Deze elementen van de onderconstructie worden zelden hergebruikt en zijn over het algemeen vervaardigd van verzinkt staal. De vijzels bestaan uit een draadstang (+ moer) voor de hoogteverstel-

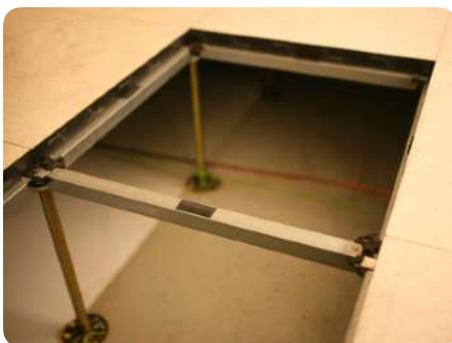


Onvolledige, onbektele tegel op basis van spaanplaat, ommanteld met een verzinkte staalplaat. De rand is voor de helft voorzien van een zelfdovende pvc-strook.

ling, een grondplaat voor de bevestiging op de vloer en een draagkop met stalen, aluminium of kunststof nokken waarop de vloertegels rusten. Sommige vijzelmodellen zijn voorzien van een inrichting waarop een aardingsleiding kan worden bevestigd.

De dwarsliggers moeten compatibel zijn met het vijzelmodel en worden hierop vastgekleefd of -geschroefd. Zij maken het systeem sterker door de horizontale krachten te verdelen en dragen bij tot de waterdichtheid wanneer zij voorzien zijn van een bovenbekleding van pvc.

→ **Onderdelen.** Bij verhoogde vloersystemen horen doorgaans tal van specifieke onderdelen, die soms eveneens kunnen worden hergebruikt. Het gaat hier om elementen die worden ingebouwd in de tegels (bv. aansluitdozen, kabeldoorvoeren, ventilatioeroosters, geperforeerde tegels, etc.) of losse elementen (bv. specifieke constructie-elementen, sluitflenzen, trapneuzen, stootborden, leuning, etc.).



Verhoogde vloer op een kadersysteem. Tegels met laminaat.



Zelfdragende verhoogde vloer. Houtvezelplaattegels met een textielbekleding (tapijttegels).



Zijaanzicht van een tegel met fabrieksafwerking (textiel). 2% afgeschuinde rand.



Recuperatie van de elementen

Verhoogde vloeren bevinden zich vaak in gebouwen met technische installaties en/of waar een zekere flexibiliteit vereist is wat de indeling betreft (kantoorgebouwen, computerlokalen, ziekenhuizen, musea, etc.). Omdat verhoogde vloeren vaak gemakkelijk demontebaar zijn, zijn ze zeer geschikt voor hergebruik, hetzij in situ hetzij via de professionele hergebruikmarkt. De interesse in deze elementen zal in eerste instantie afhangen van het model, de hoeveelheden en de algemene toestand van de partij.

→ *Beoordeling van het hergebruikpotentieel.*

Een 'deskundig oog' kan meestal tijdens een bezoek ter plaatse of aan de hand van foto's en technische informatie over het model, de fabrikant, de hoeveelheden, afmetingen, etc. inschatten wat de mogelijkheden zijn voor hergebruik. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat: Hebben de tegels een fabrieksafwerking? Zo ja, wat is de slijtage-toestand? Is de toplaag op de tegel gelijkvormig? Kan deze gemakkelijk worden verwijderd? Zijn de houtvezelplaattegels vervormd door een overmatig vochtgehalte? Vertonen ze sporen van corrosie op de metalen elementen? Zijn er vermoedens van een aanzienlijke remanente doorbuiging, waardoor hergebruik niet aangewezen zou zijn?
- de beschikbare documentatie (technische gegevensbladen, prestatieverklaring, etc.) en de beoordeling van de initiële gebruiksomstandigheden;
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, het verkooppotentieel, het onderhoudsgemak, etc.;
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Demontage.** Een zorgvuldige demontage is erop gericht de tegels niet te beschadigen en de veiligheid van de werknemers te waarborgen. Nadat alle meubilair en andere elementen vanop het vloeroppervlak zijn verwijderd en de met de vloer verbonden stroomnetten zijn uitgeschakeld, moet de eventuele afwerkingslaag worden verwijderd. Onderdelen (kabeldoorvoeren, ventilatieroosters, aansluitdozen, etc.) moeten zorgvuldig worden verwijderd indien deze ook zullen worden hergebruikt.

Om de homogeniteit van de partijen te garanderen, wordt aangeraden de verschillende modellen van tegels niet te mengen en indien nodig gelijksoortige elementen te scheiden als hun oorspronkelijke toepassing verschilt. Bij het demonteren kan er een controleprocedure worden opgesteld zodat het voor alle betrokkenen duidelijk is hoe de tegels beoordeeld en gesorteerd dienen te worden.

Het verwijderen van de tegels gebeurt meestal met een zuignap. Gebruik geen schroevendraaier of enig ander stomp voorwerp. Voor de vlotheid van de operatie en de veiligheid van de werknemers is het wenselijk om de vijzels en dwarsliggers tegelijk te demonteren. Na demontage worden de tegels gesorteerd naar soort en grootte, en worden elementen die vervormd zijn of er twijfelachtig uitzien weggegooid. Onvolledige tegels (randtegels of tegels die versneden zijn) kunnen afzonderlijk worden gerecupereerd en correct worden gelabeld en gedocumenteerd.

De tegels worden horizontaal op pallets gestapeld (zonder dat ze uitsteken) en omsnoerd of vastgebonden. Het aantal gestapelde tegels wordt bepaald op basis van hun soortelijke massa (doorgaans 10 tot 15 kg/tegel, naargelang het model), de sterkte van de pallets en het draagvermogen van de afvoerwegen. Wees er aandachtig voor om niet met zware lasten (paletten vol gedemonterde tegels) te rijden over de nog te demonteren delen van de vloer als deze daar niet op voorzien is.

In sommige gevallen is het wenselijk tussenlagen aan te brengen tussen de tegels om te voorkomen dat ze aan elkaar kleven. Het wordt ten zeerste aanbevolen om bij de demontage elke pallet van een etiket te voorzien om de traceerbaarheid van het product te garanderen (met informatie omtrent het gebouw van oorsprong, initiële gebruiksomstandigheden, uitzonderlijke lokale belastingen, etc.).

Merktekens

De tegels zijn aan de onderzijde of op de rand vaak voorzien van een referentie. Op basis van deze referentie kan de productfiche worden opgespoord en informatie worden verkregen over de fabricagedatum, de belastingsweerstand en de brandweerstand bij hun initiële plaatsing.



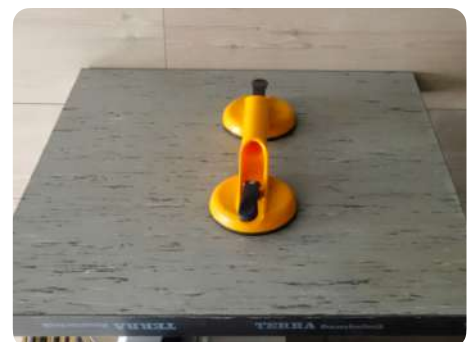
Lijmresten op de bovenzijde van de tegels.



Vervormde of niet-conforme tegels, niet geschikt voor hergebruik.



Niet herbruikbare vijzels door aanzienlijke lijmresten.



Verwijderen van de tegels met behulp van een zuignap.



→ **Behandelingen.** Om niet-beklede houtvezelplaattegels zonder complicaties te kunnen hergebruiken, moeten alle lijmresten worden verwijderd van de bovenzijde en de randen. Dit gebeurt meestal in de werkplaats, met de hand of met een industriële bandschuurmachine. Tegels met stalen randen worden ook nagekeken en zo nodig geniet. Na hun reiniging worden de tegels opgeslagen op pallets, omsnoerd of vastgebonden, beschermd met stretchfolie en opnieuw voorzien van een etiket.

→ **Beoordeling van de prestaties.** Soms worden erg grote homogene oppervlaktes aan verhoogde vloertegels gedemonteerd. Deze partijen behoren tot de zeldzame hergebruikproducten waarvoor een prestatiecertificaat kan worden afgeleverd (bv. toelaatbare belastingsklasse, doorbuigingsklasse, brandreactie, akoestische prestaties, etc.). Hiervoor kunnen de aannemers of hergebruikhandelaars beroep doen op een gecertificeerd laboratorium of een andere gecertificeerde instelling om een representatief monster samen te stellen en de nodige proeven uit te voeren.

→ **Opslag.** Het is aangewezen de vloerplaten op te slaan bij kamertemperatuur (15°C tot 25°C), beschermd tegen vocht en stof (aanbevolen relatieve luchtvochtigheid van 40 tot 65%). Metalen onderdelen en spaanplaten zijn bijzonder gevoelig voor schimmelingen van de luchtvochtigheid.

→ **Transport en levering.** Tijdens het vervoer en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden om breuken tot een minimum te beperken (pallets omsnoerd met riemen en verpakt in cellofaanfolie, etc.).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen en ervoor te zorgen dat deze bewerkingen goed worden uitgevoerd.

"[...] Grootschalige ontwikkelingsprojecten die gepaard gaan met een vraag naar grote hoeveelheden gerecupereerde producten zijn een uitstekende manier om de bestaande hergebruikmarkt te versterken en uit te breiden. In sommige gevallen kan een grootschalige operatie helpen om nieuwe investeringen in onderzoek en ontwikkeling, machines en diensten te ondersteunen. Dit kan zelfs leiden tot de oprichting en uitbouw van een nieuwe onderneming. Het project Pulse in de Parijse regio is hiervan een perfect voorbeeld. Door één enkele vraag naar 22.000 m² installatievloer uit recuperatie kon het bedrijf Mobius een nieuw bedrijfstak ontwikkelen rond dit product, dat tot dan toe zeldzaam was op de hergebruikmarkt. En door de grootte van de bestelling was het bedrijf in staat haar diensten onmiddellijk verregaand te ontwikkelen. Zo bieden ze hun klanten nu productgaranties en beoordelingen van de koolstofbalans bovenop het eigenlijke product aan."

Uit: Een gids voor het identificeren van bouwproducten met potentieel voor hergebruik - FCRBE.



Opslag van te reinigen tegels © Mobius - Marie Moroté



Reiniging van niet-beklede tegels © Mobius - Marie Moroté



Toepassingen en plaatsing

Recuperatietegels van verhoogde vloeren kunnen worden gebruikt voor toepassingen met matige (kantoren) of zwaardere belasting (laboratoria, serverruimten, etc.). Bij de keuze voor een bepaald type tegel en de elementen van de onderconstructie moet rekening worden gehouden met de verwachte belasting (zie § Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik). Men dient altijd rekening te houden met de nationale en Europese productnormen (o.a. EN 12825) alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

Het plaatsen van een correct gesorteerde en gereinigde gerecupereerde verhoogde vloer gebeurt niet anders dan bij een nieuwe vloer. Er gelden dezelfde aandachtspunten, met name: materiaalkeuze (tegels, onderconstructie, afwerkingslagen, specifieke onderdelen, etc.), wijze van aanbrengen van de afwerkingslagen (gelegd of gelijmd), eigenschappen en staat van de ondergrond, vloerhoogte, lay-out en vastzetten van de vizels (met trillingsdempende lijm, schroeven of lassen), thermische en akoestische isolatie, brandweerstand en compartimentering, luchtdichtheid, bescherming tegen elektrische schokken en overstroom, uitzetvoegen, versterkingen en trekstangen, diagonale dwarsregels in seismische gebieden, randprofielen en perifere voorzorgsmaatregelen, horizontaliteit en vlakheid van de vloer, voorkomen van vohtrisico's, minimum vrije hoogte tussen vloer en plafond, onderhoudsprocedures, uitvoeringstermijnen, kosten, etc.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij moet bestaan uit tegels van hetzelfde type en hetzelfde formaat. In het ideale geval hebben tegels van eenzelfde partij dezelfde oorsprong, wat in zekere mate garandeert dat ze aan dezelfde belasting zijn blootgesteld.

→ **Uitzicht.** Bij in de fabriek beklede tegels (bv. met tapijttegels) zijn lichte kleurverschillen mogelijk. Deze verschillen zijn voornamelijk toe te schrijven aan de vroegere blootstelling en het oorspronkelijke gebruik. Het wordt aangeraden deze tegels tijdens het leggen te mengen.

→ **Staat.** Recuperatietegels kunnen lichte tekenen van kwaliteitsverlies vertonen, zoals oppervlakkige slijtagesporen, vlekken of inkepingen. Bij niet-beklede tegels worden deze onvolkomenheden doorgaans gecamoufleerd door het aanbrengen van een afwerkingslaag.

→ **Opgegeven prestaties.** In het geval van partijen samengesteld uit loten met een verschillende afkomst en/of initiële toepassing dient er nagegaan te worden of de opgegeven prestaties voor het volledige lot overeenkomen met de eisen.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet in staat zijn om de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken te garanderen. Dit principe kan ook worden toegepast in het geval van hergebruik in situ. Het is ook raadzaam extra tegels te voorzien voor latere vervanging en reparaties.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen.

Ontwerptip!

Om de kans te vergroten dat de benodigde hoeveelheid tegels op de hergebruikmarkt gevonden wordt, kan het projectteam ervoor kiezen om verschillende partijen te aanvaarden en deze georganiseerd te verdelen in het gebouw. Bijvoorbeeld door telkens één homogene partij verhoogde vloertegels te voorzien per ruimte of verdieping.

Denk omkeerbaar!

Bij gelijkwaardige prestaties wordt de voorkeur gegeven aan een soepele afwerkingslaag zoals loose-lay of niet-gelijmd tapijt-/pvc-tegels. Doordat deze gemakkelijker kunnen worden verwijderd, bevordert dit het hergebruik van de niet-beklede vloerplaten.



Hergebruik van verhoogde vloertegels met nieuwe vizels. © Mobius - Marie Moroté



Hergebruik van verhoogde vloertegels met nieuwe vizels. © Mobius - Marie Moroté



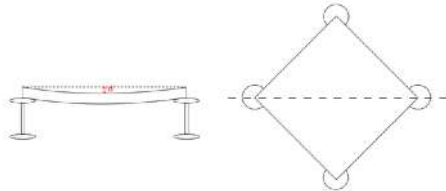
Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Er bestaat tot op heden geen geharmoniseerde Europese norm voor verhoogde vloeren. De geldende nationale normen (NBN EN 12825 in België, NF EN 12825 + NF EN 1366-6 + NF DTU 57.1 in Frankrijk, PSA MOB PF2/SPU en BS EN 12825 in het Verenigd Koninkrijk, NEN EN 12825 + NEN EN 1366-6 in Nederland) beschrijven de relevante kenmerken (naargelang de context) op basis waarvan hun geschiktheid voor gebruik kan worden bepaald. Hoewel deze kenmerken beschreven worden voor nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van gerecupereerde verhoogde vloeren.

Hierbij moet worden benadrukt dat een verhoogde vloer moet worden beschouwd als een *stelsel* van losse elementen (tegels, vizels, dwarsliggers, bekleding, etc.) waarvan de afzonderlijke prestaties bijdragen aan de totale prestaties van het systeem. In dit verband zijn de prestaties van de afwerkingslaag even belangrijk om aan de voorgeschreven eisen te voldoen (deze worden hier niet verder behandeld, zie de *specifieke fiche over vloerbedekkingen van textiel*).

Afhankelijk van het niveau van de eisen en de totale hoeveelheid tegels, zijn laboratoriumproeven een geschikte optie om de essentiële prestaties van een verhoogde vloer uit recuperatie te bepalen. Deze beoordeling is zowel interessant bij het in situ hergebruik van partijen als voor hergebruik van buitenaf. Bovendien kunnen sommige professionele handelaars een aantal prestatiecertificaten aanbieden voor homogene partijen tegels (bv. belastingsklasse, doorbuigingsklasse, brandreactie, akoestische proeven, etc.)

Voor elementen die de ontwerplevensduur niet overschrijden (doorgaans 25 jaar voor houtvezelplaattegels) kan ook worden overwogen de oorspronkelijke technische gegevens te gebruiken. Er kunnen zich echter onzekerheden voordoen die te maken hebben met de ontwikkeling van hun prestaties in de tijd en de niet-naleving van de gebruiksvoorschriften, wat een nadelig effect kan hebben op de prestaties van het oorspronkelijke product.

Eigenschappen	Opmerkingen
Maximaal toelaatbare belasting	Deze parameter bepaalt de maximale belasting die door de tegels kan worden gedragen bij een gegeven vloerhoogte. Deze kan worden bepaald door meting van de breukbelasting door middel van een destructieve proef op een proefstaal (volgens de norm EN 12825). Het resultaat wordt uitgedrukt in kN en moet hoger zijn dan 4 kN. De maximaal toelaatbare belasting is dan gelijk aan de gemeten breukbelasting gedeeld door een veiligheidscoëfficiënt (2 of 3). De vizels moeten op hun beurt bestand zijn tegen 4-maal de maximaal toelaatbare belasting.
Doorbuiging	Deze eigenschap omschrijft de vervorming (de 'buigzaamheid') van de tegel onder de maximaal toelaatbare belasting. Ze kan worden bepaald in het laboratorium, volgens de norm EN 12825. De strengste doorbuigingsklasse A komt overeen met een maximale vervorming van 2,5 mm. De remanente doorbuiging na 30 minuten mag niet meer bedragen dan 0,5 mm. Tegels die volledig zijn ommanteld met een verzinkte staalplaat zijn over het algemeen buigstijver. Harde afwerkingslagen hebben een grote invloed op deze parameter. Bij de beoordeling van het hergebruikpotentieel van een partij is het raadzaam de remanente doorbuiging van de tegels te bepalen door middel van een steekproefsgewijze meting. 
Maatvastheid	Afwijkingen zijn aanvaardbaar tot maximaal ongeveer 0,5 mm in elke dimensie (dikte, lengte, rechtheid, haaksheid, etc.) om te garanderen dat de tegels onderling kunnen worden verwisseld. Dit kenmerk hangt dus nauw samen met de kwaliteit van het oorspronkelijke product, de mate van sortering van de recuperatietegels en de homogeniteit van de partij. Een visueel onderzoek van de partij volstaat vaak om hierop te controleren.
Impactweerstand	Het systeem moet bestand zijn tegen de impact van zachte en harde voorwerpen, zonder te vervormen. De norm EN 12825 specificeert een gedetailleerde testmethode voor deze eigenschap.
Onderhoudsgemak en vochtbestendigheid	Dit hangt af van het soort bekleding en het soort tegel. Bijvoorbeeld: elementen op basis van spaanplaat kunnen zwellen onder invloed van water. Overvloedig watergebruik tijdens de reiniging is daarom uit den boze. Over het algemeen kan men zich baseren op de voorzorgsmaatregelen die gelden voor gelijkwaardige nieuwe producten.
Slipvastheid	Deze eigenschap wordt bepaald door het soort bekleding van de verhoogde vloer.
Thermische prestaties	Als het verhoogde vloersysteem deel uitmaakt van het omhulsel van het compartiment, moet worden nagegaan of het voldoet aan de voorgeschreven thermische isolatie-eisen, door de U-waarde (W/m²K) ervan te bepalen.



Eigenschappen	Opmerkingen
Brandreactie	<p>De specifieke eisen in verband met de brandreactie van de bekledingen worden bepaald door de nationale voorschriften. Deze eisen hangen onder meer af van het gebruik van het gebouw (bv. privéwoning of flatgebouw, nooduitgangen, terrassen op platte daken, etc.), van de hoogte van het gebouw (voor de gevelbekleding), maar ook van de mogelijkheid voor de gebruikers om het gebouw te verlaten in geval van brand (bejaardentehuis, ziekenhuis, etc.).</p> <p>De classificatie van bouwproducten volgens de brandreactie is vastgelegd in de Europese norm EN 13501-1 (Euroklasse) en wordt met name beoordeeld op basis van een proef die wordt uitgevoerd onder de uiteindelijke gebruiksomstandigheden, d.w.z. rekening houdend met het volledige verhoogde vloersysteem. Zo worden tegels van minerale materialen (bv. calciumsulfaat) meestal ingedeeld als klasse A_{fl} of A_{2fl} (onbrandbaar) en tegels op basis van spaanplaat doorgaans als klasse B_{fl} (zeer moeilijk brandbaar).</p>
Brandweerstand	<p>Op Europees niveau is de classificatie van de brandweerstand van verschillende bouwelementen beschreven in de norm EN 13501-2. Deze wordt uitgedrukt als een tijdsperiode R_f (in minuten) gedurende welke een constructiesysteem op het vlak van stabiliteit (R), vlamdichtheid (E) en thermische isolatie (I) aan de criteria voldoet. Toepassing hiervan op verhoogde vloeren leidt tot een van de volgende classificaties: R 15, R 30, RE 30 of REI 30. Aan de hand van de proefnorm EN 1366-6 kan de brandweerstand van verhoogde vloeren worden bepaald. Tegels die volledig zijn ommanteld in een verzinkte staalplaat of gemaakt zijn van minerale materialen, hebben over het algemeen een hogere brandweerstand dan gedeeltelijk ingekapselde houtvezelplaattegels.</p>
Elektrostatisch gedrag en elektrische weerstand	<p>Deze eigenschap omschrijft het vermogen van de vloer (bekleding + tegel + vijzels + lijm) om de accumulatie van elektrostatische ladingen te beperken (antistatisch gedrag) en ervoor te zorgen dat deze worden afgevoerd (geleidingsvermogen). Dit voorkomt het risico op elektrocutie bij toevallig contact met stroomvoerende kringen. Over het algemeen moet een verhoogde vloer een elektrische doorgangswaerstand hebben tussen 5.105 en 2.1012 ohm (EN 1081).</p> <p>In de meeste toepassingsgebieden van verhoogde vloeren volstaat het een afwerkingslaag te kiezen die een belastingsspanning van 2 kV niet overschrijdt (prestaties van de bekleding volgens EN 1815). Eisen inzake de aardingsweerstand zijn evenmin zinvol op het niveau van het hele gebouw, maar alleen voor specifieke zones (ruimtes met explosiegevaar of elektronische uitrustingen). In dat geval wordt aanbevolen een beroep te doen op een gespecialiseerd bureau om de verwachte prestaties correct te beoordelen. De aarding wordt meestal uitgevoerd door middel van een netwerk van equipotentiaalverbindingen die een aantal vijzels met elkaar verbinden. Het is dan aangewezen vijzels te kiezen die deze inrichting mogelijk maken.</p>
Akoestische prestaties	<p>De akoestische prestaties van een verhoogde vloer zijn afhankelijk van de structuur van de tegels en de isolatie van het systeem. De bepaling ervan is een complex proces en vindt over het algemeen plaats in een laboratorium onder gebruiksomstandigheden, volgens de norm EN ISO 10848-2. Algemeen geldt: hoe zwaarder en soepeler de platen, hoe beter de absorptie van contactgeluiden. Andere parameters die van invloed zijn op de laterale geluidstransmissie, zijn onder andere de hoogte van het plenum, het type afwerkingslaag, de akoestische compartimentering (boven en in het plenum), etc.</p>

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

	<p>Waar er uit tegels van calciumsulfaat weinig of geen vluchtige organische stoffen (VOS) vrijkomen, is dit bij recuperatietegels van geperste houtdeeltjes meestal wel het geval. Specifiek gaat het over <i>formaldehyde</i>, dat als kankerverwekkend, mutageen (schadelijk voor de genen) en reprotoxisch (schadelijk voor de voortplanting) wordt beschouwd. Niettemin is men het erover eens dat het risico op emissie van formaldehyde door spaanplaten aanzienlijk afneemt bij materialen die na 1990 werden geproduceerd ⁽¹⁾, en vooral naarmate hun gebruiksduur langer is ⁽²⁾. Het risico in verband met het hergebruik van verhoogde vloertegels wordt daarom als zeer laag beschouwd. Bij twijfel kan een laboratoriumproef worden uitgevoerd volgens de norm EN ISO 12460-3. Hieraan moet worden toegevoegd dat de binnenluchtkwaliteit eveneens wordt beïnvloed door het gekozen type vloerbekleding voor op de tegels en de plaatsing ervan.</p>
	<p><i>Pentachloorfenol (PCP)</i>. Het gebruik van dit houtbehandelingsmiddel (pesticide) is in Europa gereguleerd sinds de jaren 1990. Toch bestaat er een gering risico dat deze persistente, giftige, hormoonverstorende en verontreinigende stof wordt aangetroffen in gerecupereerde houtspaenplaten. Het risico op blootstelling wordt echter beperkt door het voorkomen van direct contact met het materiaal.</p>

(1) Marutzky R. (2008) Opening and Thematic Introduction, Proceedings of the Technical Formaldehyde Conference, WKI, 13-14 March 2008, Hannover, Germany.

(2) Indoor Air Pollution: An Evaluation of Three Agents – Formaldehyde, Exposure to Environmental Hazard, University of Minnesota, PubH 5103, fall semester 2003.



Beschikbaarheid

Verhoogde vloeren zijn een relatief zeldzaam product op de hergebruikmarkt. Weinig professionele spelers zijn momenteel in staat een herstellings- en verkoopdienst aan te bieden, ondanks de grote kansen die zich aandienen. De beschikbaarheid hangt dus sterk af van het gewenste model en de gevraagde hoeveelheden. Regelmatig zijn er partijen identieke tegels beschikbaar tot 1.000 m².

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naargelang het model, de staat en de benodigde hoeveelheden. Over het algemeen moet men rekenen op 10 tot 20 €/m² excl. BTW (verhoogde vloertegels, zonder vijzels of dwarsregels), wat ongeveer neerkomt op 85% van de nieuwprijs.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



De inschatting van de impact van het gebruik van gerecupereerde bouwproducten op basis van hout op de klimaatopwarming is complex en moeilijk te veralgemenen. Het algemene principe is dat met constructiehout biogene koolstof kan worden vastgelegd. Hergebruik is dus een manier om deze koolstofvoorraden te vrijwaren en te voorkomen dat ze in de atmosfeer terechtkomen (wat zou gebeuren als het hout bijvoorbeeld wordt verbrand). Voor de algemene milieubalans van een gerecupereerd houten element moet echter ook rekening worden gehouden met aspecten zoals de herkomst van het product, de afgelegde afstand, etc. Voor meer informatie raden wij aan de specifieke paragraaf over dit onderwerp te raadplegen in de inleidende fiche. De gegevens in de onderstaande tabel verschillen aanzienlijk naargelang de aannames aan de basis van elke analyse. Sowieso kunnen we stellen dat het hergebruik van verhoogde vloertegels de uitstoot van CO₂ bij de fabricage van nieuwe tegels wordt vermeden.

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²
INIES-databank (FR) – algemene informatie (nieuwe MDF-tegel) - duurzaam beheer *	42,7
INIES-databank (FR) – algemene informatie (nieuwe MDF-tegel) - niet-duurzaam beheer *	79,3
INIES-databank (FR) – algemene informatie (nieuwe minerale tegel) - niet-duurzaam beheer **	95,5
MOBIUS (gerecupereerde MDF-tegel) - individuele informatie ***	1,67
MOBIUS (gerecupereerde MDF-tegel) - individuele informatie ****	1,05

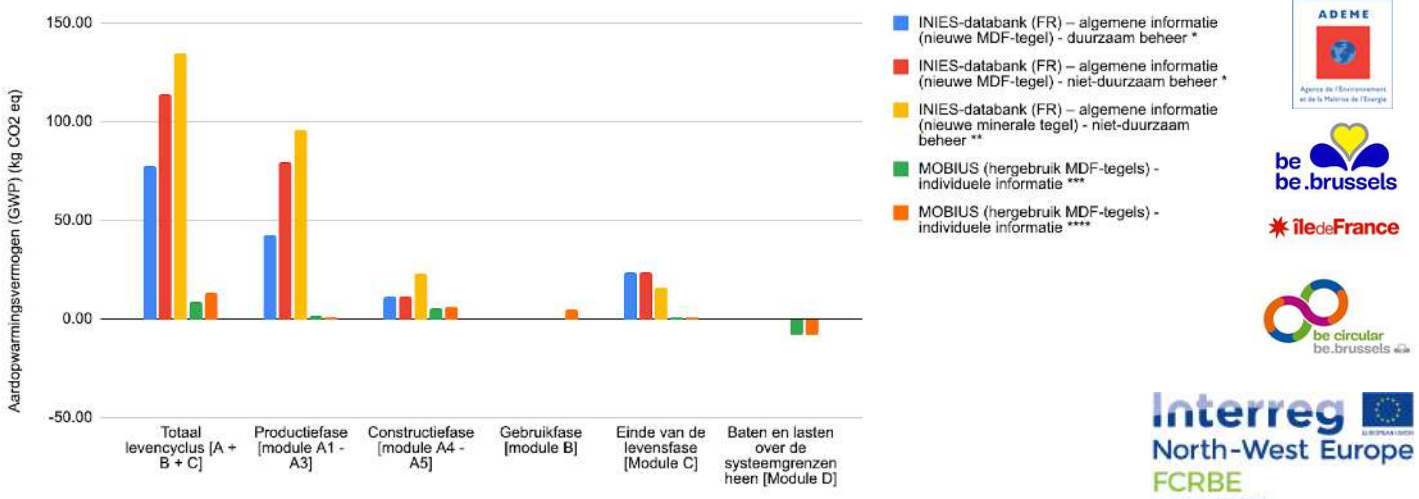
* Indicatieve waarde voor 1 m² verhoogde vloertegels van geperst hout (MDF), dikte 38 mm met stalen ommanteling, niet bekleed, op vijzels geplaatst voor een referentielevensduur van 25 jaar.

** Indicatieve waarde voor 1 m² verhoogde vloertegels van mineraal materiaal (calciumsulfaat), dikte 44 mm met stalen ommanteling, niet bekleed, op vijzels geplaatst voor een referentielevensduur van 50 jaar.

*** Indicatieve waarde voor 1 m² verhoogde vloertegels voor hergebruik, niet bekleed, op vijzels geplaatst om een plenum te creëren van 300 mm, voor een referentielevensduur van 25 jaar.

**** Indicatieve waarde voor 1 m² verhoogde vloertegels voor hergebruik, met laminaat, op vijzels geplaatst om een plenum te creëren van 300 mm, voor een referentielevensduur van 25 jaar.

De gegevens in verband met de levenscyclusanalyse van deze producten zijn weergegeven in de onderstaande grafiek (Let op: onderstaande grafiek vergelijkt producten met een verschillende totale levensduur).



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het product

Tapijttegels (ook 'modulair tapijt' genoemd) worden binnen gebruikt als vloerbedekking in woningen, kantoor- en commerciële ruimtes en in de evenementensector. Door hun afmetingen en modulair karakter zijn ze verwant aan systemen voor verhoogde vloeren, waarop ze trouwens vaak worden gelegd.

De tegels zijn zo ontworpen dat ze vlot vervangbaar zijn in geval van een plaatselijke beschadiging. De theoretische levensduur van tapijttegels is 10 tot 15 jaar. Maar een tapijtbekleding wordt vaak al na 7 tot 10 jaar vervangen om esthetische redenen.

In principe lenen tapijttegels zich vrij goed voor hergebruik. Ze zijn meestal vlot te demonteren en makkelijk te verpakken. In de praktijk hangt hun hergebruik grotendeels af van de mate waarin ze tekenen van slijtage vertonen. Bovendien blijft de economische waarde van hergebruiktapijttegels relatief laag.

Tapijttegels zijn er in alle uitvoeringen, niet alleen qua uitzicht (kleur) maar ook qua samenstelling. Er bestaan verschillende modellen voor verschillende toepassingen.

Over het algemeen zijn tapijttegels opgebouwd uit drie verschillende lagen, die de globale prestaties garanderen op het vlak van vlek- en slijtbestendigheid, aanvoelen, elektrische geleiding, akoestiek, brandweerstand etc.:

→ **Slijtlaag**, soms 'pool' genoemd: bestaat uit synthetische vezels (polyamide, polypropyleen, polyester etc.) of, wat minder voorkomt, natuurlijke vezels (wol, geitenhaar, etc.).

→ **Primaire rug**: al dan niet geweven textiel waaraan de vezels worden vastgehecht, van synthetisch of natuurlijk materiaal. Tapijttegels kunnen 'getuft' of, zeldzamer, 'geweven' zijn, verwijzend naar de manier waarop de pool aan de rug verbonden wordt.

→ **Secundaire rug**: samengesteld uit meerdere lagen van bv. bitumen, pvc, polyolefinen, polyurethaan, synthetisch vilt, geweven textiel, kunststofschuim, latex, etc. De samenstelling van de onderkant bepaalt grotendeels de akoestische prestatie van de tegels, alsook hun plaatsingswijze en de te gebruiken lijm.

Andere eigenschappen om tegels te onderscheiden zijn:

→ **Textuur**: afhankelijk van het productieprocedé en de dichtheid van de pooldraden. Bij getufte tapijttegels wordt er, afhankelijk of de draad bij het proces gesloten blijft of open wordt gesneden, een onderscheid gemaakt tussen lussenpool (bouclé), gesneden pool (velours) of een combinatie van beide (cut-loop). Er bestaan verschillende finale afwerkingstexturen zoals gesneden of geribd velours, geweven, frisé, saxony, naaldvilt en hoogpolige 'shaggy'.

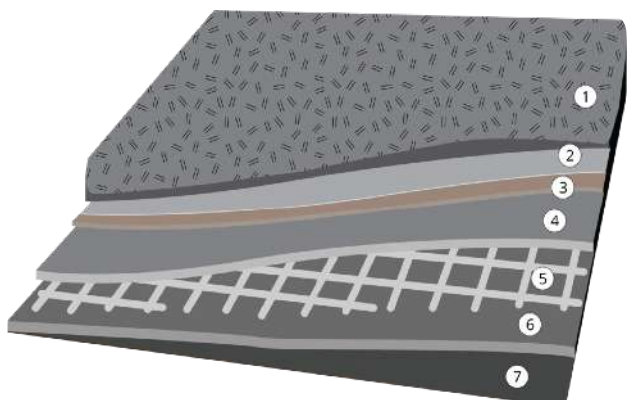
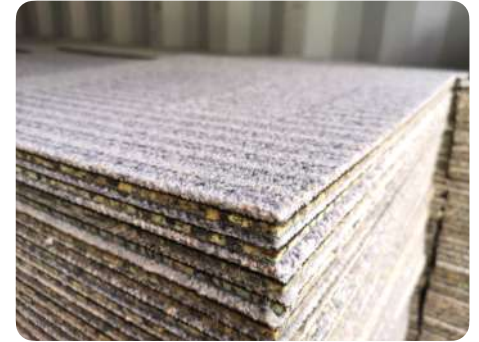
→ **Uitzicht**: eenkleurig, veelkleurig, met kleurverloop, motieven, etc.

→ **Formaat**: de meeste tapijttegels hebben een standaardformaat van 50 × 50 cm en een dikte die varieert tussen 5 en 10 mm. Er bestaan ook andere formaten, maar die zijn eerder zeldzaam.

→ **Gewicht**: van 3,5 tot 5 kg/m².

→ **Plaatsingswijze**: tapijttegels werden vroeger op hun plaats gehouden met lijm of niet-permanente hechtmiddelen of tapijt-

tape. Door innovaties aan de onderkant van de tegels kwamen de zogenaamde 'loose-lay' tapijttegels op de markt. Ze hoeven niet aan de ondergrond vastgehecht te worden en kunnen los gelegd worden. Ze zijn dan ook heel makkelijk te demonteren.



- (1) Slijtlaag
- (2) Primaire rug
- (3)+(4)+(5)+(6)+(7) Secundaire rug

Opbouw van een tapijttegel



Recuperatie van het product

Vooraf tapijttegels in kantoor- en handelsruimtes zijn geschikt voor hergebruik. Ze liggen over het algemeen op verhoogde vloeren of rechtstreeks op een dekvloer van gepolijst beton. Recente tegels (< 15 jaar) zijn vaak makkelijker te demonteerbaar. Tapijttegels zijn erg geschikt om in situ hergebruikt worden. Een andere optie is ze te bezorgen aan een van de slechts enkele bedrijven die dit materiaal recupereren. Hun hergebruikpotentieel hangt hoofdzakelijk af van het model, de hoeveelheid en de algemene staat van de partij.

→ *Beoordeling van het hergebruikpotentieel:* een 'deskundig oog' kan meestal het hergebruikpotentieel inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of op basis van foto's en technische informatie over het model en de fabrikant, de beschikbare hoeveelheid, de afmetingen, etc. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat: slijtage (vaak meer uitgesproken op plaatsen waar zich bureaustoelen op wieltjes bevinden), aanwezigheid van vlekken en vocht, weggesneden stukken, vervorming aan randen en hoeken, etc.;
- de plaatsingswijze: loose-lay, o.b.v. lijm, hechtmiddelen, etc.;
- de beschikbare documentatie (technische fiches, Declaration of Performance, etc.) en een evaluatie van de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden;
- de commerciële interesse, naargelang het model, de hoeveelheid en het verkooppotentieel;
- de logistieke omstandigheden (deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.).

→ *Beoordeling van de prestaties ter plaatse:* in de mate van het mogelijke wordt de partij tegels vóór de ontmantelings- en sorteerfase grondig onderzocht, om sommige kenmerken die moeilijker te bepalen zijn na demontage zo goed mogelijk vast te leggen (zie § Prestaties en geschiktheid voor gebruik). Vooral de identificatie van eventuele verkleurde of sterk versleten zones maakt het mogelijk te bepalen hoe gevoelig de volledige partij hiervoor is.

→ *Demontage:* de demontage moet met zorg gebeuren om de tapijttegels niet te beschadigen en de veiligheid van de arbeiders te verzekeren. Het is in de eerste plaats noodzakelijk zich ervan te vergewissen dat er geen gevaarlijke stoffen aanwezig zijn (alhoewel dit zelden voorkomt, is het niet onmogelijk asbesthoudende lijm aan te treffen) en het elektriciteitsnet dat via de vloer loopt uit te schakelen. Om hergebruik te vergemakkelijken kan het nuttig zijn de tegels ter plaatse te reinigen. Bij een natte reiniging moet voldoende droogtijd worden voorzien vóór de ontmanteling.

De tapijttegels worden doorgaans weggehaald met een plat stuk gereedschap (type plamuurmes), dat tussen de tegel en de ondergrond wordt geschoven voor een voorzichtige verwijdering. Afhankelijk van de initiële plaatsingswijze kan dit eenvoudig of moeilijker zijn. *Het gebruik van spaden, schroevendraaiers of tapijtafstomers moet worden vermeden* omdat ze de tegelranden en -hoeken kunnen vervormen of beschadigen. Het te snel lostrekken kan de tegels evenzeer vervormen. Recuperatietegels moeten volledig vlak blijven om te kunnen worden hergebruikt.

In sommige gevallen kunnen tegels onder een groot statisch gewicht of met een zeer druk beloop (typisch onder bureaustoelen), de neiging hebben om zeer stevig vast te zitten aan de ondergrond, waardoor ze soms lichtjes scheuren bij het losmaken.

Om homogene partijen te garanderen, worden de tegels gesorteerd per type. Tegels die vervormd, versneden, gescheurd of op een andere manier twijfelachtig zijn, moeten worden weggegooid. Het kan nuttig zijn om de partijen te scheiden volgens hun oorspronkelijk gebruik (bijvoorbeeld op basis van de ruimtes waarin ze lagen of de geraamde passagefrequentie). Bij het demonteren kan er een controleprocedure worden opgesteld zodat het voor alle betrokkenen duidelijk is hoe de tegels beoordeeld en gesorteerd dienen te worden.

De behandeling van de gedemonteerde tegels moet weloverwogen gebeuren; er moet rekening worden gehouden met het (statische en dynamische) draagvermogen van de vloeren en de manier waarop de tegels naar buiten kunnen worden gebracht. De opstapeling van tegels kan snel een groot gewicht bereiken.

De volgende elementen zijn aanbevolen om vervorming van de tegels tijdens de behandelingsfasen te voorkomen:

- Vóór het laden een stijve, platte plaat op de pallet leggen.
- De tegels plat en in stapel op de pallets laden: over het algemeen 4 stapels van 1 tot 1,2 m hoog per pallet.
- Zorg ervoor dat de tegels juist tot aan de rand van de pallet komen en niet erover.
- Er mag geen gebruik worden gemaakt van riemen en aan te spannen omsnoeringsmiddelen omdat ze de tegels kunnen vervormen.
- Gebruik bij voorkeur rekfolie om de tegels op de pallet op hun plaats te houden en zorg ervoor dat de hoeken niet vervormen.

Als het om verlijmdes tapijttegels gaat, moet er goed op worden toegezien dat bij het opstapelen de bovenkant van de ene tegel niet aangetast wordt door eventuele lijmresten aan de onderkant van de andere. Kies in dat geval voor een stockeerwijze waarbij de tegels telkens rug-aan-rug worden gestapeld.



Rug van een niet-verlijmdes tapijttegel.



Verplaatsing van tegels met rolwagentjes. Een overhoekse schikking vergemakkelijkt de behandeling.



→ **Behandelingen:** als de tegels bij het demonteren niet werden gesorteerd, kan dat in de werkplaats gebeuren. Professionele handelaars in hergebruiktapijttegels delen de producten gewoonlijk in drie categorieën in volgens de staat van de partijen (zie § Indicatoren voor hergebruik).

→ **Opslag:** het is aangewezen om de tapijttegels op kamertemperatuur en vocht- en stofvrij op te slaan, en ze niet bloot te stellen aan felle zon.

→ **Transport en levering:** tijdens het vervoer moeten de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden om het risico op omvallen van de stapels te beperken en om ervoor te zorgen dat de tegels elkaar niet teveel kunnen raken.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Markering en initiële prestaties

Op de onderkant van de tegels staat meestal informatie waarmee de fabrikant kan worden getraceerd en waarmee de technische fiche met de initiële prestaties van het materiaal kan teruggevonden worden. Sommige van die prestaties kunnen echter gaandeweg afnemen. Dat is in het bijzonder het geval als ze afhangen van chemische producten, zoals brandvertragende, vuilafstotende, antistatische, antibacteriële of anti-allergie behandelingen. Als gegevens over de precieze, effectieve prestaties van de tegels onontbeerlijk zijn kan het soms nodig zijn om de beschikbare informatie aan te vullen met specifieke proefmetingen. Dit moet worden overwogen in functie van het beoogde hergebruik. De metingen moeten dan worden opgenomen in de economische beoordeling van de hergebruikoperatie. Veel zal afhangen van de grootte van de partij in kwestie.



Voorraad van een leverancier in hergebruik- en surplustapijttegels. (www.sparo.nl)



Voorraad van een leverancier in hergebruik- en surplustapijttegels. (www.sparo.nl)



Voorraad van een leverancier in hergebruik- en surplustapijttegels. (www.sparo.nl)



Toepassingen en plaatsing

Hergebruiktapijttegels kunnen worden gebruikt voor toepassingen die onderworpen zijn aan een matige (woningen) of intensievere belasting (commercieel gebruik, kantoorgebouwen, inkomhallen en gangen). Ze kunnen op verschillende ondergronden worden gelegd (hout, beton, etc.) op voorwaarde dat de vloer vlak, droog en volledig proper is (vrij van stof en vuil). Bij de keuze van tapijttegels moet rekening worden gehouden met de beoogde belasting (zie § Prestaties en geschiktheid voor gebruik). Men moet steeds rekening houden met de nationale en Europese productnormen (o.a. EN 14041 en EN 1307+A3) alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

De plaatsing van goed gesorteerde en gereinigde hergebruiktapijttegels verschilt niet van die van nieuwe tegels. Dezelfde aandachtspunten zijn van toepassing: materiaalkeuze en bijbehorende prestaties, plaatsing (verlijmd, gehecht of loose-lay), patroon en legrichting, eigenschappen en staat van de ondergrond, zijdelings aansluiten van de tegels, vloerdikte ter hoogte van de deuren, thermische en akoestische isolatie, brandweerstand, elektrische geleiding, uitzetvoegen, vloerverwarming, afwerking langs de omtrek van de ruimte, onderhoudsprocedures, kosten, etc.

Vóór de plaatsing is het belangrijk om te controleren dat de tegels goed aan de omgevingsomstandigheden geacclimatiseerd zijn.

Om te voorkomen dat de tapijttegels snel vuil worden en om hun levensduur te verlengen is het nuttig beschermingsmateriaal (vloermatten, etc.) aan de ingangen te leggen en in een onderhoudsprogramma te voorzien dat afgestemd is op het gebruik van de ruimtes. Ook kan er voor kleuren gekozen worden die minder vlekgevoelig zijn.

Het akoestisch comfort kan verbeterd worden met een speciaal ondertapijt. Dit is het overwegen waard indien hergebruikte tegels zonder akoestische eigenschappen worden gebruikt.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam toe op het gebruik van partijen met een zeker mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

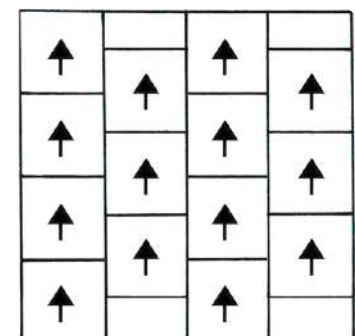
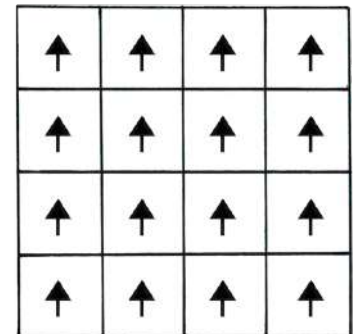
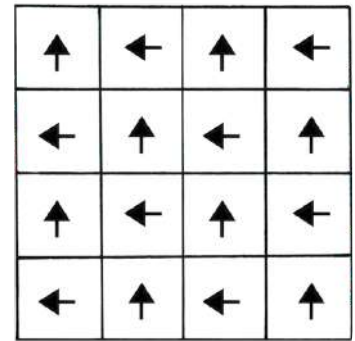
→ **Samenstelling van de partij:** de partij moet bestaan uit tegels van hetzelfde type en formaat (ook qua dikte). Idealiter bestaat een partij uit tegels van dezelfde herkomst om er zeker van te zijn dat ze allemaal dezelfde belasting hebben ondergaan.

→ **Uitzicht:** verschillen in kleur zijn mogelijk. Deze verschillen zijn voornamelijk te wijten aan gebruik en blootstelling aan zonlicht tijdens hun vroegere gebruik. Afhankelijk van het beoogde resultaat is het aangewezen om de tegels tijdens de plaatsing te vermengen.

→ **Staat:** recuperatietegels kunnen kleine beschadigingen vertonen, zoals sporen van oppervlakkige slijtage, vlekken of indrukken.

→ **Hoeveelheid:** sommige handelaars kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet in staat zijn om de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken te garanderen. Dit principe kan ook toegepast worden in het geval van hergebruik ter plaatse. Eveneens is het aangeraden een bijkomende hoeveelheid te voorzien in verband met de plaatsing van tegels in de ruimtes in kwestie enerzijds (bijvoorbeeld 10% meer voor het versnijden van randtegels bij het leggen van een dambordpatroon en 20% meer bij een geruit patroon) en anderzijds voor latere vervangingen en herstellingen van bepaalde zones.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen.



Voorbeelden van patronen: A. dambord, B. één richting, C. met verspringende voegen. De pijlen duiden de legrichting aan. Dit is over het algemeen loodrecht op de poolrichting van het garens en is aangeduid op de rugzijde van de tegels.

Ontwerptip!

Om de kans op een match op de hergebruikmarkt te vergroten kan het projectteam ervoor kiezen meerdere, uiteenlopende partijen te kopen en ze op een doordachte manier over het gebouw te verdelen. Zo kan er bijvoorbeeld een homogene partij tapijttegels voorzien worden per ruimte of per verdieping, of kan er gespeeld worden met kleuren om een patchwork te creëren in ruimtes die zich daartoe lenen.

Denk omkeerbaar!

Bij gelijkwaardige prestaties zijn loose-lay of niet-verlijmd tapijttegels een betere keuze. Aangezien deze makkelijk weg te halen zijn, bevorderen ze het hergebruik van zowel de vloerbedekking als de ondergrond. Bovendien zijn er innovatieve fixeersystemen op de markt die de tegels horizontaal aan elkaar bevestigen, zodat ook tegels die niet geschikt zijn voor een loose-lay installatie niet aan de ondergrond verlijmd moeten worden (bv. herpositioneerbare tape zoals Tac Tiles ®, etc.).



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 14041 definieert de relevante kenmerken (naargelang de context) van veerkrachtige, textiel-, laminaat- en meerlaagse modulaire vloerbedekkingen om te bepalen of ze geschikt zijn voor gebruik.

Norm EN 1307+A3 definieert de vereisten voor classificatie volgens eindgebruik van vloerbedekkingen in textiel. Een eerste onderscheid is dat tussen residentieel (privé) en commercieel (publiek) gebruik. Binnen elke categorie is er een tweede onderscheid in gebruiksintensiteit:

- matig: slaapkamer of hotelkamer
- normaal: woonkamer, gang, wachtkamer, winkel, landschapskantoor, etc.
- intensief: keuken, kamers van een woning die uitkomen op de buitenomgeving, cafetaria's, restaurants, etc.
- zeer intensief: musea, bedrijfsrestaurants, grootwarenhuizen

Elke categorie komt overeen met specifieke prestatievereisten, met name op het vlak van slijtsterkte, behoud van uiterlijk en comfortklasse. Er bestaan ook andere gebruiksclassificaties, bijvoorbeeld de UPEC-classificatie.

Hoewel de in deze normen opgesomde kenmerken bedoeld zijn voor nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn voor hergebruiktapijttegels. De verwachte prestaties kunnen op verschillende (eventueel aanvullende) manieren bepaald worden:

- analyse van de partij ter plaatse (bijvoorbeeld het nagaan van de algemene staat, afwezigheid van vochtvlekken, verkleurde zones, etc.);
- feedback van de vorige gebruikers (bijvoorbeeld voor antistatisch gedrag of loopcomfort);
- raadplegen van de oorspronkelijke technische documentatie om bepaalde technische eigenschappen na te gaan, alsook te controleren voor hoelang ze gegarandeerd werden;
- uitvoeren van gestandaardiseerde proefmetingen (zoals de trommelproef volgens Vettermann of de Lisson-proef).

Eigenschappen	Opmerkingen
Slijtsterkte Kleurvastheid Lichtechtheid Geschiktheid voor bureaustoelen op wielen Uitrafelingsgedrag Vuilbestendigheid Dimensionale stabiliteit	<p>Deze kenmerken zijn nauw verbonden met:</p> <ul style="list-style-type: none"> • de aard en kwaliteit van de materialen waaruit de tegels bestaan. Bijvoorbeeld getufte tapijttegels van 100% polyamide zijn over het algemeen goed bestand zijn tegen slijtage en pluizen; • Het productieproces. Bijvoorbeeld als de rug verstevigd is met een polyester- of polypropyleenlaag en/of met glasvezeldoek heeft de tegel een grotere dimensionale stabiliteit; • de aard en intensiteit van de belasting tijdens het gebruik; • de staat van de tegelpartij ter plaatse, na het eerste gebruik. Bijvoorbeeld de identificatie van verkleurde tapijttegels op plaatsen waar er veel lichtinval is wijst erop dat de hele partij lichtgevoelig is. Zo ook, als de tegels ter hoogte van bureaus telkens slijtagesporen door wielletjes vertonen, moet de hele partij geklasseerd worden als gevoelig voor dit soort belastingen; • de kwaliteit van de tegelsortering; • de homogeniteit van de partij recuperatietegels. <p>Een visueel of gedetailleerd onderzoek van de partij volstaat vaak om de tegels te beoordelen. Onderzoek van de partij ter plaatse levert vaak nuttige informatie op.</p>
Loopcomfort	Dit kenmerk is nauw verbonden met de aard van de materialen en de mate van slijtage van de tegels. Bijvoorbeeld, een velours van polyamide wordt als sterker beschouwd en heeft een uitstekend loopcomfort (veerkracht).
Slipweerstand	De slipweerstand van een geïnstalleerde vloerbedekking is afhankelijk van de plaatsingsmethode, de tijdens de plaatsing eventueel toegepaste oppervlaktebehandeling, stofophoping, reiniging en onderhoud. Indien de tegels tijdens hun vroegere gebruiksfase naar behoren zijn onderhouden kan deze eigenschap als 'voldoende' worden beschouwd indien de tegels schoon, droog, vrij van olie, vet en andere glibberige stoffen zijn.
Lichtweerkaatsing	Dit kenmerk wordt beoordeeld door de bepaling van de LRV-coëfficiënt (light reflectance value). Het betreft de hoeveelheid weerkaatst en geabsorbeerd licht door de vloerbedekking. Over het algemeen absorberen donkere kleuren het licht, terwijl lichte kleuren het weerkaatsen. Dat kan zich vertalen in een intenser gebruik van kunstlicht (en dus energieverbruik) of net niet. De structuur en glans van de tegels spelen ook een rol.



Eigenschappen	Opmerkingen
Vochtbestendigheid	Afhankelijk van hun samenstelling zijn tapijttegels in mindere of meerdere mate vochtgevoelig (bv. tapijttegels met een polyamidevelours zijn gevoeliger dan die met een polypropyleenvelours). Tegels die in een vochtige omgeving hebben gelegen zijn te vermijden.
Akoestische eigenschappen	De akoestische prestaties van tapijttegels bepalen is complex en hangt af van verschillende factoren. Over het algemeen worden hiervoor laboratoriumtests uitgevoerd op tegels in gebruiksomstandigheden (meting van contactgeluidsisolatie en geluidsabsorptie). Doorgaans absorberen vloerbedekkingen van textiel vooral de midden- en hoge frequenties.
Thermische eigenschappen	Algemeen beschouwd heeft een vloerbedekking van textiel maar weinig impact op de algemene warmteweerstand van een vloeropbouw. Maar het warmtegeleidingsvermogen van tapijttegels kan wel een invloed hebben op het thermisch comfort ("blote voeten"-gevoel) van de gebruikers en de compatibiliteit met het vloerverwarmingssysteem. Indien nodig kan deze prestatie worden beoordeeld aan de hand van specifieke proefmetingen of via een evaluatie van hun prestaties tijdens hun initiële toepassing.
Elektrische weerstand	Het antistatisch en elektrisch geleidend gedrag van tapijttegels bepaalt de capaciteit om de opbouw van een elektrische lading te beperken en ze af te voeren. Die eigenschappen hangen voornamelijk af van de samenstelling van de tegels, de gebruiksintensiteit en de relatieve vochtigheid van de ruimte. Speciale producten kunnen deze prestatie verbeteren. Ze worden toegevoegd tijdens het productieproces of erna, tijdens het gebruik, via herhaalde impregnaties. De antistatische bestanddelen hebben echter een beperkte levensduur. Alleen specifieke tests kunnen deze eigenschap bepalen. Dit is vooral noodzakelijk in gevoelige omgevingen als computerruimtes, ziekenhuizen en laboratoria.
Brandreactie	<p>De specifieke vereisten op het vlak van brandreactie van vloerbedekkingen worden bepaald door de nationale regelgevingen. Die vereisten hangen onder andere af van de functie die de ruimte vervult (bv. eengezinswoning of appartementsgebouw, nooduitgangen, dakterrassen, etc.), maar ook van de mogelijkheid van de gebruikers om de plaats te ontruimen in geval van brand (woonzorgcentrum, ziekenhuis, etc.).</p> <p>De classificatie van bouwproducten volgens de brandreactie steunt op de Europese norm EN 13501-1 (Euroklasse) en wordt beoordeeld op basis van een test van de uiteindelijke toepassingsomstandigheden (bv. tapijttegel + lijm + ondergrond). Zo worden nieuwe tapijttegels, afhankelijk van hun samenstelling en eventuele behandeling met brandvertragers, meestal geklasseerd als B_{n,s1}/C_{n,s1} (moeilijk brandbaar, wat over het algemeen een vereiste is voor gebouwen in de tertiaire sector) of Efl (brandbaar, wat voldoende is voor de woonsector).</p> <p>Het brandgedrag van hergebruiktapijttegels is moeilijk te bepalen zonder een voorafgaande laboratoriumtest. Afhankelijk van de gebruiksomstandigheden en de intrinsieke eigenschappen van de bestanddelen is de initiële brandprestatie hoogstwaarschijnlijk verminderd. Talloze brandvertragende behandelingen zijn onderhevig aan degradatie en kunnen na verloop van tijd hun initiële werking niet meer garanderen.</p> <p>Voor zover we weten is er geen eenvoudige oplossing om het brandgedrag van hergebruiktapijttegels te verbeteren. Behandelingen in situ maken over het algemeen de tapijttegels gevoeliger voor vuil, en hun werkingsduur is afhankelijk van de mate waarin de tegels worden belast.</p>
Concentratie gevaarlijke stoffen en duurzaamheid	<p>Oude tapijttegels kunnen talloze gevaarlijke stoffen bevatten (<i>zie § Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen</i>). Het is moeilijk ze exact te bepalen zonder proefmetingen.</p> <p>De samenstelling van recentere tegels is de laatste jaren sterk verbeterd en de sector heeft verschillende labels ingevoerd die garanderen dat hun producten milieuvriendelijk zijn (bv. GUT, Blue Angel en Nordic Swan). De geleverde garanties zijn variabel (zo beperken Blue Angel en Nordic Swan het gebruik van 51 van de 59 geïdentificeerde schadelijke stoffen bij de productie van tapijttegels, terwijl het vaakst gebruikte label GUT er maar 13 bant).</p>



Beschikbaarheid

Aangezien tapijttegels aan hoge prestatienormen moeten beantwoorden in die sectoren waar ze het vaakst voorkomen (met name de brandreactie in de tertiaire en commerciële sector), worden ze er relatief weinig hergebruikt.

Hoewel fabrikanten van tapijttegels heel wat inspanningen leverden om de inzameling van gebruikte tegels te organiseren, worden deze over het algemeen niet opnieuw in omloop gebracht voor hergebruik. Ze komen eerder in de klassieke afvalverwerkingskanalen terecht (vooral de vuilnisbelt en afvalverbranding, en in mindere mate gedeeltelijke recyclage).

Doordat gebruikers vrij makkelijk een beroep kunnen doen op dit goed georganiseerde terugnamesysteem lopen de hergebruikcircuits mogelijkwerwijs grote partijen potentieel herbruikbare tegels mis.

Hoe dan ook, er zijn momenteel slechts weinig professionele handelaars in hergebruiktapijttegels, en de bestaande bedrijven bevinden zich hoofdzakelijk in Groot-Brittan-

nië. In continentaal Europa ligt de focus hoofdzakelijk op surplustapijttegels (overstocks, afgekeurde loten, etc.) en slechts beperkt op gebruikte tegels. Ook worden er heel vaak grote partijen (niet-gesorteerde) tapijttegels aangeboden op bepaalde online-platforms in Europa.

Over het algemeen hangt de beschikbaarheid af van het model en de gezochte hoeveelheden. Ter informatie:

Frequent	1 tot 100m ²
Ocasioneel	200 tot 500m ²
Zelden	> 500m ²

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittan- nië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren volgens het model, de staat en de beschikbare hoeveelheid. Over het algemeen moet men rekenen op 3 tot 15 €/m² excl. BTW, wat ongeveer neerkomt op 30% van de nieuwprijs.

Meestal worden de tegels per partij of per vierkante meter en niet-gereinigd verkocht. De grote handelaars onderscheiden over het algemeen 3 verschillende kwaliteiten:

- Kwaliteit A of 'uitzicht nieuw': zonder vlekken, scheuren of verkleuringen. Alle hoeken en randen in goede staat.
- Kwaliteit B of 'uitzicht goed': lichte tekenen van vroeger gebruik zijn mogelijk.
- Kwaliteit C of 'uitzicht versleten'.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



SALVO
salvoweb.com
salvoweb.com



OPALIS
opalis.eu

In het Verenigd Koninkrijk:
<https://carpetrecyclinguk.com/find-used-carpet-tiles/>

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²
INIES-databank (FR) - Algemene informatie – soepele vloerbedekking van vasttapijt *	26,2
INIES-databank (FR) - Collectieve informatie UFTM **	9,87
INIES-databank (FR) - Collectieve informatie UFTM ***	17,4
INIES-databank (FR) - Individuele informatie - Tarkett (100% gerecycled) ****	5,35
ICE-databank (VK) - Carpet tile	13,7

* Indicatieve waarde van 1 m² soepele vloerbedekking van vasttapijt (getuft, naaldvilt, gevlokt) voor een standaardlevensduur van 10 jaar.

** (Union Française de Tapis et Moquettes): indicatieve waarde van 1 m² vloerbedekking van getufte loose-lay tapijttegels van 100% polyamidevelours en een totaal poolgewicht van minder dan 750 g/m², voor een standaardlevensduur van 10 jaar.

*** (Union Française de Tapis et Moquettes): indicatieve waarde van 1 m² vloerbedekking van getufte loose-lay tapijttegels van 100% polyamidevelours en een totaal poolgewicht van meer dan 750 g/m², voor een standaardlevensduur van 10 jaar.

**** Indicatieve waarde van 1 m² soepele vloerbedekking van vasttapijt (draad 100% gerecycled), voor een standaardlevensduur van 10 jaar.

***** Indicatieve waarde van 1 m² vloerbedekking van polyamide vasttapijt met een totaal poolgewicht gelijk aan 700 g/m².



Het hergebruik van 100 m² tapijttegels voorkomt de uitstoot van ~535 tot ~2620 kg CO₂-eq, gerelateerd aan de productie van nieuwe tegels (enkel de productiefase). Naargelang de bron komt dit overeen met een traject van ~3200 tot ~15.700 km in een kleine dieselauto.



Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Door hun synthetische samenstelling bevatten tapijttegels bijna altijd een zeker aantal stoffen die gevaarlijk zijn voor de volksgezondheid en het milieu. Besmetting bij de mens kan gebeuren door contact met de huid, inademen of inslikken en de gevolgen zijn divers: huid- en respiratoire allergenen, carcinogenen, mutagenen, risico's voor de voortplanting, hormoonontregelaars, etc. Deze giftige stoffen zijn in uiteenlopende mate schadelijk tijdens bijna alle levensfasen van het product (productie, uitvoering, gebruiksfase, onderhoud, einde levensduur, recycling, vuilnisbelt, afvalverbranding). Hoewel fabrikanten de laatste jaren aanzienlijke inspanningen hebben gedaan om gezondere producten op de markt te brengen (met name door de invoering van verschillende labels), zijn er toch nog talloze obstakels voor de ontwikkeling van 100% gezonde, ecologische en volledig recyclebare producten. Ter informatie vermelden we hier enkele gevaarlijke stoffen die in hergebruiktapijttegels kunnen voorkomen in wisselende, moeilijk te becijferen hoeveelheden:

→ Vluchtige Organische Stoffen (VOS): formaldehyde, ftalaten, etc. Deze stoffen zijn vooral schadelijk als het nieuwe product wordt geïnstalleerd of na gebruik van ongeschikte montagelijm. De VOS-uitstoot neemt met de tijd af. Recuperatietegels zijn er dus minder onderhevig aan.

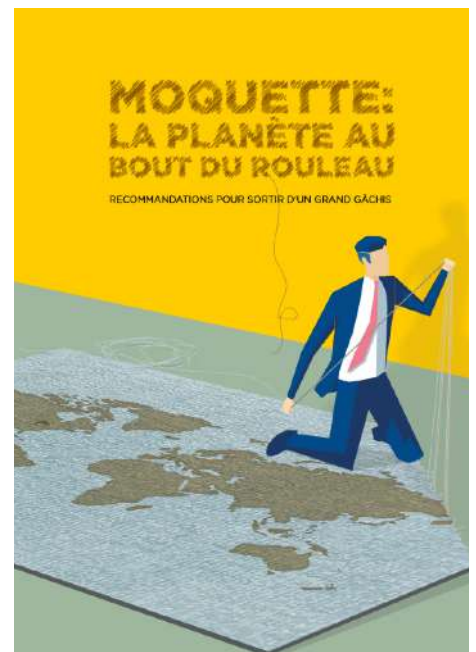
→ Toeslagstoffen voor de specifieke behandeling van tapijttegels: antibacteriële agentia, brandvertragers, vuilafstotende stoffen, antistatica etc. Deze stoffen hebben de neiging zich via de omgevingslucht (bij het schoonmaken bijvoorbeeld) en via het afvalwater te verspreiden. Afhankelijk van hun concentratie en persistentie kunnen ze op min of meer lange termijn de gezondheid van de gebruikers en het milieu aantasten.

→ Andere: zware metalen (lood, cadmium, etc.), PAK's (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen), verf- en kleurstoffen, pvc, etc.

Voor meer informatie:

- *Toxics in Carpets in the European Union*, Anthesis Consulting Group, 2018 (https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/knowledge-toxics_in_carpets_eu_review_anthesis_final_study.pdf)
- *Eliminating Toxics in Carpet: Lessons for the Future of Recycling*, Jim Vallette, Rebecca Stamm, Tom Lent, Healthy Building Network, 2017 (<https://healthy-building.net/reports/1-eliminating-toxics-in-carpet-lessons-for-the-future-of-recycling>)

Vandaag hebben de meeste tapijtfabrikanten hun productieproces aangepast en gebruiken ze gedeeltelijk materiaal dat gemaakt is van gerecycleerd afval, zoals visnetten of petflessen. Sommige bedrijven hebben ook geprobeerd om een afvalinzamelsysteem op te starten voor gebruikte tegels. Maar in de praktijk eindigen de meeste tapijttegels op een vuilnisbelt of in een afvalverbrandingsinstallatie. Door de hoge concentratie aan composietmateriaal, de eventuele aanwezigheid van giftige verbindingen en de moeilijkheid om de verschillende bestanddelen te scheiden zijn hun recyclagemogelijkheden sterk beperkt.



Avnullende lectuur (in het Frans):
Moquettes: La planète au bout du rouleau, recommandations pour sortir d'un grand gâchis, 2017, Zero Waste and Changing Markets
<https://www.zerowaste-france.org/wp-content/uploads/2018/03/rapport-moquette-zwfrance.pdf>

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het materiaal

Natuurstenen vloertegels (verder ook ‘tegels’ genoemd) zijn modulaire vloerelementen die zowel binnen als buiten worden gebruikt. Deze fiche behandelt de elementen die in België dikwijls ook als ‘dallen’ omschreven worden (naar het Franse ‘dalles’). Deze tegels zijn enerzijds dunner dan kasseien, maar anderzijds groter en dikwijls dikker dan de typische keramische of cementtegels. Ze bestaan in allerlei soorten. Lange tijd werden ze volgens traditionele technieken met de hand gehouwen met een puntbeitel, een steenbeitel en een houten hamer. Deze oude tegels zijn te herkennen aan hun grotere dikte en onregelmatige randen. Ze werden geleidelijk vervangen door gestandaardiseerde elementen die machinaal worden verzaagd en steeds dunner en regelmatiger werden.

Net als bij andere materialen in natuursteen is het hergebruik van natuursteentegels een betrekkelijk gangbare praktijk. Er zijn heel wat bedrijven die gespecialiseerd zijn in de recuperatie en verkoop van dit materiaal. Het aanbod van hergebruikttegels is stabiel, hoewel de grootte van de partijen sterk kan verschillen (van enkele tientallen tot enkele honderden vierkante meters).

Deze fiche focust zich vooral op het gebruik van natuursteentegels voor binnen- en buitenvloeren.

Op de hergebruikmarkt is er een grote verscheidenheid aan tegelmodellen te vinden. Deze zijn vaak een afspiegeling van historische regionale bijzonderheden. Ze kunnen onderscheiden worden aan de hand van de volgende eigenschappen:

→ **Formaat:**

- Vierkante of rechthoekige tegels met afmetingen tot 1 meter per zijde.

- Kerktegels van kalksteen. Dit zijn oude tegels van verschillende grootte met een vierkant of rechthoekig formaat. Ze hebben een gladde bovenkant, een zeer onregelmatige onderkant en zijn enorm dik (~15 cm).
- Tegels van Bourgondische steen. Dit zijn grote, dikke tegels van oude gebouwen die veel voorkomen op de Franse markt. De typische uitvoering bestaat erin rechthoeken van verschillende grootte te combineren.

- Stukken ‘gebroken’ tegels, die meestal in opus incertum worden gelegd.

→ **Geologische herkomst.** Voor de vervaardiging van tegels werden vele steensoorten gebruikt. De meest voorkomende op de hergebruikmarkt zijn onder andere graniet, marmer, zandsteen, leisteen, blauwe hardsteen en witte kalksteen, in al hun lokale variaties. Er zijn ook tegels van porfier, basalt, gneis, travertijn en andere gesteenten.



Wit Carrara-marmer



Zwart marmer



Zandsteen © London Reclaimed Brick Merchants Ltd



Graniet



Belgische blauwe hardsteen



Leisteen © Stax Reclamation



Oude Bourgondische tegels © authentic.fr



Oude kerktegels in blauwe hardsteen (BE)
© Sophie Boone



Mengeling van vierkante tegels van York-zandsteen en ‘gebroken’ tegels in Opus Incertum gelegd, Holland Park, Londen (UK) © Thornton Kay/Salvo



→ **Afmetingen.** Meestal hebben de hergebruikte tegels een breedte en lengte tussen 30 en 100 cm en een dikte tussen 2 en 15 cm. Maar er worden dikwijls ook elementen aangetroffen met meer specifieke afmetingen.

→ **Uitzicht.** De verscheidenheid aan gesteenten resulteert in een breed kleurenpalet, zelfs binnen eenzelfde steensoort: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De insluitsels van de stenen worden aangeduid met specifieke benamingen: aders, korrels, lagen, vlammen, vlekken, etc.

Behalve door het gesteente wordt het uitzicht van hergebruikte tegels ook bepaald door de wijze waarop ze oorspronkelijk werden vervaardigd (gekliefd, gezaagd) en afgewerkt (vlammen, zandstralen, gritstralen, punthameren, polijsten, etc.). Meestal is de onderkant van de tegels veel grover van textuur. Na verloop van tijd verandert hun uitzicht ook onder de gebruiksbelasting: verzachting, polijsting van het zichtvlak, donkere verkleuring, afronding van de randen, verf-, mortel- of bitumenresten aan de onderkant, groei van organismen (algen, mos, korstmoss, ...), etc.

→ **Plaatsing.** Verschillende methodes zijn mogelijk:

- plaatsing op een zachte ondergrond (zand, aarde, etc.);
- plaatsing op tegeldragert;
- plaatsing in een mortelbed: gips, kalkmortel, bastaardmortel of cementmortel;
- gelijmde plaatsing: lijm-mortel.

→ **Oorspronkelijk voegwerk.** De mortelvoeg vult de ruimte tussen de stenen met een bindmiddel. De keuze van de voegen en hun dikte wordt bepaald door de plaatsingsmethode, de plaats van de tegels, de steensoort en de regelmatigheid van de tegelranden. De tegels kunnen ook zonder mortel worden gelegd, waardoor ze gemakkelijker te recupereren zijn. Als de tegels met de randen tegen elkaar worden gelegd, spreken we van een droge voeg of dunne voeg. Ook soepele voegen (zand, grindzand, aarde, etc.) zijn mogelijk.



Tegels op zand © Perrine Henault, [Atelier NOUS](#)



Tegels op tegeldragert © [agence mentpierres.com](#)



Tegels in een mortelbed



Gelijmde tegels © [stonenaturelle.fr](#)



Hergebruikte tegels uit natuursteen, op de weg naar de Akropolis in Athene (GR), 1930. Pikionis © Mayte Piera



Recuperatie van het materiaal

Natuursteentegels zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij ter plaatse, hetzij via de professionele hergebruikhandelaars. Deze kunnen ook hele partijen gebruiksklare tegels leveren. Ze kunnen doorgaans verzekeren dat de volgende handelingen correct worden uitgevoerd:

→ *Demontagetests* (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan, en kunnen eventueel worden aangevuld met reinigingstesten (voor mortel- en voegresten). Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij meestal inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. Voor tegels zijn de aandachtspunten onder andere:

- de algemene staat van de partij en de plaatsingsmethode: staat van de steen, formaten, dikten en afmetingen, aard van het legbed, kenmerken van de voegen, etc.
- de commerciële waarde, afhankelijk van het model, de beschikbare hoeveelheid, het verkooppotentieel, de specifieke regionale kenmerken, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ *Demontage*. Een zorgvuldige demontage is erop gericht om de integriteit van de tegels en een zekere homogeniteit van de partijen te garanderen. Dit is zeer gemakkelijk als de tegels op tegel dragers zijn geplaatst en relatief gemakkelijk bij een geringe hechtsterkte tussen het legbed en de tegels. Dit geldt met name bij een plaatsing in een vol kalkmortelbed of op gestabiliseerd zand. De demontage zal echter moeilijker zijn wanneer de tegels gelijmd zijn of zijn vastgezet met cementmortel (wat ook het schoonmaken zal bemoeilijken). Om tijdens de demontage het risico op beschadiging te beperken wordt aangeraden de spanningen in de tegels te verminderen door eerst twee (loodrechte) zijden van de los te maken tegels vrij te maken. Dit houdt meestal in dat de niet-vrije tegels die zich aan de rand van de ruimte bevinden worden gebroken. Ook het soort voeg beïnvloedt het gemak waarmee de tegels kunnen worden gerecupereerd en gereinigd. Zo leiden epoxyvoegen vaak tot schade bij demontage. Om beschadigingen tot een minimum te beperken kan het nuttig zijn de voegen vooraf open te maken met geschikte werktuigen (bv. diamantzaag op rail, water onder druk,

etc.) en gebruik te maken van geschikte hulpmiddelen om afschilfering te voorkomen.

→ *Sortering en reiniging*. Tegels van eenzelfde vloerbedekking kunnen een verschillende slijtagegraad vertonen naargelang hun plaats in de ruimte. Daarom is het nuttig ze bij demontage te sorteren, bijvoorbeeld volgens kwaliteit, kleur, afmetingen of zelfs volgens mate van vervuiling. Tegels die gebarsten zijn of grote gebreken vertonen, worden afgekeurd. Om resten van het legbed, voegmiddelen, etc. te verwijderen volstaat het meestal de elementen te reinigen met water, de resten af te schrapen met een geschikt mes, of ze machinaal af te schuren (bv. met een slijpmachine).

→ *Opslag en verpakking*. Tegels worden meestal buiten opgeslagen, waarbij ze op hun smalle kant in houten kisten worden geplaatst of horizontaal met spanbanden op pallets worden vastgezet. Afhankelijk van de breekbaarheid van de tegels worden overdekt opgeslagen, waarbij contact met de grond moet worden vermeden en eventueel een bescherming tegen vorst moet worden voorzien. Idealiter worden er telkens af-

standhouders tussen de platen geplaatst om het risico op beschadiging te beperken. Deze houten latten moeten onbehandeld, goed droog, en vrij van looistoffen zijn, die vlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Ook metalen spanbanden moeten worden vermeden omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Bij de verpakking moet rekening worden gehouden met de aanzienlijke massa van de elementen. Er moeten ook passende transport- en hefmidde len worden voorzien.

Ontwerptip!

Over het algemeen worden hergebruikte tegels slechts in één dimensie gezaagd (dikte, lengte of breedte) om de kosten te beperken. Wanneer de toepassing het toelaat zijn onbewerkte tegels de meest voordelige oplossing. Maar een uitzondering op deze regel zijn tegels die in de dikte worden gezaagd. Op deze manier wordt namelijk met een betrekkelijk eenvoudige bewerking de beschikbare hoeveelheid materiaal verdubbeld! Het projectteam dient evenwel na te gaan of de verzaagde elementen effectief voldoen aan de gebruikseisen, met name wat de buigsterkte betreft (aangezien deze eigenschap samenhangt met de dikte).



'Breken' van een eerste rij tegels



Doorzagen van de voegen



Losmaken van de tegels



Losmaken van de tegels



Sorteren van de tegels



Laden en vervoeren van de tegels



Opslag op de smalle kant in houten kisten



Opslag op pallet



Opslag op pallet met spanbanden, zichtvlak tegen zichtvlak © De Opkamer

→ **Bewerkingen.** Sommige platen kunnen reeds na een basisreiniging worden hergebruikt, terwijl andere bijkomende bewerkingen vereisen, zoals:

- **Zagen:** dit kan nodig zijn om de zijkanten vlak te maken of tegels van gelijke afmetingen te verkrijgen. Zeer dikke tegels (> 10 cm), zoals Bourgondische tegels, kunnen ook in de dikte worden gezaagd. De bovenkant, met het originele patina, wordt voor een hoge prijs verkocht, terwijl de onderkant doorgaans veel minder kost.
- **Grondige reiniging:** bij sommige poreuzere stenen kan het dagvlak vlekken vertonen of tijdens het gebruik verkleurd zijn ten gevolge van luchtverontreiniging, het beloop van de gebruikers of door mosvorming. Het is niet altijd mogelijk deze stenen in hun oorspronkelijke staat te herstellen. Dit hangt af van de diepte van de aantasting, wat afhankelijk is van het soort vervuiling en de steensoort. Het is raadzaam contact op te nemen met een specialist om na te vragen welke producten compatibel en welke behandelingsmethoden geschikt zijn. Verschillende technieken zijn mogelijk: polijsten met water (bij verschillende druk en temperatuur), gebruik van chemicaliën (oxaalzuur, fluorsilicaat, glansmiddelen), mechanische reiniging (schuren, glanzen, hydropneumatische stralen, fijnstralen, microschuren, etc.) en zelfs, in zeer speciale gevallen, het gebruik van laser, latex of cataplasma's.

De keuze van een geschikte reinigingstechniek zal voornamelijk afhangen van de volgende aspecten: aard en hardheid van de steen, fijnheid van de korrel en andere aspecten van het oppervlak, aanwezigheid van aantasting, soort en graad van vervuiling en het gewenste resultaat

- **Afwerking:** het komt zelden voor dat recuperatietegels in het atelier een oppervlakbehandeling krijgen. Meestal wil men namelijk het patina behouden. Maar om aan eventuele eisen te voldoen (een homogeen lot, een ruw uitzicht, etc.) zijn er ver-

schillende afwerkingstechnieken mogelijk, afhankelijk van de aard van de steen en de verwachte prestaties: punthameren, zandstralen, vlammen, gritstralen, bikken, etc. Het soort afwerking wordt aangeduid met specifieke termen naargelang de betreffende steensoort.

Deze verschillende bewerkingen kunnen door gespecialiseerde handelaars worden uitgevoerd in hun eigen werkplaatsen. Ze kunnen ook ter plaatse worden overwogen, als de werflogistiek dit toelaat.

De gebruiksklare tegels worden gegroepeerd in homogene partijen. Ze worden per m² of per ton verkocht. De meeste leveranciers kunnen informatie geven over hun voornaamste kenmerken: steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, geschikte toepassingen en in sommige gevallen hun herkomst.



Verwijderen van mortelresten op de rand met behulp van een slijpmachine



Verzagen van stenen elementen



Verwijderen van mortelresten met behulp van een pneumatische beitel © De Opkamer



Punthameren van tegels



Dikkere en onregelmatige onderste helft



Gladde en regelmatige bovenste helft



Toepassingen en plaatsing

Hergebruikte tegels worden voornamelijk gebruikt als modulaire elementen voor binnen- en buitenvloeren. Ze worden meestal alleen gebruikt voor toepassingen met een matige belasting: als binnenvloer of terras; of voor voetgangerszones, pleinen, boulevards, fietspaden of pleinen met weinig autoverkeer (de minst belastende verkeerscategorie). Hun weerstand tegen mechanische belastingen hangt grotendeels af van hun formaat: hoe compacter hun afmetingen (bijna zoals een kassei), hoe beter hun buigsterkte. Deze fiche heeft betrekking op natuurstenen die oorspronkelijk als tegel gebruikt werden en als dusdanig worden hergebruikt. Maar andere toepassingen zijn uiteraard ook mogelijk (zie bijvoorbeeld de fiche over natuurstenen platen voor muurbekledingen).

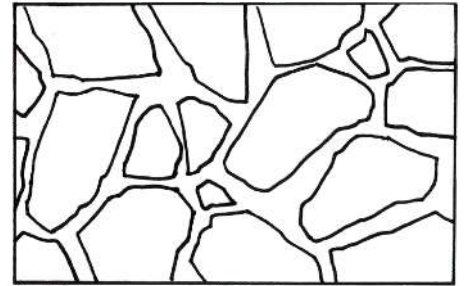
De keuze voor een bepaalde soort tegel hangt af van de beoogde toepassing (binnen, buiten, verkeersdrukte, etc.). Omgekeerd zijn de hergebruiksmogelijkheden van een bepaalde partij afhankelijk van de intrinsieke eigenschappen van de elementen. Eventueel kunnen door specifieke bewerkingen (verzagen, afwerking, etc.) de kenmerken van de tegels worden aangepast aan de nieuwe toepassing (bv. wat betreft ruwheid, onderhoudsgemak, oppervlaktekwaliteit, etc.). Ook de methode en de kwaliteit van de plaatsing spelen een belangrijke rol om aan de gebruikseisen te voldoen.

De aandachtspunten voor de plaatsing van hergebruikte tegels verschillen niet fundamenteel van die voor nieuwe tegels. Er moet altijd rekening gehouden worden met de nationale en Europese productnormen (met name de Europese norm voor natuursteentegels voor buitenbestrating EN 1341 en de norm voor natuursteentegels voor vloeren en trappen EN 12058), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Opmerking: sommige lokale referentiegidsen over de plaatsing van natuursteentegels bespreken reeds hergebruikte tegels (bv. 'Qualiroute', het typebestek van het Waals Gewest in België).

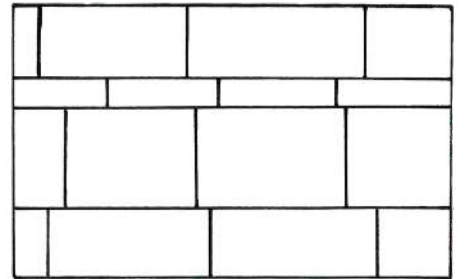
Bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij hergebruikte tegels kunnen de volgende kenmerken worden beschreven en gespecificeerd:

→ **Samenstelling van de partij.** De partij hergebruikte tegels bestaat uit elementen van hetzelfde formaat (vierkant, rechthoekig, onregelmatig, etc.), dezelfde geologische aard en eventueel zelfs dezelfde oorspronkelijke toepassing en/of regio van herkomst (binnentoepassing, vorstgevoelig gebied, etc.). Het is raadzaam om een aaneengesloten oppervlakte te bekleden met elementen van eenzelfde lot. Voor minder veeleisende toepassingen kunnen ook gemengde partijen gebruikt worden.

→ **Formaat.** Naargelang de plaatsing gelden er strenge of minder strenge eisen omtrent de dimensionale stabiliteit (zelfde afmetingen en zelfde dikte). Terwijl sommige speciale formaten (bv. tegels met cabochons) een aangepast legpatroon vereisen, zijn andere elementen uitermate geschikt voor meer onregelmatige verbanden. Bijvoorbeeld:



Opus incertum. Dit verband maakt het mogelijk met willekeurige stukken van gebroken tegels te werken.



Plaatsing met vrije lengte en variabele breedte. Dit verband maakt het mogelijk om per strook met elementen met eenzelfde breedte en variabele lengte te werken.

→ **Kleur.** Natuurstenen vertonen van nature een grote verscheidenheid aan kleuren en uiterlijke kenmerken. Afhankelijk van de toepassing (bv. in de context van een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk worden gespecificeerd door een algemene tint of een bepaalde kleur op te geven. Tijdens de plaatsing moeten stenen van verschillende pallets worden gemengd om een homogene vloer te verkrijgen.



Voorbeeld van een legpatroon voor een vloer die marmeren tegels en platen van verschillende afmetingen combineert © Rotor

Denk omkeerbaar!

Sommige plaatsingsmethoden maken het moeilijk of zelfs onmogelijk om de tegels later te recupereren. Dit is met name het geval wanneer de tegels worden verlijmd (minerale bindmiddelen, synthetische toeslagstoffen en kunstharsen) of vastgezet met cementmortel. Waar mogelijk en bij vergelijkbare prestaties wordt best de voorkeur gegeven aan een plaatsing op een zachte ondergrond (legbed en voegen van zand, van gestabiliseerd zand of op basis van een bitumenemulsie) of een plaatsing met kalk- of bastaaadmortel.

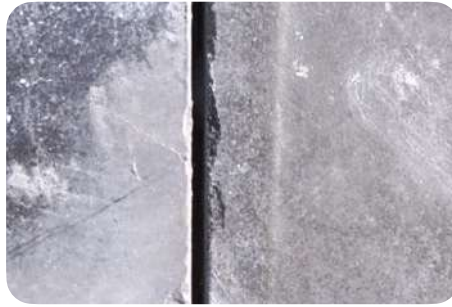


→ **Staat.** Behalve mortel-, verf- en bitumenresten, kunnen hergebruikte tegels ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, afschilfering, kleine barstjes, kraters, krassen, vlekken, mosresten, etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de natuursteenplaten, evenals op hun plaatsing; maar ze vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik, behalve voor zeer specifieke toepassingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').

De partij mag echter geen elementen bevatten met beschadigingen die de structurele integriteit van het element kunnen aantasten (o.a. zichtbare stylolietvoegen bij kalkgesteenten, diepe barsten, etc.). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing te specificeren van bepaalde gebreken, zoals:



Mos- en algenresten



Afschilfering van de rand



Afgebroken hoek



Krassen



Resten van het legbed



Diepe barst



Oppervlakkige barstjes



Stylolietvoeg

→ **Afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) eisen en de steensoort moet worden beschreven hoe het zichtvlak er moet uitzien (onbewerkt, gezaagd, gepunthamerd, gegritstraald, gevlamd, gepolijst, verzoet, etc.), en kan worden gespecificeerd dat dit voor de hele partij identiek is en/of het een bepaald aandeel van het tegeloppervlak betreft.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken kunnen garanderen. Het is ook nuttig een extra benodigde hoeveelheid in rekening te brengen in het geval van hergebruik in situ. Daarnaast wordt aangeraden om een reservevoorraad tegels te voorzien voor eventuele latere herstellingen. Afhankelijk van het gekozen legpatroon zal een grotere of kleinere marge noodzakelijk zijn vanwege de hoeveelheid snijverlies (meestal tussen 5 en 10%).

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).

Ontwerptip!

Over het algemeen wordt de integratie van hergebruikstenen in een project aanzienlijk vergemakkelijkt door de volgende ontwerpstrategieën:

- een legpatroon dat platen van verschillende afmetingen toelaat, bijvoorbeeld een wildverband.
- het mengen van verschillende loten om een willekeurige verdeling van de kleurschakeringen te verkrijgen, of net het apart gebruiken van verschillende loten voor verschillende ruimtes.
- een legmethode die toelaat tegels van verschillende dikte te gebruiken. Het komt namelijk vaak voor dat de partijen hergebruikte tegels niet gekalibreerd zijn.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Wanneer de steensoort bekend is, is het meestal mogelijk de algemene eigenschappen van een lot gerecupereerde natuurstenen elementen te bepalen. Deze informatie is waardevol bij het beoordelen van hun geschiktheid voor beoogde gebruik.

Zie bijvoorbeeld: www.febenat.be; www.stonenaturelle.fr; www.pierreetsol.com; www.wtcb.be; etc.

In de volgende tabel (Tabel 1) worden ter informatie enkele bekende prestaties opgelijst van een aantal gesteentes die vaak voorkomen bij hergebruikte tegels. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen platen van eenzelfde gesteente verschillende prestaties kunnen vertonen.

De geharmoniseerde Europese norm EN 1341 omschrijft de relevante eigenschappen voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van natuursteentegels voor buitenbestrating, en de norm EN 12058 van natuursteenproducten die als vloer- en traptengels worden gebruikt. Hoewel deze eigenschappen beschreven werden voor nieuwe materialen, rechtstreeks afkomstig uit de mijnbouw en verwerkende industrie, kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van hergebruikte tegels voor binnen- en buitengebruik (Tabel 2).

Tabel 1 : Technische kenmerken van de meest gangbare steensoorten die worden gebruikt voor vloertegels

	Schijnbare volumieke massa (kg/m ³)	Buigsterkte (MPa)	Poreusheid	Slijtagegedrag
Zandsteen	2000 - 2700	3 - 14	weinig poreus (0,5 tot 25%)	goed tot zeer goed
Zachte kalksteen (bv. witte kalksteen)	< 2500	2-17	poreus (5 tot 50%)	goed
Compacte kalksteen (bv. blauwe hardsteen)	> 2500	2-17	weinig poreus (0,2 tot 5%)	goed
Graniet	2500 - 3000	8 - 25	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	zeer goed
Marmer	2600 - 2900	8 - 22	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	goed

Tabel 2 : Relevante kenmerken om de geschiktheid voor hergebruik van natuurstenen vloertegels als binnen- of buitentoepassing te beoordelen

Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	x	x	De natuursteentegels kunnen afkomstig zijn van toepassingen die gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende afkomst. Hoewel het meestal mogelijk is om de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bv. een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Zeker voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen tegels is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Geografische herkomst	x	x	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikte tegels (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de tegels gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen tegels die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan dus grotendeels opgelost worden door informatie over het oorspronkelijke gebruik van de elementen (buiten- of binnenbekleding) en/of de locatie van demontage.
Schijnbare volumieke massa en open poreusheid	x	x	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [kg/m ³] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus. De open porositeit van een steen wordt bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. De eigenschap wordt uitgedrukt in [volumepercent]. Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen directe invloed op de vorstgevoeligheid van stenen elementen (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Beide kenmerken kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over natuurstenen (zie Tabel 1). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.

Tip !

Indien de prestaties bepaald moeten worden in het laboratorium, dan moet er een representatief staal van de betreffende partij worden genomen. Het aantal en de afmetingen van de te nemen monsters zijn afhankelijk van het soort test dat moet worden uitgevoerd. Om bruikbare testresultaten te verkrijgen, moet de bemonsteringsprocedure zeer nauwgezet worden gevolgd. U kunt hierbij beroep doen op een specialist om de monsters en de uit te voeren tests te bepalen. De specialist zal er bijvoorbeeld op toezien dat de eigenschappen van verschillende monsters onder dezelfde belasting worden beoordeeld om een representatieve gemiddelde waarde te verkrijgen. De testprocedures zullen worden bepaald op basis van de oorspronkelijke en nieuwe toepassingen van de natuursteentegels.



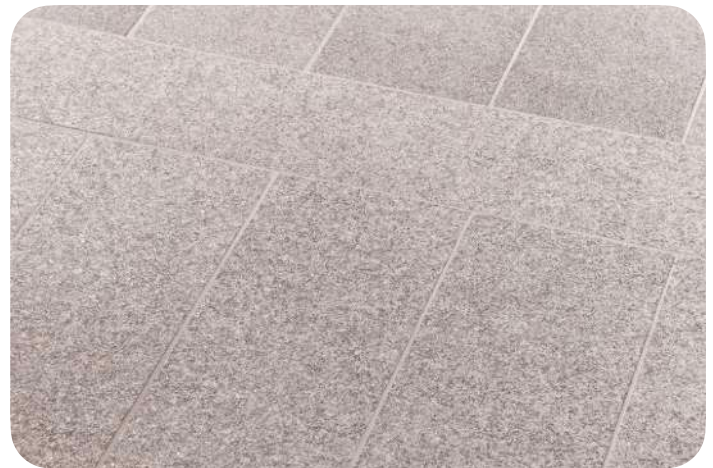
Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar																
Geometrische kenmerken	x	x	<p>Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikte tegels en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de tegels opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maat-toleranties te bepalen op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) in functie van de plaatsing, het legpatroon, de steensoort en de functionaliteit van de vloerbedekking (deze verschillende aspecten worden beschreven in norm EN 1341). Ook de eisen om-trent vlakheid en haaksheid moeten gedetailleerd worden omschreven.</p> <p>Onbewerkte hergebruikte tegels vertonen over het algemeen vormonregelmatigheden door hun oorspronkelijke vervaardiging en/of opgelopen slijtage gedurende hun vroege-gebruiksperiode.</p>																
Tactiliteit (voor slechtzienden)	x	x	<p>De tactiliteit betreft het oppervlaktereliëf van de stenen tegel. Indien nodig kan dit worden verkregen door middel van machinale bewerkingen op basis van CEN/TS 15209.</p>																
Buigsterkte	x	x	<p>De buigsterkte R_f [MPa] is een mechanische eigenschap die het vermogen van de stenen aangeeft om weerstand te bieden aan buigkrachten tijdens de gebruiksfase. Ze varieert naargelang de steensoort en wordt meestal bepaald door middel van buigproeven, zoals vastgelegd in norm EN 12372.</p> <p>Aan de hand van de buigsterkte kan de toegelaten breukbelasting [kN] van tegels in functie van hun afmetingen berekend worden volgens de volgende formule:</p> $P = \frac{R_f \times W \times t^2}{1500 \times L \times F_s} \quad \text{où} \quad P : \text{breukbelasting [kN]}$ <p style="text-align: right;"> W, L, t : breedte, lengte en dikte [mm] R_f : buigsterkte [MPa] F_s : veiligheidsfactor, meestal $F_s = 1,6$ </p> <p>De dikte is hier dus een cruciale variabele: aangezien deze kwadratisch is, kan een kleine variatie een groot verschil maken.</p> <p>Voor straattegels kunnen de geldende eisen worden samengevat in de volgende tabel:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Aanbevolen gebruik</th> <th>Breukbelasting (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>decoratie</td> <td>geen vereiste</td> </tr> <tr> <td>zones uitsluitend voor voetgangers</td> <td>> 0.75</td> </tr> <tr> <td>voetgangers- en fietszones</td> <td>> 3.5</td> </tr> <tr> <td>zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages</td> <td>> 6</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten</td> <td>> 9</td> </tr> <tr> <td>voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)</td> <td>> 14</td> </tr> <tr> <td>wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer</td> <td>> 25</td> </tr> </tbody> </table> <p>In het geval van hergebruik kan er worden aangenomen dat elementen die tijdens hun levensduur aan hoge belastingen zijn blootgesteld, aan vergelijkbare of lagere eisen zullen blijven voldoen. Een gedetailleerd onderzoek van de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden maakt het dus mogelijk de buigsterkte van gerecupereerde tegels te beoordelen zonder specifieke testmaatregelen.</p>	Aanbevolen gebruik	Breukbelasting (kN)	decoratie	geen vereiste	zones uitsluitend voor voetgangers	> 0.75	voetgangers- en fietszones	> 3.5	zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages	> 6	voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 9	voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)	> 14	wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 25
Aanbevolen gebruik	Breukbelasting (kN)																		
decoratie	geen vereiste																		
zones uitsluitend voor voetgangers	> 0.75																		
voetgangers- en fietszones	> 3.5																		
zones met occasionele toegang van lichte voertuigen, inritten van garages	> 6																		
voetgangerszones, marktplaatsen, zones occasioneel gebruikt door voertuigen voor leveringen en hulpdiensten	> 9																		
voetgangerszones, eveneens gebruikt door zwaar verkeer (bv. bussen)	> 14																		
wegen en straten voor gemotoriseerd verkeer	> 25																		
Hechtsterkte (bij verlijming)	x	x	<p>De hechtsterkte en de duurzaamheid zijn afhankelijk van verschillende belangrijke factoren: het type mortel/lijm-mortel, de te verlijmen oppervlakken, de weersomstandigheden, etc.</p>																
Directe luchtgeluidsisolatie	x		<p>Algemeen geldt dat hoe zwaarder (dikker en dichter) het materiaal is, hoe beter het isoleert, vooral tegen luchtgeluiden. Toch komt het maar zelden voor dat er een bepaalde steensoort wordt gekozen om akoestische redenen. Maar indien deze eigenschap belangrijk is, kan ze in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1936.</p>																



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Warmtegeleidbaarheid	x		De warmtegeleidbaarheid wordt gedefinieerd als de hoeveelheid warmte die per tijds- en oppervlakte-eenheid door het materiaal gaat. Dit hangt af van de holten in het materiaal. Algemeen geldt: hoe dichter de steen, hoe beter zijn warmtegeleidbaarheid. Indien deze eigenschap belangrijk is is (vloerverwarming), kan ze in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1745.
Gladheid	x	x	Deze eigenschap beïnvloedt het comfort en de veiligheid van de gebruikers, en hangt voornamelijk af van de ruwheid en de textuur van de verharding. Ze kan visueel worden beoordeeld. Hoe grover het materiaal is, hoe stroever het is. Deze eigenschap evolueert in de tijd onder invloed van de slijtage van de verharding, de aanwezigheid van vuil, het onderhoud, de helling van de vloer, de dichtheid van de voegen en het klimaat (neerslag). Een grondige beoordeling van de slipweerstand (beschreven door de proefnorm EN 14231) kan relevant zijn wanneer er sprake is van voetgangers en voertuigverkeer. De norm stelt ook dat tegels met reliëf of een gekleefd oppervlak, met onregelmatigheden van meer dan 1 mm, voldoen aan de antislipvoorschriften zonder voorafgaande testmaatregelen. In het geval van hergebruikte tegels kan een specifieke afwerkingsbehandeling worden overwogen, aangepast aan de steensoort. Bepaalde afwerkingen (bijvoorbeeld vlammen) kunnen eventueel nog na de plaatsing aangebracht worden om zo aan de geldende voorschriften te voldoen.
Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)		x	Voor buitentoepassingen moeten natuursteenelementen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht of hun mechanische eigenschappen worden aangetast. De herkomst en de staat van een partij tegels kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude tegels afkomstig van buitentoepassingen hebben tijdens hun eerste gebruiksfase meer vorst-dooicycli doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld (EN 12371). Daarom is het belangrijk de geografische oorsprong en de oorspronkelijke klimatologische omstandigheden van een lot te kennen (bv. een partij afkomstig uit Noord-Europa zal waarschijnlijk geschikt zijn voor een toepassing in het mediterrane klimaat van Zuid-Frankrijk). Doorgaans zijn de minst sterke tegels die vorstschade hebben opgelopen al afgevoerd tijdens de sorteer- en reinigingsfase.
Thermische vervorming	x	x	Natuursteen is onderhevig aan maatschommelingen onder invloed van de temperatuur. Deze vervorming wordt uitgedrukt door de warmte-uitzettingscoëfficiënt in [mm/mK]. Bij tegels die onderhevig zijn aan grote temperatuurverschillen (buitenvloer, vloer in contact met een vloerverwarming, etc.), kan het aangewezen zijn de waarde ervan te bepalen (EN 14581: 2005) om de uitzettingsvoegen te dimensioneren. Bij sommige marmersoorten en, in mindere mate, sommige granietsoorten kan de anisotrope thermische uitzetting van de steen een granulaire decohesie veroorzaken, waardoor de tegels aanzienlijk kunnen vervormen.
Impactweerstand	x	x	De weerstand van een natuursteentegel tegen de impact van een hard lichaam hangt af van de eigenschappen van de steen, maar ook van de plaatsingsmethode en de ondergrond. De proefmethode die wordt beschreven in EN 14158: 2004 bestaat erin dat men een stalen kogel op het geplaatste element laat vallen onder de werkelijke gebruiksomstandigheden. Indien mogelijk kan men zich ook baseren op de staat van de nog niet gedemonteerde tegels. Als veel tegels in eenzelfde ruimte gebroken zijn, kan worden aangenomen dat zelfs de intacte tegels wellicht ook zullen breken. Het is in dat geval aangewezen niet tot een demontage over te gaan zonder deze informatie goed te bewaren.
Slijtvastheid	x	x	Dit duurzaamheidskenmerk is afhankelijk van de steensoort, de intensiteit en de aard van het verkeer, de aanwezigheid van schurende deeltjes en het onderhoud. Hoewel deze eigenschap nauwkeurig kan worden beoordeeld aan de hand van een proefnorm (EN 14157 - Capon-proef), kunnen we ons voor hergebruikte tegels ook baseren op de wijze waarop ze de belasting bij hun eerste gebruik hebben doorstaan. Over het algemeen zijn graniet en porfier geschikt voor zware belastingen en beter bestand tegen slijtage dan zandsteen en kalksteen.



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
Vlekgevoeligheid	x	x	<p>Bij de beoordeling van deze eigenschap wordt een onderscheid gemaakt tussen de 'interne' vlekvorming door de reactie van bepaalde bestanddelen die in de natuursteen aanwezig zijn (metaalhoudende mineralen of organische stoffen die aanwezig zijn in de steen) en de 'externe' vlekvorming door contact met een product dat vlekken maakt.</p> <p>Inwendige verkleuring is in de eerste plaats een esthetische kwestie en het is dan ook aan het projectteam om te bepalen welke wijzigingen van het uitzicht aanvaardbaar zijn voor het beoogde gebruik.</p> <p>De vlekgevoeligheid houdt rechtstreeks verband met de poreusheid van de steen. Hoe hoger de poreusheid, hoe makkelijker de steen vloeistoffen (en dus verontreiniging) absorbeert en hoe gevoeliger hij is voor vlekken. Een poreusheid lager dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te doen afnemen. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het zichtvlak van de hergebruikelementen voor hun eventuele bewerking. Er bestaan oppervlaktebehandelingen om deze prestatie te verbeteren.</p>
Brandreactie	x		<p>Overeenkomstig de Beschikking 96/603/EG van de Commissie wordt natuursteen beschouwd als behorend tot brandreactieklasse A1 (zie EN 12 058 voor de uitzonderingen). Let echter op met het gebruik van vulkitten, die een invloed kunnen hebben op deze pres-</p>



Hergebruiktegels uit Italiaans gevlamd graniet. Zonnige Kempen, Westerlo, (BE). © Rotor



Hergebruiktegels uit graniet en Henegouwse steen in verschillende afmetingen en vormen, afkomstig uit de opslagplaats van de stad Parijs. Square de la biodiversité, Parijs (FR)
© Perrine Henault, Atelier NOUS



Beschikbaarheid

De hergebruikmarkt voor natuursteentegels is vrij goed ontwikkeld. De grootte van de partijen varieert echter sterk per aanbod, van enkele tientallen tot enkele honderden vierkante meters. Voor grote bestellingen (enkele honderden vierkante meters) is het verstandig al vroegtijdig navraag te doen bij professionele leveranciers.

Richtprijzen (excl. btw)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de Noordwest-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze verschillen naargelang het formaat, de afmetingen en de steensoort, maar ook naargelang de gewenste mate van sortering en reiniging.

- Tegels van zandsteen ≈ 50-150 €/m²
- Tegels van blauwe hardsteen ≈ 100-150 €/m²
- Tegels van leisteen ≈ 50-200 €/m²
- Tegels van witte kalksteen ≈ 120 - 300 €/m²
- Stukken van gebroken tegels ≈ 10-30 €/m²

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Granietplaten *	31,8	0,6
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Marmerplaten *	16,3	0,3
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Kalksteenplaten *	14,9	0,3

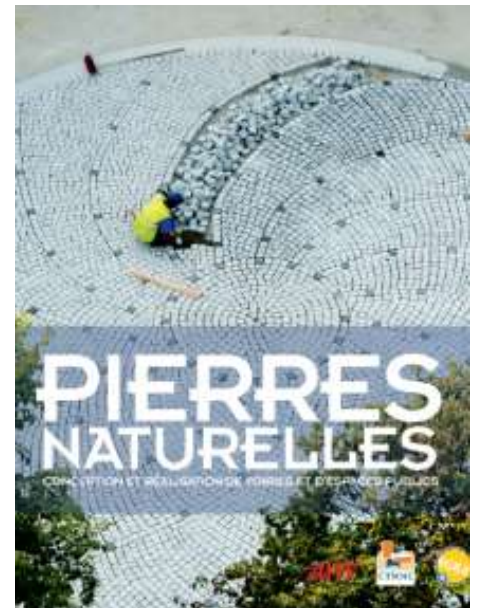
* Indicatieve waarde voor een gevelbekleding van 1 m², met een dikte van 2 cm en een oppervlakttemassa van 52 kg/m²



Naargelang de bron en de steensoort voorkomt het hergebruik van 100 m² natuurstenentegels de uitstoot van ~ 1 492 tot ~ 3 175 kg CO₂-eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tabletten (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 9 000 tot ~ 19 000 km in een kleine dieselauto.



Hergebruikt van gepolijste Belgische blauwe hardsteen in Maison Vignette. Maison Vignette, Oudergem (BE). Archi : Karbon' architecture & Urbanisme © Giulia Frigerio



Pierres naturelles - Conception et réalisation de voiries et d'espaces (2019), RGRA, 440 p., (in het Frans). ISBN : 978-2-913414-52-5

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

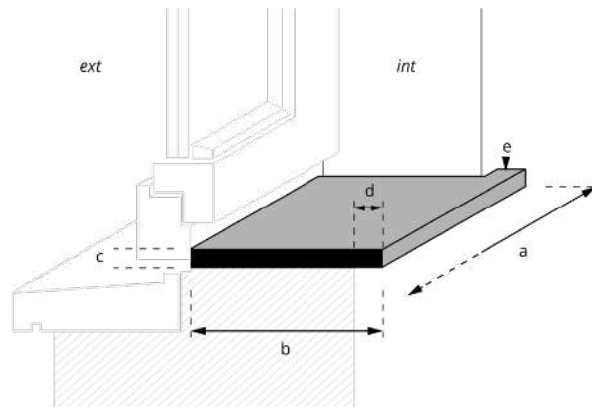


Beschrijving van het materiaal

Tabletten zijn tamelijk dunne en langwerpige platen van natuursteen, die doorgaans op een horizontaal vlak worden geplaatst. Ze worden meestal geplaatst onder vensteropeningen (Figuur 1), op sommige schoorstenen (Figuur 2) of boven radiators.

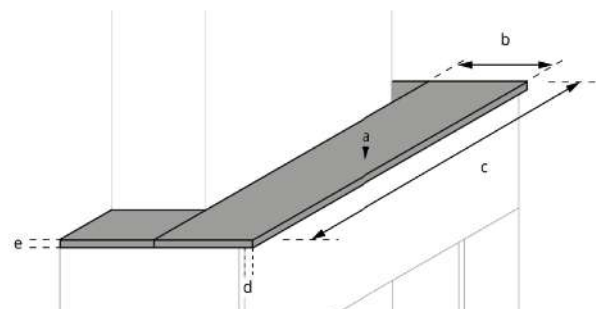
Net als andere materialen uit natuursteen zijn tabletten interessant voor hergebruik: ze zijn relatief sterk, zijn mooi afgewerkt en lenen zich voor tal van bewerkingen. Men vindt deze elementen bij sommige hergebruikhandelaars of op tweedehandswebsites. De voorraden zijn tamelijk wisselend.

Op zich is het mogelijk om deze tabletten voor andere dan hun oorspronkelijke toepassing te gebruiken, bijvoorbeeld als muurafwerking (zie de fiche over natuurstenen platen voor muurbekledingen).



Figuur 1. Geometrie van stenen vensterbanken

- a. Lengte van het tablet
- b. Breedte van het tablet
- c. Dikte van het tablet ~2 cm
- d. Boord
- e. Oor



Figuur 2. Geometrie van stenen schouwtabletten

- a. Schouwtablet
- b. Breedte van het tablet
- c. Lengte van het tablet
- d. Boord
- e. Dikte van het tablet ~2 cm



Marmeren vensterbank



Marmeren schouwtablet



Radiatortablet

Hergebruiktabletten bestaan in vele variaties. Die variaties hebben met name betrekking op de volgende kenmerken:

→ **Geologische herkomst.** Voor de vervaardiging van tabletten worden vele soorten gesteenten gebruikt. De meest voorkomende zijn marmer, graniet, blauwe hardsteen en leisteen, in al hun lokale variaties.

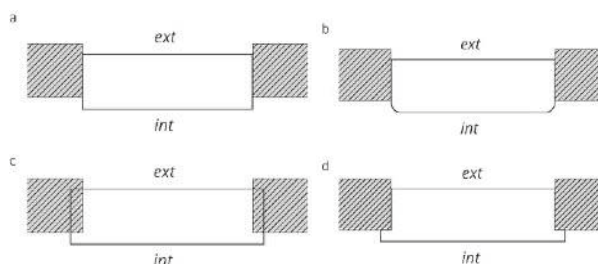
→ **Afmetingen.** Meestal hebben de hergebruiktabletten een verschillende lengte, een breedte tussen 10 en 50 cm en tamelijk geringe diktes van ongeveer 2 tot 5 cm. Andere afmetingen zijn ook mogelijk.

→ **Profielen.** Tabletten bestaan in verschillende profielen (Figuur 3). De verschillen kunnen zich situeren in de hoeken (recht, afgerond, met uitgezaagde hoeken) en de randen (recht, afgeschuind, afgerond, etc.). De rechthoekige formaten zijn evenwel het meest gangbaar.

→ **Bevestigingen.** Er zijn verschillende bevestigingsmethoden, die soms worden gecombineerd: inklemming, verankering, vastmetsetlen met mortel of pleister, etc.

- Venstertabletten kunnen in het metselwerk worden ingewerkt of simpelweg in de muuropening worden geplaatst.
- Schouwtabletten worden in de schoorsteenmantel verankerd en/of op de ondergrond bevestigd.

Over het algemeen steken tabletten een beetje uit (ze hebben een 'uitkraging') buiten de dikte van de muur of schouw.



Figuur 3. Veelvoorkomende vensterbankprofielen

- a. Rechthoekige vensterbank 'vrij' in de muuropening geplaatst
- b. Vensterbank met afgeronde hoeken, 'vrij' geplaatst
- c. Vensterbank ingewerkt in het metselwerk
- d. Vensterbank 'vrij' geplaatst, met uitgezaagde hoeken of 'oren'



→ *Uitzicht.* De diversiteit van de gesteenten resulteert in een breed kleurenpalet: zwart, grijs, beige, oker, bruin, roze, rood, etc. Er is erg veel variatie! De insluitsels van de stenen worden aangeduid met specifieke benamingen (aders, korrels, vlammen, vlekken, etc.).

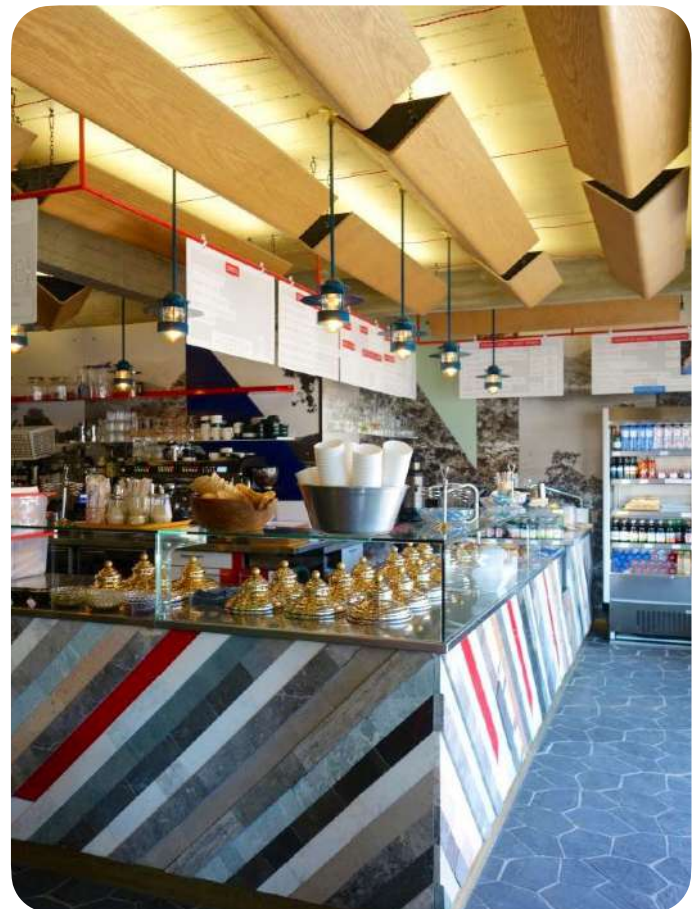
→ *Textuur en afwerking.* Doorgaans worden gladde afwerkingen (verzoete of gepolijste steen) gebruikt om het onderhoud te vergemakkelijken.



Variatie in kleur en adering van de stenen tabletten



Muurbekleding van hergebruik vensterbanken (BE).
 © Manu Gryson architecten



Hergebruik van natuurstenen tabletten, bekleding van de toonbank bij ijssalon Glacier Gaston, Brussels (BE). Interieur door Lionel Jadot.



Recuperatie van het materiaal

Tabletten in goede staat zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij ter plaatse, hetzij via de professionele hergebruikmarkt. Deze bedrijven zijn doorgaans in staat ervoor te zorgen dat de volgende handelingen goed worden uitgevoerd:

→ *Demontagetests* (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of op basis van foto's, plannen en historische documenten. Aandachtspunten zijn onder meer:

- de algemene staat van de partij en de plaatsingsmethode: staat van de steen, formaten en afmetingen, aard van het legbed, kenmerken van de voegen, wijze van hechting en inklemming, bevestiging van het raamkader, etc.
- de commerciële waarde, afhankelijk van de steensoort, periode, stijl, hoeveelheid, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ *Demontage*. Een zorgvuldige demontage is erop gericht de veiligheid van de werknemers en de integriteit van de elementen te waarborgen. Het risico op beschadiging is groot aangezien tabletten dun zijn en gewoonlijk gelijmd en/of ingewerkt. Het verliespercentage hangt sterk af van de steensoort, de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden, de plaatsingsmethode (zie Figuur 3), de dikte van de platen en de precisie van de demontage:

- als de vensterbanken 'vrij' geplaatst zijn ligt het recuperatiepercentage rond de 75%;
- als de tabletten ingeklemd zijn in het metselwerk of onder het raamkader bedraagt het verwachte recuperatiepercentage ongeveer 50%.

Het demonteren van een **vensterbank** verloopt volgens de volgende stappen:

- Snijd de kitvoeg tussen het raam en de vensterbank los met een snijmes.
- Maak de ingewerkte uiteinden vrij: breek de bepleistering, kleine metselwerkelementen en eventuele metalen profielen uit.
- Gebruik een hefboom om het tablet los te wrikken van zijn horizontale ondergrond, maar let erop niet te veel kracht te zetten om te voorkomen dat het element breekt.
- Schuif het tablet horizontaal om het te verwijderen. Dit kan lastig zijn, afhankelijk van hoe stijf het raamkader is, de steensoort, etc. Het is overigens makkelijker het tablet te recupereren als men de andere elementen niet wil behouden. Anders wordt aangeraden eerst het raam te recupereren alvorens het tablet te demonteren.

De werkwijze voor een zorgvuldige demontage is gelijkaardig bij **schouwtabletten**. De ingewerkte randen worden vrijgemaakt alvorens het tablet wordt losgewrikt met een hefboom. Ook de andere stenen bekledings-elementen van de schoorsteenmantel kunnen worden gerecupereerd. De meestal marmeren platen passen in elkaar, of zijn vastgezet met koperen haken en met gips aan de ondergrond verlijmd. Bij de demontage moet rekening worden gehouden met de richting waarin de elementen in elkaar zijn gepast. Dit betekent meestal dat aan de bovenkant moet worden begonnen.

Radiatortabletten worden heel vaak op hun plaats gehouden door metalen beslag en kunnen gemakkelijk worden verwijderd.



Vrijmaken van de uiteinden van het tablet



Vrijmaken van de uiteinden van het tablet



Gerecupereerde elementen

Gevaarlijke stoffen

Soms kunnen de tabletten in contact zijn geweest met gevaarlijke stoffen, zoals **asbesthoudende raamdichtingen** of andere elementen. In dat geval kan de demontage pas plaatsvinden nadat het asbest is verwijderd.



Zwart marmeren schouw



Demontage van een schoorsteenmantel



Gedemonteerde elementen



→ **Schoonmaken en sorteren.** De tabletten worden gesorteerd volgens kwaliteit, kleur, grootte en mate van reiniging. Pleister- of mortelresten kunnen eventueel worden verwijderd met een borstel en water; kitresten kunnen worden afgeschrapt met een geschikt mes, waarbij opgelet moet worden het oppervlak niet te bekrassen. Er bestaan producten om kleine barstjes en breuken te repareren (minerale mortel, stenen inzetstukken, etc.). Deze kunnen worden overwogen voor beschadigde tabletten.

→ **Bewerkingen.** In de meeste gevallen kunnen de stenen tabletten na een eenvoudige reiniging als dusdanig worden hergebruikt. In sommige gevallen kunnen aanvullende bewerkingen op het materiaal worden overwogen. Bijvoorbeeld:

- **Zagen:** de tabletten kunnen worden verzaagd om hun afmetingen gelijk te maken en zodoende hun hergebruik te vergemakkelijken.
- **Reiniging en afwerking:** bij sommige poreuzere stenen kan het zichtbare oppervlak vlekken vertonen of verkleurd zijn ten gevolge van luchtverontreiniging of mosvorming. Het is niet altijd mogelijk deze in hun oorspronkelijke staat te herstellen. Dit hangt af van de diepte van de aantasting, wat afhankelijk is van het soort vervuiling en de steensoort. Het is raadzaam contact op te nemen met een specialist om na te vragen welke producten compatibel en welke behandelingsmethoden geschikt zijn. Verschillende technieken zijn mogelijk: nat polijsten (bij verschillende druk en temperatuur), gebruik van chemicaliën (oxaalzuur, fluorsilicaat, glansmiddelen), mechanische reiniging (schuren, glanzen, hydropneumatisch stralen, fijnstralen, microschuren, etc.) en zelfs, in zeer speciale gevallen, het gebruik van laser, latex of cataplasma's. De keuze van een geschikte reinigingstechniek zal voornamelijk afhangen van de volgende aspecten: aard en hardheid van de steen, fijnheid van de korrel en andere eigenschappen van het oppervlak, aanwezigheid van aantasting, soort en graad van vervuiling en het gewenste resultaat.

→ **Opslag en verpakking.** e tabletten worden meestal horizontaal op pallets geplaatst en met spanbanden vastgezet. Idealiter worden er telkens afstandhouders tussen de elementen geplaatst om het risico op beschadiging te beperken. Deze houten latten moeten onbehandeld, goed droog, en vrij van looistoffen zijn, die vlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Ook metalen spanbanden moeten worden vermeden omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken op de stenen. De tabletten worden best binnen opgeslagen omdat de omstandigheden buiten het oppervlak van sommige gepolijste natuurstenen kunnen aantasten en hun hergebruik kunnen bemoeilijken. Bij de verpakking moet rekening worden gehouden met de aanzienlijke massa van de elementen. Er moeten ook passende transport- en hefmiddelen worden voorzien.

Hergebruiktabletten worden meestal per partij of per stuk verkocht. De meeste leveranciers kunnen informatie geven over hun voornaamste kenmerken (steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, geschikte toepassingen) en in sommige gevallen over hun herkomst.



Verzagen van stenen elementen



Verpakking op pallet



Verticale opslag



Toepassingen en plaatsing

De tabletten kunnen worden hergebruikt in hun oorspronkelijke functie of voor andere toepassingen. Doordat de elementen zo dun zijn, kunnen ze worden gebruikt als muurbekleding, decoratieve afwerking of zelfs als werkblad.

De meeste aandachtspunten in verband met de plaatsing van gerecupereerde natuursteentabletten zijn dezelfde als die voor nieuwe tabletten, met name: de aard van de steen, de afmetingen van de elementen, de aard van het legbed, het soort voeg, de afwerking, de verzoeting van de randen, etc.

Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen, alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Bovendien moeten er adequate plaatsingsvoorschriften worden opgesteld, aangezien de verschillende mogelijke toepassingen van gerecupereerde tabletten doorgaans elk een specifieke plaatsingsmethode vereisen.

Over het algemeen kan het moeilijk zijn een partij met zeer specifieke kenmerken te vinden. Vaak is het beter om op zoek te gaan naar één of meerdere partijen ruwe hergebruiktabletten en aanvullende behandelingen en bewerkingen te overwegen. De expertise van specialisten kan in dit verband erg waardevol zijn.

Bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij hergebruiktabletten kunnen de volgende kenmerken worden beschreven en gespecificeerd:

→ **Formaat.** De betreffende partij moet overeenstemmen met de gewenste afmetingen. Tabletten met gebreken, zoals gebroken hoeken, kunnen worden gebruikt op voorwaarde dat uit het intacte deel een formaat kan worden bekomen dat overeenkomt met de gevraagde afmetingen. Eventueel kan ook de mogelijkheid worden overwogen om erg lange tabletten uit te voeren in meerdere stukken, om ook kleinere elementen te benutten.

→ **Aard van de steen.** De keuze moet worden afgestemd op het beoogde gebruik, met name wat de zuurbestendigheid en de absorptiegraad (vooral voor keukenwerkbladen) betreft. Het is mogelijk verschillende steensoorten te combineren, maar dit kan de uitvoering bemoeilijken.

→ **Kleur.** Natuursteen vertoont van nature een grote verscheidenheid aan kleuren en uiterlijke kenmerken. Afhankelijk van de toepassing (bv. in de context van een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk worden gespecificeerd door een algemene tint of een bepaalde kleur op te geven.

→ **Staat.** Behalve resten van mortel, pleister, verf en kit, kunnen de hergebruiktabletten ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, afschilferingen, krassen, kleine barstjes, vlekken, etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de tabletten, evenals op hun plaatsing; maar ze vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Eventueel kunnen deze beschadigingen worden bijgewerkt met bepaalde oppervlaktebehandelingen, of simpelweg worden afgezaagd. Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren. (bv. oppervlakkige krassen toegestaan op het zichtbare oppervlak, afgebroken hoeken en randen toegestaan langs de niet-zichtbare kant, etc.) De partij mag echter geen elementen bevatten met grote barsten of beschadigingen die de stevigheid van het element in gevaar brengen.

→ **Textuur en afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) eisen en de steensoort moet worden gespecificeerd hoe de randen, de hoeken (bv. afgeschuind, afgerond, etc.) en het oppervlak (bv. gepolijst, verzoet, ruw, etc.) er moeten uitzien. Doorgaans zijn gerecupereerde vensterbanken oorspronkelijk gepolijst of verzoet.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken kunnen garanderen. Het is ook nuttig een extra benodigde hoeveelheid in rekening te brengen in het geval van hergebruik in situ, omdat een aantal tabletten wellicht zullen beschadigd worden tijdens de recuperatie.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controleprocedure uitgevoerd worden op basis van een contractueel monster en een bemonstering bij ontvangst.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).



Kitvoeg en uitgezaagde hoek voor inbouw van het tablet. © Frédéric Uyttenhove



Krassen op het tabletoppervlak



Diepe scheuren

Ontwerptip!

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid tabletten op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen om verschillende partijen natuursteen (formaat, steensoort, oorspronkelijk gebruik, etc.) te combineren en deze geordend te verdelen over het gebouw. Bijvoorbeeld door een homogene partij tabletten te voorzien per ruimte of per verdieping. Het projectteam kan ook het 'lappendekenprincipe' toepassen, waarbij elementen met verschillende afmetingen en/of kleuren worden samengevoegd, met name bij gebruik van de tabletten als muurbekleding. Hierdoor kunnen er gemakkelijker geschikte tabletten gevonden worden en kunnen er dus grotere oppervlakten worden bekleed.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Er bestaat geen specifieke geharmoniseerde norm voor tabletten uit natuursteen, maar er zijn wel verschillende normen en beproevingsmethoden om de eigenschappen van natuursteen te bepalen (12407 - Petrografisch onderzoek, EN 1936 - Bepaling van de werkelijke dichtheid en de schijnbare dichtheid en van de totale poreusheid en open poreusheid, EN 12371 - Bepaling van de vorstbestandheid, etc.). Hoewel deze documenten betrekking hebben op nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn bij het bepalen van de relevante kenmerken (naargelang het project) voor het hergebruik van natuurstenen tabletten.

Voor een alternatief gebruik van de tabletten als muurafwerking is het raadzaam rekening te houden met de eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik zoals beschreven in de fiche over natuurstenen platen voor muurbekledingen.

Eigenschappen	Commentaar
Geologische herkomst en petrografische beschrijving	De hergebruiktabletten kunnen afkomstig zijn van toepassingen die oorspronkelijk gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende herkomst. Hoewel het mogelijk is de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bijvoorbeeld: een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen tabletten is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
Schijnbare volumieke massa en open poreusheid	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [kg/m^3] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus het is. De open porositeit [volume %] en de waterabsorptie [massa %], worden bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën in de steen, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen rechtstreekse invloed op de vorstvastheid (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Beide kenmerken kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over natuurstenen. Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.
Geometrische kenmerken	Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de hergebruiktabletten, en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de tabletten opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maattoleranties te bepalen die van toepassing zijn op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) naargelang de steensoort en de functionaliteit van het element. Ook de eisen omtrent vlakheid en haaksheid moeten gedetailleerd worden omschreven.
Buigsterkte	De buigsterkte R_f [MPa] is een mechanische eigenschap die het vermogen van de stenen aangeeft om weerstand te bieden aan buigkrachten tijdens de gebruiksfase. Ze varieert naargelang de steensoort en wordt meestal bepaald door middel van buigproeven, zoals vastgelegd in norm EN 12372. Deze eigenschap kan worden gecontroleerd indien de tabletten ver uitsteken.
Thermische vervorming	Natuursteen is onderhevig aan maatschommelingen onder invloed van de temperatuur. Deze vervorming wordt uitgedrukt in [mm/mK] door de warmte-uitzettingscoëfficiënt. Bij tabletten die onderhevig zijn aan grote temperatuurverschillen (tabletten boven een radiator, een schouw, etc.), kan het aangewezen zijn de waarde ervan te bepalen (EN 14581: 2005). Bij sommige marmersoorten en, in mindere mate, bij sommige granietsoorten kan de anisotrope thermische uitzetting van de steen tot een granulaire decohesie leiden waardoor de tabletten aanzienlijk kunnen vervormen.
Impactweerstand	De weerstand tegen de impact van een hard lichaam hangt af van de eigenschappen van de steen, maar ook van de plaatsingswijze en de ondergrond. De proefmethode die wordt beschreven in EN 14158: 2004 bestaat erin dat men een stalen kogel op het geplaatste element laat vallen onder de werkelijke gebruiksomstandigheden. Indien mogelijk kan men zich voor de evaluatie van deze eigenschap ook baseren op de staat van de nog niet gedemonteerde tabletten. Als tabletten die aan bepaalde belastingen blootgesteld zijn geweest gebroken of beschadigd zijn, kan worden aangenomen dat de nog intacte tabletten op dezelfde locatie wellicht ook zullen breken onder een vergelijkbare belasting. Het is in dat geval aangewezen niet tot een demontage over te gaan zonder deze informatie goed te bewaren.
Brandreactie	Overeenkomstig de Beschikking 96/603/EG van de Commissie wordt natuursteen beschouwd als behorend tot brandreactieklasse A1 (zie EN 12 058 voor de uitzonderingen). Let echter op met het gebruik van vulkitten, die van invloed kunnen zijn op deze prestatie.



Eigenschappen	Commentaar
Vlekgevoeligheid	<p>Bij de beoordeling van deze eigenschap wordt een onderscheid gemaakt tussen de 'interne' vlekvorming door de reactie van bepaalde bestanddelen die in de natuursteen aanwezig zijn (metaalhoudende mineralen of organische stoffen die aanwezig zijn in de steen) en de 'externe' vlekvorming door contact met een product dat vlekken maakt.</p> <p>Inwendige verkleuring is in de eerste plaats een esthetische kwestie en het is dan ook aan het projectteam om te bepalen welke wijzigingen van het uitzicht aanvaardbaar zijn voor het beoogde gebruik.</p> <p>De vlekgevoeligheid houdt rechtstreeks verband met de poreusheid van de steen. Hoe hoger de poreusheid, hoe makkelijker de steen vloeistoffen (en dus verontreiniging) absorbeert en hoe gevoeliger hij is voor vlekken. Een poreusheid lager dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te doen afnemen. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het zichtvlak van de hergebruikselementen voor hun eventuele bewerking. Er bestaan oppervlaktebehandelingen om deze prestatie te verbeteren door de infiltratie van vette stoffen in de openingen van de steen te vertragen.</p>

Beschikbaarheid

Gerecupereerde tabletten zijn beschikbaar via bepaalde hergebruikleveranciers of, typisch in kleine hoeveelheden (<10 stuks), via tweedehandssites voor particulieren.

Richtprijzen (excl. btw)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. De prijs van de tabletten varieert sterk, afhankelijk van de beschikbaarheid van het formaat, de steensoort en de gewenste mate van sortering en reiniging.

- Vensterbanken in natuursteen: ~ 40 - 110 €/m²
- Steenbewerking - verzagen: ~ 40 €/uur

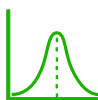
Gespecialiseerde leveranciers vinden



Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Granietplaten *	31,8	0,6
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Marmereplaten *	16,3	0,3
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Kalksteenplaten *	14,9	0,3

* Indicatieve waarde voor een gevelbekleding van 1 m², met een dikte van 2 cm en een oppervlaktemassa van 52 kg/m²



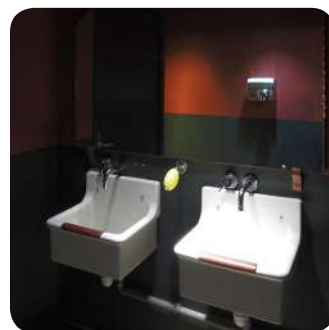
Naargelang de bron en de steensoort voorkomt het hergebruik van 100 m² natuursteentabletten de uitstoot van ~ 1.492 tot ~ 3.175 kg CO₂-eq., gerelateerd aan de productie van nieuwe exemplaren (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto voor een traject van ~9.000 tot ~19.000 km.



UITRUSTING



- Toiletten
- Hangurinoir
- Individuele en collectieve wastafels (en uitgietbakken)
- Gietijzeren radiatoren
- Radiatoren uit plaatstaal, roestvrij staal of aluminium



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Productbeschrijving

Spoeltoiletten hebben een alledaags karakter door hun alomtegenwoordigheid in gebouwen, maar de complexiteit van hun spoelmechanisme is niet te onderschatten. Deze wc's zijn beschikbaar in talloze uitvoeringen, elk met hun specifieke kenmerken waarmee rekening gehouden moet worden bij het overwegen van hun hergebruik. De meest gebruikte modellen zijn:

→ **Staannde toiletten** in een duoblokuitvoering of met een aparte stortbak: alle verschillende onderdelen zijn makkelijk toegankelijk, wat eventuele herstellingen vereenvoudigt. Ze worden over het algemeen met bevestigingschroeven vastgemaakt aan de vloer en met een afdichting hygiënisch afgesloten. De stortbak is van geglaazuurd keramiek (glazuurlaag aan de buiten- en/of binnenkant) of van kunststof. Oudere modellen kunnen ook van geëmailleerd gietijzer of plaatstaal gemaakt zijn.

→ **Hangtoiletten**: deze zijn bevestigd aan een verticaal steunframe dat gewoonlijk weggewerkt zit in een steunmuur (opgehangen) of een wand (universeel of zelfdragend systeem). Aan de hand van een bedieningsplaat kan het spoelmechanisme geactiveerd worden. Bij dit type gaat het schoonmaken van de vloer veel gemakkelijker.

Spoeltoiletten hebben een hoge techniciteit. Hun correcte werking hangt af van het goed functioneren van alle onderdelen. Bijgevolg moet er aandacht worden besteed aan de goede staat van elk onderdeel en elk deelmechanisme apart (zoals de systemen voor het vullen en ledigen van de stortbak, maar ook de verschillende afdichtingen, de spoelrand, etc.). Indien nodig kunnen sommige onderdelen worden hersteld of vervangen.

De meeste wc-potten op de hergebruikmarkt hebben een **spoelrand** (de 'omslag' bovenaan). Die is voorzien van spoelgaten rondom en bestaat uit keramiek, maar is zelden geglaazuurd aan de binnenkant. Sommige hedendaagse wc-potten beschikken over een meer hygiënische spoeltechnologie zonder rand ('rimless' of 'spoelrandloos'). Hierdoor kan het toilet beter gereinigd worden en is er minder kalkafzetting.

Toiletten vormen maar een klein onderdeel van een uitgebreid buizen- en infrastructuursysteem dat de watertoevoer en het afvalwaterbeheer verzekert. Aansluitingen en afdichtingen tussen alle elementen moeten dus goed worden nagekeken om een optimale werking van het geheel te verzekeren. Bij toiletten gaat het dan vooral om afvoermanchetten en toevoerkransen, maar ook het spoelvolumen is van belang. Het is essentieel om correct te anticiperen op de aansluitingen en eventueel nieuwe afvoeren en leidingbuizen te voorzien.

De plaatsing van een toilet is onderworpen aan nationale en Europese normen die onder meer betrekking hebben op spoelvolumen, afmetingen van de aansluiting voor watertoe- en afvoer, waterverbruik en de installatieprocedures, etc. Maar deze zijn in de afgelopen 20 jaar maar weinig veranderd. We kunnen er dan ook van uitgaan dat toiletssystemen die minder dan 20 jaar geleden geïnstalleerd werden in grote lijnen beantwoorden aan de huidige vereisten. Toch wordt dit best nagekeken, zodat er indien nodig aanpassingen kunnen worden aangebracht.

Vuilafzetting en zichtbare tekenen van gebruik hebben invloed op de waardering van een toilet door toekomstige gebruikers. Gebruikers zijn immers zeer gevoelig in de omgang met sanitaire voorzieningen wat betreft hygiëne en persoonlijk comfort. Gelukkig kunnen reinigingsprocedures gerecupereerde sanitaire installaties heel vaak er opnieuw als nieuw doen uitzien.

In het algemeen zijn toiletten zeer geschikt voor hergebruik vanwege hun lange levensduur als gevolg van de vele onderhoudsmogelijkheden en de duurzaamheid van hun keramische onderdelen.

Deze fiche behandelt de verschillende, hierboven aangehaalde kwesties. Ze is vooral gericht op recente toiletsystemen (eind 20e - begin 21e eeuw) bestaande uit geglaazuurd keramiek en verglaasd porselein (en in mindere mate ook in roestvrij staal of kunststof).



Staannd toilet in duoblokuitvoering



Staannd toilet met aparte stortbak



Hangtoilet



Recuperatie van het product

Behalve hun lange levensduur kunnen wc's over het algemeen ook vlot gedemonteerd worden, en zijn ze erg geschikt voor hergebruik, hetzij in situ, hetzij via professionele kanalen. De bedrijven die gerecupereerd sanitair aanbieden zijn zelden uitsluitend gespecialiseerd in sanitaire artikelen, maar nemen ze op in een ruimer assortiment.

→ *Beoordeling van het hergebruikpotentieel.*

Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plekke of op basis van foto's en technische informatie over het model en de fabrikant, de hoeveelheid, de afmetingen etc. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat: zijn de toiletten beschadigd (barsten, breuken, scheuren, krasjes, etc.)? Een gebarsten wc mag niet hergebruikt worden. Is er vuilafzetting (kal-kaanslag, schimmelvorming)? Wat is de staat en inhoud van de stortbak?
- de staat van de onderdelen: Werkt het spoelmechanisme nog? Kan het gereinigd/vervangen worden? Kan het steunframe van hangtoiletten gerecupereerd of vervangen worden? Wat is de staat van de toiletzitting, de afdichtingen, etc.?
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, het verkooppotentieel, de onderhoudsvriendelijkheid, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeid-sduur, nodige handelingen, transport, etc.



Demontage van wc-potten voor hergebruik



Demontage van wc-potten voor hergebruik



Demontage van wc-potten voor hergebruik

→ *Demontage.* De demontage moet met zorg gebeuren zodat de installatie, de uitrusting en de onderdelen intact blijven voor hergebruik. Indien de sanitaire installatie nog aangesloten is op de waterleiding kan hiervan gebruik gemaakt worden om de toilet op voorhand 'klassiek' te reinigen. Sluit daarna de watertoevoer af (stopkraan of hoofdkraan) voor de eigenlijke demontage. Indien ook de functionele onderdelen (stortbak, toiletzitting, steunframe etc.) gerecupereerd worden, moeten die op een juiste manier gedemonteerd en geïnventariseerd worden. Toiletzittingen kunnen met kleefband vastgemaakt worden, zodat ze tijdens het transport niet kunnen bewegen. Het is raadzaam te documenteren hoe het bevestigingssysteem van specifieke elementen gedemonteerd werden, zodat ze nadien makkelijker terug gemonteerd kunnen worden. Na hun demontage worden de wc-potten en stortbakken correct geledigd, gesorteerd op kwaliteit, kleur en afmetingen, en zodanig verpakt dat ze niet kunnen barsten, breken of tegen elkaar stoten.

→ *Opslag.* Het is aangewezen om de wc-potten met hun montagezijde op een zachte ondergrond te plaatsen. Zorg ervoor dat ze binnen de palletomtrek blijven en voorzie beschermende tussenplaten, riemen en eventueel verpakkingsfolie. Zodra het sanitair gereinigd is en klaar voor hergebruik, wordt het best opgeslagen op een droge en stofvrije plek.

Controle van de staat van het glazuur

Het is mogelijk de staat van de glazuurlaag met een alcoholstift te testen. Als de markering makkelijk uitgewist kan worden, is het glazuur nog in goede staat. Zo niet, dan is het glazuur waarschijnlijk 'poreus' geworden.



'Poreus' glazuur (links) vs glazuur in goede staat (rechts)



→ *Behandeling, onderhoud en reiniging.* Tijdens de gebruiksfase van een toilet kunnen verschillende vormen van aantasting optreden. Een van de meest voorkomende aantastingen is de vorming van aanslag die zich relatief diep in de kom kan vastzetten, alsook in de andere onderdelen die in contact komen met het spoelwater. Dat is met name het geval bij kalk. Dat zit in het leidingwater en kan, als er zich een stevige laag heeft gevormd, tot een slecht werkend toilet leiden.

Recente wc-potten worden meestal enkel oppervlakkig gereinigd met zeepsop of met bleekwater vooraleer ze te koop worden aangeboden voor hergebruik. Soms wordt ook een ontkalker of azijn gebruikt om de meest zichtbare kalkafzetting te verwijderen.

Sommige vaklui of bedrijven bieden een doorgedreven reiniging en ontsmetting van keramische wc's aan (vooral hangtoiletten), om hardnekkige aanslag (kalk, mortel, verf, stopverf, etc.) te verwijderen. Na het weghalen van alle onderdelen in metaal en kunststof wordt het sanitair eerst in een zuurbad gedompeld en nadien met een hogedrukreiniger schoongemaakt en afgespoeld. Omdat dit procedé een extra kost betekent, is het vooral interessant voor wc-potten uit het midden- en topsegment die een spoelrand hebben.

Wanneer de glazuurlaag oppervlakkig beschadigd is kunnen plaatselijke herstellingen met een speciaal product worden uitgevoerd. Gebruiksklare kits zijn vlot verkrijgbaar in de handel.

Het is in elk geval aangewezen om geen schuurmiddelen of staalborstels en dergelijke te gebruiken om het vuil te verwijderen. Deze kunnen immers de oppervlaktelaag beschadigen.

→ *Transport en levering.* de nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen om tijdens het transport en de levering stoten en krassen te voorkomen (beschermende tussensplaten, bescherming van de hoeken, omsnoering van de pallets, etc.).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen die ervoor zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.



Vuilafzetting in hangtoiletten



Kalkvorming in de spoelrand en verstopping van de spoelgaten



Kalkvorming in de spoelinrichting

→ **Professioneel reinigingsproces**



Fase 1. Onderdompeling van het sanitair in een zuurbad



Fase 2. Afspoelen met een hogedrukreiniger



Fase 3. Verpakking



Toepassingen en plaatsing

In principe is er geen verschil tussen de installatie van hergebruiktoiletten en die van nieuwe toiletten. Aandachtspunten zijn onder andere, afhankelijk van de situatie: de eigenschappen en staat van de drager (vloer of muur), de zithoogte, het gebruik door mensen met een beperkte mobiliteit, de producten en technieken voor plaatsing en opvoeging, de aansluitingen en leidingbuizen, de afdichtingen, kranen, afvoer, etc. Er moet altijd rekening gehouden worden met de nationale en Europese productnormen (i.e. EN 997 en EN 14055) alsook de geldende uitvoeringsnormen en regels van de kunst.

Om de plaatsing te vereenvoudigen dient het projectteam de verwachtingen met betrekking tot de volgende kenmerken te preciseren:

→ *Types en afmetingen* van het sanitair. Bijvoorbeeld, de wc-pot heeft een horizontale (achteraan of lateraal) of verticale afvoeraansluiting. Als er wat marge wordt voorzien voor de afmetingen, zal dit de zoektocht naar een geschikte partij op de hergebruikmarkt meestal vergemakkelijken.

→ *Aanvaarde staat en slijtageniveau*. Het is belangrijk dat wc-potten geen grote barsten of breuken vertonen, omdat die kunnen leiden tot lekken. Toch zijn er ook hergebruikmogelijkheden voor toiletten die sporen vertonen van oppervlakkige slijtage, lichte kalkaanslag of kleine vlekken.

→ *Spoelvolume*. Sommige situaties vereisen specifieke spoelprestaties. De huidige standaard is een algemeen volume van 6 liter en een kleine spoelbeurt van 3 liter. Het is sowieso interessant om het waterverbruik van toiletten te verminderen. In sommige gevallen kan worden overwogen om de spoelinrichting of zelfs de complete stortbak van een ouder toilet te vervangen als die niet meer beantwoordt aan bovenstaande vereisten. Er bestaan ook professionele oplossingen die te vergelijken zijn met het lowtechprincipe van de baksteen of van de volle fles in de stortbak. Het is belangrijk om de haalbaarheid en geschiktheid van een dergelijke ingreep te onderzoeken, waarbij er vooral rekening moet worden gehouden met de diameter en hellingshoek van de afvoerbuizen. Zo nodig moeten de verwachte ingrepen nauwkeurig omschreven worden in het bestek.

→ *Onderdelen*. Vermeld zorgvuldig in het bestek alle elementen die de aannemer moet voorzien om de bestaande onderdelen te vervangen of aan te passen. Onderdelen die doorgaans nieuw geleverd kunnen worden zijn onder andere: toiletzitting, stortbak, deksel van stortbak, steunframe, bedieningsplaat, spoelinrichting, vlotterkraan, klok en klokhouders, hendel of drukknop, afdichtingen (voor stortbak, klok, afvoer, etc.), spoelbocht, toevoerkraan, etc. Alle onderdelen moeten worden gecontroleerd op hun compatibiliteit met het model in kwestie, waarvoor toegang tot de desbetreffende technische documentatie erg handig is. Bepaalde onderdelen zijn soms verkrijgbaar bij professionele hergebruikhandelaars. Voor recentere modellen beschikken sanitairspecialisten meestal over compatibele onderdelen. Ter indicatie: sommige fabrikanten van nieuw sanitair bevelen aan om de toiletzitting, het spoelmechanisme en de vlotterkraan om de 5 jaar te vervangen, en de afdichtingen elke 10 jaar.

De meeste gerecupereerde bouwmaterialen worden verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten die eigen zijn aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen informatie verstrekken over het aangekochte product (zie voor meer informatie de inleidende fiche). Voor recente modellen is het meestal mogelijk om aan de hand van het merk en modelnummer de nodige technische documentatie van de fabrikant op te sporen.



Craquelé- of haarscheurvorming duidt het proces aan dat verantwoordelijk is voor het ontstaan van microscheurtjes in het glazuur. Deze kunnen ertoe leiden dat vloeistoffen in het aardewerk doordringen, wat blijvende vlekken kan veroorzaken en de ontwikkeling van pathogene stoffen kan bevorderen. Het is dus raadzaam om sanitaire toestellen af te danken wanneer er hiervan sprake is.

Ontwerptip!

Om de kans op een match op de hergebruikmarkt te vergroten, kan het projectteam ervoor kiezen verschillende soorten partijen te aanvaarden en ze op een doordachte manier over het gebouw te verdelen, zoals bijvoorbeeld één homogene partij per verdieping.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Een groot aantal geharmoniseerde Europese normen en nationale normen definiëren de prestatie-eisen voor verschillende fundamentele onderdelen van een toiletsysteem (wc-pot, stortbak, vlotterkraan, steunframe, etc.). We focussen hier op wc-potten en stortbakken van recente toiletten (~20 jaar), waarbij we ons baseren op de kenmerken beschreven in de geharmoniseerde Europese normen EN 997 (*Wc-potten en closet-combinaties met ingebouwde stankafsluiter*) en EN 14055 (*Wc-potten en urinoirs met stortbak*). Hoewel deze normen opgesteld zijn voor nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn om de geschiktheid voor gebruik van een hergebruiktoiletsysteem te beoordelen.


Verskillende prestaties van hergebruiktoiletten kunnen reeds worden beoordeeld in reële gebruiksomstandigheden (vóór hun demontage dus). Dit is echter niet altijd mogelijk, en de eventuele aanpassingen (bv. de vervanging van een stortbak van 6 of 9 liter door een waterbesparend model of het aanbrengen van wijzigingen aan het spoelmechanisme) kunnen de prestaties van een toilet sterk beïnvloeden.

Om te voldoen aan de gebruiksnormen is het aangewezen om recent hergebruiksanitair te kiezen (minder dan 20 jaar), omdat daarvoor geen grote aanpassingen nodig zijn. De voorschriften voor sanitair zijn sindsdien immers weinig veranderd. Sanitaire installaties uit kantoorgebouwen beantwoorden vaak aan deze criteria. Het is in dit geval dikwijls ook eenvoudiger om technische documentatie terug te vinden en zo de prestaties van de toestellen in kwestie te valideren.

Merk op dat er ook specifieke normen bestaan voor vlotterkranen (EN 14124, EN 12541 en EN 1509). De steunframes voor hangtoiletten zijn niet onderworpen aan geharmoniseerde normen. Deze worden slechts zelden gerecupereerd. Als hergebruik toch wordt overwogen, vraag dan eerst advies aan een sanitairspecialist.

Eigenschappen	Opmerkingen
Inhoud van de stortbak en spoelvolumen	<p>De inhoud van de stortbak en het spoelvolume bepalen de waterhoeveelheid die vrijkomt per spoelbeurt. Eind 20e eeuw werden de normen voor toiletten aangepast om het waterverbruik te verminderen. De inhoud van de stortbak is sindsdien verkleind (max. 9 liter) en er kwamen waterbesparende spoelsystemen op de markt (3,5 tot 6 liter voor een grote spoeling en 2 tot 4 liter voor een kleine). Die wijzigingen gingen gepaard met technologische ontwikkelingen in het ontwerp van wc-potten en spoelinrichtingen.</p> <p>Wanneer er geen documentatie beschikbaar is, kunnen de spoelvolumes van geïnstalleerde wc's geschat worden door proefondervindelijk de correcte inhoud te bepalen.</p> <p>Indien nodig kunnen de stortbakken en spoelmechanismen vervangen worden. Zelfs de omschakeling naar een drukspoeler (zonder stortbak) bij een ouder toiletsysteem behoort tot de mogelijkheden. Bij dit soort aanpassingen dient evenwel rekening te worden gehouden met de volgende parameters: spoeldebiet, spoel-efficiëntie, compatibiliteit van de onderdelen, overloopdebiet, debiet en druk van de watertoevoer, hellingshoek en afmetingen van de afvoerbuizen, vorm en ontwerp van de wc-pot, nationale en gewestelijke voorschriften volgens het bestaande rioolnet, etc.</p>
Hoogte van de stankafsluiter	<p>De stankafsluiter / sifon is een waterslot, waarin er na een spoelbeurt water blijft staan om te voorkomen dat er geuren uit de afvoerleiding vrijkomen. De hoogte van de stankafsluiter moet minstens 50 mm zijn. Dit kenmerk kan gemakkelijk worden beoordeeld voor de demontage door de hoogte van het water te meten.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">   </div>
Functionele eigenschap - spoel-efficiëntie	<p>De spoeling moet de binnenwand van de wc-pot naar behoren reinigen. Een visuele controle in gebruiksomstandigheden laat toe dit kenmerk te beoordelen. Bij wc-potten met een spoelrand moet er worden getest of de spoelopeningen niet verstopt zijn door kalkafzetting. Zo ja, dan is een speciale reiniging aangewezen.</p> <p>Bij het doortrekken mag er geen water over de wc-rand spatten. De spoeling moet vloeibare en vaste materie afvoeren, waarbij er geen druppels buiten de wc-pot mogen terechtkomen.</p> <p>De doeltreffende werking van de spoeling kan gecontroleerd worden via een aantal testen (beschreven in de norm EN 997) met kleine deeltjes zand, papiersnippers of met gekleurde vloeistoffen in een wc-pot in gebruik.</p>
Functionele eigenschap - waterabsorptie	<p>Hergebruiktoiletten in sanitair keramiek mogen geen water absorberen. De aanwezigheid van barsten, afschilferingen of craquelé op plaatsen waar het glazuur in contact komt met water heeft een negatieve impact op deze eigenschap.</p> <p>Dit aspect kan worden beoordeeld via een visuele inspectie van de functionele oppervlakken van de wc-pot met behulp van een geschikte lichtbron. Sommige onvolkomenheden kunnen hersteld worden.</p> <p>De ervaring leert dat wc-potten van roestvrij staal over het algemeen aan deze vereisten beantwoorden.</p>



Eigenschappen	Opmerkingen
Functionele eigenschap - maximum belasting	<p>Dit kenmerk heeft vooral betrekking op hangtoiletten. Het kan getest worden in gebruiksomstandigheden via een statische belasting (e.a. last van 150 tot 400 kg gedurende 1 uur). De wc-pot en -zitting mogen niet barsten, breken of blijvende vervormingen vertonen.</p> <p>Uit ervaring weten we dat staande toiletten in sanitair keramiek die na hun oorspronkelijke gebruik geen gebreken vertonen geacht kunnen worden aan deze vereiste te voldoen.</p>
Waterdichtheid	<p>De waterdichtheid heeft betrekking op de aansluitingen, bevestigingen en het bodemventiel (klok). Via een zorgvuldige visuele inspectie van het geïnstalleerde sanitair kunnen deze prestaties beoordeeld worden. Zo nodig kunnen bepaalde defecte onderdelen vervangen worden.</p>
Betrouwbaarheid van de vlotterkraan	<p>De vlotterkraan vult de stortbak als die leeg is en sluit hem automatisch af als het nominale volume bereikt is. Er gelden bijzondere specificaties voor vlotterkranen (toevoerdruk, terugslagklep, waterdichtheid, toevoerdriet, materialen, duurzame werking, etc.). Deze kenmerken zijn moeilijk te controleren bij hergebruiktoiletten.</p> <p>Een slecht werkende vlotterkraan leidt vooral tot waterverspilling (toilet blijft doorlopen). Dat probleem kan met het blote oog of via een opvolging van het waterverbruik opgespoord worden. Het is ook duidelijk hoorbaar (een vastgelopen mechanisme produceert een fluitgeluid). Het overgrote deel van de gangbare defecten kan worden verholpen door het systeem te reinigen of versleten onderdelen (met name de afdichtingen) te vervangen.</p>
Toiletzitting	<p>Als de oorspronkelijke toiletzitting en brildeksel van de toiletpot ontbreken of (te erg) beschadigd zijn, moet dit onderdeel vervangen worden door een compatibel model, eventueel uitgerust met een zachte sluiting (soft-closing).</p> 
Akoestische prestatie	<p>Sommige steunframes zijn voorzien van polystyreenplaten om het spoelgeluid te beperken. Het ontwerp en de uitvoering van het toilet, de kranen en de buizen beïnvloeden ook het geluidsniveau van de sanitaire installatie.</p>
Reinigbaarheid - weerstand tegen chemische producten	<p>Het oppervlak van sanitaire installaties moet bestand zijn tegen de gangbare chemische producten en schoonmaakmiddelen. Uit ervaring weten we dat wc-potten in sanitair keramiek en roestvrij staal aan deze vereisten voldoen. Let op: bleekwater (en chloorhoudende producten in het algemeen) zijn niet aangewezen voor de reiniging van toiletten in roestvrij staal.</p>



Chiro Itterbeek (BE) © Rotor



Kantoren van Vla-Architecture (BE) © Sophie Boone



Beschikbaarheid

Keramische wc-potten zijn vrij courante producten op de hergebruikmarkt. De beschikbaarheid ervan hangt echter af van de gezochte hoeveelheid. Ter informatie:

Frequent	Partij van 1 stuk
Ocasioneel	Partij van 2 tot 20 identieke stuks
Zelden	Partij van > 50 identieke stuks

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Ze variëren volgens het model, het materiaal en de fabrikant. Enkele voorbeelden van prijzen voor particulieren:

→ *Levering:*

- Staand toilet + stortbak: 15-150 €/stuk
- Hangtoilet + steunframe: 100-130 €/stuk

→ *Demontage:* ongeveer 35-50 €/stuk

→ *Speciale reiniging:* 10-20 €/stuk

Ook de kosten voor vervanging van ontbrekende of defecte onderdelen moeten in het budget worden opgenomen.

Zelfs rekening houdend met deze specifieke operaties gericht op het mogelijk maken van hun hergebruik, zijn gerecupereerde toiletten meestal competitief ten opzichte van nieuwe producten; dit geldt in het bijzonder voor de modellen uit het midden- en topsegment.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Voor zover we weten, zit er geen enkele gevaarlijke stof in hergebruiktoiletten.

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./PE
INIES-databank (FR) - Algemene informatie *	173
AFISB (Association Française des Industries de la Salle de Bain) – Collectieve verklaring **	79,2
AFISB (Association Française des Industries de la Salle de Bain) – Collectieve verklaring ***	55,1

* *Indicatieve waarde per PE (Product Eenheid) = wc-pack (toiletspot en stortbak) in keramiek (verglaasd porselein), standaardassortiment, met een standaardlevensduur van 20 jaar. Inclusief spoelmechanisme en toiletzitting.*

** *Indicatieve waarde per PE (Product Eenheid) = wc-pack (toiletspot en stortbak) in keramiek (verglaasd porselein), standaardassortiment, met een standaardlevensduur van 20 jaar. Inclusief afvoerbuis, stopkraan, spoelmechanisme, vlotterkraan, toiletzitting, afdichtingen en bevestigingsschroeven.*

*** *Indicatieve waarde per PE (Product Eenheid) = hangtoilet (zonder steunframe) in keramiek (verglaasd porselein), standaardassortiment, met een standaardlevensduur van 20 jaar. Inclusief afvoerbuis, stopkraan, spoelmechanisme, vlotterkraan, toiletzitting, afdichtingen en bevestigingsschroeven.*



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van een wc-pot uit een standaardassortiment de uitstoot van ~55 tot ~174 kg CO₂-eq, gereleerd aan de productie van nieuwe exemplaren (enkel de productiefase). Ter vergelijking, dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto voor een traject van ~330 tot ~1040 km.

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het product

Urinoirs bevinden zich vaak in sanitaire ruimten van openbare gebouwen (en sporadisch in woningen). Vergeleken met de traditionele toiletten nemen ze minder plaats in, worden ze sneller gebruikt en hebben ze een enigszins lager waterverbruik. De meest voorkomende modellen zijn van geglazuurd sanitair keramiek, verglaasd porselein, roestvrij staal of kunststof.

Urinoirs zijn verkrijgbaar in talloze vormen en modellen. Deze fiche focust vooral op relatief recente hangurinoirs (vanaf midden 20e eeuw). Er wordt hier niet expliciet ingegaan op oudere types, zoals de vroegere staande urinoirs, die verkrijgbaar zijn bij anti-ekhandelaren. Deze fiche behandelt ook de nieuwste modellen niet, zoals waterloze urinoirs of urinoirs met een cartridgesysteem. Voor zover we weten, zijn deze nog vrij zeldzaam op de hergebruikmarkt.

De urinoirtypes die hier aan bod komen kunnen onderverdeeld worden op basis van hun spoelmechanisme:

- **Urinoirs met sifonwerking.** De urinoirpot is dikwijls voorzien van een spoelrand, die een complete spoeling verzekert. Een speciale sifon zorgt voor de afvoer. Deze modellen verbruiken over het algemeen meer water (0,5 l/s), en vereisen leidingen met een grotere diameter.
- **Urinoirs met dynamische spoeling.** De urinoirpot wordt gedeeltelijk gespoeld met een sproeikop, die verschilt naargelang het urinoirmodel. De afvoer is uitgerust met een klassieke sifon. Dit systeem heeft doorgaans een lager waterverbruik (0,15 l/s) en de toe- en afvoerbuizen hebben een kleinere diameter.

De goede werking van een urinoir hangt niet alleen van de urinoirpot af, maar ook van de andere onderdelen: de watertoevoer (rechtstreeks of via een stortbak), de toevorinrichting (zichtbaar, geïntegreerd of ingebouwd, mechanisch of automatisch, gelijktijdig met andere urinoirs of niet, etc.), het afvoerrooster of de afvoerplug (vast onderdeel van de urinoirpot of niet), de sifon (zichtbaar of ingebouwd) en de toe- en afvoerbuizen. Naargelang hun staat kunnen deze onderdelen worden hergebruikt (eventueel na reiniging of herstelling). Indien nodig kunnen ze ook vervangen worden.

Vuilafzetting en zichtbare tekenen van gebruik hebben invloed op de waardering van een urinoir door de gebruikers. Gelukkig kunnen reinigingsprocedures vaak een tweede jeugd geven aan deze sanitaire toestellen.

De onderhoudsmogelijkheden en duurzaamheid van keramische onderdelen verklaren hun vaste aanwezigheid op de hergebruikmarkt. De plaatsing van urinoirs is trouwens onderworpen aan nationale en Europese normen in verband met de afmetingen van de water- en afvoeraansluitingen, het waterverbruik, de installatieprocedures e.a. Die zijn in de afgelopen 20 jaar weinig veranderd. Er kan dus van uitgegaan worden dat urinoirsystemen die minder dan 20 jaar geleden geïnstalleerd werden in grote lijnen beantwoorden aan de huidige vereisten. Ook oudere modellen kunnen hieraan voldoen, maar dit moet worden nagekeken en indien nodig moeten er aanpassingen worden aangebracht.

Veranderingen van gebruiken zouden evenwel een impact kunnen hebben op de vraag naar urinoirs in de nabije toekomst, aangezien steeds meer openbare gebouwen kiezen voor genderneutrale toiletten.



Hangurinoir met sifonwerking, spoelrand, zichtbare watertoevoer bovenaan en een geïntegreerde afvoerplug.



Hangurinoir met sifonwerking zonder spoelrand.



Hangurinoir met dynamische spoeling, metalen sproeikop en afvoerplug, en zichtbare watertoe- en afvoer. © backacia.com



Standaard urinoir



Collectieve installaties kunnen worden aangevuld met tussenschotten, die zich eveneens uitstekend lenen voor hergebruik.



Recuperatie van het product

Doordat urinoirs doorgaans vlot gedemonteerd kunnen worden, zijn ze heel geschikt voor hergebruik, hetzij in situ, hetzij via professionele hergebruikhandelaars.

Hun hergebruikpotentieel hangt grotendeels af van het model, de hoeveelheid en de algemene staat van de partij. Sanitaire installaties uit collectieve gebouwen (scholen, kantoren, etc.) kunnen interessant zijn omdat ze handelaars in staat stellen grote partijen identieke toestellen samen te stellen.

→ *Beoordeling van het hergebruikpotentieel.*

Een 'deskundig oog' kan meestal het hergebruikpotentieel inschatten tijdens een bezoek in situ of op basis van foto's en technische informatie over het model en de fabrikant, de hoeveelheid, afmetingen, etc. Aandachtspunten zijn onder andere:

- De algemene staat: zijn de urinoirs beschadigd (barsten, breuken, krasjes, etc.)? **Een gebroken of gebarsten urinoirpot kan niet worden hergebruikt.** Is er vuilafzetting (kalkaanslag, schimmelvorming, etc.)?
- De staat van de onderdelen: Werkt het spoelmechanisme nog? Kan het gereinigd of vervangen worden? Wat is de staat van de afdichtingen, de sifon, etc.?
- Hun commerciële waarde, afhankelijk van het merk, het model, de hoeveelheid en het verkooppotentieel, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidssduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ *Demontage.* Een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de installatie, de uitrusting en de onderdelen te garanderen. Indien de sanitaire installatie nog aangesloten is op de waterleiding is het aangegeven om ze eerst even te reinigen. Sluit daarna de watertoevoer af voor de demontage. Sommige spoelsystemen kunnen elektrisch aangedreven worden (meestal op cellen en batterijen, soms rechtstreeks op netsroom). In dit geval moet eveneens vóór de demontage geverifieerd worden of ze uitgeschakeld zijn.

De urinoirpotten worden losgemaakt van hun bevestigingssysteem en van de toe- en afvoerinrichtingen. Het is mogelijk dat tussen het sanitair en de wand een kitvoeg of een laag akoestische isolatie zit. Inbouwspoelsystemen zijn doorgaans moeilijker te demonteren dan de zichtbare modellen.

Indien ook de functionele onderdelen (spoelen afvoerinrichting, steunframe, etc.) gerecupereerd worden, moeten die op een juiste manier ontmanteld en geïnventariseerd worden. Urinoirdeksels kunnen met kleefband vastgemaakt worden, zodat ze tijdens het transport niet kunnen bewegen. Het is raadzaam te noteren hoe het bevestigingssysteem van specifieke elementen gedemonteerd werd om de latere installatie te vergemakkelijken. Na demontage worden urinoirs correct geledigd, gesorteerd op kwaliteit, kleur en afmetingen, en zodanig verpakt dat ze niet kunnen breken of tegen elkaar stoten.

Sommige niet-geïntegreerde urinoirsifons van kunststof kunnen doorgaans redelijk gemakkelijk hergebruikt worden na een grondige reiniging (bij sifons uit andere materialen is de levensduur typisch korter). Een andere mogelijkheid is ze te vervangen door compatibele onderdelen.

→ *Opslag.* Het is aangewezen om de urinoirs met hun montagezijde (de platte achterkant) op een zachte ondergrond te plaatsen. Zorg ervoor dat ze binnen de palletomtrek blijven en voorzie beschermende tussenplaten, riemen en eventueel verpakkingsfolie. Zodra het sanitair gereinigd is en klaar voor hergebruik, wordt het best opgeslagen op een droge en stofvrije plek.

Technische gegevens

Indien er geen technische documentatie van het sanitair voorhanden is, kan het nuttig zijn om een aantal gegevens voor of tijdens de ontmanteling te noteren met het oog op een vlotte hermontage: diameter van de toe- en afvoerbuizen, spoeldebiet en -volume (soms op het sanitair genoteerd), referentienummers, etc.



Beoordeling van het potentieel



Ontmanteling van de urinoirs



Opslag van de urinoirs



→ *Behandeling, onderhoud en reiniging.* Recente urinoirs worden meestal alleen oppervlakkig gereinigd met zeepsop of zelfs met bleekwater (niet bij roestvrijstalen urinoirs) vooraleer ze te koop worden aangeboden voor hergebruik. Soms wordt een ontkalker of azijn gebruikt om de meest zichtbare kalkafzetting te verwijderen.

Sommige vaklui bieden een diepe reiniging en ontsmetting van keramisch sanitair aan om hardnekkige aanslag (kalk, mortel, verf, stopverf, etc.) te doen verdwijnen. Na het weghalen van alle onderdelen in metaal en kunststof worden de toestellen eerst in een zuurbad gedompeld en nadien met een hogedrukreiniger schoongemaakt en afgespoeld. Omdat dit procedé een extra kost betekent, is het vooral interessant voor urinoirs uit het midden- en topsegment.

Wanneer de glazuurlaag oppervlakkig beschadigd is kunnen plaatselijke herstellingen met een speciaal product worden uitgevoerd. Die herstellingen blijven evenwel zichtbaar. Gebruiksklare kits zijn vlot verkrijgbaar in de handel.

Het is in elk geval aangewezen om geen schuurmiddelen of staalborstels en dergelijke te gebruiken om het vuil te verwijderen. Deze kunnen immers de oppervlaktelaag beschadigen.

→ *Transport en levering.* De nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen om tijdens het transport en de levering stoten en krassen te voorkomen (beschermende tussenplaten, bescherming van de hoeken, omsnoering van pallets, etc.).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Controle van de staat van het glazuur

Het is mogelijk de staat van de glazuurlaag met een alcoholstift te testen. Als de markering makkelijk uitgewist kan worden, is het glazuur nog in goede staat. Zo niet, dan is het glazuur waarschijnlijk 'poreus' geworden.



'Poreus' glazuur (links) vs glazuur in goede staat (rechts)



Sporen van kalkaanslag ter hoogte van de spoelrand vóór reiniging



Afvoerelement waarop zich vuil heeft afgezet



Na reiniging



Deels gereinigd afvoerelement



Toepassingen en plaatsing

In principe is er geen verschil tussen de installatie van hergebruikurinoirs en die van nieuwe urinoirs. Ze moet beantwoorden aan dezelfde gebruiksvereisten die, afhankelijk van de situatie, betrekking hebben op de volgende punten: eigenschappen en staat van de drager van het ophangstelsel voor de urinoir (vloer of wand), de plaatsingshoogte, de producten en technieken voor plaatsing en opvoeging, de aansluitingen en leidingbuizen, het spoelvolume, de manier waarop de spoeling wordt geactiveerd, de afdichting, de kraan, de afvoer, de toegankelijkheid voor mensen met een beperkte mobiliteit of kinderen, de gebruiksfrequentie, het waterverbruik, specifieke onderhoudsmaatregelen, bescherming tegen vandalisme, geluidsisolatie, etc. Er moet altijd rekening worden gehouden met de Europese productnormen (met name EN 13407) alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam toe op het gebruik van partijen met een zekere mate van homogeniteit wat betreft de volgende kenmerken:

→ *Types en afmetingen* van het sanitair. Bijvoorbeeld betreffende de spoelinrichting (is die zichtbaar, geïntegreerd of ingebouwd), de aan- of afwezigheid van een spoelrand, etc. Een zekere marge voor de afmetingen vergemakkelijkt meestal de zoektocht naar een geschikte partij op de hergebruikmarkt.

→ *Aanvaarde staat en slijtageniveau*. Het is belangrijk dat urinoirs geen grote barsten of breuken vertonen, omdat die kunnen leiden tot lekken. Het is wel mogelijk urinoirs te hergebruiken die sporen vertonen van oppervlakkige slijtage, lichte kalkaanslag of kleine vlekken.

→ *Spoelvolume*. Sommige situaties vereisen specifieke spoelprestaties. Er moet worden gecontroleerd of het spoelvolume van de urinoirs aanvaardbaar is en beantwoordt aan de geldende milieunormen. De huidige standaard is een maximaal spoelvolume van 5 liter water per gebruik. In de praktijk kan deze hoeveelheid sterk verschillen van het ene systeem tot het andere. Bij sommige

urinoirs met een klein debiet kan er maar één liter water per spoelbeurt gebruikt worden. Het spoelvolume moet een goede reiniging garanderen en voorkomen dat de afvoerbuizen dichtslibben (zie specifieke normen). In sommige gevallen kan worden overwogen om het spoelmechanisme van een oudere urinoir te vervangen als dit niet meer aan bovenstaande vereisten beantwoordt. Toch is het belangrijk om de haalbaarheid en geschiktheid van een dergelijke ingreep te onderzoeken. Er moet met name rekening worden gehouden met de diameter en hellingshoek van de afvoerbuizen. Zo nodig moeten de verwachte ingrepen nauwkeurig omschreven worden in het bestek.

→ *Onderdelen*. Vermeld zorgvuldig alle elementen in het bestek die de aannemer moet voorzien om indien nodig de originele urinoirsystemen te vervangen of aan te passen. Onderdelen die wellicht nieuw geleverd zullen moeten worden, zijn onder andere: steunframe, bedieningsplaat, spoelmechanisme, verbindingsmof, waterslot of sifon, drukknop, afdichtingen, deksel, etc. Alle onderdelen moeten worden gecontroleerd op compatibiliteit met het bestaande systeem. Dit nagaan is makkelijker als de technische documentatie van de originele onderdelen beschikbaar is. Bepaalde onderdelen zijn soms verkrijgbaar bij professionele hergebruikhandelaars. Voor recentere modellen beschikken sanitairspecialisten meestal over compatibele onderdelen.

De meeste gerecupereerde bouwproducten worden verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten die eigen zijn aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen informatie verstrekken over het aangekochte product (voor meer informatie zie de inleidende fiche). Wanneer het sanitair vrij recent is, dan is het meestal mogelijk om de technische documentatie van de fabrikant op te sporen aan de hand van het merk en het modelnummer.

Ontwerptip!

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid urinoirs op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen om verschillende partijen te aanvaarden, en ze op een doordachte manier over het gebouw te verdelen. Bijvoorbeeld: één homogene partij per sanitaire ruimte.



Craquelé- of haarscheurvorming duidt het proces aan dat verantwoordelijk is voor het ontstaan van microscheurtjes in het glazuur. Deze kunnen ertoe leiden dat vloeistoffen in het aardewerk doordringen, wat blijvende vlekken kan veroorzaken en de ontwikkeling van pathogene stoffen kan bevorderen. Het is dus raadzaam om sanitaire toestellen af te danken wanneer er hiervan sprake is.



Chiro Itterbeek, België © Rotor



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

Een groot aantal geharmoniseerde Europese normen en nationale normen bepalen de prestatie-eisen voor verschillende fundamentele onderdelen van urinoirsystemen (pot, urinoirspoelkraan, afvoerinrichting, steunframe, etc.). We focussen hier op **recente hangurinoirs** (~20 jaar), waarbij we ons baseren op de geharmoniseerde Europese norm EN 13407 (*Wandurinoirs gemaakt van geglazuurde sanitaire keramiek of roestvrij staal*). Hoewel deze norm uitgebreide informatie bevat over nieuwe materialen, is ze ook nuttig om de geschiktheid voor gebruik van gerecupereerde urinoirsystemen te beoordelen.

Eigenschappen	Opmerkingen
Dimensionale kenmerken	Bij recente urinoirs (~20 jaar) mag je ervan uitgaan dat de aansluitmaten meestal beantwoorden aan de norm EN 80 (<i>Wandurinoirs - Aansluitmaten</i>).
Spoeleigenschap - Stankafsluiting	<p>Urinoirs worden doorgaans onderscheiden op basis van hun werking (met dynamische spoeling of met sifonwerking, met of zonder spoelrand, met of zonder specifieke sifon). Om deze informatie te bekomen is het aangewezen de oorspronkelijke technische documenten te raadplegen, of de technische gegevens die tijdens de ontmanteling werden genoteerd. Het is belangrijk ervoor te zorgen dat alle onderdelen compatibel zijn.</p> <p><i>Voorbeeld 1.</i> Urinoirs met dynamische spoeling hebben doorgaans, afhankelijk van het model, een spoelvolume tussen 0,5 l en 5 l nodig voor een debiet $\leq 0,2$ l/s. Toe- en afvoerbuizen met een kleine diameter zijn mogelijk (maar er moet rekening worden gehouden met het risico op kalkvorming). Voor een betere efficiëntie en een gelijkaardig spoelvolume moeten urinoirs met sifonwerking een debiet hebben van ongeveer 0,5 l/s en buizen met een grotere diameter.</p> <p><i>Voorbeeld 2.</i> De stankafsluiter is een waterslot dat in de sifon blijft na een spoelbeurt om te voorkomen dat er onaangename geuren uit de afvoerleidingen naar boven komen. De hoogte van het waterslot moet minstens 50 mm zijn bij urinoirs met sifonwerking en 75 mm bij een dynamische spoeling. Indien nodig kan de sifon worden vervangen.</p> <p>Wandurinoirs moeten steeds uitgerust zijn met gelijkaardige spoel- en afvoerinrichtingen als diegene die oorspronkelijk door de fabrikant werden vermeld of voorzien. De meeste sanitairspecialisten hebben de expertise om te checken of deze inderdaad overeenstemmen.</p>
Spoeleigenschap - Spoeling van de urinoirpot	<p>De spoeling moet de binnenwand van de urinoirpot naar behoren reinigen. Een visuele controle in gebruiksomstandigheden laat toe dit kenmerk te beoordelen (bv. aan de hand van fijn zaagsel). Let op, urinoirs met dynamische spoeling reinigen doorgaans maar een deel van het oppervlak (volgens de oriëntatie van de sproeikop en de mate waarin er zich vuil op heeft afgezet), terwijl urinoirs met sifonwerking normaal gezien de hele urinoirpot spoelen (groter waterverbruik).</p> <p>Bij het doortrekken mag er geen water over de rand spatten. De spoelinrichting moet de residuen verwijderen (met kleinere diameter dan de gaten van de afvoerplug), zonder dat er druppels buiten de urinoirpot terechtkomen. De doeltreffende werking van de spoeling kan gecontroleerd worden via testen met plastic balletjes of met gekleurde vloeistoffen in een urinoirpot in gebruik.</p> <p>Er kan trouwens van uitgegaan worden dat als de spoeling van een hergebruikurinoir tijdens de gebruiksfase niet goed functioneerde, de urinoirpot zichtbare sporen van slijtage zou vertonen. Via een visuele inspectie kan dit nagegaan worden.</p>
Waterabsorptie	<p>Hergebruikurinoirs in sanitair keramiek mogen geen water absorberen. De aanwezigheid van barsten, afschilferingen, kraters of craquelé op plaatsen waar het glazuur in contact komt met water hebben een negatieve impact op deze eigenschap.</p> <p>Dit aspect kan worden beoordeeld via een visuele inspectie van de functionele oppervlakken van de urinoirpot met behulp van een geschikte lichtbron. Sommige onvolkomenheden kunnen hersteld worden. De waterabsorptie kan ook worden bepaald aan de hand van de in EN 13407+A1 beschreven testmethode voor urinoirs van geglazuurd keramiek.</p> <p>De ervaring leert dat urinoirpotten van roestvrij staal sowieso aan deze vereisten beantwoorden.</p>
Weerstand tegen chemische producten	Het oppervlak van urinoirs moet bestand zijn tegen de meeste chemische producten en schoonmaakmiddelen. Uit ervaring weten we dat urinoirs in sanitair keramiek en roestvrij staal aan deze vereisten voldoen. Let op: bleekwater (en chloorhoudende producten in het algemeen) is niet aangewezen voor de reiniging van sanitair in roestvrij staal.



Eigenschappen	Opmerkingen
Druksterkte	Dit kenmerk bepaalt de stevigheid van hangurinoirs tijdens de gebruiksfase. Het is mogelijk deze installatievoorwaarde te testen door het urinoir op een glad verticaal oppervlak te monteren en er een statische belasting (bv. een last van 100 kg gedurende 1 uur) op uit te oefenen. Het urinoir mag in dat geval niet barsten, van de muur loskomen of blijvende vervormingen vertonen. Dit kenmerk is afhankelijk van de eigenschappen van het draagvlak en de gebruikte bevestigingsmiddelen.
Betrouwbaarheid van de spoelinrichting (kraan)	Er gelden bijzondere specificaties voor urinoirkranen (toevoerdruk, hydraulische kenmerken, waterdichtheid, toevoerdebiet, materialen, duurzame werking, elektrische en akoestische kenmerken, etc.). Deze parameters zijn bij hergebruiksanitair soms moeilijk te controleren. Slecht werkende kranen leiden vooral tot waterverspilling (urinoir blijft doorlopen of begint onverwacht te spoelen) en een inefficiënte spoeling (te klein debiet of volume). Afhankelijk van de situatie kunnen deze defecten gedeeltelijk worden beoordeeld bij sanitair dat in gebruik is (bv. vóór de ontmanteling). Indien nodig kunnen de kranen worden vervangen.
Gevaarlijke stoffen	Het sanitair mag geen gevaarlijke stoffen bevatten. Voor zover we weten, zit er geen enkele gevaarlijke stof in hergebruikurinoirs, tenzij in de cellen en batterijen van automatische spoelsystemen.

Beschikbaarheid

Urinoirpotten zijn vrij courante producten op de hergebruikmarkt. De beschikbaarheid hangt echter af van de gezochte hoeveelheid. Ter informatie:

Frequent	Partij van 1 stuk
Occasioneel	Partij van 2 tot 20 identieke stuks
Zelden	Partij van > 50 identieke stuks

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Ze variëren volgens het model, het materiaal en de fabrikant. Enkele vastgestelde prijzen:

- Levering urinoirs: 15-150 €/stuk
- Levering tussenschotten: 40-150 €/stuk
- Demontage: ongeveer 35-50 €/stuk
- Speciale reiniging: 10-20 €/stuk

Ook de kosten voor vervanging van ontbrekende of defecte onderdelen moeten in het budget worden opgenomen.

Zelfs rekening houdend met deze specifieke hergebruikoperaties, zijn gerecupereerde urinoirs meestal competitief met nieuwe producten; dat geldt in het bijzonder voor de modellen uit het midden- en topsegment.

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./PE
INIES-databank (FR) - Algemene informatie *	50,1
Geberit – Individuele verklaring **	42,6

* Indicatieve waarde voor PE (Product Eenheid) = urinoir in keramiek (verglaasd porselein) uit standaardassortiment met een standaardlevensduur van 20 jaar. Drukknop, afvoerplug, sifon en afdichtingen inbegrepen.

** Indicatieve waarde voor PE (Product Eenheid) = urinoir in keramiek (verglaasd porselein) uit standaardassortiment van 16 kg, met een standaardlevensduur van 20-25 jaar. Drukknop, afvoerplug, sifon en afdichtingen niet inbegrepen.



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van een hangurinoir uit een standaardassortiment de uitstoot van ~42,6 tot ~50,1 kg CO₂-eq, gerelateerd aan de productie van nieuwe exemplaren (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselaauto voor een traject van ~250 tot ~300 km.

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het product

Het gebruik van wastafels voor lichaamsverzorging en hygiëne heeft zich doorheen de tijd over vele culturen ontwikkeld tot standaardpraktijk. De geleidelijke ontwikkeling van de infrastructuur voor de aan- en afvoer van water in de grote steden tijdens de 19e eeuw ligt aan de basis ligt van de moderne wastafels. Deze zijn zeer nauw verbonden met de waternetwerken en hebben vandaag de dag een vaste plaats in elk gebouw.

Van eind 19e tot begin 20e eeuw werden wastafels versierd met een grote variëteit aan motieven. Heel wat fabrikanten boden hun klanten de mogelijkheid om de standaardmodellen te personaliseren met een uitgebreide keuze aan patronen. Deze decoratieve stijl maakte in de eerste helft van de vorige eeuw geleidelijk plaats voor meer uitgepuurde modellen en vormen.

Vandaag bestaat er een ruim assortiment aan wastafels, die zich kenmerken door:

→ Het **materiaal**: sanitair keramiek (verglaasd porselein of geglaazuurd gres), plaatstaal, geëmailleerd gietijzer, roestvrij staal of kunststof (acryl, kunsthars, etc.).

→ Het **bevestigingssysteem**: hangend, op een voet of zuil, geplaatst op of ingebouwd in een meubel of werkblad.

→ Het **gebruik**: huishoudelijk of publiek, een of meer wasbakken.

→ Hun **vorm, uiterlijk** en **kleur**.

→ De **verbinding** met toe- en afvoerbuizen: de aan- of afwezigheid van een overloop en van een of meer kraangaten, afmetingen van de afvoerplug, manuele afsluiting (dop) of mechanische afsluiting (wastafelplug met trekknop), etc.

Deze fiche focust op recente wastafels afkomstig uit woningen en publieke gebouwen. Dit zijn zeker niet de enige beschikbare modellen op de hergebruikmarkt (antieke lavabo's komen ook voor), maar wel de meest voorkomende. Door hun relatief makkelijk onderhoud en hun duurzaamheid zijn ze heel geschikt voor hergebruik. Bovendien zijn de Europese normen voor sanitaire toestellen de laatste 20 jaar weinig veranderd, wat de integratie van hergebruikwastafels in nieuwe installaties bevordert.

De algemene principes in deze fiche zijn ook toepasbaar op het hergebruik van handwassers (kleine wastafels die vaak in toiletten voorkomen), uitgietsbakken (voor het wegspoelen van afval- of schoonmaakwater) en bidets (voor de intieme hygiëne). In deze fiche zullen we het niet hebben over kranen. Die kunnen, afhankelijk van de situatie, hergebruikt worden in hun oorspronkelijke staat, hersteld of vervangen worden. Over het algemeen hebben leidingbuizen geen lange levensduur. Daarom wordt hergebruik-sanitair vaak geïnstalleerd met nieuwe leidingbuizen en kranen.



Hangende wastafel: bevestigd met pluggen of ophangbeugels



Dubbele wastafel voor huishoudelijk gebruik



Collectieve wastafel in roestvrij staal



Uitgietsbakken



Wastafel op voet: rustend op een geprofileerde centrale steun



Ingebouwde wastafel, in een kast of wastafelblad



Recuperatie van het product

Door hun vrij vlotte demontage lenen wastafels zich goed voor hergebruik in situ of recuperatie door professionele handelaars. De interesse van handelaars voor deze elementen hangt sterk af van het model, de hoeveelheid en de algemene staat van de partij in kwestie. Grote partijen identieke stuks, zoals we ze aantreffen in collectieve gebouwen (scholen, kantoren, etc.), zijn over het algemeen in trek. Maar kleinere partijen van stijlvolle wastafels kunnen evengoed de belangstelling wekken van professionals.

→ *Beoordeling van het hergebruikpotentieel.*

Een 'deskundig oog' kan meestal het behoud- en hergebruikpotentieel inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of op basis van foto's en technische informatie over de fabrikant, het model en de afmetingen. Aandachtspunten zijn onder andere:

- De algemene staat: Zijn de wastafels beschadigd (barsten, breuken, etc.)? Lekken ze niet? Is er vuilafzetting (kalkaanslag, schimmelvorming, etc.)? Is de toplaag in goede staat?
- De staat van de onderdelen (afvoerplug, zuil, consoles, afdichtingen, etc.) en, indien nodig, de mogelijkheid om ze te vervangen.
- Hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de hoeveelheid, het behoud- of verkooppotentieel, het reinigings- en onderhoudsgemak, etc;
- De logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige behandelingen, transport, etc.

→ *Demontage.* Een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de installatie, de uitrusting en de onderdelen te garanderen. Vooraf dient eerst de watertoevoer afgesloten worden. De functionele onderdelen en specifieke steunelementen moeten correct geïnventariseerd worden. Het is raadzaam om te noteren hoe de onderdelen bevestigd zijn zodat ze nadien weer vlot kunnen gemonteerd worden. De wastafels worden gesorteerd op kwaliteit, kleur en afmetingen. Tot slotte worden de lavabo's zodanig verpakt dat barsten en breuken voorkomen worden en dat de lavabo's niet tegen elkaar kunnen stoten. De wastafel kan bijvoorbeeld met de vlakke achterkant op een zachte ondergrond geplaatst worden om te vermijden dat ze op een niet-gedemonteerde kraan



Demontage van wastafels voor hergebruik

rust, en beschermende tussenplaten kunnen de verschillende stuks van elkaar scheiden.

→ *Opslag.* Het sanitair wordt best opgeslagen op een droge en stofvrije plek.

→ *Behandelingen, onderhoud en reiniging.*

Hergebruikwastafels worden meestal verkocht na een oppervlakkige reiniging met een mild zuur (bijvoorbeeld azijn) voor kalksporen en met klassieke ontvetters. Resten van stopverf en mortel moeten worden verwijderd. Het is aangewezen geen schuurmiddelen of staalborstels en dergelijke te gebruiken om vuil weg te nemen. Ze kunnen immers de oppervlaktelaag beschadigen.

Sommige vaklui bieden een grondige reiniging en ontsmetting van keramisch sanitair aan om hardnekkige aanslag (zoals kalk, mortel, verf en stopverf) te doen verdwijnen. Na het wegnemen van de metalen onderdelen worden de toestellen eerst in een zuurbad gedompeld en nadien met een hogedrukreiniger schoongemaakt en afgespoeld.

Als de glazuurlaag door oppervlakkige stoten plaatselijk beschadigd is, kan ze met een speciaal product hersteld worden. Gebruiksklare kits zijn vlot verkrijgbaar in de handel.

→ *Transport en levering.* De nodige voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen om tijdens het transport en de levering barsten en breuken te vermijden (beschermende tussenplaten, bescherming van de hoeken, omsnoering van pallets, etc.).



Verwijdering van resten hechtmiddel



Uitgietsbak voor en na een diepgaande reiniging



Showroom van een hergebruikhandelaar

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Controle van de staat van het glazuur

Het is mogelijk de staat van de glazuurlaag met een alcoholstift te testen. Als de markering gemakkelijk uitgewist kan worden, is het glazuur nog in goede staat. Zo niet, is het glazuur waarschijnlijk 'poreus' geworden.



Poreus glazuur (links) vs glazuur in goede staat (rechts)



Toepassingen en plaatsing

Er is geen verschil tussen de plaatsing van hergebruikwastafels en die van nieuwe wastafels. Dezelfde aandachtspunten zijn van toepassing: de eigenschappen en staat van de draagmuur, de plaatsingshoogte, de geschiktheid voor gebruik door personen met een beperkte mobiliteit (PBM), de producten en technieken voor plaatsing en opvoeding, de aansluitingen en leidingbuizen, de afdichtingen, de kranen, de installatietijd, de kosten, het specifiek onderhoud, etc.

Er moet altijd rekening worden gehouden met de Europese productnormen (EN 14296 en EN 14688), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen. Om de plaatsing te vergemakkelijken ziet het projectteam toe op het gebruik van wastafels die aan de volgende kenmerken beantwoorden:

→ **Types en afmetingen.** Deze moeten voldoen aan de beschreven vereisten. Als er wat marge voorzien wordt voor de afmetingen zal dit de zoektocht naar een geschikte partij op de hergebruikmarkt meestal vergemakkelijken.

→ **Staat.** De hergebruikwastafels mogen geen grote barsten of breuken vertonen, omdat die kunnen leiden tot lekken. Kleine gebreken, zoals sporen van oppervlakkige slijtage, kalksporen of vlekken, tasten de waterdichtheid van de wastafel evenwel niet aan.

→ **Onderdelen.** In geval van versleten of defecte onderdelen moet worden nagegaan of de hergebruikwastafels compatibel zijn met de (nieuwe of gerecupereerde) vervangkranen en -onderdelen, met name: dop, mechanische klep, trekmechanisme, specifieke bevestigingsmiddelen, aansluitingen, stopkraan en rozet, externe overloop, afvoerplug en -rooster of afvoerset met sifon. Dit nagaan is makkelijker als de technische documentatie van de originele onderdelen beschikbaar is. Voor recente modellen beschikken sanitairspecialisten meestal over compatibele onderdelen.

Het is raadzaam goed op te letten als de installatiewijze verandert. Zo zijn de meeste hangwastafels aan de achterkant niet geglazuurd, wat ze dus minder geschikt maakt voor een gebruik als opzetwaskom.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (voor meer informatie, zie de inleidende fiche).



Ontwerptip!

Veranderen van kraansysteem is mogelijk, maar het moet zorgvuldig omschreven worden in het bestek. Zo is het bijvoorbeeld haalbaar om van een systeem met aparte koud- en warmwaterkranen over te stappen op een mengsysteem. In dat geval moeten kraangatstoppen worden voorzien om de ongebruikte kraangaten af te dekken.



Hergebruik van een wastafel, particulier project (BE) © Sophie Boone



Hergebruik van wastafels, Chiro Itterbeek (BE) © Rotor



Hergebruik van uitgietsbakken, Bar Mono Le Terrain Vague, Paris (FR) © FAIRE AVEC architecture



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese normen EN 14688 en EN 14296 omschrijven de relevante kenmerken (naargelang de context) om te bepalen of wastafels geschikt zijn voor gebruik in woningen en voor collectief gebruik. Hoewel deze normen uitgebreide informatie bevatten voor nieuwe materialen, kunnen ze ook nuttig zijn om de geschiktheid voor gebruik van gerecupereerde wastafels te beoordelen.

Eigenschappen	Opmerkingen
Draagkracht	Dit kenmerk bepaalt de stevigheid van hang- of zuilwastafels tijdens de gebruiksfase (indien de plaatsingsinstructies van de fabrikant correct gevolgd worden). In het geval van hergebruikwastafels kan deze prestatie in gebruiksomstandigheden getest worden (bij gebrek aan instructies van de leverancier kan er beroep gedaan worden op de expertise van een sanitairspecialist) door er een statische belasting op uit te oefenen (bv. twee zakken van 50 kg gedurende 1 uur op een wastafel met standaardafmetingen leggen). De wastafel mag niet barsten, breken of een blijvende vervorming vertonen die de afvoer van water belemmert. Bij bidets kan de druksterkte getest worden met een belasting van 400 kg (~ 4 kN) gedurende 1 uur.
Waterafvoer	De vorm van de wasbakbodem moet zo ontworpen zijn dat het water bij het openen van de afvoerplug vlot wegloopt zonder te blijven staan. Dit kan worden gecontroleerd door water te gieten in wastafels die in gebruik zijn. Dit kenmerk is ook van toepassing op de wastafelrand (bv. ter hoogte van de geïntegreerde zeepbakjes).
Weerstand tegen temperatuurveranderingen	De sanitaire toestellen moeten bestand zijn tegen thermische schokken (temperatuurverandering van het water). Uit ervaring weten we dat wastafels van sanitair keramiek, roestvrij staal, geglaazuurd staal en glas aan deze vereisten voldoen.
Weerstand tegen chemische producten	Het oppervlak van sanitaire toestellen moet bestand zijn tegen courante chemische producten en schoonmaakmiddelen. Uit ervaring weten we dat wastafels van sanitair keramiek, roestvrij staal, geglaazuurd staal en glas aan deze vereisten voldoen. Let op: het gebruik van bleekwater (en chloorhoudende producten in het algemeen) wordt afgeraden voor sanitair van roestvrij staal.
Slijt- en krasvastheid	Dit kenmerk is vooral van toepassing op wastafels in kunststof (bijv. acryl). In geval van hergebruik mag er worden aangenomen dat een wastafel die al gebruikt is geweest en geen slijtplekken/krassen vertoont (en waarvoor een hergebruik in gelijkaardige omstandigheden wordt overwogen) in zekere mate heeft bewezen slijt- en krasvast te zijn. Deze deductie kan worden beoordeeld op basis van een visueel of grondiger onderzoek.
Reinigbaarheid	Dit kenmerk houdt voornamelijk verband met het oppervlak, de vorm en de eigenschappen van het materiaal waarin de wastafel is uitgevoerd. Vormen met scherpe hoeken zijn doorgaans moeilijker te reinigen. Op dezelfde wijze zijn poreuze materialen (sommige steensoorten of cement) vatbaarder voor aanslag. Ook beschadigingen door slijtage, zoals afgesprongen stukjes in de glazuurlaag, kunnen het reinigen bemoeilijken. Een zorgvuldige visuele inspectie kan al een waardevolle indicatie geven van de reinigbaarheid. Indien nodig kunnen sommige kleine onvolkomenheden hersteld worden.
Bescherming tegen overlopen	De aanwezigheid van een overloop garandeert de afvoer van water, zonder over te lopen, als de hoofdafvoerplug afgesloten is. De capaciteit van de overloop hangt dan af van het toevoerdebiet. Dit vermogen kan beoordeeld worden in gebruiksomstandigheden. Als er geen overloop is wordt aangeraden ervoor te zorgen dat de afvoer altijd open blijft.



Craquelé- of haarscheurvorming duidt het proces aan dat verantwoordelijk is voor het ontstaan van microscheurtjes in het glazuur. Die kunnen ertoe leiden dat vloeistoffen in het aardewerk doordringen. Ze kunnen op die manier blijvende vlekken veroorzaken en de ontwikkeling van pathogene stoffen bevorderen. Het is dus raadzaam om sanitaire toestellen af te danken wanneer er hiervan sprake is.



Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./PE	kg CO ₂ eq./kg
INIES-databank (FR) – Algemene informatie - geglazuurde keramiek *	104,0	-
INIES-databank (FR) – Collectieve informatie AFISB - wit porselein **	62,0	2,1
INIES-databank (FR) - Algemene informatie - geglazuurd staal ***	68,8	-
INIES-databank (FR) - Algemene informatie - kunststof ****	54,6	-

* *Indicatieve waarde voor PE (Product Eenheid) = Wastafel uit het standaardassortiment in geglazuurd keramiek met een standaardlevensduur van 20 jaar. De kranen en afvoerelementen zijn niet inbegrepen.*

** *Indicatieve waarde voor PE (Product Eenheid) = Wastafel op zuil uit het standaardassortiment van 50 tot 70 cm breed, in porselein (~ 30 kg) met een standaardlevensduur van 20 jaar. De kranen zijn niet inbegrepen.*

*** *Indicatieve waarde voor PE (Product Eenheid) = Inbouwastafel van geglazuurd staal (10 kg) met een standaardlevensduur van 20 jaar. De kranen zijn niet inbegrepen.*

**** *Indicatieve waarde voor PE (Product Eenheid) = Inbouwastafel van acryl (8 kg) met een standaardlevensduur van 20 jaar. De kranen zijn niet inbegrepen.*



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van een wastafel uit het standaardassortiment de uitstoot van ~55 tot ~104 kg CO₂-eq., gerelateerd aan de productie van nieuwe wastafels (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto voor een traject van ~328 tot ~624 km.

Beschikbaarheid

Keramische wastafels zijn vrij courante producten op de hergebruikmarkt. Hun verkrijgbaarheid hangt echter af van de gezochte hoeveelheid. Ter informatie:

Frequent	Partij van 1 stuk
Occasioneel	Partij van 2 tot 10 identieke stuks
Zelden	Partij van > 10 identieke stuks

Om de kansen te vergroten de nodige hoeveelheid wastafels op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen om grote oppervlakken op te splitsen in kleinere partijen (bijvoorbeeld door in elke ruimte andere modellen te voorzien).

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Ze variëren volgens het model, het materiaal en de fabrikant. Design-wastafels, wastafels op een zuil met strakke lijnen uit de jaren 1950 en gekleurde lavabo's uit de jaren 1970 zijn erg populair. Enkele voorbeelden van prijzen:

- Levering: 20-200 €/stuk voor de modellen uit het standaardassortiment
- Demontage: ongeveer 40-50 €/stuk
- Reiniging: 10-20 €/stuk

Bovenop die tarieven moet er soms nog een toeslag worden voorzien voor de vervanging van afdichtingen, kranen of andere onderdelen, alsook voor een reiniging of ontkalking.



Geïllustreerde handleiding voor de demontage van wastafels en kranen: <https://reuse.brussels/nl/lavabos-et-robinetterie/>

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



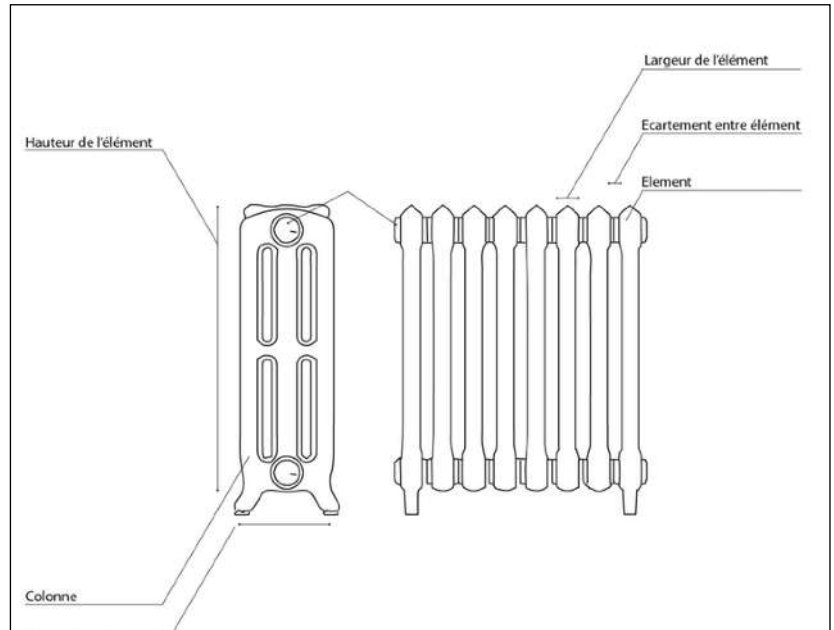
Beschrijving van het product

Gietijzeren radiatoren (hierna ook kortweg 'radiatoren' genoemd) verschenen op de markt in de tweede helft van de 19de eeuw. Tussen 1910 en 1970 werden ze op grote schaal geproduceerd voor centrale verwarmingsinstallaties, waarna ze stelselmatig vervangen werden door modellen uit plaatstaal. Men treft ze ook vandaag nog aan in privéwoningen, scholen, ziekenhuizen of kantoorgebouwen uit die periode. Vooral de 'kolomradiator' is courant beschikbaar op de hergebruikmarkt. Deze komt in een grote variëteit aan stijlen en afmetingen voor. Andere, vlakke modellen zijn dikwijls ook beschikbaar.

Gietijzeren radiatoren zijn samengesteld uit meerdere aan elkaar geschakelde 'secties', ook wel 'elementen' genoemd, waarvan de afmetingen variëren naargelang het model. Doorheen de secties circuleert warm water waarvan de warmte wordt vrijgegeven door straling en, in mindere mate, convectie (de verhouding tussen straling en convectie is afhankelijk van het type, de afwerking en de kleur van de radiator). De secties zijn onderling verbonden met een schroefdraadverbinding of 'nippel' die na de recuperatie best worden verwijderd zodat de radiator grondig gereinigd en/of gerestaureerd kan worden. Het nominaal vermogen van een radiator kan worden gewijzigd door het aantal secties aan te passen. Dit vereist de nodige kennis en vaardigheden, en het correcte gereedschap en apparatuur om druktesten te kunnen uitvoeren.

Gietijzeren radiatoren zijn zeer geschikt voor hedendaagse warmteproductiesystemen (systemen met lagetemperatuurverwarming, warmtepompen, etc.). Hoewel ze zwaar en relatief broos zijn neemt hun populariteit opnieuw toe, vooral wegens de aangename stralingswarmte die ze afgeven en de energiebesparing die ze kunnen opleveren. Gerecupereerde gietijzeren radiatoren zijn relatief duur, maar goedkoper dan equivalente hedendaagse modellen of replica's. Hergebruikhandelaars bieden vaak dezelfde garanties aan als leveranciers van nieuwe modellen.

→ **Types:** gietijzeren radiatoren zijn te vinden in uiteenlopende modellen; secties bestaan uit 1 tot 9 kolommen, hebben afgeronde of scherpe hoeken, zijn al dan niet decoratief afgewerkt (bijvoorbeeld met bloemen), en er bestaan speciale 'bordenwarmer'-modellen.



Schematische voorstelling van een gietijzeren radiator © Rotor en Sixième Continent

De afmetingen van de modulaire elementen variëren maar liggen gewoonlijk tussen H [34 tot 105] cm x L [7 tot 22] cm x B [5 tot 6,5] cm. Elke sectie weegt 3 tot 13 kg en levert een verwarmingsvermogen van 35 tot 240 W naargelang het type warmteproductiesysteem en het werkingsregime, de gewenste kamertemperatuur, de temperatuur van de buitenlucht, en de kleur en afwerking van de radiator.

→ **Kleur:** gereviseerde gietijzeren radiatoren zijn doorgaans standaard behandeld met een roestwerende grondlaag (een ruwe afwerking in mat antracietgrijs). Het type en de kleur van de verf die daarop aangebracht wordt bepalen deels de verhouding tussen de stralings- en convectiewarmte. Radiatoren met een zwarte of andere donkerkleurige afwerking geven meer stralingswarmte af, en verwarmen daardoor efficiënter dan radiatoren met een lichtkleurige afwerking. Om verontreiniging van gerecupereerde radiatoren te vermijden krijgen ecologische verven met een laag VOS-gehalte de voorkeur boven verven op basis van polyurethaan.

→ **Accessoires:** gespecialiseerde hergebruikhandelaars bieden verschillende accessoires aan, zoals nieuwe (thermostatische) kranen, drukverminderaars en adapters voor aansluiting op hedendaags leidingen, gietijzeren pootjes, bevestigingsbeugels, etc.



Klassieke kolomradiator



Klassieke kolomradiator



Kolomradiatoren met bloemenmotief



Recuperatie van het product

Gietijzeren radiatoren zijn makkelijk te recupereren en lenen zich uitstekend voor hergebruik. Ze zijn dan ook courant te vinden op de hergebruikmarkt. In het geval van hergebruik in situ kunnen gespecialiseerde handelaars of dienstverleners het projectteam bijstaan bij het reviseren/restaureren van de radiatoren. Deze handelaars zijn vaak ook geïnteresseerd in de aan- en verkoop van de loten en kunnen het goede verloop van de volgende operaties garanderen:

→ **Demontagetests (of deskundig advies):** deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van een demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of op basis van foto's en technische informatie over het model, de fabrikant, de afmetingen, het vermogen, etc. Aandachtspunten zijn onder andere:

- de algemene staat van de radiatoren. Dit gebeurt door een controle op beschadigingen aan de toestellen of hun deklaag. Roest- of watervlekken onder de radiator kunnen wijzen op een lek of op het feit dat de radiator bevroren is geweest.
- hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, de grootte van het lot, de eventuele nodige reparaties, het verkooppotentieel, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidssduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Installatie:** een zorgvuldige demontage is er op gericht de integriteit van de radiatoren en hun accessoires te waarborgen. Het is aangewezen om na het ledigen van de installatie eerst de thermostatische kraan en bevestigingsbeugels te demonteren, alvorens over te gaan tot de demontage van de radia-



© Rotor en Sixième Continent

Hoewel gietijzeren radiatoren uit afzonderlijke elementen samengesteld zijn, is het niet raadzaam ze tijdens de demontage in verschillende stukken te breken. Mocht dit overwogen worden om de werflogistiek te vergemakkelijken, is het altijd het beste eerst het advies in te winnen van de professional die de radiatoren zal reviseren/restaureren.



© Lionel Billiet

Indien nodig kunnen de secties van elkaar gescheiden worden door de verbindingen nauwkeurig door te knippen.

tor zelf. De radiatoren worden gesorteerd volgens model, kwaliteit en afmetingen. De bevestigingsbeugels worden bewaard. Het hoge gewicht van bepaalde gietijzeren radiatoren vereist specifieke hef- en hijsapparatuur. De meeste gespecialiseerde handelaars voeren de demontage niet zelf uit maar staan

in voor het transport nadat de radiatoren tot de gelijkvloers gebracht zijn.

→ **Stockage:** aangezien gietijzeren radiatoren minder gevoelig zijn aan corrosie dan hun equivalenten uit plaatstaal en doorgaans volledig worden gereviseerd, worden ze na hun demontage volledig leeggemaakt van water en tijdelijk buiten, horizontaal gestapeld opgeslagen. Een langdurige stockage buiten kan de toekomstige installatie echter bemoeilijken. Bovendien kan het gewicht van een hoge stapel radiatoren haarscheurtjes veroorzaken. Na een grondig onderhoud worden de radiatoren verticaal, niet gestapeld opgeslagen, beschermt tegen vorst en de weersomstandigheden.

Loodverf op oude gietijzeren radiatoren komt vaak voor. In dat geval is het sterk aangeraden de radiatoren te laten decaperen en/of opnieuw te verven



Gedemonteerde radiatoren



Opslag voor onderhoud



Opslag na onderhoud (bij voorkeur verticaal)



→ **Behandelingen:** de gespecialiseerde hergebruikhandelaars onderwerpen de gerecupereerde radiatoren aan een grondig onderhoud. Er bestaan verschillende methodes, maar de meeste radiatoren ondergaan minstens de volgende behandelingen:

- decaperen van de (soms toxische) oude verf;
- slibvrij maken van de secties om een optimale thermische prestatie te garanderen;
- hogedrukreiniging;
- luchtgommen/zandstralen van het oppervlak om roestvlekken te verwijderen zonder de wanden te perforeren;
- indien nodig: herdimensioneren door het aantal secties aan te passen om aan het vereiste thermisch vermogen te beantwoorden;
- indien nodig: vervangen van de nippels;
- indien nodig: herstellen of vervangen van schroefdraad en blindstoppen;
- aanbrengen van een roestwerende grondlaag;
- aanbrengen van een ecologische of polyurethaan lak volgens het RAL kleursysteem (poederlak wordt afgeraden);
- controle van de waterdichtheid door een druktest onder 4 tot 8 bar.

→ **Transport en levering:** gietijzer is relatief broos en weinig schokbestendig. De nodige maatregelen moeten worden genomen tijdens het transport en de levering om deuken en krassen te beperken (voorzien van afstandhouders, beschermen van de hoeken, de radiatoren rechtopstaand transporteren, vastzetten van de palletten, etc.). Men dient rekening te houden met het hoge gewicht van bepaalde radiatoren. Gelakte radiatoren worden soms geleverd met een lakstift om oppervlakkige schade te corrigeren.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.



Chemische decapage



Vervanging van de blindstoppen © Lionel Billiet



Druktest © Decapfonte



Hogedrukreiniging



Verven



Levering van gereviseerde radiatoren © Lionel Billiet



Toepassingen en plaatsing

Bij het kiezen van verwarmingstoestellen dient men over het algemeen rekening te houden met de gewenste prestaties (zie § 'eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'), de esthetiek, het thermisch comfort, etc. Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (EN 442-1), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

Het ontwerp van een verwarmingsplan op basis van gerecupereerde radiatoren verschilt weinig van een ontwerp op basis van nieuw toestellen. Dankzij hun modulariteit is het mogelijk de klassieke gietijzeren modellen volledig te herdimensioneren en hergebruikradiatoren 'op maat' te bestellen. Het herdimensioneren van zeldzame modellen, daarentegen, is moeilijker tot onmogelijk, omdat de stock aan secties veel kleiner is. De meeste gespecialiseerde verkopers kunnen u bijstaan bij het ontwerp en de keuze van de radiatoren.

→ **Vereist vermogen** of de energiebehoefte van de ruimtes die moeten worden verwarmd. Dit wordt bepaald door de klimaatzone waarin het gebouw zich bevindt, het type en het volume van de ruimtes, de algemene isolatie van het gebouw, het verwarmingssysteem, etc.

→ **Nominaal vermogen van de radiator** of het vermogen van een radiator om warmte te genereren. Dit wordt berekend op basis van het type radiator (model, afmetingen, aantal secties) en het werkingsregime van het warmteproductiesysteem. Voor de courante modellen kunnen de verkopers deze informatie verstrekken. Indien de fabrikant onbekend is of de berekeningsmethode is gewijzigd (bijvoorbeeld in het geval van een systeem met lagetemperatuurverwarming), kan deze informatie worden verkregen uit online beschikbare tabellen (i.e. <http://radiateur-fonte.com>, <https://www.radiastyl.fr>).

→ **Afmetingen van de radiatoren**: Dit is afhankelijk van het vereiste vermogen, het nominale vermogen en de omvang van de radiatoren, de beschikbare ruimte, etc.

De plaatsing van gerecupereerde gietijzeren radiatoren is identiek aan die van equivalente nieuwe radiatoren. Beide zijn geschikt voor dezelfde plaatsingsmethodes (met muurbeugels of steunvoeten). Er dient rekening gehouden te worden met dezelfde aandachtspunten, met name: thermisch vermogen, aansluitmogelijkheden, waterdichtheid van de radiator en de aansluitingen, conformiteit van de accessoires (thermostatische kranen, ontluchters, blindstoppen), esthetiek, veiligheid (afgeronde hoeken), aanbrengen van een warmtereflecterend oppervlak achter de radiator, etc. Om de plaatsing te vereenvoudigen dient het projectteam de verwachtingen met betrekking tot de volgende kenmerken te preciseren:

→ **Types en afmetingen**: deze moeten overeenstemmen met de door het projectteam aangegeven vereisten omtrent het gewenste thermische vermogen.

→ **Staat**: gereviseerde radiatoren moeten waterdicht, vrij van roestvlekken en compatibel met het gewenste aansluitingssysteem zijn.

→ **Hoeveelheid**: om de kans te verhogen voldoende toestellen te vinden op de hergebruikmarkt kan het projectteam ervoor kiezen de gewenste hoeveelheid op te delen in kleinere loten van verschillende modellen.

→ **Accessoires**: de blindstoppen, nippels, (thermostatische) kranen, ontluchters en bevestigingssystemen kunnen vervangen of hersteld worden. De meeste van deze accessoires zijn beschikbaar als hergebruik- of nieuwe producten (zowel hedendaagse modellen als replica's van oude modellen) bij de professionele handelaars.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de



Caserne de Reuilly, Paris Habitat (FR) - Hergebruik in situ van 85 gietijzeren radiatoren. © Rotor en Sixième Continent

staat waarin ze verkeren). In het specifieke geval van gietijzeren radiatoren bieden leveranciers **tot 20 jaar garantie aan** op hun producten. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (voor meer informatie, zie de inleidende fiche).



Nieuwe kranen, replica van een oud model



Showroom van een hergebruikhandelaar

Wist je dat?

Het is tegenwoordig mogelijk om met oude gietijzeren radiatoren elektrisch te verwarmen door in de radiator een geïsoleerde elektrische weerstand te installeren.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 442 bepaalt de relevante eigenschappen (in functie van de context) voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van radiatoren en convectoren. Hoewel deze kenmerken beschreven worden voor toestellen geproduceerd na 2002, kunnen ze ook nuttig zijn om het specifieke geval van hergebruikradiatoren te bekijken.

Eigenschappen	Opmerkingen
Brandreactie	De brandreactie van een gietijzeren radiator is sterk afhankelijk van de dikte van de oppervlaktebehandeling. De verflaag die door professionele handelaars met een verfpistool wordt aangebracht is minder dan 1mm dik (oppervlaktemassa <math><1 \text{ kg/m}^2</math>). Gietijzeren hergebruikradiatoren kunnen dus worden beschouwd als niet brandbaar materiaal en behoren zonder voorafgaande tests tot de Europese brandreactieklasse A1.
Toxiciteit	Loodverf op oude gietijzeren radiatoren komt vaak voor. In dat geval is het sterk aangeraden de radiatoren te laten decaperen en/of opnieuw te verven. De verf die aangebracht wordt tijdens de revisie/restauratie van de radiatoren moet voldoen aan de geldende normen (in het bijzonder met betrekking tot VOS).
Waterdichtheid en drukbestendigheid	De radiator moet kunnen weerstaan aan een druk van 1,69 keer de maximale systeemdruk. Gerecupereerde gietijzeren radiatoren worden voor verkoop doorgaans onderworpen aan een druktest (4 tot 8 bar) om hun waterdichtheid te controleren. Hergebruikhandelaars bieden doorgaans 5 tot 20 jaar garantie aan op de waterdichtheid van hun producten.
Oppervlaktetemperatuur	/
Thermisch vermogen en stooklijn	<p>Het exacte thermische vermogen van een gerecupereerde radiator kan niet worden berekend volgens de tests beschreven in de norm EN 442-2. Deze eigenschap wordt geëvalueerd aan de hand van het type radiator (model, afmetingen, aantal secties) en het werkingsregime van het warmteproductiesysteem. Voor de meest courante modellen is de nodige informatie doorgaans beschikbaar bij de verkopers. In andere gevallen of als de berekeningsmethode is gewijzigd (bijvoorbeeld in het geval van een systeem met lagetemperatuurverwarming) kan deze informatie worden verkregen op basis van online beschikbare tabellen.</p> <p>Ophopingen van kalk en corrosieslib kunnen de thermische prestaties van gerecupereerde radiatoren beperken. Het is dus raadzaam de binnenzijde correct te reinigen alvorens de radiatoren opnieuw te installeren. Voor deze behandeling dient men beroep te doen op gespecialiseerde professionals.</p>
Weerstand tegen corrosie	Bij nieuwe producten wordt deze eigenschap getest door te inspecteren op corrosie op het oppervlak na 100 uur blootstelling aan vocht. In het geval van hergebruikradiatoren uit gietijzer is deze eigenschap dus rechtstreeks afhankelijk van het correct aanbrengen van een roestwerende onderlaag.
Weerstand tegen beperkte impact	Deze eigenschap is afhankelijk van de oppervlaktebehandeling. Het is aangewezen een laag tweecomponentenverf op basis van polyurethaan aan te brengen met een verfpistool. Aangezien poederlak de nippels kan beschadigen wordt deze techniek uitgesloten.
Oppervlaktegebreken	De radiator mag geen bramen vertonen die letsels kunnen veroorzaken. Gespecialiseerde hergebruikhandelaars dienen de radiatoren grondig te inspecteren en deze gebreken te corrigeren.

Het is raadzaam na te vragen hoe en onder welke omstandigheden de gietijzeren radiatoren werden gereviseerd (deze informatie kan worden opgevraagd bij gespecialiseerde bedrijven).



Beschikbaarheid

Gietijzeren radiatoren zijn relatief gemakkelijk te vinden op de hergebruikmarkt. Hun beschikbaarheid hangt echter af van de benodigde hoeveelheden. Een indicatie van de beschikbaarheid van compatibele, klassieke gietijzeren radiatoren (1920-1970) in eenzelfde modulair systeem:

Frequent	Lot van 1 → 10 stuks
Ocasioneel	Lot van 11 → 20 stuks
Zelden	Lot > 20 stuks

Oudere, gedecoreerde radiatoren zijn zeldzamer. Het is belangrijk op te merken dat verschillende handelaars hun radiatoren pas reviseren/restaureren wanneer ze er een koper voor gevonden hebben.

Tip !

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid radiatoren op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen grote loten op te splitsen in kleinere partijen (bv. door in elke kamer een verschillend model te installeren).

Embodied carbon

Het is relatief moeilijk de ecologische impact van het hergebruiken van gietijzeren radiatoren in te schatten aangezien er voor zover ons bekend nog geen gegevens over bestaan. Niettemin kunnen de volgende opmerkingen helpen met de afweging:

→ De productie van nieuw of gerecycleerd gietijzer heeft een grote milieupact die zeker in rekening gebracht moet worden.

→ Door hun succes op de Europese hergebruikmarkt is het mogelijk dat de radiatoren grote afstanden hebben afgelegd. Vooral voor de meer antieke modellen kan de bevoorrading van hergebruikhandelaars zich over een groot gebied, tot en met de VS, uitstrekken.

→ De impact van de revisie/restauratie van radiatoren (decaperen, verven, etc.) is niet gering en moet in rekening worden gebracht.

→ De vervanging van gietijzeren radiatoren door hun plaatstalen tegenhangers is onderwerp van discussie. Gietijzeren radiatoren warmen traag op en beschikken over een goede thermische inertie, in tegenstelling tot plaatstalen radiatoren. Over het algemeen is het energieverbruik van radiatoren sterk afhankelijk van de algemene isolatie van een gebouw en het gewenste thermisch comfort.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. De vastgestelde prijzen variëren sterk naargelang het type toestel, de afmetingen, het thermisch vermogen, de afwerking en de leverancier. Meestal worden de prijzen aangegeven per sectie. Om de richtprijs van een radiator te kennen, volstaat het te vermenigvuldigen met het gewenste aantal secties.

Prijs van de levering (geverfd, geen antieke modellen):

→ Modellen met bloemen-/decoratief motief: 70 - 110 €/sectie

→ Klassieke modellen: 15 - 35 €/sectie

→ Hedendaagse modellen: 20 - 25 €/sectie

Prijs restauratie (verf inbegrepen):

→ Modellen met bloemen-/decoratief motief: 20 - 45 €/sectie

→ Klassieke modellen: 10 - 30 €/sectie

Kranen (hedendaagse modellen of replica's van oude modellen): 60 - 150 €/set

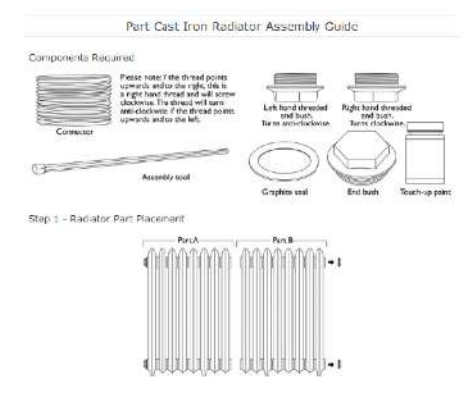
Bevestigingen (muurbeugels of steunvoeten): 10 - 15 €/stuk

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Een loodtest kan noodzakelijk of verplicht zijn (bv. in Frankrijk) om de aanwezigheid van oude loodverf (van voor 1990) op de radiatoren te detecteren. In dat geval is het sterk aangeraden de radiatoren te laten decaperen en/of opnieuw te verven. Er bestaan gespecialiseerde werkplaatsen die deze diensten aanbieden.

Gespecialiseerde leveranciers vinden

salvoweb.com
opalis.eu



Geïllustreerde handleiding voor het assembleren van gietijzeren radiatoren: <https://www.car-ron.uk.net/radiators/part-radiator-assembly-guide/>

Nombre de colonnes	Hauteur avec pied cm	Hauteur sans pied cm	Épaisseur élément cm	Longueur élément cm	Poids élément kg	Puissance watt Δ t 50°K
2	41,5	36,5	6,8	5,5	2	37
	61,5	56,5			2,9	49
	76,5	71,5			3,2	57
	91,5	86,5			3,9	69
	105,5	100,5			4,8	81
4	35	29,5	14,6	6	2,9	44
	45	40			4	62
	65	60			5,4	88
	80	75			6,4	110
	95	90			7,8	128
6	107	102	22,3	6	9	145
	35	29,5			4,1	64
	45	40			5,6	91
	65	60			7,8	127
6	80	75	22,3	6	9,5	159

Voorbeeld van een tabel om het vermogen van radiatoren te berekenen
<http://www.radiateurfonte.com>
<https://www.radiastyl.fr>

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.



Beschrijving van het product

Plaatstalen radiatoren en convectoren zijn zeer gebruikelijke verwarmingselementen in centrale verwarmingsinstallaties. In de toestellen circuleert warm water waarvan de warmte wordt verspreid door convectie en/of straling. Ze beschikken over een lagere thermische inertie dan hun gietijzeren tegenhangers.

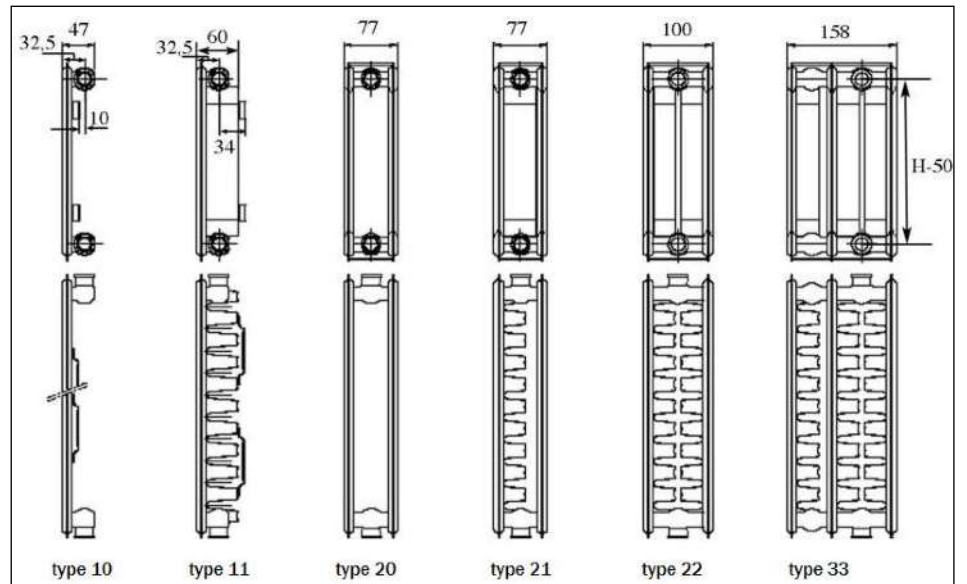
De eerste modellen radiatoren, uit gietijzer, werden vanaf de jaren 1970 stelselmatig vervangen door modellen uit plaatstaal. Later verschenen ook modellen uit aluminium (lichter en sneller opgewarmd) en roestvrij staal (zeer corrosiebestendig) op de markt.

Plaatstaal en aluminium maken een grote variëteit aan radiatormodellen mogelijk: radiatoren in secties, paneelradiatoren, designradiatoren, plintradatoren, handdoekradiatoren, kolomradiatoren, etc. Het hergebruik van gietijzeren radiatoren verschilt van dat van stalen toestellen en wordt besproken in de desbetreffende fiche.

Paneelradiatoren zijn de meest courante en goedkoopste verwarmingstoestellen op zowel de hergebruikmarkt als de markt voor nieuwe bouwmaterialen. Ze zijn samengesteld uit platen waarin water verticaal circuleert (stralingswarmte), en eventueel versierd met convectielamellen (convectiewarmte). Paneelradiatoren worden ingedeeld in verschillende types, in functie van het aantal panelen en convectie-elementen (afbeelding 1). Decoratieve elementen (radiatoromkastingen, bovenroosters, etc.) kunnen de uitrusting vervolledigen.

Enkele speciale modellen (kolomradiatoren, designradiatoren) zijn vandaag zeer succesvol op de markt voor nieuwe radiatoren, maar nog niet courant beschikbaar op de hergebruikmarkt.

Het vervangen van verwarmingstoestellen gebeurt eerder naar aanleiding van een vernieuwing van de verwarmingsinstallatie of esthetische voorkeuren dan vanwege een defect van het toestel. Stalen radiatoren worden het vaakst gebruikt in individuele woningen en middelgrote, publieke gebouwen.



Afbeelding 1: types paneelradiatoren





Recuperatie van het product

Stalen en aluminium radiatoren kunnen hetzij in situ, hetzij via professionele handelaars worden hergebruikt. Het aantal handelaars met stalen radiatoren op stock is echter beperkt, en typisch zijn het afbraakaanemers met een hergebruikstock die de elementen op hun eigen werken demonteren. Hun hergebruikwaarde hangt voornamelijk af van het model, en de grootte en algemene staat van het lot.

→ **Demontagetests (of deskundig advies):** deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan het hergebruikpotentieel van een bepaald lot meestal inschatten tijdens een bezoek ter plaatse of op basis van foto's en technische informatie over het model, de fabrikant, de beschikbare hoeveelheid, de afmetingen, etc. Men dient onder andere te letten op:

- *de algemene staat van het lot. Dit gebeurt door een controle op beschadigingen aan de toestellen en hun deklaag. Roest- of watervlekken onder de radiator kunnen wijzen op een lek en vervormingen aan de laspunten kunnen erop wijzen dat de radiator bevroren is geweest (zie verder).*
- *de staat van de accessoires. Dit gebeurt door een controle van de correcte werking van de thermostatische kraan, de staat van de spindel en pakkingbus van de thermostatische kraan, de staat van de omkasting en roosters, etc. De compatibiliteit met nieuwe accessoires is eveneens een belangrijke factor.*
- *hun commerciële waarde, afhankelijk van het model, het onderhoudsgemak, de grootte van het lot, het verkooppotentieel, etc.*
- *de logistieke omstandigheden op de demontagerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.*

→ **Demontage:** een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de toestellen en de accessoires te waarborgen. Het is aangewezen om na het ledigen van het toestel eerst de thermostatische kraan en bevestigingsbeugels te demonteren. Radiatoren waarin het water bevroren is geweest, of die scheurtjes, tekenen van roest of vervormingen vertonen aan de laspunten zijn mogelijk niet meer volledig waterdicht en kunnen niet meer worden gebruikt. De radiatoren worden gesorteerd volgens kwaliteit, kleur en afmetingen. Specifieke bevestigingsbeugels dienen te worden bewaard.

→ **Stockage:** de radiatoren worden bij voorkeur rechtopstaand opgeslagen op een flexibele drager (bijv. hout) om deuken en krasen te voorkomen. Om interne oxidatie te beperken worden ze opnieuw gevuld met water, afgesloten met stoppen en opgeslagen op een droge, vorst- en stofvrije locatie.

→ **Behandelingen:** gerecupereerde stalen en aluminium radiatoren worden in het algemeen verkocht zonder behandeld te zijn geweest, op een oppervlakkige reiniging na. In tegenstelling tot gietijzeren radiatoren worden deze radiatoren slechts zelden getest op waterdichtheid of onderworpen aan een druktest.

→ **Transport en levering:** de nodige maatregelen moeten worden genomen tijdens het transport en de levering om deuken en krasen te beperken (voorzien van afstandhouders, bescherming van de hoeken, vastzetten van de paletten, etc.).

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.



Sommige modellen plaatstalen radiatoren kunnen verward worden met gietijzeren radiatoren.





Toepassingen en plaatsing

Bij het kiezen van verwarmingstoestellen dient men over het algemeen rekening te houden met de gewenste prestaties (zie § 'eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'), de esthetiek, het thermisch comfort, etc. Er moet altijd rekening worden gehouden met de nationale en Europese productnormen (EN 442-1) alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

Het ontwerp van een verwarmingsplan op basis van gerecupereerde radiatoren verschilt weinig van het ontwerp op basis van nieuwe toestellen. Een installatie met radiatoren die het vereiste vermogen leveren kan ook samengesteld worden uit gerecupereerde toestellen. Daarvoor moet het ontwerp vooral voldoende flexibel zijn met betrekking tot het aantal radiatoren en hun grootte.

→ **Vereist vermogen** of de energiebehoefte van de ruimtes die moeten worden verwarmd. Dit wordt bepaald door de klimaatzone waarin het gebouw zich bevindt, het type en het volume van de ruimtes, de algemene isolatie van het gebouw, de verwarmingsinstallatie, etc.

→ **Nominaal vermogen van de radiator** of het vermogen van een radiator om warmte te genereren. Dit wordt berekend op basis van het type radiator (materiaal, afmetingen, aantal panelen, mate van verontreiniging, etc.) en het werkingsregime van het warmteproductiesysteem. Deze informatie is soms beschikbaar bij de oorspronkelijke fabrikant. Indien de fabrikant onbekend is of de berekeningsmethode is gewijzigd (bijvoorbeeld in het geval van een systeem met lage temperatuurverwarming) kan deze informatie worden verkregen op basis van online beschikbare tabellen of door beroep te doen op een professionele installateur.

→ **Afmetingen van de radiatoren**: Dit is afhankelijk van het vereiste vermogen, het nominale vermogen en de omvang van de radiatoren, de beschikbare ruimte, etc. Aangezien de thermische prestaties van gerecupereerde radiatoren zelden worden getest, is het aangeraden voor 10% grotere hergebruikradiatoren te kiezen dan strikt gezien noodzakelijk.



De plaatsing van gerecupereerde radiatoren is identiek aan die van nieuwe radiatoren. Beide zijn geschikt voor dezelfde plaatsingsmethodes (muurbeugels of steunvoeten). Er dient rekening gehouden te worden met dezelfde aandachtspunten, met name: thermisch vermogen, aansluitmogelijkheden, waterdichtheid van de radiator en de aansluitingen, conformiteit van de accessoires (thermostatische kranen, ontvluchters, doppen), esthetiek, veiligheid (afgeronde hoeken), aanbrengen van een warmtereflecterend oppervlak achter de radiator, etc. Om de plaatsing te vereenvoudigen dient het projectteam de verwachtingen met betrekking tot de volgende kenmerken te preciseren:

→ **Types en afmetingen**: deze moeten overeenstemmen met de door het projectteam aangegeven vereisten omtrent het gewenste thermische vermogen.

→ **Staat**: de radiatoren mogen geen barsten of schade aan de lasnaden vertonen, maar wel tekenen van oppervlakkige slijtage, vlekken of defecte accessoires. Er bestaan gespecialiseerde werkplaatsen die de verf van de radiatoren kunnen verwijderen en een nieuwe laag aanbrengen.

Ophopingen van kalk en corrosieslib aan de binnenkant van radiatoren kunnen de thermische prestaties beperken. Het is dus raadzaam een gerecupereerde radiator grondig te reinigen alvorens hem opnieuw te installeren (chemisch of mechanisch ontkalken en slibvrij maken).

→ **Hoeveelheid**: om de kans te verhogen voldoende toestellen te vinden op de hergebruikmarkt kan het projectteam ervoor kiezen kleinere partijen van verschillende modellen te installeren.

→ **Accessoires**: de aansluitingen, dichtingen, kleppen, thermostatische kranen, ontvluchters en bevestigingsystemen kunnen zeer specifiek zijn. Indien deze moeten worden vervangen dient men te controleren of de toestellen compatibel zijn met nieuwe accessoires. Bepaalde accessoires zijn soms beschikbaar bij de professionele hergebruikhandelaars.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (voor meer informatie, zie de inleidende fiche).



Geïllustreerde handleiding voor de demontage van een radiator: <https://reuse.brussels/nl/radiateurs-et-vannes-thermostatiques/>



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De geharmoniseerde Europese norm EN 442 bepaalt de relevante eigenschappen (in functie van de context) voor het beoordelen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van radiatoren en convectoren. Hoewel deze kenmerken beschreven worden voor toestellen geproduceerd na 2002, kunnen ze ook nuttig zijn om het specifieke geval van hergebruikradiatoren te bekijken.

Eigenschappen	Opmerkingen
Brandreactie	De brandreactie van een stalen radiator is sterk afhankelijk van de dikte van de oppervlaktebehandeling. De oorspronkelijke verflaag is doorgaans conform de geldende normen (dikte < 1 mm en dichtheid < 1 kg/m ²). Als er geen bijkomende verflagen worden aangebracht kunnen gerecupereerde radiatoren worden geklasseerd als niet brandbaar materiaal en behoren ze zonder voorafgaande tests tot de Europese brandreactieklasse A1.
Verwijdering van gevaarlijke stoffen	Testen op de aanwezigheid van lood kan noodzakelijk zijn om oude loodverf (van voor 1990) op de radiatoren te detecteren. In dat geval is het sterk aangeraden de radiatoren te laten decaperen en/of ze opnieuw te verven. Er bestaan gespecialiseerde werkplaatsen die deze diensten aanbieden.
Waterdichtheid en drukbestendigheid	De radiator moet kunnen weerstaan aan een druk van 1,69 keer de maximale systeemdruk. In tegenstelling tot gietijzeren radiatoren voert men zelden een druktest uit op gerecupereerde stalen en aluminium radiatoren. Een nauwkeurig visueel onderzoek volstaat om lekken op te sporen. Ook dient men zich te informeren over de omstandigheden waarin de radiatoren werden gestockeerd en of ze al dan niet blootgesteld zijn geweest aan vorst (na te vragen bij de leverancier of te onderzoeken ter plaatse voor de demontage).
Oppervlaktetemperatuur	/
Thermisch vermogen en rendement	<p>Het exacte thermische vermogen van een gerecupereerde radiator kan niet worden berekend volgens de tests beschreven in de norm EN 442-2. Deze eigenschap wordt geëvalueerd aan de hand van het type radiator (materiaal, afmetingen, aantal panelen, graad van verontreiniging, etc.) en het werkingsregime van het warmteproductiesysteem. De nodige informatie is doorgaans beschikbaar bij de oorspronkelijke fabrikant. Als de fabrikant onbekend is of als de berekeningsmethode is gewijzigd (bijvoorbeeld in het geval van een systeem met lage-temperatuurverwarming) kan deze informatie worden verkregen op basis van online beschikbare tabellen.</p> <p>Ophoppingen van kalk en corrosieslib kunnen de thermische prestaties van gerecupereerde radiatoren beperken. Het is dus raadzaam de binnenzijde correct te reinigen alvorens de radiatoren opnieuw te installeren (chemisch of mechanisch ontkalken en slibvrij maken). Aangezien de thermische prestaties van gerecupereerde radiatoren zelden worden getest, is het aangeraden voor 10% grotere hergebruikradiatoren te kiezen dan strikt gezien noodzakelijk.</p>
Weerstand tegen corrosie	Bij nieuwe producten wordt deze eigenschap getest door te inspecteren op corrosie op het oppervlak na 100 uur blootstelling aan vocht. In geval van hergebruik hangt dit kenmerk dus nauw samen met de mate van sortering van de hergebruikradiatoren. Een nauwkeurig visueel onderzoek van de partij volstaat vaak om dit te bepalen.
Weerstand tegen kleine schokken	/



Embodied carbon (cradle to gate - productie A1-A3)

	kg CO ₂ eq./FE
INIES databank (FR) – indicatief*	197
UNICLIMA – Collectieve verklaring**	98,3

* Richtwaarde voor de FE (Functionele Eenheid) = Warmwaterradiator van 1000 W met een levensduur van gemiddeld 50 jaar.

** Richtwaarde voor de FE (Functionele Eenheid) = Warmwaterradiator van 1000 W met een levensduur van gemiddeld 50 jaar. Stalen radiator met buizen of panelen van het type 21 of 22. Oppervlaktebehandeling en afwerkingslaag met anticorrosie epoxyverf. Massa: 31,74 kg.



Rekening houdend met een benodigd thermisch vermogen van 10 kW voor een woning van 100 m² voorkomt het hergebruik van 10 stalen radiatoren van 1000 W de uitstoot van ~983 tot ~1 970 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe radiatoren (enkel de productiefase). Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto voor een traject van ~5 900 tot ~11 800 km.

Beschikbaarheid

Stalen radiatoren zijn weinig courant op de hergebruikmarkt. Hun beschikbaarheid hangt af van de benodigde hoeveelheden. Ter indicatie:

Frequent	1 stuk
Ocasioneel	Lot van 2 tot 5 identieke stuks
Zelden	Lot van > 5 identieke stuks

Tip!

Om de kans te vergroten de nodige hoeveelheid radiatoren op de hergebruikmarkt te vinden, kan het projectteam ervoor kiezen grote loten op te splitsen in kleinere partijen (bv. door in elke kamer een verschillend model te installeren).

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de West-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. De vastgestelde prijzen variëren sterk naargelang het type toestel en de fabrikant. Designradiatoren uit aluminium of roestvrij staal kennen de grootste vraag. Radiatoren met onderhoudsvriendelijke panelen (verwijderbare zijkanten en roosters) zijn doorgaans duurder.

→ Standaard paneelradiatoren: 40 tot 150 €/stuk

→ Designradiatoren: 150 tot 200 €/stuk

Het kan aangewezen zijn bovenop deze prijzen een meerprijs in rekening te brengen voor het vervangen van de accessoires, het verwijderen en opnieuw aanbrengen van verf, het verwijderen van kalk, slib of ander vuil, etc.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Een loodtest kan noodzakelijk zijn om de aanwezigheid van oude loodverf (van voor 1990) op de radiatoren te detecteren. In dat geval is het sterk aangeraden de radiatoren te laten decaperen en/of opnieuw te verven. Er bestaan gespecialiseerde werkplaatsen die deze diensten aanbieden.

Gespecialiseerde leveranciers vinden



salvoweb.com

opalis.eu





ELEMENTEN VAN CEMENTBETON



- *Inleiding tot het hergebruik van elementen van cementbeton*
- Betonbreuksteen
- Betonklinkers en -tegels
- Betonwanden



**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Bellastock in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Bellastock. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

Iconografie

Figuur 1 : BENOIT J, SAUREL G, BILLET M, BOUGRAIN F, LAURENCEAU S, ADEME, BELLASTOCK, CSTB, REPAR#2 *Le réemploi passerelle entre architecture et industrie*, mars 2018, p108.



Inleiding

De fiches '1.90_Betonklinkers en -tegels afkomstig van de bewerking van betonnen constructie-elementen', '2.91_Betonwanden', '2.92_Betonbreuksteen afkomstig van de bewerking van betonnen constructie-elementen' willen verschillende mogelijkheden aanreiken voor het hergebruik van elementen van cementbeton.

Deze fiche behandelt de basisprincipes en wil een algemene beschrijving geven van het materiaal. Verder worden de belangrijkste elementen met hergebruikpotentieel geïdentificeerd. De drie andere fiches gaan dieper in op hoe specifiek de elementen in kwestie kunnen worden hergebruikt.

Alle besproken elementen maken deel uit van de constructie of de bouwschil van gebouwen.

Beschrijving van het materiaal

Cementbeton (hierna 'beton' genoemd) is een composietmateriaal dat wordt verkregen door het mengen van zand, grind, cement (gemaakt van gemalen kalksteen en klei, die worden gebakken bij zeer hoge temperaturen en vervolgens worden gemalen) en water.

De verhoudingen variëren naargelang de toepassing waarvoor het beton wordt gebruikt. Er kunnen hulpstoffen aan de samenstelling worden toegevoegd om specifieke eigenschappen te verkrijgen (bv. bindings- of hardingsversnellers of -vertragers, aanpassing van de verwerkbaarheid, etc.).

Beton is vandaag het meest gebruikte bouw materiaal ter wereld. Jaarlijks wordt er globaal meer dan zes miljard kubieke meter beton geproduceerd. Dat is bijna een kubieke meter per inwoner. Beton bezit een goede druksterkte maar geen treksterkte. Om dit te verhelpen wordt het vaak gecombineerd met staal. We spreken dan van gewapend beton.

Tegenwoordig is beton, na water, het meest gebruikte materiaal op aarde, met een verbruik van drie ton per jaar voor elke persoon ter wereld ¹.

Beton zoals wij het vandaag kennen en gebruiken, is het resultaat van technologische experimenten en ontwikkelingen die vooral in de vorige eeuw plaatsvonden. De intensieve periode van wederopbouw na de Tweede Wereldoorlog was bepalend voor de

betonindustrie: talloze uitvindingen en nieuwe bouwprocedures zagen toen het licht. Deze ontwikkelingen werden ondersteund door vele overheden, die er kansen in zagen voor efficiëntieverbeteringen en kostenbesparingen. In Frankrijk was dit de periode waarin de 'wooncomplexen' werden gebouwd, met een sterke nadruk op ter plaatse gestort en prefabbeton. Tegelijk specialiseerden enkele hoofdrôlespelers van de bouwsector zich eveneens in betonmetselwerk. Meer recent kwamen er hoogwaardige betonsoorten op de markt waarbij nieuwe bestanddelen zoals vezels in de samenstelling zijn verwerkt.

Achter één term gaan er veel verschillende soorten beton en toepassingen schuil. Toch kunnen we enkele grote categorieën onderscheiden:

→ *Indeling volgens verschillende types beton*

- **Gewapend beton** is de meest voorkomende vorm waarin staal en beton worden gecombineerd. Het is beton waarin stalen wapeningen zijn aangebracht, waarvan de plaatsing, de doorsneden, de verdeling, de verankering en de hechting verschillen naargelang de krachten die moeten worden opgevangen.
- **Vezelbeton** is beton waarin vezels (roestvrij staal, propyleen, glasvezel, koolstof, etc.) zijn verwerkt die een rasterwerk vormen dat de cohesie- en de sterkte-eigenschappen van het beton verhoogt.
- **Voor- en nagespannen beton** is beton waarop van vóór de ingebruikname een permanente drukkracht wordt uitgeoefend, zodat het tijdens het gebruik geen trekkrachten ondergaat. Deze drukkracht wordt verkregen door de wapening te spannen na het storten van het beton (nagespannen) of voor storten van het beton (voorgespannen).

→ *Indeling volgens de uitvoeringstechnieken*

- **Prefabbeton:** dit zijn elementen die ergens anders dan op de uiteindelijke plaats van bestemming worden vervaardigd (in een fabriek of werkplaats, in de buurt van het bouwwerk of op een prefabricateterrein) en vervolgens op de werf worden gemonteerd. De elementen worden met elkaar verbonden door een systeem van verankeringen en opgieten van beton, waardoor de samenhang en stabiliteit van het geheel wordt verze-

kerd. Er bestaan tal van prefabricageprocedures. Het gebruik van betonnen prefabelementen raakte wijdverbreid na de Tweede Wereldoorlog, in de context van de grootschalige wederopbouw. Prefabricage wordt vandaag nog steeds toegepast, maar voor specifiekere toepassingen (gevelplaten, skeletelementen, etc.).

- **Ter plaatse gestort beton:** beton dat drukloos in een bekisting wordt gestort. Afhankelijk van de grootte en de context van de bouwplaats, kan het beton worden geproduceerd in een betoncentrale vlak bij de bouwplaats of op een speciaal daarvoor bestemde locatie. Er bestaan zowel herbruikbare standaard bekistingsschotten als op maat gemaakte bekistingen voor complexe vormen. Afhankelijk van de structurele functie en de locatie in de constructie van het ter plaatse gestorte element, zal het meer of minder worden gewapend.

Beton is vandaag niet op de hergebruikmarkt te vinden. Sommige leveranciers van hergebruikmaterialen bieden fabrieksmatig vervaardigde betonnen straatstenen, klinkers of dakpannen aan, maar geen elementen die afkomstig zijn van de structuur van gebouwen. Momenteel gebeurt hergebruik van betonelementen dus op initiatief van de opdrachtgevers en de ontwerpers. Toch zullen er zich in de toekomst wellicht hergebruikkanalen voor betonelementen ontwikkelen.

Tot op heden hebben verschillende experimenten reeds aangetoond dat het hergebruik van betonelementen van gesloopte gebouwen voor dezelfde of andere toepassingen mogelijk is (zie fiches 1.90_Betonklinkers en -tegels afkomstig van de bewerking van betonnen constructie-elementen, 2.91_Betonwanden, 2.92_Betonbreuksteen afkomstig van de bewerking van betonnen constructie-elementen). Deze pilotprojecten tonen aan dat er verschillende manieren zijn waarop de recycling van beton (d.w.z. het vergruizen van beton tot aggregaat) vermeden kan worden, ten gunste van hergebruik.

¹ Gagg (2014), *Cement and concrete as an engineering material: An historic appraisal and case study analysis*, *Engineering Failure Analysis*, Volume 40, p. 114-140.



Niet te verwarren!

Hergebruik en recyclage van beton

Nadat het ontdaan is van zijn wapening en eventuele coatings, is beton een inert materiaal. Op veel bouwplaatsen strippen slopers de betonnen skeletten, waarna deze worden afgebroken. Het bouwpuin dat hierdoor ontstaat, wordt vervolgens vermalen tot granulaten. Afhankelijk van hun kwaliteit en korrelgrootte kunnen deze granulaten worden gebruikt voor wegenwerken of als backfill. Sommige granulaten kunnen worden toegevoegd bij de productie van nieuw beton - maar slechts in beperkte mate. Dit proces is recyclage.

Bij hergebruik wordt, in tegenstelling tot bij recyclage, een constructie-element opnieuw gebruikt met maximaal behoud van zijn formele integriteit en zijn technische en bouwkundige eigenschappen. De elementen worden dus niet verbrijzeld.

Identificatie van betonelementen die kunnen worden hergebruikt in de bouw (typologische beschrijving van de bestanddelen)

Hieronder behandelen we de betonelementen die hergebruikt kunnen worden. Een goede kennis van verschillende bouwmethododes is noodzakelijk om te bepalen of hergebruik haalbaar is en ook om de mogelijke toekomstige toepassingen in te schatten.

In de praktijk (zie figuur 1) kan de meerderheid van de meest voorkomende elementen in betonconstructies worden hergebruikt:

→ **Kolommen:** lange verticale dragende elementen. Zij nemen hoofdzakelijk de drukkrachten op die door de bovenverdiepingen verticaal worden overgedragen op de grond, via de fundering. De meest voorkomende doorsneden zijn vierkant, rechthoekig, rond of L-vormig.

→ **Balken:** lange horizontale elementen die als functie hebben om (hoofdzakelijk verticale) lasten over te brengen op steunpunten. Zij hebben doorgaans een rechthoekige doorsnede en zijn versterkt om buigmomenten (langswapening) en dwarskrachten (wapeningskoren) op te vangen.

→ **Wanden:** dit zijn verticale structurele elementen met een zekere oppervlakte. Zij dragen hoofdzakelijk verticale lasten. Door hun grote stijfheid worden wanden ook gebruikt om horizontale belastingen (wind, aardbevingen, etc.) op te vangen. Een wand is een element waarvan de lengte minimaal gelijk is aan 4-maal de dikte.

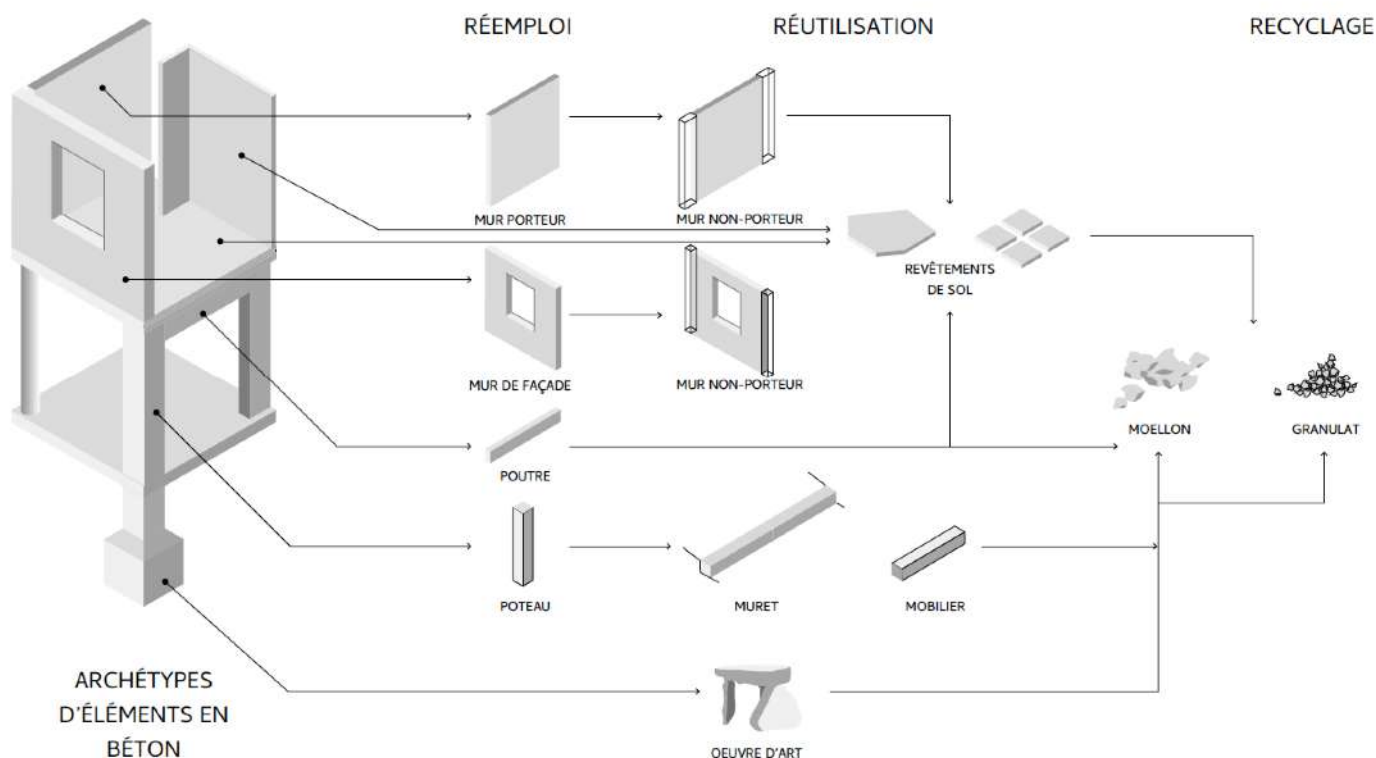
→ **Vloerplaten:** dit zijn horizontale dragende elementen met een zekere oppervlakte, die voornamelijk onderhevig zijn aan buiging. Er wordt onderscheid gemaakt tussen vloerplaten met overspanning in één richting en vloerplaten met overspanning in twee richtingen. Deze vloeren kunnen in drie hoofdgroepen worden ingedeeld: volle vloerplaten, geribde vloerplaten en een combinatie van beide. Een vloerplaat is een element waarvan de kleinste afmeting in het vlak minimaal gelijk is aan 5-maal de totale dikte. Vloerplaten zijn gewoonlijk versterkt met gelaste wapeningsnetten.

→ **Gevelplaten:** vlak en relatief dun materiaal van uniforme dikte. Deze elementen worden meestal als buitenschil gebruikt en hebben geen structurele functie.

Tip !

Om een idee te krijgen van de hergebruiksmogelijkheden van betonelementen, kan het nuttig zijn om de geschiedenis te onderzoeken van het gebouw waaruit ze afkomstig zijn en de historische context waarin dat gebouwd werd. Door archiefstukken, uitvoeringsdossiers en algemeen geschiedkundige informatie over bouwmethododes te raadplegen, kunnen dikwijls de toegepaste bouwprocedures herkend en correct begrepen worden.

Daarnaast is visueel onderzoek op het terrein essentieel, eventueel aangevuld met kernboringen, om de analyses te toetsen en te voltooien.



Figuur 1 : Belangrijkste mogelijkheden voor het hergebruik van betonelementen, voor identiek dezelfde (= réemploi) of een minder veeleisende toepassing (=réutilisation)



Belangrijkste eigenschappen van beton-elementen voor hergebruik

Ongeacht het element dat men wil hergebruiken en de beoogde nieuwe toepassing, zijn dit de basiseigenschappen die moeten worden nagegaan om de dimensionering van de toekomstige constructie mogelijk te maken:

→ *Voor het beton:*

- de afmetingen van het element;
- de fysisch-chemische samenstelling;
- de druksterkteklasse en de treksterkte;
- de milieuklasse (afhankelijk van de regio, de hoogte en de blootstelling aan weersinvloeden).

→ *Voor het staal:*

- de dimensionale karakteristieken, met name de plaats van de wapening, de diameter van de staven, de aard van het staal en de betondekking;
- de mechanische eigenschappen, met name de vloeigrens, trekspanning, relatieve rek en elasticiteitsmodulus.

Alle eigenschappen van het hergebruikbeton moeten beantwoorden aan de eisen die voor nieuw beton gelden.

De diagnose en de nauwkeurigheid van de analyse van de eigenschappen moeten worden afgestemd op de context van het project en het beoogde gebruik. Overdimensioneren van de structuur, of elementen voor een minder veeleisende dan hun oorspronkelijke toepassing gebruiken, kan een ontwerpstrategie zijn om het gebrek aan kennis over de eigenschappen of onzekerheden in verband met beschadigingen van een constructie-element te compenseren.

De typering van de betonelementen kan in stappen gebeuren, bijvoorbeeld door zich eerst visueel te vergewissen van de goede staat van de oppervlakken van het beton, vervolgens ter plaatse metingen uit te voeren om informatie te verkrijgen over de hardheid, etc.

De instrumenten en methoden die worden gebruikt in het kader van het behoud en de restauratie van betonnen erfgoedgebouwen, kunnen ook worden toegepast voor hergebruik.

Berekeningen en belangrijkste normen

→ *Ontwerpnormen:* nationale voorschriften en Eurocodes.

→ *Uitvoeringsnormen:* normen en regels van de kunst op nationaal niveau (bv.: TV, DTU, etc.) en norm EN 13670: Uitvoering van betonconstructies.

→ *Productnormen:* voor prefab betonproducten (structureel en niet-structureel).

→ *Proefnormen:* in het geval van hergebruik gaat het hoofdzakelijk om proefnormen in verband met de bepaling van de eigenschappen van uitgehard beton.



Disclaimer

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Bellastock in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Bellastock. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

Iconografie

Figure 1 : BENOIT J, SAUREL G, BILLET M, BOUGRAIN F, LAURENCEAU S, ADEME, BELLASTOCK, CSTB, REPAR#2 *Le réemploi passerelle entre architecture et industrie*, mars 2018, p108.



Beschrijving van het materiaal

Deze fiche beschrijft het proces waarbij bepaalde soorten betonpuin afkomstig van de sloop van gebouwen als breukstenen worden gebruikt voor de bouw van keermuurtjes, afsluitingen, schanskorven en andere toepassingen in de landschapsarchitectuur - bouwcomponenten die traditioneel van natuursteen worden gemaakt.

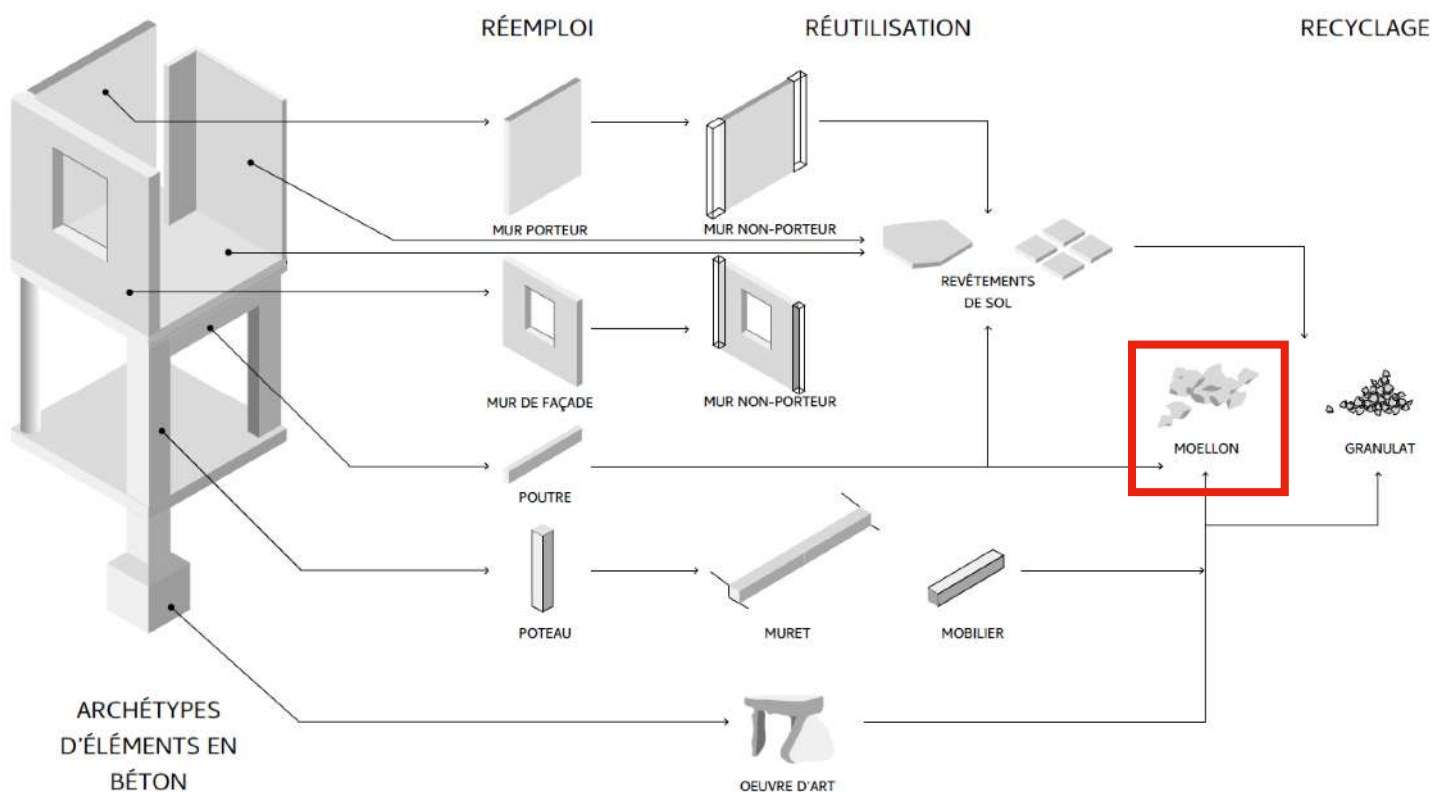
In principe komen alle betonelementen die in een gebouw aanwezig zijn in aanmerking voor een gebruik als breuksteen. Het meest geschikt is evenwel betonpuin dat afkomstig is van de afbraakwerf, reeds gebroken, en dat geen (of zeer weinig) wapeningsstaal bevat (om het risico op verwondingen bij het hanteren te beperken).

Het puin van wanden en vloerplaten levert onregelmatige blokken of platen op met twee vlakke zijden. Deze vormen regelmatige en vlakke legvlakken. Bij de afbraak van kolommen en balken ontstaan in de praktijk meestal onregelmatigere blokken waarvan het formaat overeenkomt met het volume tussen de wapeningen (afhankelijk van de grootte van de elementen en de hoeveelheid en plaats van de wapening).

Hergebruik van dit bouwpuin als breuksteen verschilt in verschillende opzichten van het recycleren van beton, waarbij het puin vermalen wordt om granulaten te produceren (wat tot op heden de meest gangbare verwerkingsmethode voor betonpuin blijft). Bij rechtstreeks hergebruik van de breukstenen wordt het bouwpuin namelijk niet vermalen, zodat de stukken relatief groot blijven.



Brokstukken betonpuin bij de afbraak van een toren in Clos Saint Lazare in Stains (FR).



Figuur 1. Belangrijkste mogelijkheden voor het hergebruik van betonelementen, voor identiek dezelfde (= réemploi) of een minder veeleisende (=réutilisation) toepassing.



Recuperatie van het materiaal

De recuperatie van betonbreuksteen op een sloopwerf vindt plaats tussen de afbraak van het gebouw en het vermalen van het bouwpuin. Het proces bestaat uit een opeenvolging van fasen:

→ **Vooronderzoek.** Door voorafgaande visuele inspectie van de bouwelementen kunnen de mogelijke vormen van de breuksteen al worden bepaald (de afmetingen, vormen en wapening van af te breken elementen zijn hiervan op invloed). Ook het advies van beton-specialisten en de beschikbare documentatie over het te slopen gebouw kunnen nuttige informatie verschaffen.

Aan de hand van dit vooronderzoek moet het ook mogelijk zijn om de haalbaarheid en wenselijkheid van de recuperatie van het puin als breukstenen te beoordelen op basis van het af te breken betonvolume, de hoeveelheid materiaal die kan worden gerecupereerd, de eigenheid van de afbraakwerf, etc. Gelet op het nog experimentele karakter van deze praktijk is het verstandig zich te baseren op het advies van sloopbedrijven. Eventueel kunnen tijdens de afbraak praktische proeven worden verricht om de voorgestelde technische oplossing te toetsen en indien nodig aan te passen.

→ **Verzamelen.** Er zijn twee manieren om de breukstenen te verzamelen:

- Sortering tijdens de afbraakfase, gevolgd door bewerking ter plaatse op de afbraakwerf om de gewenste breukstenen te verkrijgen.
- Sorteren van het bouwpuin na afbraak.

In beide gevallen kan de opbrengst worden verhoogd door het gebruik van aangepaste zeven.

→ **Bewerking.** De bewerking van betonbreuksteen is over het algemeen vrij gemakkelijk. Ze bestaat hoofdzakelijk uit een aanpassing van de vorm tijdens de plaatsing. Ze kan ook stappen omvatten waarbij gecontroleerd wordt op de aanwezigheid van resterend staal, om dit te verwijderen. Elementen die lastig zijn om te bewerken dienen kunnen om economische redenen worden afgekeurd. Indien de organisatie van het project dit toelaat, wordt het bewerken van de breukstenen best uitgevoerd door de plaatser ervan.

→ **Opslag.** De opslagomstandigheden moeten worden bepaald in functie van de algemene organisatie van de bouwplaats, de bestemming van de materialen en het volume dat moet worden opgeslagen.

Voor gebruik in situ wordt de voorkeur gegeven aan opslag op een vrijstaand talud, zo dicht mogelijk bij de werf. Door een opslagterrein in te richten met scheidingsmuren kan de voorraad sterker worden geconcentreerd zodat deze minder grondoppervlakte inneemt.

→ **Transport en levering.** De betonnen brokstukken kunnen met een dumper of kiewagen worden vervoerd en op de nieuwe bouwplaats in langwerpige hopen (taluds) worden gestort om het materiaal makkelijk bereikbaar te maken.

Het is raadzaam een beroep te doen op gespecialiseerde vakmensen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.

Toepassingen en plaatsing

Betonpuin kan voornamelijk worden hergebruikt als breuksteen binnen de landschapsarchitectuur, bijvoorbeeld als (lage) muurtjes, of voor andere toepassingen die typisch uit natuursteen worden uitgevoerd. Het is raadzaam zich te baseren op de technische referentiedocumenten met betrekking tot de uitvoering van dit type bouwwerk (bijvoorbeeld in Frankrijk, de « Règles professionnelles : Travaux de mise en place de murets paysagers, d'ouvrages de retenue de sols et d'escaliers N° : C.C.4-R0).

De muren worden uitgevoerd door breukstenen op elkaar te stapelen. Deze kunnen onregelmatig zijn of één of meer vlakke zijden hebben. De betonbreukstenen moeten plat worden gelegd.

Net als bij landschapsarchitectuurelementen uit natuursteen kunnen de betonbreukstenen zowel droog als vastgemetseld worden geplaatst.

De vorm van de betonbreukstenen en de regelmaat van hun afmetingen kunnen van invloed zijn op de keuze van het verband. Omgekeerd kan de verwachte regelmaat van de voeg van invloed zijn op de keuze van de vorm van de breukstenen.

Hoe dan ook moet erop worden toegezien dat de stenen correct in verband worden geplaatst. De betonblokken moeten in alternerende rijen worden gelegd, zodat elke verticale voeg uitkomt op een blok. Er mogen aan de voor- en achterzijde niet meer dan drie voegen op één punt uitkomen. Ook moet worden vermeden dat een koude voeg door meer dan twee leglagen loopt. Men dient er ook voor te zorgen dat er ten minste één kimblok is voor elke twee zichtblokken, of dat de kim- en zichtblokken elkaar afwisselen. De grootste blokken moeten in de hoeken worden geplaatst.

Om de plaatsing te vergemakkelijken, ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden die een zekere mate van homogeniteit vertonen met betrekking tot de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van de partij.** De betonbreukstenen moeten homogene eigenschappen hebben. Dit kan betekenen dat er moet nagegaan worden of alle breukstenen van dezelfde bron afkomstig zijn.

→ **Afmetingen.** De geometrie en het gewicht van de elementen kan worden gespecificeerd om ze makkelijker te kunnen hanteren (bv. ervoor zorgen dat elke breuksteen minder dan 25 kg weegt). Afhankelijk van de gekozen toepassing kan gevraagd worden dat de breukstenen twee vlakke zijden hebben. Er kunnen nog andere voorschriften worden opgesteld in functie van de toepassing van de breukstenen als vlakke bekleding, hoekelement of als toplaag.

→ **Staat.** de betonbreukstenen kunnen kleine beschadigingen vertonen, zoals oppervlakkige slijtagesporen, vlekken, schimmels, uitbloeiingen, etc. Ze mogen echter geen gebreken vertonen die wijzen op een betongebreken, maar ook geen zichtbare scheurvorming, afschilfering, vervorming of barsten.



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De eisen met betrekking tot de fysische en mechanische eigenschappen houden rechtstreeks verband met de mechanische sterkte en duurzaamheid van de betonbreukstenen.

Wat de mechanische eigenschappen van modulaire betonelementen betreft, komen de normatieve eisen uit DTU 20.1 *Travaux de bâtiment – ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs* (Franse norm).

Eigenschappen	Commentaar
Afmetingen (lengte, breedte), regelmatigheid van de vorm	<p>Voor breukstenen als vlakke bekleding:</p> <ul style="list-style-type: none"> → De betonbreukstenen moeten met de hand kunnen worden gehanteerd (gewicht < 25 kg) → Er mag geen wapening buiten het vlak van de breukstenen uitsteken → De zijden moeten loodrecht op elkaar staan voor het legpatroon → De zijden moeten vlak zijn <p>Voor breukstenen als hoekelementen of toplaag:</p> <ul style="list-style-type: none"> → Er mag geen wapening buiten het vlak van de steen uitsteken → Breukstenen met rechte randen zijn het best geschikt voor dit gebruik
Dikte van de breukstenen	<p>Toegestane afwijkingen:</p> <ul style="list-style-type: none"> → De dikte van de kimblokken moet ongeveer anderhalf maal de hoogte van de laag zijn, en minstens gelijk aan 30 cm. → De dikte van de breukstenen die als buitenbekleding worden gebruikt, moet ongeveer gelijk zijn aan de hoogte van de laag. → Voegdikte ≥ 10 cm voor een bouwwerk bestaande uit lagen breuksteen.
Oppervlaktekwaliteit	Betonbreukstenen die gebreken vertonen die wijzen op een niet-homogene structuur, of met zichtbare scheurvorming, afschilfering of vervorming moeten worden verwijderd.
Porositeit/Waterabsorptie	Poreusheid kan worden beoordeeld volgens EN 1936. De bepaling van de waterabsorptieweerstand is niet vereist voor de eerste markeringsaanduiding zoals gedefinieerd door de normen EN 1338 en EN 1339.
Wapeningsstaal	Bij betonbreukstenen mag er geen staal zichtbaar zijn.

In geval van specifieke en veeleisende toepassingen kunnen parameters die te maken hebben met eigenschappen zoals de mechanische sterkte, vorstbestendigheid of porositeit worden gemeten en gekwantificeerd door middel van proeven die worden uitgevoerd door erkende laboratoria.

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES databank (FR) - Individuele Verklaring - ALBAMIEL - Muren uit natuursteen ALBAMIEL, dikte van 15 tot 45 cm (v.1.1) *	11,4	0,02
INIES databank (FR) - Collectieve Verklaring - Association Pierres du Sud - Muur uit Zuid-Franse zandsteen (v.1.2) ***	12,2	0,02
INIES databank (FR) - Collectieve Verklaring - CERIB - Betonblok (plaatsing met dikke voegen) (v.1.8) ***	30,6	0,14

* Muur uit natuursteen van 15 tot 45 cm. Transport: 1623 km.

** Dragende muur in massieve natuursteen, dikte 40 cm. Transport: 100 km..

*** Hol betonblok B40, 20 x 50 x (20 à 25 ht) plaatsing met dikke voegen (gemetseld). Door het product afgelegde afstand: 57 km.

Opm.: de productiestadia (A1-A3) van de mortel werden toegevoegd wanneer deze niet waren meegerekend in de INIES-fiche.



Volgens deze bronnen voorkomt de uitvoering van 100 m² metselwerk voor landschapsarchitectuur uit betonbreukstenen de uitstoot van ~300 kg CO₂ eq. die gerelateerd aan de productie van nieuwe betonblokken of natuursteen. Dit komt overeen met de uitstoot van een kleine dieselauto over een afstand van ~1200 km.



Beschikbaarheid

Betonbreukstenen voor hergebruik zijn niet commercieel beschikbaar. Maar aangezien het materiaal afkomstig is van de recuperatie van betonnen bouwpuin (de belangrijkste fractie sloopafval), is de potentiële beschikbaarheid ervan groot. Bij vrijwel elk sloopproject wordt betonbreuksteen geproduceerd. In dat opzicht is het niet onmogelijk dat dit product een aanvulling zal vormen op het aanbod aan betongranulaten die worden geproduceerd door het vermalen van sloopafval.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Tijdens het vooronderzoek kunnen bepaalde beperkingen worden opgelegd, met name wanneer er sprake is van vervuiling met gevaarlijke stoffen:

→ Beton dat chemische aantasting onderging door contact met de bodem en het natuurlijke grondwater (wat overeenstemt met de drie blootstellingsklassen XA1, XA2 en XA3 van de norm NF EN 206).

→ Eventuele aanwezigheid van gipsresten op het beton, wat in principe onverenigbaar is met een toepassing als vloerbedekking. De blootstelling aan water kan namelijk leiden tot de vorming van zwellende mineralen zoals ettringiet, wat op termijn kan leiden tot beschadiging van de klinker of tegel.

→ Mogelijke aanwezigheid van asbest op het oppervlak van betonnen elementen (brandwerende gevelisolatie, voeg, lijm van de binnenbekleding, etc.) Een voorafgaande asbestverwijdering uit het gebouw kan een oplossing zijn om de betonelementen van asbestresten te ontdoen. Een betonelement dat tijdens zijn vorige gebruik in aanraking is geweest met asbest, hoeft daarom niet automatisch te worden afgekeurd voor herge-

Inspiratie!

In het kader van het project van de 'fabrique du Clos' in de wijk Clos-Saint-Lazare in Stains (Seine-Saint-Denis, Frankrijk) werden twee plaatsingsmethoden getest: een droge plaatsing en plaatsing in mortel.

Voor de eerste versie werd er een muurtje uit betonbreukstenen opgetrokken zonder mortelspecie en aan de 3 zijden bekist. Vervolgens bracht de aannemer een zelfverdichtend beton aan om de stenen langs hun niet-zichtbare kant vast te metselen, alsmede een pleisterlaag. Dit geeft een effect van uitstekende stenen met een holle voeg.

Voor de tweede versie werd rondom een bekisting aangebracht en nadat deze met losse breukstenen was gevuld, werd een zelfverdichtend beton gegoten. Vervolgens werden de zijden bewerkt tot de breukstenen zichtbaar waren.



Natuurmettselwerk voor landschapsarchitectuur van betonbreukstenen afkomstig van de afbraak van een woongebouw dat werd gebouwd tussen 1966 en 1970. De fabrique du Clos is een locatie waar de hergebruiksmogelijkheden van betonelementen afkomstig van afbraak worden gedemonstreerd. Ze werd aangelegd en gebouwd met materialen die afkomstig zijn van de sloop van gebouwen in het kader van het stadsvernieuwingsproject van Clos-Saint-Lazare.



Disclaimer

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Bellastock in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

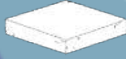
Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Bellastock. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

Iconografie

Figuur 1 en Figuur 2: BENOIT J, SAUREL G, BILLET M, BOUGRAIN F, LAURENCEAU S, ADEME, BELLASTOCK, CSTB, *REPAR#2 Le réemploi passerelle entre architecture et industrie*, mars 2018, p108.



Beschrijving van het materiaal

De betonklinkers en -tegels die in deze fiche behandeld worden, zijn modulaire elementen die worden verkregen door betonelementen met twee vlakke, evenwijdige zijden (zoals vloerplaten, wanden of balken) te verzagen, te klieven of met een graafmachine te breken. De zo bekomen stukken kunnen vervolgens als bestratings- en betegelingselementen worden gebruikt. Ze verschillen van reguliere betonklinkers die rechtstreeks hiervoor geproduceerd werden. Hun hergebruik is eveneens mogelijk is maar wordt hier niet besproken.

Klinkers en tegels die werden verkregen door bewerking van betonnen constructie-elementen (hierna klinkers en tegels genoemd) kunnen geschikt zijn voor tal van buitentoepassingen: landschapsinrichting, buitenaanleg bij gebouwen, wegen en andere publieke ruimtes.

Tegels duiden hier op dunnere elementen die eerder geschikt zijn voor lichtere toepassingen. Klinkers op dickere elementen voor zwaardere toepassingen.

In de praktijk kunnen tegels en klinkers die uit betonelementen verzaagd zijn een onregelmatige omtrek hebben. Doorgaans hebben ze maten tussen 20 cm en 40 cm zodat ze makkelijk te hanteren zijn.

Momenteel zijn bestratings- en betegelingselementen die afkomstig zijn van de bewerking van betonnen constructie-elementen niet beschikbaar op de hergebruikmarkt. Meestal gaat het om initiatieven van opdrachtgevers en ontwerpers die gebruikmaken van kansen die zich voordoen binnen een specifiek project.



Vergelijking van een onregelmatig gevormde betontegel afkomstig van een afbraakproject met een normale nieuwe tegel



Diverse soorten betonnen bouwelementen kunnen worden gerecupereerd voor de productie van tegels en klinkers, met name:

→ *Ter plaatse gestorte dragende binnenwanden*. Dit zijn structurele muren die zich binnen in het gebouw bevinden, loodrecht op het gevelvlak. Deze muren zijn gewoonlijk 15 tot 20 cm dik. Ze zijn meestal zo hoog als een verdieping, nl. ongeveer 250 cm in een woongebouw (zie fiche '2.91. Betonwand' voor meer informatie).

→ *Prefabplaten*. Er is een grote verscheidenheid aan soorten prefabplaten. Terwijl sommige zeer dik zijn (>15 cm) en veel wapening bevatten, zijn andere dunner (~10 cm) met minder (of geen) wapening. Dit geldt met name voor platen die worden gebruikt voor binnenwanden. Deze laatste zijn zeer geschikt om tot tegels en klinkers te worden verzaagd (zie fiche '2.91. Betonwand' voor meer informatie).

→ *Druklagen op breedplaatvloersysteem*. Het betreft hier een vloersysteem dat bestaat uit een breedplaatvloer van variabele dikte (minimaal 5 cm in het geval van voorgespannen materialen) waarop vervolgens een druklaag (van ongeveer 10 cm dik) werd gestort. De afmetingen van de breedplaten zijn afhankelijk van de overspanning van de vloer. Gemiddeld zijn ze 2,50 m breed met een over-

spanning van maximaal 5 m. Dit systeem is vaak te herkennen aan de gladde onderzijde van de vloer en de aanwezigheid van een doorlopende voeg loodrecht op de richting van de ondersteunende balken. Toch is het mogelijk dat een bezoek ter plaatse niet volstaat om dit systeem met zekerheid te herkennen. Onderzoek van de originele documenten (specifiek met betrekking tot de uitvoering van de werken) kan dan aanvullende informatie opleveren.

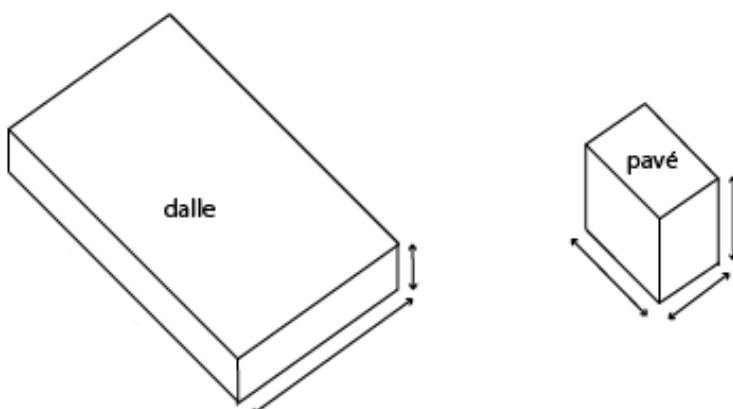
Om te bepalen welke bouwelementen het meest geschikt zijn om verzaagd te worden, moet rekening gehouden worden met verschillende aspecten, zoals:

→ *Dikte*. Deze moet voldoende zijn om te beantwoorden aan de plaatsings- en gebruiksvoorschriften voor de tegels en klinkers (zie verder § 'Toepassingen en plaatsing').

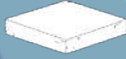
→ *Wapening*. De aanwezigheid van wapening in de elementen bemoeilijkt doorgaans de ontmanteling, hun bewerking tot tegels en klinkers en de plaatsing daarvan. Daarom is het interessanter uit te kijken naar elementen met weinig of geen wapening (meestal de binnenwanden).

→ *Staat van de oppervlakken*. Indien nodig kunnen oppervlaktebewerkingen worden overwogen om de eigenschappen van de oppervlakken aan te passen.

→ *Logistieke afwegingen*. Met name in verband met bereikbaarheid, verplaatsingen en planning van de bouwplaats.



Figuur 1. Indicatieve vormeigenschappen van een tegel (= dalle) en een klinker (= pavé).



Recuperatie van het materiaal

De recuperatie van betonnen elementen geschikt om verzaagd te worden bestaat uit verschillende stadia:

1. Vooronderzoek
2. Demontage van de oorspronkelijke elementen
3. Bewerking van de oorspronkelijke elementen tot tegels of klinkers
4. Extra behandelingen
5. Opslag en transport

Voor sommige van deze stappen, met name de demontage en de bewerking, zijn tamelijk zware machines nodig. Deze vereisen een goede voorbereiding en dienen nauwgezet binnen de rest van de sloopwerkzaamheden ingepland te worden. De elementen moeten namelijk zorgvuldig uit het gebouw worden verwijderd en vervolgens op de grond worden bewerkt. Dit betekent dat er snijwerkzaamheden moeten worden verricht op de afbraakwerf (met name om de verankeringswapening bloot te leggen die de prefabelementen met elkaar verbinden) en hefwerktuigen moeten worden ingezet (waarbij zo nodig verankeringspunten moeten worden aangebracht om de hijskabels te bevestigen).

Sowieso moeten er in overleg met de veiligheidscoördinator de nodige voorzorgsmaatregelen worden getroffen.

→ **Vooronderzoek.** Dit laat toe de haalbaarheid en rentabiliteit na te gaan van een demontage van dergelijke elementen met het oog op een bewerking tot klinkers of tegels. Gezien het experimentele karakter van deze methode is het verstandig het advies in te winnen van bedrijven die gespecialiseerd zijn in het slopen en zagen van beton, en om zich te baseren op ervaring met soortgelijke voorbeeldprojecten.

→ **Demontage.** Een zorgvuldige demontage is erop gericht de elementen niet te beschadigen en ze correct te sorteren. De mate van zorgvuldigheid en nauwkeurigheid die vereist is, moet in verhouding staan tot de eisen met betrekking tot het toekomstige gebruik van de tegels en de klinkers. Voor minder veeleisende toepassingen zullen snelle slooptechnieken volstaan, voor meer veeleisende projecten zal er een grotere zorgvuldigheid tijdens de demontage aan de dag gelegd moeten worden.

De ontmantelingswerken kunnen op twee manieren uitgevoerd worden :

- A. **Ontmanteling van boven naar beneden.** Bij deze methode wordt een gebouw van boven naar beneden gesloopt. De materialen worden doorgaans meteen afgevoerd via de liftschachten of via een glijgootsysteem. Bij deze methode komen de te recupereren elementen dus vrij naarmate de afbraak vordert. In de werfplanning moet rekening worden gehouden met de handelingen die nodig zijn voor het zagen van de wanden en/of het uit het gebouw hijsen van de prefabplaten. Indien de afbraakwerf dit toelaat kan worden overwogen de elementen direct na hun ontmanteling te verzagen op de vereiste afmetingen, zodat het materiaalvolume dat vervolgens moet worden verplaatst beperkt kan worden.
- B. **Recuperatie tijdens de sloopfase door middel van een graafmachine.** Met deze techniek wordt het gebouw sneller gesloopt en worden de herbruikbare elementen nadien uit het puin gehaald. Deze methode heeft het voordeel dat het afbraakproces niet wordt vertraagd, maar is veel onzekerder wat de resultaten betreft. Sowieso moet met het sloopbedrijf overleg worden hoe er een minimum aan resultaten te garanderen, bijvoorbeeld door vermenging te beperken en om te voorkomen dat bepaalde elementen onbruikbaar worden.

→ **Bewerkingen.** De productie van klinkers en tegels uit min of meer volledige betonelementen (hele wanden en vloerplaten of stukken daarvan) vereist op zijn minst een bewerking van de randen en een kalibrering om een product van het gewenste formaat te verkrijgen dat gemakkelijk kan worden geplaatst.

Zeer onregelmatig gevormde stukken kunnen in opus incertum worden gelegd. Hierdoor kunnen de nodige handelingen worden beperkt tot een bewerking van de randen, die geleidelijk door de aannemer uitgevoerd kan worden tijdens het plaatsen van de elementen. Deze uitvoeringswijze vereist specifiek vakmanschap en kost relatief veel tijd in vergelijking met andere legverbanden.

Orthogonale klinkers en tegels kunnen worden verkregen door de oorspronkelijke elementen op de gewenste afmetingen te verzagen. Het zagen kan worden uitgevoerd door middel van een railzaag of een portaal-

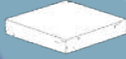
zaag met draaitafel. Deze laatste installatie kan in drie richtingen bewegen en biedt een hogere verwerkingscapaciteit. De plaatsing van een dergelijke installatie moet grondig worden bestudeerd.

Opmerking: het gebruik van een hydraulische splijtmachine zoals gebruikt wordt bij de productie van natuursteenklinkers, is nog niet uitgetoetst voor beton. Voor grote volumes zou deze oplossing mogelijk financieel interessant zijn, maar hoe beton zich bij een dergelijke bewerking gedraagt is nog niet geweten.

→ **Extra behandelingen.** Afhankelijk van de eisen in verband met het beoogde gebruik, kunnen klinkers en tegels extra behandelingen ondergaan, zoals:

- **Oppervlaktebehandelingen.** Er bestaan tal van oppervlaktebehandelingen voor beton: punthameren, polijsten, gritstralen, etc. In het geval van vloerbedekkingen zijn deze behandelingen meestal bedoeld om ze minder glad te maken. Maar ze kunnen ook worden uitgevoerd omwille van esthetische redenen (bv. om de korrel van het beton te benadrukken) of om de duurzaamheid te verbeteren (bv. slijtsterkte en weerstand tegen vervuiling).
- **Behandeling van de porositeit.** Om het risico op betonschade (met name door vriesdooicycli) te verminderen, kan het gebruik van een poriënvullend product helpen om het betonoppervlak waterafstotend te maken.

Bij de keuze van deze oppervlaktebehandelingen rekening moet steeds rekening worden gehouden met eventuele originele coatings die nog aanwezig kunnen zijn op de klinkers en tegels.



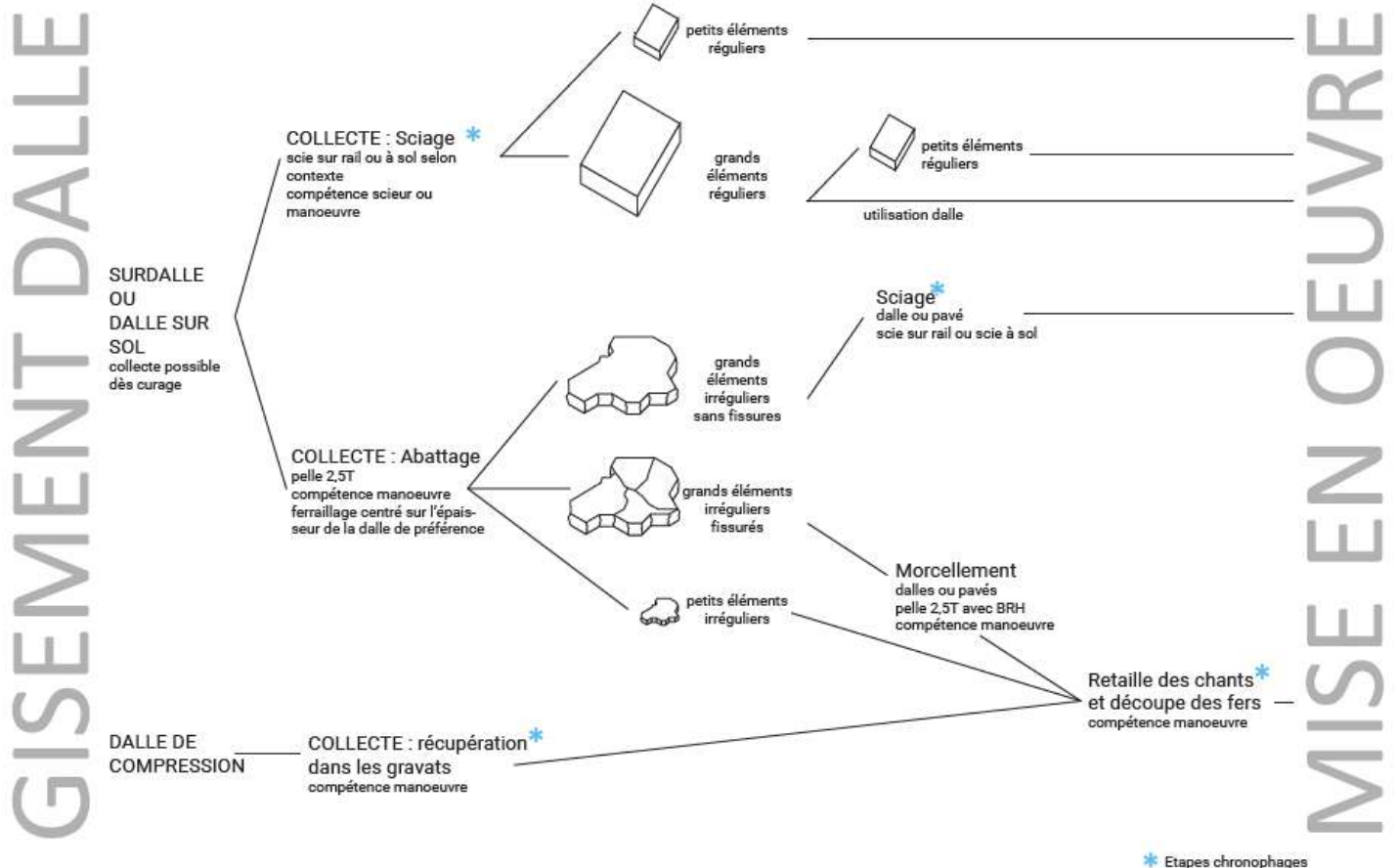
→ **Opslag.** Tegels en klinkers kunnen op palletten worden verpakt. Let op voor het hoge gewicht van deze elementen. De elementen moeten op het pallet op hun plaats worden gehouden een krimp- of rekfolie of door ze te omsnoeren (let op voor overmatig verpakingsafval). De elementen worden best in 'halfsteens verband' op de palletten gestapeld voor voldoende stabiliteit.

Grote elementen kunnen op elkaar worden gestapeld met houten afstandhouders tussen de elementen.

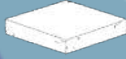
Hoewel ze van nature inert zijn, wordt aanbevolen de tegels en klinkers bij langdurige opslag te beschermen tegen de weersinvloeden (bv. door ze af te dekken met een zeil of overdekt op te slaan).

→ **Transport en levering.** Tijdens het transport en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden om te vermijden dat de elementen vallen of tegen elkaar stoten (bv. door ze met spanbanden op de palletten vast te binden). Tenzij speciale hulpmiddelen worden gebruikt, moeten de elementen plat worden vervoerd. Er kan echter ook gebruik worden gemaakt van racks om de elementen op hun smalle zijkant te transporteren. De voorziene hefwerktuigen moeten geschikt zijn voor de afmetingen en het gewicht van de te hanteren elementen.

Het is raadzaam een beroep te doen op gespecialiseerde vakmensen om ervoor te zorgen dat deze handelingen goed worden uitgevoerd.



Figuur 2. Recuperatie van een druklaag, van demontage (= gisement) tot product dat geplaatst kan worden (= mise en oeuvre). De controle van de technische eigenschappen van het beton wordt uitgevoerd vóór de inzameling (= collecte). De staat van de materialen wordt in elke fase van het proces gecontroleerd.



Toepassingen en plaatsing

Tegels en klinkers afkomstig van betonnen bouwelementen worden voornamelijk gebruikt als buitenvloerbedekking.

Bij hun plaatsing moeten dezelfde aandachtspunten en voorschriften in acht worden genomen als voor vergelijkbare nieuwe producten, met name: gladheid, duurzaamheid, plaatsingsmethoden, fundering, hellingen, dikte van de voegen, etc. Deze zijn opgenomen in de volgende normen: straatstenen voor wegen en openbare ruimten: EN 1338 Betonstraatstenen - Eisen en beproevingsmethoden ; Proeformen, waaronder EN 12371 Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de vorstbestandheid, EN 14231 Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de weerstand tegen uitglijden door middel van de slingermethode, EN 1936 Beproevingmethoden voor natuursteen - Bepaling van de werkelijke dichtheid en de schijnbare dichtheid en van de totale poreusheid en de open poreusheid, en EN 13242 Toeslagmaterialen voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor civieltechnische- en wegenbouw.

Om de plaatsing te vergemakkelijken, ziet het projectteam erop toe dat er partijen gebruikt worden die een zekere mate van homogeniteit vertonen met betrekking tot de volgende kenmerken:

→ **Samenstelling van de partij.** De herkomst van de materialen moet de homogeniteit van hun eigenschappen garanderen, m.a.w. het is best betonelementen te gebruiken afkomstig vanop dezelfde afbraakwerf, met dezelfde toepassing, etc.

→ **Afmetingen.** De voorkeur moet worden gegeven aan elementen die makkelijk te hanteren zijn. Ter informatie: een formaat met een diameter van 20 tot 40 cm, met twee evenwijdige vlakke zijden en een totale massa van minder dan 25 kg, is zeer geschikt. Het gebruik van grootformaattegels is niet onmogelijk, maar vereist speciale machines en

uitvoeringstechnieken. Er moeten dan uitvoeringsstudies worden verricht en overleg worden gepleegd met gespecialiseerde bedrijven.

De dikte van de klinkers en tegels is afhankelijk van de dikte van de gerecupereerde bouwelementen. In functie van de gebruiksbelasting en de mechanische eigenschappen van het beton dient te bekijken of ze volstaat. Als richtlijn kunnen de volgende afmetingen in aanmerking worden genomen voor gebruik onder normale omstandigheden:

Maattolerantie: het dikteverschil tussen de tegels/klinkers moet < 3 mm zijn.

De voegen tussen de klinkers moeten 2 tot 4 mm breed zijn. Grotere voegen dienen goedgekeurd te worden in functie van de gebruiksbelasting. Over het algemeen is het gemakkelijk als de afmetingen van de elementen tamelijk homogeen zijn, om een aanvaardbare voegbreedte te garanderen tijdens de plaatsing.

→ **Kleur.** De kleur is sterk afhankelijk van het beton (over het algemeen in grijs tinten) en verschilt naargelang de kwaliteit, de datum en de plaats van productie. Verschillen kun-

nen ook het gevolg zijn van belastingen tijdens de gebruiksfase, van eerdere behandelingen, etc. Tenzij het project uitdrukkelijk het gebruik van welbepaalde kleuren vereist (bijvoorbeeld in de context van een erfgoedrenovatie), wordt aanbevolen tamelijk soepel te zijn aangaande dit kenmerk.

→ **Staat.** Betonklinkers of -tegels voor hergebruik kunnen kleine beschadigingen vertonen, zoals oppervlakkige slijtagesporen, vlekken, schimmels, uitbloeiingen, etc. In principe hebben deze geen invloed op de gebruiksgeschiktheid. De elementen mogen echter geen gebreken vertonen die wijzen op betongebreken, maar ook geen zichtbare scheurvorming, afschilfering, vervorming of barsten, anders worden ze afgekeurd.

→ **Hoeveelheid.** het materiaalverlies tijdens het demontage- en 'productie'-proces van de tegels en klinkers moet vooraf worden onderzocht, om te kunnen beoordelen of er voldoende gebruiksklaar materiaal bekomen zal worden.



Ontwerptip!

Wanneer de toepassing het toelaat verdient een droge plaatsing de voorkeur boven een plaatsing in mortelbed. Deze biedt namelijk verschillende voordelen: het vergemakkelijkt het onderhoud, vrijwaart de doorlatendheid van de bodem en maakt een eventueel toekomstig hergebruik van de elementen mogelijk!

Bestreringen in 'Opus incertum' bij Clos Saint Lazare in Stains (FR), 2017. Beton afkomstig van de sloop van een woongebouw uit 1959 werd ter plaatse hergebruikt voor de bestrating van de buitenruimten.



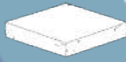
Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De eisen met betrekking tot de fysische en mechanische eigenschappen houden rechtstreeks verband met de mechanische sterkte en duurzaamheid van de klinkers en tegels, die grotendeels afhangen van de eigenschappen van het oorspronkelijke beton waaruit ze zijn vervaardigd. Wat de mechanische eigenschappen van modulaire betonelementen betreft, hebben de normatieve eisen (EN 1338 et EN 1339) betrekking op de volgende kenmerken.

	Gebruikstype 1 <i>Betonklinkers voor de tuin</i>	Gebruikstype 2 <i>Betonklinkers voor wegen en openbare ruimten</i>	Gebruikstype 3 <i>Betontegels voor wegen en openbare ruimten</i>
Breukbelasting per lengte-eenheid (slijtproef)	X	X	X
Splijttreksterkte		X	
Buigsterkte			X

Eigenschappen	Commentaar
Afmetingen (lengte, breedte), regelmatigheid van de vorm	Deze eigenschappen zijn afhankelijk van de verzaging. Het feit dat de uit gerecupereerde elementen verzaagde betonklinkers/-tegels ongelijkmatig zijn, is van invloed op de voegdikte tijdens de plaatsing.
Dikte	<ul style="list-style-type: none"> Klinkers: minimale dikte van 60 mm voor rijwegen; Tegels: voor licht verkeer wordt er geen minimale dikte opgelegd maar volstaat het de vereisten te respecteren met betrekking tot de buigsterkte. Het verschil tussen 2 diktemetingen bij dezelfde tegel < 3mm; De elementen hebben rechte randen, met een tolerantie van +/- 1cm.
Oppervlaktekwaliteit	Klinkers die gebreken vertonen die wijzen op betongebreken, of met zichtbare scheurvorming, afschilfering, vervorming of barsten moeten worden afgekeurd. Deze eigenschap kan visueel worden gecontroleerd tijdens de afbraak, of controle via ferroscaan.
Poreusheid/Waterabsorptie	Poreusheid kan worden beoordeeld volgens EN 1936. De bepaling van de waterabsorptieweerstand is niet vereist voor de eerste markeringsaanduiding zoals gedefinieerd door de normen EN 1338 en EN 1339.
Splijttreksterkte	De dikte van de betonklinkers moet worden bepaald op basis van de druksterkte van het oorspronkelijke product. We kunnen stellen dat de betonsoorten die in de bouwsector worden gebruikt overwegend van sterkteklasse C25/30 zijn, wat een splijttreksterkte per lengte-eenheid geeft die voldoende is voor de meeste toepassingen van zodra de dikte van het product meer dan 60 mm bedraagt.
Vorst-/dooiweerstand	<ul style="list-style-type: none"> Geen aanbeveling voor klinkers voor gebruikstype 1. Geen aanbeveling voor klinkers en tegels voor gebruikstypes 2 en 3, tenzij er sprake is van specifieke omstandigheden zoals frequent contact met strooizouten.
Slijtvastheid	Bepaling van de slijtvastheid is niet vereist voor de eerste markeringsaanduiding zoals gedefinieerd door de normen EN 1338 en EN 1339.
Glij- en slipweerstand (stroefheid)	De stroefheid moet worden beoordeeld, vooral als het oppervlak van de klinker gepolijst of geslepen werd. Indien nodig kunnen oppervlaktebewerkingen deze eigenschap verbeteren.
Wapeningsstaal	<p>Corrosie van eventuele wapening in klinkers op basis van gerecupereerd beton is niet wenselijk. De volgende voorzorgsmaatregelen moeten worden genomen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verwijder zoveel mogelijk staal tijdens de productie van de modulaire elementen. Vervaardig de klinkers zodanig dat de resterende wapening evenwijdig is aan legvlak. Controleer door visuele inspectie en via een fenolftaleïne-test of de wapeningsdekking voldoende dik is. Bij het plaatsen van modulaire elementen waarin wapeningsstaal aanwezig is verdient een droge plaatsing de voorkeur, zodat de ontwikkeling van eventuele corrosie een minimale druk op de voeg en op het beton uitoefent.

In geval van specifieke en veeleisende toepassingen (intensieve blootstelling aan strooizout, grote verkeersbelasting, etc.) kunnen eigenschappen zoals de mechanische sterkte, vorstbestendigheid of poreusheid worden gemeten door middel van proeven die worden uitgevoerd door erkende laboratoria.



Beschikbaarheid

Tegels en klinkers die afkomstig zijn van het verzagen van gerecupereerde betonnen bouwelementen zijn niet beschikbaar op de hergebruikmarkt. Tot op heden gaat het om een strategie die sommige pilootprojecten toepassen, waarbij er telkens naar project-specifieke oplossingen wordt gezocht, zoals het vinden van een geschikte afbraakwerf.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Aangezien deze soort tegels en klinkers niet te vinden zijn op de hergebruikmarkt kan er geen gemiddelde verkoopprijs worden opgegeven. De kosten van de bewerkingen moeten voor elk project apart worden onderzocht, rekening houdend met factoren zoals de nodige hoeveelheid materiaal, de complexiteit van de ontmanteling, de vereiste bewerkingen, de plaatsingsmethode, etc.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

Tijdens het vooronderzoek kunnen bepaalde beperkingen worden opgelegd, met name wanneer er sprake is van vervuiling met gevaarlijke stoffen:

→ Aanwezigheid van asbest in coatings aangebracht op of in het beton. De voorafgaandelijke asbestdiagnose maakt het mogelijk de aanwezigheid van asbest te controleren. In geval van twijfel kan er een bijkomende staalname plus diagnose worden uitgevoerd voor de betoncoatings. Als algemene regel geldt dat bij sloop de met asbest verontreinigde oppervlakken worden verwijderd voordat het beton wordt gesloopt.

→ Beton dat chemische aantasting onderging door contact met de bodem en het natuurlijke grondwater (wat overeenstemt met de drie blootstellingsklassen XA1, XA2 en XA3 van de norm NF EN 206).

→ Eventuele aanwezigheid van gipsresten op het beton, wat in principe onverenigbaar is met een toepassing als vloerbedekking. De blootstelling aan water kan namelijk leiden tot de vorming van zwellende mineralen zoals ettringiet, wat op termijn kan leiden tot beschadiging van de klinker of tegel.



Lees meer!

Ter informatie: de REPAR#2-studie die in 2017 in Frankrijk werd uitgevoerd omvat een case study van het hergebruik van betonelementen ter plaatse als buitenvloer (60 m²). De studie toonde aan dat deze aanpak een besparing van ongeveer 10 €/m² (excl. btw) kon opleveren. Deze resultaten moeten echter worden geïnterpreteerd in het licht van het specifieke karakter van de case study en de aannames aan de basis van de berekeningen.

Link (in het Frans) : <https://www.bellastock.com/projets/repar-2/>

Embodied carbon (Cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES databank (FR) - Individuele verklaring - PREFABRICATS LLEILDA SL - Buitenbekleding: klinker (v.1.2) *	21,6	0,08
INIES databank (FR) - Collectieve Verklaring - SNBPE - Betegeling op de volle grond in 0,15 m dik beton, C25/30 XC1 CEM II/A **	49,8	0,14

* Klinker van 8 x 10 x 20cm. Afgelegde weg: 400 km.

** Transportafstand: 18,5 km, voor een betonbetegeling van 15 cm dik. 30 kg staal/m³. Opm.: de productiestadia (A1-A3) van het staal werden toegevoegd wanneer deze niet waren meegerekend in de INIES-fiche.



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² betonelementen, verzaagd tot betonklinkers en -tegels, de uitstoot van ~2160 tot ~4980 kg CO₂ eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe elementen (enkel de productiefase). Naargelang de bron komt dit overeen met een traject van ~ 12 950 tot ~ 29 900 km in een kleine dieselauto.

**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Bellastock in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. opalis.eu, nweurope.eu/fcrbe, futureuse.co.uk).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op opalis.eu en salvoweb.com.

Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Bellastock. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

Figuren:

Figuur 1 tot figuur 8 zijn afkomstig uit: Guide méthodologique et technique pour le réemploi de béton en murs, Rédacteur Etienne Prat, CSTB. Dans *REPAR#2 Le réemploi passerelle entre architecture et industrie*, mars 2018, BENOIT J, SAUREL G, BILLET M, BOUGRAIN F, LAURENCEAU S, ADEME, BELLASTOCK, CSTB.



Beschrijving van het materiaal

Betonnen muren of wanden zijn massieve, verticale constructies van gewapend beton, geprefabriceerd of rechtstreeks ter plaatse gestort.

We onderscheiden twee types wanden:

→ *dragende wanden* (of zelfdragende wanden). Deze dragen bij aan de stabiliteit van het gebouw en dragen voornamelijk verticale lasten (vb. buitenwanden, kopse wanden, etc.).

→ *niet-dragende wanden*. Deze dragen geen andere lasten dan hun eigen gewicht (o.a. scheidingswanden in het interieur, etc.).

We spreken van een 'wand' als de lengte van het element minimaal gelijk is aan 4-maal zijn dikte. De dikte verschilt naargelang de last die moet worden gedragen, met een minimum van 15 cm voor wanden die zijn blootgesteld aan de weersomstandigheden. Over beperkte oppervlakken kan echter een dikte van 10 tot 15 cm worden toegestaan, zolang deze in overeenstemming blijft met de uitvoeringsbepalingen voor de wapening.

Binnenwanden zijn niet blootgesteld aan regen. Zij verschillen van de *buitenwanden*, die doorgaans waterdicht worden gemaakt met een waterdichte coating.

In het merendeel van de gevallen zullen de voor hergebruik gerecupereerde wanden de vorm hebben van rechthoekige panelen van maximaal 3 × 2m.

Betonwanden zijn zo goed als afwezig op de hergebruikmarkt. Maar op initiatief van de opdrachtgevers en/of ontwerpers is het met een aanpak op maat binnen een specifiek project zeker mogelijk om betonwanden te hergebruiken.

Er zijn verschillende bouwelementen die kunnen worden hergebruikt als betonwanden:

→ *ter plaatse gestorte dragende binnenwanden*. Dit zijn structurele muren die zich binnen in gebouwen bevinden, dikwijls loodrecht op de gevel. Dragende wanden werken onder drukspanning en zijn over het algemeen licht gewapend. De wapeningen bevinden zich ter hoogte van de openingen en aan de uiteinden van de muren. Het feit dat ze niet aan de weersomstandigheden blootgesteld zijn geweest, vergemakkelijkt hun hergebruik.

Deze muren variëren in dikte van 15 tot 20 cm en zijn meestal zo hoog als een verdieping, vb. ongeveer 250 cm in een woongebouw. De oppervlakte van de muren maakt het mogelijk elementen van verschillende afmetingen te produceren, afhankelijk van het ontwerp en de gebruiksklasse van hun nieuwe toepassing. Er moet rekening worden gehouden met de verhouding tussen dikte en oppervlakte.

→ *prefab betonplaten*. Het gebruik van betonnen prefabelementen ontstond na de Tweede Wereldoorlog, in de context van de grootschalige wederopbouw. Vanwege de zeer uiteenlopende prefabricageprocedures die werden toegepast, zien we een grote verscheidenheid aan elementen, zelfs binnen eenzelfde gebouw: verschillende formaten, dikte, samenstelling (dichtheid van de wapening, met of zonder buitenbekleding, meerlaags of niet, aanwezigheid van een isolerende laag in de wand, etc.).

Over het algemeen zorgt de aanwezigheid van meer wapening (vooral in platen van meer dan 10 cm dik) ervoor dat het zagen van prefabplaten moeilijker is. Indien mogelijk moet de voorkeur worden gegeven aan hergebruik van het gehele element. Dunnere elementen (bv. van binnenwanden) zijn over het algemeen minder gewapend en daardoor makkelijker te verzagen.

Wat de *afwerking* van betonelementen voor hergebruik betreft, moet er een onderscheid worden gemaakt tussen de staat van de oppervlakken na de recuperatie van de elementen, en de gewenste afwerking in functie van hun nieuwe toepassing.

De betonelementen worden meestal ingezameld na de ontmantelingsfase, d.w.z. het recupereren van de afwerkingsmaterialen. Dit om verschillende redenen:

Wanneer een betonnen structuur afgebroken wordt voor recyclage, wordt er eerst gestript om de niet-inerte materialen die de kwaliteit van het gerecycleerde granulaat kunnen verminderen, te verwijderen, met het oog op een optimale herwaardering. Deze fase van het bouwproces kan ook van invloed zijn op de staat van de betonoppervlakken die gerecupereerd zullen worden met het oog op hergebruik.

Daarnaast vereist de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen (bv. asbest, lood) in de meeste gevallen ingrepen om deze stoffen te verwijderen. Afhankelijk van het type vervuiling bestaan deze werkzaamheden uit het verwijderen van de bekledingen of het afbijten van de oppervlakken. Ze hebben dus eveneens gevolgen voor de staat van het oppervlakte van de te recupereren elementen.

Afhankelijk van de aard van de originele bekledingen op de betonnen wanden, de sanerings- en afbraakmethodes, en de werforganisatie, kan de staat van het betonoppervlak van de gerecupereerde wanden dus verschillen. Hiermee dient rekening gehouden te worden om een correcte methode voor de behandeling van hun oppervlaktes op te stellen.

Wat de oppervlaktebewerking met het oog op hergebruik betreft, zijn de afwerkingsmogelijkheden dezelfde als voor nieuw beton: punthameren, polijsten, gritstralen, etc.



Geprefabriceerde binnenwanden, na verwijdering van muurbekleding en asbestwerkzaamheden, voor afbraak of ontmanteling van het gebouw.



Recuperatie van het materiaal

Voor de recuperatie van betonwanden zijn zware machines nodig, maar typisch zullen die sowieso aanwezig zijn op een afbraakwerf. Bij de recuperatie moet er met verschillende factoren rekening worden gehouden: eigenschappen van de bouwplaats en geldende veiligheidsvoorschriften, de exacte locatie van de elementen in het gebouw, het gewenste resultaat, etc. Daarom vereist een zorgvuldige ontmanteling een doorgedreven vooronderzoek, bovenop de typische voorbereiding voor afbraakwerken. Aangezien de elementen voor hergebruik intact uit het gebouw gerecupereerd moeten worden zullen er op bepaalde momenten extra voorzieningen moeten worden getroffen en acties ondernomen, bijvoorbeeld als er reeds wanden verzaagd moeten voor de start van de eigenlijke afbraak, als er ankerpunten moeten worden aangebracht om de in te zamelen elementen te kunnen ophijzen, of om de zogenaamde 'verbindingswapening' bloot te leggen om prefab-elementen van elkaar te scheiden en ze te kunnen ophijzen.

Sowieso moeten er in overleg met de veiligheidscoördinator de nodige voorzorgsmaatregelen worden getroffen.

→ **Demontagetests** (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Gezien het experimentele karakter van deze methode, is het verstandig om het advies in te winnen van deskundigen en bedrijven die gespecialiseerd zijn in het slopen en verzagen van beton, en om zich te baseren op gelijkaardige voorbeeldprojecten.

→ **Diagnose**. De diagnose verloopt meestal in twee fasen:

1. Plaatsbezoeken, en onderzoek en analyse van bestaande documenten over het af te breken bouwwerk.
2. Uitvoering van kernboringen op de elementen. Het nodige aantal proeven moet bepaald worden in functie van de nieuwe toepassing van het beton.

Wanneer er sprake is van de recuperatie van prefabelementen is het aangeraden de originele uitvoeringsplannen van het gebouw in kwestie te raadplegen om de locatie van de oorspronkelijke verbindingen nauwkeurig te kunnen bepalen (opstortzones en andere).

Wanneer er sprake is van de recuperatie van gewapend beton, is het noodzakelijk de structuur en de staat van het beton nauwkeurig te onderzoeken, onder andere via de volgende stappen:

- Visuele controle van de dikte van de elementen;
- Visuele controle van de staat van de wapeningen en meting van de diameters van het wapeningsstaal;
- Meting van de carbonatiediepte (carbonatie is een chemische reactie die beton doet 'verouderen');
- Meting van de betondekking van de wapeningen en de tussenafstand (de betondekking is de dikte van het beton tussen de wapening en het wandoppervlak. Deze beschermt de wapening tegen corrosie);
- Druksterkteproef van het beton;
- Beproeving van de oppervlaktecohesie (de oppervlaktecohesie van beton is de kracht die ervoor zorgt dat de moleculen bij elkaar blijven, en is bepalend voor de hechting van reparatieproducten op het beton).

Er zijn verschillende criteria die het hergebruikpotentieel van een partij betonwanden bepalen:

- **Wapening**. De dichtheid en de verdeling van de wapening kunnen worden beoordeeld aan de hand van de bestaande documentatie, met detectie-instrumenten (zoals een ferroscaan) en kernboringen. Elementen waarbij betonschilfers zijn afgesprongen door oxidatie van de wapening in het beton, moeten worden afgekeurd.
- **Dikte**. Het is wenselijk dat de dikte meer dan 16 cm bedraagt en dat het dikteverschil tussen de platen niet groter is dan 1 cm.
- **Haaksheid**. Bij rechthoekige prefabplaten bedraagt het verschil tussen evenwijdige randen idealiter maximaal 1 cm of 5 mm per meter afstand.
- **Afwezigheid van scheuren**. De elementen mogen geen doorgaande scheuren of scheuren breder dan 1 mm vertonen.
- **Staat**. Er moet worden nagegaan of er geen stukken zijn afgesprongen of -gebroken door een impact tegen het oppervlak of de rand van de elementen.
- **Toegankelijkheid van de elementen**. De exacte locatie van de te ontmantelen elementen in het gebouw moet in rekening worden gebracht.

→ **Demontage**. De precieze demontagemethode varieert naargelang de aard, de aantallen en de exacte locatie van de te recupereren elementen, maar ook naargelang hun nieuwe toepassing. In alle gevallen is het belangrijk de elementen niet te beschadigen en ervoor te zorgen dat ze correct gelabeld worden, om hun eigenschappen later te kunnen traceren. De demontage verschilt voor prefabplaten en ter plaatse gestorte muren. Voor de demontage dienen de volgende zaken nagegaan te worden:

- de verhouding tussen de extra inspanningen die moeten worden geleverd en het gewenste resultaat dient geoptimaliseerd te worden.
- de nodige maatregelen moeten worden getroffen om de evacuatie van de elementen uit het gebouw mogelijk te maken. Typisch bestaan deze uit het voorzien van dezelfde hijspunten als voor de plaatsing van prefabelementen (boren van gaten of aanbrengen van ringen).

Om een zorgvuldige ontmanteling van de wanden mogelijk te maken, bestaat de meest aangewezen methode erin het gebouw van de bovenste naar de onderste verdieping te ontmantelen. Voor hijswerk worden hefwerktuigen ingezet.



Voorbeeld van een gedemonteerde betonnen wand
© Alexis Leclercq



Zo kan de volgende methode worden overwogen:

1. Ontmanteling van het dak, op de bovenste muren, om zo plaats vrij te maken om deze te kunnen vastgrijpen.
2. Ontmanteling van het element door het element geleidelijk aan vrij te maken aan de voet van de muur of door de muur bovenaan los te trekken door hem te kantelen. Deze laatste methode mag echter niet worden gebruikt voor dragende wanden van gewapend beton. Op deze manier kan de elasticiteitsgrens van de verticale wapeningen aan de voet van de wand overschreden worden, waardoor de wand ongeschikt wordt voor een nieuwe structurele toepassing.
3. Zagen. Voorafgaand aan de ontmanteling kunnen de wanden worden losgezaagd, volgens een logica die in functie staat van het gewenste eindproduct en het transport. De tijd die nodig is voor het zagen moet in rekening worden gebracht in de afbraakplanning. Voor de ontmanteling van prefabwanden volstaat het soms de verbindingen bloot te leggen zonder dat er gezaagd hoeft te worden.
4. De wanden op de verdieping neerleggen met een minigraver.
5. Aanpassing van de elementen tot de gewenste uiteindelijke afmetingen (facultatief, dit kan ook later, in een atelier worden gedaan).
6. Definitieve inzameling in de sloopfase, door middel van een graafmachine die is uitgerust met een sorteergrijper (een sorteergrijper is een klem die bestaat uit twee metalen 'klauwen' waarvan het contactoppervlak een rechte lijn is, waardoor de druk die op het materiaal wordt uitgeoefend kan worden verdeeld en schokken kunnen worden beperkt).

7. Hijsen van de elementen met draagbanden voor een zorgvuldig transport (*Figuur 1*).

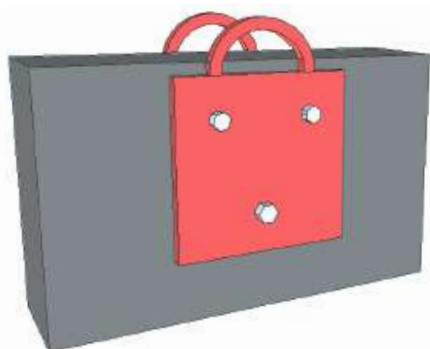
Het is van essentieel belang dat de elementen correct worden gelabeld. Elementen mogen niet worden gemengd als ze verschillende eigenschappen hebben wat betreft:

- het type wand (kops, gevel, of andere);
- de aard van de wapening (oa. staaldiameter);
- de betondekking (het gemakkelijkst te controleren langs de omtrek van de platen);
- de carbonatiediepte (let op, deze parameter kan verder veranderen tijdens de opslagperiode).

→ *Bewerkingen*. Na recuperatie kunnen de elementen bewerkt worden in functie van hun nieuwe beoogde gebruik. Via de uitgevoerde bewerkingen moet het met name mogelijk zijn om de sterkte en duurzaamheid van het element te garanderen.

- *Zagen*. Hiermee kan een rechthoekige wand worden verkregen uit een ruw en onregelmatig element. Ook de haaksheid van gerecupereerde platen kan worden gecorrigeerd of hersteld om de gewenste toelaatbare toleranties te bereiken.
- *Her-passiveren van het staal*. Passiveren is het passief maken van het wapeningsstaal door het aanbrengen van een beschermende deklaag of passieveerlaag. Deze laag beschermt het staal tegen corrosie. Ze wordt gevormd door de inwerking op het ijzeroxide van het kalk dat vrijkomt uit de calciumsilicaten. Indien nodig kan het staal lokaal worden geherpassiveerd. Hiervoor moet het aangrenzende beton worden verwijderd met een bikhamer, gevolgd door het passiveren van het staal en het herstellen van de betondeklaag. Indien een algemene her-passivering noodzakelijk zou zijn, wordt het element best afgekeurd.

- *Herstellingen*. Er kan reparatiemortel worden aangebracht om eventuele afgesprongen of -gebroken stukken tijdens de inzameling of het transport opnieuw op te vullen.
- *Bewerking van de randen* - voor muur die is uitgevoerd zoals een 'gemetselde muur' (zie verder). Indien de afschuifsterkte van het element afhankelijk is van de mortelaansluiting tussen de randen van de platen en de ondergrond, kan het nodig zijn de randen van de wand ruw te maken, om de hechting te verbeteren. Dit kan worden gedaan door ze af te bikken.
- *Behandeling van de porositeit*. Om te voorkomen dat het beton na verloop van tijd beschadigd raakt, met name als gevolg van vries-dooicycli, kan het nodig zijn een poriënvullend of mineraliserend product aan te brengen, dat het beton waterafstotend maakt. Deze behandeling kan worden uitgevoerd in de werkplaats of wanneer ze opnieuw geplaatst worden.
- *Vastgieten van de wapeningen* - voor een muur die is uitgevoerd zoals een muur van gewapend beton (zie verder). Voor hergebruik van een muur van gewapend beton kan het nodig zijn om de wapening rond de omtrek van de wand in vers beton te verankeren. Deze mogelijkheid moet samen met een specialist worden onderzocht op basis van verschillende parameters (dikte van de wanden, treksterkte van het beton, diameter van de wapeningen, etc.) De randen kunnen worden opgeruwd door ze rond de omtrek af te beitelen om de afschuifweerstand in het desbetreffende vlak te verbeteren.
- *Oppervlaktebehandeling*. Er bestaan tal van oppervlaktebehandelingen voor beton: punthameren, polijsten, gritstralen, etc. Deze bewerkingen kunnen worden uitgevoerd in de werkplaats of tijdens de plaatsing.



Figuur 1. Voorbeeld van een hijsstelsel



Verzagen van gerecupereerde betonwanden voor hergebruik © Alexis Leclercq



Verzagen van gerecupereerde betonwanden voor hergebruik © Alexis Leclercq



→ **Opslag.** Het beschermen van de elementen tegen weersinvloeden en een stockage zonder contact met de grond wordt aanbevolen. De elementen moeten worden beschermd zodat ze niet vroegtijdig verouderen.

Bij een horizontale opslag is het raadzaam afstandhouders tussen de elementen te plaatsen.

Bij een verticale opslag op de zijkant van de wanden dienen hulpmiddelen gebruikt te worden, zoals rekken om aan de bovengenoemde voorwaarden te voldoen.

→ **Transport en levering.** Tijdens het transport en de levering moeten de nodige voorzorgsmaatregelen genomen worden om te vermijden dat de elementen omvallen of elkaar beschadigen (vb. omsnoeren van de paletten met spanbanden, etc.). Tenzij aangepaste hulpmiddelen worden gebruikt, moeten de elementen plat, horizontaal worden vervoerd. Voor een transport op hun zijkant kunnen racks worden gebruikt.

De hefwerktuigen moeten geschikt zijn voor de te hanteren elementen. Het hijsen kan gebeuren met machines zoals een kraan, een hydraulische graafmachine of een verreiker. Bij gebruik van machines die zich met de lading kunnen verplaatsen, moeten deze worden gekozen in functie van het gewicht en de vorm, het terrein en de hefhoogte.

Het transport kan gebeuren met behulp van kabels of riemen die bijvoorbeeld met chemische ankers of keilbouten aan het beton worden verbonden. De aard van de verankering moet aangepast zijn aan de dynamische lasten bij het transport.

Het is raadzaam om gespecialiseerde vakmensen in te schakelen en ervoor te zorgen dat deze handelingen correct worden uitgevoerd.



Transport van betonnen elementen



De 'plattenbau huizen'. Deze huizen, gebouwd in het begin van de jaren 2000 in Mehrow (Berlijn), werden opgetrokken uit geprefabriceerde betonplaten, afkomstig van de ontmanteling van appartementsgebouwen in Oost-Berlijn ('plattenbau'). De geprefabriceerde platen werden gerecupereerd en hergebruikt als vloerplaten en dragende muren. © Conclus—Office for Sustainable Architecture.



Toepassingen en plaatsing

Het is aangewezen om zich hierbij te baseren op de desbetreffende ontwerp-normen (o.a. EN 1992), op de productnormen (o.a. EN 14992+A1, EN 13369, etc.) en op de uitvoeringsnormen voor betonproducten.

Hergebruik van gerecupereerde beton-elementen kan geschikt zijn voor de volgende toepassingen:

A. Niet-dragende wanden

B. Dragende wanden.

B.1. Uitvoering zoals 'gewapend beton' (d.w.z. een doorlopende plaat van vloer tot plafond)

B.2. Uitvoering zoals een 'gemetselde muur' (d.w.z. dat de gerecupereerde plaat via extra opgestort beton verbonden wordt met vloer en plafond)

Vooraleer in te gaan op de specifieke kenmerken van elk soort toepassing, volgen hier enkele algemene principes:

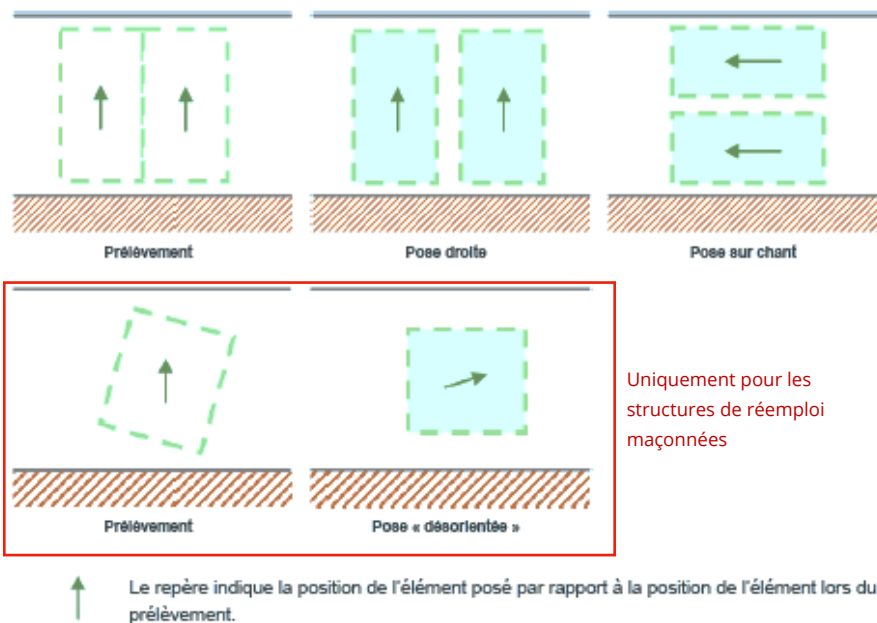
→ **Oorspronkelijke uitvoering.** De plaatsing van de gerecupereerde elementen kan verschillen naargelang het gaat om een oorspronkelijk ter plaatse gestorte of een prefabwand. Het gaat dan vooral over de eventuele aanwezigheid van wapeningsstaal, en van hijs- en verbindingpunten.

→ **Veiligheidsniveau.** In functie van de beoogde toepassing is het nodig met de nodige veiligheidsfactoren werken voor de berekening van constructie. Ook de bewerkingen aan de ontmantelde elementen moeten aangepast zijn aan hun staat, de omvang van de verrichte diagnose, de verkregen resultaten van de proeven en de homogeniteit ervan.

→ **Nieuwe toepassing.** In geval van verwarmde en bewoonde ruimtes moeten de water- en luchtdichtheid van de wand en zijn geluids-isolatie worden onderzocht.

→ **Oriëntatie.** Er zijn verschillende mogelijkheden, afhankelijk van de gekozen plaatsingstechniek (Figuur 2) :

- Plaatsing rechtop: het element wordt hergebruikt in eenzelfde opstelling dan oorspronkelijk.
- Plaatsing op de zijkant: het element wordt 90° gekanteld ten opzichte van zijn oorspronkelijke positie en neergezet op een gezaagde rand.



Figuur 2. Verschillende manieren om gerecupereerde betonnen elementen opnieuw in een wand te integreren. Onderaan: enkel voor een uitvoering zoals een 'gemetselde muur'.

- 'Willekeurige' plaatsing (alleen bij uitvoering zoals een 'gemetselde muur'): het element wordt in een willekeurige andere richting geplaatst dan oorspronkelijk.

Omwille van de stevigheid en duurzaamheid van het ontwerp, moet het projectteam erop toezien dat de gebruikte partijen een zekere mate van homogeniteit vertonen met betrekking tot de volgende kenmerken:

→ **Afmetingen.** De gerecupereerde elementen zijn rechthoekige platen met een oppervlakte tot maximaal 2 × 3 m. De dikte van elke plaat onderling moet uniform zijn, mag geen oneffenheden vertonen en moet minimaal 16 cm bedragen. In het geval van hergebruik mag het maximale verschil tussen twee evenwijdige randen van een plaat gelijk zijn aan 1 cm, of 0,5 cm per meter afstand. Ook het toegelaten dikteverschil tussen verschillende platen moet in acht worden genomen.

→ **Kleur.** Verschillen in kleur en uitzicht zijn mogelijk. Deze kunnen het gevolg zijn van de productiemethode, de oorspronkelijke blootstelling, eerdere behandelingen, etc.

→ **Hoeveelheid.** Het is aangewezen bij de levering een overschot aan materiaal te voorzien om het risico te beperken dat er een materiaaltekort ontstaat wanneer ter plaatse een aantal platen niet geschikt blijken te zijn.

A. Niet-dragende wanden

In dit geval moeten de gerecupereerde wanden alleen hun eigen gewicht kunnen dragen. Ze dienen om ruimtes te scheiden van elkaar maar dragen niet bij aan de algemene stabiliteit van het bouwwerk. De wanden zijn dus verbonden zijn met het hoofdskelet van het gebouw, zonder bij te dragen aan de stijfheid van de constructie.

Er bestaan verschillende methodes voor de bevestiging van de wanden onderling en aan het skelet van het gebouw.

- **Bevestiging van de platen aan elkaar (Figuur 3).** Onderaan kunnen de platen op een vlak, droog oppervlak worden geplaatst en met hoekijzers aan de vloer worden verankerd, of op een mortelbed met gecompenseerde krimp. De bevestiging van de platen onderling moet horizontale bewegingen voorkomen (verticale sleufgaten). Tussen de platen wordt een verticale voeg aangebracht en gevuld met krimprijke mortel. De dekking van de wapening moeten goed worden hersteld. Het is raadzaam de plaatsing te beperken tot maximaal 3 opeenvolgende platen, met een totale lengte van maximaal 5 m tussen elementen van het hoofdskelet.



• *Bevestiging met tussengeplaatste metalen profielen (Figuur 4).* Hier worden platen in verticale staalprofielen geschoven en vastgeschroefd, zoals bij een 'Berlijnse wand'. De aanbevelingen zijn dezelfde als hierboven, behalve dat:

- de voeg tussen de platen en de staalprofielen een droge voeg is;
- de niet-zichtbare rand vooraf werd bijgewerkt met mortel voor het herstel van de betondekking;
- er sleufgaten moeten worden voorzien om horizontale bewegingen mogelijk te maken;
- de plaatsing beperkt is tot maximaal 2 opeenvolgende platen.

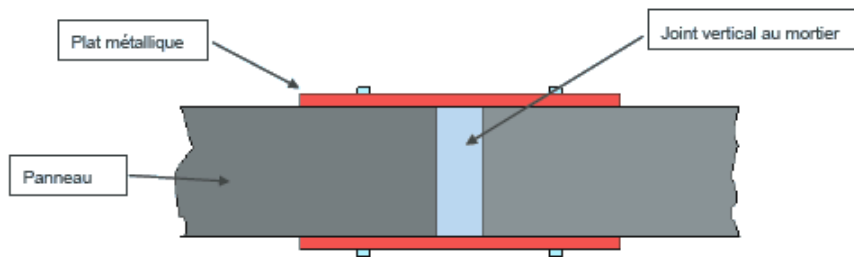
• *Uitvoering van de hoeken en kopse kanten van muren (Figuur 5).* Voor de hoekbeugels en hoekbevestigingen tussen de platen onderling zijn op de twee vlakken aan de binnenkant sleufgaten voorzien. Het detail kan worden uitgevoerd met vierkante holle profielen waarop aan de buitenkant metalen platen worden gelast. Deze metalen platen worden met bouten vastgezet in de betonplaten en zijn voorzien van sleufgaten. De betondekking op de verticale randen van de platen wordt vooraf hersteld met mortel om de zichtbare wapeningen na het zagen te beschermen. De vierkante holle profielen hebben een breedte die gelijk is aan de dikte van de betonnen plaat.

Deze verbindingstechnieken zijn uitermate geschikt voor staalskeletbouw, maar de algemene principes kunnen ook worden toegepast bij dragende structuren uit hout en beton. Het komt er vooral op aan de hergebruikpanelen zodanig te verbinden dat ze niet bijdragen tot de verstijving van het gebouw.

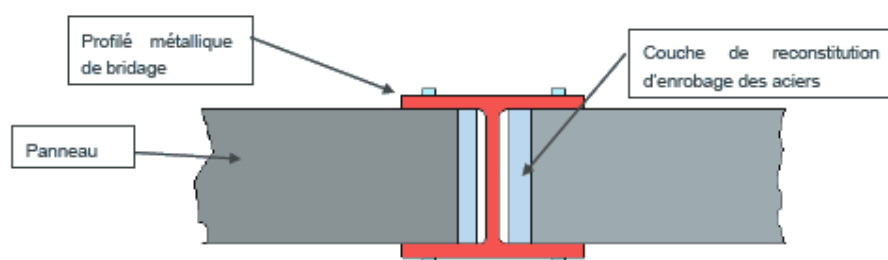
B.1. Dragende wanden van het type 'gewapend beton'

Bij deze methode moet het monolithische karakter van de wand worden verzekerd. Het gedrag van de nieuwe wand zal dan vergelijkbaar zijn met dat van een wand van bekistingbeton. Hiervoor is het noodzakelijk dat alle elementen reeds worden verbonden via hun wapening vóór het opstorten.

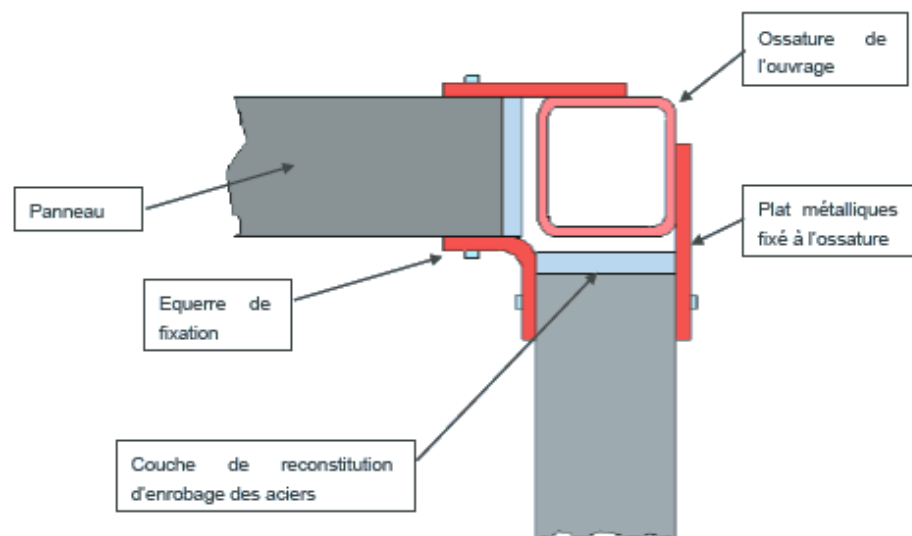
De dichtheid van de wapening in beide richtingen moet bekend zijn en in rekening worden gebracht bij de dimensionering van het bouwwerk. Overlappende wapeningen worden volledig rondom de platen vastgegoten om het monolithische karakter van de wand



Figuur 3. Bevestiging van de platen aan elkaar



Figuur 4. Bevestiging met tussengeplaatste metalen profielen



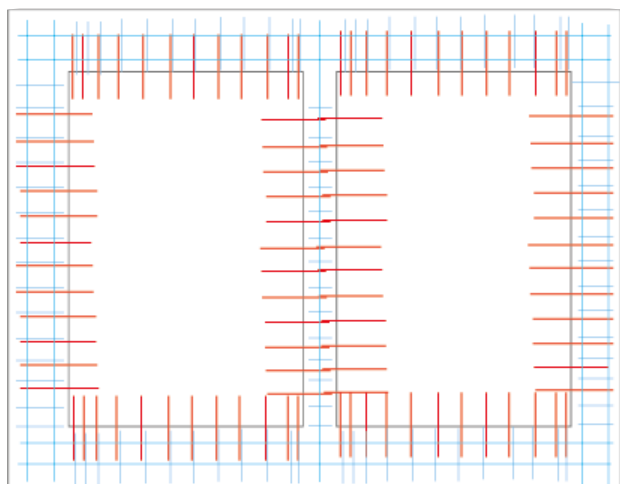
Figuur 5. Uitvoering van de hoeken

en de dekking van de wapeningen rond de omtrek te verzekeren. De berekeningen moeten beantwoorden aan de norm EN 1992 (Eurocode 2).

Indien de wand deel uitmaakt van de verstijving (windverband) van de constructie, moeten alle voegen tussen de platen worden gecontroleerd. Bij gebruik van onregelmatige platen kan dit erg lastig worden. *Figuur 6* toont een mogelijke bevestigingsmethode.

Er moet voor worden gezorgd dat de wapeningsdekking voldoende dik is, ook al draagt de wapening niet bij aan van de prestaties van de constructie.

Bij dit ontwerp worden de omtrekken van de platen systematisch omsloten en komen ze rechtstreeks in contact met het opstortbeton voor de uitvoering van de natte knoop. De aansluiting van de betonnering met het gladde oppervlak van de platen blijft de makkelijkste weg voor waterinsijpeling, daarom is het noodzakelijk een afvoer te voorzien voor het overtollige water.



Legende :

(In het wit): gerecupereerde betonnen panelen.

(In het rood): rondom de panelen vastgegoten wapening om de continuïteit van de krachtoverbrenging tussen de wapening van de gerecupereerde panelen en de wapening van de nieuw gegoten omtrek te verzekeren.

(In het blauw): overlappende wapening, ter plaatse geplaatst, om het monolitische karakter van de wand te verzekeren.

Figuur 6. Voorbeeld van een uitvoering van een dragende wand van het type 'gewapend beton', aan de hand van gerecupereerde betonnen elementen

B.2. Dragende wanden van het type 'gemetselde muur'

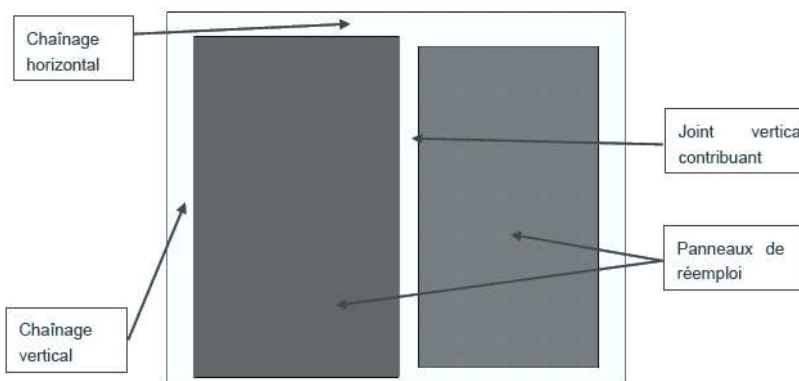
Bij deze methode bestaat de nieuwe constructiewand uit een horizontale en verticale aaneenschakeling van gerecupereerde platen en nieuw beton. De wand bestaat uit een of meer platen die zodanig worden geplaatst dat een drukschoor kan ontstaan die de weerstand van de wand tegen horizontale krachten garandeert (bij de modellering van het gedrag van gewapend beton is de drukschoor de zone waarin beton wordt samengeperst, meestal schuin ten opzichte van de hoofdrichtingen van het element).

Voor dit type uitvoering kunnen niet-gewapende elementen worden gebruikt.

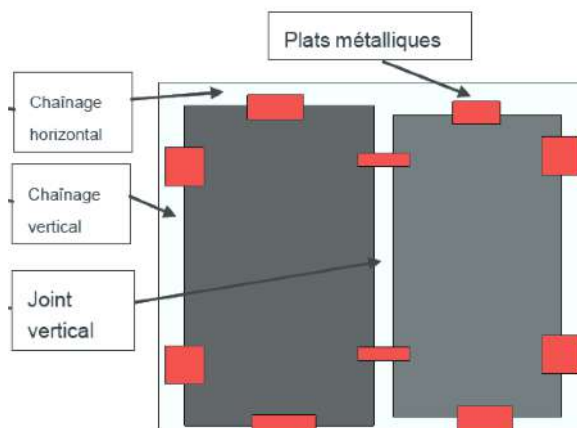
De platen worden op een mortelbed gezet en geschoord voorafgaand aan het opstorten van het nieuwe beton. De haaksheid van de platen moet worden gecontroleerd, zodat met een mortelbed van homogene dikte kan worden gewerkt.

Het is van cruciaal belang dat de platen goed aan het nieuwe beton hechten om een goede weerstand tegen afschuifspanningen te garanderen (die kan worden bepaald aan de hand van §6.2.5 van de norm EN 1992 - Eurocode 2). Wanneer de platen verzaagd zijn, hebben ze gladde randen die niet bevorderlijk zijn voor de hechting. In dat geval zijn er twee werkwijzen mogelijk:

- *Betonnen wanden met ruwe randen, waarop bijkomend beton gestort wordt (Figuur 7).* Na het zagen ondergaan de randen een specifieke bewerking om ze een zekere ruwheid te geven bv. afbikken (zie § 'Recuperatie van het materiaal'). In dit geval kan men ervan uitgaan dat de initiële afschuifsterkte, genoteerd als f_{vk0} en toegelicht in §3.6.2 van de norm EN 1996 - Eurocode 6.
- *Betonnen wanden die aan het nieuw gestorte beton bevestigd worden via metalen platen (Figuur 8).* Wanneer de hechting tussen de blokken niet aangetoond is of indien er geen voorafgaande beproeving is, dan kunnen verbindingen door middel van metalen platen worden overwogen. Deze methode is vooral interessant wanneer een hoge afschuifsterkte moet worden gegarandeerd (bv. als de wand bijdraagt aan de verstijving (windverband) of de weerstand tegen aardbevingsbelastingen).



Figuur 7. Betonnen wanden met ruwe randen, waarop bijkomend beton gestort wordt



Figuur 8. Betonnen wanden die aan het nieuw gestorte beton bevestigd worden via metalen platen



Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik

De eisen met betrekking tot de fysische en mechanische eigenschappen houden rechtstreeks verband met de mechanische sterkte en duurzaamheid van de hergebruikte wanden in de tijd.

Eigenschappen	Dragend	Niet-dragend	Commentaar
Afmetingen (lengte, breedte), regelmatigheid van de vorm	x	x	Deze eigenschappen houden verband met het verzagen.
Geometrische eisen	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Lengte: $30\text{ cm} < L < 200\text{ cm}$ • Breedte: $30\text{ cm} < B < 50\text{ cm}$ • Dikte: $16 < D < 40\text{ cm}$ met max. 6 mm verschil tussen de elementen • Haaksheid • Evenwijdigheid van tegenover elkaar liggende randen
Mechanische eisen	x		$2400\text{ kg/m}^3 < \rho < 2500\text{ kg/m}^3$
Oppervlaktekwaliteit	x	x	Wanden met scheuren breder dan 1 mm, doorgaande scheuren of een netwerk van scheuren worden afgekeurd.
Ontwerp en sterkte	x	x	<p>De muur moet zijn eigen gewicht en de verticale lasten die erop terecht kunnen dragen.</p> <p>-> <i>Dragende wanden:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • De afschuifsterkte f_{vk0} kan worden geschat aan de hand van tabel 3.4 van §3.6.2 in EN 1996 - Eurocode 6 • De lengte tussen twee steunpunten mag ten hoogste de helft bedragen van de onderste lengte van het wand • Zijkanten die door het zagen glad zijn geworden en waar wapeningen zichtbaar zijn, mogen zichtbaar zijn, op voorwaarde dat de zichtbare wapening wordt behandeld <p>-> <i>Niet-dragende wanden:</i> de niet-dragende wanden mogen niet in rekening worden gebracht bij het dimensioneren van de structuur. Tussen de wanden en de draagstructuur moet een speling worden gelaten om de plaat van het skelet te scheiden, zodat ze niet bijdraagt aan de stijfheid van het skelet. Bovendien moet bij de integratie in het gebouw de stabiliteit van het hergebruikte element kunnen worden aangetoond.</p>
Wapeningsdekking	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Als de carbonatiediepte groter is dan de waarde van de betondekking gedeeld door 2, dan is een reparatie met mortel vereist. • Indien er reeds corrosie zichtbaar is, dan moet het aangrenzende beton worden verwijderd, gevolgd door passivering van het staal en herstelling van de betondeklaag. Deze werkwijze is niet haalbaar op grote schaal. • Men dient zich ervan te vergewissen dat de wapeningsdekking voldoende dik is. • Overal waar de platen aansluiten moet er mortel voorzien worden om de wapening te dekken. De mortel moet geplaatst worden met een terugwijkende voeg.
Waterdichtheid	x	x	De waterdichtheidseisen zijn vergelijkbaar met die voor een volle betonnen muur. Bijzondere aandacht moet worden besteed aan het waterdicht maken van de aansluitingen.



Eigenschappen	Dragend	Niet-dragend	Commentaar
Brandgedrag	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Onbrandbaar • De criteria voor sterkte (R), waterdichtheid (E) en isolatie (I) zijn dezelfde als die voor een muur van gewapend beton. Deze controles vallen onder de norm EN 1992-1-2 - Eurocode 2. • De brandweerstand kan worden verhoogd door het aanbrengen van een afwerklaag van gipsplaten.
Geluidsdemping	x	x	<ul style="list-style-type: none"> • Vergelijkbaar met een doorlopende betonnen muur met volle voeg. • Zelfde gereglementeerde aanvraag en bewijs door akoestische beoordeling van het systeem.



Project Super Local. Binnen dit in 2017 in Nederland uitgevoerde experimentele project werd een procédé ontwikkeld om driedimensionale betonnen modules die uit een oud woongebouw werden gerecupereerd, te gebruiken voor de bouw van nieuwe woningen. De modules bestaan uit vloer- en plafondplaten en muren, die werden verzaagd alvorens met een kraan te worden opgehesen en per vrachtwagen naar de nabijgelegen werf te worden vervoerd. Opdrachtgever: HEEMWonen. Architect: SeC Architecten. Aannemer: Jongen Construction. Onderzoekseenheid: Zuyd University of Applied Sciences, Research group SURD.



Het paviljoen van de Fabrique du Clos in Stains. Bij de afbraak van een wooncomplex in Stains werd een deel van de betonnen elementen hergebruikt op het terrein. De losgemaakte betonnen muren werden ter plaatse verzaagd en hergebruikt als niet-dragende muren voor een fietsstalling (en de aanleg van de buitenruimte werd eveneens uitgevoerd met gerecupereerde betonplaten). Opdrachtgever: Seine-Saint-Denis Habitat. Ontwerp: Bellastock. Stains (France), 2017 © Alexis Leclercq



Beschikbaarheid

Betonwanden zijn zo goed als niet beschikbaar op de hergebruikmarkt. Het is echter mogelijk om in het kader van een bepaald project en op initiatief van de opdrachtgevers en ontwerpers, een specifieke aanpak voor hergebruik te volgen. De bevoorrading met betonwanden gebeurt rechtstreeks vanaf een afbraakwerf.

Richtprijzen op de hergebruikmarkt (exclusief BTW)

Door het ontbreken van een stabiel aanbod kunnen er geen nauwkeurige prijzen worden gegeven voor gerecupereerde betonwanden. Over het algemeen zal de prijs van een wand afhangen van factoren die te maken hebben met hun recuperatie (hoeveelheid, complexiteit van de ontmanteling, etc.) en hun nieuwe beoogde toepassing.

Gevaarlijke stoffen en voorzorgsmaatregelen

In het stadium van het archiefonderzoek kunnen bepaalde beperkingen worden opgelegd, met name wanneer er sprake is van vervuiling met gevaarlijke stoffen:

→ Beton dat chemische aantasting onderging door contact met de bodem en het natuurlijke grondwater (wat overeenstemt met de drie blootstellingsklassen XA1, XA2 en XA3 van de norm NF EN 206).

→ Mogelijke aanwezigheid van asbest op het oppervlak van betonnen elementen (brandwerende gevelisolatie, voeg, lijm van de binnenbekleding, etc.) Een voorafgaande asbestverwijdering uit het gebouw kan een oplossing zijn om de betonelementen van asbestresten te ontdoen. Een betonelement dat tijdens zijn vorige gebruik in aanraking is geweest met asbest, hoeft daarom niet automatisch te worden afgekeurd voor hergebruik.

Lees meer!

De REPAR#2-studie die in Frankrijk werd uitgevoerd en een case-study behandelt waarin een gerecupereerde betonwand hergebruikt wordt voor een klein paviljoen, kwam tot de volgende conclusie op budgettair vlak:

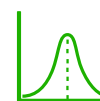
→ de kosten van de bouwkundige oplossing op basis van hergebruik zijn ongeveer 7% hoger dan bij een bouwkundige oplossing op basis van verwijdering van de oude materialen en gebruik van nieuwe volle bakstenen, en bijna tweemaal zo hoog als nieuwe volle betonblokken worden gebruikt.

Deze resultaten zijn hoofdzakelijk het gevolg van de talrijke bewerkingen van het hergebruikmateriaal in kwestie. De hoge kosten zijn een weerslag van het experimentele karakter van het project en zouden sterk kunnen dalen voor grootschaligere projecten. Ook zijn er verschillende punten vastgesteld waar het hergebruikproces nog kan worden verbeterd:

- Optimalisering van het proces om de materialen in te zamelen, om zo enerzijds de verliezen bij de ontmanteling van de elementen te beperken en anderzijds de kosten van het voorzagen te vermijden;
- Vermindering van de ontwerpkosten;
- Meer ervaring met de technische hulpmiddelen waarmee hier geëxperimenteerd werd (in dit geval een hydraulische kraan voor de installatie van de gerecupereerde wand);
- Vermindering van de vaste kosten in verband met de passivering van de blootgemaakte wapening, met behulp van een mortel indien het staal niet is gecarbonateerd.

Rekening houdend met deze elementen in een optimaal scenario, is een kostenvermindering met 30% mogelijk ten opzichte van dit voorbeeldproject.

Link (in het Frans) : <https://www.bellastock.com/projets/repair-2/>



Naargelang de bron voorkomt het hergebruik van 100 m² betonelementen voor een gebruik als wand de uitstoot van ~2030 tot ~3770 kg CO₂ eq., gerelateerd aan de productie van nieuwe elementen (enkel de productiefase). Naargelang de bron komt dit overeen met een traject van ~ 12 200 tot ~ 22 600 km in een kleine dieselauto.

Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)

	kg CO ₂ eq./m ²	kg CO ₂ eq./kg
INIES databank (FR) - Collectieve Verklaring - SNBPE & Armatures - Beton (exclusief wapening) voor buitenkolom, C2530 XC4XF1 CEM IIA (v.1.1) *	20,3	0,06
INIES databank (FR) - Collectieve Verklaring - SNBPE - Buitenwand van beton, dikte 0,16 m, C25/30 XC4 / XF1 CEM II/A (v.1.5) **	32,4	0,08
INIES databank (FR) - Collectieve Verklaring - SNBPE - Binnenmuur van beton, dikte 0,20 m, C25/30 XC1 CEM II/A (v.1.7) **	37,7	0,08

* Indicatieve waarde voor een betonwand met een staaldichtheid van 18,5 kg/m³. Gemiddelde transportafstand van het materiaal: 18 km. Opm.: de productiestadia (A1-A3) van het staal werden toegevoegd wanneer deze niet waren meegerekend in de fiche.

** Indicatieve waarde voor een betonwand met een staaldichtheid van 50 kg/m³. Gemiddelde transportafstand van het materiaal: 18 km. Opm.: de productiestadia (A1-A3) van het staal werden toegevoegd wanneer deze niet waren meegerekend in de fiche.

