

**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 hergebruikkansen 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 bouwmethodes 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.

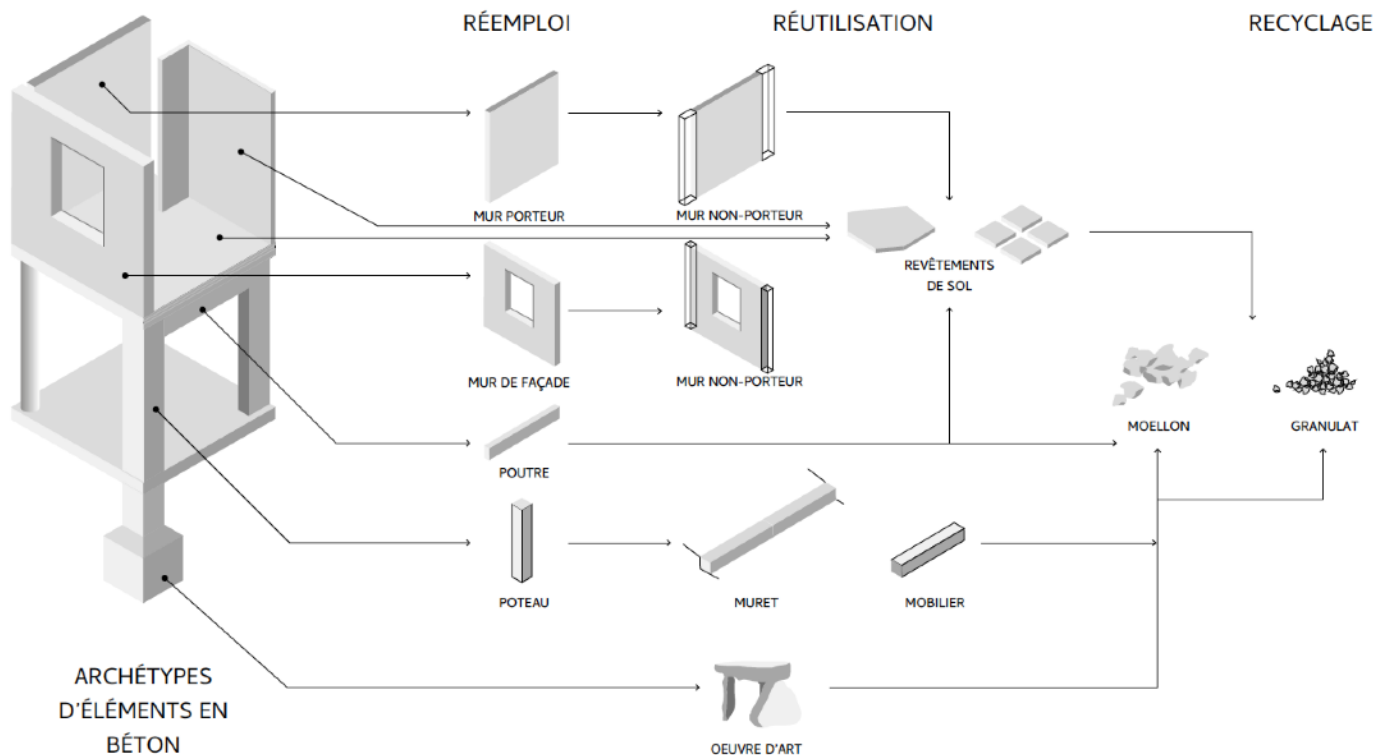
→ **Vloerplaten:** dit zijn horizontale dragende elementen met een zekere oppervlakte, die voornamelijk onderhevig zijn aan buiging. Er wordt onderscheid gemaakt tussen vloerplaten met overspanning in één richting en vloerplaten met overspanning in twee richtingen. Deze vloeren kunnen in drie hoofdgroepen 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 bouwmethodes 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.