

Ketenanalyse Beton

Jaar : 2019
Status : Definitief
Versie : 1.0

	Voor akkoord, opsteller	Voor collegiale toets
Naam	P. T.M. Wouters	R. van Dijk
Functie	KAM Manager	Werkvoorbereider
Handtekening		

COLOFON

Ketenanalyse
Onderwerp

Beton
Het toepassen van alternatieve- en gerecyclede materialen in beton

VERSIEOVERZICHT

Versie	Omschrijving	Datum
0.1	Eerste concept, ter beoordeling bij Werkgroep Circulair	April 2019
0.1	Ter toetsing aangeboden aan R. van Dijk	April 2019

VOORWOORD

GMB heeft door afstudeerders van de Hogeschool Arnhem en Nijmegen een literatuurstudie laten doen naar de toepassing van alternatieve- en gerecyclede materialen in beton die bij kunnen dragen aan het reduceren van CO₂. In deze ketenanalyse zijn de onderzoeksresultaten gepubliceerd.

INHOUDSOPGAVE

Colofon.....	2
Versieoverzicht.....	2
Voorwoord.....	2
Inhoudsopgave.....	2
1. Inleiding.....	3
2. Meest Materiele emissies.....	4
3. Waardeketen gmb.....	6
4. Beton.....	7
5. Betonketen.....	9
6. ketenpartners.....	11
7. co2 productie.....	13
8. co2 reductie.....	19
8.1 Solidia-cement.....	20
9. Recycling van materialen.....	22
10. Conclusie.....	24
Bijlagen.....	26

1. INLEIDING

Bij de productie van beton is cement de bepalende factor hoe 'groen' het betonnen eindproduct is. Tijdens de aanbestedingsfase kunnen er eisen worden gesteld aan duurzaamheid en CO₂. Aannemers die zich in willen schrijven op het project moeten bijvoorbeeld een plan opstellen, waarin o.a. CO₂-reductie wordt uitgewerkt. De aannemer met het beste plan krijgt de grootste fictieve korting op de inschrijfsom. De plannen omtrent CO₂-reductie en duurzaamheid die in de tenderfase zijn opgesteld worden in de ontwerpfase verder uitgewerkt. Plannen blijven plannen als ze niet worden uitgevoerd tijdens de bouwfase.

In de ketenanalyse is gekeken naar het realistische gehalte van de plannen die aannemers hebben en of ze daadwerkelijk worden uitgevoerd.

Aanvullend is gekeken of de toepassing van betongranulaat wel zo milieuvriendelijk is als wordt gedacht?

Als laatste is gekeken naar innovaties die kunnen bijdragen aan CO₂-reductie in de betonketen, en algemene informatie m.b.t. CO₂-uitstoot in de betonketen en de betonsamenstelling.

De ketenanalyse Beton is mede tot stand gekomen in samenwerking met aannemers uit de ketengroep 'Beton Bewust'. Het doel was samen te kijken naar de maatregelen om CO₂ te reduceren in de betonketen.

In hoofdstuk 2 wordt de ketenanalyse gekoppeld aan het PMC overzicht en de scope 3 emissie inventaris van GMB. Dat is de reden dat GMB een ketenanalyse van beton moet hebben en onderhouden.

Met de ketenanalyse wordt een analyse uitgevoerd op de mogelijkheden voor het reduceren van CO₂ in de betonketen en op welke manier hier efficiënter mee omgegaan kan worden.

2. MEEST MATERIELE EMISSIES

Er is in kaart gebracht welke emissie categorieën van toepassing zijn voor GMB. Vervolgens is de relevantie en omvang bepaald door het toepassen van een scorebepaling.

De scorebepaling is gebaseerd op het feit dat zowel de relatieve omvang als de relatieve invloed op activiteiten beiden invloed hebben op de CO₂-emissie. Door deze te vermenigvuldigen met de algehele relatieve invloed op de CO₂-emissie kan de totale score worden opgemaakt van het aandeel van de genoemde categorie scope 3 emissie op het totale beeld van CO₂-emissie.

De normeisen vragen van GMB dat er één ketenanalyse wordt gemaakt voor één van de twee meest materiële emissies én één andere ketenanalyse voor één van de zes meest materiële emissies uit de rangorde.

Voor de volledige omschrijving en scope 3 emissie inventaris verwijzen wij naar het MZS van GMB. Hieronder staan de tabellen met de rangorde die GMB heeft geanalyseerd o.b.v. crediteuren en overige scorebepalingen.

RANGORDE	SCORE	TOTAAL	EMISSIECATEGORIE	EMISSIEBRON	BUSINESSUNIT
1	45	167	Aangekochte goederen en diensten	Adviezen en diensten	GMB Civiel WK&I & WV&C
2	45	164	Aangekochte goederen en diensten	Betonproducten	GMB Civiel WK&I, WV&C en H&I
3	45	156	Aangekochte goederen en diensten	Staalproducten	GMB Civiel WK&I, WV&C en H&I
4	45	152	Aangekochte goederen en diensten	Plasticproducten	GMB Riolerings technieken
5	45	150	Aangekochte goederen en diensten	Installaties	GMB Civiel WK&I GMB BioEnergie
6	45	129	Gebruik van verkochte producten	Installaties	GMB Civiel WK&I GMB BioEnergie
7	32	110	Upstream transport en distributie	Brandstofverbruik	GMB Civiel WK&I, WV&C en H&I
8	32	114	Aangekochte goederen en diensten	Grondmateriaal	GMB Civiel WV&C & WV&C
9	32	103	Aangekochte goederen en diensten	Houtproducten	GMB BioEnergie
10	32	86	Aangekochte goederen en diensten	Asfalt	GMB Civiel WV&C
11	30	180	Business Travel (scope 2)	Brandstofverbruik	GMB Civiel WK&I, WV&C en H&I GMB BioEnergie GMB Riolerings technieken GMB Services

Uit de tabel is te concluderen dat de meest materiële scope 3 emissies aanwezig zijn in de emissie categorie 'Aangekochte goederen en diensten'. De rangorde weergeeft een evenredig beeld met de waardeketen van GMB.

GMB is echter wel van mening dat deze score gekoppeld moet worden aan de uitkomsten van de crediteuren top 250. Bij de berekening van de scope 3 emissies ga je uit van relevantie en omvang van een up- en downstream categorie evenals de mate van invloed het kan hebben op de CO₂.

Jaarlijks wijzigen echter de werken van GMB en kan de relevantie of de mate van invloed op de CO₂ drastisch wijzigen. Het zou goed zijn om beide overzichten naast elkaar te leggen om te zien of de trends en scores van de afgelopen jaren met elkaar overeenkomen. Dus een top zes uit de rangorde van de berekening naar meest materiële scope 3 emissies en top 6 thema's o.b.v. de crediteuren top 250.

Na deze vergelijking is het goed voor beide een overzicht te creëren waaruit gefilterd kan worden welke ketenanalyses opgesteld zouden moeten worden.

De CO2 eisen vragen namelijk van GMB één ketenanalyse te maken voor één van de twee meest materiële emissies én één andere ketenanalyse voor één van de zes meest materiële emissies uit de rangorde. Alleen o.b.v. deze gegevens een ketenanalyse opstellen kan en sluit aan op de eisen, maar GMB kiest ervoor de crediteuren top 250 (een lijst waar zeer concreet invloed op uitgeoefend kan worden) ook te bekijken en mee te wegen. Dat betekend o.b.v. de top 6 crediteuren ook de ketenanalyses vaststellen en dan vergelijken met de scope 3 emissie inventaris.

Op basis van relevantie komen we dan tot de volgende top 6:

RANGORDE	SCORE	TOTAAL	EMISSIONSCATEGORIE	EMISSIONSBRON	BUSINESSUNIT	KETENANALYSE
1	45	167	Aangekochte goederen en diensten	Adviezen en diensten	GMB Civiel WK&I & WV&C	Optie: onderaannemers en inhuur materieel
2	45	164	Aangekochte goederen en diensten	Betonproducten	GMB Civiel WK&I, WV&C en H&I	Beton Prefab Beton
3	45	156	Aangekochte goederen en diensten	Staalproducten	GMB Civiel WK&I, WV&C en H&I	Optie: Rijplaten, Dijkdeugel
4	45	152	Aangekochte goederen en diensten	Plasticproducten	GMB Rioleringsstechnieken	Optie: Relining i.r.t. traditionele rioolbouw
5	45	150	Aangekochte goederen en diensten	Installaties	GMB Civiel WK&I GMB BioEnergie	RWZI GVK
6	45	129	Gebruik van verkochte producten	Installaties	GMB Civiel WK&I GMB BioEnergie	BIR Lichtenvoorde Optie: Biogas Venlo

Deze top 6 heeft afgelopen jaren altijd gediend als leidraad voor inzicht in de crediteuren en met welke bedrijven de samenwerking opgezocht kon worden. Van bedrijven vallende onder deze thema's zijn ook de emissie gegevens opgevraagd en grotendeels achterhaald.

In 2019 is besloten een overzicht te maken waarbij ingezoomd wordt op de top 50 en welke thema's daarin te zien zijn en daarbij zijn ook crediteuren als pensioenfondsen weggelaten, maar wagenpark e.d. meegenomen. Daarnaast is gekeken naar de afgelopen drie jaar i.p.v. maar één enkel jaar. Dit geeft een betrouwbaarder beeld en kan trends laten zien. Hieronder zie je de tabel uit de crediteuren top 250 analyse.

Crediteuren Top 6 (thema) 2017-2019					
Top 6	2019 (jaar 2018)	2018 (jaar 2017)	2017 (jaar 2016)	Trend top 6	Ketenanalyse
1	GWW	Afvalverwerking	Afvalverwerking	Afvalverwerking	BIR Lichtenvoorde Optie: Biogas Venlo
2	Installatietechniek	Liners en UV relining	Installatietechniek	GWW en Installatietechniek	GVK RWZI Optie: Onderaannemers en inhuur materieel
3	Afvalverwerking	GWW	Staal	Liners en UV relining	Optie: Relining
4	Bouw- een grondstoffen	Leidingen	Liners en UV relining	Staal	Optie: Rijplaten en Dijkdeugel
5	Liners en UV relining	Bouwmaterialen	Wagenpark	Beton en Bouw- en grondstoffen	Beton Prefab beton
6	Staal	Staal	Beton	Leidingen en Wagenpark	GVK

In beide analyses van het huidige en voorgaande jaren zie je dat beton een belangrijke rol blijft spelen in de CO2-reductie in de keten. Mede daarom is besloten alsnog een ketenanalyse voor beton op te stellen.

3. WAARDEKETEN GMB

De normeisen verwacht van GMB dat de ketenpartners betrokken binnen de keten van beton in beeld worden gebracht. In een ketenanalyse zijn dit de partijen binnen de upstream en downstream van de keten en tevens partijen met wie in overleg wordt getreden voor het nemen van maatregelen voor verdere reductie van CO₂-emissies.

Om een goed beeld van de keten en de betrokken partners te geven wordt eerst de waardeketen van GMB omschreven en vervolgens de betonketen

Waardeketen van GMB

GMB creëert waarde in de keten door middel van het verwerven, ontwerpen, aannemen en uitvoeren van (geïntegreerde en/of multidisciplinaire) projecten in de grond-, weg- en waterbouw, beton- en industriewerken, installatietechniek (werktuigbouwkunde en elektrotechniek), leidinginspectie en renovatie, reiniging, (water-) bodemsanering, slibverwerking en watertechnologie.



4. BETON

Beton is een bouw materiaal met een samenstelling bestaande uit water, zand, grind, bindmiddelen en eventueel hulp- en/of vulstoffen. Zand en grind worden toeslagmaterialen genoemd en wordt bij elkaar gehouden door het bindmiddel dat met water een reactie vormt. Bijna altijd wordt cement als bindmiddel toegepast. Het cement wordt door een chemische reactie met water verhardt. De water/cementfactor, de hoeveelheid water gedeeld door de hoeveelheid cement, is bepalend voor de duurzaamheid en sterkte van beton.

CEMENT

Er zijn verschillende types cement met een kleiner of groter gehalte aan portlandcement en hoogovenslak of andere grondstoffen, aangeduid met CEM I tot en met CEM V. De aanduiding van de verschillende cementsoorten bestaat uit 'CEM', gevolgd door het Romeinse cijfer (I tot en met V) van de soort, daarna de letter A, B of C, afhankelijk van de afnemende klinkergehalte en een hoofdletter die staat voor het bestanddeel wat naast de portlandcementklinker is gebruikt.

CEM I: Portlandcement met maximaal 5% andere stoffen.

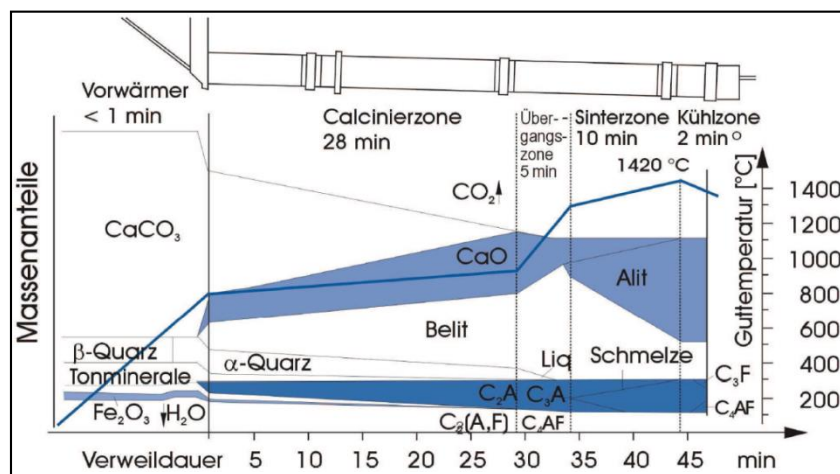
CEM II: Allerlei mengvormen met portlandcement en bijvoorbeeld leesteen, minimaal 65% portlandcement

CEM III: Hoogoven-portlandcementmengsel in 3 klassen: A, B en C; waarbij CEM III/A de minste (36-65%) en CEM III/C de meeste (81-95%) hoogovenslak bevat.

CEM IV: Puzzolaancementsoorten.

CEM V: Composietcementen, met mengsels van portlandcement, hoogovenslak en puzzolanen.

Het proces om cementklinker te verkrijgen bestaat uit het voorverwarmen tot 900° Celsius, zodat het aanwezige water verdampt en de stoffen worden omgezet in oxidemengsels. Dan volgt een fase van een half uur, waarin de temperatuur naar 950° Celsius wordt opgevoerd. De aanwezige calciumtrioxide (CaCO_3) wordt omgezet in calciumoxide (CaO) en het broeikasgas koolstofdioxide (CO_2). In de sinterfase wordt de temperatuur verhoogd tot 1420° Celsius gedurende tien minuten, waarin aluminaten en ferrieten ontstaan. Deze stoffen zijn hydraulische mineralen.



CEMENTREACTIE EN MINERAALVORMING IN ROTERENDE CYCLOONVERWARMER

TOESLAGMATERIALEN

Zand und grind sind Toeslagmaterialien, die meistens in niederländischem Beton verwendet werden. Betonmörtel besteht aus ca. 75% aus Toeslagmaterialien. Abhängig von der Verfügbarkeit dieser Materialien können diese Toeslagmaterialien durch andere Materialien, wie Granit, Basalt, Porphyrt, Kalkstein, Basalt, Quarz und Betongranulat. Die Festigkeitsklasse und Anwendung können auch dafür sorgen, dass andere Materialien als Toeslagmaterial verwendet werden.

Wasser wird immer in Betonmörtel und sorgt dafür, dass der chemische Prozess in Betrieb wird gebracht. Verwendung anderer Toeslagmaterialien sorgt dafür, dass die Dichte von Beton variieren kann. Basalt hat eine hohe Dichte, wodurch die Dichte von Beton auch eine hohe Dichte hat. In der NEN-EN-206 wird eine Unterscheidung zwischen leichtem, normalem und schwerem Beton gemacht:

- Lichtbeton met een dichtheid van 800 - 2000 kg/m³;
- Normaal beton met een dichtheid van 2000 - 2600 kg/m³;
- Zwaar beton met een dichtheid groter dan 2600 kg/m³.

Welke toeslagmaterialen er in het beton worden toegepast is afhankelijk van de gewenste prestaties van het beton. Het is projectafhankelijk aan welke eisen het beton moet voldoen en welke toeslagmaterialen ervoor benodigd zijn. Zo is de gevolgklasse van een betonvloer in een hal minder streng dan een betonnen brugdek, maar kan een betonvloer in een hal wel strenge eisen bevatten vanwege de aanwezigheid van bijvoorbeeld chemicaliën. Een betonnen brugdek komt in aanraking met strooizout en weersinvloeden en een betonvloer in een hal eventueel met chemicaliën. Mechanische (vervorming, druksterkte), chemische (verontreinigingen) en fysische (dichtheid, textuur, korrelvorm) eigenschappen bepalen de keuze van het toeslagmateriaal om een geschikt betonmengsel samen te stellen.

Na bewerking, breken, zeven en reinigen, kan gesloopt beton meestal worden hergebruikt als toeslagmateriaal in nieuw beton. Als meer dan 90% van het beton een volume massa heeft van 2000 kg/m³ dan mag het betongranulaat worden genoemd.

Er zijn kwaliteitseisen vastgelegd (*CUR 112 / NEN-EN206 / NEN 8005*) in hoeverre betongranulaat als vervanger van grind in beton mag worden gebruikt. Een vervanging tot 30% van type A1 is in vrijwel alle betonconstructies toegestaan. Extra aandacht wordt gevraagd voor schoonbeton en betonconstructies die belast worden met dooizouten. De VOB heeft een productinformatieblad betongranulaat 4/32 opgesteld waarin de kwaliteitseisen conform CUR112 en NEN5909 zijn vastgelegd. Naast de constructieve, technologische en uitvoeringsaspecten is ook gekeken naar de invloed van betongranulaat op de textuur en homogeniteit, warmteaccumulatie, geluid en emissies vanuit het materiaal. Er zijn geen beperkingen om tot 50% betongranulaat als grindvervanger in beton te gebruiken, geldend voor sterkteklassen C12/15 tot en met C53/65, mits aan de volgende eisen wordt voldaan:

- Gehalte aan beton conform NEN 5942 > 90%;
- Gehalte overig steenachtig conform NEN 5942 < 10%;
- Andere niet steenachtige bestanddelen NEN 5942 < 0,5%;
- Lichte niet-steenachtige bestanddelen conform EN 1744-1 par. 14.2 < 0,1%;
- CUR-Aanbeveling 112 moet zijn overeengekomen tussen opdrachtgever en opdrachtnemer.

Daarnaast moet het betongranulaat voorzien zijn van een KOMO-productcertificaat, waarin milieu hygiënische en technische specificaties zijn vastgelegd.

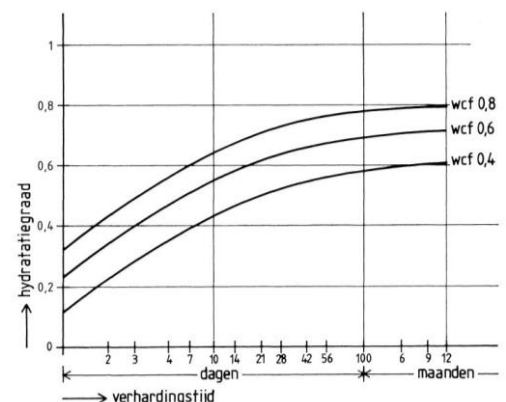
WATER

Een materiaal die niet kan ontbreken bij het maken van beton is water. Water heeft twee belangrijke functies:

- De grondstoffen cement en water vormen na een chemische reactie cementsteen. Dit is een verhard steenachtig eindproduct. De chemische reactie tussen cement en water wordt hydratatie genoemd, het toevoegen van water aan een bepaalde stof.
- Het zorgt ervoor dat betonmortel een bepaalde vloeibaarheid heeft, waardoor de mortel in een vorm gegoten kan worden. Als er te weinig water in zit dan is het beton te droog en is het lastig te storten. Als het beton te nat is dan gaan zakken de zware materialen (grind) naar beneden en drijft het cement naar boven.

Cement heeft zo'n 40% van zijn gewicht aan water nodig om de chemische reactie volledig te laten slagen. Het kan voorkomen dat de betonmortel dan slecht te gieten is. Daardoor wordt er in de praktijk vaak meer water toegevoegd, zo'n 50% van het gewicht van het cement. De verhouding tussen water en cement wordt de watercementfactor (wcf) genoemd. Als er extra water aan het mengsel wordt toegevoegd ontstaan er poriën. Poriën in beton beïnvloeden de sterkte van het beton als er fors meer water wordt toegevoegd.

Afbeelding: HYDRATATIEGRAAD



5. BETONKETEN

In de betonketen wordt de cyclus van beton weergegeven. De cyclus bevat de volgende fases: grondstoffen (winning), betonproductie, ontwerp-/bouwphase, gebruiksfase en sloopfase.

GRONDSTOFFEN

Bij het bouwen van betonconstructies moeten in de eerste plaats grondstoffen worden gewonnen om cement en beton te kunnen produceren. Cement fungeert als bindmiddel in beton. Voor de productie van cement kunnen verschillende grondstoffen worden gebruikt als gevolg van de verschillende types cement. Veel toegepaste grondstoffen in cement zijn hoogovenslak, klinker, vliegashuis en gips.

BETONPRODUCTIE

Om betonmortel te kunnen maken wordt er water, zand en grind, en eventueel andere toevoegingen/hulpstoffen aan het cement toegevoegd. Projectafhankelijk kan ervoor worden gekozen om basalt, graniet, kwarts of kalksteen toe te voegen. Het water zorgt voor hydratatie van cement en dat het mengsel vloeibaar genoeg is om in een betonmixer te kunnen transporteren. Een betonmixer is een vrachtwagen uitgerust met een draaiende cilindervormige trommel waarin het mengsel zich bevindt. Het voortdurend in beweging houden van het mengsel zorgt ervoor dat de specie niet ontmengd en daardoor vloeibaar genoeg blijft om op de bouwplaats te kunnen storten.

ONTWERP-/BOUWFASE

In de ontwerpfase hebben architecten, ingenieurs, tekenaars en constructeurs uitgedacht hoe het ontwerp eruit moet komen zien en berekend aan welke eisen het beton moet voldoen. Omgevingsfactoren, belastingen, uitstraling en functionaliteit spelen een belangrijke rol bij het ontwerp. Steeds vaker kunnen aannemers een fictieve korting krijgen op de aannemingsom als ze duurzaamheid en CO₂-reductie meenemen in het ontwerp. Tijdens de bouwphase wordt de betonmortel op de bouwplaats afgeleverd. Op de bouwplaats hebben bouwplaatsmedewerkers bekisting aangebracht en de wapeningsnetten op de juiste plaats in de constructie bevestigd. In de bekisting wordt de betonmortel aangebracht, verdeeld over de constructie en verdicht.

GEBRUIKSFASE

Na de bouw wordt het kunstwerk/gebouw in gebruik genomen. De ontwerplevensduur is meestal 50 a 100 jaar. In de praktijk wordt na de ontwerplevensduur vaak een plan gemaakt om het kunstwerk in stand te houden, zodat de levensduur met nog enkele decennia wordt verlengd.

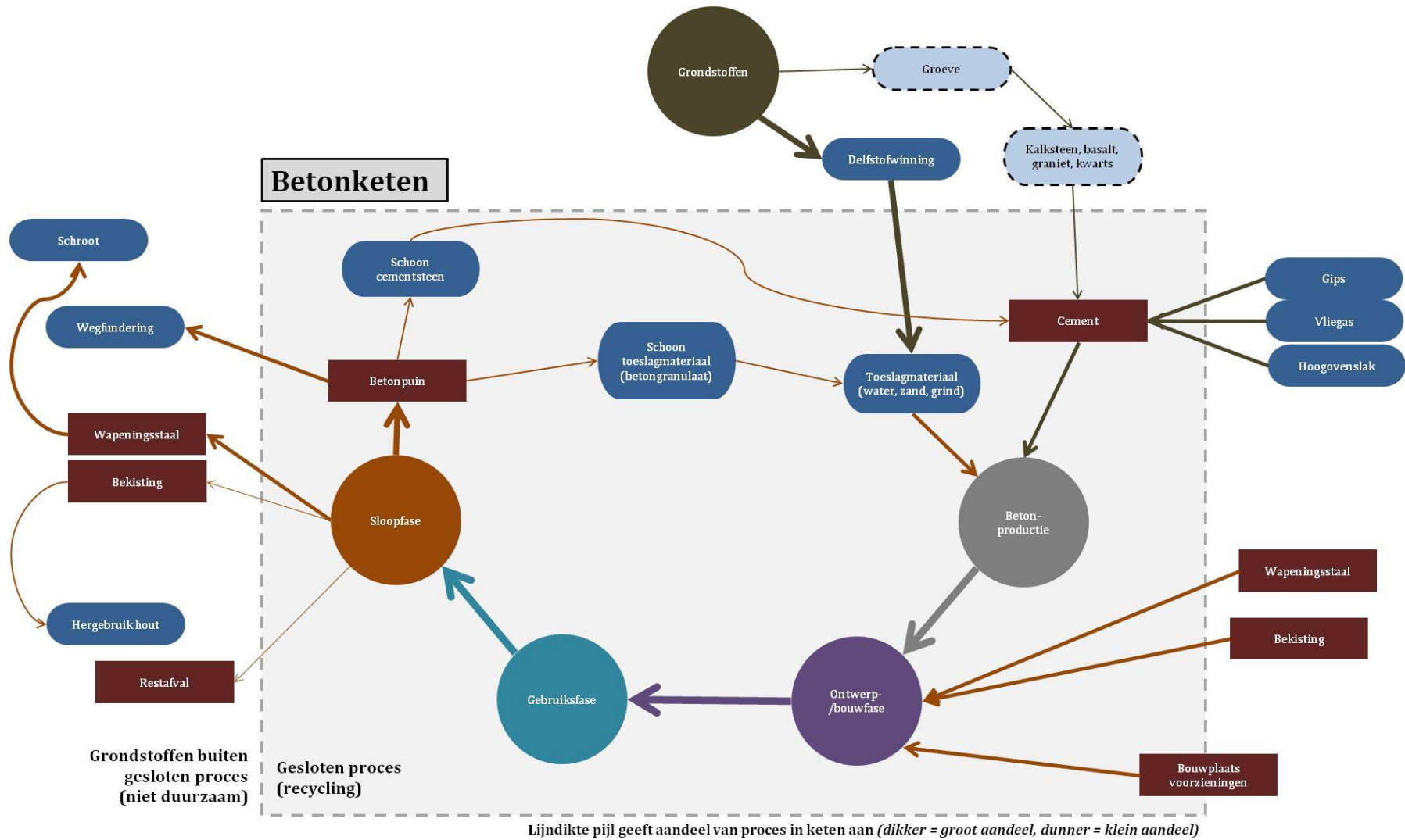
SLOOPFASE

Op het moment dat de levensduur van het kunstwerk/gebouw is verstreken breekt de sloopfase aan. De sloop wordt vaak gedaan door specialistische bedrijven die zich enkel richten op slopen en recyclen. Tijdens de sloop wordt het de betonnen constructie ontmanteld en worden de grove materialen gescheiden in betonpuin, wapeningsstaal en restafval (bv. vloerbekleding in gebouwen). Het grootste deel van het betonpuin wordt ingezet als wegfundering. Het minderdeel wordt als betongranulaat ingezet in nieuw beton. Innovaties maken het in de nabije toekomst mogelijk dat een klein deel kan worden gebruikt om schoon cementsteen terug te winnen, zodat het nogmaals kan dienen als cement in nieuw beton. Deze methode is nog sterk in ontwikkeling. Wapeningsstaal wordt verkocht aan staalproducenten, die smelten het weer en gebruiken het opnieuw in uiteenlopende functies (constructiestaal tot auto-onderdelen).

Bekisting wat wordt gebruikt bij het storten van beton tijdens de bouwphase kan ca. twee tot twintig keer worden hergebruikt. In de praktijk zal het gemiddeld rond de vier a vijf keer worden hergebruikt. Na einde levensduur wordt het hout gerecycled en voor andere doeleinden worden gebruikt.

Op de volgende pagina zie je een schematische weergave van de vastgestelde betonketen.

BETONKETEN



6. KETENPARTNERS

Ketenpartners beton ketenanalyse

De betonketen is in samenwerking met onderstaande partijen onderzocht en GMB zit vaker met één van deze partijen ook in een combinatie als concullega. Daarom zijn zij als eerste belangrijke ketenpartners in het bereiken en ondernemen van acties/maatregelen voor verdere CO₂-reductie in de betonketen of om initiatieven vanuit GMB mee op te pakken:

- Dura Vermeer;
- Van Hattum en Blankevoort;
- Strukton;
- Heijmans.

Ketenpartners kernactiviteiten

De kernactiviteiten van GMB bevinden zich in de waterbouw. De betonketenanalyse is gericht op het werk van GMB Civiel B.V. De ketenpartners die door deze twee trechters in kaart kunnen worden gebracht zijn:

- Opdrachtgevers:
 - Denk hierbij aan; Rijkswaterstaat, de Waterschappen, windmolen corporaties, etc.;
- Combinanten:
 - Zie bovenstaande voorbeelden;
- Leveranciers:
 - Betonleveranciers, betonproducenten;
- Keten / omgeving:
 - CSC;
- Onderaannemers:
 - Denk hierbij onderaannemers die een rol spelen bij de betonactiviteiten.

Ketenpartners betonketen

Als we kijken naar de betonketen en inzoomen op de belangrijkste fasen dan kunnen onderstaande ketenpartners geïdentificeerd worden.

Betonproductie

Voor deze fase eten we vooral kijken naar de tenderfase waarbij projecten worden aangenomen. De meest gewenste vorm is een aanbesteding waarin opdrachtnemer ruimte heeft om met de opdrachtgever mee te mogen denken en vanaf initiatiefase aangesloten te zijn. Dan kan er al gekeken worden naar doelstellingen en visie op de betonproductie. Gaan we voor groen beton of zijn er toch ontwerpisen die hier van afwijken. Daarnaast kan budget ook een rol spelen. GMB heeft hier wel invloed op de opdrachtgever en is belangeloos en als uitgangspunt zal GMB altijd gaan voor groen beton. In deze fase kan GMB vooral als stimulans optreden. De ketenpartners die hier worden gezien zijn de opdrachtgevers, overheid, combinanten en ketenpartners van de beton ketenanalyse.

Opdrachtgevers hakken uiteindelijk de knoop door, maar via de overheid en politiek kunnen we de maatschappelijke discussie over beton wel aanwakkeren. Groener beton betekend ook dat er meer geld moet zijn om dit te kunnen en mogen realiseren. Daarnaast moeten we als stimulans en aanjager gedragen richting combinanten en de betonketenanalyse ketenpartners. Samen hebben we een grotere invloed op de opdrachtgever en overheid.

Ontwerp- en bouwfase

Voor de ontwerpfase wordt volledig aangesloten bij de betonproductie fase. Aanvullend daarop hebben we als GMB invloed op het ontwerp als dit in het bestek zit. Dat betekend dat we mogen meedenken of bepalen hoe het ontwerp eruit komt te zien en we dus invloed hebben op de hoeveelheid toegepaste beton en welke soort. Ook

hier zien we dus de opdrachtgever maar ook architecten, adviesbureaus en overige betrokken bij ontwerp als ketenpartners.

Verder kunnen we hier onze onderaannemers en leveranciers als ketenpartner zien i.c.m. de opdrachtgever en overige betrokkenen bij de ontwerpfase. In de ontwerpfase en bouwfase wordt besloten hoeveel staal er verwerkt wordt in de constructies, welke bekisting gebruikt wordt en onder welke omstandigheden en condities gewerkt wordt. Dit is niet direct beton, maar biedt wel potentiële kansen voor reductievermindering in de betonketen. Bijvoorbeeld door minder staal in te zetten of een minder intensief bouwproces.

Gebruiksfase

In de gebruiksfase vindt er geen grootschalige betonproductie of toepassing plaats. Dus je zou hier geen ketenpartner kunnen aanwijzen. Echter in de gebruiksfase weten we dat het vaker voor kan komen dat er betonreparaties uitgevoerd moeten worden. GMB kiest er daarom voor in deze fase GMB Services B.V. als ketenpartner te zien.

Sloofase

Deze fase behoort niet tot de kernactiviteiten. GMB doet renovatie en nieuwbouw en daar kan ook sprake zijn van slopen en opnieuw opbouwen. Dit wordt dan volledig uitbesteedt. In dit geval kunnen wij als opdrachtgever eisen stellen aan de afvoer en hergebruik van de materialen. Denk hierbij aan hergebruik van betongranulaat door het scheiden en vermalen van de grondstoffen. Het is dan mogelijk om toepassing ervan af te stemmen met de betonleverancier. Daarmee kan GMB een bijdrage leveren aan het reduceren van de totale uitstoot van CO₂ in de betonketen in de sloofase. De ketenpartner die hier geïdentificeerd kan worden is de sloper en/of de afvoerder.

7. CO₂ PRODUCTIE

Nu de betonketen in kaart is gebracht is het tijd om te kijken welke reductiemogelijkheden er zijn in de keten. Hiervoor moet weer gekeken worden naar de verschillende betonmengsels en welke uitstoot er in de keten plaatsvindt. Daarmee kan vervolgens prioritering, een actieplan en maatregelen op geschreven worden voor GMB.

CO₂ productie gemiddeld betonmortelmengsel

Betonproducenten hebben duizenden verschillende betonmengsels in hun databases staan. Ieder betonmengsel heeft een andere CO₂-uitstoot tot gevolg. Om de CO₂-uitstoot van de meest voorkomende mengsels te berekenen wordt uitgegaan van het gemiddelde betonmortelmengsel volgens een onderzoeksrapport van CE-Delft: 'Update prioritering handelingsperspectieven verduurzaming betonketen 2016':

Component	Gemiddelde samenstelling (kg/m ³)		
	Betonmortel	Betonproducten	Beton gemiddeld (gewogen)
Portlandcement CEM I	59	199	119
Hoogovencement CEM III	253	114	193
Rivierzand	787	870	823
Riviergrind	1.034	993	1.016
Betongranulaat	40	53	46
Poederkoolvliegias	6	16	10
Kalksteenmeel	0	36	16
Water	167	106	141
Gemiddeld totaal	2.346	2.386	2.363
Waarden berekend op basis van gegevens van	VOBN	BFBN	

TABEL 1: GEMIDDELDE SAMENSTELLING BETON¹

Met deze gegevens kan enkel de CO₂-uitstoot van de grondstoffen, betonproductie (excl. transport naar bouwplaats) en sloop van de betonconstructie (excl. wapening) worden berekend. Door het toevoegen van processen op de bouwplaats in de 'CUR-ontwerptool Groen Beton' is het wel mogelijk de CO₂-uitstoot van de gemiddelde betonmortel van de hele betonketen te berekenen. Hieronder behoren het transport, bekisting, wapening en aanvullende processen op de bouwplaats. In onderstaande tabel zijn aannames gedaan om een zo'n juist mogelijk beeld van de totale CO₂-uitstoot van de gemiddelde betonmortel te krijgen.

Onderdeel in proces	Definitie	Waarde
Bouwplaats	Betonmengsel of prefab	Betonmengsel
	Hoeveelheid	500 m ³
	Afvalpercentage	0,49%
	Transport betonmengsel naar bouwplaats	Gemiddelde truckmixer
	Afstand naar bouwplaats	20 km
Bekisting	Multiplex*	2500 kg
	Vurenhout*	2500 kg
	Ontkistingsmiddel	3 kg
Wapening en metaal	Soort	Wapeningsnet (FeB 500 HKN)
	Gewicht**	48500 kg
Processen op bouwplaats	Verdichten	500 m ³ met trilbalk
	Energie***	Elektriciteit 4000 kWh

* = aanname 37,5 kg/m², 50% multiplex/50% vurenhout

** = aanname 97 kg wapeningsstaal/m³ beton (+/- 1,25% wapening)

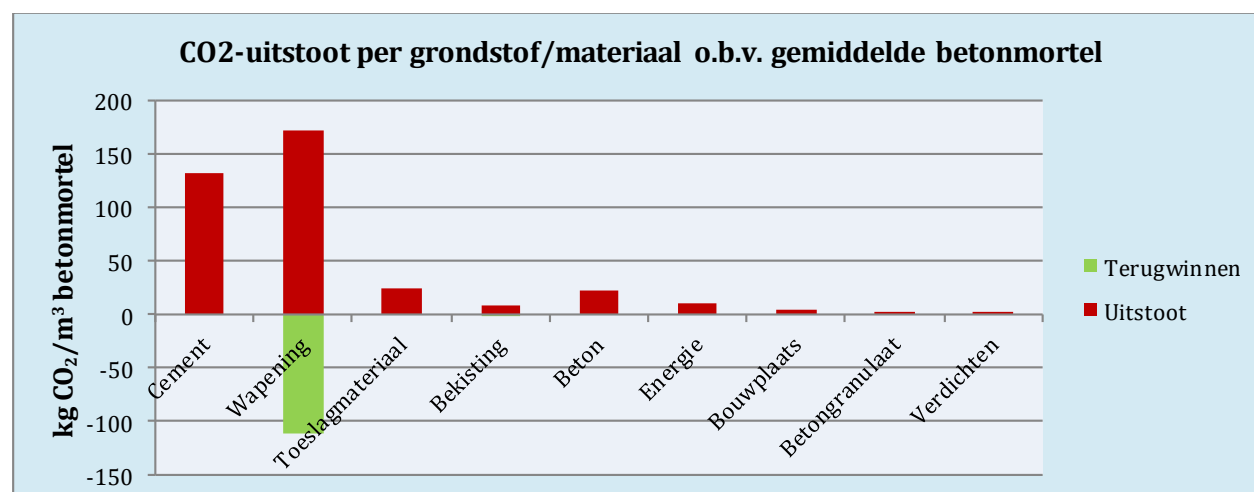
*** = aanname elektriciteitsverbruik bouwketen

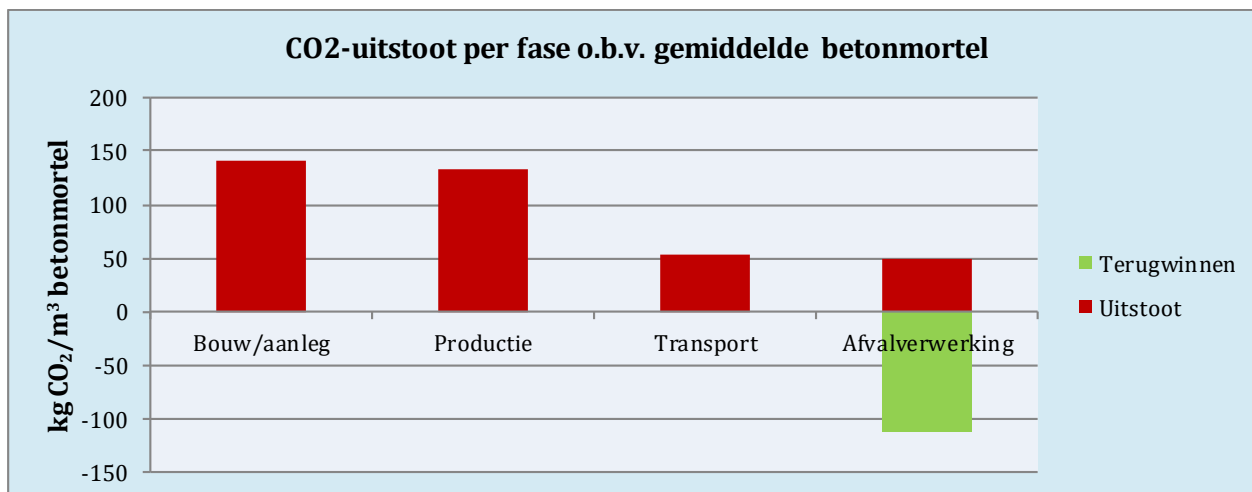
¹ (CE-Delft, november 2016)

Het blijkt dat bij de productie van het cement de meeste CO₂ vrijkomt. Het vermoeden wordt hiermee bevestigd. Opvallend is dat er net zoveel CO₂ wordt uitgestoten bij de wapening in beton. Echter wordt 65% van de CO₂-uitstoot 'teruggewonnen', doordat in de sloopfase het wapeningsstaal uit de constructie kan worden gehaald en omgesmolten kan worden voor toepassing in andere industrieën. In de volgende tabel is weergegeven hoeveel kg CO₂ per m³ betonmortel er per materiaal en fase wordt uitgestoten.

Fase		Materiaal	kg CO ₂ /m ³ betonmortel
A1	Productie	Toeslagmateriaal	3,96
		Cement	124,28
		Betongranulaat	0,04
A2	Transport	Cement	7,81
		Toeslagmateriaal	21,41
		Betongranulaat	0,16
A3	Productie	Energie	4,92
A4	Transport bouwplaats	Bekisting	0,05
		Wapening	1,97
		Bouwplaats	4,56
A5	Bouwproces/aanleg	Bekisting	8,44
		Wapening	125,88
		Verdichten	0,03
		Energie	5,81
C1	Sloop		
C2	Transport naar afvalverwerker	Bekisting	0,05
		Wapening	0,69
		Beton	15,94
C3	Afvalverwerking	Bekisting	0,03
		Beton	5,77
		Wapening	43,63
D	Afvalprocessen einde levenscyclus	Wapening	-111,77
		Bekisting	-1,38
TOTAAL			278,98

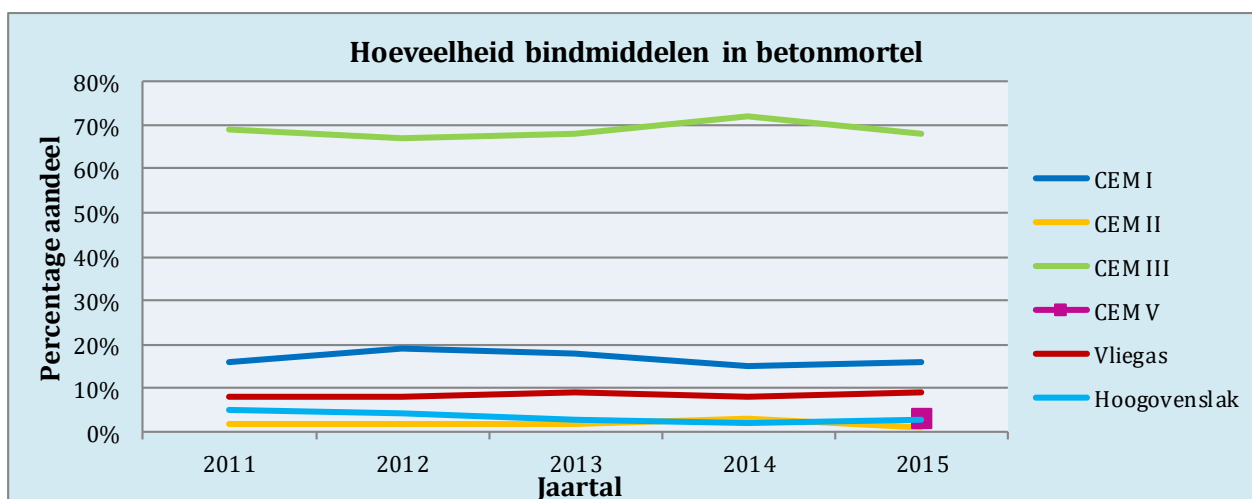
Op basis van de berekeningen m.b.v. de 'CUR-ontwerptool Groen Beton', kan inzichtelijk worden gemaakt hoeveel CO₂ er wordt uitgestoten tijdens het gehele proces (grondstofwinning tot sloop/recycling) en hoeveel CO₂ er wordt gereduceerd door hergebruik van materialen. Dit hebben we inzichtelijk gemaakt door te specificeren per grondstof/materiaal en per fase.





CO₂ productie meest toegepaste bindmiddelen

Om een vergelijking te kunnen maken hoe de betonmengsels die in de praktijk worden toegepast zich verhouden tot de gemiddelde samenstelling van betonmortel wordt de CO₂-uitstoot van de meest toegepaste bindmiddelen in beton berekend. Volgens de jaarlijkse benchmark van brancheorganisatie VOBN **Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.** bestond iedere toegepaste m³ bindmiddel in 2015 voor 68% uit CEM III, 16% uit CEM I, 9% uit vliegas en voor het overige deel uit hoogovenslak, CEM V en CEM II. Hieronder is te zien dat de verhoudingen van de toegepaste bindmiddelen in betonmortel de laatste vijf jaar niet is veranderd.

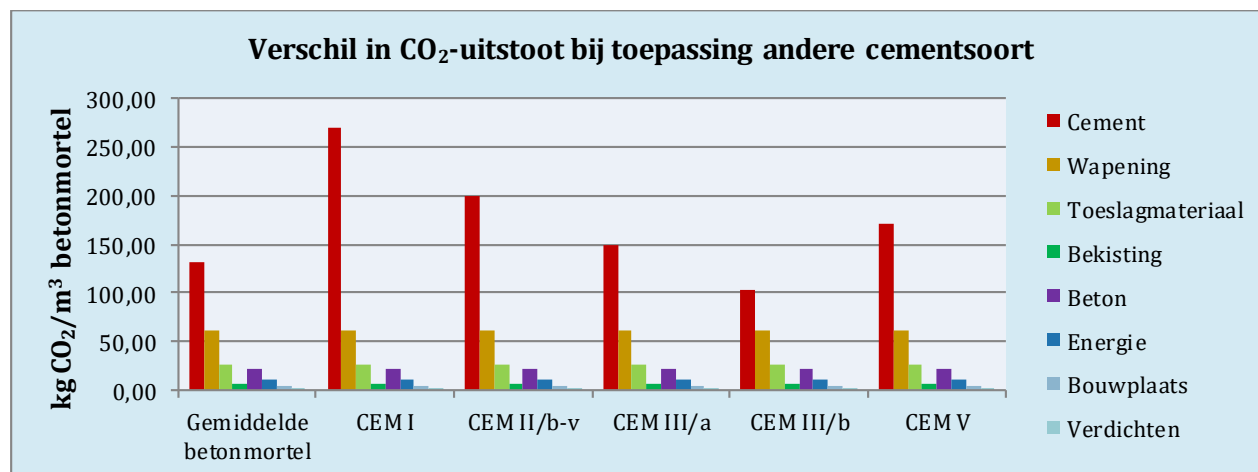


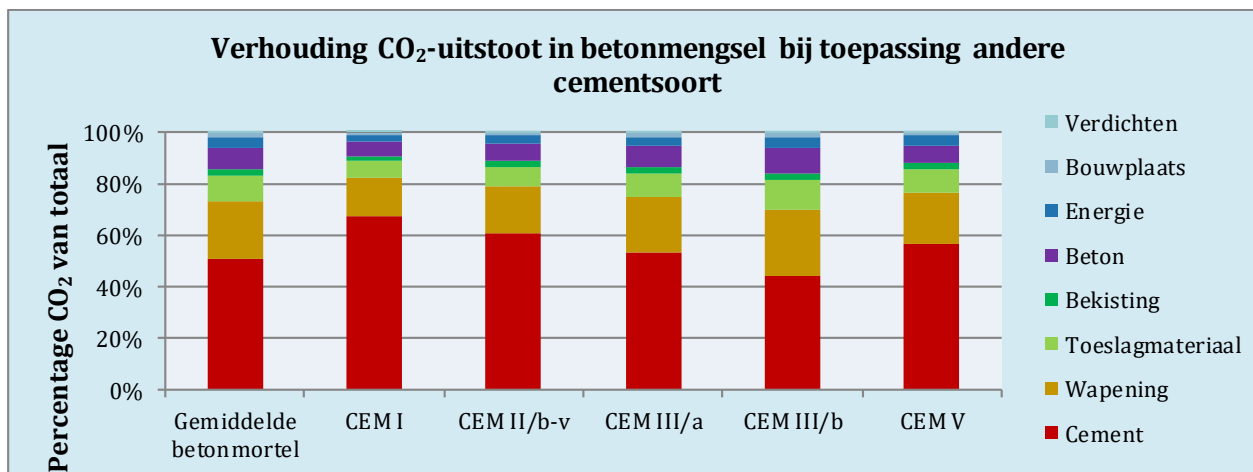
Op basis van betonmortelmengsels met CEM I, CEM II/b-v, CEM III/a, CEM III/b en CEM V wordt een vergelijking gemaakt van de CO₂-uitstoot in de betonketen. De hoeveelheden zand, grind en water is in ieder mengsel hetzelfde en heeft hetzelfde soortelijk gewicht als de gemiddelde betonmortel. In de tabel op de volgende pagina is de samenstelling van het betonmortel weergegeven. De samenstelling van het cement heeft invloed op de CO₂-uitstoot in het betonmengsel. Er kunnen veel verschillende cementsamenstellingen zijn binnen hetzelfde cementtype, omdat er een bepaalde range per cementgrondstof is vastgesteld. Dat is in de tabel die erop volgt weergegeven.

Samenstelling	Hoeveelheid [kg/m ³ betonmortel]
Cement	318
Rivierzand	800
Riviergrind	1.061
Water	167
Gemiddeld totaal	2.346

Naam	Betekenis	Samenstelling (in %)		
		Portlandcement-klinker	Hoogovenslak	Vliegas
CEM I	Portlandcement	100%		
CEM II/b-v	Portlandvliegascement	65-79%		21-35%
CEM III/a	Hoogovencement	35-64%	36-65%	
CEM III/b	Hoogovencement	20-34%	66-80%	
CEM V	Composietcement	40-64%	18-30%	18-30%

De verschillende betonsamenstellingen op basis van variatie in cementtype leiden tot een verschil in CO₂-uitstoot van het mengsel. Volgens Prof. K. Sakai is portlandcement wereldwijd goed voor 5-7% van de CO₂-uitstoot. In Nederland ligt dat op ongeveer 1%, dankzij het gebruik van klinkerarm cement. Met behulp van de 'CUR-ontwerptool Groen Beton' is een vergelijking tot stand gekomen, waarin is berekend welke mengsels het meest 'groen' zijn en hoeveel ze onderling afwijken van elkaar als het gaat om CO₂-uitstoot. Daar wordt bevestigd dat het veel toepassen van portlandcement een grote bijdrage kan hebben bij de wereldwijde CO₂-uitstoot. In onderstaand figuur is het aantal kg CO₂ per m³ betonmortel weergegeven, waarbij het type cement de bepalende factor is van de totale CO₂-uitstoot van het beton. De figuur die erop volgt, op de volgende bladzijde, laat de verhoudingen van de CO₂-uitstoot tussen de processen zien. In beide figuren is het gehele proces van grondstofwinning tot sloop meegenomen in de berekening.

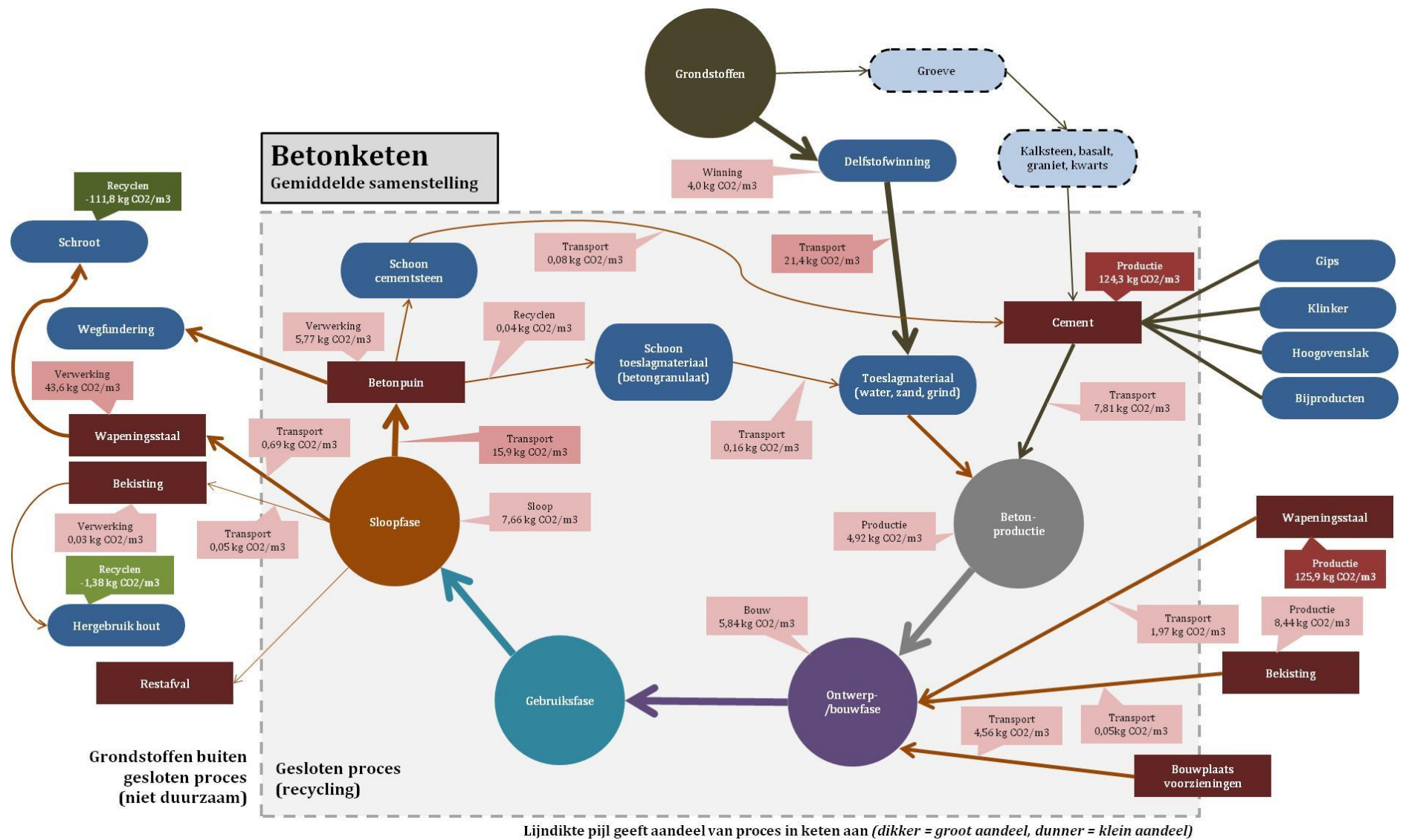




Samengevat kan worden gezegd dat het cementtype van grote invloed is op de CO₂-uitstoot van het beton en het gehele project. In onderstaande tabel zijn de afwijkingen t.o.v. de gemiddelde toegepaste cementtype weergegeven. CEM I blijkt de meest milieubelastende variant te zijn, en CEM III/b de meest groene variant als het gaat om veelgebruikte cementtypen.

Cementtype	kg CO ₂ /m ³ betonmortel	% t.o.v. basis
Gemiddelde betonmortel (<i>basis</i>)	132,09	100%
CEM I	269,35	204%
CEM II/b-v	199,24	151%
CEM III/a	149,25	113%
CEM III/b	103,21	78%
CEM V	171,88	130%

Op de volgende pagina is de uitstoot zoals eerder in dit hoofdstuk uitgewerkt omgezet naar de betonketen.



8. CO₂ REDUCTIE

Betongranulaat in nieuw beton is niet de enige oplossing om CO₂-uitstoot te reduceren. Er vinden diverse innovatieve ontwikkelingen plaats. In de ketenanalyse zijn een aantal andere interessante ontwikkelingen meegenomen als mogelijke maatregel. De genoemde innovaties kunnen CO₂-uitstoot terugdringen.

CO₂ als reductiebron

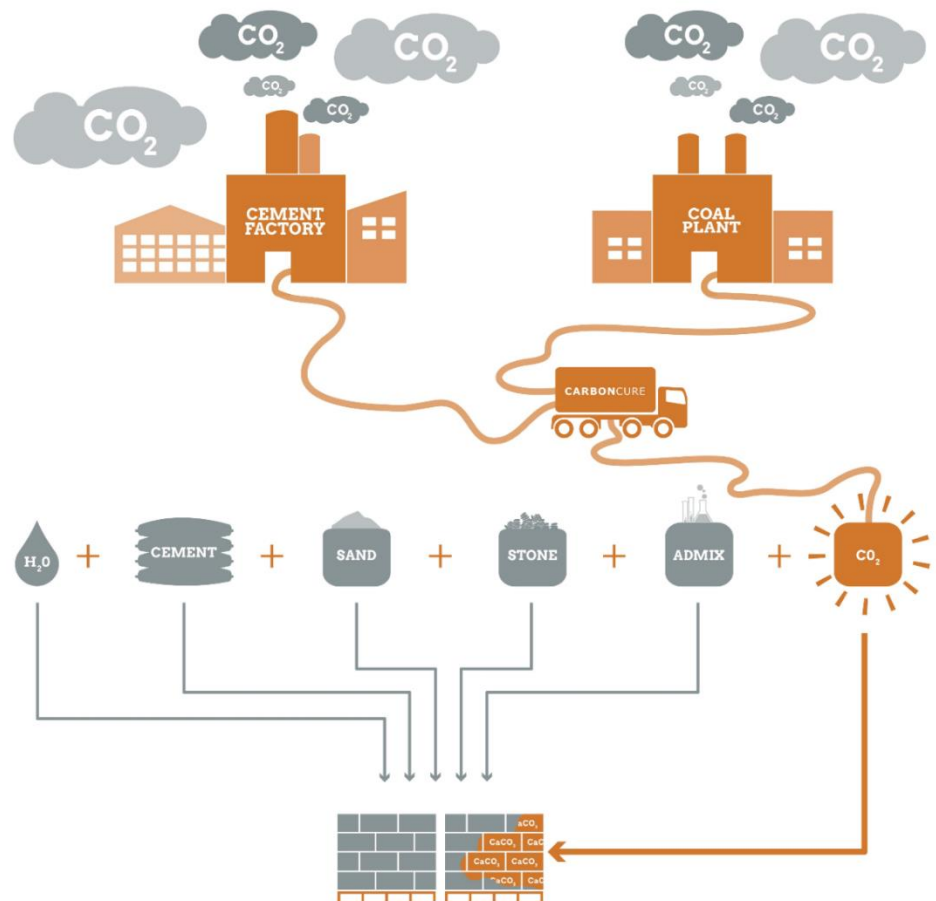
CarbonCure is er in geslaagd een technologie te ontwikkelen waarbij reeds uitgestoten CO₂ terug gebracht wordt in beton. Koolstofdioxide wordt vanuit een tank in gasvorm tijdens het productieproces in het beton geïnjecteerd. Uit onderzoek is gebleken dat door het toepassen van CO₂ in beton de kwaliteit aanzienlijk verbeterd. Dit heeft als gevolg dat er minder cement toegepast hoeft te worden om dezelfde sterkte te bereiken.

REACTIEVERGELIJKING

Door het toevoegen van CO₂ vindt er een extra chemische reactie plaats in de productieproces van het beton. Door deze reactie wordt de CO₂ vastgelegd in het beton in de vorm van kalksteen. Dit betekent dat bij het breken van een betonconstructie aan het einde van de levensduur, deze CO₂ niet meer vrijkomt. Op die manier wordt CO₂ gebruikt als grondstof, die niet meer teruggewonnen wordt.

DAADWERKELIJKE CO₂-REDUCTIE

Er wordt met deze methode CO₂ gereduceerd door CO₂ die reeds uitgestoten is toe te passen als grondstof en door het cement dat niet toegepast hoeft te worden als gevolg van het toepassen van CO₂.



Bij het injecteren van 593 gram CO₂ in één kuub beton wordt er twintig keer zo veel CO₂ bespaard dankzij het niet toepassen van het cement. Dit houdt in dat er nog eens 11.866 gram CO₂ bespaard wordt. Echter brengt het vernieuwde proces wel extra werkzaamheden met zich mee. Zo moet de CO₂ opgevangen worden en getransporteerd naar de locatie waar het verwerkt zal worden. Dit brengt een verlies van 119 gram CO₂ per geproduceerde kuub met zich mee. Bij elkaar opgeteld is de CO₂-reductie per kuub beton 12.341 gram.

Op basis van de gemiddelde betonmortelsamenstelling die is gegeven in het onderzoeksrapport van CE-Delft kan hieruit opgemaakt worden dat er 9% cement bespaard kan worden. In combinatie met de andere bovengenoemde factoren komt dit uit op een besparing van 4,7% CO₂-uitstoot op het volledige ketenproces per kuub beton.

Geopolymeerbeton

Geopolymeerbeton is klinkervrij cement. In diverse projecten wordt dit beton toegepast op plaatsen waar het geen tot weinig constructieve risico's heeft. Denk hieraan aan betontegels, banden, grastegels en straatstenen.



NADELEN

Er moet gewaarborgd worden dat door middel van het grootschalig toepassen van hoogovenslak en vliegashoudend beton er geen schaarste optreedt in deze producten. Dit zou namelijk kunnen leiden tot een toename van het gebruik van portlandcementklinker in traditioneel beton, waardoor de CO₂-uitstoot weer toeneemt. Over de constructieve eigenschappen van geopolymeerbeton en de ontwikkeling daarvan in de tijd is nog veel onzekerheid. Ook over de bescherming van wapening in geopolymeerbeton zijn nog de nodige vragen. Geopolymeerbeton is door het hoge gehalte aan alkaliën ook niet circulair toe te passen. Het is alleen nog geschikt als fundatiemateriaal of als betongranulaat in nieuw geopolymeerbeton. Als deze problemen opgelost zijn is het een product waarmee de grootste uitstootbron binnen het beton vervangen kan worden wat een enorme CO₂-reductie op kan leveren.

8.1 SOLIDIA-CEMENT

Het toepassen van Solidia-cement kan een besparing opleveren tot wel €100/ton CO₂. Solidia Technologies heeft een alternatief cement ontwikkeld op basis van Wollastoniet (CaSiO₃), een calciumsilicaat. Het Solidia-cement vormt beton met dezelfde ingrediënten als Portlandcement. Alleen de uithardingsreactie is een carbonatatiereactie met CO₂.

Er zijn twee grote bijkomende voordelen. Het cement reageert met CO₂ in plaats van water. Hierdoor hoeven er dus geen grote hoeveelheden water toegevoegd te worden. Als tweede heeft het Solidia-beton de 28 dagen sterkte al na 24 uur bereikt. Mits de carbonatatiereactie bij een temperatuur van 40 tot 60 graden Celsius plaatsvindt. Hierdoor kan snel ontkist worden en worden bouwprocessen niet opgehouden en kan dit in veel gevallen zelfs versneld worden.

Doordat het cement in dezelfde installaties als het portlandcement gemaakt kan worden hoeven er weinig aanpassingen op de markt plaats te vinden. Dit zou de overgang kunnen vergemakkelijken. Solidia-cement wordt met een lagere temperatuur geproduceerd en er komt minder CO₂ vrij bij de productie. Dit samen geeft al een reductie van ongeveer 30% ten opzichte van de productie van portlandcement. Dan is er ook nog de CO₂ die opgenomen wordt in het beton. Hiermee wordt tot 300kg CO₂ per ton cement opgenomen in het beton.

Er zijn al testen uitgevoerd met het op grote schaal produceren van Solidia-cement. Deze testen zijn geslaagd. Op dit moment is de uitdaging om het cement ook daadwerkelijk toe te passen. De mogelijkheden zijn op dit moment beperkt tot niet constructieve toepassingen.

Advanced Dry Recovery (ADR)

Er zijn op dit moment verschillende innovaties gaande op het gebied van het terugwinnen van materialen/grondstoffen uit het beton dat aan het einde van zijn levensduur is. Traditioneel wordt het beton gebroken tot een aantal gangbare gradaties. Het wapeningsstaal wordt op dat moment gescheiden en hergebruikt. Het overgebleven gebroken betonpuin kan hergebruikt worden als wegfundatie en kan toegepast worden als grindvervanger in nieuw beton.

De ADR wordt ontwikkeld door een Europese samenwerking van partijen in verschillende segmenten in de betonketen. Zo zijn producenten, aannemers, eindverwerkers, kennisinstellingen en overheden betrokken bij de ontwikkeling van deze technologie. De technologie is gebaseerd op het verschil in kinetische energie van een object. Gebroken puin met een fractie 0-16 kan door deze techniek gescheiden worden in de gradaties 0-4 en 4-16. Dit gebeurt in een vochtige omgeving en hierdoor komt er dus geen schadelijk stof vrij. De gradatie 4-16 is zeer geschikt om als grindvervanger toegepast te worden in nieuw beton. Dit vanwege de kleine hoeveelheid fijn toeslagmateriaal. Hierdoor neemt de waterbehoefte minder toe. Voor de gradatie 0-4 is er een andere toepassing. Er wordt onderzocht naar hoe deze fractie de fijne toeslagmaterialen kan vervangen en misschien zelfs als alternatief voor cement. Hiervoor wordt het materiaal eerst gedroogd en daarna nog fijner gemalen. Hierdoor komt ongehydrateerd cement vrij. Uit proeven is gebleken dat er inderdaad cement bespaard kan worden door het toepassen van het materiaal uit de ADR.

SmartCrusher

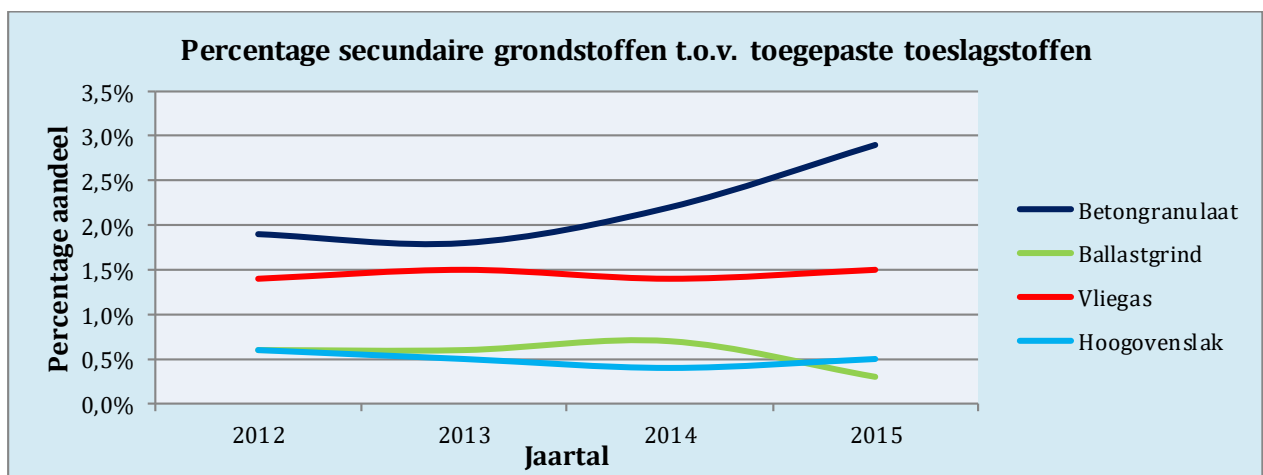
Materialen hebben verschil in druksterkte. Zand en grind hebben een veel hogere druksterkte dan cement. Dit is de variabele in het materiaal waarvan gebruik gemaakt wordt om het te kunnen scheiden. In plaats van door alles heen te breken oefent de SmartCrusher gedoseerd druk uit op het materiaal. Hierdoor breken alleen de cementen van het toeslagmateriaal af. Het resultaat is een schoon grind en zand dat hoogwaardiger toegepast kan worden dan grind en zand dat afkomstig is van winlocaties. Het andere product is het cement dat veel lichter is en door middel van luchtstromen afgevangen kan worden. Dit cement heeft zijn bruikbaarheid ook al bewezen. Door de SmartCrusher hoeft er veel minder klinker te worden geproduceerd. Het ongehydrateerde cement dat nog aanwezig is in oud beton loopt op tot zo'n 40 à 50%.

9. RECYCLING VAN MATERIALEN

De meerderheid van de gesloopte betonconstructies bestaat uit beton. Circa de helft daarvan kan als betongranulaat ingezet worden. Geavanceerdere sloop- en recyclingtechnieken verhogen dit aandeel. Steenachtige materialen dragen voor 60% bij aan de totale afvalstromen in Nederland. Naar verwachting zal de hoeveelheid stijgen van 20 miljoen ton steenachtig materiaal nu, naar 30 miljoen ton in 2025. De afzet naar de wegenbouw staat nu garant voor 95%, maar de vraag zal naar verwachting afnemen. Dit biedt kansen voor alternatieve afzetmarkten, zoals de betonindustrie.

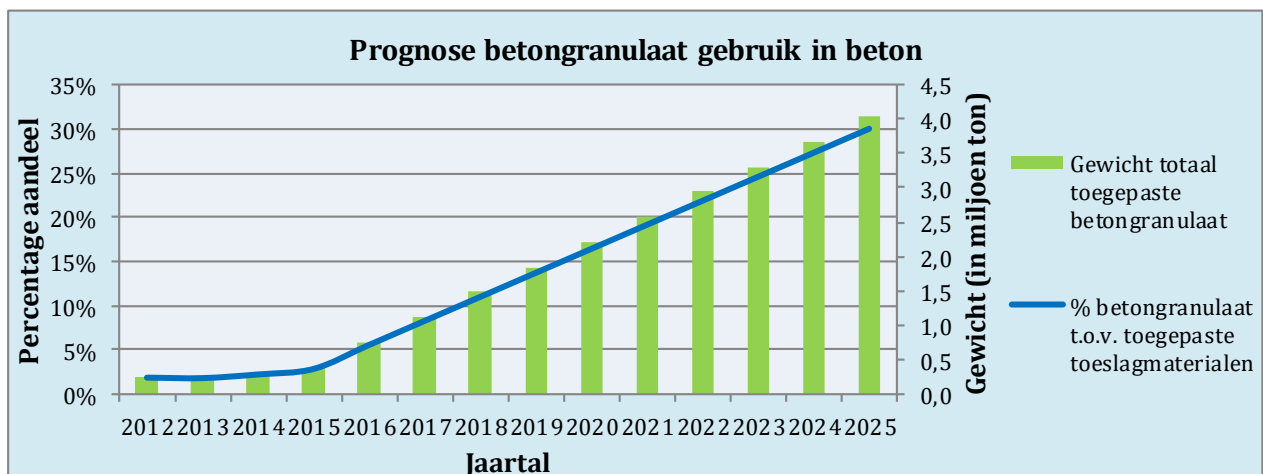
BETONGRANULAAT

Één van de doelen is om het aandeel betongranulaat van honderdduizenden tonnen nu te verhogen tot 4 a 5 miljoen ton (30%) in 2025. Hiervoor zal ongeveer 40% van het uit sloop vrijkomend betonpuin nodig zijn. Uit de jaarlijkse benchmark blijkt een toename van 35 naar 55 kilogram betongranulaat per m³ betonmortel. Bij een jaarproductie van 7 miljoen m³ betonmortel betekent het een toename van 140.000 ton met een jaarhoeveelheid van 385.000 ton.



Met de verwachting dat steenachtig materiaal uit de afvalstromen de komende jaren fors gaat toenemen, is er ruimte om de stijgende trend door te zetten. Dat is benodigd om een poging te doen de doelstelling van 30% betongranulaat t.o.v. toegepaste toeslagstoffen te behalen.

Sinds kort is het vanuit technische regelgeving toegestaan om 30% betongranulaat toe te passen. Een constructeur kan met toestemming van de opdrachtgever een ontwerp maken bestaande uit 50% betongranulaat als er conventioneel wordt gerekend. Voor veel toepassingen is zelfs 100% mogelijk.



Volgens BetonInfra, een samenwerkingsverband tussen het Cement&BetonCentrum, de Vereniging van Ondernemingen van Betonmortelfabrikanten in Nederland (VOBN) en de Commissie Cementbeton Wegenbouw van de Vakgroep Specialistische Wegenbouw van Bouwend Nederland, is het milieuvoordeel van het toepassen van betongranulaat relatief beperkt. Een bepalende factor hierbij zijn de transportafstanden tussen sloop, breken en hergebruik in nieuw beton. Deze afstanden moeten klein zijn om er een milieuvoordeel uit te halen. Gebouwen en constructies neerzetten die voor de helft en in uitzonderlijke gevallen zelf volledig bestaan uit betongranulaat als toeslagmateriaal kan nadelig zijn voor het milieu, omdat betongranulaat een hogere waterbehoefte heeft dan primair grind. Er kan een kleine milieuwinst behaald worden door betongranulaat in nieuw beton toe passen als er niet meer dan 24% grind wordt vervangen door betongranulaat. De waterbehoefte van betongranulaat zorgt ervoor dat er meer water aan het betonmengsel moet worden toegevoegd. De norm schrijft voor dat er dan ook meer cement in het mengsel moet worden toegevoegd om de reken betonsterkte te behouden. Toepassing van hoge percentages betongranulaat kan daardoor zelfs een nadelig effect hebben voor het milieu.

Tot op heden wordt gebroken beton bijna altijd als puinfundering onder een weg gebruikt i.p.v. hergebruikt in nieuw beton. De sterkte van beton bestaande uit gerecyclede materialen zou het toepassen ervan weerhouden, maar is dat ook terecht? Het blijkt dat tot 25% betongranulaat er geen gevolgen zijn, maar dat het watertekort boven 25% wel belangrijke rol gaat spelen.

GERECYCLEDE MATERIALEN IN BETON

Voor het toepassen van gerecyclede materialen en daarmee het realiseren van een circulaire economie, geldt dat normen en wetten soms een randvoorwaarde zijn om meer hergebruik te realiseren. Dit geldt bijvoorbeeld als reststromen aan bepaalde kwaliteitscriteria moeten voldoen om aantoonbaar geschikt te zijn voor inzet als grondstof voor een nieuw product. Het is dan nodig dat partijen in de keten afspraken maken over de kwaliteitseisen waar het recycalaat aan moet voldoen om geschikt te zijn als grondstof. Deze afspraken worden door de markt vaak vastgelegd in nationale of internationale normen.

De belangrijkste wet- en regelgevingen wat betreft het toepassen van granulaten als secundaire toeslagmateriaal in beton zijn de CUR-Aanbevelingen en NEN. Hieronder staat aangegeven welke wet- en regelgeving van toepassing is bij een bepaald percentage betongranulaat in een betonmengsel.

Percentage grindvervanging	Wet- en regelgeving
20% vervanging van grind	– NEN-EN 206-1 – NEN 8005 – Geen toestemming van opdrachtgever nodig – Levering onder KOMO certificaat op gebruikseisen
50% vervanging van grind	– CUR-Aanbeveling 112, geen aanpassing van rekenregels – Toestemming van opdrachtgever nodig – Levering onder KOMO certificaat op samenstelling
100% vervanging van grind	– CUR-Aanbeveling 112, met toepassing van de aanpaste rekenregels. – Toestemming van opdrachtgever nodig. – Levering onder KOMO certificaat op samenstelling.

In de bijlagen tref je een register aan van de CO2 impact bij een x percentage toepassing van betongranulaat. Tevens ook een afbeelding van de invloed op CO2 van betongranulaat in een betonmengsel.

10. CONCLUSIE

Kijkende naar de betonketen is cement de meest CO₂ producerende grondstof van beton. Niet alle materialen voor CO₂ reductie zijn even geschikt. Het toepassen van gerecyclede materialen wordt aangemoedigd vanuit de overheid. Dit blijkt uit de 'Green Deal Beton', waarin erg hoge percentages CO₂-reductie genoemd. De percentages waarin het gerecyclede materiaal kan worden toegepast is volgens ons erg optimistisch. Uit de gegevens van de VOB-N-Benchmark van de periode 2011-2015 blijkt dat de doelstelling om in 2025 30% betongranulaat als secundair toeslagmateriaal in beton te gebruiken niet haalbaar lijkt te zijn.

Uit de berekeningen blijkt dat niet op voorhand kan worden gezegd dat deze doelstelling de CO₂-uitstoot in de betonketen terug zal dringen. Er kan zelfs een negatief CO₂-effect optreden. De doelstellingen uit de 'Green Deal Beton' op basis van de huidige normen zijn slecht voor het milieu. Door de extra cementbehoefte bij gebruik van grote hoeveelheden betongranulaat kan de CO₂-uitstoot van beton fors stijgen.

Materialen hergebruiken heeft een positief effect op innovaties in de betonsector. De verwachting is dat nieuwe innovaties zullen leiden tot het verhogen van schoon betongranulaat in betonpuin en het scheiden van cement uit betonpuin. Het terugwinnen van cement is de belangrijkste schakel in CO₂-reductie van beton.

Verbetermaatregelen onderzoek

Aannemer				Opdrachtgever	Betonmortelleverancier
Tender-/ontwerpfase		Uitvoeringsfase			
Verlengen van 28-daagse sterkte	Iedereen moet meebetalen tenzij het direct geld oplevert	Geen plannen, wel maatregelen	CO ₂ -uitstoot zoals bedacht in de tender-/ontwerpfase	Iedereen moet meebetalen tenzij het direct geld oplevert	Iedereen moet meebetalen tenzij het direct geld oplevert
Negatieve effecten op CO ₂ -uitstoot	CO ₂ -Projectplan concreet maken	Iedereen moet meebetalen tenzij het direct geld oplevert	Geen goede vergelijking CO ₂ -uitstoot mogelijk		Betonleverancier levert geen CO ₂ -footprint
		Milieu-effect van ontkistingstijd	Aannemer heeft geen zicht op betonsamenstellingen		
CO ₂ -Projectplan bevat alleen maatregelen die leiden tot een lagere CO ₂ -uitstoot	Te behalen CO ₂ -reductie weegt niet op tegen benodigde tijd en inspanning	Niet toetsbaar of besparingspotentie in uitvoering is gerealiseerd	Betonprojecten met betonconstructies zijn erg dynamisch	Eisen van opdrachtgever zijn niet scherp genoeg geformuleerd	Negatieve effecten voor de betonmortelleverancier
Aannemer schakelt niet altijd een expert met betontechnologische kennis in	Prioriteiten verschillen tussen ontwerp- en uitvoeringsfase	Onerlijke concurrentie		Onerlijke concurrentie	Onerlijke concurrentie
Plannen niet concreet vastgelegd in rapportage duurzaamheid	Betontechnologische kennis ontbreekt				Betonmortelleverancier heeft eigen gegevens niet op orde
Onerlijke concurrentie	De vraag van de aannemer wordt niet helder of consequent gesteld aan de betonmortelleverancier				Betonsamenstelling is geheim van de betonmortelleverancier
					De vraag van de aannemer wordt niet begrepen door de betonmortelleverancier
SMART formuleren CO ₂ -Projectplan	Haalbaarheid verlengen 28-daagse sterkte toetsen in beginstadium	Sectorbreed plannen opstellen	Eenduidigheid over rekentool	Ambitieuze duurzaamheidseisen door opdrachtgever	Bewustwording creëren
Expert met betontechnologische kennis raadplegen	Sectorbreed plannen opstellen	Bewustwording creëren	Planning en ontwerp betrekken bij raming CO ₂ -footprint	Bewustwording creëren	Sectorbreed plannen opstellen
Deadline stellen aan verstrekken CO ₂ -footprint betonmortelleverancier	Versnellen ontkistingstijd niet bespreekbaar maken			Sectorbreed plannen opstellen	Interactie verbeteren tussen aannemer en betonmortelleverancier
Bewustwording creëren	CO ₂ -verhogende activiteiten eisen in CO ₂ -Projectplan			Eenduidigheid over rekentool	Eenduidigheid over rekentool
Eenduidigheid over rekentool					

Op de afbeelding op de vorige pagina kunnen alle voorgeschreven maatregelen gezien worden die samen met de ketenpartners zijn opgesteld na een onderzoek naar de betonketen. GMB heeft al deze informatie tot zich genomen en op basis daarvan deze ketenanalyse beton geschreven. Hieronder worden de maatregelen genoemd die voor nu voor GMB actueel en realistisch zijn om een bijdrage te kunnen leveren in de reductie van CO₂ in de toepassing van beton.

Maatregelen GMB

- Innovatieve ontwikkelingen in de markt worden gevolgd.
- Betongranulaat (tot max van 24%) toe gaan passen op projecten.
1-24% betongranulaat betekend 0,02 tot 0,51 kg /m³ CO₂-reductie.
- CEM III/b wordt altijd als betonmengsel gekozen als de planning dit toelaat.
CEM III/b zorgt voor 22% reductie in CO₂ uitstoot.
- GMB zet alleen lokale leveranciers in.
- GMB zal met opdrachtgevers altijd de dialoog opzoeken als er minder cement toegepast kan worden.
- GMB Betonbeleid opstellen.

BIJLAGEN

Impact op CO₂-uitstoot bij toevoeging betongranulaat aan betonmengsel

% beton- granulaat in mengsel	Sterkte zonder extra cement f_{cm} (N/mm ²)	Extra cement (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM I (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM II (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM III/a (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM III/b (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM V (kg/m ³)
0%	48,53		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1%	48,23		-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
2%	47,93		-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
3%	47,64		-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
4%	47,35		-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08
5%	47,07		-0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,11
6%	46,78		-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13
7%	46,50		-0,15	-0,15	-0,15	-0,15	-0,15
8%	46,23		-0,17	-0,17	-0,17	-0,17	-0,17
9%	45,95		-0,19	-0,19	-0,19	-0,19	-0,19
10%	45,68		-0,21	-0,21	-0,21	-0,21	-0,21
11%	45,42		-0,23	-0,23	-0,23	-0,23	-0,23
12%	45,15		-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
13%	44,89		-0,28	-0,28	-0,28	-0,28	-0,28
14%	44,63		-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
15%	44,38		-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32
16%	44,13		-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34
17%	43,88		-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36
18%	43,63		-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38
19%	43,39		-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40
20%	43,14		-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42
21%	42,91		-0,45	-0,45	-0,45	-0,45	-0,45
22%	42,67		-0,47	-0,47	-0,47	-0,47	-0,47
23%	42,43		-0,49	-0,49	-0,49	-0,49	-0,49
24%	42,20		-0,51	-0,51	-0,51	-0,51	-0,51
25%	41,97	0,56	-0,07	-0,19	-0,28	-0,36	-0,24
26%	41,75	2,14	1,20	0,73	0,40	0,09	0,55
27%	41,52	3,72	2,47	1,65	1,07	0,54	1,34
28%	41,30	5,30	3,74	2,58	1,75	0,99	2,12
29%	41,08	6,88	5,01	3,50	2,42	1,43	2,91
30%	40,86	8,45	6,28	4,42	3,10	1,88	3,70
31%	40,65	10,03	7,55	5,35	3,78	2,33	4,49
32%	40,44	11,61	8,82	6,27	4,45	2,78	5,28
33%	40,22	13,19	10,09	7,19	5,13	3,23	6,06
34%	40,02	14,76	11,36	8,12	5,81	3,68	6,85
35%	39,81	16,34	12,62	9,04	6,48	4,13	7,64
36%	39,60	17,92	13,89	9,96	7,16	4,58	8,43
37%	39,40	19,50	15,16	10,89	7,84	5,03	9,22
38%	39,20	21,07	16,43	11,81	8,51	5,48	10,00
39%	39,00	22,65	17,70	12,73	9,19	5,93	10,79
40%	38,81	24,23	18,97	13,66	9,87	6,37	11,58
41%	38,61	25,81	20,24	14,58	10,54	6,82	12,37
42%	38,42	27,39	21,51	15,50	11,22	7,27	13,16
43%	38,23	28,96	22,78	16,43	11,89	7,72	13,95

% beton- granulaat in mengsel	Sterkte zonder extra cement f_{cm} (N/mm ²)	Extra cement (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM I (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM II (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM III/a (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM III/b (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM V (kg/m ³)
44%	38,04	30,54	24,05	17,35	12,57	8,17	14,73
45%	37,85	32,12	25,32	18,27	13,25	8,62	15,52
46%	37,66	33,70	26,59	19,19	13,92	9,07	16,31
47%	37,48	35,27	27,86	20,12	14,60	9,52	17,10
48%	37,30	36,85	29,13	21,04	15,28	9,97	17,89
49%	37,12	38,43	30,40	21,96	15,95	10,42	18,67
50%	36,94	40,01	31,67	22,89	16,63	10,86	19,46
51%	36,76	41,58	32,93	23,81	17,31	11,31	20,25
52%	36,59	43,16	34,20	24,73	17,98	11,76	21,04
53%	36,41	44,74	35,47	25,66	18,66	12,21	21,83
54%	36,24	46,32	36,74	26,58	19,33	12,66	22,61
55%	36,07	47,90	38,01	27,50	20,01	13,11	23,40
56%	35,90	49,47	39,28	28,43	20,69	13,56	24,19
57%	35,73	51,05	40,55	29,35	21,36	14,01	24,98
58%	35,56	52,63	41,82	30,27	22,04	14,46	25,77
59%	35,40	54,21	43,09	31,20	22,72	14,91	26,55
60%	35,24	55,78	44,36	32,12	23,39	15,36	27,34
61%	35,07	57,36	45,63	33,04	24,07	15,80	28,13
62%	34,91	58,94	46,90	33,97	24,75	16,25	28,92
63%	34,76	60,52	48,17	34,89	25,42	16,70	29,71
64%	34,60	62,09	49,44	35,81	26,10	17,15	30,50
65%	34,44	63,67	50,71	36,74	26,77	17,60	31,28
66%	34,29	65,25	51,97	37,66	27,45	18,05	32,07
67%	34,13	66,83	53,24	38,58	28,13	18,50	32,86
68%	33,98	68,41	54,51	39,51	28,80	18,95	33,65
69%	33,83	69,98	55,78	40,43	29,48	19,40	34,44
70%	33,68	71,56	57,05	41,35	30,16	19,85	35,22
71%	33,53	73,14	58,32	42,27	30,83	20,30	36,01
72%	33,38	74,72	59,59	43,20	31,51	20,74	36,80
73%	33,24	76,29	60,86	44,12	32,19	21,19	37,59
74%	33,09	77,87	62,13	45,04	32,86	21,64	38,38
75%	32,95	79,45	63,40	45,97	33,54	22,09	39,16
76%	32,81	81,03	64,67	46,89	34,22	22,54	39,95
77%	32,67	82,60	65,94	47,81	34,89	22,99	40,74
78%	32,53	84,18	67,21	48,74	35,57	23,44	41,53
79%	32,39	85,76	68,48	49,66	36,24	23,89	42,32
80%	32,25	87,34	69,75	50,58	36,92	24,34	43,10
81%	32,11	88,92	71,02	51,51	37,60	24,79	43,89
82%	31,98	90,49	72,28	52,43	38,27	25,24	44,68
83%	31,84	92,07	73,55	53,35	38,95	25,68	45,47
84%	31,71	93,65	74,82	54,28	39,63	26,13	46,26
85%	31,58	95,23	76,09	55,20	40,30	26,58	47,05
86%	31,45	96,80	77,36	56,12	40,98	27,03	47,83
87%	31,32	98,38	78,63	57,05	41,66	27,48	48,62
88%	31,19	99,96	79,90	57,97	42,33	27,93	49,41
89%	31,06	101,54	81,17	58,89	43,01	28,38	50,20
90%	30,93	103,11	82,44	59,82	43,68	28,83	50,99
91%	30,80	104,69	83,71	60,74	44,36	29,28	51,77

% beton- granulaat in mengsel	Sterkte zonder extra cement f_{cm} (N/mm ²)	Extra cement (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM I (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM II (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM III/a (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM III/b (kg/m ³)	Extra CO ₂ - uitstoot CEM V (kg/m ³)
92%	30,68	106,27	84,98	61,66	45,04	29,73	52,56
93%	30,56	107,85	86,25	62,59	45,71	30,18	53,35
94%	30,43	109,43	87,52	63,51	46,39	30,62	54,14
95%	30,31	111,00	88,79	64,43	47,07	31,07	54,93
96%	30,19	112,58	90,06	65,35	47,74	31,52	55,71
97%	30,07	114,16	91,32	66,28	48,42	31,97	56,50
98%	29,95	115,74	92,59	67,20	49,10	32,42	57,29
99%	29,83	117,31	93,86	68,12	49,77	32,87	58,08
100%	29,71	118,89	95,13	69,05	50,45	33,32	58,87

