



**CIRCULAR
CONCRETE**

Praktische gids voor het ontwikkelen en toepassen van circulaire betonsoorten



**HOUVAST VOOR HET GEBRUIK VAN
INNOVATIEVE OPLOSSINGEN IN DE
(BELGISCHE) BOUWPRAKTIJK**



Praktische gids voor het ontwikkelen en toepassen van circulaire betonsoorten

*Houvast voor het gebruik van innovatieve oplossingen
in de (Belgische) bouwpraktijk*

Bram Dooms, Jeroen Vrijders, Niels Hulsbosch, Lisa Wastiels
WTCB, april 2022, v 0.9.1



Toelichting bij deze versie: Dit is de eerste publieke versie van deze Praktijkgids. De meeste onderdelen zijn naar best vermogen ingevuld op basis van de vandaag beschikbare informatie. Er zijn een aantal onderdelen waar verder werk op nodig is. Tevens is een extra validatiestap nodig door het gebruik van dit document in de praktijk. Het WTCB voorziet in een verdere opvolging en uitbreiding van dit document in de komende maanden en jaren.

Dit document maakt geen onderdeel uit van de officiële publicatiereeksen van het WTCB. Het kan dus niet als referentie gebruikt worden. De, zelf gedeeltelijke, verdeling of vertaling van deze documenten is enkel toegestaan met toestemming van het WTCB.

Voorliggend document is een projectresultaat gegenereerd binnen de context van het project Circular.Concrete. Het geldt bijgevolg niet als een officieel document van de partijen die het document gerealiseerd hebben. De gepresenteerde bevindingen, analyses en adviezen worden enkel ten titel van inlichting gegeven.

Inhoud

0	Context.....	5
1	Inleiding.....	6
2	Motivatie : waarom circulair beton gebruiken ?	7
3	Technologie.....	9
3.1	Granulaten	9
3.2	Bindmiddelen – Cement	10
3.3	Bindmiddelen – Andere	11
3.4	Optimalisatie beton-proces en levensduur	12
3.5	End-of-life: hergebruik & recyclagetechnieken	13
4	Stap 1 – Ontwerp	15
4.1	Doordachte keuzes maken.....	15
4.2	Voorschrijven	18
4.3	Milieuwinsten in kaart brengen.....	22
4.4	Kosten/baten	22
5	Stap 2 – Voorbereiding	25
5.1	Conformiteit van de technische prestaties.....	25
5.1.1	Normen en verplichte CE-markering	25
5.1.2	Vrijwillige kwaliteitsmerken.....	26
5.1.3	Partijkeuring en projectbeton.....	32
5.1.4	Ad-hoc afspraken	33
5.2	Milieuhygiënisch kader	34
5.2.1	Gebruik van afvalstromen in de bouw – AAMs & VLAREMA.....	34
5.2.2	Gebruik van afvalstromen in de bouw – aandacht voor 2 ^e en 3 ^e leven.....	35
6	Stap 3 – Uitvoering & opvolging	36
6.1	Checklist voor werken met nieuwe technologieën op de werf	36
6.2	Documentatie	37
6.3	Opvolging	37
7	Voorbeelden & inspiratie.....	39
7.1	Overzicht van projecten uitgevoerd met circulair beton (in België).....	39
7.1.1	Monografie Beton met gerecycleerde granulaten	39
7.1.2	Circular.Concrete	40

7.1.3	Andere interessante projecten in België	41
7.2	Projecten uitgevoerd met circulair beton in het buitenland	42
7.3	Interessante onderzoeksprojecten en andere voorbeelden	42
8	Referenties.....	43
9	Bijlagen.....	44
9.1	Voorbeeld-bestekteksten	44
9.1.1	Technische omschrijving recyclagebeton in NONA-project, Mechelen, 2014 (DMVA) 44	
Zie integraal art. 26.10, en specifiek voor het recyclingbeton:		44
9.1.2	Technische omschrijving optie recyclingbeton KOMET, 2018 (VK Engineering)	47

0 Context

Voorliggende Praktijkgids werd uitgewerkt binnen het kader van het Circular.Concrete-project. Dit VIS-project, ondersteund door VLAIO en de speerpuntcluster SIM Flanders, was erop gericht innovatieve, circulaire betontechnologieën richting toepassing in de praktijk te brengen.



Deze gids werd door het WTCB uitgewerkt op basis van de opgedane ervaringen binnen het Circular.Concrete-project via de validatieproeven in labo-omgeving en via het opvolgen van verschillende pilotwerven, aangevuld met de inzichten en kennis die werd opgedaan in vroegere onderzoeks- en demonstratieprojecten (RecyBeton 1 & 2, Sand2Sand, C-Tech, ValReCon, Stortklaar beton voor de toekomst, Normen-Antenne Beton-Mortel-Granulaten, ...).

Het Circular.Concrete-project werd opgevolgd door een gebruikersgroep van bedrijven en geïnteresseerde organisaties. WTCB wenst deze instanties uitdrukkelijk te bedanken voor hun inbreng.



1 Inleiding

Verschillende innovatieve, en intussen minder innovatieve, oplossingen voor het verlagen van de milieu-impact van beton en/of het meer circulair maken van beton bestaan of zijn in volle ontwikkeling. In de praktijk blijkt echter dat het moeilijk is om deze technologieën concreet toegepast krijgen op werven. Hiervoor bestaan verschillende redenen, bv. het soms ontbreken van een technisch-normatief kader dat voldoende vertrouwen geeft, of het verloop van een bouwproject waarin ambities, middelen en mogelijkheden in conflict komen met elkaar of verwateren.

Voorliggende Praktijkids wil aan deze uitdagingen het hoofd bieden en een concrete houvast bieden om innovatieve technologieën toe te passen in bouwprojecten. Deze doelstelling omvat onrechtstreeks ook het op de markt brengen van innovatieve oplossingen en toepassingen, zodat de marktpartijen (aannemers, ontwerpers, ...) ermee aan de slag kunnen.

Deze gids is dus in eerste instantie bedoeld voor het 'bouw-team' (bouwheer, ontwerper, studiebureau, aannemer, ...) dat bepaalde keuzes moet maken doorheen een project en bepaalde stappen moet zetten om tot een bevredigend eindresultaat te komen. In tweede instantie biedt het document een richtlijn voor aanbieders van innovatieve technologieën, gezien het hen inzicht geeft in de informatie, validatiestappen, keuzes, ... die in concrete projecten moeten gemaakt worden en waarop zij, vanuit hun standpunt als 'leverancier' of 'producent', een (stuk van het) antwoord kunnen geven.

Voorliggende publicatie wil een antwoord aanreiken op de zogenaamde Frequently Asked Questions bij het gebruik van innovatief en duurzaam/groen beton, en dit doorheen de te zetten stappen van een bouwproject. De Praktijkids is dan ook opgebouwd volgens het stramien van een 'gemiddeld' bouwproject en tracht volgende vragen te beantwoorden:

- **Motivatie:** waarom kiezen voor circulair en groen beton?
- **Technologie:** welke oplossingen bestaan er en zijn toepasbaar?
- **Stap 1 – Ontwerp:** welke keuzes moeten gemaakt worden?
- **Stap 2 – Voorbereiding:** hoe kan men tot een kwaliteitsvol eindresultaat komen?
- **Stap 3 – Uitvoering en opvolging:** waarop moet gelet worden in praktijk?
- **Voorbeelden:** wat kan men leren uit voorgaande projecten?
- **Referenties:** waar is meer informatie te vinden?

2 Motivatie : waarom circulair beton gebruiken ?

Beton is meest gebruikte bouw materiaal ter wereld. Door zijn basis-samenstelling, zijnde cement op basis van portlandklinker, water en granulaten, heeft het materiaal dan ook een vrij grote impact op het milieu. Enerzijds door de CO₂-emissies die gepaard gaan met de productie van het cement, anderzijds door de ontginning van natuurlijke grondstoffen. Daarbovenop wordt veel beton gesloopt om nieuwe gebouwen en infra-werken in de plaats te zetten, en is er dus ook veel 'afval' dat opnieuw ingezet kan worden.

Het gebruik van meer circulaire betontechnologieën (zie Hoofdstuk 3) kan een positieve impact hebben op verschillende aspecten:

- Schaarste aan primaire grondstoffen

Door de inzet van gerecycleerd granulaat en zand, of kunstmatige/secundaire granulaten voorkomt men de ontginning van primair grind, kalksteen, zand, Deze materialen zijn ook lokaal aanwezig en dus is men minder afhankelijk van de aanvoer uit bv. het buitenland.

Het gebruik van alternatieve bindmiddelen of toevoegsels (slakken, assen) lost enerzijds een afvalprobleem op en reduceert anderzijds de noodzaak om nieuwe cementen te produceren.

- Meerwaardecreatie

Circulaire aspecten, bv. herbruikbaarheid, lange levensduur, ... kunnen een positieve bijdrage leveren, zowel op vlak van maatschappelijke meerwaarde als op vlak van de economische balans van een project.

- Milieu-impact

Gerecycleerde granulaten, kunstmatige granulaten, ... zijn vaak erg lokaal beschikbaar. Door hun inzet kunnen transportafstanden en dus ook de daaraan gelinkte milieu-impact gereduceerd worden.

De productie van cement, en dan vooral van CEM I (> 95 % portlandklinker), is een energie-intensief proces waarbij ook CO₂ vrijkomt (ontbinding van calciumcarbonaat). Het verminderen van het aandeel portlandklinker in beton, of zelfs het vervangen door een heel ander bindmiddel, heeft bijgevolg een positief effect op de milieu-impact die met beton gepaard gaat.

Het optimaliseren van het beton en de wapening (door ontwerp, door prefabricatie, ...) en het potentieel herbruikbaar maken van betonnen elementen, zorgt voor een verminderd gebruik van grondstoffen (incl. cement).

- Kosten/baten

Door inzet van lokale grondstoffen worden transportkosten uitgespaard. Het is ook mogelijk om in gesloten kringlopen bepaalde kosten uit te sparen. Daarenboven kan worden geanticipeerd op 'milieukosten' die in de toekomst zullen worden 'geïnternaliseerd' en in werkelijke kosten vertaald voor bouwprojecten of gebruik van bepaalde materialen.

- Andere drivers

Bouwheren of bouwteams kunnen ook de keuze maken voor circulaire toepassingen op instigatie van het volgen van verschillende duurzaamheidsmeters, green building certificates, ... zoals BREEAM, CO2-prestatieladder, ...

In het algemeen past het gebruik van circulair beton in de globalere doelstelling en ambitie om 'circulair' te bouwen.

3 Technologie

Verskillende technologieën en oplossingen bestaan of zijn momenteel in ontwikkeling om beton duurzamer, meer circulair en milieuvriendelijker te maken. Voor een uitgebreid overzicht van deze technologieën wordt verwezen naar het 'State of the art rapport'¹.

In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht gegeven van de huidige toepassingsmogelijkheden en beperkingen van enkele voor België relevante technologieën en worden een aantal termen (zoals AAMs en geopolymeren) toegelicht.

3.1 Granulaten

- Technologie

Primaire granulaten in beton zijn een eindige natuurlijke grondstof. Voornamelijk zand is wereldwijd schaarser aan het worden. Tegelijkertijd bestaat ongeveer 33 % van het geproduceerde afval op Europees vlak uit bouw- en sloopafval. Zo wordt in België ongeveer 20 miljoen ton per jaar geproduceerd (cijfers van COPRO, CERTIPRO en FEREDECO). Door dit bouw- en sloopafval te hergebruiken als gerecycleerd betongranulaat en menggranulaat voor nieuw beton, kan men het storten van bouwafval alsook het ontginnen van primaire grondstoffen beperken. Daarnaast worden er in bepaalde industriële processen significante hoeveelheden aan afval- en reststromen geproduceerd zoals vliegashoudend of metallurgische metaalslakken, die na verwerking ook hergebruikt en gevaloriseerd kunnen worden als kunstmatige granulaten in beton².

- Normatief kader

De Europese norm NBN EN 206 en zijn nationale bijlage NBN EN 15-001 schrijven voor dat gerecycleerde granulaten (betongranulaat type A+ en menggranulaat type B+) en kunstmatige granulaten mogen gebruikt worden mits ze voldoen aan de norm NBN EN 12620 en aan bijkomende eisen, onder andere op het vlak van kaliber, samenstelling, volumieke massa en waterabsorptie. Specifiek voor kunstmatige granulaten zijn enkel luchtgekoelde hoogovenslakken, gegranuleerde of kristallijne ruwijzerhoogovenslakken, ferro-staalslakken (BOF, EAF en RVS) en non-ferro metaalslakken (Pb) normatief toegestaan. De toepassing van deze granulaten in beton wordt evenwel beperkt tot welbepaalde sterkteklassen, omgevingsklassen en vervangingspercentages van de natuurlijke granulaten. Indien men hiervan afwijkt, dient de gebruiksgeschiktheid aangetoond te worden voor de beoogde betonsamenstelling en het beoogde gebruik.

- Voordelen & aandachtspunten

Het recyclen van beton als granulaat in nieuw beton draagt bij tot het sluiten van de betonkringloop. De belangrijkste 'milieuwinst' wordt hier geboekt door het verminderen van de ontginning van primaire granulaten. De beheersing van de waterhuishouding in het beton (en

¹ <https://www.circular-concrete.be/state-of-the-art/>

² <https://bouw.grondstoffencatalogus.be>

dus van de waterabsorptie van de granulaten) zijn uiterst belangrijk voor de uiteindelijke kwaliteit (sterkte en duurzaamheid) van het beton.

- Voorbeelden

In België zijn er verschillende voorbeelden van het gebruik van gerecycleerde granulaten in beton aangezien de lokale beschikbaarheid van gerecycleerde betongranulaten en menggranulaten groot is. Een aantal gerecycleerde granulaten ('hoogwaardig betongranulaat') en producenten van beton met gerecycleerde granulaten beschikken over een BENOR-keurmerk.

Enkele voorbeelden van concrete bouwprojecten met gerecycleerde en/of secundaire granulaten zijn gedocumenteerd in de Monografie van het WTCB³: het Recyhouse in Limelette, het Centrum Duurzaam Bouwen (Heusden-Zolder), het kantoorgebouw van De Brabandere (Veurne) of de tweelaagse betonwegverharding (N49). In het kader van Circular.Concrete zijn vier pilootwerven opgevolgd, namelijk Biostoom (Beringen), het proefvak Bioterra (Genk), de suikersite (Veurne) en een betonverharding (Hemiksem). Zie ook Hoofdstuk 7 van deze gids.

- Bedrijven in België

België telt veel innovators en koplopers op vlak van de productie en gebruik van gerecycleerde granulaten in beton. De meesten zijn actief in de federatie Groen Beton Vert. De bedrijven actief binnen het Circular.Concrete project zijn:

- Betongranulaten en/of menggranulaten: AC Materials, Willemen Infra, De Brabandere, Degetec, Jacobs Beton/EKP Recycling, OBBC
- Kunstmatige granulaten: Metallo, Umicore, Orbix
- Gerecycleerd zand door sanering: Bioterra

3.2 Bindmiddelen – Cement

- Technologie

Het productieproces van traditioneel Portlandcement (CEM I) vergt grote hoeveelheden energie en primaire natuurlijke grondstoffen. De decarbonisatie-stap in het productieproces zorgt bovendien voor een belangrijke CO₂-uitstoot (0,8 tot 1,0 ton CO₂ per ton cement). Door het enorme verbruik van cement op wereldschaal is dit voor een groot deel verantwoordelijk voor de milieu-impact van beton. Technologieën om de milieu-impact van cement te verminderen spelen op de eerste plaats in op de (gedeeltelijke) vervanging van Portlandcement in beton door ecologische toevoegsels, bv. secundaire grondstoffen van rest- of afvalstromen (bv. vliegashoudend en gemalen hoogovenslakken). Er werden tevens alternatieve cement-gebaseerde bindmiddelen ontwikkeld met hydraulische chemische reactiviteit (bv. CSH-cement en beliet-cement) en latent hydraulische of puzzolane bindmiddelen (bv. ternair cement en hoogoven-cement).

- Normatief kader

³ <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=REF00011499>

In de norm NBN EN 197-1 worden, naast CEM I, nog 26 andere cementtypes beschreven waarin 6 tot 95 % van het Portlandcement wordt vervangen door o.a. hoogovenslakken, vliegas of kalksteen. De norm NBN B 15-001 geeft aan op welke manier latent hydraulische of puzzolane toevoegsels aangewend kunnen worden in beton. Deze norm geeft ook aan in welke omstandigheden (omgevingsklassen) de verschillende cementtypes en combinaties van Portlandcement met toevoegsels mogen toegepast worden in beton. In bepaalde gevallen kan het nodig zijn om de gebruiksgeschiktheid proefondervindelijk aan te tonen volgens de norm NBN B 15-100.

- Voordelen & aandachtspunten

Alternatieve, cement-gebaseerde bindmiddelen zetten voornamelijk in op het verlagen van de CO₂-voetafdruk, de productie-energie of het gebruik van primaire natuurlijke grondstoffen. De mechanische eigenschappen en duurzaamheidseigenschappen van beton met deze bindmiddelen kunnen evenwel (sterk) verschillen van traditioneel beton met Portlandcement. Over het algemeen dient men rekening te houden met een vertraagde sterkteontwikkeling.

- Voorbeelden

- Ternaire en binaire cementen (zie NBN EN 197-1)
- Magnesiumsilicaatcement: Novacem-Calix
- Beliet-cement: Ternocem (CBR - Heidelberg Cement Group)
- Cement met laag kalkgehalte: Solidia Cement (Solidiatech)
- Gecalcineerde kleien: bv. Cementir/CCB Futurecem met 35 % klinkervervanging door gecalcineerde klei en kalksteenvuller

- Bedrijven in België

- CBR (bv. samengesteld cement en Ternocem)
- CCB (bv. samengesteld cement en Cementir-Futurecem)
- HolcimLafarge (bv. samengesteld cement, ECOPact ZERO en ECOPact ZERO+)
- EcoCem (gemalen gegranuleerde hoogovenslakken)

3.3 Bindmiddelen – Andere

- Technologie

Alternatieve bindmiddelen in beton, die niet gebaseerd zijn op cement, steunen op zeer diverse chemische en fysische bindingsprocessen. Zo zijn Alkali geActiveerde Materialen (AAM), ook vaak aangeduid als ‘geopolymeren’, bindmiddelen die steunen op chemische reacties van alkali-aluminosilicaat (de ‘precursor’) met een alkali-bron (de ‘activator’, bv. natronloog of waterglas). Voorbeelden voor de precursor zijn secundaire grondstoffen en reststromen zoals hoogovenslakken, vliegas, natuurlijke puzzolanen, diverse andere slakken (roestvrijstaalslak, fosforslak, FeNi-slak, koperslak, ...), bodemas, plantenassen, gecalcineerde kleien,

Een ander voorbeeld van alternatieve bindmiddelen zijn calcium- en magnesiumrijke secundaire grondstoffen die in vormen worden geperst en vervolgens uitharden door blootstelling aan CO₂. Bij zwavelbeton tenslotte, wordt elementair zwavel in gesmolten toestand gebruikt als bindmiddel voor de granulaten en treedt verharding op door afkoeling en stolling.

- Normatief kader

Wegens hun innovatief karakter bestaat er in België nog geen normatief kader voor deze alternatieve bindmiddelen.

- Voordelen & aandachtspunten

Alternatieve bindmiddelen zetten voornamelijk in op het verlagen van de CO₂-voetafdruk, de productie-energie of het gebruik van primaire natuurlijke grondstoffen. Wegens het zeer brede scala aan mogelijke producten, dienen de voordelen en aandachtspunten van deze bindmiddelen op productniveau besproken en geëvalueerd te worden.

- Voorbeelden

- Dwarsliggers voor Belgische treinsporen uit zwavelbeton (2021, De Bonte – Infrabel)
- Zitbanken van AAM-beton in Leuven, Hooverplein (2020, ResourceFull)
- Sleufsilos Eco2Polycon uit geopolymerbeton (Degetec)
- Geopolymeer fietspad Zeewolde, NL (2016, SQAPE)
- Geopolymeer rotonde Enschede, NL (2017, SQAPE)

- Bedrijven in België

- ResourceFull: R&D en commercialisatie van AAM-beton
- SQAPE (NL): R&D en commercialisatie van AAM-beton (prefab en ter plaatse gestort onder merknaam RAMAC in Nederland en wellicht onder licentie in België)
- Degetec: R&D en commercialisatie van AAM-beton
- Orbix: R&D en commercialisatie precursormaterialen voor geopolymeren (Stinox en Filinox) en bouwmaterialen die uitharden door carbonatatie (Carbstone)
- De Bonte: Commercialisatie zwavelbeton

3.4 Optimalisatie beton-proces en levensduur

- Technologie

Het uitgangspunt hierbij is 'beton zo optimaal mogelijk toepassen'. Dit kan worden ingevuld op verschillende manieren:

- Het uitwerken van een ontwerp en uitvoeringsproces dat 'zo weinig mogelijk' beton en wapening gebruikt of deze twee tegenover elkaar optimaliseert (keuze voor prefab, keuze voor bepaalde doorsneden)

- Het optimaliseren van de betonsamenstelling, door het granulatenmengsel zo dicht mogelijk te ‘pakken’, door CO₂ toe te voegen aan het verse betonmengsel ter vervanging van cement (nog in concept-fase), door specifieke hulpstoffen te gebruiken, ...
- Het optimaliseren van het beton voor zijn toepassing en een lange levensduur, door bv. ‘self-healing’ concrete te voorzien, door te anticiperen op bepaalde invloedsfactoren (zuurbestendigheid, vorst-dooicycli, kustomgeving, ...)
- Normatief kader

Voor de meeste insteken volstaat het huidige normatieve kader. Voor zelfhelend beton is nog geen kader beschikbaar.

- Voordelen & aandachtspunten

Een overmatig betongebruik kan worden vermeden mits voldoende aandacht in de ontwerp- en uitvoeringsfase.

Aandachtspunt hierbij is uiteraard dat men niet te ‘lean’ gaat rekenen en uitvoeren, zodat nadien geen tolerantie meer bestaat op gebouwniveau (bv. wanneer de functie van het gebouw zou wijzigen).

- Instanties en bedrijven in België

De UGent doet al een aantal jaren zeer actief onderzoek naar zelfhelend beton⁴.

3.5 End-of-life: hergebruik & recyclagetechnieken

- Technologie

Naast de klassieke technologieën voor gerecycleerde granulaten (zie § 3.1) kan worden ingezet op bijkomende stappen om de eigenschappen van gerecycleerde granulaten (bv. de waterabsorptie) te verbeteren (bv. carbonatatie, geoptimaliseerde breek- en scheidingsprocessen om betere of zuiverdere materiaalfracties te bekomen).

Hoewel niet gangbaar, is het in bepaalde gevallen ook interessant om te kijken naar ‘hergebruik’, hetzij van hele structuren, hetzij van betonelementen (stenen, tegels, ...).

- Normatief kader

In principe dienen behandelde granulaten of granulaten die op een andere manier worden geproduceerd of bewerkt evenzeer te voldoen aan de eisen die opgenomen zijn in de normen NBN B 15-001 en NBN EN 12620.

Producten die hergebruikt worden kennen vaak de uitdaging dat de technische prestaties op een alternatieve manier moeten worden onderbouwd. Hiervoor bestaan nog geen vastge-

⁴ <https://durabuildmaterials.ugent.be/>

legde procedures, maar er kan wel teruggevallen worden op het werk dat door WTCB is uitgevoerd in het BBSM-project⁵. Ook werd in Duitsland al werk verricht op de mogelijkheden van hergebruik van betonnen prefab structurelementen.

- Voordelen & aandachtspunten

Het verder bewerken van gerecycleerde granulaten laat toe om de intrinsieke minpunten ervan een stuk te ondervangen: minder aangehechte mortel, een lagere waterabsorptie, een betere korrelverdeling en minder fijn materiaal. Dit zorgt voor een eenvoudigere toepassing en verminderde invloed op de betonprestaties. De efficiëntie en de te behalen milieuwinsten van deze 'extra bewerkingsstappen' dienen geëvalueerd te worden.

Op vlak van hergebruik wordt uiteraard nieuw materiaal uitgespaard, maar is het soms een uitdaging om de beschikbaarheid en prestaties van het 'oude' beton te laten overeenkomen met de vraag naar dergelijke elementen in nieuwe projecten en dit praktisch georganiseerd te krijgen.

- Voorbeelden

Behandeling van gerecycleerde granulaten met CO₂ en slimme breektechnieken: zie rapport Circular.Concrete – Validatie & uitdieping van technologieën op laboschaal.

- Bedrijven

- In België beperkt
- In het buitenland, oa.:
 - Slimbreker.nl
 - Circulairmineraal.nl
 - <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-61957-FR.pdf>
 - <https://www.c2ca-technology.nl/technology/>
 - <https://c8s.co.uk/>

⁵ www.bbsm.brussels & https://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?lang=nl&dtype=publ&doc=wtcb_ar-tonline_2020_1_nr7_hergebruik_van_materialen_hoe_kan_men_hun_technische_prestaties_onder-bouwen.pdf

4 Stap 1 – Ontwerp

In de eerste fase van een bouwproject is het aan de bouwheer, de architect en de betrokken studie-bureaus om een aantal keuzes te maken, in het licht van de motivatie om duurzame en circulaire technieken toe te passen (zie Hoofdstuk 2). Men dient er hierbij van bewust te zijn dat de gemaakte keuzes het verdere verloop van het project mee zullen bepalen. Verschillende thema's kunnen aan bod komen vooraleer het project in uitvoering gaat:

- Keuze voor circulaire oplossingen: welke keuzes, welke gevolgen hebben ze, hoe deze ondervangen?
- Hoe kan innovatie, en dan specifiek een circulaire betonoplossing, opgenomen worden in een marktvrage en een bestek?
- Kunnen de milieuwinsten en -impacten van de keuzes voor meer circulaire oplossingen in kaart gebracht worden?
- Welke implicaties zijn er te verwachten op vlak van kosten, timing, ... ?

4.1 Doordachte keuzes maken

Er dient een goede afweging gemaakt te worden tussen de (duurzame & circulaire) ambities van het project, de risico's die daarmee gepaard gaan ("*known unknowns*") en de middelen die men daartegenover kan en wil plaatsen om deze risico's te ondervangen teneinde de ambities waar te maken.

Grosso modo zijn er twee uitersten in het spectrum:

- **Werken binnen het bestaande regelgevende en normatieve kader**

In principe is op technisch vlak alles afgedekt. Zo bepaalt de Belgische betonnorm, NBN B 15-001, bijvoorbeeld welke percentages van de natuurlijke granulaten mogen vervangen worden door gerecycleerde granulaten, en aan welke prestatie-eisen de gerecycleerde granulaten moeten voldoen. Ook voor andere cementsoorten bieden NBN B 15-001 en NBN B 15-100 een kader om de nodige technische prestaties te onderbouwen.

- Doorgaans vallen deze toepassingen onder de gangbare certificatie-reglementen in de betonsector (bv. BENOR), waardoor vanuit de opdrachtgever hierop kan terugvalen bij de voorbereiding (Stap 2) en uitvoering en opvolging (Stap 3).

Hierdoor zijn er in principe weinig bijkomende kosten of barrières te overwinnen om bepaalde garanties te verkrijgen op technisch vlak.

- Uiteraard betekent dit dat de ambities in deze context 'beperkt' zijn: er wordt niet gestreefd naar *zo circulaair mogelijk te zijn* of naar een *zo laag mogelijke milieu-impact*. Toch kan de keuze om binnen 'het kader' te blijven een stimulans zijn voor andere bouwheren en hun entourage om ook op een 'veilige' en laagdrempelige manier mee te gaan in het 'circulaire' verhaal en voor de aanbodzijde om aan deze 'standaard-vraag' te kunnen beantwoorden.

- Zelfs als men binnen het kader blijft, is aandacht nodig voor de praktische haalbaarheid en de beschikbaarheid op de betonmarkt. Niet alle betoncentrales bieden namelijk beton met gerecycleerde granulaten aan en niet alle betoncentrales werken onder BENOR-certificatie. Bepaalde circulaire oplossingen zijn technisch misschien wel mogelijk en toegelaten, maar werden voorlopig nog niet in de praktijk gebracht.
- Specifiek voor beton met gerecycleerde granulaten, kan men terugvallen op volgende lijsten:
 - Producenten van betongranulaat van voldoende kwaliteit voor gebruik in beton
 - Extranet COPRO – extranet.copro.eu -> keuze 'gerecycleerde granulaten' -> Hoogwaardig betongranulaat
 - Certipro -> op te vragen bij Certipro. Gelijkwaardigheid aan BENOR op granulaatniveau is door 1 producent al onderbouwd
 - Producenten van beton met gerecycleerde granulaten die onder BENOR recycle-beton kunnen leveren, volgens de categorieën RS en RD
 - Lijst met BENOR-vergunninghouders: <https://extranet.be-cert.be/#/searchpage?tab=Documents>
- **All the way gaan ('full circular')**

Wanneer de bouwheer beslist om zo ver mogelijk te gaan op vlak van circulariteit en/of innovatie in het beton, zal men vaak buiten het bestaande technische kader (normen, bestekken, certificatie) treden.

- Aangezien deze oplossingen niet onder 'de algemeen aanvaarde regels' vallen, is het aan de bouwheer en de andere partijen om hierin zelf deels verantwoordelijkheid op te nemen en de risico's en verantwoordelijkheden goed te definiëren en verdelen. Deze verantwoordelijkheid gaat in vele gevallen ook gepaard met een zekere kostprijs:
 - Er is meer tijd nodig (aligneren partijen, verkennen mogelijkheden en beperkingen, eventuele proefprogramma's vooraleer de werf start);
 - Er is meer voorbereiding & overleg nodig (aanpassing berekeningen, aanpassing ontwerp en bouwconcept, aanpassingen en specifieke bepalingen in bestekken, uitwerken van alternatieven voor standaard-certificatie);
 - Bovenstaande stappen gaan gepaard met kosten (extra proeven, extra werk studiebureau of ontwerper, bijkomende vragen aan aannemer, ...)
- Het is belangrijk om op te merken dat technisch veel mogelijk is, maar niet alles. Technologie heeft in vele gevallen zijn beperkingen, voordelen en nadelen. Zo is het alge-

meen geweten dat bv. 100 % vervanging van het inert skelet door gerecycleerde granulaten (zie § 3.1) invloed heeft op het gedrag van het beton (sterktedaling, E-modulus, krimp- en kruipgedrag). Dit soort oplossingen kan dus niet zomaar 1-op-1 de klassieke oplossingen vervangen.

- In eenzelfde context kan het ook gebeuren dat van bepaalde innovatieve technologieën nog niet alle eigenschappen en gedragingen op korte en lange termijn gekend zijn. Zo zijn de plaatsbaarheid en uitvoerbaarheid van AAM-betonsoorten (zie § 3.3) nog niet uitvoerig gedocumenteerd. Ook het langetermijn-gedrag van dergelijke betonsoorten is op 'ware grootte' nog onvoldoende in kaart gebracht. Het komt erop aan deze risico's en beperkingen goed in te schatten en te bepalen hoe men hiermee zal omgaan in het project: andere keuzes maken, het risico aanvaarden en monitoren, trachten het risico op voorhand te ondervangen door extra testen en ontwikkeling, ...
- Een aandachtspunt bij de 'full circular'-keuze is ook dat soms omgekeerde en dus negatieve milieu-effecten kunnen optreden. Zo heeft het bv. weinig zin om betonproducten met gerecycleerd granulaat te gebruiken, als deze uit Zwitserland of Oostenrijk moeten worden ingevoerd: de impact gelinkt aan het transport overstijgt ruimschoots de winsten die geboekt worden door het gebruik van gerecycleerd granulaat.

- **Concrete projecten**

In de meeste projecten zal men zich situeren tussen deze twee uitersten, waarbij bv. wel een producent van gerecycleerde granulaten in de buurt is, maar geen betoncentrale die ermee werkt, of een betoncentrale met BENOR, die niet over gerecycleerde granulaten beschikt. Of de producten die men wil gebruiken zijn op de markt, maar nog niet voor de specifieke toepassing in het project.

Op dat moment komt het er vooral op aan dat de markt een stukje mee 'georganiseerd' wordt en dat partijen elkaar vinden.

Ook moeten de gevraagde technische prestaties voor de gedefinieerde toepassingen goed worden vastgelegd, alsook wie daarin welke verantwoordelijkheid in opneemt.

Een aandachtspunt dat doorheen de jaren in verschillende projecten werd vastgesteld, is dat men voor het vastleggen van de technische prestaties en vereisten aan het beton vaak terugvalt op voorgaande projecten en bestaande gewoontes en teksten, en dat men vanuit een zeker 'gemak' of 'risicobeheersing' vaak aan overdimensionering doet: een te hoge sterkteklasse (waardoor men buiten de norm valt), een omgevingsklasse die niet per se nodig is voor de toepassing, ...

Naast beschikbaarheid, het klaar zijn van de technologie en het afdekken van de technische risico's en verantwoordelijkheden, zijn er een aantal andere aspecten die meespelen in het definiëren van het ambitieniveau voor de toepassingsmogelijkheden in het project:

- Mechanisch gedrag – toepassing in dragende elementen is doorgaans ambitieuzer dan in elementen op volle grond of opvullagen
- Uitzicht – kan een belangrijke rol spelen (bv. zichtbare wanden, gepolierde vloeren) en het toepassen van innovatieve oplossingen kan hieraan een extra risico toevoegen (dat ook wel kan worden ondervangen, bv. door een testvak en goede afspraken en specificaties)
- Uitvoeringstermijn – bepaalde elementen onderbouwen vraagt tijd, zowel qua afspraken als qua testen. Sommige zaken moeten dus goed op voorhand worden beslist zodat ze voorbereid kunnen worden.
- Betonvolume – soms worden zeer ambitieuze doelstellingen opgelegd voor bepaalde beton-toepassingen in projecten, terwijl die slechts enkele m³ beton vertegenwoordigen. Het is op dat moment voor de aanbieder vaak niet kosten-efficiënt om een heel proefprogramma te doorlopen voor enkele m³, tenzij dit past in een grotere strategie om op de markt te komen met een nicheproduct. Het kan dus interessanter zijn om enkele specifieke toepassingen (met voldoende volume) te beogen.

4.2 Voorschrijven

In klassieke bouwprojecten (zonder bouwteam) bepalen de ontwerper en het studiebureau in overleg met de opdrachtgever grotendeels hoe het project er zal uitzien, welke betontoepassingen worden voorzien en waaraan het beton op technisch vlak moet voldoen.

Nadien wordt het ontwerp doorvertaald in een lastenboek of bestek en wordt de markt bevestigd. De eisen die opgenomen zijn in het lastenboek zijn dus bepalend voor de uitvoerende partij nadien.

Vandaag zijn er slechts beperkt standaardteksten beschikbaar die het voorschrijven van circulair en/of innovatief beton vereenvoudigen. Enkel in de wegenbouw laat het Standaardbestek 250 voor de wegenbouw het gebruik van hoogwaardig gerecycleerde betongranulaten toe in bepaalde betontoepassingen⁶. GroenBetonVert vzw heeft in 2019 in samenwerking met AB-Roads typeteksten⁷ uitgewerkt voor gebruik van gerecycleerde granulaten in beton voor

- Gebruik in fietspaden
- Gebruik in lineaire elementen
- Gebruik in lokale en landbouwwegen en buitenverhardingen

De typebestekken voor gebouwen (bv. VMSW, Regie der Gebouwen) bevatten wel bepalingen over 'beton', die verwijzen naar de Belgische betonnorm, maar expliciteren niet hoe het gebruik van gerecycleerde granulaten kan worden opgenomen daarin.

Wanneer men dus circulair beton wil bekomen via het bestek, zal dit concreet moeten worden uitgeschreven en mee opgenomen worden in de offertevraag. Hierbij komen een aantal aspecten kijken:

- Technische prestaties omschrijven en garanderen

⁶ <https://wegenverkeer.be/zakelijk/documenten/standaardbestek>

⁷ <https://www.groenbetonvert.be/hoe-groen-beton-voorschrijven-voor-gebruik-in-de-wegenbouw/>

- Praktische organisatie van de markt en de marktvraag
- Incentives opnemen in de marktvraag
- Andere markten die belang kunnen hebben voor resultaat (sloop)

Technische prestaties

Voor het gebruik van gerecycleerde granulaten in beton voor gebouwen, wordt verwezen naar §4.2 van de Monografie Beton met gerecycleerde granulaten⁸. Daarin worden 3 opties beschreven:

- Binnen het huidige normenkader
- Het bestaande normenkader als vertrekpunt
- Zonder referentie naar de geldende normen

In §4.3 van de monografie wordt vervolgens ingegaan hoe de kwaliteit van het beton in het project kan worden opgevolgd en onderbouwd.

In essentie kan dezelfde aanpak worden gevolgd voor andere innovatieve betontechnologieën:

- De aspecten die door normen (kunnen) afgedekt worden, kunnen best op die manier worden opgenomen in het bestek. Hetzelfde geldt voor de kwaliteitsborging – zo kan men bijvoorbeeld verwijzen naar BENOR voor een bepaald product indien dat binnen de scope valt.
- Er wordt voorzien in een duidelijke beschrijving van welke aspecten afwijken van het normenkader en er wordt duidelijk aangegeven wat dit betekent op vlak van prestaties van het beton en de samenstellende bestanddelen, en welke aandachtspunten er zijn voor het realisatieproces, bv. de tragere uitharding die gepaard gaat met sommige cementen, of risico's inzake ander uitzicht.
- Een duidelijke beschrijving van welke aspecten en prestaties geverifieerd moeten worden en op welke manier dit gebeurt, en dus hoe het kwaliteitsborgingsproces zal verlopen.
- Een duidelijke omschrijving van wie welke verantwoordelijkheden neemt.

Op vlak van kwaliteitsborging moet worden omschreven:

- Welke parameters en kenmerken onder controle gehouden worden en welke prestaties worden verwacht, in functie van de toepassing. Dit geldt zowel voor het eindproduct (beton) als waar relevant voor de samenstellende delen (eisen op granulaatniveau of op bindmiddelniveau)
- In welke mate een Initial Type Testing vereist is om bepaalde eigenschappen te verifiëren. Zeker wanneer er onvoldoende wetenschappelijke resultaten voorhanden zijn, is dit een aan te raden stap.
- Hoe de kwaliteit wordt opgevolgd tijdens de uitvoering: frequentie van monsternamen, inschakelen derde partij en waarvoor, praktische aandachtspunten,

⁸ <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=REF00011499>

Het is verstandig om in het bestek en de meetstaat één of meerdere aparte posten te voorzien zodat op deze stappen en acties ook een concrete prijs geplakt kan worden.

Praktische organisatie van de markt

Wanneer men een bestek op de markt zet, dient men na te denken over het gewenste resultaat, en hoe men dit het beste kan bekomen. In privé-werken kan vrij expliciet worden beschreven wat men wil, in overheidsopdrachten kan dit wat moeilijker liggen. In een aantal gevallen zal men ook willen de opties open houden en pas na het binnenkomen der voorstellen willen opteren voor een bepaalde circulaire oplossing.

We geven hierbij een aantal tips en inzichten mee, die voortkomen uit eerdere ervaringen:

- Wanneer men expliciet een bepaalde technologische oplossing wil, is het goed hierover een duidelijk engagement te vragen van de inschrijver
 - Bv.: Is recyclagebeton wel/niet beschikbaar in de buurt van de werf? Zal de aannemer de moeite doen om zich te organiseren om dit toch te kunnen leveren door bepaalde partijen (recycleur, betoncentrale) met elkaar te laten samenwerken?
- Wanneer men vooraf de markt wil bevragen en wil inschatten wat de eventuele financiële gevolgen zijn van de toepassing van innovatief circulair beton, is het een optie om met ‘verplichte varianten’ te werken in het bestek (in markten waarin dat toegelaten is). Op die manier kan de bouwheer nadien nog steeds beslissen om de technologie wel of niet toe te passen.
 - Aandachtspunten hierbij: het innovatief beton, bv. recyclingbeton, kost niet per definitie minder dan conventioneel beton. Men omschrijft de bestekpost dus best niet als ‘minprijs’, om geen verkeerde verwachtingen te creëren. Na de gunning is het ook zaak om deze keuze op te volgen en hard te maken.
- Wanneer men zich op voorhand wil vergewissen van de technische prestaties van het innovatieve beton, kan het onderbouwen van deze prestaties mee opgenomen worden in de selectie- of gunningscriteria, of kan in een marktdialoog dit een van de stappen zijn die tot een uiteindelijke keuze leidt: verschillende aanbieders kunnen hun product en de onderbouwing ervan aanbieden, de opdrachtgever kan op basis van objectieve criteria een keuze maken.

Voorwaarden hiervoor:

- de criteria moeten objectief vaststelbaar zijn. Zo zijn vorstbestendigheid of weerstand tegen carbonatatie van beton doorgaans geen absoluut criterium, en alle leveranciers kunnen er mogelijk aan voldoen.
- Het product moet al voldoende ‘marktklaar’ zijn en dit vereist een extra investering vooraf van de aanbieder, wat kan afschrikken.
- De effecten tussen laboschaal en ware grootte zijn niet altijd op voorhand in te schatten.

- De mate waarin in openbare aanbestedingen toch concrete producten kunnen worden voorgeschreven

Dit wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkgids.

- Om innovatief beton toe te passen, kan ook een andere organisatie van de markt beoogd worden, waarin een bouwteam wordt geselecteerd om een bepaalde technologie die door een andere partij wordt aangeleverd te valideren en toe te passen. Een voorbeeld van een dergelijk bestek is uitgewerkt door de Stad Gent in het kader van het Urbcon-project⁹.

Dit wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkgids.

Hoe de markt stimuleren

Naast het simpelweg voorschrijven van innovatief en circulair beton, kan de markt ook worden gestimuleerd om zelf met de meest duurzame en milieuvriendelijke of circulaire oplossing te komen in concrete projecten. Dit kan door verschillende beloningsmechanismen te voorzien in de markt.

- Principe van fictieve korting zoals dat voor groen asfalt bestaat¹⁰
- CO2-prestatieladder¹¹
- BREEAM etc.

Ook de overheid kan in deze stimulans een belangrijke rol spelen:

- Sturen op materiaalgebonden milieu-impact van bouwwerken
- Sturen op circulariteit van producten en gebouwen
- Verplichtingen
- Financiële stimuli voor groenere producten

Dit wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkgids.

Aandacht voor de sloopfase

In een aantal gevallen ligt de afbraak van een oude constructie aan de start van een nieuw gebouw. Ook in dat geval kunnen in de sloopfase inspanningen worden geleverd om ervoor te zorgen dat het vrijkomende beton (en eventuele andere stromen) zo hoogwaardig mogelijk opnieuw worden ingezet, via selectief slopen, specifieke behandelingsstappen, goeie inventarisatie, ...

Dit wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkgids.

⁹ <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/urbcon-by-products-for-sustainable-concrete-in-the-urban-environment/news/urbcon-launches-tender-for-ghent-pilot/>

¹⁰ <https://www.wegenbouw.be/nieuws/6960/offertes-met-groen-asfalt-krijgen-een-gunstigere-beoordeling/>

¹¹ <https://www.copro.eu/nl/certificatie/systeemcertificatie/co2-prestatieladder>

Enkele beschikbare voorbeelden

- NONA – Zie bijlage
- KOMET – Zie bijlage
- Wegenbouw: GBV-documenten voor lijnvormige elementen, fietspaden en landbouwwegen – zie: <https://www.groenbetonvert.be/hoe-groen-beton-voorschrijven-voor-gebruik-in-de-wegenbouw/>

Bijkomende voorbeelden worden opgenomen in een volgende versie van deze Praktijkgids.

4.3 Milieuwinsten in kaart brengen

Gezien de eventuele milieuwinsten die behaald kunnen worden met circulair beton afhangen van een aantal randvoorwaarden (effectiviteit van de technologie, transportafstanden, keuze van bepaalde grondstoffen (bv. activator bij AAMs),...) is het interessant om al in de ontwerpfase te bekijken welke opties wel of niet interessant zijn, of waar nog punten voor verbetering liggen.

- Hoe milieu-impact in kaart brengen, LCA als methodiek en bestaand normenkader hierrond
- Beperkingen van LCA: wat leer je er wel uit, wat niet?
- Een aantal algemene inzichten rond milieu-impact en beton
 - Hiervoor kunnen we ook al verwijzen naar het artikel uit WTCB-Contact uit 2020¹²
- Een aantal doorgerekende voorbeelden, en de inzichten die hieruit gehaald kunnen worden.
 - Nb: in het onderzoeksrapport rond Milieu-impact van circulaire betonoplossingen zoals dit is uitgewerkt binnen Circular.Concrete zijn al een aantal circulaire strategieën in concrete projecten doorgerekend.
- Hoe concreet aanpakken in een bouwproject?
- Welke tools, partijen, ... kunnen worden ingeschakeld?
 - TOTEM, tools betonsector, EPDs, ...

Deze paragraaf wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkgids.

4.4 Kosten/baten

Gezien innovatieve oplossingen vaak niet tot het standaard-aanbod van de markt behoren, kan er een zekere kost gepaard gaan met het implementeren ervan. Het is zo dat er op dit moment een overgang

¹² <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=REF00011997>

bezig is van experimenten naar opschaling naar de volumemarkt. In deze transitieperiode is het belangrijk om te durven investeren, alsook om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Verschillende leveranciers en producenten hebben de laatste jaren grote stappen gezet om hun oplossingen technisch te valideren en te laten opvolgen via BENOR, ATG, proefprogramma's, Een deel van het circulaire aanbod (bv. BENOR-beton in categorie RS en RD) is wel al een stuk gestandaardiseerd door verschillende partijen, en in die gevallen is de extra kost in principe beperkt. NB: beton met gerecycleerde granulaten is ook niet per definitie duurder of goedkoper dan conventioneel beton.

De 'investering' om innovatie in praktijk te brengen kan best worden gedragen door de verschillende partijen samen, en kan bv. worden gefaciliteerd door in projecten de juiste toepassingen te identificeren waar circulair beton wordt toegepast. Verschillende strategieën kunnen worden beoogd:

- In grote projecten en/of in grote betonvolumes kan/zal het voor de leverancier interessanter zijn om te investeren in de verdere onderbouwing en opschaling van zijn innovatief product, omdat de bijkomende kosten beperkt zijn ten opzichte van de totale kost. Vele extra onderbouwings- en studiestappen zetten voor kleine betonvolumes is doorgaans niet interessant.
- Men kan heel bewust mikken op standaard-toepassingen om zo tot een brede toepassing te komen en bv. de adoptie van de categorieën RS en RD in het BENOR-merk te stimuleren.
- Men kan bewust mikken op enkele 'niche'-toepassingen, die buiten het kader vallen, maar die op een specifieke manier onderbouwd kunnen worden of waar de extra onderbouwingsstappen beperkt zijn (zie volgend hoofdstuk). Deze niche-toepassingen kunnen, indien goed gekozen, wellicht ook makkelijker een plaats op de markt afdwingen dan een algemene (maar duurere) toepassing.

De extra kosten die gepaard gaan met een innovatietraject situeren zich op een aantal vlakken:

- Tijd en moeite in het ontwerpproces: informatieverzameling, afstemmen ontwerp op toepassing, bijkomende stabiliteitsberekeningen, extra werk in uitschrijven bestek, organisatie van de markt
- Kosten voor technische voorbereiding (zie volgend hoofdstuk)
 - o Een basisprogramma voor een betonmengsel voor omgevingsklasse EE3 waarin druksterkte, volumieke massa, waterabsorptie, carbonatieweerstand en vorstdooiweerstand (interne vorst) door een externe partij worden beproefd op 3 proefstukken kost ongeveer 3000 euro. Wanneer de vorstproef wegvalt, daalt de prijs naar 1100 euro.
 - o Uiteraard zal de werkelijke kostprijs afhankelijk zijn van de parameters die moeten worden afgetoetst, bv. ook krimp, kruip, vorstweerstand met dooizouten, zuurbestandheid, chloridenindringing, slijtvastheid, ...
- Kosten voor opvolging tijdens de werken: indien additioneel aan standaard-werking van de betoncentrale (bv. binnen BENOR of via zelfde systematiek), inschakelen derde partij, verhoogde frequentie voor opvolging, ...
- Andere: verzekeringen, documentatie, transport, ...

Voorbeeldberekeningen:

- Typevoorbeeld 1 – 1000 m³ beton met gerecycleerde granulaten voor toepassingsgebied EE4, en vervangingspercentage 30%
- Typevoorbeeld 2 – 100 m³ beton met een cement dat buiten de huidige normen valt

Deze berekeningen worden verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkgids, wanneer de informatie van alle opgevolgde pilootwerven beschikbaar is.

5 Stap 2 – Voorbereiding

Naast de voorbereidingen langs de ‘vraagzijde’ (ontwerper, bouwheer, studie bureau, ...) is het uiteraard ook aan de ‘aanbodzijde’ om voorbereid te zijn op de concrete toepassing van de innovatieve oplossing op de werf. Hiertoe dient de conformiteit van de technische prestaties van de circulaire oplossing met de eisen, die doorgaans in het bestek zijn opgenomen of waarvoor wordt verwezen naar normen, aangetoond te worden.

Hiernaast dient ook aangetoond te worden dat de milieu-hygiënische aspecten van de circulaire oplossing werden afgetoetst.

5.1 Conformiteit van de technische prestaties

Het bestek en/of de hierin geciteerde normen en referentiedocumenten geven aan welke circulaire oplossingen toegelaten (of verplicht) zijn onder welke omstandigheden, en welke criteria hierbij te respecteren zijn (zie Hoofdstuk 4).

Het bestek zal tevens aangeven op welke manier er garanties gegeven dienen te worden van de conformiteit van de technische prestaties van de circulaire oplossing met de gestelde criteria (de gebruiksgeschiktheid). De mogelijkheden hiervoor zullen sterk afhangen van de circulaire oplossing en of men hiermee volledig binnen het huidige normenkader blijft of hier gedeeltelijk of volledig buiten treedt.

Voor producten bestaan er vrijwillige kwaliteitsmerken die de conformiteit van het product met bepaalde eigenschappen, opgenomen in een technische fiche, attesteren en ook certificeren zodat de conformiteit niet door de gebruiker zelf aangetoond moet worden. Daarnaast bestaan er ook alternatieven om dit op kleinere schaal te doen (bv. voor een specifieke partij of één welbepaalde betonsamenstelling).

In bepaalde gevallen en om diverse mogelijke redenen kunnen ook (bijkomend) *ad-hoc* afspraken gemaakt worden tussen de aannemer en de bouwheer over alternatieve manieren om de geschiktheid van de circulaire technologie aan te tonen. Zo kan bv., voorafgaand aan de eigenlijke uitvoering, een voorstudie uitgevoerd worden of kan een demonstratie-element uitgevoerd worden met de circulaire technologie. Ook kunnen er tijdens de uitvoering stalen genomen worden om de betonspecie en het verharde beton te onderzoeken en de conformiteit te bevestigen.

5.1.1 Normen en verplichte CE-markering

In België is er geen specifieke bouwwetgeving en is men niet verplicht aan normen te voldoen (tenzij er expliciet naar wordt verwezen in het bestek).

Op Europees vlak dienen, volgens de Europese Bouwproductenverordening 305/2011/EU¹³, alle producten, beschreven in een geharmoniseerde Europese norm (indien een norm een Bijlage ZA bevat, betreft het een geharmoniseerde norm), verplicht de CE-markering te dragen. Het betreft een **verklaring van de producent**



¹³ ‘Construction Products Regulation (CPR)’, <http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/product-regulation>

- Dat aan de algemene basiseisen voor bouwconstructies wordt voldaan (zie hiervoor Bijlage 1 van de Bouwproductenverordening);
- Dat het product conform is aan de hierbij opgestelde prestatieverklaring (DoP).

De grondstoffen van beton (cement, granulaten, vliegas, silicafume, hoogovenslak, hulpstoffen) zijn beschreven in geharmoniseerde normen en dienen bijgevolg steeds een CE-markering te dragen (aan te vragen bij BE-CERT¹⁴). Dit is dus ook het geval voor gerecycleerde betongranulaten, die in de norm NBN EN 12620 worden beschreven (via COPRO¹⁵ of CERTIPRO¹⁶). Ook vele types geprefabriceerde betonproducten dienen voorzien te worden van een CE-markering (via PROBETON¹⁷). De norm EN 206 is echter geen geharmoniseerde norm, waardoor er **geen CE-markering bestaat voor stortklaar beton**.

De CE-markering is bestemd voor de “markt-introductie” en voor de vrije circulatie van goederen op de eenheidsmarkt door middel van een geharmoniseerde technische taal. **Het kan op zich echter niet beschouwd worden als een kwaliteitsgarantie**. De producent beslist nl. enerzijds zelf welke eigenschappen hij daadwerkelijk opneemt in de prestatieverklaring en anderzijds wordt de conformiteit en de productiecontrole niet noodzakelijk door een onafhankelijke derde partij gecontroleerd. Dit hangt af van het evaluatie- en verificatiesysteem van de prestatiebestendigheid, het zogenaamde ‘AVCP’-systeem, dat telkens in de Bijlage ZA van de betreffende norm wordt gespecificeerd.

Voor meer informatie over de CE-markering van bouwproducten verwijzen we naar <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=services&sub=ce>.

Het is ook mogelijk om een CE-markering aan te vragen voor producten, die niet opgenomen zijn of niet volledig beschreven worden in Europese normen. Hiervoor dient men een Europese Technische Beoordeling (ETA) aan te vragen bij de BUtgb.



5.1.2 Vrijwillige kwaliteitsmerken

Door de afwezigheid van een Belgische wetgeving voor de bouw, spelen de vrijwillige kwaliteitsmerken voor bouwproducten of -systemen een fundamentele rol voor de beheersing van de kwaliteit in de bouwsector. Vermits ze vrijwillig zijn worden ze volledig door de markt zelf gedragen. De belangrijkste Belgische kwaliteitsmerken voor beton, betonbestanddelen en betonproducten zijn **BENOR** en **ATG**.

5.1.2.1 *BENOR*

Het BENOR-label¹⁸ is een vrijwillig kwaliteitsmerk voor producten die in een Belgische norm worden beschreven. Op basis van de norm (en **complementair aan de verplichte CE-markering**) worden door alle betrokken partijen (o.a. producenten, aannemers, overheden, experts, ...) de relevante kenmerken en, in bepaalde gevallen, bijhorende criteria vastgelegd in een normatief document, de “Prescriptions Techniques – Technische Voorschriften” (“PTV”).



¹⁴ <https://www.be-cert.be/nl>

¹⁵ <https://www.copro.eu/nl>

¹⁶ <https://certipro.vito.be/nl>

¹⁷ <http://probeton.be/nl/home.html>

¹⁸ <https://www.benor.be/nl/>

Het BENOR-label certificeert de **overeenkomstigheid van een product** met deze technische voorschriften. Dit gebeurt volgens een “Toepassingsreglement – Règlement d’application” (“TRA”), waarin o.a. de regels zijn vastgelegd voor

- De **zelfcontrole** door de fabrikant van het product om de continuïteit van de conformiteit van zijn product te garanderen;
- Een **periodieke externe controle** om te bevestigen dat er voldoende hoog vertrouwen is in de mogelijkheden van de fabrikant om de conformiteit van zijn product te garanderen.

Stortklaar BENOR-beton

Voor **stortklaar beton** volgens NBN EN 206 en NBN B 15-001 beheert BE-CERT het BENOR-merk en treedt het op als certificatie-instelling. De referentiedocumenten zijn het BENOR-reglement voor stortklaar beton ‘TRA 550’, en de bijhorende bijlagen. Om BENOR-certificatie van beton te verkrijgen wordt een betonsamenstelling vastgelegd, rekening houdend met de vereiste prestaties en eventueel bijkomende criteria, en **initiële proeven (ITT)** worden uitgevoerd om aan te tonen dat de samenstelling en de fabricatievoorschriften dusdanig zijn dat het beton beantwoordt aan de vereiste specificatie(s).

De initiële proeven dienen als basis voor de opstelling van de interne beschrijving van het beton, van de fabricatievoorschriften en van de criteria voor de keuze van de grondstoffen. De betoncentrale dient een Handboek voor de **Productiecontrole (HPC)** bij te houden waarin wordt aangetoond dat hij over de nodige middelen beschikt voor de aanmaak van zijn betonsamenstellingen en dat hij een doeltreffende organisatie handhaaft om de productie te beheersen en de controle van het beton te verzekeren. De certificatie van stortklaar beton omvat zowel de productie als de levering. In het kader van de continue certificatie van een betoncentrale worden zes technische controlebezoeken per jaar vereist evenals een jaarlijkse audit van het kwaliteitshandboek voor de productiecontrole.



BENOR voor grondstoffen van beton, betonproducten en bouwproducten

BE-CERT beheert tevens het BENOR-merk voor cement, granulaten, vliegas, hulpstoffen en mortel. Alle referentiedocumenten en BENOR-gecertificeerde producten zijn beschikbaar op de website van BE-CERT¹⁴. Specifiek voor gerecycleerde granulaten en ook voor wegbeton wordt het BENOR-merk beheerd door **COPRO**¹⁵. Voor betonproducten staat **PROBETON**¹⁷ in voor het beheer en voor bouwproducten is dit **BCCA**¹⁹.

Belangrijke opmerking

Een BENOR-certificatie voor bestanddelen van beton wil niet noodzakelijk zeggen dat deze zonder meer geschikt zijn om in alle situaties toegepast te mogen worden in beton. In de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001 kunnen hiervoor immers mogelijk bijkomende eisen en regels opgelegd zijn.

¹⁹ <https://www.bcca.be/>

Voor gerecycleerde granulaten bv. geeft het BENOR-merk aan dat de granulaten conform zijn aan de norm NBN EN 12620 en dat de eigenschappen, verklaard in de genormaliseerde technische fiche volgens de PTV 406, gecertificeerd zijn. Om toegepast te mogen worden in beton dienen deze eigenschappen wel nog bijkomend te voldoen aan de specifieke voorwaarden voor gerecycleerde granulaten, opgenomen in de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001:2018 (§ 5.1.3). Deze normen beperken ook het gebruik van gerecycleerde granulaten in functie van de toepassing.

Het BENOR-label voor circulaire technologieën

Voor toepassingen van circulaire technologieën **binnen de regels van de betreffende normen** lijkt het BENOR-label ideaal om de conformiteit aan te tonen.

Voor stortklaar beton met binair of ternair cement, of met vliegas en hoogovenslakken als toevoegsel, en volledig toegepast volgens de regels, opgenomen in de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001, is het reeds lang mogelijk om het BENOR-label te verkrijgen. Sinds Uitgave 4.0 van de TRA 550 is het ook mogelijk om het BENOR-label te verkrijgen voor beton met gerecycleerde granulaten (categorie 'RS' en 'RD').

Het BENOR-label is ook mogelijk voor toepassingen van circulaire technologieën die **gedeeltelijk buiten de normen** treden. Voor bepaalde toepassingen geeft de norm NBN B 15-001 immers specifiek aan dat kan afgeweken worden mits de gebruiksgeschiktheid van de circulaire technologie in die specifieke toepassing wordt aangetoond. Enkele voorbeelden:

- Toepassing van een cementtype in omgevingsklassen die niet zijn toegelaten;
- Toepassing van toevoegsels in een hoger vervangingspercentage en/of andere k-waarde dan toegelaten;
- Toepassing van kunstmatige granulaten;
- Toepassing van gerecycleerde granulaten in een hoger vervangingspercentage van de grove granulaten, een hogere sterkteklasse of een hogere omgevingsklasse dan toegelaten.

Als de **gebruiksgeschiktheid** in beton van een circulaire technologie in een bepaalde toepassing is aangetoond (en wordt gegarandeerd d.m.v. een certificatie, zie § 5.1.2.2), kan een BENOR-traject gevolgd worden om het BENOR-label te verkrijgen voor dit beton.

Het BENOR-label kan ook bekomen worden voor **specifieke betonsamenstellingen voor een specifieke toepassing die buiten de normvoorschriften vallen**. Dit traject houdt een uitbreiding van het toepassingsgebied volgens de TRA 550 in volgens het concept van gelijkwaardige prestaties van beton. Dit "beperkte" BENOR traject is mogelijk binnen BE-CERT en de beoordeling en mogelijke goedkeuring wordt geleid door het 'College van Deskundigen' (CvD), bestaande uit een ad hoc samenstelling van sectorale experts. Evaluatie van de gebruiksgeschiktheid is op basis van de referentiemethoden beschreven in NBN B 15-100 en prNBN B 15-105 (zie § 5.1.2.2).

Een indicatief voorbeeld van een circulaire samenstelling die in aanmerking kan komen voor zulk traject is bv. een beton met 30% CEM I 52,5 en 70% LMA ("Laitier Moulu Agréé"; ATG 2609), 20% vervanging van grof natuurlijk granulaat door menggranulaat B+ 4/22, en 30 v% vervangingen van natuurlijk zand door gewassen gerecycleerd zand 0/4. De beoogde toepassing is stortklaar beton (C20/25, gewapend, EE1, S4 en D_{max} : 22 mm).

Certificatie onder het BENOR-label met verwijzing naar de goedkeuring van het CvD is vervolgens mogelijk voor de gebruiksgeschikte betonsamenstelling voor de vastgelegde toepassing. Certificatie van de productie kan bekomen worden conform TRA 550. De bekomen goedkeuring en certificatie is een beperkt in vergelijking met BENOR-ATG, aangezien enkel de gecertificeerde producent de strikt afgeleide betonsamenstelling kan produceren en commercialiseren (zie § 5.1.2.2). De goedkeuring zelf is dan ook niet publiek raadpleegbaar (in vergelijking met ATG; zie § 5.1.2.2) en er wordt enkel naar verwezen op de leveringsbon.

5.1.2.2 ATG

Indien een product of een producttoepassing niet beschreven worden door een norm, of indien een norm vereist dat de geschiktheid voor een genormeerd product bijkomend aangetoond dient te worden voor een welbepaalde toepassing, kan voor de kwaliteitsborging beroep gedaan worden op een “Agrément Technique - Technische Goedkeuring” (“ATG”) met certificatie. De goedkeuring geeft een positief advies betreffende de **geschiktheid** van een materiaal, product, bouwsysteem, bouw pakket, procedure of dienst, voor een toepassing die specifiek werd gedefinieerd. Er worden desgevallend tevens plaatsings- en verwerkingsvoorschriften opgenomen in de goedkeuring.



De goedkeuring wordt afgeleverd door de Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (BUtgb, <https://butgb-ubatc.be/nl/>), op basis van een grondig analytisch onderzoek door deskundigen op basis van een documentstudie, van een evaluatie via beproeving of via het nazicht van berekeningen, van bezoeken op bouwplaatsen, van een evaluatie van referenties, van audits, ... Hierbij wordt aandacht besteed aan:

- De technische eigenschappen en prestaties en hun meetbaarheid;
- De technische duurzaamheid;
- De toepasbaarheid;
- De risico's bij de toepassing;
- De conformiteit en betrouwbaarheid van de productie;
- De ondersteuning tijdens de toepassing, het onderhoud en de herstelling.

De ATG wordt opgesteld, indien nodig op basis van een **goedkeuringsleidraad**, door experts van het **Uitvoerend Bureau** ('UB') en voorgelegd aan de **Gespecialiseerde Groep** ('GG' - bestaande uit alle partijen die een relevante interesse in het onderwerp hebben). De technische beoordeling van het ATG-aanvraagdossier wordt gegeven door het Uitvoerend Bureau, waarin de aanvrager en de andere spelers op de markt niet vertegenwoordigd zijn.

Net zoals bij BENOR wordt de goedkeuring altijd aangevuld met een **certificatie door een certificatie- en keuringsinstelling**. In een goedkeuringsovereenkomst wordt vastgelegd hoe de fabrikant de zelfcontroles op de productie dient uit te voeren en welke externe proeven er bij deze controles worden uitgevoerd.

ATG is het **kwaliteitsmerk bij uitstek voor innovatieve producten** en systeemcomponenten waarvoor geen normen bestaan of waarvoor de normen onvoldoende zijn uitgewerkt. De bouwsector heeft een dergelijke ondersteuning nodig om innovaties te ontwikkelen, hun toegang tot de markt te doen vinden en door gebruikers aanvaard te worden.

Een ATG is bovendien **publiek consulteerbaar en inzetbaar**.

ATG voor cement en toevoegsels voor beton

Voor **stortklaar beton** worden in de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001 regels opgelegd voor wat betreft het gebruik van bepaalde cementtypes, toevoegsels en combinaties in bepaalde toepassingen. Indien men hiervan afwijkt, dient de geschiktheid van het cement, toevoegsel of combinatie specifiek aangetoond te worden. Hiervoor wordt verwezen naar de principes van het “concept voor de **gelijkwaardige prestatie van beton**”, waarvan de toepassingsregels voor België worden voorzien in de norm **NBN B 15-100 “Methodologie voor de evaluatie en attestering van de gebruiksgeschiktheid van cementen en van toevoegsels bestemd voor beton”**. Deze norm vormt de basis voor de ATG van cement en toevoegsels voor gebruik in beton, buiten de toepassingsvoorwaarden van de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001.

In de eerste plaats dient de gewenste toepassing duidelijk omschreven te worden. Dit behelst o.a. de omgevingsklasse(n), sterkteklasse, vervangingspercentage van het Portlandcement door een toevoegsel, k-waarde, ...

In bepaalde gevallen dient de **algemene gebruiksgeschiktheid** nagegaan te worden van het cement/toevoegsel, voor gebruik in beton. Dit is bv. het geval voor cement dat niet voldoet aan de samenstellingsregels van de norm NBN EN 197-1. Dit houdt in dat de identificatie-kenmerken van het cement en/of toevoegsel duidelijk dienen vastgelegd te worden, de beheersing van de kwaliteit en de traceerbaarheid aangetoond dient te worden, en bepaalde basis prestatie-eigenschappen nagegaan dienen te worden in type-betonsamenstellingen (druksterkte, E-modulus, krimp, kruip).

In alle gevallen dient de **specifieke gebruiksgeschiktheid** aangetoond te worden van het cement/toevoegsel, voor gebruik in beton:

- Men kan ervoor kiezen om de specifieke gebruiksgeschiktheid aan te tonen voor één welbepaalde betonsamenstelling, voor één welbepaalde toepassing (een zogenaamde “**evaluatie van niveau 1**”). De evaluatie gebeurt rechtstreeks op de reële betonsamenstelling. Een dergelijke evaluatie wordt dan ook meestal uitgevoerd door een **individuele gebruiker (bv. een betoncentrale)**.
- Men kan er ook voor kiezen om de evaluatie in ruimere zin uit te voeren waarbij de specifieke gebruiksgeschiktheid van het product wordt nagegaan voor een ruimer toepassingsgebied (bv. een omgevingsklasse of een combinatie van milieuklassen). Dit wordt een “**evaluatie van niveau 2**” genoemd. Hiervoor dient het onderzoek te gebeuren op meerdere betonsamenstellingen, die samen representatief zijn voor het volledige toepassingsgebied. Een dergelijke evaluatie is dus veel ambitieuzer dan niveau 1 en wordt meestal uitgevoerd door de **producent of leverancier van materialen**, met de bedoeling de uiteindelijke gebruikers van deze materialen (bijvoorbeeld producenten van beton of betonproducten) te voorzien van een gecertificeerd product (nodig voor een eventuele BENOR-certificatie) en de nodige informatie met betrekking tot de toepassingsregels voor deze materialen.

Bij de evaluatie van de specifieke gebruiksgeschiktheid worden specifieke duurzaamheidsaspecten onderzocht, in functie van de toepassing/het toepassingsgebied:

- Weerstand tegen carbonatatie;
- Vorstbestandheid (interne schade);
- Vorstbestandheid (oppervlakkige schade);
- Weerstand tegen diffusie van chloriden;
- Weerstand tegen zeewater;
- Weerstand tegen sulfaten;
- Weerstand tegen zuren of andere chemische producten.

De betrokken certificatie-instelling (BE-CERT) bepaalt met het betreffende UB de modaliteiten van de ATG, zoals de uit te voeren proeven en te beproeven betonsamenstellingen (in het geval van niveau 2).

Indicatief voorbeeld

Een betoncentrale wil een BENOR-certificatie voor gewapend beton, conform omgevingsklasse EE3, met als bindmiddel een combinatie van CEM I met LMA (gemalen gegraneerde hoogovenslak) dat niet voldoet aan de voorwaarden van de norm NBN B 15-001 (bv. een hogere hoeveelheid in rekening gebracht LMA). De gemalen gegraneerde hoogovenslakken moeten in ieder geval beschikken over een ATG met certificatie, volgens de ATG Goedkeuringsleidraad 'Gemalen hoogovenslakken - LMA. Voor de specifieke gewenste combinatie(s) CEM I + LMA, voor gebruik in (een) specifieke betonsamenstelling(en) en toepassing(en), kan de betoncentrale een ATG aanvragen bij de BUtgb (evaluatie niveau 1). Eens verkregen kan de procedure voor BENOR-gecertificeerd beton voor de betonsamenstellingen met deze combinatie(s) aangevraagd worden bij BE-CERT.

ATG voor inerte grondstoffen voor beton

Voor inerte grondstoffen (zand, granulaten en fillers) is momenteel een werkdocument beschikbaar van een pr-norm: ***prNBN B 15-105 "Methodologie voor de evaluatie en attestering van de gebruiksgeschiktheid van inerte grondstoffen bestemd voor beton"***. Dit document zal de toepassingsregels beschrijven voor de ATG-certificatie van inerte granulaten voor gebruik in beton, buiten de toepassingsvoorwaarden van de normen NBN EN 206 en NBN B 15-001.

De te volgen evaluatiemethodologie voor zanden, granulaten en fillers, is gelijkaardig aan deze voor cement en toevoegsels (conform NBN B 15-100). Zo bevat de norm ook een methodologie voor de evaluatie van de **algemene gebruiksgeschiktheid** en de **specifieke gebruiksgeschiktheid** (met twee evaluatieniveaus).

ATG voor andere circulaire technologieën

Voor circulaire technologieën waarvoor nog geen methodologie werd uitgewerkt voor de bepaling van de gebruiksgeschiktheid (bv. alternatieve binders zoals geopolymeren die niet opgenomen zijn in de norm NBN EN 197-1), dient een Goedkeuringsleidraad opgesteld te worden, specifiek voor die technologie in de gewenste toepassing. In grote lijnen verloopt een dergelijke aanvraag als volgt:

- Het hiermee belaste Uitvoerend Bureau zal in de eerste plaats de ontvankelijkheid van de aanvraag nagaan. Hierbij worden de haalbaarheid van de technologie in de gevraagde toepassing geëvalueerd en de procedures opgevraagd van het aanvragende bedrijf voor wat betreft de kwaliteitsborging (o.a. de productiecontrole). Een technisch dossier wordt samengesteld met reeds beschikbare gegevens over de technologie (laboratoriumonderzoek).
- Indien ontvankelijk verklaard, worden de eisen voor de technologie vastgelegd (m.b.t. de samenstelling, de chemische, fysische, mechanische eigenschappen, duurzaamheid, ...).
- Tijdens een initiële periode (algemeen 3 maanden) worden de eisen aan een hoge frequentie geverifieerd, zowel intern als extern. In geval van een positieve beoordeling wordt de Technische Goedkeuring uitgegeven. Hierna volgt de toezichtperiode met een verlaagd controleregime.
- De frequentie van de proeven en monsternemingen worden door het Uitvoerend Bureau vastgelegd in samenspraak met de betrokken certificatie-instelling.

5.1.3 Partijkeuring en projectbeton

Voor het aantonen van de conformiteit op kleinere schaal en zonder certificatie, bv. voor één welbepaald lot/partij van een materiaal (bv. betongranulaten afkomstig van één specifieke werf) of voor één welbepaalde betonsamenstelling in het kader van een groot bouwproject, is het mogelijk om een keuring te laten uitvoeren teneinde een **gelijkaardige garantie** te verkrijgen als met de vrijwillige kwaliteitsmerken. De attestatie die hieruit volgt is dus beperkt in de tijd (of volume), wat in contrast staat met ATG voor grondstoffen (zie § 5.1.2.2) en BENOR voor betonsamenstelling(en) (zie § 5.1.2.1), waarmee per definitie steeds een continue certificatie gepaard gaat.

Partijkeuring

Bij een partijkeuring worden de eigenschappen van een beperkte hoeveelheid materiaal (een 'partij'), door een onafhankelijke partij gecontroleerd teneinde aan te tonen dat ze overeenstemmen met vastgelegde eisen. Dit kan bv. toegepast worden

- Op producten zonder gecertificeerd kwaliteitsmerk;
- Indien bijkomende eisen gesteld worden in het bestek voor eigenschappen die niet opgenomen zijn in de certificatie;
- Op producten waarvan de beschikbaarheid beperkt is (en de kwaliteitsmerken met certificatie dus niet aan de orde zijn).

De controle is eenmalig en gebeurt op het eindproduct (er kunnen dus geen waarborgen gegeven worden over de grondstoffen en het productieproces). Op het moment van de controle moet de volledige partij van het materiaal beschikbaar zijn. De monsterneming, de te controleren eigenschappen en de goedkeuringscriteria dienen vooraf vastgelegd te worden in een keuringsdocument op basis van

- Een norm;
- Een type- of standaardbestek;
- Een bijzonder bestek;

- Een technisch voorschrift (PTV);
- Een ad-hoc geschreven overeenkomst.

Een onafhankelijke keuringsinstelling (bv. COPRO of SECO) staat in voor de organisatie en de opvolging.

Projectbeton

Indien men voor één welbepaald groot bouwproject niet kan terugvallen op de gangbare vrijwillige kwaliteitsmerken voor het gewenste (circulaire) beton (bv. bij de lokale afwezigheid van betoncentrales die het beton onder het BENOR-merk aanbieden of indien men uitzonderlijk buiten het bestaande normenkader treedt) is het toch mogelijk om een **gelijkwaardige** kwaliteitsgarantie van het beton te bekomen.

De methodologie voor het BENOR-spoor (zie § 5.1.2.1) kan toegepast worden voor een projectbeton, zij het met een controleregime dat aangepast is aan de projectduur. Indien men in de betonsamenstelling bovendien buiten het bestaande normenkader treedt met het bindmiddel en/of de inerte grondstoffen, kan tevens de methodologie van de normen NBN B 15-100 en prNBN B 15-105 (“**evaluatie van niveau 1**”) toegepast worden.

Voor een projectbeton wordt een in de tijd beperkt attest van conformiteit afgeleverd door een onafhankelijk controleorganisme (bv. SECO of COPRO), dat tevens instaat voor de organisatie en de opvolging.

5.1.4 Ad-hoc afspraken

Afhankelijk van de beschrijving in het bestek kan het in bepaalde gevallen mogelijk zijn voor de betrokken aannemer om de conformiteit van de circulaire oplossing met de gestelde eisen op een alternatieve manier aan te tonen aan de opdrachtgever dan de bestaande kwaliteitsmerken (§ 5.1.2) en keuringen (§ 5.1.3).

Dit zou bv. van toepassing kunnen zijn in volgende gevallen (en combinaties ervan):

- De in het bestek opgelegde of door de aannemer voorgestelde circulaire technologie is dermate ambitieus dat er geen referentienormen voor bestaan en (nog geen) kwaliteitsmerken;
- Voor de opgelegde/voorgestelde circulaire technologie zijn geen lokale producenten beschikbaar zijn en het gewenste volume is te klein om de aanvraag voor een kwaliteitsmerk of partijkeuring/projectbeton te verantwoorden;
- Het risico, verbonden aan de toepassing van de circulaire technologie is laag en de meerwaarde hoog;
- De timing van het project laat niet toe om een kwaliteitsmerk of keuring te verkrijgen voor de gevraagde circulaire toepassing (bv. omwille van langlopende duurzaamheidsproeven);
- De aannemer (en/of de aanbieder van de circulaire technologie) kan voorbeeldprojecten en proefresultaten voorleggen aan de bouwheer van succesvolle toepassingen van de circulaire technologie.

Volgende alternatieve manieren (en combinaties ervan) kunnen bv. aangewend worden:

- Het uitvoeren van een lichtere voorstudie, gebaseerd op de proefprogramma's in het kader van de kwaliteitsmerken, om de meest relevante eigenschappen te evalueren;
- Evaluatie van proefresultaten zonder tussenkomst van een controle-instelling;
- Het voorafgaandelijk uitvoeren door de aannemer van een demonstratie-element om enerzijds zelf ervaring op te bouwen met de (nog ongekeerde) circulaire technologie en anderzijds om het verkregen uitzicht te kunnen demonstreren aan de opdrachtgever;
- Het ontnemen van stalen tijdens de werkelijke uitvoering zelf voor de bevestiging van de conformiteit van de eigenschappen met de criteria.

Desgevallend worden de modaliteiten van de gemaakte afspraken (bv. de alternatieve manier van evalueren, evaluatiecriteria, behandeling van niet-conformiteiten, ...) geacteerd en door beide partijen ondertekend.

5.2 Milieuhygiënisch kader

Gezien circulariteit vaak betekent dat afvalstromen of reststromen worden ingezet, zijn er een aantal aandachtspunten op vlak van milieuregelgeving en milieuhygiëne.

5.2.1 Gebruik van afvalstromen in de bouw – AAMs & VLAREMA

Gezien AAMs doorgaans worden geproduceerd op basis van industriële reststromen zoals vliegassen en metaalslakken stelt zich de vraag of de toepassing van deze materialen in een bouwkundig gebruik al dan niet onderhevig is aan de regels in het VLAREMA, en meer bepaald of een specifieke grondstofverklaring nodig is hiervoor. Dergelijke materialen kunnen immers niet vrij overal toegepast worden, maar moeten aan een aantal voorwaarden voldoen.

De OVAM heeft hierover een eerste advies opgesteld, dat in onderstaande kader wordt weergegeven.

- Het bindmiddel waarvoor de grondstofverklaring (GV) wordt aangevraagd bestaat uit een mengsel van verschillende stoffen waaronder (twee) afvalstoffen (vliegassen en hoogovenslak) waarvoor er een grondstofverklaring is.
- Er moet een verklaring zijn van de twee producenten (vliegassen en hoogovenslak) waarin ze verklaren dat ze op de hoogte zijn van het gebruik van hun materiaal en dat ze hiervoor toestemming geven.
- Als de grondstofverklaring voor het bindmiddel door een derde wordt aangevraagd, d.i. iemand anders dan diegene die het bindmiddel samenstelt, dan moet er tevens een verklaring van de producent van het bindmiddel bijgevoegd worden waarbij aan deze derde de toestemming gegeven wordt om de grondstofverklaring aan te vragen.
- Een grondstofverklaring bestaat uit voorwaarden voor de producent en voorwaarden voor de gebruiker.
- De grondstofverklaringen voor de (twee) afvalstoffen (slakken, bodemassen) moet de overeenkomstigheid van de hoogovenslakken, resp. vliegassen met Vlarema garanderen en opvolgen. De controlefrequentie wordt bepaald in deze grondstofverklaring (jaarlijkse controle of opvolging via een kwaliteitsborgingsysteem (KBS) voor grondstoffen zoals voorzien in Vlarema).
- Er wordt hier van uit gegaan dat de materialen waarvoor er een grondstofverklaring is, voldoen aan Vlarema en er geen specifieke gebruiksvoorwaarden worden opgelegd om aan de normering van Vlarema te voldoen.
- Bij de aanvraag voor de GV voor het bindmiddel moet de samenstelling vermeld worden. Wij begrijpen dat de juiste samenstelling en mengverhoudingen niet kunnen gegeven worden. Maar alle componenten moeten wel beschreven worden. Voor afvalstoffen moet aan de EoW-criteria

(= grondstofverklaringen) voldaan zijn, zie hierboven. Er moet een verklaring zijn dat er geen andere EoW-materialen zullen worden ingezet.

- Als de samenstelling van het bindmiddel kan variëren, moet dit duidelijk aangegeven worden. Bij de beproeving en analyses moet dan steeds van het worst case scenario uitgegaan worden.
- Als de samenstelling van het bindmiddel in de loop van de tijd wordt aangepast en niet meer overeenstemt met de samenstelling gegeven in de grondstofverklaring, vervalt de grondstofverklaring. Wijzigingen in samenstelling moeten dus steeds gemeld worden (via het webloket), de GV moet desgevallend aangepast worden.
- Naast de voorwaarden inzake samenstelling en milieuhygiënische kwaliteit van het bindmiddel zijn er ook voorwaarden voor het gebruik.
- Er moet duidelijk aangegeven worden onder welke voorwaarden het bindmiddel mag ingezet worden (= gebruiksvoorwaarden: dit is de receptuur: max gehalte "bindmiddel", % zand, % grof granulaat of gebruik van andere stoffen - bv gerecycleerde granulaten of materialen waarvoor er een grondstofverklaring is).
- Ook hier moet er bij de beproeving van het gebroken proefstuk uitgegaan worden van de worst-case situatie. Dus de samenstelling (receptuur) van het proefstuk moet zodanig zijn dat er het meeste risico is dat niet aan de normen van Vlarema zal voldaan worden).
- De houder van de GV moet aangeven hoe hij de gebruiksvoorwaarden gaat meedelen aan de gebruiker (of hoe hij de gebruiksvoorwaarden gaat opvolgen of kan garanderen dat de gebruiksvoorwaarden zullen worden nageleefd).
- In de grondstofverklaring kunnen nadere bepalingen inzake opvolging van het gebruik opgelegd worden. Bijvoorbeeld periodieke analyse op een proefstuk of controle op het naleven van de gebruiksvoorwaarden.
- De technische toepasbaarheid kan aangetoond worden met onderzoeksdocumenten van Nederland. Best wel met een onderzoeksinstelling (bv WTCB, OCW, ...) afstemmen en laten verklaren dat er geen technische of andere bezwaren zijn om het bindmiddel in Vlaanderen in te zetten.
- Op het gebroken beton op basis van geopolymer moet bijkomend de uitloging bepaald worden op antimoon (Sb), barium (Ba), molybdeen (Mo), bromide (Br), fluoride (F), chloride (Cl) en sulfaat (SO₄)

5.2.2 Gebruik van afvalstromen in de bouw – aandacht voor 2^e en 3^e leven

Uiteraard dient erover gewaakt te worden dat een oplossing die vandaag 'circulair' is omdat ze een afvalprobleem oplost of recyclagestromen integreert in beton later geen bijkomend probleem oplevert omdat ze op dat moment niet meer te recyclen valt of extra moeilijkheden veroorzaakt. Een typisch voorbeeld van deze problematiek is het uitloggedrag dat bepaalde slakken vertonen: in eerste instantie wordt deze uitloging beperkt door de binding in de beton- en cementmatrix. In een volgend leven, wanneer het beton dat ermee gemaakt is opnieuw wordt gebroken tot granulaten kunnen er echter problemen ontstaan als de gebroken granulaten met metaalslakken in dan bepaalde zware metalen gaan uitlogen.

Een gelijkaardige vraag stelt zich in welke mate geopolymerbeton kan worden beschouwd als gewoon beton in de afbraak en recyclage door breekprocessen (zie kader OVAM hierboven).

6 Stap 3 – Uitvoering & opvolging

6.1 Checklist voor werken met nieuwe technologieën op de werf

Bij de concrete uitvoering en dus de toepassing op de werf dient men ermee rekening te houden dat nieuwe technologieën op bepaalde vlakken anders zijn of kunnen zijn dan klassiek of conventioneel beton. Het is belangrijk om onderstaande punten als aannemer/plaatser op voorhand goed af te toetsen. In principe moet de producent of leverancier deze informatie verschaffen. Het kan aangewezen zijn om via een proefvak of test-element eerst voldoende ervaring op te bouwen.

Mogelijke specifieke aandachtspunten in vergelijking met klassiek beton:

- Verwerkbaarheid & behoud in de tijd

Door het werken met poreuzere, meer absorberende materialen (bv. gerecycleerde granulaten met een WA_{24} van 3-10 %) is de waterhuishouding van het betonmengsel moeilijker te controleren en kan de initiële verwerkbaarheid alsook de verwerkbaarheid in de tijd wijzigen. Zeker bij het gebruik van grote hoeveelheden gerecycleerde granulaten én zanden vergt dit de nodige aandacht. Ook de toepassing van alternatieve bindmiddelen of hulpstoffen kunnen een invloed hebben op de verwerkbaarheid en het behoud ervan.

Voor BENOR-beton wordt opgelegd dat de gespecificeerde verwerkbaarheid, na aankomst op de werf en eventueel toevoeging van hulpstoffen, gedurende 30 minuten behouden dient te blijven.

- Uitzicht

Door het werken met materialen, afkomstig uit industriële reststromen of uit de recyclagesector, is ook een invloed mogelijk op het uitzicht van het uiteindelijke beton. Gerecycleerde granulaten van bouw- en sloopafval kunnen bv. vlottende deeltjes bevatten die in een vloer zouden kunnen komen bovendrijven (de norm NBN B 15-001 voorziet voor dat specifieke geval specifieke bijkomende eisen aan het granulaat). Daarnaast kunnen industriële reststromen ook aanleiding geven tot een meer donkere of lichtere tint van het beton.

- Agressief karakter

Klassieke betonspecie heeft een zeer hoge pH en is dus al behoorlijk chemisch agressief, waardoor reeds de nodige beschermingsmaatregelen getroffen dienen te worden bij het verwerken ervan. In bepaalde AAMs worden uiterst alkalische activatoren gebruikt in vloeibare toestand, die behoorlijk corrosief en agressief zijn. Het is belangrijk dat de gebruikers ervan op de werf hiervan op de hoogte zijn, zodat ze de nodige extra maatregelen kunnen nemen om zichzelf, en ook hun materieel, te beschermen.

- Bindingsnelheid

Bij het gebruik van alternatieve bindmiddelen en ook bij het gebruik van gerecycleerde granulaten, werd in het verleden vastgesteld dat de bindingsnelheid grondig kan afwijken van klassieke betonmengsels. Zowel het begin en einde van de binding kunnen verschillen, waar-

door bepaalde mengsels zowel zeer lang plastisch kunnen blijven en dan zeer snel hard worden als omgekeerd. Dit kan gevolgen hebben voor de plaatsing van het beton maar ook voor de eventuele afwerking (bv. het polieren van betonvloeren).

- Uithardingsnelheid, sterkte-evolutie

Bij het gebruik van alternatieve bindmiddelen kan ook de uithardingsnelheid en de sterkte-evolutie sterk verschillen van de klassieke betonsamenstellingen op basis van cement. Zowel de ontkistingstermijn als de nabehandeldingsduur hangen af van (o.a.) deze sterkteontwikkeling en zullen dus beïnvloed worden.

- Nabehandeling

Klassiek beton op basis van cement dient, tijdens de eerste dagen na het stoten, beschermd te worden tegen uitdroging. Bij alternatieve bindmiddelen kunnen andere nabehandelingmethoden van toepassing zijn.

6.2 Documentatie

Eén van de grote knelpunten voor het breder toepassen van innovatieve oplossingen is dat ze weinig onderbouwd zijn via praktijkervaring en dat de werkelijke duurzaamheid in de tijd op lange termijn onvoldoende bewezen is. Daarom is het des te belangrijker om bij de uitvoering van projecten met circulaire technologieën zeer goed te documenteren in welke toepassingen en op welke plaatsen het innovatieve beton is toegepast, en wat de exacte specificaties van het beton waren.

Dit laat toe om later, bv. na 5, 10 of 20 jaar, een opvolging te doen van de staat van het beton om op die manier ook het werkelijke langetermijntraject te documenteren. Vaak blijkt het zeer moeilijk om na een aantal jaren nog exact terug te vinden wat er toen op de werf gebeurd is, en waar het innovatieve beton zich bevindt.

In essentie zouden de technische fiches van het beton en een duidelijk plan met aanduiding van locaties en zones al kunnen volstaan. Deze kunnen best aan het Post-Interventiedossier worden toegevoegd.

Op termijn zouden materiaal- en gebouwspoorstenen aan deze thematiek een belangrijke bijdrage kunnen leveren. Op product- of materiaalniveau kunnen de relevante eigenschappen en informatie worden gebundeld, en op gebouwniveau kan worden aangegeven waar elke betontoepassing zich bevindt.

Wanneer men streeft naar toekomstig hergebruik en/of toekomstige recyclage, is dergelijke informatie (samenstelling, locatie, randvoorwaarden, ...) eveneens van goudwaarde.

6.3 Opvolging

Indien mogelijk en relevant kunnen monitoring-systemen in- of aangebracht worden op strategisch gekozen locaties in structuren waar circulaire technologieën werden toegepast. Dit kan, net als bij klassieke betonstructuren, gebruikt worden om tijdig (preventief) in te grijpen wanneer de duurzaamheid van de constructie in het gedrang komt (bv. de corrosie van de wapening op kritieke plaatsen). Voorbeelden van monitoringsystemen zijn optische vezels (opmeting van vervormingen) en referentie-elektroden (corrosieactiviteit).

Dit kan dan ook aangewend worden om de technologie beter te onderbouwen voor wat betreft de duurzaamheid.

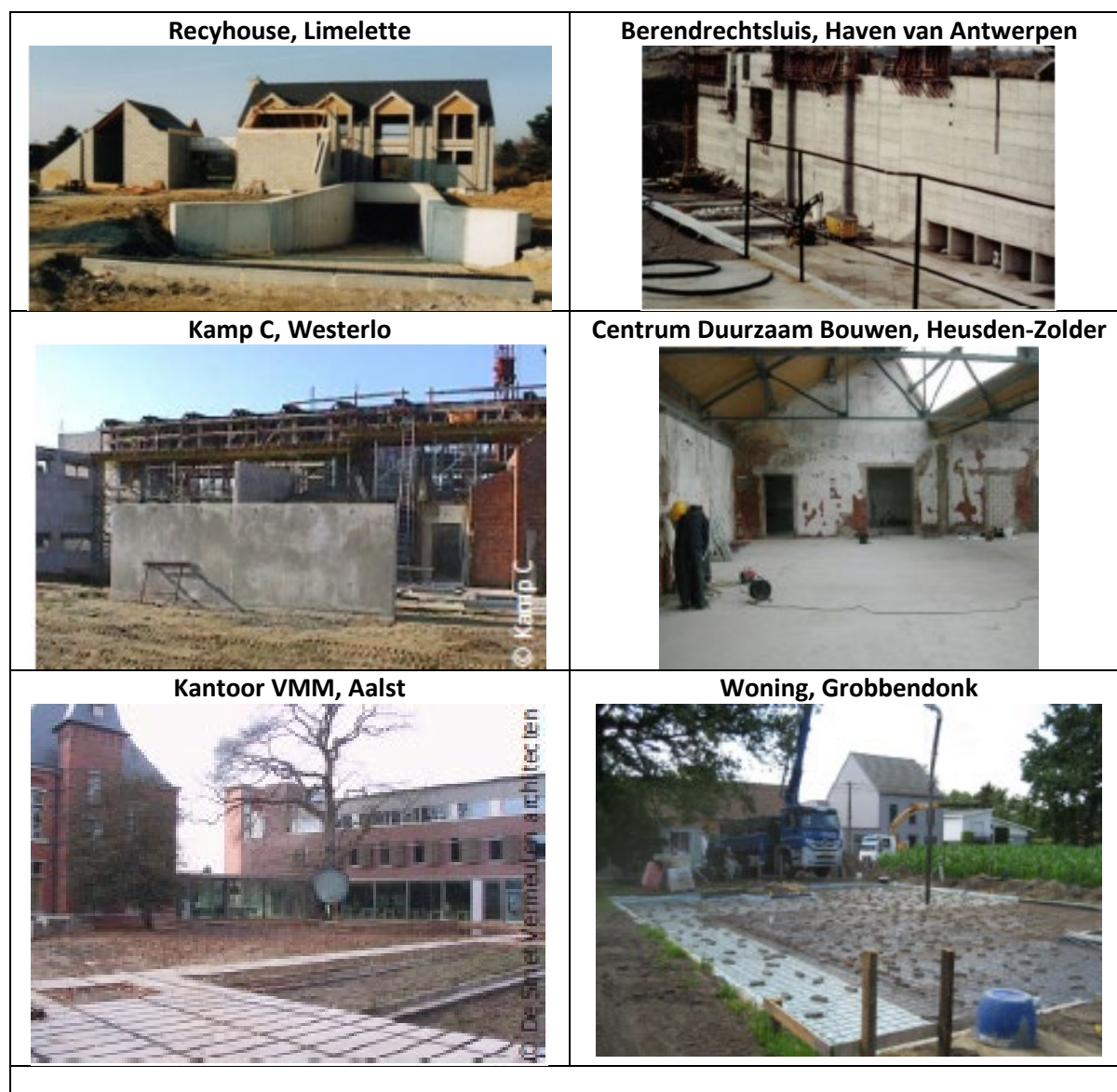
7 Voorbeelden & inspiratie

7.1 Overzicht van projecten uitgevoerd met circulair beton (in België)

7.1.1 Monografie Beton met gerecycleerde granulaten

Het WTCB heeft doorheen de jaren verschillende projecten met voornamelijk recyclagebeton mee uitgevoerd, opgevolgd en/of gedocumenteerd, onder andere via VLAIO-TETRA-VALRECON en NIB Stortklaar beton voor de toekomst.

Deze projecten zijn allen beschreven in de Monografie “*Het gebruik van gerecycleerde betongranulaten in beton*” uit 2019²⁰, meer specifiek in Bijlage B.



²⁰ <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=REF00011499>

Bedrijfsverhardingen binnen & buiten



Tweesporenpad, De Panne



N49/E34, Zwijndrecht



7.1.2 Circular.Concrete





Proefvak Bioterra Genk

Bioterra



Biostoom Beringen

Strabag Belgium, Orbix, Bioterra, Preton, Inter-Beton en BM Beton

	<p style="text-align: center;">Suikersite Veurne</p> <p style="text-align: center;">De Brabandere Wegenbouw en Ecocem Benelux</p>
	<p style="text-align: center;">Bedrijventerrein Hemiksem</p> <p style="text-align: center;">Jacobs Beton, Metallo en Ecocem Benelux</p>

Voor meer informatie over deze projecten wordt verwezen naar het onderzoeksverslag Leerlessen uit pilootwerven van Circular.Concrete²¹.

7.1.3 Andere interessante projecten in België

- De Circulaire Weg, De Brabandere Wegenbouw NV binnen de Open Call van Vlaanderen Circulair
 - o https://www.youtube.com/watch?v=6iol41_4obc
- Circulair Beton: naar een betonakkoord voor Vlaanderen – GBV, VCB, CASO, Fedbeton, WTCB
 - o <https://vlaanderen-circulair.be/nl/doeners-in-vlaanderen/detail/naar-een-betonakkoord-voor-vlaanderen>
- Circulair Projectbeton: Haven van Antwerpen – Haven van Antwerpen, KMPG Law, VanBreda, WTCB
 - o <https://vlaanderen-circulair.be/nl/doeners-in-vlaanderen/detail/circulair-projectbeton-haven-van-antwerpen-3>
- TETRA-project Hoogwaardig beton in wegnisbeton – PXL
 - o [https://www.pxl.be/Pub/onderzoek/Projecten/Projecten-Bouw-en-Energie/Hoogwaardig-betongranulaat-\(TETRA\).html?cel=ONDERZOEKPROJECTFILTER](https://www.pxl.be/Pub/onderzoek/Projecten/Projecten-Bouw-en-Energie/Hoogwaardig-betongranulaat-(TETRA).html?cel=ONDERZOEKPROJECTFILTER)
- Roadmap Recybet

²¹ <https://www.circular-concrete.be/resultaten/>

- https://limo.libis.be/primo-explore/fulldisplay?docid=LIRIAS1925920&context=L&vid=Lirias&search_scope=Lirias&tab=default_tab&lang=en_US&from-Sitemap=1
- https://issuu.com/febe1/docs/beton_237_def

Deze paragraaf wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkids.

7.2 Projecten uitgevoerd met circulair beton in het buitenland

Deze paragraaf wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkids.

7.3 Interessante onderzoeksprojecten en andere voorbeelden

- Sand2Sand – eindverslag - https://www.circular-concrete.be/wp-content/uploads/2019/10/sand2sand_overzichtsartikel-c2-versie-online.pdf
- SERAMCO - <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/seramco-secondary-raw-materials-for-concrete-precast-products/>
- HISER - <http://www.hiserproject.eu/>
- URBCON - <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/urbcon-by-products-for-sustainable-concrete-in-the-urban-environment/>
- GHRANTE - <https://www.sim-flanders.be/project/ghrante>
- BnB – Beton naar Hoogwaardig Beton - <https://upconcrete.vito.be/nl>

Deze paragraaf wordt verder uitgewerkt in een volgende versie van deze Praktijkids.

8 Referenties

A sustainable future for the European Cement & Concrete Industry, A. Favier, C. De Wolf, K. Scriver, G. Habert, ETH Zürich, 2018 - https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/301843/AB_SP_Decarbonisation_report_Final-v2.pdf?sequence=14&isAllowed=y

Aanbesteding Stad Gent - URBCON-project, 2020 - <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/urbcon-by-products-for-sustainable-concrete-in-the-urban-environment/news/urbcon-launches-tender-for-ghent-pilot/>

Bestekteksten voor het gebruik van groen beton in de wegenbouw, AB-Roads & GroenBetonVert, 2019, <https://www.groenbetonvert.be/hoe-groen-beton-voorschrijven-voor-gebruik-in-de-wegenbouw/>

Beton in de circulaire economie: het gebruik van gerecycleerde granulaten, B. Dooms, J. Vrijders, L. Kupers, WTCB Contact 2019/5 - https://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?lang=nl&dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2019_5_nr1_beton_in_de_circulaire_economie_het_gebruik_van_gerecycleerde_granulaten.pdf

Catalogus Secundaire en Gerecycleerde granulaten voor de bouw, WTCB en OCW in opdracht van OVAM, 2018 - <https://bouw.grondstoffencatalogus.be/>

CO2-prestatieladder, COPRO, 2021 - <https://www.copro.eu/nl/certificatie/systeemcertificatie/co2-prestatieladder>

DuraBuildMaterials, UGent, 2021, <https://durabuildmaterials.ugent.be/>

Groen Asphalt, wegenbouw.be, 2017 - <https://www.wegenbouw.be/nieuws/6960/offertes-met-groen-asfalt-krijgen-een-gunstigere-beoordeling/>

Hergebruik van materialen: hoe kan men hun technische prestaties onderbouwen?, F. Poncelet, M. Deweerdt, J. Vrijders, WTCB Contact / WTCB Dossier 2020/1.7 - https://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?lang=nl&dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2020_1_nr7_hergebruik_van_materialen_hoe_kan_men_hun_technische_prestaties_onderbouwen.pdf

Le Bati Bruxellois, Source de nouveaux Matériaux, FEDER-project UCLouvain, WTCB, ROTOR & VUB, 2015-2021, www.bbsm.brussels

Monografie – Het gebruik van gerecycleerde betongranulaten in beton, J.Vrijders (WTCB) en L. De Bock (OCW), 2019, <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=REF00011499>

Naar een lagere milieu-impact van beton, A. Janssen, L. Wastiels, WTCB Contact / WTCB Dossier 2020/1.2 - <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=search&id=REF00011997>

Overzichtsartikel Sand2Sand, J. Vrijders & projectpartners, 2019 - https://www.circular-concrete.be/wp-content/uploads/2019/10/sand2sand_overzichtsartikel-c2-versie-online.pdf

Standaardbestek 250, Agentschap Wegen & Verkeer, 2021 - <https://wegenverkeer.be/zakelijk/documenten/standaardbestek>

9 Bijlagen

9.1 Voorbeeld-bestekteksten

9.1.1 Technische omschrijving recyclagebeton in NONA-project, Mechelen, 2014 (DMVA)

26.10b. stortklaar beton – recycling beton |PM|

Omschrijving

Dit artikel beschrijft de eisen die gesteld zullen worden aan het recycling beton dat door de opdrachtgever zal ter beschikking gesteld worden aan de ruwbouwaannemer. De ruwbouwaannemer weet dus op voorhand wat de randvoorwaarden hiervan zullen zijn, en kan er bijgevolg ook op rekenen dat die zullen gehaald worden.

Op basis van bovenstaande beoogde toepassingen, zijn in principe volgende betontypes (met recycling-granulaat) te onderscheiden:

- 1. Funderingsbalken, vloerplaat op volle grond:
 - o **BETON 1:** C30/37 – EE2 – 30 % vervanging – consistentie keuze aannemer – max W/C = 0.55, min. 320 kg cement
 - o **Opmerking:** mogelijk worden beide toepassingen samen gestort, mogelijks apart – met andere consistentie. Dit vormt geen probleem. Dmax = 20 mm
- 2. Buitenwanden & dragende vloeren (cassette & traditioneel)
 - o **BETON 2:** C30/37 – EE3 – 20% vervanging – consistentie keuze aannemer – max W/C = 0.50, min. 300 kg cement
 - o **Opmerking:** dragende vloeren zijn wat overgedimensioneerd door deze keuze. Gezien het een 'dragende' toepassing betreft, onderhevig aan beweging, zit de toepassing aan de veilige kant.
- 3. Opvullen pre-wanden:
 - o **BETON 3:** C25/30 – EI – 50% vervanging – consistentie keuze aannemer - max W/C = 0.65, min. 260 kg cement
 - o **Opmerking:** max. W/C en min.C in overeenstemming met betonproduct te brengen
 - o **Aandachtspunt:** Dmax voor het opvullen van prewanden. Dit moet door de opdrachtgever vastgelegd worden in functie van de gekozen prefab-producten.

De kwaliteitsvereisten worden opgesplitst in 2 delen:

- Algemene eisen – geldig voor de 3 betontypes
- Eisen in functie van de toepassing & het betontype

Meting

Zie integraal art. 26.10

Materialen

Zie integraal art. 26.10, en specifiek voor het recyclingbeton:

Algemene eisen – geldig voor de 3 betontypes

Eisen aan de gerecycleerde granulaten:

- De granulaten moeten minstens voldoen aan de eisen opgelegd in NBN B15-001 – paragraaf 5.1.3. Bij voorkeur zijn de granulaten BENOR- of gelijkwaardig gecertificeerd voor deze kenmerken
- Aanvullend dienen volgende zaken bepaald te worden, voorafgaand aan de betonproductie:
 - o Chloridegehalte van de granulaten
 - o Korrelkromme bepaald op 3 verschillende momenten in de tijd
 - o WA24 declared – 3 individuele metingen
 - o Voor gebruik in zichtbeton is het noodzakelijk dat er specifiek wordt geverifieerd op bepaalde verontreinigingen: roestende deeltjes, drijvende deeltjes, lichte deeltjes, ... op het lot granulaten dat wordt gebruikt voor de betonproductie. De granulaten moeten ook bijkomend worden gewassen of gezuiverd om een aantal problemen uit te sluiten.

Eisen op niveau van centrale & procesvoering:

- BENOR-centrale en het beton wordt behandeld op dezelfde manier als BENOR-beton
- Manier van opslag granulaten zodanig dat waterhuishouding onder controle is: centrale beschrijft proces
- Vochtgehalte granulaten wordt 2 maal daags gemeten bij gebruik in betonproductie

Eisen samenstelling beton

- Volledig conform aan de eisen in TRA 550 v3.0 – exclusief het luik 'gerecycleerde granulaten'
- Er wordt CEM III/A LA cement gebruikt bij gebruik van gerecycleerde granulaten
- Toevoegsels zijn niet toegestaan.

Proeven vooraf:

- ITT

Dezelfde ITT-procedure & eisen gelden als voor klassiek beton – er wordt verwezen naar TRA 550

De proeven zijn uit te voeren op telkens 3 monsters van 3 verschillende batches beton per individueel recept. Dit recept mag nadien niet meer wijzigen, en een referentie ervan wordt vermeld op de beton-bons.

Proeven, conform voorschriften TRA 550:

- o Vers beton
 - Volumemassa
 - Consistentie
 - Evolutie van de consistentie
 - Controle van de effectieve W/C via droogproef
 - Luchtgehalte
- o Verhard beton
 - Volumemassa
 - Druksterkte op 7d en 28d
 - Wateropslorping

⇒ De resultaten van de proeven moeten worden overgemaakt aan architect en studiebureau minstens 2 weken voor het gebruik van het beton op de werf.

- **Proeven tijdens werf:**

Op de werf wordt gecontroleerd of het beton dat geplaatst wordt conform is aan de gevraagde eigenschappen, en dit volgens volgende frequenties:

- 1 maal per 200 m³ geproduceerd per recept (aanvangsperiode), minstens 1 maal per dag, max. 3/Dag²²
 - Vers beton:
 - Gehalte cement/bindmiddel
 - Volumemassa
 - Consistentie
 - Luchtgehalte
 - W/C-factor via droogbranding
 - Volume van m³ beton
 - Verhard beton:
 - Druksterkte op 28d

Volumemassa, consistentie, luchtgehalte dienen minstens 1x per dag op de werf te worden geverifieerd.

De monsters voor druksterkte worden de helft op de centrale en de helft op de werf aangemaakt.

- Hogere sterkte dan C30/37: per 100 m³ geproduceerd, min. 1/Dag, max. 3/Dag

Aanvullende eisen – specifiek per toepassing

Naast sterkte & verwerkbaarheid die door ITT & FPC worden afgedekt, dienen ook een aantal bijkomende eisen via (voorafgaande) specifieke proeven te worden geverifieerd, in het bijzonder aangaande de duurzaamheid van het beton en eventuele mechanische kenmerken.

De voorziene betonsoorten zijn:

- **BETON 1:** C30/37 – EE2 – 30 % vervanging – consistentie keuze aannemer – max W/C = 0.55, min. 320 kg cement
- **BETON 2:** C30/37 – EE3 – 20% vervanging – consistentie keuze aannemer – max W/C = 0.50, min. 300 kg cement
- **BETON 3:** C25/30 – EI – 50% vervanging – consistentie keuze aannemer - max W/C = 0.65, min. 260 kg cement

Voor Beton 3 zijn geen bijkomende proeven uit te voeren.

²² Indien 3 betonsoorten op 1 dag worden geproduceerd, in kleine hoeveelheden, moet van 1 van de 3 het testprogramma worden doorlopen.

Voor Beton 1 en Beton 2 worden vooraf geverifieerd, via een voor te leggen voorstel voor proefprogramma, of reeds uitgevoerde testen:

- Carbonatatieweerstand
- Vorst-dooi-weerstand

Voor de beschrijving van de proefmethode & verificatieprincipes wordt verwezen naar NBN B15-100.

Organisatie kwaliteitscontrole via externe verificatie

De betoncentrale zal voor de geïdentificeerde betonsoorten een lotkeuring aanvragen bij een bevoegde instantie. Deze lotkeuring bevat dezelfde controles als een BENOR- of gelijkwaardige controle, specifiek voor de voorziene betonsamenstellingen.

9.1.2 Technische omschrijving optie recyclingbeton KOMET, 2018 (VK Engineering)

ELEMENTEN UIT TER PLAATSE GESTORT GEWAPEND BETON

03.03.10 Ter plaatse gestort gewapend beton met gespecificeerde eigenschappen

Algemeen

De elementen uit beton voldoen aan onderstaande voorschriften :

Certificering

- het beton dient voorzien te zijn van het Benor-merk
 - Wanneer geen BENOR-keurmerk bekomen kan worden, kan het beton worden voorzien van een lotkeuring. Deze lotkeuring dient aangevraagd te worden bij een bevoegde instantie en bevat dezelfde controles als een BENOR-controle.

10.00 ALGEMENE BEPALINGEN

10.00.01 UITWERKING VARIANTEN/opties/Eigen besparingsvoorstel

Omschrijving

Vanuit het ontwerpteam zijn reeds enkele opties en verplichte variantes opgenomen in deze offerteaanvraag

- Verplichte variëte: hiervan moet een uitgewerkte prijs opgenomen worden in het dossier
- Optie: hiervan mag een uitgewerkte prijs opgenomen worden in het dossier

Het is logischerwijs mogelijk en zelfs aangeraden om bij indienen van de offerte besparingsvoorstellen op te nemen. Deze besparingsvoorstellen hebben eenzelfde waarde als een optie. Bij een eigen besparingsvoorstel dient ook de nodige bijkomende informatie en eventueel berekeningsnota voorgelegd te worden.

De verplichte varianten en opties, hebben een afzonderlijke meetstaat, dewelke dient ingevuld te worden. In de meetstaat per bouwdeel, dient de totaalsom als globale prijs opgenomen te worden.

Voor verplichte varianten werd de afzonderlijke meetstaat opgesteld door het ontwerpsteam. Voor opties dient de aannemer deze zelf te voorzien.

10.01.10 VERPLICHTE VARIANTEN

10.01.11 *Variante 1 – Structureel beton met gerecycleerde betongranulaten*

Omschrijving

XXX heeft als een van de doelstellingen mee te werken aan een duurzamere samenleving. Het gehele ontwerp van de XXX-site is dan ook als een duurzame wijk opgevat. Deze duurzame rode draad wensen we door te trekken in het gebruik van beton. Daarom wordt vooropgesteld om voor enkele toepassingen gebruik te maken van beton met gerecycleerde granulaten.

Materiaal

Het structureel beton komt in de basis overeen met het beton toegepast in post 03.03.12. De daar opgenomen beschrijving en eisen dienen dan ook te worden toegepast, tenzij deze niet van toepassing kunnen zijn op structureel beton met gerecycleerd betongranulaat.

Voor de granulaten dient gebruik gemaakt te worden van betongranulaat type A+ volgens norm NBN B 15-001. Het gebruik van menggranulaat en/of metselwerkgranulaat is niet toegestaan.

Dit gerecycleerd granulaat is in het bezit van een BENOR-certificaat of gelijkwaardig voor de gevraagde kenmerken.

Normgeving:

Volgende normen en documenten zijn bijkomend van toepassing:

- NBN B 15-001
- NBN B 15-100
- NBN EN 206
- NBN EN 12620
- TRA 550
- prNBN B 15-101
- WTCB-monografie: Het gebruik van gerecycleerde betongranulaten in beton

Proefprogramma

Indien een BENOR-keurmerk voor beton met gerecycleerd betongranulaten niet beschikbaar zou zijn, dient een afzonderlijk proefprogramma te worden voorzien op het verse en verharde beton. Hiervoor kan men zich baseren op de ITT-testen uit de TRA 550. Afhankelijk van de beoogde omgevingsklasse kan dit proefprogramma uitgebreid worden met bijkomende duurzaamheidsproeven.

Deze proeven worden opgevolgd via lotkeuring door een onafhankelijke derde partij, bv. SECO of BE-Cert

Toepassing

Toepassingen in overleg met opdrachtgever, WTCB en studiebureau.

Er wordt vooropgesteld om hiermee te werken voor volgende toepassingen:

- Opstort van predallen (C30/37)
- Opstort van eventuele premuren indien de aannemer beslist om premuren te gebruiken (C25/30, tenzij C30/37 vereist om structurele redenen)

Deze lijst is niet limitatief en kan in overleg met opdrachtgever, WTCB, studiebureau én aannemer worden uitgebreid.

Meetwijze

Aard van de overeenkomst : Vermoedelijke hoeveelheid (VH)

Meeteenheid : m³

Inbegrepen : naast de directe prijs tgv het toepassen van gerecycleerde granulaten, dienen ook volgende zaken inbegrepen te zijn:

- Testprogramma

- omschrijving/eisen volgens post 03.03.12 blijven geldig behalve voor eisen die niet toepasbaar zijn voor structureel beton met gerecycleerd betongranulaat.

10.01.11A Prijs structureel beton C30/37, EI, 20% betongranulaat Type A+ **VH m³**

10.01.11B Prijs structureel beton C25/30, EI, 30% betongranulaat Type A+ **VH m**