



OCW onderzoekt toepassingsmogelijkheden secundaire zanden

In onze Newsletter 15 berichtten we reeds over het project RESANDAS (*Recycled Sands for Asphalt Mixtures*) waarin OCW een haalbaarheidsstudie uitvoerde naar de mogelijke toepasbaarheid van verschillende soorten gerecycleerde of secundaire zanden in asfalt (Vansteenkiste & De Bock, 2024). Daarnaast lopen er momenteel echter ook nog verscheidene andere onderzoeken naar hergebruik van gerecycleerde en/of kunstmatige zanden binnen de wegenbouw, zowel in geotechnische toepassingen als in wegebeton.

Inleiding

Het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw zet al enkele jaren sterk in op de transitie naar een meer circulaire economie, onder meer met de toepassing van recyclingproducten in de (beton) wegenbouw. Hierbij werd in het verleden al uitgebreid onderzoek gevoerd naar toepassing van grove beton- en/of menggranulaten in nieuw wegebeton (Recycling in de betonwegenbouw, s.d.).

Meer recent wordt ook de focus gelegd op de mogelijke toepassing van **recyclagezanden**, bijvoorbeeld afkomstig van het breken van betongranulaat, waarvoor OCW al individuele projecten heeft gevolgd en nieuwe onderzoeken werden opgestart in 2023:

- Het prenormatief onderzoek **Recysand** rond "Gebruik van hoogwaardig betonbrekerzand in stortklaar beton";
- Het collectieve onderzoek op Waals niveau **SARE4BE** over de "Valorisatie van zanden afkomstig van betonrecyclage in nieuw beton";

- Het normantenne-project **Valosage** i.v.m. “Hergebruik van gerecycleerde en kunstmatige zanden in geotechnische toepassingen binnen de wegenbouw”.

Dit kadert in de globale transitie naar een circulaire economie die zowel op Belgisch (Belgische Federale Overheidsdiensten, 2024) als Europees niveau (European Commission, s.d.) een prioriteit vormt. Bovendien wordt natuurlijk, kwalitatief bouwzand door de Verenigde Naties in hun rapport uit 2022 aangemerkt als een schaars bouw materiaal (Peduzzi et al., 2022). De Europese Unie verklaart ook in haar ambities voor 2030 om zelfvoorzienend te worden op het vlak van (bouw)materialen (Jiménez Beltrán & Requejo-Liberal, 2018).

Hieronder stellen we de verschillende projecten voor en geven we een korte stand van zaken betreffende deze onderzoeken naar toepassingsmogelijkheden van secundaire zanden in de wegenbouw.

Onderzoek Recysand

In dit prenormatief onderzoek (met steun van NBN en de FOD Economie) wordt getracht het normatieve kader te verruimen voor **toepassing van (hoogwaardig) betonbrekerzand¹ in stortklaar beton**, in samenwerking met de onderzoekpartners Buildwise en CRIC-OCCN.



Figuur 1 - 'Hoogwaardig' betonbrekerzand afkomstig van productie van hoogwaardig (grof) betongranulaat A+.

Het Belgische normenkader voor beton, NBN EN 206 (Bureau voor Normalisatie [NBN], 2013+2021) en NBN B 15-001 (NBN, 2024), en de typebestekken voor de wegenbouw (Brussel Mobiliteit, 2016; Service Public de Wallonie [SPW], Qualité & Construction, 2021; Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer [AWV], 2021) staan momenteel geen gebruik van secundair zand toe in (wegen)beton, maar onder bepaalde voorwaarden wel van gerecycleerd grof granulaat (zogenaamde types A+ en B+) (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw et al. 2023).

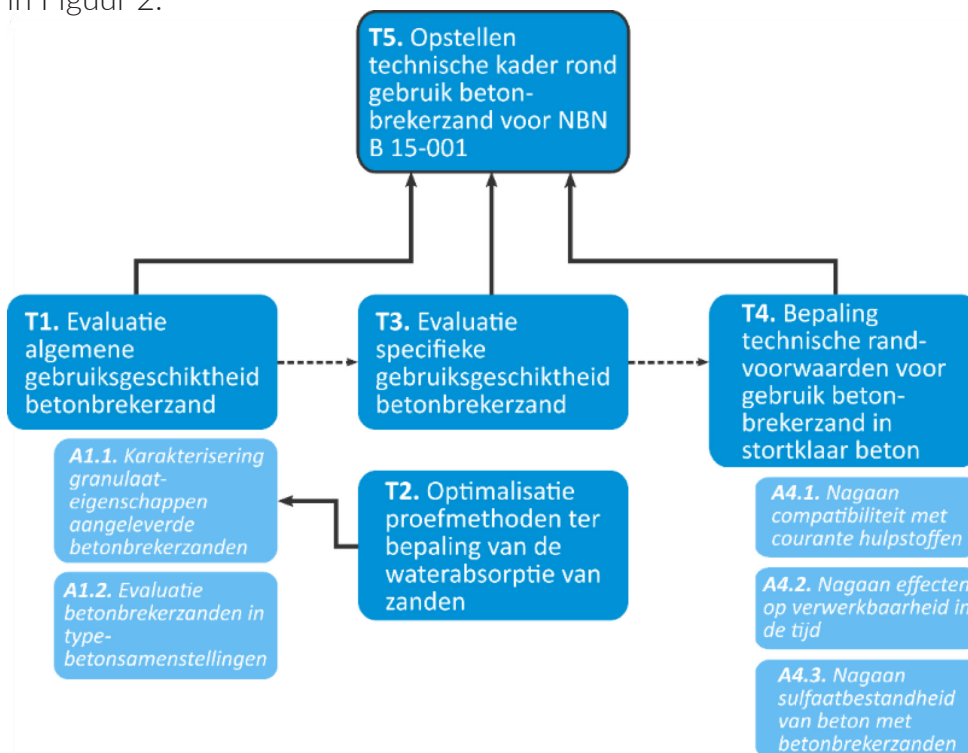
¹ Betonbrekerzand wordt gedefinieerd als de fijne fractie (brekerzand) afkomstig van het zeven, na het breken van hoogwaardig betonpuin en na voorafzeving van het brekerzeefzand.

In Vlaanderen en Wallonië wordt een significante hoeveelheid betongranulaat² geproduceerd, waarvan een deel³ fijne granulaatfractie is (0-4 mm), momenteel zonder hoogwaardige toepassing in beton. Individuele projecten en studies hebben echter de mogelijkheid aangetoond van hoogwaardig beton met betonbrekerzand](BHE, 2023; Bouwprojecten met circulair beton, s.d.; Geschiktheid van secundaire inerte toeslagmaterialen, 2024; Vrijders et al., 2019). Sinds 2022 maakt de norm NBN B15-105 (NBN, 2022a) het voor producenten mogelijk de gebruiksgeschiktheid van dergelijke granulaten te beoordelen, al vraagt dit aanzienlijke kosten en tijd.

Aangezien betonbrekerzand de grootste bron van secundaire zanden vormt, maar de productie gedecentraliseerd is (>260 productie-eenheden [Van Schelvergem, 2024]), kan worden beargumenteerd dat de gebruiksgeschiktheid van betonbrekerzand beter op het collectieve niveau wordt onderzocht.

De prenormatieve studie “Recysand” heeft dan ook als overkoepelende doelstelling om een gedetailleerde en praktische evaluatie uit te voeren naar het gebruik van hoogwaardig betonbrekerzand in stortklaar beton (d.w.z. een zogenaamde “gebruiksgeschiktheidsstudie”) om het bestaande Belgische betonnormenkader en de gewestelijke typebestekken voor wegebeton te verruimen.

Het onderzoek is hierbij in verschillende stappen en fases georganiseerd, zoals ook geïllustreerd in Figuur 2:



Figuur 2 – Onderzoeksprogramma van het project Recysand (Bron: Buildwise)

2 In Vlaanderen alleen al werd in 2018 uit bouw- en sloopafval (BSA) 6.670 kton betongranulaat geproduceerd = Data Monitoringsysteem Duurzaam Oppervlaktedelfstoffenbeleid (MDO) (Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, s.d.)

3 Ongeveer 10-15 m% betreft de fijne granulaatfractie (< 4 mm of < 6,3 mm) of zogenaamd betonbrekerzand (GroenBetonVert vzw, persoonlijke communicatie, 2023).

In een eerste fase werden 11 representatieve Belgische betonbrekerzanden gekarakteriseerd op het vlak van de geometrische, fysische en chemische eigenschappen, met een zekere geografische spreiding. Op basis van ervaringen in het buitenland (Bodet et al., 2018; van der Wegen, 2021) werden hierbij de volgende kritische granulaateigenschappen bepaald op de betonbrekerzanden:

- korrelverdeling (NBN, 2012);
- volumieke massa en waterabsorptie (NBN, 2022b);
- methyleenblauwwaarde (NBN, 2008);
- sulfaatgehalte (in zuur oplosbare sulfaten [NBN, 2013, §12]; wateroplosbare sulfaten: [NBN, 2013, §10]),
- wateroplosbare chloriden (NBN, 2013, §7);
- impact op binding (NBN, 2007);
- potentiële reactiviteit Alkali-Silica-Reactie (ASR; Oberholsterproef op mortel volgens ASTM International, 2023).

Globaal blijkt uit de resultaten (zie bijvoorbeeld Tabel 1) dat er een mooi pallet aan beschikbare betonbrekerzanden aanwezig is in België (voornamelijk in Vlaanderen) met een zekere variatie in eigenschappen, waarbij de meeste zanden voldoen aan de volgende klassen volgens NBN, 2008 :

- $D_{max} \leq 4 \text{ mm}$ & GF85 voor korrelverdeling;
- $\rho_{rd} \geq 2 \text{ 100 kg/m}^3$ & $WA_{24u} \leq 10 \%$
- gehalte fijne de eltjes = f10;
- $MB \leq 1,5$ (categorie a volgens BE-CERT, 2024);
- SSO.2 & CB voor sulfaat- en chloridegehalte;
- A40 (impact op de binding).

Op basis van de meest kritische parameters (korrelverdeling, fijnheid, volumieke massa en waterabsorptie, zie tabel 1b) werd dan ook een **selectie gemaakt van 4 betonbrekerzanden** (nr. 3, 4, 5 en 6), 2 “kwaliteitsvolle” en 2 “minder kwaliteitsvolle” zanden voor verdere beproeving op betonniveau.

In eerste instantie wordt daarbij de **algemene** gebruiksgeschiktheid in typebetonsamenstellingen met 30 vol% zandvervanging nagegaan door de partners Buildwise en OCCN, volgens de regels van NBN B15-105 (NBN, 2022a). Aansluitend wordt ook de **specifieke gebruiksgeschiktheid** onderzocht voor toepassing in verschillende groepen van betonsamenstellingen. Momenteel lopen bijvoorbeeld bij het OCW de eerste proeven met toevoeging van de 4 verschillende betonbrekerzanden in 3 verschillende vervangingspercentages (10 – 20 – 30 vol% zandvervanging) in wegebeton samenstellingen.

a

Zandnummer	MB-waarde (g/kg)	SO ₄ in water (%)	SO ₄ in zuur (%)	C ⁻ in water (%)	Impact op blinding A (min)
1	0,29	0,12	0,97	0,024	20
2	0,67	0,10	0,66	0,018	5
3	0,26	0,15	0,58	0,016	15
4	1,14	0,10	0,57	0,001	10
5	0,27	0,21	0,61	0,020	5
6	0,17	0,12	0,58	0,005	10
7	0,18	0,12	0,73	0,035	5
8	0,71	0,15	0,59	0,007	5
10	0,48	0,10	0,46	0,010	15
11	0,28	0,22	0,62	0,004	10
Gemiddelde	0,45	0,14	0,64	0,014	10
Standaardafwijking	0,31	0,05	0,13	0,011	5
Criterium	≤ 1,50	≤0,7	/	≤ 0,06	< ±40

b

Zandnummer	Korrelverdeling	Fijnen (%)	prd (g/cm ³)	WA 24u (%)
1	0/4 GF 85	4,1	2,184	8,5
2	0/4 GF 85	8,2	2,197	8,3
3	0/4 GF 85	4,8	2,107	10,0
4	0/4 GF 85	9,0	2,249	7,0
5	0/4 GF 85	7,8	2,117	9,9
6	0/4 GF 85	3,1	2,117	7,6
7	0/4 GF 80	5,2	2,147	9,3
8	0/6,3 GF 85	5,1	2,231	7,1
10	0/2 GF 85	2,5	2,303	5,9
11	0/4 GF 85	6,4	2,134	9,1
Gemiddelde	NA	5,6	2,189	8,3
Standaardafwijking	NA	2,2	0,063	1,4
Criterium	0/4 GF 85	≤ 10	> 2,100	≤ 10

Tabel 1 – a) Resultaten voor de chemische eigenschappen van de beproefde betonbrekerzanden in Recysand; b) Selectie van de betonbrekerzanden voor verdere beproeving op betonniveau op basis van de meest kritische parameters.

Daarnaast worden in Taak 2 ook alternatieve beproevingsmethoden onderzocht ter bepaling van de waterabsorptie van de gerecycleerde zanden; de normmethode voor natuurlijke zanden (NBN, 2022b, § 9) is namelijk niet altijd even nauwkeurig voor zanden met heel veel fijne deeltjes (< 63 µm) en/of meer hoekige korrels (Yacoub et al. 2018). Het OCW onderzoekt hierbij bijvoorbeeld een techniek op basis van hydrostatische weging (Figuur 3).

In een latere fase (Taak 4, zie Figuur 2) wordt ook de interactie met courant gebruikte hulpstoffen (bv. luchtbelvormer, plastificeerder) en de invloed op de verwerkbaarheid van het beton onderzocht. En aan het eind van de rit is het dus de bedoeling dat op basis van dit prenormatieve onderzoek de normen en typebestekken kunnen worden aangepast voor toepassing van hoogwaardig betonbrekerzand in nieuw (wegen)beton (Taak 5).

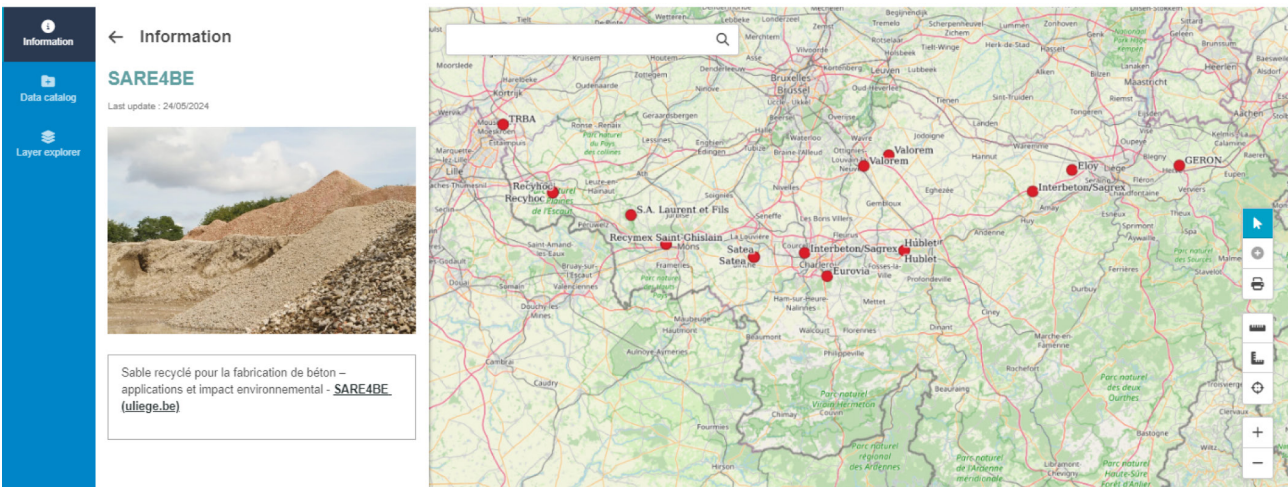


Figuur 3 – Alternatieve beproevingsmethode ter bepaling van de waterabsorptie op basis van hydrostatische weging

Project SARE4BE

Dit **collectief onderzoeksproject** heeft tot doel het gebruik van gerecycleerd zand **in het Waals Gewest** te verhogen in toepassingen met een hoge toegevoegde waarde ('*upcycling*'), zoals betonnen wegverhardingen en constructiebeton. Het wordt uitgevoerd in samenwerking met Buildwise en de Universiteit van Luik (ULiège), met financiële steun van de SPW (WIN-4Collective).

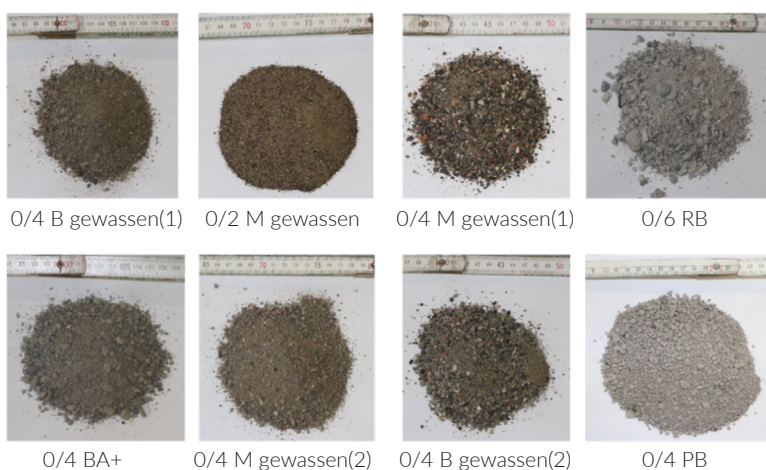
In een eerste fase van het project werden de beschikbare gerecycleerde zanden in het Waals Gewest geïnventariseerd en in kaart gebracht op het geoportaal van het OCW (Figuur 4).



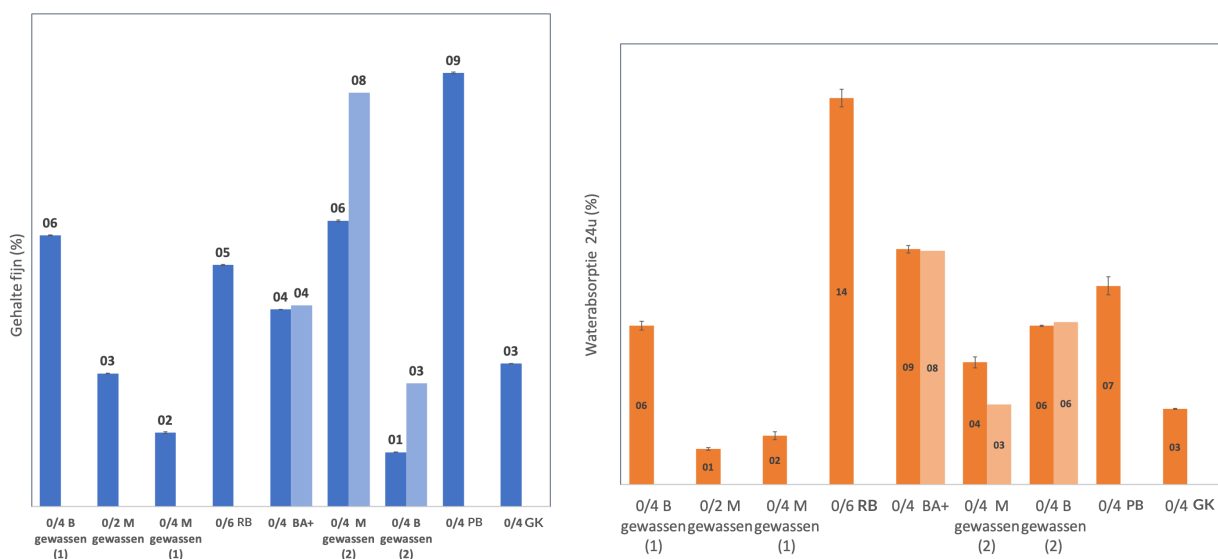
Figuur 4 – Interactieve kaart van de beschikbare gerecycleerde zanden in het Waals Gewest (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 2024)

Van verschillende van de geïnventariseerde gerecycleerde zanden werden monsters genomen om hun eigenschappen en variabiliteit te beoordelen. Hoewel het project voornamelijk betrekking heeft op **recyclagezanden van beton** (in de onderstaande figuren, bijvoorbeeld Figuur 5, aangeduid met **B**), werden ook zanden afkomstig van recyclage van **gemengde** gerecycleerde granulaten (**M**) of van gewassen mengsels van **grond en keien (GK)** opgenomen in de studie, aangezien de beschikbaarheid van gerecycleerde betongranulaten in Wallonië beperkt is. Behalve deze zanden afkomstig van Waalse recyclagecentra werden er ook andere betonzanden ingezameld: zanden uit afval van een **productiesite voor prefabbeton (PB)**, zanden van een betoncentrale die al grind vervaardigt uit **retourbeton (RB)** en zand van een recyclagecentrum in Vlaanderen dat hoogwaardige betongranulaten produceert (**BA+**).

Het gemeten gehalte aan fijne deeltjes en de waterabsorptie worden weergegeven in Figuur 6. We zien dat het gehalte aan fijne deeltjes beperkt is, vooral bij bepaalde gewassen materialen. De gemeten waterabsorptie is heel variabel, met waarden die variëren van minder dan 2% voor sommige gewassen mengzanden tot meer dan 14% voor retourbeton.



Figuur 5 – Gerecycleerde zanden bestudeerd in het project SARE4BE

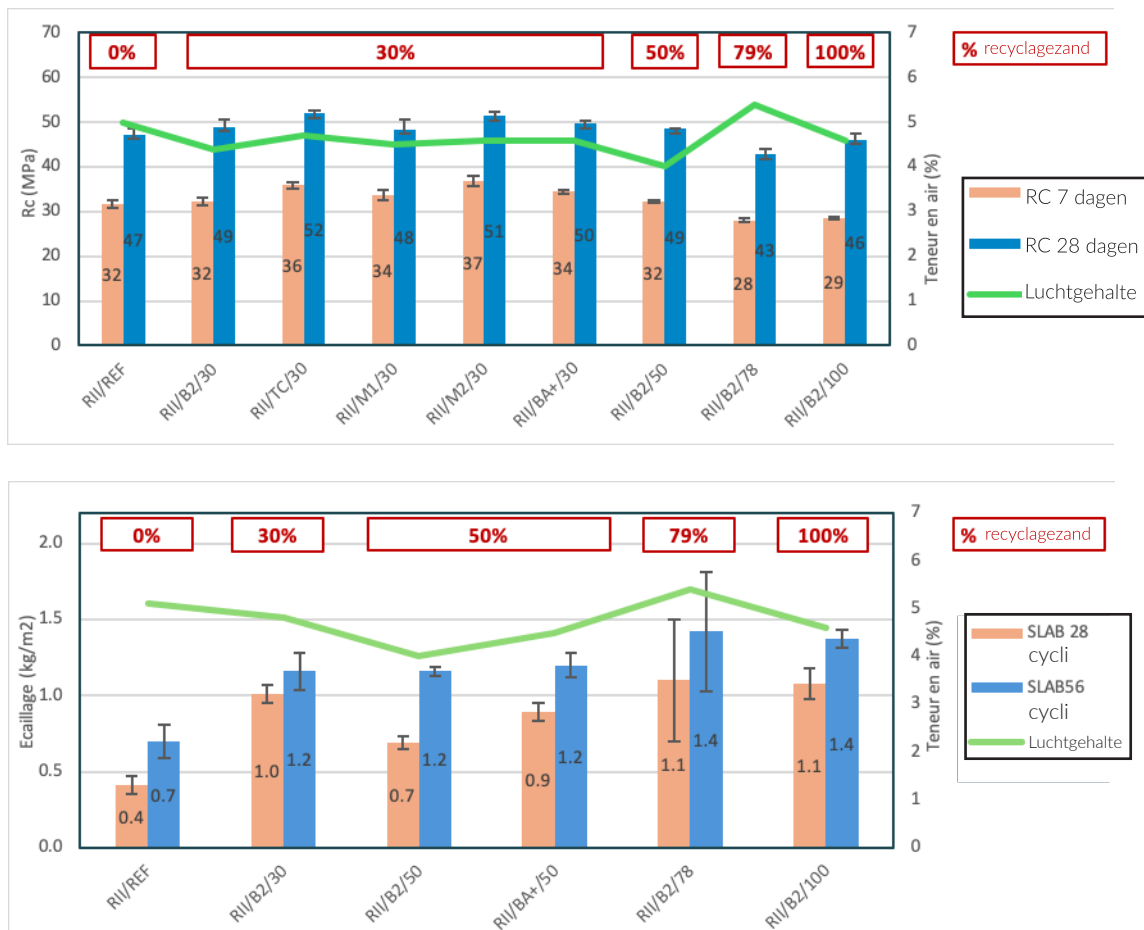


Figuur 6 – Gemeten gehalte aan fijne deeltjes en waterabsorptie bij gerecycleerde zanden

De derde taak van het project SARE4BE bestaat erin de eigenschappen van beton met gerecycleerd zand te testen in het laboratorium, om aanvaardbare vervangingspercentages te bepalen naargelang de eigenschappen van het zand en het soort beton. Alle samenstellingen werden gemaakt met natuurlijke grove granulaten, waarbij ervoor werd gezorgd dat de algemene korrelverdelingskromme in de buurt lag van die van het originele beton, en de hoeveelheid aanmaakwater werd aangepast om rekening te houden met de hogere waterabsorptie van gerecycleerd zand.

De proeven op weg beton werden uitgevoerd bij het OCW, met mengsels die beantwoordden aan de specificaties voor beton voor *Réseau I, II en III* volgens Qualiroutes. De beschouwde vervangingspercentages zijn 0% (referentie), 30%, 50%, 76/79% en 100% (in volume) van de zandfractie (0/4 mm). Een vervangingspercentage van 76/79% komt overeen met de totale vervanging van de zandfractie 0/4 (waarbij het natuurlijke fijne zand 0/1 dus behouden blijft in de samenstelling).

Bij wijze van voorbeeld toont Figuur 7 de verkregen resultaten voor de druksterkte en de vorst-dooiweerstand in aanwezigheid van dooizouten (slab test: CEN/TS 12390-9 European Committee for Standardization [CEN], 2016) op beton van *Réseau II* (met 375 kg/m³ cement, een W/C-verhouding van 0,475 en gebruik van een luchtbelvormer).



Figuur 7 - Druksterkte na 7 en 28 dagen en massaverlies na de slab test (vorst-dooicycli in aanwezigheid van dooizouten volgens NBN B15-100 [NBN, 2018, §7.4.2.4]) voor weg beton vervaardigd met gerecycleerd zand

De resultaten op de kubussen doen vermoeden dat de druksterkte van het beton over het algemeen bevredigend zal zijn in vergelijking met het streefdoel voor *Réseau II*, namelijk 40 MPa na 90 dagen op geboorde kernen. Over het algemeen zien we zelfs bij een hoog vervangingspercentage slechts een gering sterkteverlies. Met betrekking tot de vorst-dooiweerstand in aanwezigheid van dooizouten (slab test), zien we een afname van de prestaties na de toevoeging van gerecycleerd zand, maar de verliezen bleven ruim onder de 3 kg/m² bij 28 cycli zoals vereist in versie 4.1a van SB 250 (Vlaamse Overheid, AWV, 2021, §14 5.4.1.3) voor lagere verkeersbelasting ('bouwklassen B6 tot B10').

De proeven op constructiebeton werden uitgevoerd bij Buildwise, met mengsels die beantwoordden aan de omgevingsklassen EE1 (geen vorst) en EE4 (vorst en dooizouten). Net als bij wegbeton zijn de eerste resultaten zeer veelbelovend.

De betonproeven die tot nog toe werden uitgevoerd in het kader van het project SARE4BE, tonen aan dat het perfect mogelijk is een fractie van het natuurlijke zand te vervangen door recyclagezand van betongranulaat of mogelijk zelfs van menggranulaten, en toch beton te produceren dat aan de technische eisen voldoet. Bij beton dat op deze manier wordt vervaardigd, kunnen bepaalde eigenschappen evenwel afnemen. Dit moet in aanmerking worden genomen bij de keuze van de toegestane vervangingspercentages, afhankelijk van de toepassing.

In de laatste fase van het project zullen de waarnemingen in het laboratorium worden getoetst op het terrein, aan de hand van proefvakken die samen met industriële partners worden uitgevoerd. Hierdoor zal het ook mogelijk zijn de eventuele impact van gerecycleerd zanden op de praktische toepassing van het beton te onderzoeken. Tot slot zal aan de ULiège het ecologisch belang van de voorgestelde oplossingen in detail worden bestudeerd aan de hand van een levenscyclusanalyse.

Project ValoSaGE (hergebruik van gerecycleerd en kunstmatig zand in geotechniek voor wegebouw)

Dit **normantenne-project** duurt 15 maanden (tot 31 december 2024) en heeft als doel de technische haalbaarheid na te gaan van een gedeeltelijke vervanging van natuurlijk zand door gerecycleerd of kunstmatig zand voor bepaalde **geotechnische toepassingen in de wegebouw** (funderingen en drainage), met inachtneming van de technische, economische en milieucriteria. Het project ValoSaGe, dat een aanvulling is op de projecten Recysand en SARE4BE, kijkt niet naar zanden afkomstig van beton. Aanvankelijk was het de bedoeling zich te beperken tot gemengde recyclagezanden en slakkenzanden, maar het project werd uitgebreid naar andere secundaire zanden.








Figuur 8 – Onderzoeksprogramma van het project ValoSaGe

Tijdens WP1 en WP2 werden 14 zanden van verschillende oorsprong geselecteerd en gekarakteriseerd. Het betreft 4 gewassen en niet-gewassen **gemengde recyclagezanden**, 4 **slakkenzanden** afkomstig van verschillende behandelingen, 3 **zanden afkomstig van fysicochemische reiniging** waaronder één zand afkomstig van vervuilde bodems. Er werd ook één **glaszand** gekarakteriseerd, afkomstig van residuen van optische sorteerprocessen, dat niet kan worden hergebruikt in de glasindustrie. Recent werden er twee **slakkenzanden** geleverd: één 0/2 en één mengsel van 60% 0/6 en 40% 0/2. Deze worden momenteel geanalyseerd. Tabel 2 geeft de jaarlijks beschikbare hoeveelheden van deze verschillende zanden. Op de schaal van de producenten blijven deze hoeveelheden beperkt.

In Vlaanderen bedroegen de hoeveelheden door COPRO gecertificeerde zanden in 2023:

- 225.000 t zanden van fysicochemische reiniging (Desmet, 2024);
- 165.000 t brekerzand;
- 2.600.000 t zeefzand (Van Schelvergem, 2024).

Materiaal	Beschikbare hoeveelheid	
Zand van steenachtige materialen 0/8	15.000 t/jaar	
Gewassen brekerzand 0/4 van menggranulaat	10.000 t/jaar	
Recyclagezand 0/8 van menggranulaat	5.000 t/jaar	
Gewassen zand	400 t/dag	
Slakkenzand 1	30.000 t/jaar	
Slakkenzand 2	10.000 t/jaar	
Slakkenzand 3	5 tot 15.000 t/jaar	
Slakkenzand 4	3.500 t/jaar	
Fysicochemisch behandeld zand 0/2	-	
Fysicochemisch behandeld zand 2/8	20.000 t/jaar	
Fysicochemisch behandeld zand 0/2 (2)	35.000 t/jaar	
Glaszand	100.000 t/jaar	
Rvs-slakkenzand	100.000 t/jaar	

Tabel 2 – Recyclagezanden bestudeerd in het project Valosage

De karakteriseringsproeven zijn nagenoeg dezelfde als die bij de projecten Recysand en SARE4BE, met uitzondering van de specifieke proeven voor toepassingen in beton. Soms werd ook de (water)doorlatendheid gemeten volgens (Van Ganse, 1968).

De resultaten werden vergeleken met de vereisten van het typebestek Qualiroutes (SPW, Qualité & Construction, 2021) en het SB 250 (Vlaamse Overheid, AWW, 2021), zie Tabel 3. De kleuren in Tabel 3 geven aan of aan de vereisten voldaan is (groen) of niet (rood). De gele vakken geven aan dat aan de specificaties voldaan is, behalve voor de korrelverdeling (maximale korrelmaat). De witte vakken geven aan dat bepaalde parameters ontbreken om de acceptatie te kunnen beoordelen (met name de doorlatendheid).

	Zandcement		Schraal beton		Drainagezand	
	CCT Q	SB 250	CCT Q	SB 250	CCT Q	SB 250
Gerecycleerd 0/8	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Gerecycleerd M 0/4 L	Green	Green	Red	Green	Red	Red
Gerecycleerd M	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Gerecycleerd M 0/4 L (2)	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow
Slakken 1	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red
Slakken 2	Red	Green	Red	Red	Red	Red
Slakken 3	Red	Green	Red	Red	Red	Red
Slakken 4	Red	Green	Red	Red	Red	Red
Fys-chem. behandeld zand 0/2	Green	Green	Red	Green	White	Red
Fys-chem. behandeld zand 2/8	Green	Green	Yellow	Red	Green	Red
Fys-chem. behandeld zand 0/2 (2)	Green	Green	Green	Red	White	Red
Glaszand	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow

Tabel 3 – Acceptatie van gerecycleerde zanden op basis van de criteria van de typebestekken voor de beschouwde geotechnische toepassingen volgens SPW, Qualité & Construction, 2021; Vlaamse Overheid, AWW, 2021

Voor **zandcement**-toepassingen voldoen gerecycleerd zand 0/8 en gerecycleerd zand M niet aan de eisen van de typebestekken (te hoog gehalte aan fijne deeltjes en te hoge methyleenblauwwaarde). Slakkenzanden voldoen niet aan het criterium voor het chloridegehalte van Qualiroutes. Deze eis geldt niet in het SB 250.

Voor toepassingen met **schraal beton** voldoet gerecycleerd zand M 0/4 L (2) aan de eisen van de typebestekken. Recyclagezand M 0/4L en fysicochemisch behandeld zand 0/2 hebben een hoger sulfaatgehalte dan de eisen in Qualiroutes, maar dit criterium is niet vereist in het SB 250. Fys-chem. behandeld zand 0/2 (2) voldoet niet aan het criterium voor de korrelverdeling in het SB 250.

Voor toepassingen van **drainagezand** voldoen gerecycleerd zand M 0/4 L (2) en fysico-chemisch zand 2/8 aan de criteria van Qualiroutes, maar niet aan de criteria voor de korrelverdeling in het SB 250. De doorlatendheid van het fysicochemische zand 2/8 bedraagt $1,07 \cdot 10^{-3}$ m/s en voldoet hiermee aan de eis van Qualiroutes ($5 \cdot 10^{-5}$ m/s). De korrelverdelingskromme van het glaszand voldoet niet aan de eisen van de TB's (maximale korrelmaat te hoog), maar niettemin is de doorlatendheid bevredigend ($1,31 \cdot 10^{-3}$ m/s). Voor de fysicochemische zanden 0/2 en 0/2 (2) moet de doorlatendheid worden gemeten om na te gaan of ze voldoen aan de eisen van Qualiroutes.

Er werden zandcement-samenstellingen aangemaakt voor verschillende zanden en twee zandmengsels. De proefstukken werden gemaakt met het optimale watergehalte NPO, vooraf gemeten met de Proctorproef (NBN, 2021). Elk resultaat is een gemiddelde op basis van 3 proefstukken (zie Tabel 4). Aangezien glaszand geen fijne deeltjes bevat, was het niet mogelijk proefstukken te maken.

Voor slakkenzand 1 was 9% CEM I-cement nodig om een voldoende sterkte te bereiken. Dit komt waarschijnlijk door de aanwezigheid van bepaalde chemische elementen (aluminium, zink) die de uitharding van het cement beperken. De andere slakkenzanden leverden een voldoende hoge sterkte op met 6% CEM III-cement.

Hoewel ze niet voldoen aan de TB's, leveren gerecycleerde zanden O/8 en M een voldoende hoge sterkte op met 6% cement.

Er werden mengsels gemaakt op basis van gerecycleerde zanden en fysicochemische zanden om korrelverdelingskrommen te verkrijgen die voldoen aan de TB's. Wat de sterkte betreft voor zandcementsamenstellingen met deze zandmengsels, zijn de resultaten bevredigend.

In het kader van het project zullen nog één of twee samenstellingen van schraal beton worden beproefd (WP3). De LCA wordt momenteel uitgevoerd (WP4). Het eindrapport zal niet alleen de technische resultaten, maar ook de milieugegevens bevatten.

	Voldoet aan TB	Rc7d OPN (MPa)	Rc28d NPO (MPa)
Gerecycleerd zand M 0/4L	Ja	3,6	7,5
Gerecycleerd zand O/8	Neen	5,3	9,0
Gerecycleerd zand M	Neen	5,4	9,3
Gerecycleerd zand M 0/4L(2)	Ja	Niet gemeten	Niet gemeten
Mengsel 50 % Gerecycleerd zand M 0/4L - 50 % Gerecycleerd zand M	Ja	5,4	9,9
Fys-chem. zandmengsel 80 % O/2 en 20 % O/8	Ja	3,3	5,4
Slakkenzand 1 + 6 % CEM III	Neen voor TB Qualiroutes	0,29	-
Slakkenzand 1 + 6 % CEM I		0,59	-
Slakkenzand 1 + 9 % CEM I		2,9	7,0
Slakkenzand 2 + 6 % CEM III		6,3	9,3
Slakkenzand 3 + 6 % CEM III		5,2	7,5
Slakkenzand 4 + 6 % CEM III		4,3	6,4
Criterium TB (voorafgaande studies)		$R_{c,gem} \geq 3 \text{ MPa (SB 250)}$	$R_{c,gem} \geq 4 \text{ MPa (SB 250)}$ of $R_{c,gem} \geq 4,5 \text{ MPa (CCT Qualiroutes)}$

Tabel 4 - Resultaten voor de druksterkte (Rc) op proefstukken van zandcement

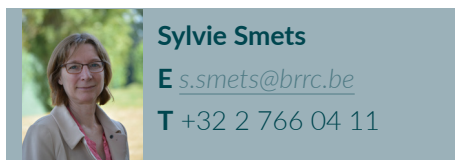
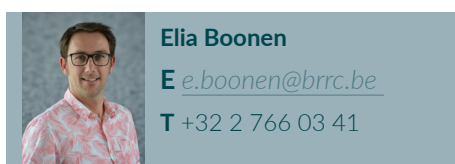
Vervolg en perspectieven

De drie besproken projecten die bij het OCW worden uitgevoerd, zijn erop gericht de toepassing van gerecycleerde zanden in de wegstructuur uit te breiden. De eerste resultaten zijn alvast veelbelovend om oplossingen uit te werken die:

1. de impact van eventuele toekomstige tekorten aan natuurlijk bouwzand kunnen beperken;
2. de CO₂-voetafdruk van wegenbouwwerken beperken, vooral wanneer het gebruik van kwaliteitsvolle, gerecycleerde materialen de transportafstanden kunnen helpen verminderen (voor de afvoer van bouwpuin en/of de aanvoer van natuurlijke materialen).

Dankbetuiging

De auteurs wensen verschillende partijen te bedanken voor de (financiële) ondersteuning van de projecten Recysand, SARE4BE en ValoSaGe, met name het Bureau voor Normalisatie (NBN), de Federale Overheidsdienst Economie (FOD Economie) en de Waalse overheid SPW – *Direction Recherche* (WIN4Collective). Verder gaat onze dank ook uit naar onze onderzoekspartners in de verschillende projecten, de verschillende stakeholders in de begeleidingsgroepen voor hun nuttige feedback, en de leveranciers van de materialen.



Referenties

ASTM International. (2023). *Standard test method for potential alkali reactivity of aggregates* (Mortar-bar method) (ASTM C126-23). <https://www.astm.org/c1260-23.html>

BE-CERT. (2024). *Codificatie van de granulaten overeenkomstig de normen NBN EN 12620, NBN EN 13043, NBN EN 13139 en NBN EN 13242* (BE-CERT Technische Voorschriften No. PTV 411, uitgave 2.7). <https://extranet-materials.procetus.be/#/searchpage?tab=Documents>

- Belgische Federale Overheidsdiensten. (2024). *Circulaire economie*. Belgium.be. https://www.belgium.be/nl/economie/duurzaam_produceren_en_consumeren/duurzame_economie/innoverende_economische_modellen_0
- BHE. (2023, maart 24). *Betongranulaten*. Beton. <https://beton.febe.be/2023/03/24/betongranulaten/>
- Bodet, R., Colina, H., De Larrard, F., Delaporte, B., Ghorbel, E., Mansoutre, S. & Roudier, J. (Eds.). (2018). *Comment recycler le béton dans le béton: Recommandations du projet national RECYBETON*. Institut pour la Recherche Appliquée et l'expérimentation en Génie Civil (IREX). <https://www.pnrecybeton.fr/rapports/recommandations-recybeton/>
- Bouwprojecten met circulair beton*. (S.d.). Circular Concrete Center. <https://circularconcretecenter.be/en/cases>
- Brussel Mobiliteit. (2016). *TB 2015: Typebestek betreffende wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*. <https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/tb2015.pdf>
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2007). *Beproevingmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 6: Bepaling van de invloed van een extract van gerecycled toeslagmateriaal op het begin van de binding van cement* (NBN EN 1744-6). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=172160&p40_language_code=nl&p40_detail_id=36227&session=21244690926627
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2008). *Granulaten voor beton* (NBN EN 12620+A1). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=254386&p40_language_code=nl&p40_detail_id=52798&session=21244690926627
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2012). *Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 1: Bepaling van de korrelverdeling: Zeefmethode* (NBN EN 933-1). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=247088&p40_language_code=nl&p40_detail_id=65428&session=21244690926627
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2013). *Beproevingmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 1: Chemische analyse* (NBN EN 1744-1+A1). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=219550&p40_language_code=nl&p40_detail_id=68503&session=21244690926627
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2013+2021). *Beton: Specificatie, prestatie, productie en conformiteit* (NBN EN 206+A2). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=204035&p40_language_code=nl&p40_detail_id=120794&session=21244690926627
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2018). *Beton: Methodologie voor de evaluatie en attestering van de gebruiksgeschiktheid van cementen en van toevoegsels bestemd voor beton* (NBN B 15-100). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=350216&p40_language_code=nl&p40_detail_id=113221&session=56964140425
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2021). *Ongebonden en hydraulisch gebonden mengsels. Deel 47: Testmethode voor de bepaling van de Californische lagerverhouding, directe lagerindex en lineaire zwellings* (NBN EN 13286-47). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=205542&p40_language_code=nl&p40_detail_id=97318&session=56964140425

- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2022a). *Beton: Methodologie voor de evaluatie en attestering van de gebruiksgeschiktheid van inerte grondstoffen bestemd voor beton* (NBN B 15-105). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=354021&p40_language_code=nl&p40_detail_id=117611&session=21244690926627
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2022b). *Test voor mechanische en fysische eigenschappen van aggregaten. Deel 6: Bepaling van deeltjesdichtheid en waterabsorptie* (NBN EN 1097-6). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=197939&p40_language_code=nl&p40_detail_id=98648&session=21244690926627
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2024). *Beton: Specificatie, eigenschappen, vervaardigingen conformiteit: Nationale aanvulling bij NBN EN 206:2013+A2:2021* (NBN B 15-001). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=2462228&p40_language_code=nl&p40_detail_id=531943&session=12844890234753
- European Commission (EC). (S.d.). *Circular economy action plan: The EU's new circular action plan paves the way for a cleaner and more competitive Europe*. https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- European Committee for Standardization (CEN). (2016). *Testen van uitgehard beton. Deel 9: Vorst-dooibestendigheid met dooizouten: Schaalvorming* (CEN/TS 12390-9). https://app.nbn.be/data/r/platform/frontend/detail?p40_id=212805&p40_language_code=nl&p40_detail_id=79363&session=12844890234753
- Geschiktheid van secundaire inerte toeslagmaterialen voor gebruik in beton: GRANISEC. (2024). Buildwise. <https://www.buildwise.be/nl/onderzoek-innovatie/onderzoeksprojecten/geschiktheid-van-secundaire-inerte-toeslagmaterialen-voor-gebruik-in-beton-granise/>
- Jiménez Beltrán, D. & Requejo-Liberal, J. (2018, September 2018). *Connected self-sufficiency: A building block for EU 2030 scenario?* Institute for European Environmental Policy (IEEP). <https://ieep.eu/news/connected-self-sufficiency-a-building-block-for-eu-2030-scenario/>
- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). (2024). SARE4BE. <https://geoportal.brrc.be>
- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW), Buildwise, Service Public de Wallonie (SPW), Environnement, Fédération des Producteurs des Granulats Recyclés (FEREDECO). (2023). *Guide technique pour l'utilisation des granulats recyclés en Wallonie* (Versie 2.0). <https://www.granulatsrecycles.be/fr/guide-technique-pour-lutilisation-des-granulats-recycles-en-wallonie>
- Peduzzi, P., Reimer Lynggaard, J. & Chuah, S. (Eds.). (2022). *Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis*. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/report/sand-and-sustainability-10-strategic-recommendations-avert-crisis>
- Recycling in de betonwegenbouw*. (S.d.). Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/recycling-betonwegenbouw>
- Service Public de Wallonie (SPW), Qualité & Construction. (2021). *Cahier des charges type qualiroutes* (Geconsolideerde versie van 2021 [en de daaropvolgende aanpassingen]). <http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index.html>

- van der Wegen, G. (2021). *Beton met betongranulaat als fijn en/of Grof toeslagmateriaal: Toelaatbare vervangingspercentages zonder aanpassing van de constructieve rekenregels* (CROW-CUR Aanbeveling No. 137). CROW. <https://www.cur-aanbevelingen.nl/artikelen/cur-aanbeveling-127>
- Van Ganse, H. (1968). *Werkwijze voor de laboratoriummeting van de doorlatendheidscoëfficiënt van zand bij volledige verzadiging* (OCW Meetmethode No. MN 31/689). Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW).
- Van Schelvergem, M. (2024). *Gerecycleerde granulaten: COPRO/BENOR-certificatie*. COPRO. <https://cijferrapport2023.copro.eu/certificatie/productcertificatie/gerecycleerde-granulaten-0>
- Vansteenkiste, S. & De Bock, L. (2024). Project RESANDAS (Recycled sands for asphalt mixtures). OCW *newsletter*,(15).
- Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer (AWV). (2021). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw* (Versie 4.1a). https://wegenenverkeer.be/zakelijk/documenten?documents%5B0%5D=type_document%3AStandaardbestek
- Vlaamse Overheid. Departement Omgeving. (S.d.). *Samenvatting van de cijfers uit het MDO*. <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/samenvatting-van-de-cijfers-uit-het-mdo>
- Vrijders, J., Dooms, B., Jacobs, K., Andries, J.-P., Van Acker, L., Props, F., De Brabandere, P., Vanpoucke, E., Robbrecht, C., Boehme, L. & Vandevyvere, B. (2019). *Sand2Sand: Hoogwaardige toepassingen voor gerecycleerde zanden in beton: Overzicht van de resultaten en perspectieven*. https://www.circular-concrete.be/wp-content/uploads/2019/10/sand2sand_overzichtsartikel-c2-versie-online.pdf
- Yacoub, A., Djerbi, A. & Fen-Chong, T. (2018). Water absorption in recycled sand: New experimental methods to estimate the water saturation degree and kinetic filling during mortar mixing. *Construction and building materials*, 158, 164-471. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.023>