



Project ValoSaGE

Valorisatie van gerecycleerde en kunstmatige zanden in geotechnische toepassingen in de wegenbouw

Het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw werkt mee aan de transitie naar een circulaire economie en het gebruik van recyclageproducten in de wegenbouw, en voert momenteel verschillende studies uit naar het hergebruik van gerecycleerde en kunstmatige zanden voor toepassingen in de wegenbouw (Boonen & al., 2024). Deze studies kaderen in de wereldwijde transitie naar een circulaire economie, die zowel op Belgisch niveau (Belgische Federale Overheidsdiensten, 2025) als op Europees niveau (European Commission [EC], s.d.) een prioriteit is. Bovendien wordt natuurlijk bouwzand van hoge kwaliteit door de Verenigde Naties als een schaars bouw materiaal beschouwd in hun rapport van 2022 (Peduzzi et al., 2022). In haar ambities voor 2030 verklaart de Europese Unie ook zelfvoorzienend te willen worden op het vlak van bouwmaterialen (Jiménez Beltrán & Requejo-Liberal, 2018).

In deze context en aanvullend op de projecten RESANDAS (Vansteenkiste & De Bock, 2024), Recysand en SARE4BE (Boonen & al., 2024), zette OCW het project ValoSaGe op voor de 'Valorisatie van gerecycleerde en kunstmatige zanden in geotechnische toepassingen in de wegenbouw'. Het voornaamste doel van dit project is de technische haalbaarheid na te gaan van een gedeeltelijke vervanging van natuurlijk zand door gerecycleerde of kunstmatige zanden voor bepaalde geotechnische toepassingen in de wegenbouw (funderingen en drainage), met inachtneming van de technische, economische en milieucriteria. Dit artikel presenteert de belangrijkste resultaten van het project. De levenscyclusanalyse, uitgevoerd door ULiège, zal later worden gepubliceerd.

Beschikbare stromen en voorschriften

Tijdens dit project onderzochten we met name recyclagezanden (behalve betonzanden), slakkenzanden, fysicochemische zanden, glaszanden en rvs-slakkenzanden.

In Vlaanderen bedragen de hoeveelheden door COPRO (<https://www.copro.eu/nl>) gecertificeerde zanden in 2023:

- 225 000 t fysicochemische zanden (Desmet, 2025)
- 165 000 t brekerzand
- 2 600 000 t zeefzand (Van Schelvegem, 2025)

Recyclagezanden en fysicochemische zanden zijn ook gecertificeerd door CERTIPRO, maar er zijn geen cijfers meegedeeld over de hoeveelheden.

Wat bodemassen betreft, werd in 2022 ongeveer 150.000 t/jaar geproduceerd en behandeld in Vlaanderen en vervolgens gebruikt in de vorm van granulaten of zand, voornamelijk in Wallonië (www.emis.vito.be) (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek [VITO], 2020). In Wallonië wordt per jaar ongeveer 200.000 tot 250.000 ton bodemassenzanden verbrand. Deze worden deels in Wallonië en in Vlaanderen verwerkt voor gebruik als aanvulmateriaal, ondergrond en onderfundering.

Wat roestvaststaalslakken betreft, bedraagt de huidige voorraad 400.000 t. De jaarlijkse productie bedraagt 100.000 t.

Op het niveau van de producenten blijven de hoeveelheden van de bestudeerde zanden beperkt, met uitzondering van rvs-slakkenzand: 5.000 tot 15.000 t/jaar voor elk van de recyclagezanden, 3.000 tot 30.000 t/jaar voor bodemassenzanden, 20 tot 35.000 t/jaar voor fysicochemische zanden en 10.000 t/jaar voor glaszand.

Tabel 1 vermeldt de zanden die zijn toegelaten door de verschillende Belgische standaardbestekken voor de beschouwde toepassingen in de wegenbouw (Brussel Mobiliteit, 2016; Service Public de Wallonie [SPW], *Qualité & Construction*, 2021; Vlaamse Overheid, *Agentschap Wegen en Verkeer [AWV]*, 2021). De belangrijkste verschillen tussen de SB's hebben met name betrekking op de acceptatie van het brekerzeefzand voor de toepassing zand-cement (*niet geaccepteerd in het SB Qualiroutes*), de acceptatie van brekerzanden voor de toepassing van schraal beton (*niet geaccepteerd in het SB Qualiroutes*), de acceptatie van bodemassenzanden (*niet opgenomen in het SB 250*) of fysicochemische zanden (*niet opgenomen in het SB Qualiroutes*).

Voor gebruik in een specifieke toepassing, moeten de zanden ook voldoen aan de eisen in de standaardbestekken (zie hieronder).

Table 1 – Acceptatie door de SB's voor de geselecteerde toepassingen (rood SB Qualiroutes, geel SB 250 V4.1, paars SB 2015)
(Info van SPW, Qualité & Construction, 2021; Vlaamse Overheid, AWV, 2021; Brussel Mobiliteit, 2016)

	Zandcement	Schraal beton	Drainage	Steenslag (aggregaat)	Onderfunderingen	Sleufoaanvulling
A : Brekerzand /Sables de concassage	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
B : Behandeld bodemassenzand	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
C : Zand van fysicochemisch gewassen granulaat	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
D : Brekerzand van roestvaststaalslakken /Sables de scories d'aciérie inox traitées	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
E : Brekerzand van non-ferroslak	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
F : Gegranuleerde non-ferroslak	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
G : Gegraneerde hoogovenslak/aitiers granulés	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
H : Zeefzand: brekerzeefzand	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
I : Korrelas	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
J : Glaszand	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
K : Bodemassenzanden van kolencentrales	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
L : Rvs-slakkenzand BCF en EAF	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■

- CCT Qualiroutes
- SB 250 V4.1
- CCT 2015

Bestudeerde zanden en karakterisering

Er werden 14 zanden van verschillende oorsprong geselecteerd en gekarakteriseerd. Het betreft hier vier **gemengde recyclagezanden** (een niet-gewassen zeefzand (grind), een gewassen brekerzand, een niet-gewassen brekerzand en een gewassen zeefzand), vier **bodemassenzanden** van verschillende behandelingen, drie **fysicochemische zanden** en twee **rvs-slakkenzanden**. Er werd ook één **glaszand** gekarakteriseerd, afkomstig van residuen van optische sorteerprocessen, dat niet kan worden hergebruikt in de glasindustrie.

De resultaten van twee gewassen gemengde recyclagezanden ((0/2 M gewassen et 0/4 M gewassen (1)) van het project SARE4BE werden opgenomen op een aantal figuren.

Figuur 1 toont de zanden die in het kader van het project werden bestudeerd.

Figure 1 – Geselecteerde zanden

Recyclagezanden



Bodemassenzanden



Fysicochemische zanden



Glaszand



Rvs-slakkenzanden



De zanden werden gekarakteriseerd aan de hand van de volgende proeven:

- Korrelverdelingsanalyse (NBN EN 933-1); na het wassen van het materiaal om het gehalte aan fijne deeltjes te bepalen, wordt het gedroogd en droog gezeefd (*Bureau voor Normalisatie [NBN], 2012*)
- Volumieke massa (absoluut, reël en verzadigd) en waterabsorptiecoëfficiënt (*NBN EN 1097-6*) (*NBN, 2022b*)
- Gehalte aan wateroplosbare sulfaten (*NBN EN 1744-1§10*) (*NBN, 2013*)
- Gehalte aan in zuur oplosbare sulfaten (*NBN EN 1744-1§12*) (*NBN, 2013*)
- Gehalte aan wateroplosbare chloriden (*NBN EN 1744-1§7*) (*NBN, 2013*)
- Methyleenblauwwaarde (*NBN EN 933-9*); de MBF werd niet gemeten (*NBN, 2022a*)
- Gehalte aan organische stof, via de waterstofperoxidemethode (*NBN B11 256*) (*NBN, 2016*)

Op grond van hun respectieve korrelmaat (d en D) zijn glaszand, recyclagezand 0/8 en fysicochemisch zand 2/8 in de strikte betekenis van de definitie in de norm NBN EN 13242 (*NBN, 2008*) geen zanden. De twee fysicochemische zanden 0/2 zijn tamelijk fijn. Glaszand bevat daarentegen geen fijne fractie.

Het gehalte aan fijne deeltjes varieert sterk naargelang het beschouwde zand. De eisen van de SB's zijn gekoppeld aan de beschouwde toepassingen: max. 22 of 16 % voor toepassing in zandcement, max. 10 % voor toepassing in schraal beton en max. 7 % of zelfs max. 3 % voor toepassing als drainagezand (*Brussel Mobiliteit, 2016*); *SPW, Qualité & Construction, 2021*; (*Vlaamse Overheid, AWW, 2021*).

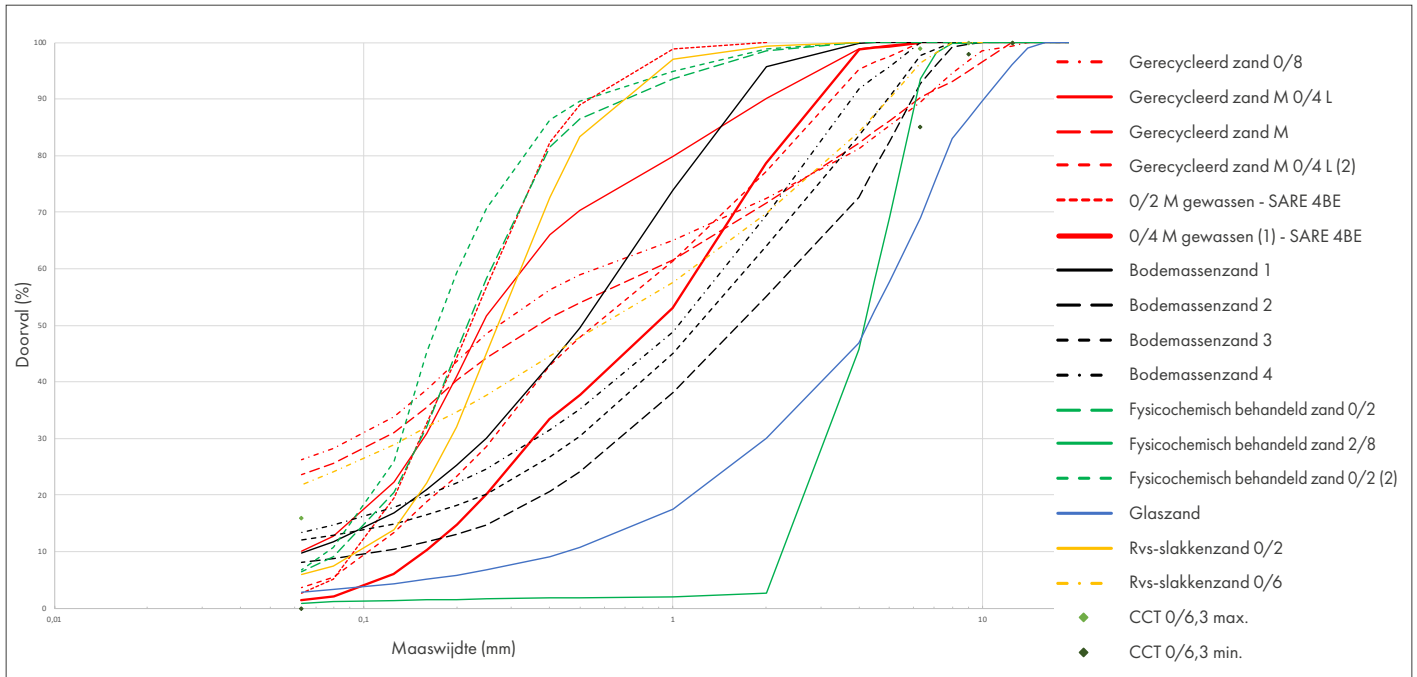
Recyclagezand 0/8, recyclagezand M en rvs-slakkenzand 0/6 bevatten meer dan 20 % fijne deeltjes. Dit gehalte is te hoog voor de verschillende beoogde toepassingen. Recyclagezand M 0/4 L bevat 10 % fijne deeltjes.

Verskillende zanden (0/2 M gewassen, 0/4 M gewassen (1), M 0/4 L gerecycleerd (2), fysicochemische zanden, glaszand en rvs-slakkenzand 0/2) bevatten minder dan 7 % fijne deeltjes. De bodemassenzanden bevatten tussen 8 en 13 % fijne deeltjes. Twee ervan bevatten minder dan 10 % fijne deeltjes.

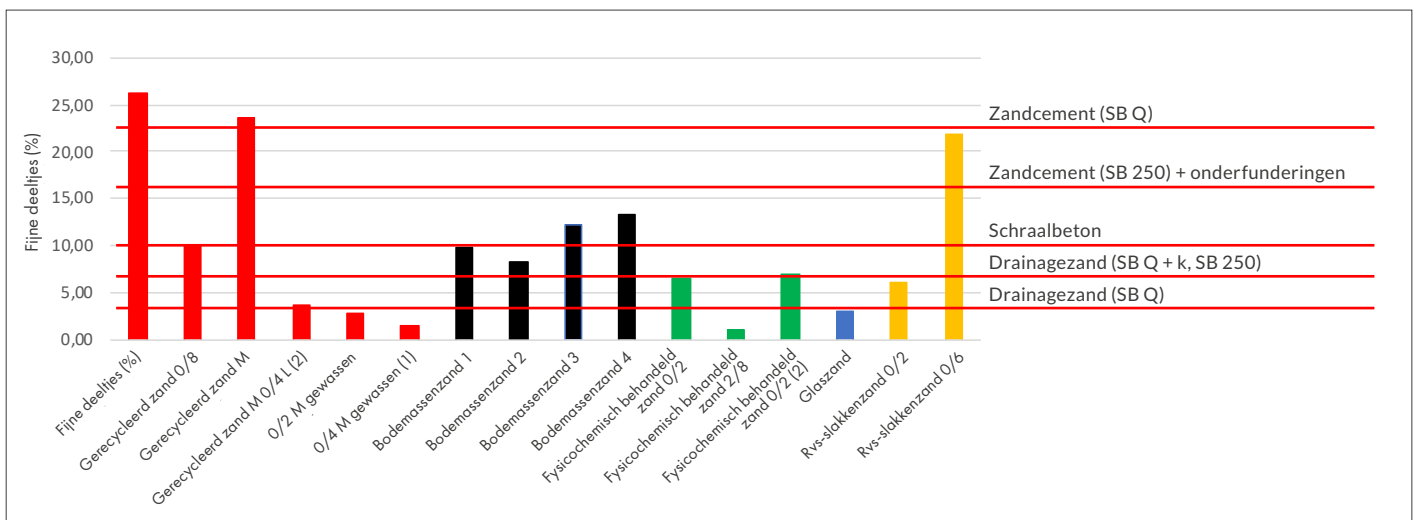
SB 250 (Vlaamse Overheid, AWW, 2021) schrijft specifieke eisen voor de korrelverdeling voor bij toepassingen in schraal beton en als drainagezand (doorvalpercentage bij 125 micron herberekend op de fractie van 63 micron - 2 mm). Gewassen zand 0/2 M en fysicochemische zanden voldoen niet aan de eisen voor schraal beton. Recyclagezand M 0/4 L (2), recyclagezand 0/2 M gewassen en fysicochemische zanden voldoen niet aan de eisen voor drainagezand.

Verschillende zanden voldoen niet aan het criterium voor de fijnheidsmodus volgens het SB Qualiroutes (SPW, *Qualité & Construction*, 2021) voor toepassing als drainagezand (fijnheidsmodus: 4 tot 2,4): recyclagezand M 0/4 L, gewassen zand 0/2 M, bodemassenzand 1, fysicochemische zanden, glaszand en rvs-slakkenzand 0/2. Houd er rekening mee dat de fijnheidsmodus van fysicochemisch zand 2/8 en glaszand hoger is dan 4, wat normaal geen negatief effect heeft op de doorlatendheid.

Figuur 2 – Korrelverdelingsanalyse



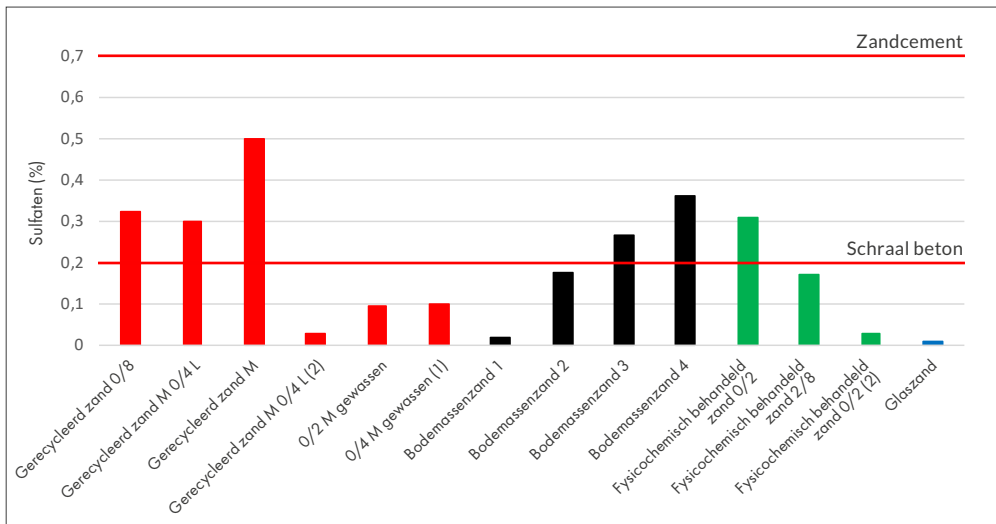
Figuur 3 – Gehalte aan fijne deeltjes



De gemeten **methyleenblauwwaarden** zijn lager dan de eisen van de SB Qualiroutes, met uitzondering van de twee niet-gewassen recyclagezanden (4,6 g MB/kg grond). De MBF (parameter van het SB 250 voor de kwaliteit van de fijne deeltjes) werd niet gemeten. Het gemeten gehalte aan organische stof is lager dan 1 % (criterium voor toepassingen in zandcement en schraal beton in SB 250), met uitzondering van glaszand (OS = 1,29 %).

Het gehalte aan wateroplosbare sulfaten, een criterium van het SB Qualiroutes (SPW, Qualité & Construction, 2021) voor **kunstmatige en gerecycleerde zanden**, werd voor alle zanden gemeten. Alle geteste zanden voldoen aan de eis van het SB Qualiroutes voor toepassing in zandcement (0,7 %). Verschillende zanden voldoen echter niet aan de eis van 0,2 % voor toepassing in schraal beton (recyclagezand 0/8, recyclagezand M 0/4 L, recyclagezand M, bodemassenzanden 3 en 4 en fysicochemisch zand 0/2).

Figuur 4 – Gehalte aan wateroplosbare sulfaten



Het chloridegehalte (een eis voor zand van mariene oorsprong voor toepassing in zandcement in het SB Qualiroutes en voor toepassing in schraal beton in beide SB's) werd gemeten bij de bodemassenzanden, recyclagezanden (met uitzondering van M 0/4 L (2)) en het glaszand. Gezien de krappe termijn werd deze parameter niet gemeten bij het recyclagezand M 0/4 L (2), de fysicochemische zanden en de slakkenzanden. De bij de bodemassenzanden gemeten gehalten overschrijden de drempelwaarde van 0,1 %. De door de producent opgegeven waarden voor de rvs-slakkenzanden voldoen aan de criteria van de SB's.

De waterabsorptie is hoog voor de bodemassenzanden, het fysicochemisch zand 2/8 en rvs-slakkenzand 0/6. Met name de bodemassenzanden 2 en 3 en het rvs-slakkenzand 0/6 vertonen waarden van meer dan 10 %. De waarde van het bodemassenzand 1 is ongetwijfeld niet betrouwbaar (de pyknometer liep over tijdens de proef).

De waterabsorptie van het glaszand kon niet worden bepaald omdat de proef niet geschikt is voor dit cohesieloze materiaal.

De resultaten van de proeven werden vergeleken met de eisen van het SB Qualiroutes (SPW, Qualité & Construction, 2021) en SB 250 (Vlaamse Overheid, AWV, 2021) voor de verschillende beschouwde toepassingen (Tabel 2). De kleuren geven aan of aan de eisen voldaan is (groen) of niet (rood). De gele vakken geven aan dat aan de specificaties voldaan is, behalve voor de korrelverdeling (bv. maximale korrelmaat).

Tabel 2 geeft aan of de zandsoort door de SB's al dan niet geaccepteerd wordt voor de vermelde toepassingen.

Tabel 2 – Acceptatie van de bestudeerde zanden op basis van de criteria van de SB's voor de beoogde geotechnische toepassingen (volgens SPW, Qualité & Construction, 2021; Vlaamse Overheid, AWW, 2021)

	Zandcement		Schraal beton		Drainagezand		Onderfunderingen	
	SB Q	SB 250	SB Q	SB 250	SB Q	SB 250	SB Q	SB 250
Brekerzand	OK	OK	NOK	OK	OK	OK	OK	OK
Gerecycleerd M 0/4 L								
Gerecycleerd M								
Zeefzand	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Gerecycleerd 0/8								
0/2 M gewassen								
0/4 M gewassen (1)								
Gerecycleerd M 0/4 L (2)								
Bodemassenzand	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Bodemassenzand 1								
Bodemassenzand 2								
Bodemassenzand 3								
Bodemassenzand 4								
Fysicochem. zand	NOK	OK	NOK	OK	NOK	NOK	NOK	OK
Fysicochem. 0/2								
Fysicochem. 2/8								
Fysicochem. 0/2 (2)								
Glaszand	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK	NOK
Glaszand								
Rvs-slakkenzand	OK	OK	OK	OK	NOK	NOK	NOK	NOK
Rvs-slakken 0/2								
Rvs-slakken 0/6								

We willen erop wijzen dat sommige zanden (bv. gewassen zeefzanden) voldoen aan de technische eisen, hoewel ze niet worden geaccepteerd in het (de) SB('s).

Verderop in dit artikel worden de resultaten gepresenteerd met betrekking tot het gebruik van gerecycleerde of kunstmatige zanden voor toepassingen in zandcement, schraal beton en als drainagezand.

Milieuanalyses

De geldende wetgeving in Wallonië wordt beschreven in het AGW van 14/06/2001 'Arrêté du Gouvernement wallon favorisant la valorisation de certains déchets' (Ministère de la Région Wallonne, 2001) en het AGW van 28/02/2019 'Arrêté du Gouvernement wallon portant exécution de la procédure de sortie du statut de déchet', waarvan bijlage II met name betrekking heeft op gerecycleerde granulaten (SPW, 2019).

In Vlaanderen wordt de milieuwetgeving beschreven in het Materialendecreet 'Het decreet betreffende het duurzaam beheer van materialenkringlopen en afvalstoffen' (Vlaamse Overheid, 2012a) en het Vlarema 9 'Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen' (Vlaamse Overheid, 2012b). De gerecycleerde granulaten worden pas als grondstof beschouwd indien ze gecertificeerd worden volgens de 'eenheidsreglement gerecycleerde granulaten'.

De geteste recyclagezanden en de rvs-slakkenzanden hebben een SSD-registratie.

De geteste bodemassenzanden 2 tot 4 voldoen aan de eisen van de AGW van 2001 (Ministère de la Région Wallonne, 2001) – bijlage III (uitloogproeven door agitatie EN 12457-4 [NBN, 2002]) met uitzondering van de organohalogenverbindingen (EOX) voor het slakkenzand 4 (15 mg/kg D.S. in plaats van 7). Bij het bodemassenzand 1 overschrijden de totale concentraties van Cu, Pb en Zn de waarden van de Vlaamse regelgeving; de uitloogproeven laten te hoge gehalten aan Cu, Pb en Zn zien.

De fysicochemische zanden voldoen aan de milieueisen, met uitzondering van het glasgehalte bij het geteste zand 2/8. Voor de fysicochemische zanden van één producent werd een erkenning van de beëindiging van het statuut van afvalstof verkregen.

Toepassing in zandcement

Negen zanden en twee mengsels (50 % recyclagezand M 0/4 L + 50 % recyclagezand 0/8; 80 % fysicochemisch zand 0/2 + 20 % fysicochemisch zand 2/8) werden getest voor toepassing in zandcement, met 6 % CEM III B 42,5 N LH SR LA. De twee mengsels werden samengesteld om een conforme korrelverdeling te verkrijgen.

Voor elke samenstelling werden twee reeksen van 3 proefstukken vervaardigd met het optimale watergehalte (bepaald door de normale Proctorproef) om de druksterkte te meten na 7 en na 28 dagen. De criteria van de SB's (voorafgaande studies) zijn **3 MPa** na 7 dagen, **4 MPa** na 28 dagen (Vlaamse Overheid, AWW, 2021) en **4,5 MPa** na 28 dagen (SPW, Qualité & Construction, 2021).

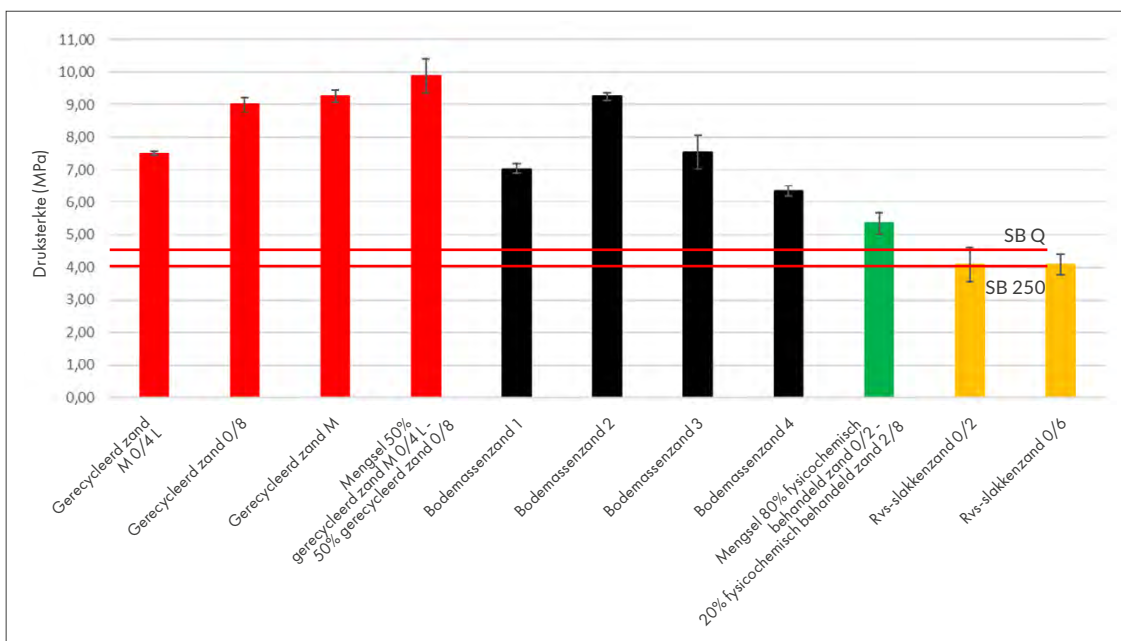
Met uitzondering van de rvs-slakkenzanden die niet voldoen aan het criterium van de SPW, Qualité & Construction, 2021 en het bodemassenzand 1, voldoen de geteste zanden aan het criterium van de SB's voor toepassing in zandcement met 6 % cement CEM III B. De resultaten worden weergegeven in *Figuur 5*.

Hoewel ze niet voldoen aan de SB's, ontwikkelen de recyclagezanden 0/8 en M een goede sterkte na 28 dagen met 6 % cement CEM III B. M 0/4 L geeft een iets lagere sterkte, wat kan worden verklaard door het lagere effectieve cementgehalte. Het mengsel van het recyclagezand M 0/4 L en 0/8 geeft een goede sterkte.

Het bodemassenzand 1 ontwikkelt geen sterkte met 6 % cement (CEM I en CEM III B). Er moet 9 % CEM I worden toegevoegd om een sterkte te ontwikkelen. De aanwezigheid van bepaalde chemische elementen (aluminium, zink) zou met een klassieke cementdosering de ontwikkeling van druksterkte kunnen beletten. De andere drie bodemassenzanden halen wel de vereiste criteria met 6 % CEM III B, ondanks hun niet-conforme chloridegehalte (alleen eis in het SB Qualiroutes [SPW, Qualité & Construction, 2021]). Bij het bodemassenzand 2 is echter een hoger effectief cementgehalte nodig om sterktes van dezelfde grootteorde te verkrijgen als met de gemengde recyclagezanden 0/8 en M. Bij bodemassenzand 4 is de sterkte lager dan die bij de gemengde recyclagezanden, ondanks een vergelijkbaar effectief cementgehalte.

De druksterktes van de twee rvs-slakkenzanden zijn lager dan die van de andere geteste zanden (ondanks een hoog effectief cementgehalte) en halen na 28 dagen niet de eisen van het SB Qualiroutes (SPW, Qualité & Construction, 2021). Het rvs-slakkenzand 0/6 bevat meer dan 20 % fijne deeltjes en 0/2 is tamelijk fijn. Het mengsel van de twee fysicochemische zanden 0/2 en 2/8 geeft een bevredigende druksterkte, maar toch minder hoog dan die van de geteste recyclagezanden en bodemassenzanden.

Figuur 5 – Druksterkte na 28 dagen



Tabel 3 – Resultaten van de proeven op zandcement

	Toegelaten in de SB's?	Rc7d	Rc28d (MPa)	Effectief cementgehalte (kg/m ³)
Recyclagezand M 0/4 L + 6 % CEM III B	Ja	3,6	7,5	115,7
Recyclagezand 0/8 + 6 % CEM III B	Neen	5,3	9,0	120,7
Recyclagezand M + 6 % CEM III B	Neen	5,4	9,3	120,5
50 % Recyclagezand M 0/4 L - 50 % Recyclagezand 0/8 + 6 % CEM III B	Ja	5,4	9,88	120
Fysicochem. zand 80 % 0/2 en 20 % 0/8 + 6 % CEM III B	Ja	3,3	5,4	121,5
Bodemassenzand 1 + 9 % CEM I	SB Q: nee	2,9	7,0	164,2
Bodemassenzand 2 + 6 % CEM III B		6,3	9,3	134,7
Bodemassenzand 3 + 6 % CEM III B		5,2	7,5	110,3
Bodemassenzand 4 + 6 % CEM III B		4,3	6,4	122,2
Rvs-slakkenzand 0/2 + 6 % CEM III B	SB Q: ja SB 250: nee	2,1	4,09	128,6
Rvs-slakkenzand 0/6 + 6 % CEM III B		2,04	4,09	122,5
Criterion SB (voorafgaande studies)		$R_{c,gem} \geq 3 \text{ MPa (SB 250)}$	$R_{c,gem} \geq 4 \text{ MPa (SB 250)}$ of $R_{c,gem} \geq 4,5 \text{ MPa (CCT Q)}$	

Toepassing in schraal beton

Aangezien recyclagezanden in sommige gevallen worden toegelaten voor gebruik in schraal beton, werden er proeven uitgevoerd om het effect van hun gebruik op de prestaties van schraal beton te bepalen.

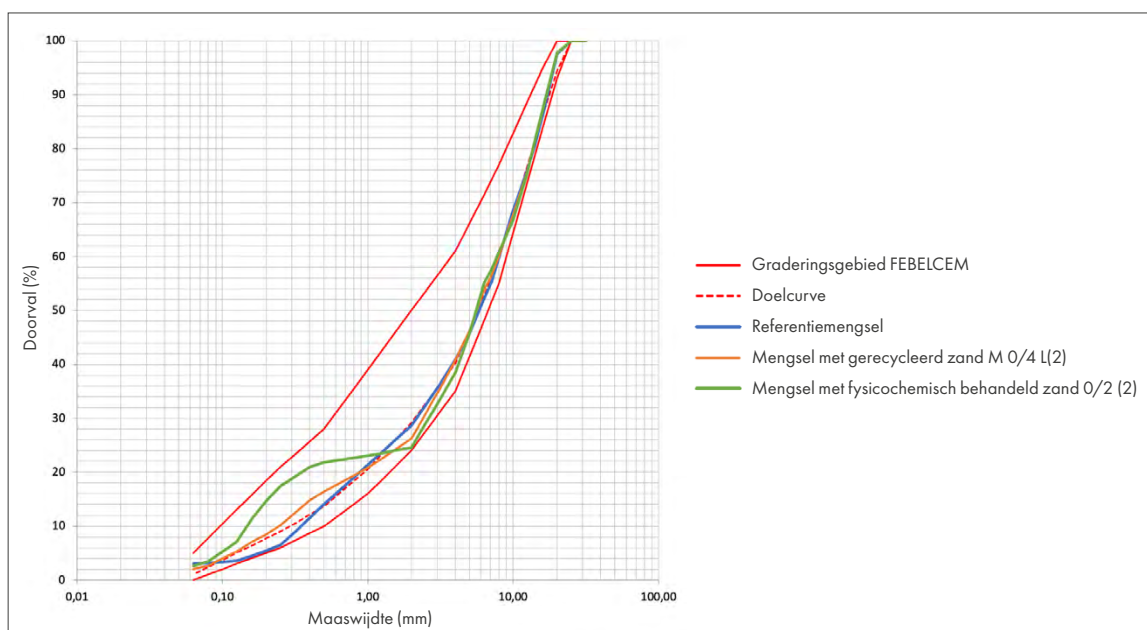
De proeven werden uitgevoerd op twee zanden: recyclagezand M 0/4 L (2) en fysicochemisch behandeld zand 0/2 (2). Beide zanden voldoen namelijk aan de criteria van het SB Qualiroutes (*SPW, Qualité & Construction, 2021*) voor toepassing in schraal beton, en het recyclagezand M 0/4 L (2) voldoet ook aan de criteria van SB 250 (*Vlaamse Overheid, AWW, 2021*) (Tabel 2). Er werd een referentiesamenstelling vervaardigd met een natuurlijk zand op basis van een mengsel van kalksteenzand 0/2 en rond zand 0/4. De gekozen granulaten zijn kalksteen, dat in België zeer courant wordt gebruikt voor schraal beton.

Het gebruikte cement is een CEM III B 42,5 N LH SR LA en het beoogde gehalte bedraagt 130 kg/m³, ruim boven het minimumgehalte van 100 kg/m³ dat geëist wordt door het SB Qualiroutes (*SPW, Qualité & Construction, 2021*).

Voor elk van de drie mengsels werden de materiaalpercentages zo gekozen dat een geschikte korrelverdelingskromme werd verkregen, overeenkomstig de aanbevelingen van FEBELCEM (*Ployaert, 2004*).

De kromme die werd verkregen met het fysicochemisch zand 0/2 (2) vertoont een discontinuïteit doordat dit zand vrij fijn is.

Figuur 6 – Korrelverdelingskrommen van de schraalbetonsamenstellingen met natuurlijke en gerecycleerde zanden



Voor elk mengsel werd een reeks van drie proefstukken vervaardigd met het optimale watergehalte (bepaald door de versterkte Proctorproef) om de druksterkte te meten na 28 dagen. De resultaten worden weergegeven in Tabel 4.

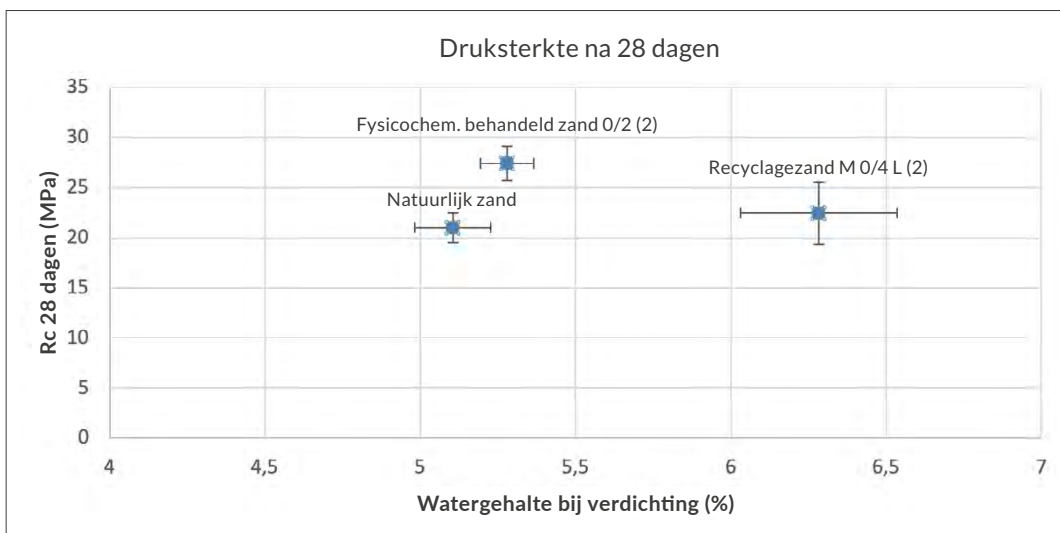
Tabel 4 – Eigenschappen van de schraalbetonmengsels

	Winit (E/G) (%)	Samendrukking (%)	Natte volumieke massa (g/cm ³)	Natte volumieke massa (g/cm ³)	Rc28d (MPa)	Effectief cementgehalte (kg/m ³)
Recyclagezand M 0/4 L (2)	7	5,96	2,420	2,284	21,43	128,8
Fysicochem. behandeld zand 0/2 (2)	6	5,36	2,433	2,31	25,24	130,6
Natuurlijk zand	6	4,98	2,387	2,274	21,62	128,3
Criterium SB (voorafgaande studies)					R_{c,gem} ≥ 15 MPa	

Voor de twee geteste recyclagezanden die voldoen aan het SB (met uitzondering van de korrelverdeling voor fysicochemisch zand 0/2 (2) - SB 250 [Vlaamse Overheid, AWW, 2021]), zijn de resultaten voor druksterkte dus gelijkwaardig aan die verkregen met de natuurlijke materialen en voldoen ze ruimschoots aan het criterium van 15 MPa van de SB's. De sterkte van het mengsel met het fysicochemisch zand 0/2 (2) is iets hoger, wellicht door het hogere effectieve cementgehalte.

De discontinuïteit van de korrelverdelingskromme voor het fysicochemisch zand lijkt de verkregen prestaties niet te hebben verminderd.

Figuur 7 – Gemiddelde druksterkte na 28 dagen voor de schraalbetonmengsels



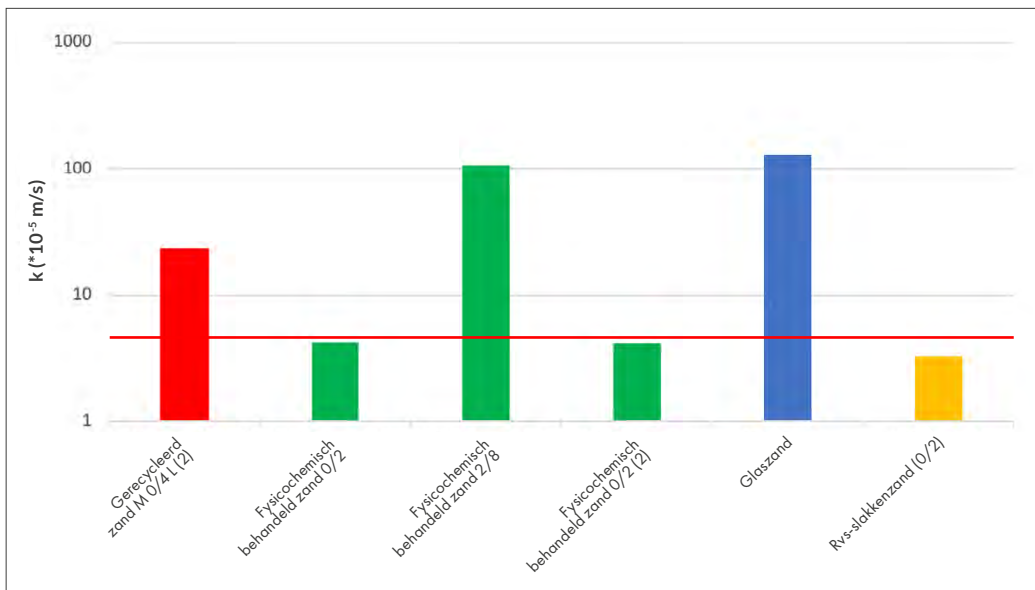
Toepassing als drainagezand

Verschillende geteste zanden met een laag gehalte aan fijne deeltjes ($\leq 7\%$) zouden in principe **technisch** geschikt kunnen zijn voor deze toepassing, op voorwaarde dat ze een goede doorlatendheid hebben: 0/4 M gewassen (1), recyclagezand M 0/4 L (2), de fysicochemische zanden, het glaszand en het rvs-slakkenzand 0/2.

De doorlatendheid van deze zanden werd gemeten (methode OCW 31/68) met uitzondering met die van het gewassen zand 0/4 M (1), dat zeer weinig fijne deeltjes bevat (1,5 %). De doorlatendheid van **het recyclagezand M 0/4 L (2), het fysicochemisch zand 2/8 en het glaszand** is significant hoger dan de minimumwaarde van $5 \cdot 10^{-5}$ m/s die geëist wordt door het SB Qualiroutes (SPW, Qualité & Construction, 2021).

De doorlatendheid van de fysicochemische zanden 0/2 en de rvs-slakkenzanden 0/2 ligt onder de minimumwaarde van $5 \cdot 10^{-5}$ m/s. Deze zanden zijn momenteel niet toegelaten voor deze toepassing.

Figuur 8 – Doorlatendheid van de zanden (volgens het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 1968)



Conclusie

Recyclagezanden zijn uitstekend geschikt voor toepassingen in zandcement, zelfs die met een niet-conforme korrelverdeling. Het geteste gewassen zeefzand is uitstekend geschikt voor toepassing in schraal beton. Twee gewassen zanden zouden ook kunnen worden gebruikt als drainagezand. Drie van de vier geteste bodemassenzanden zijn (iets minder dan de recyclagezanden) geschikt voor toepassing in zandcement, ondanks de niet-conforme chloridegehalten. De geteste fysicochemische zanden (één zand per toepassing) zijn tamelijk goed geschikt voor toepassing in zandcement en zeer goed geschikt voor toepassing in schraal beton. Het zand 2/8 bleek ook voldoende doorlatend voor gebruik als drainagezand, waarvoor zijn gebruik momenteel niet is toegelaten. De rvs-slakkenzanden lieten eerder zwakke prestaties noteren voor toepassing in zandcement (op de limiet van het criterium).

Met het geteste glaszand kunnen geen proefstukken worden vervaardigd, maar het zou wel geschikt kunnen zijn voor toepassing als drainagezand. Gezien het beperkte aantal geteste zanden moeten we voorzichtig blijven met het veralgemenen van de conclusies van dit project.

Niettemin kunnen er enkele aanbevelingen worden gedaan voor de aanpassing van de SB's, indien conform aan de milieu wetgeving:

- Acceptatie van de gerecycleerde brekerzanden voor toepassing in schraal beton (SPW, *Qualité & Construction*, 2021).
- Introductie van een categorie gewassen zand (in het bijzonder voor het zeefzand), met een acceptatie voor toepassingen in zandcement, schraal beton en als drainagezand.
- Versoepeling van het chloridecriterium in het SB Qualiroutes voor toepassing in zandcement (SPW, *Qualité & Construction*, 2021).
- Acceptatie van fysicochemische zanden in het SB Qualiroutes voor toepassingen in zandcement en schraal beton (SPW, *Qualité & Construction*, 2021).
- Acceptatie van de bodemassenzanden in SB 250, op zijn minst voor toepassing in zandcement.

Dankbetuiging

De auteurs danken het Bureau voor Normalisatie (NBN) en de FOD Economie voor de financiering van het project.

We bedanken ook onze collega's van het laboratorium voor het uitvoeren van de proeven, de leden van het begeleidingscomité voor de opvolging en de producenten van de materialen. Tot slot willen we ULiège bedanken voor het uitvoeren van de levenscyclusanalyse.

Auteurs

Colette Grégoire
T +32 2 766 03 19
c.gregoire@brrc.be



Audrey Van der Wielen
T +32 2 766 03 87
a.vanderwielen@brrc.be



Referenties

- Belgische Federale Overheidsdiensten. (2025). *Circulaire economie*. Belgium.be. https://www.belgium.be/nl/economie/duurzaam_produceren_en_consumeren/duurzame_economie/innoverende_economische_modellen_0
- Boonen, E., Grégoire, C., Smets, S. & Van der Wielen, A. (2024). OCW onderzoekt toepassingsmogelijkheden secundaire zanden. *OCW Newsletter*, (16).
- Brussel Mobiliteit (2016). TB 2015: Typebestek betreffende wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. https://data-mobility.irisnet.be/home/media/filer_public/51/b8/51b87ce7-8f2a-498a-b0c5-5ce5e4023866/1_tb2015.pdf
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2002). *Karakterisering van afval: Uitloging: Verkorte uitloogproef van korrelvormige afvalstoffen en slib. Deel 4: Eén-fase-partijkeuring bij een vloeistof tot vaste stof verhouding van 10 l/kg voor materialen met deeltjesgrootte beneden 10 mm (zonder of met groottereductie)*(NBN EN 12457-4).
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2008). *Granulaten voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor civieltechnische werken en wegenbouw* (NBN EN 13242+A1).
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2012). *Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 1: Bepaling van de korrelverdeling: Zeefmethode* (NBN EN 933-1).
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2013). *Beproevingmethoden voor de chemische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 1: Chemische analyse* (NBN EN 1744+A1).
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2016). *Granulaten en bodems: Bepaling van het conventionele gehalte aan organische stoffen: Testmethode met waterstofperoxide* (NBN B 11-256).
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2022a). *Tests voor geometrische eigenschappen van toeslagstoffen. Deel 9: Beoordeling van fijne deeltjes: Methyleenblauwtest* (NBN EN 933-9).
- Bureau voor Normalisatie (NBN). (2022b). *Test voor mechanische fysische eigenschappen van aggregaten. Deel 6: Bepaling van deeltjesdichtheid en waterabsorptie* (NBN EN 1097-6).
- Desmet, D. (2025). *Fysicochemisch gereinigde granulaten: CE-markering; COPRO-certificatie. COPRO*. <https://cijferrapport2023.copro.eu/certificatie/productcertificatie/fysicochemisch-gereinigde-granulaten-0>
- Europese Commissie (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
- Jiménez Beltrán, D. & Requejo-Liberal, J. (2018, September 14). *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/>
- Ministère de la Région Wallonne. (2001). Besluit van de Waalse Regering waarbij de nuttige toepassing van sommige afvalstoffen bevorderd wordt van 14 juni 2001. *Belgisch Staatsblad*, 10 juli 2001 (Ed. 2), 23859-23934. https://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2001/07/10_2.pdf#page=42
- Nielsen, P., Kenis, C., Vanassche, S. & Vrancken, K. (2008). *Beste beschikbare technieken (BBT) voor behandeling van bodemas van huisvuilverbranding*. Academia Press.
- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). (1968). *Werkwijze voor laboratoriummeting van de doorlatendheidscoëfficiënt van zand bij volledige verzadiging* (OCW-meetmethode nr. MF 31/68).
- Peduzzi, P., Reimer Lynggaard, J. & Chuah, S. (Eds.). (2022). *Sand and sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis. United Nations Environment Programme. Les fondations routières liées au ciment*. <https://www.unep.org/fr/resources/rapport/sable-et-durabilite-10-recommandations-strategiques-pour-eviter-une-crise>
- Ployaert, C. (2004). *Cementgebonden funderingen voor wegen: Eigenschappen en toepassingen (Dossier Cement Nr. 33). Febelcem*. https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-94-08/nl/33nl_fondations.pdf
- Service Public de Wallonie (SPW). (2019). Besluit van de Waalse Regering houdende uitvoering van de procedure voor de beëindiging van het statuut van afvalstof bedoeld in artikel 4ter van het decreet van 27 juni 1996 betreffende de afvalstoffen en tot wijziging van het besluit van de Waalse Regering van 14 juni 2001 waarbij de nuttige toepassing van sommige afvalstoffen bevorderd wordt van 28 februari 2019. *Belgisch Staatsblad*, 5 april 2019 (Ed. 2), 35568-35611. https://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2019/04/05_2.pdf#page=108
- 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 Schelvergem, M. (2025). *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 Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO). (2020). *Bodemassen van afvalverbrandingsinstallaties. Energie- en milieu-informatiesysteem voor het Vlaamse Gewest (EMIS)*. <https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/selectiesystemen/afss/afvalstromen/bodemassen-van-afvalverbrandingsinstallaties#:~:text=Definitie,wordt%20meegevoerd%2C%20wordt%20vlieg%20genoemd>
- Vlaamse Overheid. (2012a). Decreet van 23 december 2011 betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen. *Belgisch Staatsblad*, 28 februari 2012, 12943-12978. https://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2012/02/28_1.pdf#Page19
- Vlaamse Overheid. (2012b). Besluit van 17 februari 2012 van de Vlaamse Regering tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam beheer van materiaalkringlopen en afvalstoffen. *Belgisch Staatsblad*, 23 mei 2012, 29590-29861. https://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2012/05/23_1.pdf#page=2
- 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