

RAPPORT

Onderzoek naar de risico's bij het toepassen van niet circulaire materialen

Klant: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving

Referentie: I&BBE9088R001F02

Versie: 02/Finale versie

Datum: 10 november 2016

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 151
6500 AD Nijmegen
Netherlands
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**
+31 24 323 93 46 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Onderzoek naar de risico's bij het toepassen van niet-circulaire materialen

Ondertitel: Onderzoek naar de risico's bij het toepassen van niet-circulaire materialen
Referentie: I&BBE9088R001F02
Versie: 02/Finale versie
Datum: 10 november 2016
Projectnaam:
Projectnummer: BE9088
Auteur(s): Erik van Dijk

Opgesteld door: Erik van Dijk

Gecontroleerd door: Tom Houben

Datum/Initialen: 10 november 2016

Goedgekeurd door: Erik van Dijk

Datum/Initialen: 10 november 2016



Classificatie

Open



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.

Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Achtergrond	5
1.2	Doelstelling	5
1.3	Leeswijzer	5
2	Werkwijze	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Uitgangspunten circulair gebruik van een materiaal	6
2.2.1	Inleiding	6
2.2.2	Een materiaal	6
2.2.3	Circulair gebruik van een materiaal	7
2.2.4	Niet-circulair gebruik van een materiaal	8
2.2.5	Circulariteit van een materiaal	8
2.2.6	Circulariteit van een materiaal versus levensduur van een product	9
2.3	Selectie te onderzoeken materialen	10
2.4	Onderzochte risico's voor risicoprofiel	11
2.4.1	Inleiding	11
2.4.2	Schaarste van de grondstoffen	11
2.4.3	Schaarste van de secundaire toepassing	11
2.4.4	Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	11
2.4.5	Schaalgrootte aanwezig voor recycling	12
2.4.6	Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	12
2.4.7	Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	12
2.4.8	Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal	12
2.5	Uitvoering onderzoek	13
2.5.1	Inleiding	13
2.5.2	Selectie experts	13
2.5.3	Interviews	13
2.5.4	Eindrapportage	13

3	Risicoprofiel asfalt	14
3.1	Inleiding	14
3.2	Huidige recycling	14
3.3	Risico's	15
3.3.1	Schaarste van de grondstoffen	15
3.3.2	Schaarste van de secundaire toepassing	15
3.3.3	Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	16
3.3.4	Schaalgrootte aanwezig voor recycling	17
3.3.5	Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	17
3.3.6	Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	18
3.3.7	Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal	18
3.3.8	Samenvatting risico's asfalt	19
4	Risicoprofiel beton	20
4.1	Inleiding	20
4.2	Huidige recycling	20
4.3	Risico's	21
4.3.1	Schaarste van de grondstoffen	21
4.3.2	Schaarste van de secundaire toepassing	22
4.3.3	Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	22
4.3.4	Schaalgrootte aanwezig voor recycling	23
4.3.5	Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	24
4.3.6	Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	24
4.3.7	Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal	24
4.3.8	Samenvatting risico's beton	26
5	Risicoprofiel menggranulaat	27
5.1	Inleiding	27
5.2	Huidige recycling	27
5.3	Risico's	28
5.3.1	Schaarste van de grondstoffen	28
5.3.2	Schaarste van de secundaire toepassing	29
5.3.3	Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	29
5.3.4	Schaalgrootte aanwezig voor recycling	30
5.3.5	Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	30
5.3.6	Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	30
5.3.7	Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal	30
5.3.8	Samenvatting risico's menggranulaat	32

6	Risicoprofiel gerecyclede kunststof producten voor de GWW	33
6.1	Inleiding	33
6.2	Huidige recycling	33
6.3	Risico's	33
6.3.1	Schaarste van de grondstoffen	33
6.3.2	Schaarste van de secundaire toepassing	34
6.3.3	Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	34
6.3.4	Schaalgrootte aanwezig voor recycling	34
6.3.5	Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	34
6.3.6	Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	34
6.3.7	Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal	35
6.3.8	Samenvatting risico's gerecyclede kunststoffen	35
7	Conclusies en aanbevelingen	36

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Rijkswaterstaat werkt aan een veilig, leefbaar en bereikbaar Nederland in een wereld die ook voor de komende generaties gezond, schoon, leefbaar, bereikbaar en veilig is. Duurzame Leefomgeving is het vierde netwerk van Rijkswaterstaat en vormt de basis voor de drie klassieke RWS netwerken. Rijkswaterstaat zet zijn kennis en invloed in om - binnen de context van de IenM opgave - maximaal bij te dragen aan een duurzamere wereld. Daarmee werkt Rijkswaterstaat aan de verduurzaming van de netwerken en het gebruik ervan en wentelt geen problemen af naar anderen of later.

Een van de prioriteiten binnen het programma 'Circulaire economie in de GWW' is het inventariseren van de risico's van het toepassen van niet circulaire materialen en van niet circulaire materialen die reeds binnen het areaal van Rijkswaterstaat zijn toegepast. Hiermee samenhangend spelen vragen over het uifaseren van niet-circulaire materialen. Op de achtergrond hiervan spelen de ambities om in 2030 50% circulair te zijn en in 2050 100% circulair te zijn.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is het in kaart brengen van de risico's inzake circulariteit van de volgende vier materialen:

1. asfalt;
2. beton;
3. menggranulaat;
4. gerecyclede kunststof producten voor de GWW.

Het resultaat van dit onderzoek is een zo compleet mogelijke inventarisatie en beschrijving van de risico's van deze materialen doordat deze niet circulair toepasbaar zijn.

Het onderzoek geeft op hoofdlijnen inzicht in de volgende zaken:

- De risico's inzake circulariteit bij het toepassen van materialen;
- De risico's (soort, omvang) die Rijkswaterstaat loopt door materialen in het bestaande areaal toe te passen die niet circulair zijn;
- De noodzaak en moment van het uifaseren van niet-circulaire materialen, (met daarbij aandacht voor eventuele emerging technologies waardoor inzichten later zouden kunnen veranderen);
- De impact van deze risico's en de mogelijke oplossingsstrategieën, inclusief een eerste prioritering van de meest urgente risico's.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de werkwijze en uitgangspunten welke gehanteerd is bij het uitvoeren van dit onderzoek. De daaropvolgende hoofdstukken 3 tot en met 6 beschrijven de risicoprofielen van asfalt (hoofdstuk 3), beton (hoofdstuk 4), menggranulaat (hoofdstuk 5) en gerecyclede kunststof producten voor de GWW (hoofdstuk 6). Hoofdstuk 7 beschrijft de conclusies en aanbevelingen.

2 Werkwijze

2.1 Inleiding

De werkwijze bij het uitvoeren van dit onderzoek bestaat uit de volgende stappen:

1. Uitgangspunten circulair gebruik van een materiaal;
2. Selectie te onderzoeken materialen;
3. Onderzochte risico's per risicoprofiel;
4. Uitvoering onderzoek.

De volgende paragrafen geven een toelichting bij bovenstaande stappen.

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met de begeleidingscommissie bestaande uit:

- Jan Hoeflaken – Rijkswaterstaat;
- Fons van der Sande - Rijkswaterstaat.

2.2 Uitgangspunten circulair gebruik van een materiaal

2.2.1 Inleiding

Wanneer is sprake van een circulair gebruik van een materiaal? Om deze vraag te beantwoorden, zal eerst vastgesteld moeten worden:

- wat een materiaal is;
- wanneer sprake is van circulair gebruik van een materiaal;
- wanneer geen sprake is van circulair gebruik.

Als al deze drie elementen helder gedefinieerd zijn, kan de circulariteit van een materiaal in haar toepassing worden vastgesteld.

2.2.2 Een materiaal

Om de circulariteit van een materiaal te definiëren zal je eerst moeten definiëren wat een materiaal is. Een materiaal is een stof die als zodanig wordt toegepast en door de meeste mensen als een zuivere stof wordt gezien. De meeste materialen zijn echter samengesteld uit meerdere (grond)stoffen. Onderstaand kader geeft twee voorbeelden van materialen die zijn samengesteld uit meerdere grondstoffen.

Asfalt

Asfalt is tegenwoordig samengesteld uit mineraal aggregaat en bitumen. Het minerale aggregaat bestaat hierbij vaak uit meerdere fracties met elk een eigen deeltjesgrootteverdeling. De gekozen samenstelling en kwaliteit van de grondstoffen van het asfalt hangen af van de specifieke eisen van de uiteindelijke toepassing. Dit kan per laag in een asfaltconstructie verschillen.

Staal

Ook staal is samengesteld uit meerdere grondstoffen. Staal bestaat weliswaar voornamelijk uit ijzer met een variërend aandeel koolstof, maar legeringselementen als mangaan, silicium, molybdeen, vanadium, nikkel en chroom worden frequent toegepast. In de recycling kunnen deze legeringselementen de mogelijkheden voor recycling van het ijzer beperken. Dit geldt nog meer voor de legeringselementen welke bij recycling in de slakfase belanden. In het staal kunnen deze elementen nog nuttig zijn, maar uit de slak zijn zij nauwelijks terug te winnen en hebben hun functie verloren.

Door vergelijkbare materialen met verschillende samenstellingen (bijvoorbeeld staalsoorten) samen te voegen, verandert de samenstelling van de additieven en worden de mogelijkheden tot hoogwaardige recycling meestal verminderd. Hoe minder hoogwaardig de recycling des te lager het aantal keren dat een grondstof de keten kan doorlopen.

Beleid en regelgeving richten zich momenteel vooral op recycling van materialen en niet op recycling van grondstoffen¹. Dit heeft als resultaat dat laagwaardige recycling prevaleert, omdat materiaalrecycling meestal goedkoper is dan grondstoffenrecycling, technisch eenvoudiger te realiseren is en minder aanpassing van de huidige praktijksituatie vergt. In dit onderzoek worden de risico's voor vier materialen onderzocht, maar wordt tevens ingegaan op de risico's voortvloeiend uit een variatie van aan samenstellingen voor een materiaal.

2.2.3 Circulair gebruik van een materiaal

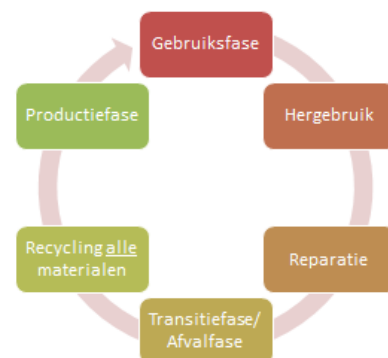
Materialen worden circulair gebruikt in een toepassing als het materiaal volledig wordt gerecycled en dat materiaal voor haar specifieke eigenschappen wordt gerecycled.

In een gesloten keten kan de grondstof eendeloos in de keten in een kwalitatief gelijke toepassing worden gerecycled. Dezelfde toepassing vereist dat de grondstof in de oorspronkelijke kwaliteit wordt teruggebracht. Eén enkele gesloten cirkel is uiteraard een sterk vereenvoudigde weergave van de realiteit. Het belangrijkste is dat grondstoffen niet irreversibel in kwaliteit afnemen waardoor recycling in afnemende mate mogelijk is.

Bij mechanische en chemische scheidingsprocessen is volledige terugwinning met behoud van kwaliteit niet volledig mogelijk volgens de basisregels uit de grondstoffentechnologie. Zodra je in een scheidingsproces een grondstof terugwint en de zuiverheid van de secundaire grondstof vergroot ten opzichte van het mengsel waaruit zij wordt teruggewonnen, is het onvermijdelijk dat daarbij een deel van de grondstof verloren gaat.

Een volledig gesloten keten bestaat dus niet tenzij het product zodanig is ontworpen dat geen verbetering van de kwaliteit nodig is in de transitiefase. De transitiefase (of afvalfase) volgt na de gebruiksfase. Dit betekent dat het voor materialen, die niet toegepast zijn in constructies en tot op materiaalniveau volledig demonteerbaar zijn, niet mogelijk is de keten volledig te sluiten. Om volledig demonteerbaar te zijn, is het noodzakelijk dat uitsluitend droge verbindingen worden gebruikt. Dit betekent dat materialen en

Gesloten keten



¹ Grondstof voor de circulaire economie – Centraal Planbureau voor de Leefomgeving - 2016

onderdelen niet worden gelijmd, verkleefd, gesmolten. In de praktijk is dit (nog) niet mogelijk voor alle toepassingen.

2.2.4 Niet-circulair gebruik van een materiaal

Materialen worden niet-circulair gebruikt in een toepassing als het materiaal deels niet meer wordt gerecycled en dat materiaal voor haar specifieke eigenschappen niet meer wordt gebruikt. In de praktijk vindt voor veel stoffen in meerdere of mindere mate recycling plaats. Voor sommige materialen is recycling in het geheel niet mogelijk.

Het beleidsdoel is de grondstoffen van de materialen maximaal te cascaderen. Hierbij worden de grondstoffen zo lang mogelijk met een zo hoog mogelijke kwaliteit toegepast.

Recycling met een hoge kwaliteit betekent dat (vrijwel) alle toepassingen voor deze grondstof geproduceerd kunnen blijven worden. Bij aluminium loopt bijvoorbeeld de zuiverheid terug als voor specifieke toepassingen silicium of koper in de aluminiumlegering wordt toegevoegd. De kwaliteit van resterend materiaal zal langzaam teruglopen naarmate de keten vaker wordt doorlopen. Bij lagere kwaliteit neemt het aantal resterende toepassingen in toenemende mate af doordat de kwaliteit van de grondstof (veel) minder geworden is. De mate waarin hoogwaardige recycling mogelijk is, hangt in eerste instantie af van het productontwerp.

De resterende mogelijkheden voor recycling worden daarna bepaald door de beschikbare scheidingstechnologieën voor het productontwerp.



2.2.5 Circulariteit van een materiaal

Omdat vrijwel geen enkel materiaal zuiver circulair wordt toegepast, kun je beter niet spreken van een circulair materiaal of een circulaire grondstof, maar van de circulariteit van een materiaal of een grondstof. De circulariteit is hierbij de mate waarin een materiaal kan worden gerecycled. De circulariteit kan worden vastgesteld als het aantal keer dat een materiaal of een grondstof voor haar specifieke eigenschappen de keten doorloopt. Hierbij is de circulariteitsfactor 1 voor een materiaal dat slechts één keer wordt gebruikt en oneindig groot voor een materiaal dat oneindig vaak gerecycled kan worden voor haar specifieke eigenschappen. Aluminium dat bijvoorbeeld in bodemas belandt is en als wegfundering is toegepast, heeft haar specifieke eigenschappen verloren en heeft daarmee de keten verlaten.

Het aantal keren dat een materiaal opnieuw wordt gebruikt wordt bepaald door de volgende drie aantallen op te tellen:

- Hoe vaak wordt (een bepaald materiaal in) een product gebruikt door een nieuwe gebruiker?
- Hoe vaak wordt (een bepaald materiaal in) een onderdeel hergebruikt in een nieuw product?
- Hoe vaak wordt een materiaal gerecycled uit een onderdeel/product in een toepassing waar haar specifieke eigenschappen worden benut? Hierbij geldt als vuistregel hoe groter het aandeel gerecycled materiaal in de totale productie van een materiaal hoe hoger de circulariteit van dat materiaal. Hiervoor geldt volgende formule:

$$\text{Circulariteitsfactor} = \text{Aantal keer recycling} = \frac{100\%}{100\% - \% \text{aandeel secundair materiaal in productie}} \quad \text{Onderstaand}$$

kader geeft een voorbeeld berekening voor de circulariteitsfactor van verpakkingsglas.

Rekenvoorbeelden circulariteitsfactor van het glas

Stel dat bij Nederlandse glasfabrieken voor de productie van verpakkingsglas 60% van de grondstoffen voor de productie van verpakkingsglas vervangen wordt door secundaire materialen die voortkomen uit de recycling van (verpakkings-)glas. Dit resulteert in een circulariteitsfactor voor éénmalige glazen verpakkingen van:

$$\text{Circulariteitsfactor} = \frac{100\%}{100\% - \% \text{aandeel secundair materiaal in productie}} = \frac{100\%}{100\% - 60\%} = 2,5$$

De circulariteit hangt namelijk af van veel factoren. Onderstaande opsomming geeft de belangrijkste factoren weer:

1. Ontwerp van het product.
2. Ontwerp van het onderdeel in het product.
3. Is het een zuivere stof of een mengsel?
4. Is het product/onderdeel demontabel?
5. Is het materiaal fysisch, cryogeen, chemisch of metallurgisch te scheiden van de materialen waarmee het samen is toegepast in een product/onderdeel?
6. De kostprijs van het recyclingproces.
7. De kostprijs van de primaire grondstof.

Deze factoren zorgen er bijvoorbeeld voor dat zeldzame aardmetalen vrijwel niet wordt gerecycled en goud vrijwel volledig. Naast goud is suppletiezand bij kustverdediging ook een mooi voorbeeld van een materiaal dat volledig circulair wordt ingezet.

2.2.6 Circulariteit van een materiaal versus levensduur van een product

In een volledig circulaire economie is voor alle materialen de circulariteitsfactor oneindig groot. In een volledig circulaire economie is de levensduur van een product of het aantal keer dat een product wordt hergebruikt irrelevant.

Echter, een volledig circulaire economie is een utopie die hooguit nagestreefd kan worden en als de economie niet volledig circulair is dient deze nagestreefd te worden door de verblijfsduur in de keten van een materiaal met haar specifieke eigenschappen in nuttige en functionele producten zo lang mogelijk te maken. Hiervoor geldt de combinatie van de circulariteitsfactor en de levensduur van een gemiddeld product waarin een materiaal is toegepast. Dit maakt dat de levensduur van het product (of werk) waarin het materiaal is toegepast van groot belang is en soms op gespannen voet staat met de circulariteit. Verbetering van de levensduur gaan immers soms ten koste van de circulariteit. Waarin hier optimale keuze ligt, is een zorgvuldige afweging. Deze afweging vindt nu vooral plaats op basis van de kosten op de korte termijn, maar het heeft de aanbeveling deze afweging voor een langere termijn te maken. Dit zal vanzelf tot resultaat hebben dat materiaalkeuzes bijdragen aan het vergroten van de circulariteit van materialen. Het mag duidelijk zijn dat een nauwkeurige bepaling van deze afweging een onderzoek op zich is.

2.3 Selectie te onderzoeken materialen

Bij de selectie van de te onderzoeken materialen zijn de volgende twee uitgangspunten gehanteerd:

1. De mate waarin een materiaal na zijn gebruiksfase weer her te gebruiken is, is onzeker;
2. Het materiaal moet regelmatig door Rijkswaterstaat worden toegepast.

Voor de studie zijn de volgende 4 materialen geselecteerd:

- a) asfalt;
- b) beton;
- c) menggranulaat;
- d) gerecyclede kunststof producten voor de GWW.

Ad a en b.

Asfalt en beton zijn beide materialen die vaak en in grote hoeveelheden in werken van Rijkswaterstaat worden toegepast. Beide materialen worden op het moment slechts deels gerecycled in de productie van het materiaal. Deze materialen zijn daarom erg afhankelijk van de beschikbaarheid van primaire grondstoffen. Dat maakt deze twee materialen geschikt voor dit onderzoek.

Ad c.

Menggranulaat wordt ook op grote schaal toegepast en is een materiaal gemaakt uit reststoffen. De vraag is echter hoe goed dit materiaal in een volgende cyclus is her te gebruiken.

Ad d.

Gerecyclede kunststof producten voor de GWW zijn gerecyclede kunststoffen die in allerlei toepassingen worden toegepast. Bijvoorbeeld bermoplaatsjes, straatmeubilair, damwanden en loopplanken. De door fabrikanten opgegeven levensduur is erg lang maar daarmee is het per definitie nog niet circulair. Kunnen deze opplaatsjes na de gebruiksfase worden gerecycled? Of komen we er na 40 jaar achter dat we hier niets mee kunnen. Reden genoeg om dit in meer detail te bekijken.

Staal en vulzand zijn materialen die eveneens door Rijkswaterstaat veelvuldig worden toegepast. Deze materialen zijn niet geselecteerd. Hieronder wordt kort ingegaan op de redenen.

Staal

Staal is goed en hoogwaardig te recyclen. Er is sprake van cascadering door een langzame toename van ongewenste vervuilingen en legeringselementen, maar met name bij schroot van grote staalconstructies worden verschillende kwaliteiten bij recycling van elkaar gescheiden en optimaal benut. Door de marktprijzen voor staal en de relatief grote verschillen tussen verschillende kwaliteiten is het met de huidige meettechniek voor deze kwaliteiten aparte ketens te creëren. Dit is niet alleen mogelijk maar ook al praktisch. Daar komt bij dat in werken van Rijkswaterstaat gemiddelde grote stalen componenten zijn toegepast waarbij deze hoogwaardige recycling door de markt wordt nagestreefd.

Vulzand

Vulzand is mits zorgvuldig toegepast, onbeperkt her te gebruiken en daarmee circulair.

2.4 Onderzochte risico's voor risicoprofiel

2.4.1 Inleiding

In het kader van dit onderzoek is ervoor gekozen het risicoprofiel te selecteren op basis waarvan een materiaal wordt getoetst. Dit risicoprofiel is opgebouwd uit de belangrijkste risico's die een materiaal in de weg staan om als circulair te worden beschouwd. Het betreft de volgende zeven risico's:

1. schaarste van de grondstoffen;
2. schaarste van de secundaire toepassing;
3. kwaliteitsafname en daardoor cascadering;
4. schaalgrootte aanwezig voor recycling;
5. energiegebruik noodzakelijk voor recycling;
6. impact door recycling op emissies naar lucht, water en bodem;
7. financiële impact op basis van bovenstaande factoren.

De volgende zeven sub paragrafen beschrijven kort elk van deze risico's

2.4.2 Schaarste van de grondstoffen

Hoe schaars grondstoffen zijn en hoe sterk deze schaarste toeneemt, is in belangrijke mate afhankelijk van techniek voor de ontginning van de grondstof en marktprijzen van de grondstof. Zowel nieuwe technieken als hogere prijzen maken nieuwe reserves beschikbaar. Dit maakt dat de horizon van de eindigheid van de grondstoffenvoorraad steeds verder opschuift. De grenzen aan de groei zoals gerapporteerd door de Club van Rome in 1972² schuiven nog steeds op. Dit betekent niet dat het onderliggende mechanisme zoals door de Club van Rome gesteld niet werkt, maar dat de schaarste minder snel komt dan op basis van de huidige kennis over techniek en marktprijzen geschat kon worden. Dit opschuiven van de horizon speelt al decennia. Desondanks worden grondstoffen schaarser.

Grondstoffen die in Nederland (maar ook Europa) gewonnen kunnen worden zijn echter veel schaarser. Dat maakt Nederland afhankelijk van de import van veel grondstoffen en daarmee kwetsbaar. Hoe meer en hoe hoogwaardiger de recycling is hoe minder Nederland economisch afhankelijk en kwetsbaar is.

Soms is de schaarste indirect. Vulzand is niet schaars maar het schaarse landbouwareaal dat opgeofferd moet worden is dat wel.

2.4.3 Schaarste van de secundaire toepassing

Om een materiaal in de toepassing circulair te kunnen noemen, moet na de gebruiksfase ook vraag zijn naar het materiaal met haar kwaliteit. Het is mogelijk dat over 10 of 20 jaar geen vraag meer is of dat het moet concurreren met een vergelijkbaar materiaal dat tegen gunstiger tarieven op de markt beschikbaar komt.

2.4.4 Kwaliteitsafname en daardoor cascadering

Een materiaal kan volledig worden gerecycled zonder verlies aan kwaliteit mits het aanwezig is in een demontabel ontworpen product dat ook na de gebruiksfase wordt gedemonteerd en waarvan de onderdelen niet slijten. In alle andere gevallen treedt een afname van de kwaliteit op die ervoor zorgt dat

² *The Limits to Growth – 1972 - Donella H. Meadows et al*

de grondstof in een steeds minder hoogwaardig materiaal kan worden toegepast. Deze kwaliteitsafname zorgt ervoor dat het materiaal niet zuiver circulair is. Nu speelt dit effect bij vrijwel alle materialen, maar de mate waarin kwaliteitsafname optreedt, varieert sterk per materiaal in combinatie met haar toepassing.

2.4.5 Schaalgrootte aanwezig voor recycling

Vanuit technisch perspectief is schaalgrootte meestal geen risico. Schaalgrootte heeft vooral te maken met de kosteneffectiviteit en concurrentiekracht. Bij onvoldoende schaalgrootte voor gerecyclede materialen zijn deze onvoldoende concurrerend met materialen uit primaire grondstoffen. De grote diversiteit aan materialen en legeringen zorgt ervoor dat voor hoogwaardige recycling vaak onvoldoende schaalgrootte is en dat vergelijkbare materialen worden samengevoegd met minder hoogwaardige recyclingmateriaal als resultaat.

2.4.6 Energiegebruik noodzakelijk voor recycling

Niet alleen grondstoffen zijn schaars, maar ook energie is schaars. Mechanische, chemische en/of metallurgische scheidingsprocessen kosten energie. Voor sommige grondstoffen geven energie-intensieve recyclingprocessen de mogelijkheid tot een hoogwaardiger recycling. Het risico bestaat dat het recyclingproces meer energie vergt dan de productie van de primaire grondstoffen. In dat geval moet het ene schaarse goed tegen het andere schaarse goed worden afgewogen.

Bijvoorbeeld hoogwaardige recycling van kunststoffolies kan veel energie vergen wanneer deze verontreinigd zijn met coatings, etiketten, productresten. Dit tegen een achtergrond waar aardolie, de grondstof van deze folies, nog steeds direct als brandstof wordt toegepast. Wanneer de benodigde energie voor het recycelaat plus de energieopbrengst bij thermische verwerking van het ongesorteerde materiaal groter is dan de hoeveelheid energie die noodzakelijk is voor de primaire kunststof meer kun je je afvragen of op basis van de uitputting van hulpbronnen recycling van deze folies de beste keuze is.

2.4.7 Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht

Het gebruik van een gerecycled materiaal heeft impact op het milieu. Enerzijds direct door het recyclingproces in de vorm van emissies naar bodem, water en lucht. In Nederland worden deze emissies beperkt door geldende milieuregelgeving. Voor steenachtige bouwstoffen is dit in het Besluit bodemkwaliteit goed geborgd. Voor metalen en kunststoffen is hiervoor veel minder gereguleerd. Al deze randvoorwaarden zorgen ervoor dat maatregelen genomen moeten worden die kosten met zich meebrengen.

2.4.8 Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal

Een belangrijk risico is de competitiviteit van recycling van een materiaal. Dit is in de vrije markteconomie voornamelijk een financieel risico. Voor elk van bovenstaande zes factoren geldt dat er een kans is dat het risico optreedt. Vervolgens bepalen risico keer kans het effect op de competitiviteit van gerecycled materiaal. In dit onderzoek zal een inschatting gemaakt worden of de som van effecten de marktpositie van recycling onder druk zal zetten. Indien deze positie onder druk komt te staan bestaan er substantiële risico's voor de eigenaar waar de materialen bij vrijkomen die gerecycled zouden moeten worden.

2.5 Uitvoering onderzoek

2.5.1 Inleiding

Op basis van de bovenstaande uitgangspunten is voor elk van de vier materialen een initieel risicoprofiel per materiaal opgesteld op basis van de expertise van HaskoningDHV en beschikbare literatuur over de keten van de geselecteerde materialen. Dit initiële risicoprofiel is vervolgens voor elk materiaal aan twee experts voorgelegd om een meer breed gedragen visie inzake het risicoprofiel van elk materiaal vast te stellen.

2.5.2 Selectie experts

In overleg met de begeleidingscommissie zijn per materiaal twee experts geselecteerd. Het betreft de volgende experts:

1. Asfalt: Rob Hofman – Rijkswaterstaat: Grote Projecten en Onderhoud;
2. Asfalt: Maarten Jacobs en Remy van den Beemt – BAM Recycling;
3. Beton: Evert Schut – Rijkswaterstaat: Water Verkeer en Leefomgeving;
4. Beton: Gert van der Wegen SGS Intron;
5. Menggranulaat: Peter Broere - BRBS recycling;
6. Menggranulaat: Arthur van Dommelen – Rijkswaterstaat: Grote Projecten en Onderhoud;
7. Gerecyclede kunststof producten voor de GWW: Klaas van der Sterren – Rijkswaterstaat: Water Verkeer en Leefomgeving;
8. Gerecyclede kunststof producten voor de GWW: Aran van Belkom – Lankhorst Recycling Products.

2.5.3 Interviews

Tijdens de interviews zijn de concept risicoprofielen getoetst en waar nodig aangevuld en gecorrigeerd op basis van de kennis en visie van de geïnterviewden.

2.5.4 Eindrapportage

Vervolgens is een concept rapportage opgesteld dat is voorgelegd aan de begeleidingscommissie. Daarna is de definitieve rapportage vastgesteld.

3 Risicoprofiel asfalt

3.1 Inleiding

Asfalt is een bouwstof die samengesteld is uit mineraal aggregaat, bitumineus bindmiddel en eventuele toeslagstoffen. Vroeger werd teer als bindmiddel gebruikt, maar dat is sinds 2001 niet meer toegestaan. Tegenwoordig wordt nog uitsluitend bitumen al dan niet met modificaties als bindmiddel gebruikt³. Asfalt is voor Rijkswaterstaat een belangrijke bouwstof die wordt toegepast in bijna alle waterstaatswerken die Rijkswaterstaat ((snel)wegen, viaducten, tunnels, bruggen en dijken) beheert.

3.2 Huidige recycling

Om asfalt te recyclen moeten delen van asfaltconstructies selectief worden verwijderd door ze per laag te freezezen. Dit gefreesde asfalt, frees, kan worden gebruikt bij de productie van PR-asfalt (Partiële Recycling-asfalt).

In 2016 bedraagt de totale asfaltproductie in Nederland circa 9,74 Mton waarvan 79,4% voor renovatie. Onderstaande tabel uit de marktanalyse van het CROW geeft inzicht in de huidige asfalt- en freesproductie en de verwachting voor de nabije toekomst.

Tabel 3.1 Huidige en toekomstige asfaltproductie en beschikbaarheid van frees⁴

Jaar	Deklagen			Onder- en tussenlaag			Totaal		
	Verwachte productie	Verwachte beschikbare frees	Verwacht percentage frees	Verwachte productie	Verwachte beschikbare frees	Verwacht percentage frees	Verwachte productie	Verwachte beschikbare frees	Verwacht percentage frees
Eenheid	Mton	Mton	-	Mton	Mton	-	Mton	Mton	-
2016	3,98	3,58	90,1%	5,76	1,73	30,0%	9,74	5,31	54,6%
2025	4,20	3,94	93,7%	6,04	2,08	34,4%	10,24	6,02	58,7%
2040	4,44	4,30	96,9%	6,56	2,52	38,4%	10,99	6,82	62,0%
2050	4,40	4,31	97,8%	6,80	2,70	39,8%	11,20	7,01	62,6%

Bovenstaande tabel laat zien dat momenteel deklagen vrijwel volledig omgezet kunnen worden in frees. Voor tussen- en onderlagen ligt dit percentage op slechts 30%. De reden hiervoor is dat deklagen enerzijds vaker een ongewenste samenstelling hebben die recycling niet mogelijk maken. De bovenste laag van tweelaags ZOAB is bijvoorbeeld momenteel ondanks de eerste pilots voor hergebruik nog niet of nauwelijks recyclebaar. Ook de aanwezigheid van PAK zorgt nog steeds voor de diskwalificatie voor recycling van sommige asfaltconstructies.

Het frees van de deklaag wordt momenteel uitsluitend in de onder- en tussen laag toegepast.

In 2016 was voor 54,6% van de asfaltproductie frees beschikbaar. Dit beschikbare frees bevat ook fracties waarvoor recycling in asfalt niet mogelijk is. In 2014 werd 67% gerecycled in asfalt. Wat niet geschikt is voor recycling in asfalt wordt afhankelijk van de samenstelling wordt dit in AGRAC toegepast of verwijderd via TAG-verwerking. Regeneratieasfalt bevat tot 50% à 60% frees en vrijwel uitsluitend in de onder- en tussenlagen wordt toegepast en deze lagen betreffen slechts 59,1% van het productievolume. Uitgaande van 60% regeneratie asfalt in de midden- en tussenlagen en 0% in de deklagen resulteert dit in totaal

³ <http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/asfalt-beton-teerhoudend-99381>

⁴ De landing van de Nederlandse Asfaltmarkt? - M. Huurman, E. Demmink BAM Infra Asfalt - 2016

35,5% recycling van asfalt anno 2016. Dit resulteert in een circulariteitsfactor van 1,55⁵. Daarmee is asfalt op het moment nog maar nauwelijks circulair te noemen. Rijkswaterstaat is in 2016 voor asfalt voor 64,5% afhankelijk van de aanvoer van primaire grondstoffen. De markt werkt momenteel hard aan het verhogen van het aandeel regeneratieasfalt, maar om het asfalt circulair maken is nog een lange weg te gaan.

De 35,5% recycling resulteert er voor 2016 in dat 1,8 Mton freesasfalt niet wordt ingezet in de asfaltproductie.

3.3 Risico's

3.3.1 Schaarste van de grondstoffen

Bitumen

Bitumen is voornamelijk een bijproduct van olieraffinage. Dit betekent enerzijds dat de prijs meebeweegt met die van olie, maar anderzijds dat de beschikbaarheid meebeweegt met de productie. De beschikbaarheid van olie is zodanig dat tot in ieder geval 2040 olie in toenemende mate beschikbaar zal zijn⁶, maar ook daarna zal nog afnemende hoeveelheden olie gewonnen worden. De resterende olievoorraden zullen steeds lastiger te winnen zijn en de productiekosten zullen fluctuerend, maar langzaam stijgen. Het is echter waarschijnlijker dat op termijn het wegvallen van de vraag door goedkopere alternatieven zoals zonne-energie in combinatie met elektrische auto's effect zal hebben op de beschikbaarheid. Vraag en aanbod beïnvloeden de keuzes in het raffinageproces van olie en minder vraag naar vloeibare brandstoffen maakt productie van bitumen aantrekkelijker. Schaarste van primair bitumen is daarmee niet een te verwachten risico in de komende 40 jaar. Dat neemt niet weg dat de prijzen voor bitumen aanzienlijk zouden kunnen stijgen. Op de lange termijn hoort een afname van de beschikbaarheid van bitumen wel tot de mogelijkheden.

De beschikbaarheid van goede bitumen is op het moment wel schaars omdat het voor leveranciers aantrekkelijker is een deel van de bitumenfracties op te werken naar bijvoorbeeld brandstoffen. Deze schaarste is echter beïnvloedbaar door specifiekere vraag uit de markt bij de leveranciers. De leveranciers kunnen hun productieprocessen aanpassen en betere kwaliteit gaan leveren. Hetgeen mogelijk wel kostenverhogend kan zijn.

Minerale fracties

Voor de minerale fracties zijn zand en steenslag zeer ruim voorhanden in Nederland. De schaarste zit dan ook niet in de beschikbaarheid van zand en steenslag, maar in het land dat men wilt opofferen voor de productie van zand en steenslag. Daarnaast komen geschikte minerale fracties vrij bij het recyclen van allerlei afvalstoffen.

3.3.2 Schaarste van de secundaire toepassing

Met de huidige techniek is het nog niet mogelijk om bij de productie van elk type asfalt de primaire grondstoffen volledig te vervangen door freesasfalt. Met name het toepassen van freesasfalt in deklagen is nog nauwelijks het geval. Dit betekent dat nu al het hergebruik wordt beperkt door de beschikbaarheid van de secundaire toepassing. Innovatie zal een hoger percentage regeneratieasfalt in onder-, tussen- en deklagen mogelijk moeten maken.

⁵ $\frac{1}{1 - (60\% \cdot 59,1\%)}$

⁶ *World Oil Outlook - OPEC*

Het toenemende gebruik van modificaties in asfalt inclusief het toepassen van tweelaags ZOAB creëert nieuwe type freesasfalt die lastiger hoogwaardig te recyclen zijn. Het is de vraag in hoeverre hier secundaire toepassing voor beschikbaar zal zijn.

De schaarste van de secundaire toepassing zal zonder technische innovatie nog verder onder druk komen te staan omdat het aandeel nieuwe asfaltconstructies verder zal dalen. Dit betekent meer deklagen en minder onder- en tussenlagen waar nu vrijwel alle frees wordt toegepast. De verwachting is dat in 2050 de totale productie is opgelopen tot 11,2 Mton waarvan 4,5% voor nieuwe asfaltconstructies. De voorraad asfalt in werken zou kunnen blijven toenemen en meer ruimte bieden, maar deze toename wordt niet waarschijnlijk geacht. Deze ontwikkelingen resulteren erin dat op termijn maar zeer beperkt primaire grondstoffen kunnen worden bijgemengd als men volledige recycling nastreeft. Bijmengen van primaire grondstoffen in de asfaltproductie is vooral noodzakelijk om de bitumenkwaliteit op peil te houden.

Als het vrijkomende asfaltgranulaat niet kan worden ingezet voor asfaltproductie betekent dit dat het bitumen verloren is en zijn functie verliest. Het asfaltgranulaat kan worden toegepast als fundatie materiaal, maar hierbij worden niet langer haar specifieke eigenschappen gebruikt.

3.3.3 Kwaliteitsafname en daardoor cascadering

Bitumen degenereert langzaam doordat oxidatie aan het oppervlak plaatsvindt en de (meer) vluchtige bestanddelen langzaam uit het bitumen verdwijnen en is daardoor per definitie niet eendeloos te recyclen. Maar daarnaast zijn er verschillende oorzaken waardoor de kwaliteit van asfalt in de keten sneller terug kan lopen. Het betreft de volgende oorzaken:

Nr.	Bedreiging	Risico voor kwaliteit van het asfalt
1	<p>De eigenschappen van bitumen die van invloed zijn op de levensduur van asfalt zijn nog niet volledig bekend en bepalen daardoor onvoldoende de keuze van het te gebruiken bitumen. Momenteel wordt bitumen toegepast op basis van twee eigenschappen, namelijk penetratiegraad en de verwekingspunt. Deze twee eigenschappen geven een goede basis om vaststellen of het bitumen geschikt is om toe te passen in een asfaltconstructie. Ze zijn echter geen goede basis voor het optimaliseren van de levensduur van een asfaltconstructie. Er zijn andere eigenschappen die dit bepalen. De kennis over deze eigenschappen is onvoldoende transparant beschikbaar zodat zowel Rijkswaterstaat als aannemers onvoldoende kunnen sturen op asfalt met een lange levensduur.</p> <p>Een complicerende factor is dat eigenschappen van de minerale toeslagstoffen de uiteindelijke werking van het bitumen in asfalt en de bijbehorende levensduur kunnen beïnvloeden waardoor een bitumenfabrikant naar de toeslagstof kan verwijzen en andersom.</p>	<p>Levensduur veel minder lang dan verwacht en daardoor het toepassen van additieven en modificaties die mogelijk de circulariteit negatief beïnvloeden.</p>
2	Kwaliteitsafname bitumen.	<p>Slechter bitumen verhard sneller en het asfalt heeft een minder lange levensduur en is ook lastiger te recyclen.</p> <p>Deze bedreiging is eigenlijk het resultaat van bovenstaande bedreiging en hoe dit in de asfaltbranche wordt ervaren. Bitumen met een betere kwaliteit zou beschikbaar kunnen zijn als de gebruikers van bitumen de eisen zouden kunnen specificeren. De kennis hiertoe is onvoldoende aanwezig.</p>

Nr.	Bedreiging	Risico voor kwaliteit van het asfalt
3	Nieuwe(re) typen asfalt zoals ZOAB en tweelaags ZOAB (fluisterasfalt) zijn lastiger te horizontaal te recyclen. Bij horizontale recycling wordt het asfalt in dezelfde laag van de asfaltconstructie gerecycled. Sinds 2016 komt tweelaags ZOAB vrij en er is nog geen methode om dit te recyclen. De fijne korrelgrootteverdeling van de minerale fractie werkt hier belemmerend. Dit in combinatie met de toenemende populariteit van gemodificeerde bitumen vormt een bedreiging voor het sluiten van de keten voor asfalt.	Verhoudingen minerale fracties kunnen gaan variëren en daarmee onzekerheid sterkte.
4	Asfaltdeklagen komen ook in steeds meer kleuren beschikbaar	Kleur niet constant.
5	Toepassing gemodificeerde bitumen	Verwekingstemperatuur stijgt en diverse procesrisico's nemen toe. ⁷
6	Aanwezig PAK-houdend materiaal.	Asfalt voldoet niet aan de milieueisen en mag niet worden gerecycled.
7	Vermenging door onzorgvuldig affrezen van asfaltlagen	Verhoudingen minerale fracties kunnen gaan variëren en daarmee onzekerheid sterkte.
8	Niet selectief verwijderen tijdens de sloop en daarmee de contaminatie door andere afvalstoffen	Frees asfalt niet recyclebaar.
9	Tijdsdruk bij freeze asfalt leidt tot minder goed scheiden verschillende deklagen.	Frees asfalt niet of minder goed recyclebaar.

Alle bovenstaande oorzaken kunnen bijdragen aan een vermindering van de kwaliteit van het asfalt. De kans van optreden van de eerste vier risico's kan aanzienlijk worden teruggebracht door zorgvuldig grondstoffenmanagement toe te passen. Hierbij worden verschillende soorten materialen gescheiden gehouden en alleen samengevoegd met andere materialen indien deze dezelfde samenstelling en eigenschappen hebben.

3.3.4 Schaalgrootte aanwezig voor recycling

Voor competitieve hoogwaardige recycling zijn grote volumes met dezelfde kwaliteit nodig. Met name de diversificatie van kleuren in combinatie met de verschillende typen deklaag komen voldoende schaalgrootte niet ten goede. Voor de verschillende kleuren en modificaties per werk zullen in de praktijk slechts kleine volumes vrijkomen en daardoor zullen deze zelden in dezelfde kleur worden gerecycled. Voor veel specifieke typen deklaag zal dan ook onvoldoende schaalgrootte aanwezig zijn om het hoogwaardig te recyclen. Hoewel dit veel verschillende typen deklaag betreft, zal het aandeel van het volume relatief beperkt zijn.

3.3.5 Energiegebruik noodzakelijk voor recycling

Recycling van asfalt bestaat uit het opnieuw verweken van het bindmiddel en het minerale mengsel en bindmiddel opnieuw te laten stollen.

De technologische tendens is om energie te besparen door het asfalt bijvoorbeeld door lage temperatuur asfalt toe te passen. Het streven tot energiebesparing is goed, maar kan het ook averechts werken?

In 2014 was het gemiddelde energieverbruik voor asfaltproductie gemiddeld 320 MJ/ton⁸ asfalt. Lage temperatuur asfalt zorgt voor een reductie van de benodigde energie met 25%⁹. Dit betekent een reductie

⁷ Wordt PmB het teer van het komende decennium? - BAM Infra Asfalt C.M.A. van den Beemt en M.M.J. Jacobs

⁸ MJA3-Sectorrapport Asfaltindustrie 2014

⁹ <http://www.asfaltblij.nl/media/1445/2010-3-asfalt.pdf>

van 80 MJ/ton asfalt. Daarnaast verlengt lage temperatuur de levensduur. Als aangenomen wordt dat de levensduur met 10% verlengd wordt betekent dit dat bij de huidige recycling van circa 35,5% dat onder de streep een extra besparing van 141 MJ/ton (=2.200*64,5%*10%) gerealiseerd wordt. Dit betekent dat lage temperatuur in totaal een besparing oplevert van circa 220 MJ/ton asfalt.

Asfalt bevat echter circa 5% bitumen als bindmiddel. De energie-inhoud van bitumen is 44.000 MJ/ton¹⁰. Met 5% bitumen betekent dit dat de energie-inhoud van het asfalt alleen al door het bitumen 2.200 MJ/ton asfalt is.

Dit betekent dat bij energiebesparing door bijvoorbeeld lage temperatuur maximaal 10% aan afname van geschiktheid voor recycling mag veroorzaken. Anders werkt lage temperatuur averechts voor wat betreft energiebesparing en in het geval van bitumen het sluiten van de keten.

3.3.6 Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht

De risico's voor emissies naar de bodem, het water en de lucht zijn voor zowel de toepassing van het asfalt als de productie ervan goed geborgd in regelgeving.

3.3.7 Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal

De tendens is dat renovatie in 2050 95,5 procent van de wegebouw betreft, betekent dat er nog maar weinig nieuw asfaltoppervlak er bij komt.

Dit betekent dat vrijwel alle vrijkomende freesasfalt in een asfaltconstructie moet worden toegepast tenzij er andere toepassingen zijn zoals afdekklagen op stortplaatsen. Indien er geen andere toepassingen beschikbaar zijn voor het freesasfalt en alle freesasfalt ook niet opnieuw kan worden ingezet, is sprake van een overschot waarvoor de afzetkosten voor Rijkswaterstaat zullen stijgen. Onder huidige regelgeving mag het freesasfalt niet worden gestort en laagwaardige toepassing op stortplaatsen in de vorm van afdekklagen zullen nauwelijks meer beschikbaar zijn. Freesasfalt is thermisch te reinigen en daarna opnieuw te zeven in verschillende minerale fracties. Deze optie is echter prijzig en bedraagt bij de huidige tarieven circa 20 euro per ton asfalt. Een alternatief is toepassing als funderingsmateriaal, maar de markt voor deze bouwstof zal door dezelfde ontwikkelingen eveneens gekenmerkt worden door een overaanbod en stijgende verwerkingstarieven. De verwerkers van asfalt zullen waarschijnlijk op deze schaarste reageren met hogere tarieven. In welke mate is nu niet te voorspellen.

De verwachte asfaltproductie in 2050 is 11,2 Mton. Op basis van de huidige stand der techniek en het in tabel 3.1 voor 2050 verwachte aandeel renovatie is het percentage hergebruik nauwelijks toegenomen en wordt 36,4% hergebruikt. Dit betekent dat er dan een overschot van 2,9 Mton is. Indien geen alternatieve afzet wordt gevonden voor dit freesasfalt kunnen de kosten zonder indexatie oplopen tot orde grootte 60 miljoen euro per jaar voor de thermische verwerking van het freesasfalt. Dit is het financiële risico voor alle wegbeheerders (Rijkswaterstaat, Provincies en Gemeenten).

Doordat Rijkswaterstaat relatief grote werken heeft zal het freesasfalt uit haar werken overigens relatief aantrekkelijk zijn. Bij ongewijzigd beleid en technologische ontwikkeling is de kans dat bovenstaande risico's optreden groot. Het effect is daarmee ook groot. Om de impact van het effect voor Rijkswaterstaat te verminderen wordt geadviseerd de volgende doelen na te streven en te stimuleren:

- Het vermijden van asfalttypen met modificaties en/of kleurstoffen zo lang niet duidelijk is of deze typen asfalt niet horizontaal te recyclen zijn.
- Door technologische innovatie verhogen van het maximale aandeel freesasfalt in tussen- en onderlagen van een asfaltconstructie;

¹⁰ www.rvo.nl/sites/default/files/2013/10/Vreuls_2012_NL_Energiedragerlijst.pdf

- Door technologische innovatie mogelijk maken van horizontale recycling van alle typen deklaag.
- Door technologische innovatie mogelijk maken het toepassen van freesasfalt in de deklagen;
- In aanbestedingen een minimaal aandeel percentage recycling van freesasfalt in asfalt verplicht stellen en gunningspunten voor een huidig percentage recycling;
- In aanbestedingen een minimaal aandeel percentage recycling van freesasfalt in asfalt verplicht stellen en gunningspunten voor een hoger toekomstig percentage recycling;
- Het in kaart brengen waar modificaties zijn toegepast.
- Andere toepassingen voor freesasfalt ontwikkelen.

De ultieme keuze voor een niet-circulair materiaal is deze niet meer gebruiken, maar de circulariteit van asfalt is nog aanzienlijk te verhogen ten opzicht van de huidige situatie. De sturingsinstrumenten die Rijkswaterstaat en andere wegeigenaren hebben om hierop te sturen zijn nog slechts in geringe mate benut. Uiteindelijk zou asfalt grotendeels circulair te krijgen moeten zijn en zuiver circulair is eigenlijk bijna nooit mogelijk.

3.3.8 Samenvatting risico's asfalt

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de risico's bij het maximaal sluiten van de keten bij het toepassen van asfalt weer. Hierbij zijn de volgende vier risicoklassen gebruikt:

- (+) een verwaarloosbaar risico;
- (++) een klein risico;
- (+++) een groot risico;
- (++++) een zeer groot risico.

Tabel 3.2 Risico's bij het toepassen van asfalt inzake het circulair maken van de bouwstof

Risico	Asfalt
Schaarste van de grondstoffen	+
Schaarste van de secundaire toepassing	++++
Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	+++
Schaalgrootte aanwezig voor recycling	+
Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	++
Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	++
Competitiviteit recycling tegenover primair gebruik	++
Kwaliteit (deels) secundair materiaal	++

4 Risicoprofiel beton

4.1 Inleiding

Beton is een vormvaste bouwstof die gemaakt wordt door cement, toeslag- en hulpstoffen met water samen te voegen tot een nog niet uitgehard mengsel, betonspecie. Het aandeel cement in uitgehard beton ligt rond de 15 gewichtsprocent. De rest van het beton bestaat uit vul- en toeslagstoffen.

Bij klassiek beton is het bindmiddel in de betonspecie cement. De werking van cement bestaat uit uitharden van gehydrateerde calciumsilicaten met vul- en toeslagstoffen in de matrix. Traditioneel werd cement gemaakt door kalksteen plus siliciumhoudende mineralen met fossiele brandstoffen te roosten in een draaitrommeloven. Tegenwoordig wordt voor de productie van cement een veel grotere diversiteit aan grondstoffen gebruikt. Veel reststoffen worden toegepast mits de resulterende inerte fractie uiteindelijk maar de juiste chemische samenstelling cement heeft.

Recycling betekent dat je een materiaal voor dezelfde specifieke eigenschappen nog een keer gebruikt. Bij beton is dit maar ten dele mogelijk. Beton dat na het sloopproces vrijkomt en in betongranulaat wordt gebroken bestaat uit grove en fijne minerale fracties. Deze minerale fracties kunnen de toeslagstoffen (deels) vervangen. Cement kan via de route van betongranulaat echter nauwelijks worden gerecycled. De chemische reactie bij het uitharden van cement zijn irreversibel¹¹. Dit betekent dat de reactie niet terug te draaien is en dat beton dus nooit volledig circulair te krijgen is. Echter een deel van het cement heeft niet gereageerd in het oorspronkelijke product en is in een tweede levensfase opnieuw te activeren. Dit aandeel wordt geschat op maximaal 1/3 van het cement. Het hoogst haalbare is dat de huidige toeslagstoffen vrijwel volledig vervangen kunnen worden. Dit betekent dat gemiddeld 10% cement de hoogst haalbare circulariteit van het beton als een geheel 10 is.

Beton is voor Rijkswaterstaat een belangrijke bouwstof dat wordt toegepast in veel waterstaatswerken die Rijkswaterstaat viaducten, tunnels, bruggen en dijken) beheert.

4.2 Huidige recycling

In 2014 bedroeg de totale betonproductie in Nederland circa 33.60 Mton¹². Tegelijkertijd kwam 12 Mton betonpuin vrij bij het slopen. Hiervan kwam 9 Mton vrij als zuivere fractie en zou kunnen worden opgewerkt tot secundaire grondstof voor beton.

Cement

Cement wordt niet gerecycled omdat dit technisch niet mogelijk is als de recycling plaatsvindt via betongranulaatproductie. In de toekomst is dit met behulp van "slim breken" wellicht wel mogelijk.

Grof toeslagmateriaal

Op basis van de 9 Mton zuiver vrijgekomen betonpuin en de huidige breektechnieken zou maximaal 4,5 Mton grof betongranulaat voor grindvervanging kunnen worden gebruikt. In 2015 bedroeg het percentage grindvervanging in beton slechts 2%¹³ (slechts 0,3 Mton). De circulariteitsfactor is daarmee voor het grind 1,02 en is daarmee eigenlijk nog nagenoeg lineair.

Overigens is de vervanging van 2% in absolute zin nog steeds fors gezien de enorme omvang van de betonketen. De Green Deal Verduurzaming Betonketen¹⁴ streeft naar 30% grindvervanging in 2025¹⁵. Dit

¹¹ *Recycling Concrete World Business Council for Sustainable Development The Cement Sustainability Initiative - 2009*

¹² <http://www.vobn-beton.nl/keurmerk-beton-bewust/duurzaam-bouwen-met-beton/beton-en-co2-emissie>

¹³ <http://www.cobouw.nl/artikel/1150156-sloop-duurzaam-en-gebruik-betongranulaat>

¹⁴ <http://www.greendeals.nl/gd030-verduurzaming-betonketen/>

zou betekenen dat voor het grind de circulariteitsfactor 1,4 wordt. Veel beter dan momenteel, maar nog nauwelijks circulair.

De kwaliteitseisen aan betongranulaat als grindvervanger zijn vastgelegd in NEN-EN 12620¹⁶, NEN 5905¹⁷ en CUR-Aanbeveling 112¹⁸. Er is vastgelegd hoe betongranulaat bij de productie van beton kan worden ingezet als (grof) toeslagmateriaal.

Fijn toeslagmateriaal

Het is mogelijk de fijne fractie van betongranulaat opnieuw toepassen in betonspecie. Beton met het fijne toeslagmateriaal scoort wel slechter op kruip, krimp en druksterkte. Daarnaast kan deze fractie niet langdurig worden opgeslagen omdat het gaat verkitten. Indien het toch toegepast wordt als fijne minerale fractie vereist het soms meer cement.

Desondanks zijn kwaliteitseisen aan de fijne fractie van betongranulaat als zandvervanger vastgelegd in NEN-EN 12620, NEN 5905 en CUR-Aanbeveling 106¹⁹. Er is vastgelegd hoe Bsa-granulaten kunnen worden ingezet als fijn toeslagmateriaal bij de productie van beton.

4.3 Risico's

4.3.1 Schaarste van de grondstoffen

Hieronder worden de risico's worden per ingrediënt van betonspecie bekeken.

Cement

Voor de productie van cement is kalksteen of kalksteen houdend gesteente zoals mergel noodzakelijk. Kalksteen en kalksteenhoudend gesteente zijn als sedimentaire gesteente in grote delen van de wereld op grote schaal beschikbaar en daarmee niet erg schaars. Bij de winning gaat wel landbouwgebied of natuur (tijdelijk) verloren.

Voor de productie van cement is echter veel energie nodig. Deze energie is schaarser dan het kalksteen zelf en bepaalt eigenlijk de schaarste van cement. Cementproductie is geschikt voor een zeer ruime verscheidenheid aan brandstoffen en kan gebruik maken van allerlei secundaire brandstoffen en (theoretisch) zelfs biomassa. Dit maakt de cementproductie relatief weinig kwetsbaar voor schaarste van de energie. Schaarste van cement is daarmee een zeer beperkt risico. Nederland is wel in toenemende mate afhankelijk van het buitenland voor de aanvoer van cement.

Grind/steenslag

In Nederland wordt voor de grove minerale fractie vooral grind gebruikt. In het buitenland worden ook allerlei soorten steenslag gebruikt. In de Nederlandse bodem is nog zeer veel grind aanwezig, maar bij de winning van grind moet schaarse ruimte worden opgeofferd en de weerstand neemt toe. In het buitenland is grind en steenslag veel ruimer voorhanden. De schaarste van grind of steenslag is daarmee een zeer beperkt risico. Momenteel is Nederland al sterk afhankelijk van de import van grind/steenslag. Doordat in Nederland ontgrondingsvergunningen steeds minder worden afgegeven is Nederland ook in toenemende mate afhankelijk van het buitenland voor de aanvoer van grind/steenslag²⁰.

¹⁵ <http://www.cobouw.nl/artikel/1150156-sloop-duurzaam-en-gebruik-betongranulaat>

¹⁶ NEN-EN 12620 Toeslagmateriaal voor beton

¹⁷ NEN 5905:2005 nl Nederlandse aanvulling op NEN-EN 12620 "Toeslagmaterialen voor beton"

¹⁸ CUR-Aanbeveling 112:2014 Beton met betongranulaat als grof toeslagmateriaal

¹⁹ CUR-Aanbeveling 106 Beton met fijne fracties uit BSA-granulaten als fijn toeslagmateriaal

²⁰ <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0067-winning-en-verbruik-van-oppervlaktedelfstoffen>

Zand

In Nederland wordt voor de fijne minerale fractie vooral zand gebruikt. Als fijne minerale fractie kunnen echter verschillende “zandige” fracties uit afvalstoffenverwerking beschikbaar zijn en als zodanig worden ingezet. In de Nederlandse bodem is nog zeer veel zand aanwezig, maar bij de winning van zand moet schaarse ruimte worden opgeofferd.

Vulstoffen

Tegenwoordig wordt in beton veel poederkoolvliegias toegepast om enerzijds het beton duurzamer te maken doordat minder cement vereist is en anderzijds een reststof nuttig te recyclen. De lokale beschikbaarheid van poederkoolvliegias staat door het (toekomstige) sluiten van kolencentrales onder druk. De beschikbaarheid van deze assen zal op termijn flink afnemen. Dit zal er op termijn voor zorgen dat er alternatieven moeten komen voor deze grondstof voor beton.

Staalslakken worden gegraneerd en veel toegepast in cement of beton. Waar ze worden toegepast hangt af van de herkomst. Er zijn vanuit de staalindustrie drie soorten slak ELO-, LD- en hoogovenslakken. Hier zit een afhankelijk van de staalindustrie en het toekomstige volume van de staalindustrie. Door het faillissement van Nedstaal is de binnenlandse beschikbaarheid van ELO-staalslakken eind 2016 komen te vervallen. De mate waarin de staalindustrie actief blijft in de regio is onzeker. Dit is een risico.

4.3.2 Schaarste van de secundaire toepassing

Technisch is het goed mogelijk betongranulaat op veel grotere schaal in te zetten en ook een veel groter aandeel van de toeslagmaterialen te vervangen met secundaire stromen geproduceerd uit betonpuin. Daarnaast wordt veel minder beton gesloopt dan toegepast. Dit maakt dat er in feite voldoende mogelijkheden zijn om de grondstoffen uit beton opnieuw toe te passen. Temeer daar de productie van beton veel groter is dan het vrijkomen van beton.

4.3.3 Kwaliteitsafname en daardoor cascadering

Mits goed aangebracht degenereert beton zeer langzaam. Hoewel betonelementen kunnen worden hergebruikt vindt dit nog slechts op beperkte schaal plaats. Als beton uit een toepassing wordt verwijderd wordt het beton meestal gebroken en wordt het ijzer gescheiden van het betongranulaat. Na het breken is meteen sprake van cascadering aangezien het cement en de fijne fractie uit het beton niet of nauwelijks meer gerecycled kunnen worden in beton.

Het meeste betonpuin wordt momenteel samen met metselwerkpuin gebroken tot menggranulaat. Menggranulaat is een goed funderingsmateriaal, maar voor recycling in beton als grindvervanger minder geschikt dan de grove fractie van betonpuin. Door dit kwaliteitseffect en ook het toenemende aanbod van beton²¹ is de verwachting dat beton in de nabije toekomst vaker apart ingezameld en gerecycled zal gaan worden.

Er zijn duizenden soorten beton. Bij de productie van betongranulaat worden bijna al deze soorten samengevoegd tot één mengsel. Dit betekent dat de specifieke eigenschappen van al deze betonsoorten worden samengevoegd. Dit is voor de meeste betonsoorten geen probleem omdat de grondstoffen van deze duizenden soorten hetzelfde zijn. De soorten zijn het resultaat van de verhoudingen tussen vulstof, fijne en grove toeslagmaterialen en cement. Er zijn ook betonsoorten die helemaal niet geschikt zijn voor de productie van betongranulaat zoals sulfaat-, geopolymer-, schuim-, gips- en cellenbeton. Voor deze “beton”-soorten moet een aparte keten worden gevormd. Het niet hebben van aparte ketens voor deze materialen is een risico voor hoogwaardige recycling van beton.

²¹ AGRA Beton – Betongranulaat als grindvervanger - M. van der Poel - 2007:3

Een andere ontwikkeling bij beton is dat er steeds delen van een werk zoals leidingen, vezels, isolatie in het beton gestort worden. Deze techniek is in de bouwproductie efficiënt, in de gebruiksfase degelijk, maar bij onderhoud en recycling werken deze technieken juist averechts en verlagen de kwaliteit van te recyclen materialen en verhogen de kosten.

Nog een ontwikkeling is de wildgroei aan alternatieve toeslagstoffen zoals AVI-bodemas die al dan niet het cementgebruik reduceren. De impact op het gesloten krijgen van de keten is voor deze toeslagstoffen vaak matig onderzocht.

Tot slot zorgt de huidige wijze van breken ervoor dat veel oorspronkelijke waarden verloren gaan. Nieuwe technologieën zoals Slim Breken, ADR et cetera gaan ervoor zorgen dat de materialen met minder energie hoogwaardiger kunnen worden gerecycled. In deze technologieën worden cementsteen, zand en grind van elkaar gescheiden. De resulterende secundaire producten zijn dan veel beter toepasbaar en vrijwel volledig opnieuw in te zetten in beton. De techniek van slim breken is op dit moment alleen nog beschikbaar op pilotschaal, maar de resultaten zijn veelbelovend²².

Snelle cascadering naar menggranulaat levert een mooi product op, maar op termijn staat de vraag naar funderingsmaterialen onder druk omdat de verwachtingen voor wegbeheer zijn dat een steeds groter aandeel van de werkzaamheden aan wegen onderhoud betreffen en geen nieuwe aanleg. Bij onderhoud aan wegen wordt veel minder nieuw funderingsmateriaal gebruikt dan bij de aanleg van nieuwe wegen. Funderingsmaterialen concurreren op een krimpende markt. Dit betekent dat op termijn de afzet van betongranulaat onder druk zal komen te staan en de verwerkingstarieven zullen stijgen. Hoogwaardige recycling is dus hard nodig.

Het volwassen worden van de techniek van “slim breken” is dus van groot belang voor het circulair maken van beton en voldoende beschikbaar hebben van een secundaire toepassing.

4.3.4 Schaalgrootte aanwezig voor recycling

Volwassen hoogwaardige recycling van beton vereist voldoende schaalgrootte, continuïteit en uniformiteit in het aanbod. Deze is nu nog niet aanwezig. Individuele sorteerb企业 hebben te kleine volumes die onregelmatig beschikbaar zijn. Dit is een risico voor de producenten van beton en deze zullen daardoor huiveriger zijn om het te gaan toepassen tenzij een contract expliciet gerecycled betongranulaat eist.

Een risico van de schaalgrootte is ook dat wanneer slopers en sorteerb企业 meer betongranulaat voor recycling in beton gaan aanbieden dat de hoeveelheid betongranulaat voor menggranulaat daalt. De meerwaarde in euro per ton voor grof betongranulaat als grindvervanger moet dan voldoende aantrekkelijk zijn om de afzet van resterende van metselwerkgranulaat te financieren. Overigens is het aandeel betongranulaat in het huidige menggranulaat nog hoger dan de minimale eis van 45%. Er is dus nog ruimte, maar op termijn gaat dat knellen en speelt deze concurrentie.

Een aparte inzamelstructuur voor stromen die niet in de grote betonketen passen is noodzakelijk en zou ook verplicht moeten zijn. Het weglekken van deze stromen in betonpuin ondermijnt de recycling van beton. Dit geldt voor schuim-, gips- en cellenbeton.

²² http://www.betonketen.nl/userfiles/file/Slim_Breken_Smart_Concrete_20-5-2016.pdf

4.3.5 Energiegebruik noodzakelijk voor recycling

Calciumsilicaten zijn metallurgisch gezien wel uit elkaar te trekken, maar dit zou enorm veel energie kosten en is daarmee niet realistisch reversibel. Recycling van cement is daarom alleen mogelijk voor het deel dat de eerste cyclus niet gereageerd heeft. Bij slim breken kan deze resterende fractie ongebruikt cement een reductie van 33% geven voor het cementgebruik bij het maken van nieuw beton.

Recycling van beton bestaat uit het opnieuw beschikbaar maken van mineraal toeslagmateriaal voor de productie van betonspecie. De benodigde energie voor recycling is substantieel door het breken. Bij slim breken is de benodigde energie wel veel minder dan bij traditioneel breken.

Bij menggranulaat en de fijne fractie van betongranulaat is soms meer cement nodig om dezelfde kwaliteit beton te realiseren. De productie van cement veroorzaakt op twee manieren CO₂-emissie. Het calcinatieproces trekt het aanwezige calciumcarbonaat chemisch uit elkaar en resulteert in een de emissie van het CO₂. Daarnaast is voor dit proces een hoge temperatuur nodig en hiervoor worden brandstoffen ingezet.

Afhankelijk van het type cement en de gebruikte rest- en brandstoffen varieert de CO₂ uitstoot tussen de 200 en 880 kg per ton cement²³. Voor Europees portlandcement is het 880 kg CO₂ per ton cement²⁴. De CO₂-impact bij de productie van zand en grind is veel minder. Bij zand is slecht 2,35 kg CO₂ per ton zand nodig. Voor grind is dit 14 kg CO₂ per ton grind. Dit maakt dat kleine verhogingen in het cementgebruik door het toepassen van de fijn of grof toeslagmateriaal geproduceerd uit betongranulaat de energiewinst door de recycling teniet doet.

4.3.6 Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht

De risico's voor emissies naar de bodem, het water en de lucht zijn voor zowel de toepassing van het beton als de productie ervan goed geborgd in regelgeving.

4.3.7 Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal

Momenteel wordt nog maar een klein gedeelte van het beton gerecycled in nieuw beton. In de huidige keten wordt teveel betonpuin met andere inerte bouwstoffen in menggranulaat verwerkt. Mede hierdoor is de continue beschikbaarheid van grof betongranulaat als grindvanger onvoldoende. Maar dit wordt ook deels veroorzaakt door het ontbreken van voldoende substantiële vraag en prijsvoordeel om het aanbod te creëren.

De maximale opbrengst voor vervangend grof betongranulaat is de kostprijs van grind. Het weglaten van betonpuin uit menggranulaat zet de opbrengst en afzet van menggranulaat onder druk. Deze negatieve impact op de afzetbaarheid van meng- en metselwerkgranulaat heeft grote invloed op de keuzes die sloop- en sorteerbedrijven maken. Voor sloop- en sorteerbedrijven is een hogere grindprijs een sterke prikkel om de grove fractie van betongranulaat toe te passen als grindvervanger en te innoveren bij de toepassing van de overige inerte fracties. Voor hoogwaardigere breektechnologieën werkt deze stimulans van een hogere grindprijs gelijk.

Om de betonketen te sluiten moet zoveel mogelijk uitsluitend beton worden ingezameld dat in de keten hoogwaardig te recyclen is. Betonsoorten die niet geschikt zijn en ook geen eigen recyclingketen hebben zouden niet moeten worden gebruikt in nieuwe werken.

²³ M.M. (Marijn) Bijleveld, G.C. (Geert) Bergsma, M. (Marit) van Lieshout, *Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw Status quo en toetsing van verbeteropties*, Delft, CE Delft, april 2013

²⁴ *Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead*, Düsseldorf : European Cement Research Academy (ECRA), Cement Sustainability Initiative (CSI), 2009

Verder moet voldoende schaalgrootte ontwikkeld worden zodat continuïteit en beschikbaarheid het gebruik niet remmen. Tot slot zou slim breken verder moeten worden ontwikkeld waardoor met minder energiegebruik een veel groter deel van het gebroken beton opnieuw in beton toe te passen is. Ook met deze technieken zal cement hooguit voor een klein deel als cement kunnen worden gerecycled.

Het in beton gieten van bijvoorbeeld leidingen en isolatie leidt ertoe dat een deel van dit beton met onvoldoende kwaliteit is te recyclen in beton. Dit ondermijnt de business case voor (bijna) volledige recycling van beton.

Momenteel wordt gerecycled beton dat niet in betonproductie wordt ingezet voornamelijk ingezet als funderingsmateriaal. Deze situatie is in feite onwenselijk omdat de grove fractie het betongranulaat hoogwaardiger toegepast had kunnen worden in beton en de fijne fractie nog steeds een cementerende werking heeft.

Doordat Rijkswaterstaat relatief grote werken heeft zal het beton uit haar werken relatief aantrekkelijk zijn en daarmee beter afzetbaar en meer geschikt voor hoogwaardige recycling. Om secundaire afzet te garanderen wordt geadviseerd de volgende doelen na te streven en te stimuleren:

- Technologische innovatie zoals “slim breken” waar het maximale aandeel fijne en grove toeslagstoffen van betonpuin in nieuwe betonspecie wordt verhoogd;
- In aanbestedingen een minimaal aandeel percentage recycling van toeslagstoffen in beton verplicht stellen en gunningspunten voor een huidig percentage recycling. Dit creëert marktvolume en daarmee vraag;
- In aanbestedingen een minimaal aandeel percentage recycling van toeslagstoffen in beton verplicht stellen en gunningspunten voor een hoger toekomstig percentage recycling.

Bij het stimuleren van recycling in de vorm van toeslagstoffen dient wel rekening gehouden te worden dat dit niet resulteert in een substantiële toename van cement. Het behaalde milieurendement zou hiermee namelijk deels teniet kunnen worden gedaan.

De ultieme keuze voor een niet-circulair materiaal is deze niet meer gebruiken, maar de circulariteit van beton is nog aanzienlijk te verhogen ten opzicht van de huidige situatie en alternatieven zijn voor veel toepassingen nog niet voorhanden. De sturingsinstrumenten die Rijkswaterstaat heeft om hierop te sturen zijn nog slechts in geringe mate benut. Dit biedt kansen voor Rijkswaterstaat en uiteindelijk zou beton voor een groot deel circulair te krijgen moeten zijn.

4.3.8 Samenvatting risico's beton

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de risico's bij het maximaal sluiten van de keten bij het toepassen van beton weer. Hierbij zijn de volgende vier risicoklassen gebruikt:

- (+) een verwaarloosbaar risico;
- (++) een klein risico;
- (+++) een groot risico;
- (++++) een zeer groot risico.

Tabel 4.1 Risico's bij het toepassen van beton inzake het circulair maken van de bouwstof

Risico	Beton
Schaarste van de grondstoffen	+
Schaarste van de secundaire toepassing	++
Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	+++
Schaalgrootte aanwezig voor recycling	+
Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	+++
Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	+
Competitiviteit recycling tegenover primair gebruik	++++
Kwaliteit (deels) secundair materiaal	+

5 Risicoprofiel menggranulaat

5.1 Inleiding

Menggranulaat is een bouwstof die samengesteld is uit mineraal aggregaat dat gemaakt wordt door beton- en metselwerkpuin samen te breken tot puingranulaat. Beton- en metselwerkpuin komen vrij bij het slopen van gebouwen en werken. In menggranulaat worden de grondstoffen daarmee al voor de tweede keer in de keten gebruikt, maar bij het sluiten van de keten zou ook deze secundaire toepassing keer op keer hergebruikt moeten worden.

Menggranulaat is 1 van de 10 recyclinggranulaten die onder de BRL 2506 Recyclinggranulaten voor toepassing in GWW-werken en beton vallen²⁵. Het betreft de volgende recyclinggranulaten:

1. betongranulaat;
2. brekerzeefzand;
3. menggranulaat;
4. asfaltgranulaat;
5. metselwerkgranulaat;
6. speciaal recyclinggranulaat;
7. hydraulisch recyclinggranulaat;
8. gebonden recyclinggranulaat;
9. fijn granulaat;
10. grof granulaat.

Dit risicoprofiel betreft alleen menggranulaat, maar er is wel redelijk veel interactie omdat betonpuin, metselwerkpuin en asfaltgranulaat na opwerking in veel van deze recyclinggranulaten in meerdere of mindere mate worden toegepast.

In menggranulaat dient volgens de BRL het betongranulaatgehalte tenminste 45% te zijn vanwege de cementerende werking van betongranulaat.

Menggranulaat is voor Rijkswaterstaat een belangrijke bouwstof dat wordt toegepast in combinatie met staalslakken als hydraulisch menggranulaat. Het hydraulisch menggranulaat wordt toegepast als funderingsmateriaal in veel (snel)wegen die Rijkswaterstaat beheert.

5.2 Huidige recycling

Puin wordt in Nederland als sinds de Romeinen gerecycled als bouwstof. Hetzelfde materiaal maakte bijvoorbeeld in Nijmegen eerst deel uit van de stenen gebouwen uit de Romeinse stad, toen van de Valkhofburcht van Karel de Grote en werd tot slot toegepast in de Sint Stevenskerk. Ook als verhardingsmateriaal kent het een lange geschiedenis van wegen en erven. De geschiedenis van puin als gespecificeerd funderingsmateriaal met een constante kwaliteit gaat veel minder ver terug. Sinds 1996 is direct hergebruik van ongebroken puin niet meer toegestaan.

Momenteel wordt menggranulaat veel ingezet als funderingslaag in de wegenbouw en vooralsnog in zeer beperkte mate als grindvervanger voor betonproductie.

Momenteel is jaarlijks 13 Mton²⁶ menggranulaat beschikbaar. Daarnaast wordt circa 1,5 Mton betongranulaat geproduceerd waarvan 0,5 Mton in als grindvervanger wordt toegepast. Betongranulaat

²⁵ BRL 2506 Recyclinggranulaten voor toepassing in GWW-werken en in beton - Kiwa

²⁶ <http://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bouwstoffen-en-afvalstoffen/puin-en-granulaten>

wordt door sommige opdrachtgevers/gemeenten nog steeds in bestekken verplicht. Indien uitsluitend betongranulaat als funderingsmateriaal wordt toegepast is sprake van onnodige overdimensionering. Veruit het meeste puin komt gemengd vrij. Voor betongranulaat moet selectief gesloopt worden.

Bij het breken van beton komt 50% van de fractie >4 mm vrij die geschikt is als grind vervanger. De fijne betonfractie kan worden toegepast in beton maar deze fractie is wel lastiger te gebruiken doordat de cementbehoefte voor het beton kan variëren. De cementbehoefte kan meer zijn, maar ook minder afhankelijk van de exacte samenstelling van het betonzand.

Sinds 5 februari 2015 is recyclinggranulaat geen afvalstof meer maar onder de voorwaarden van de regeling een product²⁷. Menggranulaat is één van de 7 soorten recyclinggranulaat.

5.3 Risico's

5.3.1 Schaarste van de grondstoffen

Menggranulaat wordt geproduceerd door metselwerk- of betonpuin samen te breken. Daarnaast kan menggranulaat uit een bestaand werk vrijwel zonder voorbehandeling opnieuw worden toegepast. De beschikbaarheid van zowel metselwerk- als betonpuin hangt sterk af van economische ontwikkelingen en planologische keuzes die gemaakt worden. Hoe vindt renovatie van oude woningen of bedrijfsgebouwen plaats? Renovatie, renovatie via casco of herbouw. De keuzes die hierin gemaakt worden bepalen sterk de beschikbaarheid van de grondstoffen voor menggranulaat.

Betonpuin

Voor de productie van menggranulaat is betonpuin het meest schaarse ingrediënt. In absolute zin is beton zeker niet het meest schaars, maar voor betonpuin zijn andere toepassingen zoals grindvervanger in beton en zuiver betongranulaat als wegfundering concurrerend. De hoeveelheid betonpuin neemt langzaam toe doordat steeds meer (bouw)werken gesloopt worden waarin beton is toegepast. Slechts een beperkt gedeelte van het beton wordt selectief gesloopt.

Metselwerkpuin

Metselwerkpuin wordt vrijwel volledig in menggranulaat toegepast. Het aanbod van metselwerkpuin blijft vooralsnog min of meer gelijk. In tegenstelling tot betongranulaat heeft metselwerkgranulaat geen cementerende werking en is daardoor veel minder geschikt als zuiver funderingsmateriaal toe te passen. Het kan wel worden toegepast als opvulmateriaal om gebruik van primair vulzand te verdringen. Onvoldoende beschikbaarheid van betonpuin zorgt er dus voor dat metselwerkpuin minder hoogwaardig kan worden toegepast.

Menggranulaat

Menggranulaat komt vrijwel uitsluitend vrij bij het verwijderen of de reconstructie van wegen of verharde oppervlakken. De komende jaren vindt in de GWW-sector een verschuiving plaats waarbij nog vrijwel uitsluitend renovatie van wegen plaatsvindt. In gemeenten vindt deze renovatie vaak plaats in combinatie met het vervangen van het rioolsysteem. Deze systemen moeten eens in de 50 jaar vervangen worden. Dit betekent dat de komende 35 jaar heel veel lokale wegen opgebroken zullen worden en dat de fundering opnieuw aangebracht moet worden. Hierbij kunnen significante volumes funderingsmateriaal beschikbaar komen. Als de kwaliteit van dit funderingsmateriaal niet bekend is, moet het weer op specificatie gebracht worden alvorens opnieuw in een werk toe te kunnen passen.

²⁷ Regeling vaststelling van de status einde-afval van recyclinggranulaat

5.3.2 Schaarste van de secundaire toepassing

De belangrijkste toepassing van menggranulaat en ook van de meeste andere recyclinggranulaten is als bouwstof voor wegfunderingen. Het aandeel menggranulaat dat in beton wordt toegepast is nog zeer beperkt. De betonbranche heeft de voorkeur om zuiver beton toe te passen in plaats van menggranulaat, maar zal bij schaarste of aantrekkelijke tarieven in staat zijn om menggranulaat in beton toe te passen. Er zijn nu al woonwijken gebouwd met beton waarin menggranulaat is toegepast.

Het volume (nieuwe) funderingsmaterialen dat wordt toegepast in Nederland zal de komende decennia flink afnemen. Omdat het Nederlandse wegennet steeds verder uitontwikkeld is, vindt een sterke verschuiving van aanleg naar renovatie plaats. De verwachting is dat het aandeel renovatie zal oplopen naar 95,5% in 2050²⁸. Bij renovatie is nauwelijks behoefte aan nieuw funderingsmateriaal. Hierdoor zal de vraag naar recyclinggranulaten inclusief menggranulaat flink afnemen. Dit betekent dat de afzet van menggranulaat en de andere recyclinggranulaten onder druk komt te staan. Dit vereist of nieuwe toepassingen voor menggranulaat of een andere bouwwijze waardoor het beton- en metselwerkpuin hoogwaardiger zijn te hergebruiken of recyclen.

In de toepassing als funderingsmateriaal moet menggranulaat ook concurreren met asfaltgranulaat (breekasfaltcement). Dit funderingsmateriaal wordt veel toegepast omdat de grondstof bijvoorbeeld bij het verbreden van wegen voldoende beschikbaar is en het inzetten van asfaltgranulaat in plaats van menggranulaat veel (transport)kosten scheelt. Er kleven twee nadelen aan deze praktijk. Ten eerste wordt het asfaltgranulaat veel minder hoogwaardig toegepast dan recycling in asfalt. Ten tweede wordt een funderingsmateriaal toegepast dat kwalitatief minder is dan menggranulaat, omdat het bijvoorbeeld in een volgende cyclus niet onbehandeld opnieuw her te gebruiken is.

5.3.3 Kwaliteitsafname en daardoor cascadering

De kwaliteit van menggranulaat zal gedurende de gebruiksfase slechts zeer beperkt teruglopen door het vergruizen van grover steenachtig materiaal. In de transitiefase waar het menggranulaat wordt gerecycled zijn zowel bij het terugwinnen van materialen uit een werk als het aanbrengen van materialen in een nieuw werk de grootste risico's aanwezig voor kwaliteitsafname van het menggranulaat. Onderstaande tabel geeft de vijf belangrijkste bedreigingen voor de kwaliteit van gerecycled menggranulaat weer.

Nr.	Bedreiging	Risico voor kwaliteit van het menggranulaat
1	Vergruizen in gebruiks- en transitiefase	Bij het opnieuw op specificatie brengen in de volgende transitiefase zal een hoeveelheid fijn gruis niet meer kunnen worden hergebruikt in het menggranulaat. Er zal meer materiaal in het minder hoogwaardig toepasbare brekerzeefzand belanden.
2	Vermengd raken met bodem	Indien de onderliggende bodem in het menggranulaat belandt, zal het uiteindelijk belanden in het brekerzeefzand en vervolgens minder hoogwaardig toegepast kunnen worden.
3	Vermengd raken met ophoogzand	Indien het zand in het menggranulaat belandt, zal het uiteindelijk belanden in het brekerzeefzand en vervolgens minder hoogwaardig toegepast kunnen worden.
4	Vermengd raken met asfalt	Indien het asfalt in het menggranulaat belandt, zal de kwaliteit van het menggranulaat teruglopen en zal deze minder hoogwaardig toegepast kunnen worden.
5	Vermengd raken met andere funderingsmaterialen	Indien de andere funderingsmaterialen in het menggranulaat belanden, zal de kwaliteit van het menggranulaat teruglopen en zal deze minder hoogwaardig toegepast kunnen worden.

²⁸ De landing van de Nederlandse Asfaltmarkt? - M. Huurman, E. Demmink BAM Infra Asfalt - 2016

Bij de productie van menggranulaat uit ongebroken puin bestaan veel meer bedreigingen voor de kwaliteit, maar deze bedreigingen staan buiten de scope van dit onderzoek.

5.3.4 Schaalgrootte aanwezig voor recycling

Menggranulaat heeft bij recycling in een nieuw (bouw)werk meestal geen opwerking nodig. Indien dit wel het geval is, is het recyclingproces voor menggranulaat eigenlijk de verkorte versie van het produceren van menggranulaat uit ongebroken metselwerk en betonpuin. De stap van het verwijderen van verontreinigingen en breken is niet meer noodzakelijk. Door de grote volumes waarin menggranulaat is toegepast en het fijnmazige netwerk aan recyclingbedrijven voor bouw- en sloopafval is een gebrek aan voldoende schaalgrootte voor recycling geen risico.

5.3.5 Energiegebruik noodzakelijk voor recycling

In de meeste gevallen is direct hergebruik mogelijk. Indien noodzakelijk bestaat recycling van menggranulaat uit het opnieuw zeven van de fractie waardoor de civieltechnische eigenschappen voldoen aan de specificaties uit BRL 2506. In de productie van menggranulaat uit ongebroken puin kost het breken circa 62% van de benodigde energie²⁹. Doordat het puin reeds gebroken is, wordt deze energie uitgespaard. Energietechnisch is recycling van het menggranulaat dus veel aantrekkelijker dan nieuw puin breken.

5.3.6 Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht

De risico's voor emissies naar de bodem, het water en de lucht zijn voor zowel de toepassing van het menggranulaat als de productie ervan goed geborgd in regelgeving zoals de BRL 2506.

5.3.7 Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal

De competitiviteit van menggranulaat staat op de lange termijn bij ongewijzigde ontwikkelingen onder druk doordat volgens de toekomstverwachtingen de kans groot is dat de vraag naar funderingsmaterialen gaat dalen. Dit is voor menggranulaat momenteel de meest gebruikte toepassing. In de wegenbouw zal door het vrijwel wegvallen van nieuwe aanleg van wegen de vraag naar funderingsmaterialen afnemen.

Indien recycling van beton zich serieus ontwikkelt, is dit enerzijds een risico als uitsluitend betongranulaat wordt hergebruikt in de productie van nieuwe betonspecie. Anderzijds is het een kans als de betonsector open staat voor het toepassen van menggranulaat.

Aan de aanbodzijde zal veel minder sprake zijn van een afname omdat renovatie in de woningbouw wel nieuwe hoeveelheden menggranulaat en andere recyclinggranulaten op de markt zal brengen. Een toekomstige afname van de vraag bij gelijkblijvend beleid zorgt ervoor dat de competitiviteit van menggranulaat zal afnemen. Zelfs wanneer in de komende 10 jaar volledig wordt overgestapt op volledig demontabel bouwen zullen nog meer dan 100 jaar recyclinggranulaten uit de bestaande gebouwvoorraad vrijkomen. De kans voor een dergelijke drastische overstap is niet erg groot en dus is de kans groot dat het aanbod hooguit langzaam zal dalen.

Het effect van een dalende trend zal zijn dat de afzetkosten voor menggranulaat zullen stijgen. Deze stijging is niet eindeloos, omdat een stijging van de afzetkosten de poorttarieven bij brekers zal doen stijgen, maar voor de poorttarieven bij het huidige prijspeil geldt een plafond van circa 10 euro per ton.

²⁹ *Bouwen aan een milieuverantwoorde markt voor vaste en mobiele puinbrekers – CE – 2000*

Voor voldoende toekomst van de afzet van menggranulaat is het dus belangrijk dat menggranulaat waar mogelijk integraal in beton wordt gerecycled.

Deze geschetste problemen voor de afzet van recyclinggranulaten kunnen een grote impact hebben op de keuzes die slopers, sorteerbedrijven en aannemers maken voor de recycling van materialen. Voor Rijkswaterstaat is het risico echter beperkt doordat Rijkswaterstaat in 2050 voornamelijk nog renovatie doorvoert en hierbij kan menggranulaat al dan niet met een zeefstap opnieuw worden toegepast. Voor het benodigde menggranulaat in nieuwe werken zal dit betekenen dat de kosten voor menggranulaat als funderingsmateriaal zullen dalen. Indien afzet onzeker wordt kan het op enig moment aantrekkelijk worden om voor de afzet van gerecycled menggranulaat de benodigde capaciteit voor eigen werken te reserveren. Dit vereist grondstoffenmanagement.

De ultieme keuze voor een niet-circulair materiaal is deze niet meer gebruiken. Voor menggranulaat geldt dat zij niet uit primaire grondstoffen wordt gemaakt. Het is daarmee niet aan de producenten van menggranulaat om het aanbod van menggranulaat en andere recyclinggranulaten op de vraag af te stemmen. De (toekomstige) eigenaren van werken en gebouwen dit aanbod wel beïnvloeden. Het aanbod van beton- en metselwerkpuin kan door hen op vier manieren worden beïnvloed:

- werken en gebouwen langer gebruiken;
- werken en gebouwen zo ontwerpen dat zij langer meegaan;
- demontabel bouwen;
- meer circulaire constructiematerialen dan beton en metselwerk toepassen.

Rijkswaterstaat kan hierbij als beheerder van heel veel werken en objecten een voortrekkersrol spelen. Een langere levensduur bespaart geld en is relatief eenvoudig te realiseren, maar demontabel bouwen en circulaire constructiematerialen betekent investeren in een goedkopere toekomst over 50 tot 100 jaar. Dat is een lastig plaatje met de dilemma's van nu. Daarbij is het een illusie dat, ondanks het feit dat beton niet volledig circulair te maken is, Rijkswaterstaat in 2050 geen beton meer toepast.

5.3.8 Samenvatting risico's menggranulaat

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de risico's bij het maximaal sluiten van de keten bij het toepassen van menggranulaat weer. Hierbij zijn de volgende vier risicoklassen gebruikt:

- (+) een verwaarloosbaar risico;
- (++) een klein risico;
- (+++) een groot risico;
- (++++) een zeer groot risico.

Tabel 5.1 Risico's bij het toepassen van menggranulaat inzake het circulair maken van de bouwstof

Risico	Menggranulaat
Schaarste van de grondstoffen	+
Schaarste van de secundaire toepassing	++++
Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	++
Schaalgrootte aanwezig voor recycling	+
Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	+
Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	+
Competitiviteit recycling tegenover primair gebruik	++
Kwaliteit (deels) secundair materiaal	++

6 Risicoprofiel gerecyclede kunststof producten voor de GWW

6.1 Inleiding

Kunststoffen zijn in de 19^{de} eeuw uitgevonden. Grootschalig gebruik van kunststoffen begon pas in de jaren 40 en 50. Recycling van kunststoffen kwam echter veel later op gang. Sinds de jaren zeventig worden kunststoffen in toe

Gerecyclede kunststof producten voor de GWW zijn een relatief nieuw bouw materiaal dat een breed spectrum aan toepassingen kent. De meeste toepassingen betreffen het vervangen van (hard)hout in bijvoorbeeld straatmeubilair, steigers, damwanden, bruggen, gordingen, loopplanken en vlonders. Gerecyclede kunststof producten worden gemaakt door gerecyclede kunststoffen te smelten en in mallen te persen/spuiten.

Eind jaren 90 is door Kiwa een Beoordelingsrichtlijn K568/01 opgesteld voor Gerecyclede kunststof producten voor beperkt constructieve toepassingen in de grond-, weg- en waterbouw³⁰. Deze BRL wordt echter niet meer gebruikt omdat vanuit de afnemers geen behoefte bestond voor de certificatie en de gemaakte kosten daarmee niet konden worden gerechtvaardigd.

Gerecyclede kunststof producten worden bij Rijkswaterstaat op een relatief beperkte schaal toegepast in vergelijking met bijvoorbeeld beton en asfalt, maar door de lange levensduur is het verstandig om nu al te kijken of er risico's zijn met het sluiten van de keten voor dit materiaal in de toekomst.

6.2 Huidige recycling

Door de lange levensduur van gerecyclede kunststof producten komt dit materiaal nu nog slechts op zeer beperkte schaal vrij. Sommige leveranciers prevaleren hun eigen afgedankte producten in te nemen boven de inkoop van gesorteerde kunststoffen of gerecyclede kunststof producten van andere leveranciers. Dit verlaagt namelijk de productiekosten en risico's.

6.3 Risico's

6.3.1 Schaarste van de grondstoffen

Voor de productie van gerecyclede kunststof producten voor de GWW worden kunststoffen gebruikt die vrijkomen bij het sorteren van afvalstromen die (deels) uit kunststoffen bestaan.

Voor de productie van deze kunststoffen is energie en aardolie nodig. Beide grondstoffen zijn schaars, maar het effect van de schaarste op kunststof verpakkingen is beperkt. De kosten voor kunststof verpakkingen zijn namelijk voornamelijk relatief laag en een verdubbeling van de kosten voor kunststoffen heeft daardoor een veel kleinere impact op de vraag dan bijvoorbeeld een verdubbeling van de kosten voor andere aardolieproductie zoals benzine of kerosine.

Het is op het moment voor veel plastics al mogelijk deze synthetisch uit biomassa te maken. Dit is met de huidige olieprijs nauwelijks competitief. De keuze van fabrikanten om bioplastics te gebruiken hangt daarmee alleen af van de wens van de klant.

Schaarste van de grondstof voor gerecyclede kunststof producten kan wel sterk beïnvloed worden door ontwikkelingen bij verpakkingsmaterialen al dan niet veroorzaakt door wijzigingen in regelgeving die

³⁰ <http://www.kiwa.nl/upload/BRL/k568.pdf>

bijvoorbeeld hergebruik in de vorm van statiegeld nastreven. Op de korte termijn is de ontwikkeling eerder dat steeds meer kunststoffen gescheiden worden en het aanbod stijgt.

Samengevat kan worden gesteld dat schaarste van grondstoffen vooralsnog geen groot risico vormt voor de productie van gerecyclede kunststof producten. Daar komt bij dat op termijn een steeds groter deel van deze markt zal bestaan uit de recycling van afgedankte gerecyclede kunststof producten voor de GWW.

6.3.2 Schaarste van de secundaire toepassing

Gerecyclede kunststof producten hebben een zeer ruim toepassingsgebied. Het marktaandeel in dit zeer brede scala aan toepassingen is momenteel slechts zeer beperkt en biedt zeer veel groeipotentieel. Voornamelijk (hard)houten en betonnen toepassingen worden vervangen. Doordat het toepassen van hardhout maatschappelijk onder druk staat en tevens hardhout steeds schaarser en duurder wordt, is de komende decennia een groeiende behoefte aan een alternatief voor deze materialen. Het is niet de verwachting dat schaarste zal ontstaan voor een tweede leven voor “gerecyclede kunststof producten”.

6.3.3 Kwaliteitsafname en daardoor cascadering

Het grootste risico voor de recycling van gerecyclede kunststof producten voor de GWW is dat er niet één specificatie is waarvoor alle gerecyclede kunststof producten voor de GWW worden geproduceerd uit gerecyclede kunststoffen. Hierdoor zullen verschillen optreden bij recycling en is het minder eenvoudig voor recyclingbedrijven om de kwaliteit te handhaven bij het opnieuw recyclen van de kunststoffen.

6.3.4 Schaalgrootte aanwezig voor recycling

Recycling van kunststoffen kan in vergelijking met veel andere materialen op een relatief kleine schaal plaatsvinden. Daarnaast is het recyclen van reeds gebruikte gerecyclede kunststof producten relatief eenvoudig te combineren met de productie van nieuwe gerecyclede kunststof producten uit gesorteerde kunststoffen.

6.3.5 Energiegebruik noodzakelijk voor recycling

Recycling vergt het wassen en drogen van de objecten van gerecyclede kunststof producten voor de GWW. Vervolgens moeten de kunststoffen worden gemalen en daarna moeten de kunststoffen worden gesmolten. Bij de nieuwe productie van gerecyclede kunststof producten voor de GWW vindt wassen, drogen en smelten ook plaats. Hier is dus voor recycling geen sprake van additioneel energieverbruik. Sterker nog: in deze drie stappen is sprake van minder energieverbruik.

6.3.6 Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht

Voor steenachtige bouwstoffen is een duidelijk wettelijk kader met bijbehorende regelgeving vastgelegd in het Besluit bodemkwaliteit (Bbk) vastgesteld. Hierin wordt duidelijk aangegeven waaraan steenachtige bouwstoffen moeten voldoen. Voor niet-steenachtige bouwstoffen is dit veel minder duidelijk geregeld.

Voor toepassingen in water geldt dat de waterschappen beperkingen kunnen stellen aan de uitloging van materialen die gebruikt worden. Indien uit bouwstoffen stoffen uitloggen die het voldoen aan de Kaderrichtlijn water in gevaar brengen, bestaat een serieus risico dat waterschappen beperkingen aan het toepassen van deze bouwstoffen zal stellen. Op het moment hoeft niet gemeten te worden en is het daadwerkelijke risico voor de kwaliteit van het oppervlaktewater (nog) onbekend. Bij een mogelijke impact kan gedacht worden aan het verspreiden van kunststof nanodeeltjes in het oppervlaktewater.

Voor toepassingen op het land kunnen gemeenten beleid opstellen, maar alleen afdwingen voor werken waarin zij zelf opdrachtgever is. Voor deze toepassingen is voorsnog geen risico voor de recycling van gerecyclede kunststof producten voor de GWW.

6.3.7 Competitiviteit sluiten van de keten voor dit materiaal

Het is zeer aantrekkelijk voor producenten van gerecyclede kunststof producten voor de GWW om hun producten weer in te nemen. In significante volume hebben de gerecyclede producten een positieve waarde.

Het sluiten van de keten is daarmee heel eenvoudig. Echter, indien de locatie waar de gerecyclede producten zijn toegepast, logistiek te ver van recyclingbedrijven ligt, zal het gerecyclede kunststof product niet worden gerecycled. Deze mits is niet van toepassing voor Rijkswaterstaat waarbij het toepassen uitsluitend binnen de Nederlandse landsgrenzen plaatsvindt.

6.3.8 Samenvatting risico's gerecyclede kunststoffen

Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de risico's bij het maximaal sluiten van de keten bij het toepassen van gerecyclede kunststoffen weer. Hierbij zijn de volgende vier risicoklassen gebruikt:

- (+) een verwaarloosbaar risico;
- (++) een klein risico;
- (+++) een groot risico;
- (++++) een zeer groot risico.

Tabel 6.1 Risico's bij het toepassen van gerecyclede kunststof inzake het circulair maken van de bouwstof

Risico	Gerecyclede kunststof producten voor de GWW
Schaarste van de grondstoffen	++
Schaarste van de secundaire toepassing	+
Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	+
Schaalgrootte aanwezig voor recycling	+
Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	++
Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	+
Competitiviteit recycling tegenover primair gebruik	+
Kwaliteit (deels) secundair materiaal	+

7 Conclusies en aanbevelingen

Dit hoofdstuk bevat de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek naar de risico's bij het toepassen van onderzochte materialen inzake circulariteit. De bevindingen zijn per thema samengevat.

Risico's onderzochte materialen

Voor de vier onderzochte materialen zijn de risico's in detail opgenomen in het risicoprofiel van elk materiaal. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de risico's bij het maximaal sluiten van de keten bij het toepassen van deze materialen weer. Hierbij zijn de volgende vier risicoklassen gebruikt:

- (+) een verwaarloosbaar risico;
- (++) een klein risico;
- (+++) een groot risico;
- (++++) een zeer groot risico.

Tabel 7.1 Risico's bij het toepassen van de onderzochte materialen inzake het circulair maken van de bouwstof

Risico	Asfalt	Beton	Menggranulaat	Gerecyclede kunststof producten voor de GWW
Schaarste van de grondstoffen	+	+	+	++
Schaarste van de secundaire toepassing	++++	++	++++	+
Kwaliteitsafname en daardoor cascadering	+++	+++	++	+
Schaalgrootte aanwezig voor recycling	+	+	+	+
Energiegebruik noodzakelijk voor recycling	++	+++	+	++
Impact door recycling op emissies naar bodem, water en lucht	++	+	+	+
Competitiviteit recycling tegenover primair gebruik	++	++++	++	+
Kwaliteit (deels) secundair materiaal	++	+	++	+

Het belang van energiegebruik wordt in veel afwegingen zwaarder gewogen dan (toekomstige) schaarste aan grondstoffen en beschikbare ruimte. Zeker als de energievoorziening gaat verduurzamen zouden deze gewichten heroverwogen moeten worden.

Te mijden materialen voor Rijkswaterstaat

- Betonsoorten die niet geschikt zijn voor recycling in de recyclingketen van klassiek beton en ook geen eigen recyclingketen hebben, zouden door Rijkswaterstaat niet meer moeten worden toegepast.
- Asfaltmengsels die niet geschikt zijn voor recycling in de recyclingketen van klassiek asfalt en ook geen eigen recyclingketen hebben, zouden door Rijkswaterstaat niet moeten worden gebruikt. Dit betreft bijvoorbeeld asfaltmengsel met modificaties en/of pigmenten.

Om materialen zo volledig mogelijk circulair te krijgen zijn bovenstaande uitgangspunten zeer verstandig. Er is echter één maar. Voor een materiaal waarvoor nu geen eigen keten en/of beschikbare techniek beschikbaar is, kan dat over 20 jaar wel beschikbaar zijn. Soms is op voorhand vast te stellen dat dit technisch onmogelijk is, maar vaak is dit niet het geval. Maar hierover nadenken vóórdat een nieuw materiaal gebruikt wordt, is zeer aan te raden en zou deel moeten uitmaken van de validatie van een bouwstof.

Inzicht in materialen van Rijkswaterstaat

- Rijkswaterstaat heeft onvoldoende beeld van de materialen die per jaar gebruikt worden bij de aanleg en onderhoud van werken.
- Rijkswaterstaat heeft geen goed beeld van de materialen die aanwezig zijn in haar werken en die op termijn vrij zullen komen.

Bovenstaande inzichten zijn noodzakelijk om vast te stellen hoe ver Rijkswaterstaat af zit van de ambities en daarmee wat nog nodig is deze ambities te realiseren. Daarnaast biedt bovenstaande kennis Rijkswaterstaat de mogelijkheid te anticiperen op marktontwikkelingen en kan Rijkswaterstaat de materiaalkeuze in werken afstemmen op de toekomstige vraag naar secundaire materialen en de mate waarin deze hoogwaardig kunnen worden gerecycled.

Risico's binnen Rijkswaterstaat:

- Bij Rijkswaterstaat is momenteel onvoldoende capaciteit inzake materiaalkennis aanwezig om kritisch de keuzes, die gemaakt worden bij het specificeren van contracten en toelaten van bouwstoffen voor de werken van Rijkswaterstaat positief te beïnvloeden.
- In aanbestedingen van werken bij Rijkswaterstaat wordt met het oog op de doelstellingen van 2030 te veel vrijheid gelaten aan de aannemers voor materiaal- en constructiekeuze. Dit kan op termijn zeer ongewenste effecten hebben omdat de goedkoopste oplossing op termijn vaak niet de oplossing is die het meest eenvoudig is te recyclen. Multi Life Cycle Analyse (MLCA) als basis voor materiaalkeuzes is momenteel nog teveel theorie en te weinig praktijk. De keuzes zouden gebaseerd moeten zijn op de te verwachten kosten voor aanleg, onderhoud en renovatie voor de komende 100 jaar. Met een dergelijke blik zullen keuzes gemaakt worden die bijdragen aan het sluiten van de ketens.
- Het raamwerk waarbinnen bij Rijkswaterstaat een contract voor een werk op de markt gezet wordt, is goed geborgd om risico's voor falen en ongeplande kosten te beperken. Dit raamwerk is functioneel en zeer nuttig. Bij het toepassen van nieuwe (secundaire) materialen werkt dit systeem belemmerend omdat het niet altijd eenvoudig is nieuwe (secundaire) materialen toe te laten of in een aanbesteding op basis van de beste prijs-kwaliteitverhouding te bevoordelen.
- Scheiden en gescheiden houden geldt niet alleen voor afvalstoffen die vrijkomen, maar ook bij het aanbrengen van materialen en demonteren van werken. De benodigde snelheid voor de uitvoering van een activiteit kent soms financieel sterkere prikkels dan zorgvuldig aanbrengen of scheiden van de verschillende materialen. Deze ongewenste vermenging van materialen gaat weliswaar meestal in tegen de eisen van de opdrachtgever, maar kent dan uiteindelijk toch onvoldoende prioriteit.
- Eventuele toekomstige kosten bij verminderde controles worden onvoldoende meegewogen in de kostenbatenanalyse voor contractbeheersing.
- Het traject tussen een succesvolle pilot en een standaardtoepassing bij Rijkswaterstaat duurt voor de marktpartijen te lang. De marktpartijen willen een bewezen succesvolle innovatie zo snel mogelijk kunnen toepassen om zich in de concurrentie te onderscheiden. Deze voorsprong op de concurrentie duurt slechts circa drie jaar en als het traject tot een standaardtoepassing langer duurt, is er

onvoldoende tijd om de investering van innovatie terug te verdienen ten opzicht van de concurrentie die minder snel innoveert. Het als traag ervaren traject remt daardoor innovatie bij ondernemers.

Invloed op de kaders voor de markt

- Rijkswaterstaat maar ook de Rijksoverheid zijn te weinig inhoudelijk betrokken bij processen die toekomstige keuzes/risico's bepalen. Dit geldt voor commissies en werkgroepen bij de totstandkoming van CUR-aanbevelingen, CE-markering, NEN-normen, STABU-bestekken, beoordelingsrichtlijnen en wet- en regelgeving in Nederland en de EU. Deze documenten faciliteren of belemmeren de mogelijkheden voor Rijkswaterstaat om haar ambities te verwezenlijken. Dit geldt zowel voor het mogelijk maken van de toepassing van circulaire materialen als het voorkomen van risico's van ongewenste secundaire bouwstoffen. De betrokkenheid in trajecten voor dergelijk documenten is overigens de afgelopen jaren flink verminderd. Dit terwijl de impact van deze documenten op zowel de bestedingen als de risico's significant kunnen zijn.

Kansen bij aanbesteden

Bij het aanbesteden van werken liggen de kansen om de werking van de ketens te verschuiven en positief te beïnvloeden. Rijkswaterstaat is een relatief grote partij en heeft daarmee relatief veel invloed op de markt en de materiaalketens die daar uit voortvloeien:

- In contracten zou Rijkswaterstaat harde keuzes moeten maken voor de materialen die zij wel wil toepassen en waarvan zij ziet dat toepassen niet gewenst zijn ten einde de keten op termijn te sluiten.
- In duurzaamheidscriteria bij aanbestedingen wordt relatief zwaar gekeken naar het directe energiegebruik. Dit kan ongewenste effecten hebben.
- Een hogere grindprijs heeft een sterke invloed op de keuze voor grindvervangend grof betongranulaat bij de productie van betonspecie. Rijkswaterstaat zou in aanbestedingen in de gunningscalculatie bijvoorbeeld 10 euro per ton primair grind toeslag kunnen toevoegen indien primair grind gebruikt wordt. Indien geschikte grindvervangers worden toegepast, zou deze toeslag kunnen komen te vervallen. Met een dergelijke aanpak kan Rijkswaterstaat heel direct sturen in de concurrentiekracht van circulaire bouwstoffen en creëert zij (mede) voldoende schaalgrootte waardoor een markt gaat lopen en zich een nieuwe keten ontwikkelt.
- Nieuwe aanbestedingsregelgeving zorgt ervoor dat werken vaker opgeknipt moeten worden. Dit belemmert soms het recyclen van materialen binnen hetzelfde werk.

Circulariteit versus levensduur

In een volledig gesloten keten heeft de levensduur hooguit invloed op het energiegebruik. De praktijk leert dat ketens in meerdere en mindere mate gesloten zijn. Bij een slecht gesloten keten kan het duurzamer zijn een product te gebruiken met een zeer lange levensduur die per cyclus iets minder goed gerecycled kan worden. Dan zal dit product toch meer leiden tot een afname van de behoefte aan primaire grondstoffen. Wanneer (een lange) levensduur boven circulariteit prevaleert, moet specifiek voor elke toepassing bekeken worden. Bij het maken van keuzes inzake circulaire materialen zou met deze tegenstelling rekening gehouden moeten worden.

Laagwaardige recycling versus selectief storten

Indien niet-circulaire materialen met de huidige techniek niet hoogwaardig te recyclen zijn, wordt de afvalstof volgens de minimumstandaard verwerkt, dit resulteert voor sommige materialen in zeer laagwaardige recycling. Voor sommige materialen zou het overwegen waard zijn deze materialen in monodepots op te slaan. Bij laagwaardige recycling gaan nagenoeg alle specifieke eigenschappen van een materiaal verloren. Bij opslag in monodepots wordt schaalgrootte gecreëerd die het makkelijker maakt om in een bepaalde recyclingtechniek te investeren.

Risico's als gevolg van het sluiten van andere ketens en vergroenen energieproductie

- Schaarste aan hoogovenslak. Als de keten voor staal verder gesloten wordt zal de vraag naar primair staal afnemen. Daarbij is het de verwachting dat primaire staalproductie in Noordwest Europa verder zal krimpen. Dit betekent dat hoogovenslakken schaarser worden. Deze hoogovenslakken zijn nu van groot belang in verschillende secundaire toepassingen. Rijkswaterstaat maakt bijvoorbeeld voornamelijk gebruik van hydraulisch menggranulaat waar 10% hoogovenslak in zit. Rijkswaterstaat gebruikt bijna alleen hydraulisch menggranulaat. Geopolymeerbeton is tevens afhankelijk van de beschikbaarheid van hoogovenslakken. Bij recycling van beide materialen is opnieuw materiaal met hydraulische eigenschappen noodzakelijk.
- Schaarste aan poederkoolvliegias. Door het sluiten van kolencentrales zal het aanbod van poederkoolvliegias steeds verder afnemen.

Dit betekent dat "duurzamere" cement en betonsoorten die deze reststoffen toepassen afhankelijk zijn van secundaire materialen waarvan de beschikbaarheid bij een gesloten keten onder druk staat. Dit is een serieus risico.

Verklarende woordenlijst

Afvalstoffen	Alle stoffen, preparaten of voorwerpen waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen. (LAP2)
Circulair	Circulair is het gebruik van grondstoffen/materialen waarbij ze eindeloos opnieuw kunnen worden gerecycled zonder dat grondstoffen/materialen verloren gaan.
Cascadering	Cascadering van grondstoffen is het recyclen van een materiaal waarbij bij elke recyclestep een toepassing met de grootste toegevoegde waarde wordt gerealiseerd. Door de cycli is het onvermijdelijk dat de kwaliteit terugloopt en daarmee de maximale toegevoegde waarde.
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw
Hergebruik	Elke handeling waarbij producten of componenten die geen afvalstoffen zijn, opnieuw worden gebruikt voor hetzelfde doel als dat waarvoor zij waren bedoeld. (LAP2)
Keten	Het geheel van winnen van grondstoffen, maken van producten, gebruiken van producten en het beheren van de afvalstoffen die vrijkomen bij of na de hiervoor genoemde activiteiten. (LAP2)
Materiaal	Een materiaal is een stof die als zodanig wordt toegepast en door de meeste mensen als een zuivere stof wordt gezien. De meeste materialen zijn echter samengesteld uit meerdere grondstoffen.
Primaire grondstof	Een zuivere stof zoals deze in de natuur gewonnen wordt en gebruikt wordt voor de vervaardiging van materialen en/of producten. Een grondstof kan enerzijds het resultaat zijn van winning via bijvoorbeeld mijnen of groeves en de daaropvolgende opwerking tot een zuivere grondstof op specificatie. Anderzijds kan een grondstof het resultaat zijn van landbouw en de daaropvolgende opwerking tot een zuivere grondstof.
Recycling	Nuttige toepassing waardoor afvalstoffen opnieuw worden bewerkt tot producten, materialen of stoffen, voor het oorspronkelijke doel of voor een ander doel, met inbegrip van het opnieuw bewerken van organische afvalstoffen, en met uitsluiting van energierugwinning en het opnieuw bewerken tot materialen die bestemd zijn om te worden gebruikt als brandstof of als opvulmateriaal. (LAP2)
Secundaire grondstof	Een secundaire grondstof is een grondstof die is opgewerkt voor recycling nadat het product of werk waarin het was toegepast zijn functie heeft verloren. Het materiaal is hierbij chemisch of metallurgisch verwerkt en niet meer van de primaire grondstof te onderscheiden.
Secundair materiaal	Een secundair materiaal is een materiaal dat is opgewerkt voor recycling nadat het product of werk waarin het was toegepast zijn functie heeft verloren. Het materiaal heeft daarbij geen chemische of metallurgische reiniging doorlopen.
Transitiefase	De transitiefase is de fase waarin het materiaal haar functie verloren heeft en weer als materiaal opgewerkt moet worden ten einde gerecycled te worden. Voorheen werd deze fase meestal de afvalfase genoemd.



With its headquarters in Amersfoort, The Netherlands, Royal HaskoningDHV is an independent, international project management, engineering and consultancy service provider. Ranking globally in the top 10 of independently owned, nonlisted companies and top 40 overall, the Company's 6,500 staff provide services across the world from more than 100 offices in over 35 countries.

Our connections

Innovation is a collaborative process, which is why Royal HaskoningDHV works in association with clients, project partners, universities, government agencies, NGOs and many other organisations to develop and introduce new ways of living and working to enhance society together, now and in the future.

Memberships

Royal HaskoningDHV is a member of the recognised engineering and environmental bodies in those countries where it has a permanent office base.

All Royal HaskoningDHV consultants, architects and engineers are members of their individual branch organisations in their various countries.