

## RAPPORT

# De bijdrage van ecosystemendiensten aan de circulaire economie

Vervanging en besparing van primaire grondstoffen

Klant: Rijkswaterstaat

Referentie: T&PBF5176R001F0.10.1

Versie: 0.10.1/Finale versie

Datum: 20 november 2017



**HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.**

Laan 1914 no.35  
3818 EX Amersfoort  
Netherlands  
Transport & Planning  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**  
+31 33 463 36 52 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: De bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie

Ondertitel: Bijdrage ecosystemen aan circulaire economie  
Referentie: T&PBF5176R001F0.10.1  
Versie: 0.10.1/Finale versie  
Datum: 20 november 2017  
Projectnaam: De bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie  
Projectnummer: BF5176  
Auteur(s): Jan Bart Jutte, Bas Mentink, Maarten van den Berg, Jan Bakker

Opgesteld door: Jan Bart Jutte

---

Gecontroleerd door: Paul Mul

---

Datum/Initialen: PM/20 november 2017

---

Goedgekeurd door: Jan Bart Jutte

---

Datum/Initialen: JBJ/20 november 2017

---

Classificatie

Projectgerelateerd



## 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 integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.*

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie</b>	<b>4</b>
1.1	Grondstoffenschaarste: noodzaak transitie naar circulaire economie	4
1.2	Bijdrage ecosysteemdiensten aan transitie naar circulaire economie	4
1.3	Uitgangspunten en afbakening	5
1.4	Inhoud rapport	6
<b>2</b>	<b>Selectie van ecosysteemdiensten met bijdrage aan de CE</b>	<b>7</b>
2.1	Selectiecriteria en afbakening	7
2.2	CICES lijst als uitgangspunt	7
2.3	Geselecteerde ecosysteemdiensten	9
<b>3</b>	<b>Beschrijving geselecteerde ecosysteemdiensten</b>	<b>11</b>
3.1	Vezelgewassen	12
3.2	Hout en houtige biomassa	13
3.3	Gras	14
3.4	Koolhydraatrijke gewassen	15
3.5	Oliehoudende gewassen	16
3.6	Riet en plagsel	17
3.7	Bodemverbeteraars	18
3.8	Waterplanten	19
3.9	Minerale grondstoffen	20
3.10	Baggerspecie	21
3.11	Grond	22
3.12	Bodemreiniging	23
3.13	Afvalwater- en oppervlaktewaterzuivering	24
3.14	Drinkwatervoorziening	26
3.15	Overstromingsbescherming	27
3.16	Bescherming tegen kust- en oevererosie	29
3.17	Geluidreductie rond infrastructuur	31
3.18	Reductie van windhinder	32
3.19	Klimaatregulering	33
3.20	Plaag- & ziektebestrijding	34
3.21	Waterberging	35
3.22	Samenvatting: Ecosysteemdiensten met significante impact	37

<b>4</b>	<b>Kwantificering impact ecosysteemdiensten op materiaalgebruik</b>	<b>38</b>
4.1	Impact extra hout	39
4.2	Impact biomassa voor de chemie	42
4.3	Impact baggerspecie als bouwstof	45
4.4	Impact hergebruik grond in de GWW	47
4.5	Impact zeewier: het groene goud van de toekomst ?	49
4.6	Impact beschermen kusten en oevers tegen erosie	51
<b>5</b>	<b>Rol RWS/GWW bij verhogen inzet ecosysteemdiensten</b>	<b>52</b>
5.1	Extra hout	53
5.2	Bermen	55
5.3	Baggerspecie als bouwstof	57
5.4	Hergebruik grond	58
5.5	Zeewier	59
5.6	Bescherming kusten en oevers tegen erosie	60
<b>6</b>	<b>Monitoring inzet ecosysteemdiensten</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen</b>	<b>62</b>
7.1	Conclusies	62
7.2	Beperkingen onderzoek	65
7.3	Aanbevelingen	66

# 1 Bijdrage van ecosystemendiensten aan de circulaire economie

## 1.1 Grondstoffenschaarste: noodzaak transitie naar circulaire economie

De wereldwijde vraag naar grondstoffen stijgt explosief. Het wordt steeds belangrijker om het gebruik van (niet hernieuwbare) grondstoffen zoveel mogelijk terug te dringen en beschikbare grondstoffen zo efficiënt en hoogwaardig mogelijk te (her)gebruiken.

### Rijksbrede programma Circulaire Economie

De transitie van een lineaire naar een 'circulaire economie' is dan ook urgent. In september 2016 is het Rijksbrede programma Circulaire Economie verschenen. Dit programma stelt als doel dat Nederland volledig circulair is in 2050. De ambitie van het kabinet is om in 2030 een (tussen) doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen).

### Circulaire economie volgens het Rijksbrede programma

Het Rijksbrede programma definieert de circulaire economie als 'een economie die voorziet in behoeften aan noodzakelijke goederen zonder onaanvaardbare milieudruk en zonder uitputting van natuurlijke hulpbronnen'.

### Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat (RWS) heeft de doelstelling om in 2030 circulair te werken. Dit betekent dat alle processen en werkwijzen zo zijn ingericht dat optimaal circulair wordt gewerkt. Circulair werken in 2030 is een belangrijke tussenstap naar het circulair zijn in 2050.

### Ecosysteemdiensten

Natuurlijke hulpbronnen zijn een essentiële factor in een circulaire economie. Onder de randvoorwaarde van behoud van het herstellend vermogen van natuurlijke hulpbronnen, zijn er kansen om deze hulpbronnen - of 'ecosysteemdiensten' - op duurzame wijze te benutten om een bijdrage te leveren aan een meer circulaire economie.

### Wat zijn 'ecosysteemdiensten'?

Natuur en landschap leveren (veelal ongemerkt) goederen en diensten aan de maatschappij en economie. Voorbeelden hiervan zijn kustbescherming door de duinen, bestuiving van voedselgewassen door insecten en de levering van schoon drinkwater door de bodem. Met de verzamelnaam 'ecosysteemdiensten' bedoelen we het vermogen van ecosystemen om goederen en diensten te leveren. Het is gebruikelijk dit vermogen van ecosystemen onder te verdelen in (1) het produceren van goederen, zoals hout; (2) het reguleren en ondersteunen van processen, zoals het zuiveren van water en (3) het leveren van culturele diensten, zoals ruimte voor groene recreatie.

## 1.2 Bijdrage ecosystemendiensten aan transitie naar circulaire economie

Doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen welke bijdrage ecosystemendiensten kunnen leveren aan de transitie naar een meer circulaire economie en wat dit betekent voor (de rol van) RWS en de GWW.

### Onderzoeksvragen

Daartoe zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Welke ecosystemendiensten kunnen een alternatief bieden voor de inzet van primaire grondstoffen en kunnen zo een bijdrage leveren aan de circulaire economie?
2. Welke ecosystemendiensten zijn in dit kader het meest relevant?
3. Wat is de impact van de inzet van deze ecosystemendiensten op materiaalgebruik (besparing) en CO<sub>2</sub>-emissies?

En voor RWS/GWW-sector:

4. Hoe kunnen RWS en/of andere partijen in de GWW-sector komen tot het verhogen van de inzet van deze ecosysteemdiensten?
5. Wat zijn de aandachtspunten om dat op een duurzame wijze te doen?
6. Welke zijn bijkomende maatschappelijke voordelen?
7. Hoe kunnen de inzet van de meest relevante ecosysteemdiensten en de effecten op materiaalgebruik, CO<sub>2</sub>-emissie, energiegebruik gemonitord worden?

### 1.3 Uitgangspunten en afbakening

#### Benutting van ecosysteemdiensten in Nederland

Dit onderzoek is gericht op benutting van Nederlands natuurlijk kapitaal (ecosysteemdiensten) in Nederland. Dat betekent: import van ecosysteemdiensten wordt buiten beschouwing gelaten, er is dan geen sprake van benutting van Nederlandse ecosysteemdiensten. Ook richt het onderzoek zich niet op de export van Nederlandse ecosysteemdiensten: er is dan geen sprake van een bijdrage aan Nederlandse doelstellingen circulaire economie.



Figuur 1 – Scope ecosysteemdiensten: benutting van Nederlandse ecosysteemdiensten (geen import) in Nederland (geen export)

#### Additionele bijdrage van een ecosysteemdienst ten opzichte van de huidige situatie

In de huidige situatie zijn tal van voorbeelden aanwezig van ecosysteemdiensten die bijdragen aan een circulaire economie. Voor het bepalen van de additionele bijdrage die een ecosysteemdienst kan leveren aan een meer circulaire economie is in dit onderzoek de huidige situatie als referentie gekozen. Het gaat dus om de extra bijdrage die een ecosysteemdienst kan leveren ten opzichte van de huidige situatie. Dit onder de randvoorwaarde dat geen overexploitatie van de ecosysteemdienst plaats gaat vinden. In dit onderzoek is geen uitspraak gedaan over de mate waarin het huidige gebruik de dienst zelf aantast.

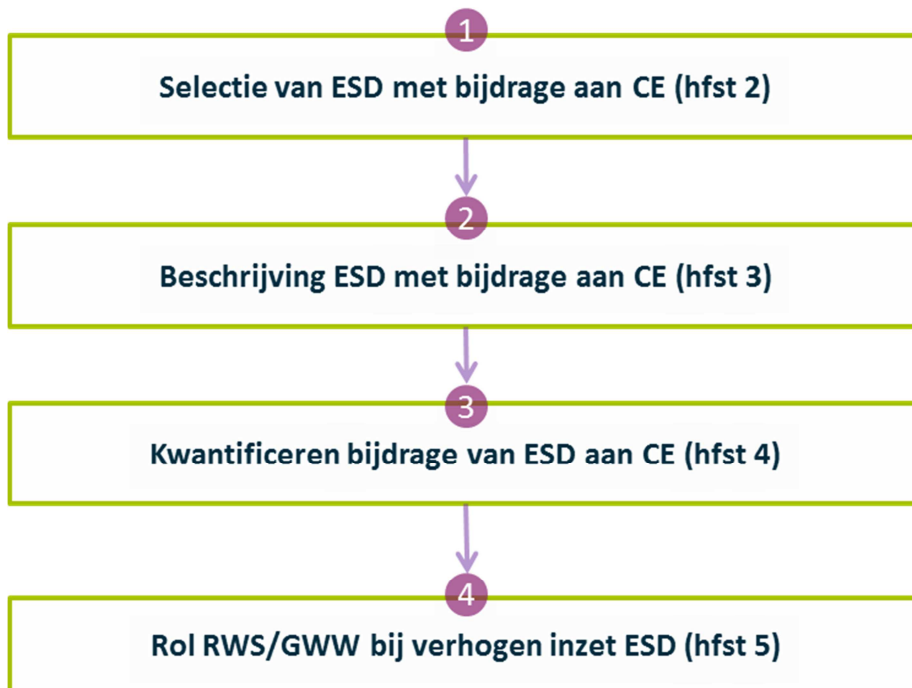
#### Geen differentiatie naar de schaarste van grondstoffen

In het Rijksbrede programma Circulaire economie is de ambitie opgenomen om in 2030 een (tussen) doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen). Een nadere differentiatie naar schaarste van verschillende primaire grondstoffen (bijv. zand versus antimoon) is niet gemaakt. In dit onderzoek is daarop aangesloten en is geen onderscheid gemaakt naar de 'schaarste' van grondstoffen. In bijlage A1 is een nadere toelichting gegeven op 'schaarste van grondstoffen'.

## 1.4 Inhoud rapport

In dit rapport komen achtereenvolgens aan bod:

- Hoofdstuk 2: Selectie van ecosysteemdiensten met een bijdrage aan de circulaire economie
- Hoofdstuk 3: Beschrijving van de geselecteerde ecosysteemdiensten
- Hoofdstuk 4: Kwantificering van de impact van ecosysteemdiensten op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub>
- Hoofdstuk 5: Rol van RWS/GWW bij het verhogen van de inzet van ecosysteemdiensten
- Hoofdstuk 6: Monitoring van ecosysteemdiensten en de effecten op materialen en CO<sub>2</sub>
- Hoofdstuk 7: Conclusies en aanbevelingen



## 2 Selectie van ecosysteemdiensten met bijdrage aan de CE

### 2.1 Selectiecriteria en afbakening

Voor het selecteren van ecosysteemdiensten met een bijdrage aan de circulaire economie zijn de volgende criteria gebruikt.

#### Ecosysteemdiensten die bijdragen aan de circulaire economie

Voor dit onderzoek is het belangrijk om te duiden wat we bedoelen met 'ecosysteemdiensten die een bijdrage leveren aan de transitie naar een circulaire economie'. Dit is als volgt ingevuld. Een ecosysteemdienst levert een bijdrage aan de circulaire economie als:

- vanuit natuurlijk kapitaal duurzaam geproduceerde hernieuwbare grondstoffen worden geleverd;
- natuurlijke oplossingen bijdragen aan het verminderen van materiaalgebruik.

#### Vastleggen CO<sub>2</sub>, productie van energie, voeding en voedsel en culturele diensten buiten scope

Verdere uitgangspunten voor selectie zijn:

- het betreft Nederlandse ecosysteemdiensten (in Nederlands territorium)
- geen ecosysteemdiensten die 'louter' CO<sub>2</sub> vastleggen, energie opwekken en/of besparen (en géén alternatief voor materialen leveren) worden beschouwd als geen bijdrage te leveren aan de circulaire economie. Voorbeelden zijn energie uit zon, wind, verschillen in zoet-zout water en biomassa;
- geen ecosysteemdiensten die biomassa leveren voor levensmiddelen of diervoeding;
- geen culturele diensten.

### 2.2 CICES lijst als uitgangspunt

Er zijn meerdere indelingen die de afzonderlijke ecosystemen en ecosysteemdiensten groeperen. De *Working group Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services* van de EEA (2013) hebben advies gegeven om de definitie en indeling van ecosysteemdiensten te harmoniseren binnen de lidstaten van Europa. Dit is de Common International Classification of Ecosystem Services (CICES, Haines-Young & Potschin, 2013) indeling versie 4.3.2. De CICES indeling is om die reden als longlist gehanteerd voor dit onderzoek (zie navolgende tabellen).

Tabel 1 – CICES classificatie voor biotische diensten, onderdelen Provisioning, Regulation & Maintenance en Cultural

Section	Division	Group	Class
Provisioning	Nutrition	Biomass	Cultivated crops
			Reared animals and their outputs
			Wild plants, algae and their outputs
			Wild animals and their outputs
			Plants and algae from in-situ aquaculture
			Animals from in-situ aquaculture
		Water	Surface water for drinking
			Ground water for drinking
	Materials	Biomass	Fibres and other materials from plants, algae and animals for direct use or processing
			Materials from plants, algae and animals for agricultural use
			Genetic materials from all biota
		Water	Surface water for non-drinking purposes
			Ground water for non-drinking purposes
			Energy
Animal-based resources			
Mechanical energy	Animal-based energy		



<b>Regulation &amp; Maintenance</b>	Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota	Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants, and animals
			Filtration/sequestration/storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals
		Mediation by ecosystems	Filtration/sequestration/storage/accumulation by ecosystems
			Dilution by atmosphere, freshwater and marine ecosystems
	Mediation of flows	Mass flows	Mass stabilisation and control of erosion rates
			Buffering and attenuation of mass flows
		Liquid flows	Hydrological cycle and water flow maintenance
			Flood protection
		Gaseous / air flows	Storm protection
			Ventilation and transpiration
	Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Pollination and seed dispersal
			Maintaining nursery populations and habitats
		Pest and disease control	Pest control
		Soil formation and composition	Weathering processes
			Decomposition and fixing processes
		Water conditions	Chemical condition of freshwaters
Chemical condition of salt waters			
Atmospheric composition and climate regulation		Global climate regulation by reduction of greenhouse gas concentrations	
	Micro and regional climate regulation		
<b>Cultural</b>	Physical and intellectual interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Physical and experiential interactions	Experiential use of plants, animals and land-/seascapes in different environmental settings
			Physical use of land-/seascapes in different environmental settings
		Intellectual and representative interactions	Scientific
			Educational
			Heritage, cultural
			Entertainment
	Spiritual, symbolic and other interactions with biota, ecosystems, and land-/seascapes [environmental settings]	Spiritual and/or emblematic	Symbolic
			Sacred and/or religious
		Other cultural outputs	Existence
			Bequest

Tabel 2 – CICES classificatie voor abiotische diensten

Section	Division	Group	Examples
<b>Abiotic Provisioning</b>	Nutritional abiotic substances	Mineral	e.g. salt
		Non-mineral	e.g. sunlight
	Abiotic materials	Metallic	e.g. metal ores
		Non-metallic	e.g. minerals, aggregates, pigments, building materials (mud/clay)
	Energy	Renewable abiotic energy sources	e.g. wind, waves, hydropower
Non-renewable energy sources		e.g. coal, oil, gas	
<b>Regulation &amp; Maintenance by natural physical structures and processes</b>	Mediation of waste, toxics and other nuisances	By natural chemical and physical processes	e.g. atmospheric dispersion and dilution; adsorption and sequestration of waters in sediments; screening by natural physical structures
	Mediation of flows by natural abiotic structures	By solid (mass), liquid and gaseous (air)flows	e.g. protection by sand and mud flats; topographic control of wind erosion
	Maintenance of physical, chemical, abiotic conditions	By natural chemical and physical processes	e.g. land and sea breezes; snow
<b>Cultural settings dependent on abiotic structures</b>	Physical and intellectual interactions with land-/seascapes [physical settings]	By physical and experiential interactions or intellectual and representational interactions	e.g. caves
	Spiritual, symbolic and other interactions with land-/seascapes [physical settings]	By type	e.g. sacred rocks or other physical structures or spaces

## 2.3 Geselecteerde ecosystemendiensten

Aan de hand van de CICES-classificatie (paragraaf 2.2) en de selectiecriteria (paragraaf 2.1) is een lijst samengesteld van ecosystemendiensten die bijdragen aan een circulaire economie. De selectietabel en de toelichting daarop zijn opgenomen als bijlage A5.


De geselecteerde ecosystemendiensten en de verder gehanteerde onderverdeling, zijn opgenomen in navolgende tabel.

Tabel 3 – De onderscheiden ecosysteemdiensten in deze studie

Producterende diensten	Onderscheiden producten
Biomassa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vezelgewassen</li> <li>2. Hout/houtige biomassa</li> <li>3. Gras</li> <li>4. Koolhydraten</li> <li>5. Oliehoudende gewassen</li> <li>6. Waterplanten</li> <li>7. Riet en plagsel</li> <li>8. Bodemverbeteraar</li> </ol> <p><b>Toelichting onderscheiden diensten biomassa</b> Biomassa voor de productie van materialen, medicijnen, chemicaliën, brandstoffen en energie wordt wel als volgt ingedeeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eerste generatie biomassa verkregen uit gewassen die ook voor voedsel geschikt zijn;</li> <li>• tweede generatie biomassa verkregen uit afvalstoffen, zoals maïsresten of planten die niet geschikt zijn voor voedsel, bijvoorbeeld houtsnippers</li> <li>• derde generatie biomassa op basis van algen en zeewier, hierbij is minder concurrentie met landgebruik.</li> </ul> <p>Dit onderzoek richt zicht op de benutting van biomassa niet bestemd voor voedsel (levensmiddelen en diervoeding): dus tweede en derde generatie.</p>
Minerale grondstoffen	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Minerale grondstoffen</li> <li>10. Baggerspecie</li> <li>11. Grond</li> </ol>
Regulerende diensten	Onderscheiden diensten
Zuivering	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Bodemreiniging</li> <li>13. Afvalwater- en oppervlaktewaterzuivering</li> <li>14. Drinkwatervoorziening</li> </ol>
Waterhuishouding	<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Overstromingsbescherming</li> <li>16. Bescherming tegen kust- en oevererosie <b>Error! Reference source not found.</b></li> </ol>
Kwaliteit leefomgeving	<ol style="list-style-type: none"> <li>17. Geluidreductie rond infrastructuur</li> <li>18. Reductie van windhinder</li> <li>19. Klimaatregulering</li> <li>20. Plaa- &amp; ziektebestrijding</li> <li>21. Waterberging</li> </ol>

### 3 Beschrijving geselecteerde ecosysteemdiensten

De geselecteerde ecosysteemdiensten (zie paragraaf 2.3) zijn in dit hoofdstuk nader beschreven in een vast format (factsheet) met de volgende onderdelen:

Toelichting factsheet	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Beschrijving van de ecosysteemdienst
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Beschrijving van de bijdrage aan de circulaire economie: is er sprake van besparing op materiaalgebruik of de inzet van alternatieve (hernieuwbare) grondstoffen?
<b>Toepassingen</b>	(Mogelijke) toepassingen
<b>Stand der techniek</b>	De stand der techniek van de (mogelijke) toepassingen (met vermelding van TRL niveau, zie navolgende tabel voor toelichting) <div data-bbox="507 846 1378 1346" style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;">  <h3 style="text-align: center;">Technology Readiness Levels</h3> <p><b>TRL 0: Idea.</b> Unproven concept, no testing has been performed.</p> <p><b>TRL 1: Basic research.</b> Principles postulated and observed but no experimental proof available.</p> <p><b>TRL 2: Technology formulation.</b> Concept and application have been formulated.</p> <p><b>TRL 3: Applied research.</b> First laboratory tests completed; proof of concept.</p> <p><b>TRL 4: Small scale prototype</b> built in a laboratory environment ("ugly" prototype).</p> <p><b>TRL 5: Large scale prototype</b> tested in intended environment.</p> <p><b>TRL 6: Prototype system</b> tested in intended environment close to expected performance.</p> <p><b>TRL 7: Demonstration system</b> operating in operational environment at pre-commercial scale.</p> <p><b>TRL 8: First of a kind commercial system.</b> Manufacturing issues solved.</p> <p><b>TRL 9: Full commercial application,</b> technology available for consumers.</p> </div>
<b>Praktijkvoorbeeld</b>	Eén of meer voorbeelden zijn gegeven van de inzet van de betreffende ecosysteemdienst.
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Wel / niet significant</b></p> <p>De bijdrage aan de circulaire economie van een ecosysteemdienst is beoordeeld als al dan niet significant is. Daarbij is de volgende grens gehanteerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wel significant: besparingspotentieel materiaalgebruik <math>\geq 50</math> kton per jaar</li> <li>• Niet significant: besparingspotentieel materiaalgebruik <math>&lt; 50</math> kton per jaar</li> </ul> <p>Ten opzichte van het gebruik aan ruwe grondstoffen in Nederland (216 Mton in 2014<sup>1</sup>, zie ook bijlage A4) is dit een relatief zeer klein deel (minder dan 0,001%).</p> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>Grondstoffengebruik studie TNO (2017)</b></p> <p>In een ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie komt TNO voor het Nederlandse grondstoffen gebruik tot 47,2 Mton per jaar (2012 data)<sup>2</sup>, opgebouwd uit 0,7 Mton fossiele grondstoffen in de chemie (ruwe schatting), 3,7 Mton metaal en 42,8 Mton minerale grondstoffen. Dit is een stuk lager dan de hierboven vermelde 216 Mton. Dit hangt samen met feit dat biomassa en fossiele grondstoffen voor energie niet zijn meegenomen in het overzicht van TNO. Ook is in het TNO onderzoek een veel lager grondstoffengebruik in de chemie geschat dan in het onderhavige onderzoek. In dit is een grondstoffengebruik in de chemie (proces-energie en niet-energetisch gebruik) aangehouden van 20 Mton (zie hfst 4.2)</p> </div>

<sup>1</sup> Bron: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/45/nederlandse-producenten-verspillen-minder-grondstoffen>

<sup>2</sup> Bron: TNO, 2017. Ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie

### 3.1 Vezelgewassen

Beschrijving vezelgewassen	
<b>Ecosysteemdienst</b>	In Nederland worden uit landbouwgewassen, zoals vlas en hennep, vezels gewonnen. Katoen, sisal en kokos zijn veel toegepaste vezelgewassen uit andere werelddelen. Vezels zijn langwerpige filamenten afkomstig van de celwanden van het gewas en bestaan uit stoffen als cellulose. Van de vezels wordt textiel gewoven, structuren gevormd of worden andere materialen versterkt.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Uit gewassen als vezelvlas en hennep kunnen verschillende grondstoffen, zoals vezels, scheven (de houtachtige kern) en olie gewonnen worden en diverse producten worden gemaakt. De vezels van deze gewassen kunnen synthetische vezels vervangen die veelal gemaakt zijn van aardolie. Bekende synthetische vezels zijn nylon, polyester en fleecce.
<b>Toepassingen</b>	 <p style="text-align: center;">Textiel                      Bouwmaterialen                      Industriële materialen</p>
<b>Stand der techniek</b>	Commercieel toegepast, enkele nieuwe toepassingen in ontwikkeling.
<b>Praktijkvoorbeeld</b>	<p><b>Isolatiemateriaal van hennep</b></p> <p>HempFlax in Oude Pekela produceert en verwerkt hennep en vlas tot halffabricaten en eindproducten. Hempflax startte in 1994 met 140 ha teelt van hennep in Nederland. Eén van de producten van Hempflax is HempFlax Panel Nature Insulation: een isolerend plaatmateriaal voor externe muurisolatie. Meer informatie: <a href="http://www.groenebouwmaterialen.nl">www.groenebouwmaterialen.nl</a>.</p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b></p> <p><u>Huidige teelt beperkt in omvang</u></p> <p>De grondstoffen die uit de vezelgewassen gewonnen kunnen worden, kunnen voor meerdere producten en toepassingen benut worden. De teelt van vezelgewassen vindt in Nederland op beperkte schaal plaats: vezelvlas op 2415 ha en hennep op 2260 ha (in 2016)<sup>3</sup>. In bijlage A3 is een overzicht opgenomen van huidige akkerbouwarealen en opbrengsten in Nederland.</p> <p><u>Potentieel bij aanzienlijke uitbreiding (tot 25.000 ha) ook 'niet significant'</u></p> <p>Het potentieel van deze ecosysteemdienst is vooral gelegen in een groter areaal voor de teelt. Verkend is wat de impact kan zijn van een uitbreiding van het areaal met 10.000 ha en 20.000 ha voor de teelt van vezelgewassen (ter vergelijking: in België wordt 25.000-30.000 ha en in Frankrijk 75.000-80.000 ha benut voor de teelt van vlas<sup>4</sup>).</p> <p>In Nederland wordt gemiddeld 1.500 kg lange vezel van een hectare gehaald<sup>5</sup>. Dat betekent bij een areaal van 10.000 ha extra =&gt; 10.000 x 1,5 ton = 15 kton en bij een areaal van 25.000 ha extra =&gt; 25.000 x 1,5 ton = 37,5 kton opbrengst aan vezelgewassen. Onder voorgaande aannamen is het vervangingspotentieel in deze studie 'niet significant'.</p> <p>De nadruk ligt op de toepassing van de vezels. De scheven worden hoofdzakelijk benut voor plaatproductie en zijn daarmee een alternatief voor bijvoorbeeld houtspaanders en besparen dus niet op primaire grondstoffen.</p>

<sup>3</sup> Bron: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?PA=7100oogs>

<sup>4</sup> Bron: <http://www.akkerwijzer.nl/aardappelen/nieuws/5277/--vlas-mag-hier-nooit-verdwijnen->

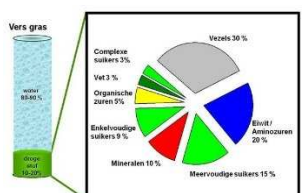

<sup>5</sup> Bron: <http://www.akkerwijzer.nl/aardappelen/nieuws/5277/--vlas-mag-hier-nooit-verdwijnen->

### 3.2 Hout en houtige biomassa

Factsheet hout en houtige biomassa	
<b>Ecosysteemdienst</b>	In Nederland wordt hout geoogst bij het beheer van bossen, natuur en landschappen. Een belangrijke houtstroom is ook afkomstig uit de bebouwde omgeving.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Toepassingen van hout in bijvoorbeeld de bouw zijn een alternatief voor het gebruik van steenachtige materialen, metalen of kunststoffen. Toepassing voor de productie van pulp voor de productie van papier en karton is een alternatief voor het gebruik van cellulose uit gerecycled papier. In die zin is er voor deze toepassing geen sprake van het vervangen van primaire grondstoffen.
<b>Toepassingen</b>	Toepassingen van (bestanddelen uit) hout: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zaaghout (constructiehout, timmerhout, meubels, emballage) en plaatmaterialen</li> <li>• Pulp voor papier en karton</li> <li>• Energieproductie</li> <li>• Textiel (cellulose)</li> <li>• Asfalt (lignine)</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	Naast langer bestaande toepassingen van hout zijn er dus ook innovatieve toepassingen zoals lignine als bindmiddel in asfalt (TRL 5).
<b>Praktijkvoorbeeld</b>	<p><b>Houten woonhuis Eemnes</b> In een woonhuis in Eemnes zijn veel houten bouwmaterialen gebruikt: draagconstructie, gevelisolatie, kozijnen, dakbedekking (plato hout) en dakconstructie gevuld met vlas isolatie. Meer informatie: <a href="http://www.biobasedbouwen.nl/projecten/houten-woonhuis-eemnes/#tab-id-4">http://www.biobasedbouwen.nl/projecten/houten-woonhuis-eemnes/#tab-id-4</a></p>  <p><b>Houten brug Sneek</b> Krúsrak is een brug over Rijksweg 7 bij Sneek in de provincie Friesland. Krúsrak werd in november 2008 in gebruik genomen. De brug is gemaakt van Accoya, een door acetylatie verkregen houtproduct van Radiata Pine. Meer informatie: <a href="http://www.achterboschzantman.nl/?portfolio=houten-brug-sneek">www.achterboschzantman.nl/?portfolio=houten-brug-sneek</a></p>  <p><b>Biobased asfalt</b> Na de eerste tests in Zeeland heeft Wageningen UR ook op de eigen campus een fietspad van bio-asfalt aangelegd. Het traditionele bitumen is voor de helft vervangen door het bindmiddel lignine uit plantaardige biomassa. Het materiaal komt voor in hout, gras en stro. Meer informatie: <a href="#">Bio-asfalt</a>, <a href="#">Plantaardig asfalt</a></p> <p><b>Bioraffinaderij in Delfzijl: omzetten bijproducten uit bosbouw en landbouw</b> Staatsbosbeheer werkt samen met AkzoNobel, Avantium, Chemport Europe en RWE aan een bioraffinaderij in Delfzijl. Die raffinaderij gaat houtsnippers, pulp en bijproducten uit Nederlandse bossen en landbouw omzetten in diverse grondstoffen (glucose en lignine) voor de biobased economie. Meer informatie: <a href="https://www.avantium.com/renewable-chemistries/zambezi/">https://www.avantium.com/renewable-chemistries/zambezi/</a></p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<b>Significant</b> Voor een verhoogde inzet van hout is meer hout nodig. Het extra productiepotentieel hout in Nederland wordt met name bepaald door een verhoogde oogst bij bos en landschapsbeheer en door extra areaal aan te wenden voor houtproductie. Door de bos en houtsector is in 2016 een actieplan opgesteld dat 50% intensivering van de houtoogst en een uitbreiding van 100.000 ha bosareaal nastreeft <sup>6</sup> . Dit extra hout (1,2 miljoen m <sup>3</sup> per jaar, overeenkomend met 500 kton d.s.) kan significant bijdragen aan een verminderd gebruik van primaire abiotische grondstoffen in bijvoorbeeld de bouw.


<sup>6</sup> Staatsbosbeheer e.a., 2016. Actieplan Bos en Hout

### 3.3 Gras

Factsheet gras	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Gras komt in grotere hoeveelheden vrij bij berm- en natuurbeheer. Dit gras wordt nu hoofdzakelijk benut voor productie van compost en energiewinning (circa 5%, biogas door vergisting). Gras van akkers wordt gebruikt voor diervoeding.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	<p>Van de vezels uit gras kan bijvoorbeeld papier en karton gemaakt worden. Daarmee kan gras een alternatief zijn voor houtpulp en/of gerecycled papier. Met deze inzet is er geen verminderde inzet van primaire abiotische grondstoffen. Gras kan verder geraffineerd worden om suikers, eiwitten en aminozuren te gebruiken als chemische bouwstenen. Meer informatie: <a href="http://grassa.nl/gras/">http://grassa.nl/gras/</a></p> 
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diervoeding</li> <li>• Compost en energiewinning</li> <li>• vezels voor papier en karton</li> <li>• Nieuwe toepassingen in chemie</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	De productie van gras en karton vindt op kleine schaal op commerciële basis plaats. Vergisting van gras voor energiewinning is operationele techniek TRL 9
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Van berm tot bladzijde (RWS)</b> In mei 2016 hebben partners van de Biomassa Alliantie de intentieverklaring Van Berm tot Bladzijde ondertekend. Hierin spreekt de hele keten zich uit om samen toe te werken naar een jaarlijkse leverantie van 120 kton biomassa, waaruit met de NewFoss techniek vezels worden gewonnen die Parenco inzet als grondstof voor de productie van kartonpapier.</p> <p><b>Eierdoosjes van Hollands natuurgas</b> Bij natuurbeheer komt jaarlijks 200 kton natuurgas beschikbaar. Natuurgas bestaat uit wel honderd verschillende plantensoorten en is daardoor niet geschikt als veevoer. Vroeger verdween het maaisel uit de natuurgebieden van Staatsbosbeheer op de composthoop. Verpakkingsconcern Huhtamaki heeft met Newfoss filtertechnieken ontwikkeld die het mogelijk maken om de vezels uit het natuurgas te winnen. Door deze vezels te vermengen met oud papiervezels ontstaat een sterk en duurzaam product: graskarton. Een kilo natuurgas levert 20 eierdoosjes op. Meer informatie: <a href="https://www.staatsbosbeheer.nl/over-staatsbosbeheer/nieuws/2016/06/eierdoosjes-van-hollands-natuurgas-gaan-de-wereld-over">https://www.staatsbosbeheer.nl/over-staatsbosbeheer/nieuws/2016/06/eierdoosjes-van-hollands-natuurgas-gaan-de-wereld-over</a></p>  <p><b>Bermgras voor oeverbeschoeiing</b> De waterschappen Reest en Wieden, Hunze en Aa's en Vechtstromen maaien ieder jaar 800 ton gras langs de walkanten. De Drentse waterschappen gebruiken bermgras om walbeschoeiing te maken. Zie: <a href="http://www.pianoo.nl/externelink/waterschappen-vervangen-hardhouten-walbeschoeiing-door-plantpaal-gemaakt-van-eigen-maaisel">www.pianoo.nl/externelink/waterschappen-vervangen-hardhouten-walbeschoeiing-door-plantpaal-gemaakt-van-eigen-maaisel</a>.</p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Significant</b> <u>Huidige productie</u> Gras komt in grotere hoeveelheden vrij uit bermen (60.000 ha: 512 kton d.s.) en natuurbeheer (140-150.000ha: 475 kton d.s.)<sup>7</sup>. Dit gras wordt hoofdzakelijk benut voor compost en een veel kleiner deel voor energieproductie. <u>Potentieel: vervanging van fossiele grondstoffen</u> Een toename van de grasproductie is niet aannemelijk. Wel kan een veel groter aandeel van het gras worden aangewend voor toepassingen in materialen of voor de chemie. Voor wat betreft materiaal toepassingen (vezels voor papier en karton) is er geen sprake zijn van het vervangen van primaire grondstoffen. Gebruik van grondstoffen uit gras in de chemie is wel een route die kan gaan leiden tot besparing van fossiele grondstoffen.</p>

<sup>7</sup> Probos, 2014. Biomassapotentieel NBLH sector 2020 en 2050


### 3.4 Koolhydraatrijke gewassen

Factsheet koolhydraatrijke gewassen	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Koolhydraathoudende (suiker en zetmeel) gewassen (zoals mais, tarwe, suikerbiet en zetmeelaardappelen) worden verbouwd voor levensmiddelen en diervoeder.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Koolhydraatrijke gewassen zijn ook te gebruiken voor de productie van chemische stoffen en biobased materialen (kunststoffen), waarmee wordt bespaard op het gebruik van fossiele grondstoffen.
<b>Toepassingen</b>	Koolhydraten zijn waardevol voor de productie van velerlei chemische stoffen en bioplastics, zoals biobased kunststoffen voor toepassingen in auto-industrie, verpakkingen, elektronica en in de bouw).
<b>Stand der techniek</b>	De stand der techniek is zeer divers, naast grootschalige productie van bijvoorbeeld bioPE zijn er vele toepassingen in ontwikkeling.
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>PLA gemaakt van suikerriet</b> Het in Amsterdam gevestigde bedrijf Corbion produceert Poly Lactic Acid (PLA) op basis van onder meer suikerbieten, mais, suikerriet en cassave. In de nabije toekomst stapt Corbion over op tweede generatie grondstoffen zoals restproducten van de verwerking van suikerriet (bagasse) en mais en stro. Meer informatie: <a href="https://www.total-corbion.com/">https://www.total-corbion.com/</a>.</p> <p><b>Plastic buizen gemaakt van aardappelzetmeel</b> Het Oosterhoutse Rodenburg Biopolymers werkt samen met bouwonderneming Heijmans bij de ontwikkeling van biologisch afbreekbare buizen die alleen in de eerste fase van een bouwproces nodig zijn. Nu blijven plastic buizen nog in de grond achter. Met aardappelzetmeel als grondstof kan Rodenburg plastic produceren met een veel kortere afbraaktijd. Meer informatie: <a href="https://www.bndestem.nl/oosterhout/oosterhouts-bedrijf-rodenburg-biopolymers-breidt-zijn-productie-verder-uit~a891879e/">https://www.bndestem.nl/oosterhout/oosterhouts-bedrijf-rodenburg-biopolymers-breidt-zijn-productie-verder-uit~a891879e/</a></p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div> <p><b>PEF flessen</b> De chemiebedrijven BASF en Avantium investeren in een nieuwe fabriek in de Antwerpse haven die flessen gaat vervaardigen uit plantaardige grondstoffen. PET wordt vervangen door een biobased grondstof (PEF). PEF is een duurzaam polymeer dat uit biomassa kan worden gemaakt in plaats van uit aardolie. Meer informatie: <a href="https://www.avantium.com/">https://www.avantium.com/</a></p> </div> </div>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Significant</b> <u>Huidige productie</u> De verwerking van biomassa en productie van biobased chemicaliën en kunststoffen vindt in Nederland op zeer beperkte schaal plaats. Grotere productiefaciliteiten bevinden zich elders in de wereld.</p> <p><u>Potentieel sterke groei</u> Voor 2030 heeft de VNCI (branchevereniging van de chemische industrie in Nederland) evenwel de ambitie om 15% van de fossiele grondstoffen te vervangen door biobased grondstoffen. Met een jaarlijks gebruik van 20 Mton fossiele grondstoffen door de chemie betekent dat een significante vraag naar biomassa gaat ontstaan. Dit kunnen reststromen zijn uit de akker- en tuinbouw en bijvoorbeeld ook suikerbieten waarvan de teelt kan toenemen als gevolg van het wegvallen van het suikerquotum per oktober 2017.</p> <p><b>Aandeel biobased in de chemie</b> Het aandeel biobased van de totale polymeer productie is wereldwijd de afgelopen jaren gegroeid van 1,4% in 2011 naar circa 2% in recente jaren. De verwachting is dat het marktaandeel van biobased chemicaliën en producten tot 2030 wereldwijd zal groeien met gemiddeld 6,5% per jaar<sup>8</sup>.</p>


<sup>8</sup> Nova, 2015. Market study and Trend Reports on 'Bio-based Building Blocks and Polymers in the World – Capacities, Production and Applications: Status Quo and Trends Towards 2020'



### 3.5 Oliehoudende gewassen

Factsheet oliehoudende gewassen	
<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>In Nederland verbouwde olieplanten zijn met name koolzaad en olievlas (lijnzaad). Elders zijn palmolie en soja-olie belangrijke producten. Plantaardige oliën zijn een veel gebruikt ingrediënt in voedingsmiddelen. Natuurlijke oliën worden ook al lang gebruikt voor non-food producten, zoals bijvoorbeeld zeep en verf. De plantaardige oliën worden ook benut voor de productie van biodiesel. Uit natuurlijke oliën kunnen ook chemicaliën worden gemaakt die kunnen worden toegepast als grondstoffen voor kunststoffen, harsen of PUR (polyurethaan) schuimen.</p> 
<b>Relatie met circulaire economie</b>	De meeste natuurlijke oliën worden toegepast in voedingsmiddelen. Bij toepassing in bijvoorbeeld verf of voor chemische basisstoffen of smeermiddel of biodiesel kunnen natuurlijke oliën een alternatief zijn voor het gebruik van fossiele grondstoffen.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zeep, verf</li> <li>• biodiesel</li> <li>• grondstoffen voor kunststoffen, harsen of PUR (polyurethaan) schuimen.</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	Veel producten worden al lange(re) tijd geproduceerd.
<b>Praktijkvoorbeeld</b>	<p><b>Van lijnzaad naar verf</b></p> <p>In samenwerking met de gemeente Amsterdam en Waternet plant Schiphol olievlas rond de start- en landingsbanen vanwege de vogel afschrikkende werking van de plant. De plant wordt na verloop van tijd geoogst om lijnzaadolie van te maken, een grondstof die voor de verffabriek van RIGO belangrijk is voor de productie van natuurlijke verven. Schiphol neemt deze verf ook af voor het beschilderen van de luchthaven. Meer informatie: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=1o2WUzWCE">https://www.youtube.com/watch?v=1o2WUzWCE</a></p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b></p> <p>De teelt van oliehoudende gewassen vindt in Nederland op bescheiden schaal plaats, de jaarproductie in 2016 is circa 8 kton (koolzaad en lijnzaad) op circa 4.000 ha (<a href="#">CBS</a>). Gezien de geringe productie en opbrengst in Nederland is de potentie voor vervanging van primaire grondstoffen voor deze studie als niet significant beschouwd.</p>

### 3.6 Riet en plagsel


Factsheet riet en plagsel	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Bij natuurbeheer komen stromen biomassa vrij zoals maaisel, snoeisel en plagsel. Een bekende toepassing van riet is als dakbedekkingsmateriaal. <i>Gras is in een aparte fact sheet beschreven.</i>
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Bij benutting van riet als dakbedekkingsmateriaal wordt bespaard op de inzet van primaire abiotische grondstoffen. Bij gebruik van riet voor de productie van plaatmateriaal worden vaak andere biotische grondstoffen vervangen zoals hout en geeft dan ook geen besparing op abiotische grondstoffen.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>riet als dakbedekking en plaatmateriaal</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	Het gebruik van riet als dakbedekking vindt al lang plaats, de verwerking in een plaatmateriaal is nog in ontwikkeling.
<b>Praktijkvoorbeeld</b>	<p><b>Een plaatmateriaal met riet</b> Natuurmonumenten oogst overjarig riet eens in de 3 tot 6 jaar, net als andere beheerorganisaties als waterschappen. De afvoer brengt hoge kosten met zich mee. Om het maaisel tot een bron van inkomsten te maken, werkt Natuurmonumenten samen met DSM, Wageningen UR en Compakboard aan marktgerichte toepassingen. Compakboard wil zijn huidige grondstoffenaanbod, van stro uit de landbouw, verbreden met riet<sup>9</sup>. Meer informatie: <a href="https://www.natuurmonumenten.nl/over-natuurmonumenten/pers-en-nieuws/persberichten/rietafval-nieuwe-grondstof-voor-hernieuwbaar-plaatmateriaal">https://www.natuurmonumenten.nl/over-natuurmonumenten/pers-en-nieuws/persberichten/rietafval-nieuwe-grondstof-voor-hernieuwbaar-plaatmateriaal</a></p> <p><b>Bouwblokken uit veen</b> Staatsbosbeheer haalt jaarlijks 200.000 m<sup>3</sup> veen uit de Weerribben om dichtgroei van het water te voorkomen. Dat kan geld opleveren via potgrond. De rest, ongeveer de helft, gaat naar zogenoemde bioblocks. Na persen en drogen maakt ondernemer Driek Voets er baksteenachtige blokken van bruikbaar voor afwerking van geluidswallen, oeverbescherming en parkinrichting. Meer informatie: <a href="http://www.bioblocks.nl">www.bioblocks.nl</a>.</p> <p><b>Riet als bouwsteen voor waterbeheer</b> Naast gebruik als dakbedekkingsmateriaal heeft riet meer potenties. Zo kan riet bijdragen aan waterberging, waterzuivering, tegengaan bodemdaling en het inrichten van bufferzones voor verdrogingbestrijding. Vanwege deze potenties heeft Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) budget uitgetrokken voor onderzoek naar rietteelt. Het westelijk deel van het werkgebied van HDSR, onderdeel van het Groene Hart, komt het meest in aanmerking voor dit onderzoek. Hier bevinden zich de gebieden waar gezocht wordt naar extra waterberging, waar te hoge concentraties stikstof en fosfaat aanwezig zijn, waar sprake is van verdroging en onderbemalingen<sup>10</sup>.</p> 
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b> Van de jaarlijkse oogst van riet (maaisel en plagsel) is ongeveer de helft (circa 20 kton ds/jr (2014)) toepasbaar als dekriet (dakbedekking)<sup>11</sup>. De jaarlijkse oogst plagsel bedraagt minder dan 20 kton. In de toekomst zal het areaal waar rietoogst plaatsvindt niet substantieel veranderen vanwege de natuurwaarde van deze gebieden. Voor deze studie is deze stroom dan ook als niet significant beschouwd voor de impact op materiaalgebruik.</p>

<sup>9</sup> Compakboard ging in juli 2017 failliet door onenigheid tussen toeleverancier en financier

<sup>10</sup> Natuur- en Milieufederatie Utrecht. Schetsboek Groene Gebiedsontwikkeling Utrecht, via [nmu.nl](http://nmu.nl).

<sup>11</sup> Probos, 2014. Biomassapotentieel NBLH sector 2020 en 2050

### 3.7 Bodemverbeteraars

Factsheet bodemverbeteraar	
<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>Bodemverbeteraars zijn substraten die de grondstructuur en bodemvruchtbaarheid verbeteren. Compost is de belangrijkste organische bodemverbeteraar en bestaat uit plantaardige resten zoals ingezamelde groenten, fruitschillen, grasmaaisel, bladeren en snoeihout. Compost bevat veel organische stof en verbetert de bodemstructuur doordat voeding en organisch materiaal worden toegevoegd. Compost wordt gebruikt in de land- en tuinbouw. Ook slib en gezonde vruchtbare grond die vrijkomt bij grondwerkzaamheden kan als bodemverbeteraar worden benut.</p>  <p>Bron: Tuinpraat</p>
<b>Relatie met circulaire economie</b>	<p>Bodemverbeteraars helpen het gebruik van kunstmest te verminderen. Bodemverbeteraars bevatten niet alleen meststoffen, maar zorgen er ook voor dat planten aanwezige meststoffen beter opnemen, waardoor minder meststoffen uitspoelen in het grondwater.</p>
<b>Toepassingen</b>	<p>Potgrond, substraten voor tuinbouw, grondverbetering in de akkerbouw De bodemverbetering bestaat uit verschillende componenten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Structuurverbetering: voldoende korrelige grond laat lucht goed door, wat gunstig is voor de zuurstofafgifte en CO<sub>2</sub>-opname door de wortels.</li> <li>• Water vasthouden of doorlaten: zand laat te veel water door (te droge grond), klei te weinig (te natte grond).</li> <li>• Meststoffen: aanwezigheid van o.a. stikstof, kalium, fosfor en magnesium</li> <li>• Zuurgraad: de juiste zuurgraad zorgt voor betere opname van nutriënten door planten</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	<p>TRL 9: in operatie</p>
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	 <p><b>Van reststroom naar biobased product</b> BVOR-bedrijven werken jaarlijks zo'n 3 Mton organische reststromen op tot compost en andere biobased producten, zoals biobrandstoffen, biogas, vezels en andere duurzame producten. Meer informatie: <a href="http://bvor.nl/compost/">http://bvor.nl/compost/</a></p> <p><b>Afgegraven toplaag voor ophoging landbouwgrond</b> In de Binnenveldse Hooilanden werken natuurliefhebbers, boeren en terreinbeheerders in opdracht van de provincie Gelderland samen aan nieuwe natuur tussen Veenendaal en Wageningen. De Binnenveldse Hooilanden gaan bestaan uit 300 hectare aaneengesloten natuur met onder meer blauwgrasland, trilveen en dotterbloemhooiland. Het plan voorziet dat van 200 hectare gemiddeld 0,25 m fosfaat- en voedselrijke toplaag wordt afgegraven, die uit klei, zand en veen bestaat. Een deel hiervan wordt waarschijnlijk direct gebruikt voor ophoging van aangrenzende landbouwgronden, om hier landbouwkundige schade te voorkomen.</p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant.</b> Het gebruik van primaire grondstoffen als meststoffen in kunstmest in Nederland is in deze studie als 'niet significant' beschouwd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 214 kton stikstof is een significante hoeveelheid, maar stikstof valt niet onder de primaire grondstoffen (wordt gewonnen uit de lucht)</li> <li>• 7 kton fosfor (niet significant)</li> <li>• 19 kton kalium (niet significant)</li> </ul>

### 3.8 Waterplanten

Factsheet waterplanten	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Naast de directe consumptie van waterplanten voor voedsel (zeewier), kunnen tal van hoogwaardige componenten worden gewonnen uit waterplanten. De bestanddelen kunnen worden gebruikt in levensmiddelen, diervoeding, meststoffen, chemicaliën, cosmetica en farmaceutische producten.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	De inzet van grondstoffen uit waterplanten in bijvoorbeeld de chemie kan een alternatief zijn voor de inzet van fossiele grondstoffen.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levensmiddelen</li> <li>• Diervoeding</li> <li>• Cosmetica</li> <li>• Fijn chemie (geur en smaakstoffen en farma)</li> <li>• Grondstoffen voor chemie / bioplastics</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	De toepassing van waterplanten bevindt zich in hoofdzaak nog in de fase van onderzoek en kleinschalige pilots. Zowel in de aquatische biomassaproductie als in de bioraffinage wordt geïnvesteerd in het ontwikkelen van techniek en reduceren van kosten. Zo zijn er SBIR en H2020 subsidies voor het ontwikkelen van een levensvatbare business case voor (offshore) zeewier cultivatie en verwerking zoals de MacroFuels en At-Sea projecten.
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Eendenkroos voor lijmen, coatings en verven</b> Vloerenspecialist Unipro onderzoekt met Advanced Biobased Paints of waterlinzen (eendenkroos) gebruikt kunnen worden in lijmen, coatings en verven. In de vijvers op landgoed Lankheet in Haaksbergen is op 3 ha begonnen met de teelt van waterlinzen. Meer informatie: <a href="http://hetlankheet.nl/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=70:je-ziet-het-bijna-groei-en-als-kool-&amp;catid=29:nieuws&amp;Itemid=27">http://hetlankheet.nl/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=70:je-ziet-het-bijna-groei-en-als-kool-&amp;catid=29:nieuws&amp;Itemid=27</a></p> <p><b>Uit de Oosterschelde komt elk jaar 250 ton zeewier</b> De zeewierboerderij bij de Schelphoek op Schouwen-Duiveland breidt uit naar een oppervlakte op het water van 1 hectare. De uitbreiding is nodig om aan de toenemende vraag naar zeewier te voldoen voor allerlei producten: van koffiemelk tot ijs en van medicijnen tot tandpasta. Meer informatie: <a href="http://www.omroepzeeland.nl/nieuws/100937/Uit-de-Oosterschelde-komt-elk-jaar-250-000-kilo-zeewier">http://www.omroepzeeland.nl/nieuws/100937/Uit-de-Oosterschelde-komt-elk-jaar-250-000-kilo-zeewier</a></p> <p><b>Succesvolle teelt op textiel</b> Het H2020 project At-Sea, bestaande uit een consortium met onder andere ECN, en Sioen heeft succesvol zeewier geteeld op textiel<sup>12</sup>. Als de economische, technische en energetische uitdagingen worden overwonnen is het productiepotentieel aanzienlijk, met name vanwege de mogelijke integratie van zeewiercultivatie in windmolenparken en de combinatie met aquacultuur.</p> <p><b>Van waterplant tot papier</b> In het water van Almere zijn veel waterplanten. Die groeien zo goed dat watersporters en recreatieondernemers er behoorlijk last van hebben. Samen met de watersport- en horecaondernemers is gewerkt aan een maaiplan. Ook werden Almeerse bedrijven gevonden die het eerste papier hebben afgenomen. Almere heeft haar nu eigen papier, gemaakt uit gemaaide waterplanten.</p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Significant</b> <u>Huidige toepassing zeer gering</u> Waterplanten hebben veel potentie voor velerlei toepassingen. De huidige verwerking van Nederlandse waterplanten beperkt zich tot pilots en is nog zeer gering.</p> <p><u>Potentieel zeer groot areaal beschikbaar</u> Het beschikbare (en thans onbenutte) areaal water is zeer groot. Tien procent van het Nederlands deel van de Noordzee (5.700 km<sup>2</sup>) komt overeen met 25% van het Nederlandse landbouwareaal. Gezien de omvang van met name het areaal op de Noordzee is het potentieel als significant beoordeeld.</p>

<sup>12</sup> ECN, 2015. Seaweed farm able to produce as much sustainable energy as wind turbines. Via <https://www.ecn.nl/news/item/seaweed-farm-able-to-produce-as-much-sustainable-energy-as-wind-turbines/>

### 3.9 Minerale grondstoffen

Factsheet minerale grondstoffen	
<b>Ecosysteemdienst</b>	In Nederland worden grote hoeveelheden oppervlakedelfstoffen gewonnen: grind, industriezand, ophoogzand, klei en mergel. De meeste oppervlakedelfstoffen worden gewonnen in de Noordzee, Zeeuwse Delta en IJsselmeer. Dit betreft hoofdzakelijk ophoogzand. Bruikbare klei en grof industriezand komt vooral voor langs de grote rivieren (Rijn en Maas). Verder stroomopwaarts langs de Maas zijn grindvoorkomens aanwezig. Het fijnere ophoogzand wordt overal in Nederland aangetroffen en ook in de Noordzee. Ook worden in de Noordzee, Westerschelde en Waddenzee schelpen gewonnen. Deze primaire bouwgrondstoffen worden gebruikt in de bouw en voor de aanleg van onder meer wegen, dijken en voor kustonderhoud.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	De gebruikte bouwgrondstoffen hebben in Nederland een groot aandeel in de jaarlijkse gebruikte hoeveelheid grondstoffen. Het gebruik van deze bouwgrondstoffen brengt niet een besparing met zich mee of een alternatief voor primaire grondstoffen. In de verdere keten zijn wel veel besparingsopties aanwezig zoals het bij de bouw minder materialen toepassen, ontwerpen gericht op recycling en het bij de bouw toepassen van reststoffen.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bouw en GWW</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	In de Nota Ruimte is als doelstelling opgenomen de winning van oppervlakedelfstoffen te stimuleren op een maatschappelijk verantwoorde wijze. Door de winning van oppervlakedelfstoffen te combineren met andere functies, zoals rivierverruiming, natuurontwikkeling, woningbouw, aanleg van waterbergingen en vaargeulen, wordt dit gewaarborgd.
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Grensmaas en Bemmelse waard</b></p> <p>In het project Grensmaas worden de opbrengsten van grindwinning gebruikt voor verruiming en inrichting van de rivier. Ook het ontgrondend bedrijfsleven zet sterk in op het winnen van grondstoffen in combinatie met andere functies en doet dit gebiedsgericht in samenspraak met bewoners en gebruikers. Een ander voorbeeld is de Bemmelse waard waar belangen natuur, waterbeheer, delfstoffen en baksteenfabriek zijn gecombineerd.</p> <p><b>Zandwinning Rutbekerveld gaat vier functies vervullen</b></p> <p>Zandwinning Rutbekerveld gaat op de schop. Bij de aanleg van de nieuwe N18 ligt het zanddepoterrein en de ontsluiting van het zandwinbedrijf in de weg. Het depot wordt dan ook verplaatst waarbij de zandwinning met 10 hectare wordt uitgebreid. De vernieuwde zandwinplas krijgt vier functies: zandwinning, natuurontwikkeling, extensieve recreatie en landschapsbouw. Meer informatie: <a href="http://www.roelofsgroep.nl/academy/blogdetail/meer-waarde-aan-ruimte-zandwinning-rutbekerveld-gaat-vier-functies-vervulle/">http://www.roelofsgroep.nl/academy/blogdetail/meer-waarde-aan-ruimte-zandwinning-rutbekerveld-gaat-vier-functies-vervulle/</a></p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b></p> <p>In Nederland worden grote hoeveelheden oppervlakte delfstoffen gewonnen. Het gebruik van deze grondstoffen als zodanig leidt niet tot minder of een alternatief voor het gebruik van primaire grondstoffen. In de verdere keten van verwerking en toepassing van bouwgrondstoffen, zijn wel grote bijdragen te realiseren aan een meer circulaire economie zoals materiaalbesparing en hergebruik.</p> <p><b>Huidige winning minerale grondstoffen</b></p> <p>De reguliere winning van primaire bouwgrondstoffen in Nederland bedraagt de afgelopen tien jaar ongeveer 65 à 75 Mton per jaar<sup>13</sup>. Hiervan bestaat 6% uit grove granulaten (vooral grind), 23% uit fijne granulaten (vooral beton- en metselzand), 62% uit ophoogzand en 9% uit overige bouwgrondstoffen (overig industriezand, klei en mergel). Naast de reguliere winning vindt in Noordzee ook nog niet-reguliere winning van ophoogzand plaats. Dit ophoogzand wordt gebruikt voor kust suppletie en voor landaanwinning (zoals de aanleg van de Tweede Maasvlakte). De niet-reguliere winning betreft grote hoeveelheden, die van jaar tot jaar sterk kunnen wisselen.</p>

<sup>13</sup> CLO, 2015. Winning en verbruik van oppervlakedelfstoffen, via <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0067-winning-en-verbruik-van-oppervlakedelfstoffen>

### 3.10 Baggerspecie

Factsheet baggerspecie	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Nederland is een deltagebied: rivieren voeren veel slib en zand aan, waarvan jaarlijks circa 10 miljoen m <sup>3</sup> bezinkt. Rivieren, kanalen, maar ook (zee)havens en watergeulen moeten dan ook met enige regelmaat gebaggerd worden. Bij de baggerwerkzaamheden komen grote hoeveelheden baggerspecie vrij.
<b>Relatie met CE</b>	Door nuttig toepassen van baggerspecie wordt bespaard op primaire grondstoffen.
<b>Toepassingen</b>	Toepassen van (grondstoffen uit) baggerspecie kan met name in de GWW: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in bouw- en wegconstructies: wegen, spoorwegen en geluidswallen;</li> <li>• in ophogingen van industrieterreinen en woningbouwlocaties;</li> <li>• in landbouw- en natuurgronden voor het verbeteren van de bodemgesteldheid;</li> <li>• in waterbouwkundige constructies en het verondiepen van plassen;</li> <li>• in aanvullingen, zoals de herinrichting en stabilisering van voormalige winplaatsen.</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	Verscheidene toepassingen zijn al lang in gebruik, anderen zijn in ontwikkeling. Het Besluit bodemkwaliteit geeft het beleidskader voor het toepassen van baggerspecie.
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Pilot kleirijperij</b> In de Eems Dollard is te veel slib aanwezig. De waterkwaliteit is niet goed en de biodiversiteit neemt af. In de havens verzamelt zich slib waardoor baggerwerkzaamheden nodig zijn. Aan de andere kant is in het gebied behoefte aan klei om dijken te versterken en landbouwgrond op te hogen. Door slib uit de Eems Dollard te halen en om te zetten in klei, ontstaat een win-win situatie: de waterkwaliteit verbetert en er is klei voor dijkversterking en ophoging van landbouwgrond beschikbaar. In de Pilot Kleirijperij onderzoeken partijen manieren om slib om te vormen tot klei. Meer informatie: <a href="https://www.ecoshape.org/nl/projecten/kleirijperij/">https://www.ecoshape.org/nl/projecten/kleirijperij/</a></p> <p><b>Van baggerspecie naar vogelparadijs</b> In 2012 heeft Natuurmonumenten het plan voor de Marker Wadden gelanceerd. Nu werken Natuurmonumenten, Rijkswaterstaat, de provincie Flevoland en Boskalis samen aan de aanleg van eilanden van zand, klei en slib in het Markermeer, de Marker Wadden. Met de Marker Wadden wordt een groot en belangrijk natuurgebied in het hart van Nederland gecreëerd. Tegelijkertijd wordt het Markermeer aantrekkelijk voor natuurliefhebbers en watersporters. Meer informatie: <a href="https://www.natuurmonumenten.nl/marker-wadden">https://www.natuurmonumenten.nl/marker-wadden</a></p> <p><b>Blokken van baggerspecie</b> Het Drentse waterschap Vechtstromen doet samen met partners een proef met beschoeiingselementen gemaakt van baggerslib. Eind 2016 zijn langs het Oranjekanaal de eerste proefblokken geplaatst van de GEOWALL®, een gepatenteerd product waarbij baggerslib wordt omgezet in bouwelementen. Meer informatie: <a href="https://www.vechtstromen.nl/actueel/nieuws-0/@35106/duurzaamheidsprijs/">https://www.vechtstromen.nl/actueel/nieuws-0/@35106/duurzaamheidsprijs/</a></p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Significant.</b> <u>Andere afzetroutes mogelijk?</u> In Nederland komt jaarlijks circa 50 Mton baggerspecie vrij<sup>14</sup>. Deze stroom wordt thans nagenoeg volledig nuttig toegepast. In het <i>meer</i> nuttig toepassen van deze stroom ligt dan ook nauwelijks een besparingspotentieel van primaire grondstoffen. De vraag is wel of de thans gevolgde afzetroutes altijd maximaal bijdragen aan het besparen op de winning en benutting van primaire grondstoffen. Zo wordt baggerspecie uit de Rotterdamse Havens voor het herstellen van de sedimenthuishouding en de stabiliteit van het kustfundament verspreid in de Noordzee. Een bewezen praktijk die afzet met weinig verstoring garandeert, ieder in een setting waar grote economische en politieke belangen op het spel staan. Maar mogelijk zijn er andere afzetroutes denkbaar die bijdragen aan minder inzet van primaire materialen: kan vrijkomende bagger elders worden toegepast ter vervanging van primair materiaal zonder dat dit gepaard gaat met verstoringen of moeten we zoeken naar slimmere baggertechnieken om meer bruikbare bagger vrij te maken?<sup>15</sup></p>

<sup>14</sup> Bron: schatting Michiel Gadella, Bodem+, RWS


<sup>15</sup> Brils, J. e.a., 2014. Hemelse modder: bagger verdient beter imago, via <https://www.baggernet.info/doc/Enquete-HemelseModder.pdf>

## 3.11 Grond

Factsheet grond	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Bij grondwerkzaamheden komt grond vrij. De hoeveelheid grond die jaarlijks bij grondwerkzaamheden vrijkomt en wordt hergebruikt, wordt geschat op 20 Mton <sup>16</sup> . Deze hoeveelheid is de afgelopen jaren op een redelijk constant niveau gebleven.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	<p>Grond kan afhankelijk van de milieu-hygiënische kwaliteit en civieltechnische eigenschappen voor verschillende toepassingen worden hergebruikt. (Licht) verontreinigde grond wordt ook direct hergebruikt als (water)bodem of in grootschalige bodemtoepassingen, zoals geluidswallen, wegfunderingen, afdek- en tussenafdekklagen op stortplaatsen en het verondiepen van plassen. Gereinigde grond is ook geschikt voor nuttige toepassing. Met de inzet van grond worden primaire grondstoffen bespaard.</p> <p>Daar waar sprake is van vrijkomende gezonde/vruchtbare bovengrond, kan deze grond (en ook slib) als bodemverbeteraar. Een toepassing die een bijdrage levert aan ecosysteemdiensten als bodemvruchtbaarheid, vastleggen van CO<sub>2</sub> en waterbergend vermogen. Van een besparing op primair materiaalgebruik is geen sprake.</p>
<b>Toepassingen</b>	Bouw en GWW
<b>Stand der techniek</b>	Bestaande technieken. Voor reiniging ook in ontwikkeling
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Grondbank: opslag en hergebruik van grond</b> Grondbanken richten zich op het afstemmen van grondstromen. Het gaat om bij graafwerkzaamheden vrijgekomen grond. Ook kan een grondbank de fysieke plek zijn waar partijen grond worden ingenomen, gekeurd en weer hergebruikt. Grondbanken hebben een belangrijkere rol bij het hergebruik van grond en bouwstoffen. Meer informatie: <a href="https://www.amsterdam.nl/wonen-leefomgeving/bouwen-verbouwen/bodem/grondbank-opslag/">https://www.amsterdam.nl/wonen-leefomgeving/bouwen-verbouwen/bodem/grondbank-opslag/</a></p> <p><b>Afgegraven toplaag voor ophoging landbouwgrond</b> In de Binnenveldse Hooilanden werken natuurliefhebbers, boeren en terreinbeheerders in opdracht van de provincie Gelderland samen aan nieuwe natuur tussen Veenendaal en Wageningen. De Binnenveldse Hooilanden gaan bestaan uit 300 hectare aaneengesloten natuur met onder meer blauwgrasland, trilveen en dotterbloemhooiland. Het plan voorziet dat van 200 hectare gemiddeld 0,25 m fosfaat- en voedselrijke toplaag wordt afgegraven, die uit klei, zand en veen bestaat. Een deel hiervan zal waarschijnlijk direct worden gebruikt voor ophoging van aangrenzende landbouwgronden, om hier landbouwkundige schade te voorkomen.</p> <p><b>Verondiepen van plassen</b> Utrechts Landschap bezit aan de oostkant van de stad Utrecht zandwinlocatie de Hooge Kampse Plas, ooit gegraven voor de aanleg van de A27. Door diepte en vervuiling trok het water weinig soorten. Een aannemer creëert met licht vervuilde grond eilandjes, ondiepten en flauwe oevers volgens een plan van Utrechts Landschap. Dat maakt de plas aantrekkelijk voor meer soorten.</p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Significant.</b> In Nederland komt jaarlijks circa 20 Mton grond vrij. Deze stromen worden thans nagenoeg volledig nuttig toegepast. In het meer nuttig toepassen van deze stroom is dan ook nauwelijks een besparingspotentieel van primaire grondstoffen gelegen. De vraag is wel of de gevolgde afzetroutes altijd maximaal bijdragen aan het besparen op de winning en benutting van primaire grondstoffen. Grote hoeveelheden grond en ook baggerspecie, bijvoorbeeld vrijkomend bij hoogwaterveiligheid projecten, worden benut om daaraan gekoppelde zand- en grindwinputten te verondiepen. Een bewezen praktijk die afzet met weinig verstoring garanderen, in een setting waar grote economische en politieke belangen op het spel staan. Maar mogelijk zijn er andere afzetroutes denkbaar die bijdragen aan minder inzet van primaire materialen: moeten winplassen altijd verondiept of kunnen die plassen ook gebruikt worden voor bijvoorbeeld de energietransitie?</p>

<sup>16</sup> Bron: schatting Michiel Gadella, Bodem+, RWS

### 3.12 Bodemreiniging

Factsheet bodemreiniging	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Met behulp van micro-organismen, zoals bacteriën en schimmels, kan vervuilde grond gereinigd worden. Micro-organismen zetten verontreinigende stoffen om tot verbindingen die (nagenoeg) onschadelijk zijn voor het milieu. Bij de mineralisatie worden verontreinigende stoffen zoals olie en aromatische koolwaterstoffen omgezet in CO <sub>2</sub> en water. Meer informatie: <a href="http://Bodemrichtlijn.nl">Bodemrichtlijn.nl</a> .
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Biologische reiniging met micro-organismen kan een alternatief zijn voor andere reinigingstechnieken, zoals thermische reiniging, natte reiniging (met water of een oxidatiemiddel), of immobilisatie (voorkomen van verdere verspreiding). Met name als alternatief op chemische reinigingsmiddelen is er sprake van materiaalbesparing.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische grondreiniging door bacteriën of schimmels</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	TRL9: in operatie
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Natuurlijke afbraak</b></p> <p>Het bedrijf <a href="http://Orvion.nl">Orvion</a> uit Stolwijk past Natuurlijke Afbraak toe waarbij de bacteriën die van nature voorkomen de bodem schoonmaken. Biologische technieken van Orvion zijn vooral van toepassing voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minerale olie: benzine, diesel, kerosine, smeerolie etc.</li> <li>• Vluchtige aromatische koolwaterstoffen: BTEXN en andere aromaten</li> <li>• Vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen, zoals bijv. CFK's</li> <li>• Specifieke organische stoffen en oplosmiddelen</li> </ul> 
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b></p> <p>De besparing of vervanging van abiotische grondstoffen is erg klein, omdat alleen bij natte reiniging met permanganaat een oxidatiemiddel wordt gebruikt dat is geproduceerd uit primaire mineralen<sup>17</sup>. De gebruikte hoeveelheid oxidatiemiddelen voor bodemreiniging in Nederland is onbekend (de verwachting dat het om een relatief beperkte hoeveelheid gaat).</p> <p>Daarnaast kan de gereinigde grond hergebruikt kan worden bijvoorbeeld als ophoogmateriaal. Er is wel energiebesparing voor reiniging en transport. Deze ecosysteemdienst valt hiermee buiten de scope van het onderzoek.</p>

<sup>17</sup> Bodemrichtlijn, In situ chemische oxidatie, principe van de techniek, oxidatiemiddelen en reacties, via <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/b-in-situ-reiniging/b3-chemische-technieken/b3-1-in-situ-chemische-oxidatie-isco/in-situ-chemische-oxidatie-principe-van-de-techniek-oxidatiemidd8516>



### 3.13 Afvalwater- en oppervlaktewaterzuivering

#### Factsheet afvalwater- en oppervlaktewaterzuivering

<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>Ecologische of groene waterzuiveringssystemen kunnen afval- of oppervlaktewater zuiveren. Planten, algen, bacteriën, schimmels en (water)dieren zorgen voor de zuivering van het water. Groene waterzuiveringssystemen variëren van eenvoudig met enkele organismen tot zeer complex. Helofytenfilters zijn bekende voorbeelden, maar ook algen, kroos, moerasbufferstroken of zogenaamde Living Machines kunnen worden toegepast voor zuivering. De ecosystemen produceren bovendien biomassa die kan worden geoogst en nuttig gebruikt of verkocht.</p> <p>Helofytenfilters, een combinatie van helofyten en aerobe en anaerobe bacteriën kunnen afvalwater met zuurstofbindende stoffen, stikstof, chloriden, fosfaat en alle zwevende stoffen vergaand omzetten, afbreken en verwijderen<sup>18</sup>. Helofyten zijn plantensoorten uit een moerasige omgeving, zoals de gele lis (zie afbeelding).</p>	
<b>Relatie met circulaire economie</b>	<p>Groene waterzuiveringen kunnen de functie van riool- of afvalwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's en AWZI's) deels of geheel overnemen en zodoende materiaalgebruik besparen op zuiveringsinstallaties en/of riolering. Akkerranden en grasbermen kunnen ook mest en bestrijdingsmiddelen afvangen en afspoeling naar sloten voorkomen.</p> <p>Zwaardere vervuilingen zoals metalen kunnen door micro-organismen onschadelijk worden gemaakt (zie 3.12 Bodemreiniging).</p>	
<b>Toepassingen</b>	<p>Groene waterzuiveringen worden toegepast bij het zuiveren van<sup>19</sup>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• huishoudelijk afvalwater;</li> <li>• landbouwwater;</li> <li>• overstorten van riolering en effluent van rwzi's;</li> <li>• bepaalde soorten industrieel proceswater;</li> <li>• de behandeling van vervuild water dat van wegen stroomt ('Run off');</li> <li>• beekwater en ander oppervlaktewater, bijv. in gevoelige natuurgebieden.</li> </ul>	
<b>Stand der techniek</b>	<p>TRL 9: in operatie.</p>	
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Natuurlijke waterzuivering</b></p> <p>Het bedrijf Wetlantec uit Ruinerwold legt al sinds 1995 natuurlijke waterzuiveringen aan. Het bedrijf legt drie verschillende typen filters aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verticaal doorstromend helofytenfilter, voor zwaar vervuild water (zie afbeelding).</li> <li>• Horizontaal doorstromend helofytenfilter, voor licht tot matig vervuild water.</li> <li>• Vloeienveld, voor grote hoeveelheden licht vervuild water.</li> </ul> <p>Meer informatie: <a href="http://www.wetlantec.com/nl/helofytenfilter/">http://www.wetlantec.com/nl/helofytenfilter/</a></p>  <p><b>Zuivering oppervlaktewater</b></p> <p>Nabij het Nanneveld (Friesland) is in 1994 een rietveld aangelegd in het kader van het REGIWA-project Nanneveld. De polderplas werd geïsoleerd van de agrarische polder</p>	

<sup>18</sup> Rendement van bezinkbassin + filter: zwevende stof tot ca. 85%, totaal stikstof ca. 80%, totaal fosfaat tot ca. 65%, koper ca. 95%, lood ca. 94%, PAK ca. 91%. – Wieten, M., Zuiveren met Helofyten in Amsterdam, in Neerslag Magazine, via <http://www.neerslag-magazine.nl/magazine/artikel/420/>

<sup>19</sup> Spoelstra, J. en Truijten, G., 2010. Handboek Groene Waterzuivering, via <http://edepot.wur.nl/164513>

	<p>en kreeg een eigen watervoorziening vanuit de beek de Tjonger. Op de aanvoerroute is het rietveld aangelegd in combinatie met een chemische na-zuivering. Er is gebruik gemaakt van in kassen opgekweekt riet dat met een koolplantmachine werd gepoot. Er zijn echter aanzienlijke oppervlakten nodig.<sup>20</sup></p>
<p><b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b></p>	<p><b>AWZI's en RWZI's: niet significant.</b>                  Technisch gezien is de potentie om materiaal te besparen groot. Jaarlijks wordt er 135 kton gewapend beton gebruikt voor de aanleg van RWZI's<sup>21</sup>.</p> <p>Een beperking is echter de ruimte om in stedelijke omgeving groene waterzuiveringen aan te leggen. Het ruimtegebruik is zeker 5 x zo hoog.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• RWZI: <b>0,5 m<sup>2</sup>/inwoner-equivalent (i.e.)</b> (o.b.v. RWZI Weesp, ~20.000 m<sup>2</sup> voor 46.000 i.e., casus in vakblad <u>H<sub>2</sub>O</u>, 2016)</li> <li>• Helofytenfilter: <b>2,5-3,5 m<sup>2</sup>/i.e.</b><sup>22</sup>. (Wetlantec, casus <u>woonwijk</u>)</li> </ul> <p><b>Zuivering oppervlaktewater: niet significant</b>                  Oppervlaktewater kan en wordt ook door groene waterzuiveringen gezuiverd. De potentie voor additionele besparing op materiaalgebruik is echter niet significant. Voor typische maatregelen, bijvoorbeeld in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW), is de inzet van vegetatie of organismen namelijk standaard. Het primaire materiaalgebruik bij dergelijke maatregelen betreft golfbrekers (stenen) om goede condities te scheppen voor vegetatiegroei. Ecologische vervanging van dergelijke golfbrekers is niet mogelijk.<sup>23</sup></p>

<sup>20</sup> Spoelstra, J. en Truijten, G., 2010. Handboek Groene Waterzuivering, via <http://edepot.wur.nl/164513>

<sup>21</sup> Uitgaande van een levensduur van 30 jaar, capaciteit van 30 miljoen inwoner-equivalenten in Nederland en 135 kg beton/i.e. (6200 kg voor 46.000 i.e. in casus Weesp) – Van Fulpen, H., e.a., 2017. Nieuwbouw RWZI Weesp in 2020: is voorbezinking nog 'doelmatig duurzaam?', via <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/1271-nieuwbouw-rwzi-weesp-in-2020-is-voorbezinking-nog-doelmatig-duurzaam>

<sup>22</sup> Wetlantec, via <http://www.wetlantec.com/nl/qielpeetershof/>



<sup>23</sup> Expert judgement RHDHV

### 3.14 Drinkwatervoorziening

Factsheet drinkwatervoorziening	
<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>Drinkwater wordt gewonnen uit rivieren, beken en meren (zoet oppervlaktewater) en uit de bodem (grondwater). Grondwater is het meest zuiver, omdat het water door de bodem is gefilterd.</p> <p>Voordat grondwater gedronken kan worden, zal een waterzuiveringsinstallatie het meestal nog zuiveren via een (zand)filter en zo nodig ontkalken. Oppervlaktewater bevat allerlei verontreinigingen die in zuiveringsinstallaties moeten worden afgebroken met behulp van chemische stoffen, bezinking, filters en met UV-licht. Plaatselijk wordt oppervlaktewater voorgezuiverd door het te infiltreren in de duinen, waarna het in het grondwater terecht komt en zo opnieuw gewonnen kan worden.</p> 
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Drinkwaterwinning uit de bodem bespaart zuiveringsinstallaties en het gebruik van chemische stoffen.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Winning van drinkwater uit grond- of oppervlaktewater (zie beschrijving hierboven)</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	TRL 9: in operatie
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p><b>Duinwater uit de Maas</b></p> <p>Sinds 1976 gebruikt <u>Dunea</u> de Afgedamde Maas als bron voor drinkwater. Dit is een zijtak van de rivier de Maas. De Afgedamde Maas heeft een geringe stroming. Dat maakt het zeer geschikt als bezinkings- en voorraadbekken. Het voorgezuiverd rivierwater wordt in zogenoemde infiltratieplassen in het duingebied gepompt. Langzaam zakt het water de duinbodem in en vermengt zich met het neerslagwater. Door deze duinpassage worden ongewenste bacteriën en virussen op een natuurlijke manier onschadelijk gemaakt. Na een gemiddeld verblijf van twee maanden wordt een groot deel van het water weer opgepompt.</p>  </div> </div>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b></p> <p>Het drinkwaterwinningsstelsel wordt in de toekomst amper uitgebreid: de tendens is dat het waterverbruik per persoon verminderd. Extra winningsmogelijkheden in duinen of andere grondwatergebieden zijn daarnaast vergunningstechnisch al maximaal benut. Bovendien moet rekening gehouden worden met economische beperkingen van bijvoorbeeld het transporteren van drinkwater over grote afstanden. Het potentieel om materiaal te besparen door de inzet van de ecosysteemdienst 'drinkwatervoorziening' is om voorgaande overwegingen dan niet significant<sup>24</sup>.</p>

<sup>24</sup> Bron: Expert judgement, RHDHV

### 3.15 Overstromingsbescherming

Factsheet overstromingsbescherming	
<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>De overstromingsbescherming die geboden wordt door Nederlandse ecosystemen verschilt per locatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aan de Noordzeekust beschermen duinen tegen overstromingen van de zee bij hoogtij. De belangrijkste natuurlijke kustverdediging is de buitenste rij duinen, de zeereep genoemd. Stranden reduceren golfhoogten en daarmee de kans op overstroming.</li> <li>• Langs rivieren bestaat er natuurlijk reliëf in de vorm van oeverwallen en stroomruggen, maar deze zijn in alle gevallen niet (meer) hoog genoeg. Alle rivieren in Nederland hebben zomer- en winterdijken. Wilgenbossen reduceren golfhoogten. Daarnaast is met projecten als Ruimte voor de Rivier meer natuurlijke berging gecreëerd.</li> <li>• Langs de Waddenzeedijken en langs grote binnenwateren, zoals het IJsselmeer, liggen kwelders of vooroevers die de golfhoogte reduceren.</li> </ul> <p>De bescherming tegen kust- en oevererosie is behandeld in een aparte factsheet (3.16).</p>
<b>Relatie met circulaire economie</b>	<p>Het stimuleren of faciliteren van natuurlijke aangroei van duinen (duinvorming) bespaart materiaalgebruik voor zeedijken (zand, beton, asfalt) en golfbrekers.</p> <p>Stranden, kwelders, vooroevers en wilgenbossen reduceren golfhoogten, waardoor dijken niet of minder hoeven te worden verhoogd. Conventionele dijkversterking met stenen en asfalt wordt zo vervangen door zand of vegetatie.</p> 
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duinontwikkeling in plaats van dijken</li> <li>• Ontwikkeling van kwelders of vooroevers in plaats van ophoging van dijken</li> <li>• Wilgenbossen in plaats van ophoging van dijken</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Duinontwikkeling en wilgenbossen worden in de praktijk toegepast (TRL9).</li> <li>• Kwelders en vooroevers zijn in onderzoek (TRL7)</li> </ul>
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<div style="display: flex;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><b>Pilot Zandige Vooroever Houtribdijk</b> is een proef met een grote hoeveelheid zand gestort en beplant met vegetatie voor de bestaande dijk. Deze vooroever vermindert de golfslag tegen de dijk, waardoor deze helemaal niet of minder zwaar belast wordt. De dijk zelf hoeft daardoor niet versterkt te worden. Een zandige vooroever is op veel plaatsen goedkoper in aanleg en onderhoud dan een traditionele dijkversterking. Bovendien geeft het extra mogelijkheden voor de ontwikkeling van natuurwaarden en recreatiemogelijkheden van een gebied. Meer informatie: <a href="https://www.ecoshape.org/nl/projecten/pilot-houtribdijk/">https://www.ecoshape.org/nl/projecten/pilot-houtribdijk/</a></p> </div> </div> <div style="display: flex; margin-top: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><b>Kwelderlandschap</b> Project Marconi behelst een kwelderontwikkeling (buitendijkse strandontwikkeling) bij Delfzijl ter besparing van dijkversterking. De zeedijk wordt landinwaarts gelegd. Langs de Schermdijk en de Handelskade Oost wordt een kwelderlandschap en een broedvogeleiland aangelegd. Meer informatie: <a href="https://www.delfzijl.nl/waterfront-delfzijl-marconi/">https://www.delfzijl.nl/waterfront-delfzijl-marconi/</a></p> </div> </div> <div style="display: flex; margin-top: 10px;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><b>Ruimte voor de Rivier</b> Met het programma Ruimte voor de Rivier creëert RWS op 30 locaties in Nederland meer ruimte om de waterstand in rivieren omlaag te krijgen. RWS legt bijvoorbeeld dijken verder landinwaarts en legt watergeulen aan die bij hoogwater vollopen. Ook worden op verschillende plekken de uiterwaarden verlaagd. Deze gebieden overstroomd bij hoogwater. Zo krijgt de rivier tijdelijk meer ruimte en is de druk op dijken minder. Meer informatie: <a href="https://www.ruimtevoorderivier.nl/">https://www.ruimtevoorderivier.nl/</a></p> </div> </div>

<p><b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b></p>	<p><b>Noordzeekust: niet significant.</b> Daar waar kustbescherming door duinvorming gerealiseerd kan worden in plaats van de aanleg van een zeedijk is dat reeds gedaan. Er zijn geen nieuwe projecten in het vizier.</p> <p><b>Waddenzeekust en binnenwateren: niet significant.</b> Stenen en eventueel asfaltoverlaging kunnen worden uitgespaard. Dit bespaart 12 ton/m<sup>25</sup>. Het is echter nog niet bekend welke dijken opnieuw moeten worden versterkt, dus het besparingspotentieel kan niet realistisch worden geschat. Stel dat de besparing toegepast kan worden langs de gehele Waddenzeedijk van 76 km<sup>26</sup>, dan betreft dit 15 kton/jr (bij een levensduur van 50 jaar). Deze hoeveelheid is niet significant.</p> <p><b>Rivieroevers: niet significant.</b> Het belangrijkste overstromingsgevaar is niet op te lossen met natuurlijke oplossingen. De zwakste schakel (het belangrijkste faalmechanisme) is piping. Bij dit mechanisme stroomt water via een zandlaag onder een dijk door en komt het achter de dijk weer omhoog.</p>
---	---

<sup>25</sup> Expert judgement RHDHV

<sup>26</sup> Nieuwlandergoed, 2012, via <http://www.nieuwlandergoed.nl/museum/tentoonstellingen/geweest2012/patronen/dankzij-de-dijken>

### 3.16 Bescherming tegen kust- en oevererosie

#### Factsheet bescherming tegen kust- en oevererosie

<p><b>Ecosysteemdienst</b></p>	<p>Natuurlijke en kunstmatige overstromingsbescherming zoals duinen en dijken moeten beschermd worden tegen erosie door wind en stromend water. Natuurlijke oplossingen om zand op zijn plek te houden zijn vegetatie zoals rietkragen, wilgenbossen, helmgras en 'dieren' zoals mossel- en oesterbanken. Oevers van bijvoorbeeld veenplassen kunnen worden beschermd door wilgenbossen, rietkragen en andere opgaande begroeiing.</p> <p>Ook kan natuurlijke suppletie van zand door wind, golven en stroming gebruikt worden om kusten en oevers te versterken.</p>
<p><b>Relatie met circulaire economie</b></p>	<p>Natuurlijke kust- en oeverbescherming bespaart golfbrekers of ander materiaal dat het zand vast moet houden, zoals stenen, kademuren beschoeiingen of erosiematten (geotextielen, zie afbeelding).</p> <p>Natuurlijke suppletie van zand bespaart zandopspuitingen.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
<p><b>Toepassingen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wilgenbossen (met name rivier-, beek- en kanaaloevers)</li> <li>• Rietkragen (met name meeroevers)</li> <li>• Oester- en mosselbanken</li> <li>• Onderhoud Noordzeekust met Zandmotor</li> </ul>
<p><b>Stand der techniek</b></p>	<p>Wilgenbossen en rietkragen worden in de praktijk toegepast (TRL9). Mosselbanken verkeren in een stadium van prototype of demonstratie (TRL6-7, zie praktijkvoorbeeld)</p>
<p><b>Praktijkvoorbeelden</b></p>	<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <p><b>Wilgen op de vooroever van een dijk.</b></p> <p>Wilgenvegetaties dempen de windgolven. Windgolven zijn mede bepalend voor de hoogte van dijken. Door de golfdemping kan de hoogte beperkt worden, dat verbetert het uitzicht. Ook voegen we hiermee leefgebied voor faunasoorten toe aan het gebied. Meer informatie: <a href="http://www.buildingwithnatureindestad.nl/toepassingen/lagere-dijken-wilgen/#1">http://www.buildingwithnatureindestad.nl/toepassingen/lagere-dijken-wilgen/#1</a></p> </div> </div> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <p><b>Mosselbanken als natuurlijke golfbreker</b></p> <p>Aan de Oosterschelde wordt onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van mosselbanken (PZC). Deelnemende partijen zijn Radboud Universiteit Nijmegen, het Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ) Yerseke, Bureau Waardenburg, en Natuurmonumenten. Mosselbanken zijn natuurlijke golfbrekers. Daarnaast bevorderen mosselbanken het leven van andere organismen. Mossels zijn voedsel voor vogels, kreeften en krabben. Meer informatie: <a href="https://www.pzc.nl/algemeen/wetenschappers-proberen-mosselbanken-in-oosterschelde-te-herstellen-af37f95e/">https://www.pzc.nl/algemeen/wetenschappers-proberen-mosselbanken-in-oosterschelde-te-herstellen-af37f95e/</a></p> </div> </div> <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2;"> <p><b>Zandmotor</b></p> <p>De Zandmotor is een zeer grote zandsuppletie van 20 miljoen m3 zand voor de Noordzee kust. Door wind, golven en stroming verspreidt het zand zich de komende twintig jaar langs de kust tussen Hoek van Holland en Scheveningen. Deze innovatieve manier van kustbescherming en –onderhoud resulteert in verbrede stranden en duinvorming, en biedt bescherming tegen de zee. Toegevoegde waarde is het ontstaan van nieuwe recreatie- en natuurgebieden.</p> </div> </div>

<p><b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b></p>	<p><b>Alleen significant voor schelpdierbanken aan binnenwateren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voor bescherming van oevers van binnenlandse wateren kunnen significante hoeveelheden grondstoffen bespaard worden met toepassingen als schelpdierbanken. Dit speelt met name in de Oosterschelde.</li> <li>• Het besparingspotentieel aan kanaal-, rivier- en beekoevers met wilgenbos is beperkt, omdat wilgenbossen niet helpen tegen heersende faalmechanismen van de waterbescherming, bijvoorbeeld piping (kwelwater).</li> <li>• Daar waar rietkragen van nature kunnen staan zijn ze al aanwezig. Ontwikkeling op 'moeilijkere' plaatsen vereist vaak golfbrekers ten behoeve van rietgroei. Hierdoor is de besparing van primaire grondstoffen per saldo zeer klein.</li> <li>• Natuurlijke verspreiding van zand (Zandmotor) bespaart geen materialen. Zo mogelijk kost een Zandmotor-oplossing eerder nog meer materiaal door bijvoorbeeld te snelle afgifte of verlies aan diepere waterstromen.</li> </ul>
---	---

### 3.17 Geluidreductie rond infrastructuur

Factsheet geluidreductie rond infrastructuur	
<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>Groenvoorzieningen en specifiek vegetatiestroken kunnen bijdragen aan beperking van geluidhinder. Op het feitelijk geluidniveau van een bron heeft stedelijk groen een minimale invloed. Er is zeer dichte beplanting nodig om geluiddemping met vegetatie te bereiken<sup>27</sup>,<sup>28</sup>. In de winter daalt het eventuele effect bovendien aanzienlijk.</p> <p>Groen heeft echter ook invloed op de beleving van geluid. Het ruisen van bomen of vogelzang uit groene omgevingen kunnen de aandacht afleiden van verkeerslawaai, waardoor het als minder hinderlijk wordt ervaren. Daarnaast kan een visueel prettige (groene) omgeving voor minder ervaren hinder zorgen.</p>
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Voor zover groen in de vorm van zeer dichte beplanting geluiddemping kan realiseren, kan groen abiotisch materiaalgebruik besparen van geluidsschermen in aluminium, kunststof of ander abiotisch materiaal.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geluidsschermen langs wegen, spoorlijnen of andere infrastructuur</li> <li>• Binnen- en buitenstedelijk</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	Pilots of eerste toepassingen in de praktijk (TRL7-8)
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<div style="display: flex; align-items: flex-start;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p><b>Groen geluidsscherm</b></p> <p>Dikke vegetatie als geluidsscherm komt voor zover bekend niet voor in de praktijk. Wel worden groene geluidsschermen toegepast waarbij verticale plantenbakken worden geïnstalleerd. Het bedrijf DuraGreen BV installeert bijvoorbeeld een modulair Cradle-to-Cradle bakkensysteem waar sedum-kruiden in groeien. Het scherm is getest<sup>29</sup> en absorbeert tot 7 dB aan geluid. Het bakkensysteem is gemaakt van plastic, welke worden geplaatst op een metalen ophangstelsel. Meer informatie: <a href="http://www.duragreen.nl/nl/groene-geluidsschermen/">http://www.duragreen.nl/nl/groene-geluidsschermen/</a></p> </div> </div>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b></p> <p>Uitsluitend vegetatie maakt akoestisch minimaal verschil, waardoor in de praktijk geen vervanging van andere geluidsreducerende maatregelen plaats vindt. Het voorbeeld van het groene geluidsscherm gebruikt weliswaar minder, maar nog steeds een significante hoeveelheid abiotische grondstoffen (plastic en metaal).</p> <p>Een onverharde ondergrond levert wel een belangrijke bijdrage (2 dB/100m onverhard oppervlak)<sup>30</sup>.</p>

<sup>27</sup> Van Moorselaar, I., e.a., 2014. Groen tegen geluidhinder? Resultaten van Amsterdams onderzoek, via [http://www.academischewerkplaatsmmk.nl/ufc/file2/hgm\\_internet\\_sites/graskl/efd4219d06143889ea001bdcab3a8b70/pu/Artikel\\_RO\\_AM\\_tijdschrift\\_Geluid\\_oktober\\_2014\\_Van\\_Moorselaar.pdf](http://www.academischewerkplaatsmmk.nl/ufc/file2/hgm_internet_sites/graskl/efd4219d06143889ea001bdcab3a8b70/pu/Artikel_RO_AM_tijdschrift_Geluid_oktober_2014_Van_Moorselaar.pdf)


<sup>28</sup> GGD informatieblad Groen en Geluid, via [http://www.ggd.amsterdam.nl/publish/pages/472951/informatieblad\\_groen\\_en\\_geluid.pdf](http://www.ggd.amsterdam.nl/publish/pages/472951/informatieblad_groen_en_geluid.pdf)

<sup>29</sup> PEUTZ, 2011, Bepaling van de geluidsabsorptie volgens de nagalmkamer methode, via <http://www.duragreen.nl/dev/wp-content/uploads/2016/02/Geluidabsorptie-test-Peutz1.pdf>

<sup>30</sup> Jan Derksen (expert geluid, RHDHV)




### 3.18 Reductie van windhinder

Factsheet reductie windhinder	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Groenvoorzieningen van dichte begroeiing dragen bij aan het reduceren van windhinder. Een eeuwenoud voorbeeld zijn de bomen en struiken rondom erven van boerderijen en de <i>windsingels</i> langs de randen van de akkers of langs plattelandswegen. In stedelijke omgevingen kan dichte vegetatie windhinder reduceren door de aanleg van bijvoorbeeld terrasafschermingen. In de winter daalt het eventuele effect wel aanzienlijk.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Voor zover de mogelijkheden reiken om voldoende dichte vegetatie aan te leggen, kan dichte vegetatie het materiaalgebruik van windschermen besparen.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windsingels</li> <li>• Windscherm rondom boerenerven</li> <li>• Terrasafschermingen (pergola, hagen)</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	Commercieel toegepast, zie bijvoorbeeld de praktijk bij waterschappen. Zij geven vergunningen af voor de aanleg van windsingels bij watergangen ( <a href="#">HDSR</a> )
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	 <p><b>Windsingels</b> Het aanleggen van windsingels is een zeer gangbare praktijk, zodanig dat bijvoorbeeld door waterschappen beleid is opgezet om vergunning af te geven voor de aanleg van windsingels langs watergangen en bijbehorende beschermingszones. Meer informatie: <a href="https://www.hdsr.nl/@6320/windsingel-aanleggen/">https://www.hdsr.nl/@6320/windsingel-aanleggen/</a></p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<b>Niet significant</b> Het gebruik van primaire grondstoffen voor de aanleg van voorzieningen tegen windhinder is zeer klein. Terrasschermen worden wel veel gebruikt, maar de hoeveelheden zijn geschat als niet significant. Daarnaast worden grotere windschermen gemaakt van primaire grondstoffen nauwelijks toegepast, of is de toepassing van een groene oplossing (bomen, windsingels) al gangbaar.

### 3.19 Klimaatregulering

#### Factsheet klimaatregulering

<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>Groen, water en luchtstromingen hebben een verkoelend effect op het stedelijke leefklimaat. In de hete zomermaanden kan het in binnensteden door het zogenaamde 'hitte eiland-effect'<sup>31</sup> tot zeven graden warmer zijn dan het omliggende landelijke gebied. Dit komt onder meer door hogere absorptie van zonlicht door donkere materialen zoals asfalt en beton of door minder natuurlijke verdamping door verharde oppervlakten.</p> <p>Door verkoelende effecten van groen (parken, tuinen, bomen), water en/of luchtstroming te gebruiken bij stadsinrichting, kan de warmte in de stad sterk worden teruggedrongen. De temperatuur van de lucht kan hiermee tot zo'n 1°C dalen<sup>32</sup>. De vermindering van de stralingstemperatuur (temperatuur van oppervlakten in de zon) neemt toe tot 2-4°C<sup>33</sup>.</p>	
<b>Relatie met circulaire economie</b>	<p>De temperatuursverlaging door groen en water vermindert de koellast van klimaatinstallaties. Deze kunnen mogelijk kleiner gedimensioneerd worden, waardoor materiaalgebruik wordt uitgespaard.</p>	
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parken en tuinen</li> <li>• Bomen (ook voor schaduw)</li> <li>• Stadlandbouw</li> <li>• Wateren</li> </ul>	
<b>Stand der techniek</b>	<p>Toepast in de praktijk (TRL9)</p>	
<b>Praktijkvoorbeelden</b>		<p><b>Stadlandbouw</b></p> <p>De Gemeente Rotterdam stimuleert stadlandbouw. Burgers of collectieven verbouwen hun eigen groente, kruiden en fruit. Zo ligt de grootste stadsboerderij van Nederland, Uit je Eigen Stad, in het havengebied. In het centrum worden ook groente, kruiden en fruit verbouwd, zoals bij de DakAkker (zie afbeelding, bron Luchtsingel.org) op het kantoorgebouw Schieblock of in de Vredestuin Pompenburg. Meer informatie: <a href="https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/stadlandbouw/">https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/stadlandbouw/</a></p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b></p> <p>De materiaalbesparing is zeer gering, namelijk maximaal 0,03 kton per jaar. Deze hoeveelheid is gebaseerd op:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatuursverlaging door groen in de stad van maximaal 1°C</li> <li>• Temperatuursverlaging door groen in de stad van bijvoorbeeld 30°C naar 29°C;</li> <li>• Deze verlaging resulteert in 3% gewichtsbesparing van de koelinstallatie (luchtkokers blijven gelijk)</li> <li>• Er wordt in Nederland jaarlijks op 3,5 miljoen m<sup>2</sup> kantoren installaties vervangen met een gemiddelde koellast van 50 W/m<sup>2</sup></li> <li>• Een installatie weegt tegen de 3000 kg<sup>34</sup>.</li> </ul> <p>De CO<sub>2</sub>-besparing is met de 3% besparing wel aanzienlijk vanwege verminderd energieverbruik en gebruik van koudemiddelen, geschat op meer dan 500 kton per jaar. Daarbij is aangenomen dat koudemiddelen vervangen worden bij vervanging van de installatie.</p>	

<sup>31</sup> Meer informatie over het 'hitte eiland-effect' via <https://nl.wikipedia.org/wiki/Hitte-eilandeffect>

<sup>32</sup> Atlas Natuurlijk Kapitaal, Verkoelend effect van groen en blauw, via [http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/mapviewer/?config=ank\\_kaarten\\_1004201&x=160000&y=450000&zoom=3&rotation=0&baselayer=994&layers=734e5a9d-daf1-3dcd-9b0b-4ef03d427deb,1,0,8;](http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl/mapviewer/?config=ank_kaarten_1004201&x=160000&y=450000&zoom=3&rotation=0&baselayer=994&layers=734e5a9d-daf1-3dcd-9b0b-4ef03d427deb,1,0,8;)

<sup>33</sup> Klemm, W. in een interview met Van Limpt, 2014, in Trouw, via <https://www.trouw.nl/home/hitte-in-de-stad-groen-helpt-beter-nog-dan-water-a6eb44bd/>


<sup>34</sup> Productgegevens gebaseerd op Carrier 30RBM 520 kW, via [http://www.carrier.nl/~media/Product\\_pdfs/30-serie/30RBM-30RBP/02-Selectie-PSD/30RBM-RBP\\_PSD\\_02-2016\\_NL.ashx](http://www.carrier.nl/~media/Product_pdfs/30-serie/30RBM-30RBP/02-Selectie-PSD/30RBM-RBP_PSD_02-2016_NL.ashx)

### 3.20 Plaa- & ziektebestrijding

Factsheet plaa- & ziektebestrijding	
<b>Ecosysteemdienst</b>	<p>In de land- en tuinbouw worden (chemische) bestrijdingsmiddelen ingezet tegen insecten en ziekten (schimmels, bacteriën). Deze middelen spoelen ook uit naar bodem en water, met bijkomende schade voor milieu en gezondheid.</p> <p>Een alternatief is het gebruik van natuurlijke vijanden, zoals lieveheersbeestjes die bladluizen opeten, of sluipwespen die ze parasiteren. In de bodem kunnen micro-organismen (bacteriën en schimmels) door het infecteren van plagen bijdragen aan plaagonderdrukking.</p>
	 <p>Bron: Koppert</p>
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Het gebruik van natuurlijke plaa- en ziektebestrijdingen bespaart het gebruik van chemische stoffen om bestrijdingsmiddelen te produceren.
<b>Toepassingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kassenbouw (m.n. biologische teelt)</li> <li>• Akkerbouw (met name micro-organismen vanwege beperkte spreiding buiten de akker)</li> </ul>
<b>Stand der techniek</b>	Commerciële toepassing (TRL9). Voortdurend onderzoek naar nieuwe toepassingen, zie bijvoorbeeld het Europese onderzoeksprogramma Biocomes (TRL3-6). Meer informatie: <a href="http://www.biocomes.eu/">http://www.biocomes.eu/</a>
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Sluipwesp: een natuurlijke vijand</b> De sluipwesp (zie afbeelding boven) kent vele soorten en is de natuurlijke vijand van onder andere de bladluis, en kan daarom als biologische bestrijder worden ingezet. De volwassen sluipwespen komen uit en parasiteren bladluizen door er een ei in te leggen. De sluipwespen vinden bladluis in het gewas nog voordat de luizen gezien kunnen worden, daarom zijn deze sluipwespen zeer geschikt om preventief in te zetten. Het bedrijf Koppert uit Berkel en Rodenrijs levert larven van sluipwespen in verpakkingen met een voedingsbodem. Meer informatie: <a href="https://www.koppert.nl/plagen/bladluis/producten-tegen/aphiscout/">https://www.koppert.nl/plagen/bladluis/producten-tegen/aphiscout/</a></p> <p><b>Biologisch bestrijdingsmiddel</b> Een ander voorbeeld is een biologische fungicide genaamd <i>Pythium aphanidermatum</i> en <i>P. ultimum</i> tegen de plantenschimmel Pythium. De biologische fungiciden vervangen een bestrijdingsmiddel als Pyrethrum (zie afbeelding rechts).</p>
	 <p>Bron: Bayer Garden</p>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant</b> Het gebruik chemische plaa- en ziektebestrijding is naar hoeveelheid bescheiden: circa 6 kton<sup>35</sup>. Hoewel de besparing op chemische bestrijdingsmiddelen door de inzet van natuurlijke bestrijding aanzienlijk kan zijn, wordt deze besparing voor deze studie niet significant beschouwd.</p>

<sup>35</sup> CBS, 2016. Gebruik gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw: gewas en toepassing, via <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=82886NED&D1=a&D2=0&D3=0-1,4,9-11,14-16,19-20,24,31-34,36-37,39,42,44,48,50-51,53-54,56-57,60,68-69&D4=2-5&HD=170124-1126&HDR=T&STB=G1,G2,G3>

### 3.21 Waterberging

Factsheet waterberging	
<b>Ecosysteemdienst</b>	Waterberging is het tijdelijk opvangen van (regen)water in de bodem, sloten, beekjes rivieren, meren, plassen en overige waterbergingsgebieden. Bij een onverharde bodem kan het water in de bodem sijpelen. Dit zakt geleidelijk naar het grondwater. Vanuit daar vindt het water zijn weg naar bronnen, beken en rivieren. Vegetatie zorgt voor een geleidelijke opname van het water in de bodem en beschermt deze tegen uitdroging en erosie. Een bijkomend voordeel van waterberging is dat het opgevangen water bij droge periodes kan worden benut.
<b>Relatie met circulaire economie</b>	Bebouwing, verstening en asfalt verhinderen de afstroming van water naar de bodem. Een flinke regenbui kan dan voor veel wateroverlast zorgen, omdat het water niet direct kan infiltreren. Natuurlijke waterberging bespaart materiaalgebruik voor opvang en afvoer van hemelwater (riolering, pompkelders, betonnen waterbergingen, zoals de Museumparkeergarage te Rotterdam (meer informatie: <a href="https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/waterberging-museumparkgarage/">https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/waterberging-museumparkgarage/</a> ))
<b>Toepassingen</b>	<p>Toepassingen vinden vaak in combinaties plaats om berging en infiltratie op allerlei (schaal)niveaus te bevorderen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ontharding: groenvoorzieningen (tuinen, parken, perken, wegbermen), eventueel met verbetering bodemstructuur;</li> <li>• Natuurlijke laagtes in het landschap als waterberging;</li> <li>• Wadi's (natuurlijke laagtes in steden);</li> <li>• Groene daken;</li> <li>• Bodemverbetering ter verbetering van wateropname (zie ook factsheet <b>Error! Reference source not found.</b>);</li> <li>• Halfverharding of waterdoorlatende materialen (permeoblokken) voor infiltratie.</li> </ul>  <p>Bron: Waterschap Vechstromen</p>
<b>Stand der techniek</b>	TRL 9: alle toepassingen zijn in operatie
<b>Praktijkvoorbeelden</b>	<p><b>Amsterdam rainproof</b> Amsterdam Rainproof is een netwerk van organisaties dat zich inzet voor het regenbestendig maken van Amsterdam. De maatregelen toolbox op de <a href="http://www.rainproof.nl">www.rainproof.nl</a> bieden voor professionals en bewoners informatie en inspiratie om de omgeving rainproof in te richten: oplossingen voor water afvoeren, water gebruiken, water infiltreren, water vasthouden en bergen en waterrobuust bouwen.</p>  <p>Het regent vaker en harder, en jouw buurt kan dat niet aan</p> <p><b>Ontharding voor minder wateroverlast</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Subsidieregelingen voor waterberging, zoals afkoppelen van huishoudelijke hemelwaterafvoer en het onverharde van tuinen. Waterschap Aa en Maas bijvoorbeeld bekijkt samen met gemeenten de mogelijkheden om de opvang van regenwater in de buitenruimte te vergroten. Zij helpen initiatiefnemers financieel bij aanpassing van dak, tuin of woonomgeving. Meer informatie: <a href="https://www.aaenmaas.nl/nieuws/2016/08/waterschap-aa-en-maas-verstrekt-subsidie-voor-maatregelen-tegen-wateroverlast.html">https://www.aaenmaas.nl/nieuws/2016/08/waterschap-aa-en-maas-verstrekt-subsidie-voor-maatregelen-tegen-wateroverlast.html</a></li> <li>• Een initiatiefnemer is bijvoorbeeld Operatie Steenbreek. Samen met deelnemende gemeenten, waterschappen en bedrijfsleven delen zij onze kennis en richten wij ons op het veranderen van dit bewustzijn bij burgers. Meer informatie: <a href="http://www.operatiesteenbreek.nl/operatie-steenbreek-2/">http://www.operatiesteenbreek.nl/operatie-steenbreek-2/</a></li> </ul> <p><b>Wadi's in de stad</b> Voor het opvangen van overtollig hemelwater in woonwijken, heeft de gemeente Enschede wadi's ontwikkeld (zie afbeelding boven). De wadi heeft een dubbelfunctie: in de zomer bij hevige neerslag regenwater opvangen en infiltreren naar het grondwater, in winter als de grondwaterstand te hoog wordt, voert de wadi het overtollige grondwater af naar de beek. Meer informatie: <a href="https://www.vechtstromen.nl/projecten/projecten/klimaatactieve-stad/waterprojecten-">https://www.vechtstromen.nl/projecten/projecten/klimaatactieve-stad/waterprojecten-</a></p>

	<u>0/wadi-enschede/</u>
<b>Potentiële impact op materiaalgebruik</b>	<p><b>Niet significant: sterk afhankelijk van specifieke situaties.</b></p> <p>Materiaalbesparing wordt vooral gerealiseerd door een kleinere dimensionering van de hemelwaterafvoer, minder verhardingsmateriaal en bijvoorbeeld minder primair materiaal voor ballast van platte daken bij gebruik van groene daken. In hoeverre en met welke maatregelen deze ecosysteemdienst ingezet kan worden, is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden en beperkt zich tot uitbreidingslocaties en in mindere mate bij renovaties. Lokaal kan de materiaalbesparing substantieel zijn. Overall wordt de besparing als niet significant beoordeeld vanwege een relatief beperkte inpasbaarheid in de bestaande stedelijke omgeving en de lange levensduur van de maatregelen.</p>

### 3.22 Samenvatting: Ecosysteemdiensten met significante impact

In dit hoofdstuk 3 zijn de ecosysteemdiensten met een mogelijke bijdrage aan de circulaire economie uitgewerkt. Ook zijn beoordeeld op de potentiële impact op materiaalgebruik. Onderscheid is gemaakt in wel / geen significante impact. In onderstaande tabel is een overzicht opgenomen.

Producterende diensten	Significant en toelichting als niet significant
<b>Biomassa</b>	
• Vezelgewassen	<b>Niet:</b> ook bij de aanname dat het productieareaal uitbreidt van 5.000 ha tot 30.000 ha, blijft de impact niet significant door een relatief bescheiden opbrengst.
• Hout/houtige biomassa	<b>Wel</b>
• Gras	<b>Wel</b>
• Koolhydraatrijke gewassen	<b>Wel</b>
• Oliehoudende gewassen	<b>Niet:</b> de meeste natuurlijke oliën worden toegepast in voedingsmiddelen. Daar ook de productie in Nederland bescheiden is (8 kton/jr), is de impact op materiaalbesparing niet significant.
• Riet en plagsel	<b>Niet:</b> van de jaarlijkse riet oogst is ongeveer de helft (20 kton/jr) toepasbaar als dakbedekking. In de toekomst verandert de productie niet substantieel en daarmee is de impact niet significant.
• Waterplanten	<b>Wel</b>
• Bodemverbeteraar	<b>Niet:</b> bodemverbeteraar vervangt (deels) het gebruik van fosfor (7 kton) en kalium (19 kton) als meststoffen in kunstmest. De mogelijke besparing is gezien de gebruikte hoeveelheden beperkt (niet significant in deze studie).
<b>Minerale grondstoffen</b>	
• Minerale grondstoffen	<b>Niet:</b> de winning en het gebruik van minerale grondstoffen in Nederland als zodanig leidt niet tot minder of een alternatief voor het gebruik van primaire grondstoffen.
• Baggerspecie	<b>Wel</b>
• Grond	<b>Wel</b>
<b>Regulerende diensten</b>	
<b>Significant en toelichting als niet significant</b>	
<b>Zuivering</b>	
• Bodemreiniging	<b>Niet:</b> alleen bij natte reiniging wordt een beperkte hoeveelheid primaire grondstof gebruikt (permanganaat als oxidatiemiddel). De mogelijke impact is daarmee niet significant.
• Afvalwater- en oppervlaktewaterzuivering	<b>Niet:</b> de potentie om met deze dienst materiaal te besparen is groot. Jaarlijks wordt 135 kton gewapend beton gebruikt voor aanleg van RWZI's. Een beperking is echter de ruimte om in stedelijke omgeving groene waterzuiveringen aan te leggen.
• Drinkwatervoorziening	<b>Niet:</b> het drinkwaterwinningsstelsel wordt in de toekomst amper uitgebreid. Extra winningsmogelijkheden in duinen of andere grondwatergebieden zijn daarnaast vergunningstechnisch al maximaal benut.
<b>Waterhuishouding</b>	
• Overstromingsbescherming	<b>Niet:</b> Daar waar kustbescherming door duinvorming gerealiseerd kan worden in plaats van de aanleg van een zeedijk is dat reeds gedaan. Er zijn geen nieuwe projecten voorzien. Materiaalbesparingen bij de Waddenzee, binnen wateren en langs de rivieren door natuurlijke oplossingen zijn gering of niet toereikend.
• Bescherming tegen kust- en oevererosie	<b>Wel</b>
• Waterberging	<b>Niet:</b> lokaal kan de materiaalbesparing substantieel zijn. Vanwege de beperkte inpasbaarheid in de bestaande stedelijke omgeving is de besparing niet significant.
<b>Kwaliteit leefomgeving</b>	
• Geluidreductie rond infrastructuur	<b>Niet:</b> uitsluitend vegetatie maakt akoestisch minimaal verschil, waardoor in de praktijk geen vervanging van andere geluidreducerende maatregelen plaats vindt.
• Reductie van windhinder	<b>Niet:</b> het gebruik van primaire grondstoffen voor de aanleg van voorzieningen voor windhinder is zeer klein.
• Klimaatregulering	<b>Niet:</b> de materiaalbesparing is zeer gering: klimaatinstallaties kunnen (beperkt) kleiner gedimensioneerd maar niet achterwege blijven. De CO <sub>2</sub> emissiereductie is wel aanzienlijk.
• Plaa- & ziektebestrijding	<b>Niet:</b> hoewel bespaart kan worden op het gebruik van chemische plaa- en ziektebestrijding is de besparing naar hoeveelheid bescheiden.

## 4 Kwantificering impact ecosysteemdiensten op materiaalgebruik

### Nader kwantificeren impact

In dit hoofdstuk is de potentiële impact van de ecosysteemdiensten met een mogelijk significante impact op de circulaire economie nader gekwantificeerd. Dit is gedaan voor die ecosysteemdiensten waarvan in hoofdstuk 3 de impact als significant is beoordeeld. Daarbij zijn de ecosysteemdiensten als volgt ingedeeld:

1. extra hout;
2. biomassa voor de chemie;
3. baggerspecie als bouwstof;
4. hergebruik grond in de GWW;
5. zeewier: het groene goud?;
6. beschermen kusten en oevers tegen erosie door schelpdierbanken.

Deze indeling is ook opgenomen in bovenstaande tabel.

Producterende diensten	Nader gekwantificeerde ecosysteemdiensten
<b>Biomassa</b>	
• Hout/houtige biomassa	1.Extra hout
• Gras	2.Biomassa voor chemie
• Koolhydraatrijke gewassen	2.Biomassa voor chemie
• Waterplanten	5. Zeewier: het groene goud van de toekomst?
<b>Minerale grondstoffen</b>	
• Baggerspecie	3.Baggerspecie als bouwstof
• Grond	4.Hergebruik grond in de GWW
Regulerende diensten	Nader gekwantificeerde ecosysteemdiensten
<b>Waterhuishouding</b>	
• Bescherming kusten en oevers tegen erosie	6.Beschermen kusten en oevers tegen erosie

### Impactbepaling

De impact van deze diensten is in dit hoofdstuk nader geanalyseerd, met de volgende opbouw:

- Marktpotentieel: wat is de potentiële vraag naar betreffende ecosysteemdienst?
- Productiepotentieel: wat is het potentiële aanbod van de betreffende dienst?
- Vervangingspotentieel: hoe verhouden vraag en aanbod zich?
- Wat is de impact van de potentiële vervanging op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub>-emissie?

### Additionele bijdrage van een ecosysteemdienst ten opzichte van de huidige situatie

In de huidige situatie zijn tal van voorbeelden aanwezig van ecosysteemdiensten die bijdragen aan een circulaire economie. Voor het bepalen van de bijdrage die een ecosysteemdienst kan leveren aan een meer circulaire economie wordt de huidige situatie dan ook als referentie gezien. Het gaat dan dus om de additionele bijdrage van een ecosysteemdienst ten opzichte van de huidige situatie. In dit rapport worden geen uitspraken gedaan over de mate waarin het huidige gebruik de dienst zelf aantast.

## 4.1 Impact extra hout

### Samenvatting

<b>Marktpotentieel</b>	De vraag naar hout neemt in Nederland toe van 15 miljoen m <sup>3</sup> naar 25-40 miljoen m <sup>3</sup> per jaar.
<b>Productiepotentieel</b>	Het Actieplan bos- en houtsector zet in op een verhoging van de houtproductie met 1,2 miljoen m <sup>3</sup> per jaar (tot 2,5 miljoen m <sup>3</sup> op jaarbasis).
<b>Vervangingspotentieel</b>	Het houtverbruik in Nederland is daarmee nu en in de toekomst veel groter dan de binnenlandse (extra) houtproductie. Afzetmogelijkheden zijn in principe ruimschoots aanwezig.
<b>Materiaalbesparing</b>	Met een extra houtproductie van 1,2 miljoen m <sup>3</sup> hout kunnen circa 35.000 nieuwbouwwoningen per jaar worden gerealiseerd. Ter referentie: in 2016 zijn 54.000 nieuwbouwwoningen opgeleverd. Daarmee wordt 2,8 Mton primaire grondstoffen bespaard (baksteen, beton).
<b>CO<sub>2</sub>-emissie reductie</b>	De CO <sub>2</sub> besparing van de substitutie en besparing van conventionele bouwmaterialen en opslag van CO <sub>2</sub> in extra hout is samen circa 1,5 Mton CO <sub>2</sub> /jaar.

### Impact extra hout

Besparings- of vervangingspotentieel extra hout voor de bouw en GWW															
<b>Marktpotentieel</b>	<p><b>De vraag naar hout neemt toe van 15 miljoen m<sup>3</sup> naar 25-40 miljoen m<sup>3</sup> per jaar</b></p> <p><b>Houtverbruik in 2015: 15,7 miljoen m<sup>3</sup></b>  Het houtverbruik voor verschillende toepassingen was in Nederland in 2015: 15,7 miljoen m<sup>3</sup> (rondhoutequivalenten)<sup>36</sup>. Een groot deel hiervan wordt geïmporteerd. Verbruikscijfers voor verschillende toepassingen zijn in navolgende tabel gegeven<sup>37</sup>.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Toepassing</th> <th>Verbruik kton d.s.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rondhout</td> <td>251</td> </tr> <tr> <td>Gezaagd hout</td> <td>1145</td> </tr> <tr> <td>Tropisch hardhout</td> <td>284</td> </tr> <tr> <td>Plaatmateriaal</td> <td>709</td> </tr> <tr> <td>Energiehout <i>Inclusief rest- en afvalhout</i></td> <td>1216</td> </tr> <tr> <td>Papier en karton</td> <td>2379</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Toekomstige vraag naar hout: 25-40 miljoen m<sup>3</sup> (2030)</b>  De toekomstige vraag naar hout (2030) zal naar verwachting groeien naar 25 miljoen m<sup>3</sup> per jaar<sup>38</sup>. In Biomassa2030 visie van het ministerie van I&amp;M wordt een groei voorzien naar 35-40 miljoen m<sup>3</sup> per jaar. De groei wordt verwacht voor energieproductie en toepassing in chemie en materialen.</p>	Toepassing	Verbruik kton d.s.	Rondhout	251	Gezaagd hout	1145	Tropisch hardhout	284	Plaatmateriaal	709	Energiehout <i>Inclusief rest- en afvalhout</i>	1216	Papier en karton	2379
Toepassing	Verbruik kton d.s.														
Rondhout	251														
Gezaagd hout	1145														
Tropisch hardhout	284														
Plaatmateriaal	709														
Energiehout <i>Inclusief rest- en afvalhout</i>	1216														
Papier en karton	2379														
<b>Productiepotentieel (omvang ESD)</b>	<p><b>Ambitie bos- en houtsector verhogen houtproductie: 1,2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar</b>  De Nederlandse bos- en houtsector heeft een 'Actieplan Bos en Hout' (oktober 2016) opgesteld. Dit plan leidt tot volgende productieverhoging.</p> <p><b>Toename productie door intensievere oogst: 0,6 miljoen m<sup>3</sup></b>  Door een meer intensieve oogst van de jaarlijkse bijgroei van 55% naar 75-80% is de houtoogst met 50% te vergroten. Dit kan 0,6 miljoen m<sup>3</sup> hout extra per jaar opleveren resulterend in een totale oogst van 1,85 miljoen m<sup>3</sup> per jaar<sup>39</sup>.</p>														

<sup>36</sup> WUR en Probos, 2016. *Nederlands bosbeheer en bos- en houtsector in de bio-economie*

<sup>37</sup> CE, 2017. *The sustainable biomass and bioenergy in the Netherlands. Mede op basis van Probos 2016*

<sup>38</sup> WUR en Probos, 2016. *Nederlands bosbeheer en bos- en houtsector in de bio-economie*

<sup>39</sup> WUR en Probos, 2016. *Nederlands bosbeheer en bos- en houtsector in de bio-economie*



	<p><u>Toename areaal: 0,6 miljoen m<sup>3</sup></u> Ook kan de houtoogst worden vergroot door extra areaal. De sector heeft een plan opgesteld voor 100.000 ha extra bos. Uitgaande van intensievere oogst ook voor het nieuwe areaal zou dit op lange termijn een extra productie betekenen van 0,6 miljoen m<sup>3</sup>/jr.</p> <p><b>Cascadering</b> Een aanzienlijk deel van het hout wordt nu rechtstreeks ingezet als energiehout en dit aandeel zal in de toekomst toenemen. De Nederlandse productie van energiehout uit vers hout afkomstig uit bos, landschap en stedelijk groen bedraagt circa 1,0 Mton d.s./jaar<sup>40</sup>. Deze stroom zou (deels) eerst benut kunnen worden voor producten met een lange levensduur (zoals hout skeletbouw) of een hoge toegevoegde waarde (zoals chemie) vervolgens kunnen deze producten gerecycled worden tot andere producten en pas aan het einde gebruikt voor energie opwekking. Het doorrekenen van de kwantitatieve effecten van cascadering valt buiten de scope van deze studie.</p>
<p><b>Vervangingspotentieel</b></p>	<p><b>Houtverbruik in Nederland veel groter dan binnenlandse oogst</b> De houtoogst in Nederlandse bossen bedroeg in 2015 ongeveer 1,25 miljoen m<sup>3</sup> per jaar<sup>41</sup>. De binnenlandse houtoogst voorziet thans voor 10% in het Nederlandse houtverbruik. In de toekomst wordt verwacht dat dit aandeel nog kleiner zal zijn door de toenemende vraag. Voor extra 'Nederlands' hout zijn de afzetmogelijkheden naar verwachting dan ook ruimschoots aanwezig.</p> <p><b>Actieplan Hout in de GWW</b> Met het in mei 2017 gelanceerde Actieplan Hout in de GWW biedt de Koninklijke Vereniging van Nederlandse Houtondernemingen via de website <a href="http://www.houtindegww.nl">www.houtindegww.nl</a> ondersteuning aan civiel ingenieurs die een spilfunctie hebben in de keten, ten einde de toepassing van hout in de bouw en GWW te vergroten.</p>
<p><b>Effect inzet ESD op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub></b></p>	<p><b>CO<sub>2</sub> en materiaalbesparing door inzet toename productie in bouw en GWW</b> Voor de berekening van het mogelijke effect van een extra houtproductie van 1,2 miljoen m<sup>3</sup> hout (door intensievere oogst en extra areaal zoals hierboven beschreven) op materiaalgebruik, energieverbruik en CO<sub>2</sub> zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een gemiddelde dichtheid van hout van 836 kg/m<sup>3</sup>, waarmee de extra houtproductie van 1,2 miljoen m<sup>3</sup> per jaar overeenkomt met ruim 500 kton d.s.</li> <li>• Voor de impactbepaling is uitgegaan van een volledige inzet van deze hoeveelheid hout voor houtskeletbouw (vanwege de hoogwaardige toepassing en lange CO<sub>2</sub> vastlegging).             <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ In (WUR, Probos, 2016) wordt geconcludeerd dat de bouw de sector lijkt met de grootste mogelijkheden voor verhoogde inzet (ter vervanging van staal en beton).</li> <li>◦ Van het geoogste hout wordt 77% gebruikt voor zaaghout en plaatmateriaal (de actuele toepassingspercentage)<sup>42</sup> en ingezet in de bouw, overeenkomend met 400 kton d.s. per jaar.</li> </ul> </li> <li>• Voor een gemiddelde houtskeletbouw woning is 13 ton hout nodig en wordt 6,24 ton CO<sub>2</sub> bespaard met substitutie en reductie van conventionele bouwmaterialen (voor een traditionele woning is uitgegaan van 80 ton beton en baksteen)<sup>43</sup>.</li> </ul> <p>Op basis van deze uitgangspunten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kunnen circa 35.000 nieuwbouwwoningen per jaar worden gerealiseerd. Ter referentie: in 2016 zijn 54.000 nieuwbouwwoningen opgeleverd<sup>44</sup>;</li> <li>• Wordt 2,8 Mton primaire grondstoffen bespaard (baksteen en beton);</li> <li>• Is de CO<sub>2</sub> besparing die hiermee behaald kan worden door substitutie en reductie van conventionele bouwmaterialen 215 kt CO<sub>2</sub>/jaar.</li> </ul> <p><b>CO<sub>2</sub> opslag door toename productie door intensievere oogst en uitbreiding areaal</b></p>

<sup>40</sup> <http://www.bosenhoutcijfers.nl>

<sup>41</sup> WUR en Probos, 2016. *Nederlands bosbeheer en bos- en houtsector in de bio-economie*

<sup>42</sup> Staatsbosbeheer, 2017. *Bos en hout in cijfers*

<sup>43</sup> BTG, 2014. *Cascading in the wood sector*

<sup>44</sup> CBS, 2017, *Hoogste aantal nieuwbouwwoningen in 5 jaar*, via <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/04/2016-hoogste-aantal-nieuwbouwwoningen-in-vijf-jaar>

Naast de CO<sub>2</sub> besparing als gevolg van substitutie van materiaalgebruik leidt een groei van de houtoogst tot extra vastlegging van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer. Dit is als volgt berekend:

- In 1 m<sup>3</sup> hout wordt gemiddeld 0,9 ton CO<sub>2</sub> vastgelegd<sup>45</sup>.
- De intensivering van de oogst van het huidige bosareaal en de oogst van het extra bosareaal staan gelijk aan de opslag van 1.134 kton CO<sub>2</sub>/jaar (respectievelijke 590 en 544 kton CO<sub>2</sub>/jaar).

#### **Totale CO<sub>2</sub> besparing**

De CO<sub>2</sub> besparing van de substitutie en besparing van conventionele bouwmaterialen en opslag van CO<sub>2</sub> in extra hout door intensivering van de oogst en uitbreiding van het bosareaal is samen 1,5 Mton CO<sub>2</sub>/jaar.

#### **Onzekerheden netto CO<sub>2</sub> effect van intensievere oogst en uitbreiding areaal**

- In deze berekening is verondersteld dat de CO<sub>2</sub>-emissie voor langere tijd in het hout blijft opgeslagen (zoals in de bouw te verwachten is). Zodra het hout verteerd of wordt verbrand komt de CO<sub>2</sub> weer in de atmosfeer.
- De netto CO<sub>2</sub> opslag is berekend op basis van een toename van de oogst (door een hoger – maar nog wel duurzaam – oogstpercentage van de jaarlijkse bijgroei en door uitbreiding van het bosareaal). De totale opname van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer in het bosecosysteem zal hoger liggen dan dit percentage. Er is geen credit toegekend aan de CO<sub>2</sub> besparing die met deze ESD behaald zou kunnen worden.
- De uitbreiding van het bosareaal gaat ten koste van ander landgebruik. Deze indirecte effecten (bijvoorbeeld een CO<sub>2</sub> 'rebound effect' door verplaatsing van voedselproductie naar een andere plek in de wereld) kunnen positief of negatief uitpakken voor het netto CO<sub>2</sub> effect.
- Verschillen in de CO<sub>2</sub> emissies in de gebruiksfase en eindelevensduur tussen traditionele bouw en houtskeletbouw kunnen de netto CO<sub>2</sub> besparing beïnvloeden.
- Voor het realiseren van 35.000 houtskeletbouwwoningen per jaar (65% van het aantal nieuwbouwwoningen in 2016) is een grote omslag nodig in de woningbouw sector. Indien dit niet wordt gehaald zou eenzelfde substitutie van traditionele bouwmaterialen bereikt kunnen worden in de GWW. Bijvoorbeeld met houten bruggen, zie hoofdstuk 0).

<sup>45</sup> Global Wood Import, datum onbekend. Waarom hout?

## 4.2 Impact biomassa voor de chemie

### Samenvatting

<b>Marktpotentieel</b>	Voor de ambitie '15% vervangen fossiele grondstoffen door biobased grondstoffen' van de VNCI (branchevereniging van de chemische industrie in Nederland) is 3 á 4 Mton ton d.s. biomassa nodig.
<b>Productiepotentieel</b>	Deze biobased grondstoffen kunnen gewonnen worden uit verschillende biomassa reststromen en bijvoorbeeld uit een extra productie van suikerbieten. Daarmee zou 7,5 Mton biomassa beschikbaar zijn.
<b>Vervangingspotentieel</b>	Een beschikbaarheid van 7,5 Mton biomassa voorziet ruimschoots in de hoeveelheid biomassa nodig voor de ambitie van de VNCI. De potentiële vraag vanuit de chemische industrie om materialen te vervangen, kan dus volledig ingevuld worden door het productiepotentieel. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat er een concurrerende vraag naar biomassa is voor energieproductie.
<b>Materiaalbesparing</b>	De realisatie van de ambitie van de VNCI, met de inzet van biomassa uit Nederlandse reststromen en uit extra suikerbietenproductie, leidt tot een besparing van 3 Mton primaire fossiele grondstoffen.
<b>CO<sub>2</sub>-emissie reductie</b>	De realisatie van de ambitie van de VNCI, met de inzet van biomassa uit Nederlandse reststromen en uit extra suikerbietenproductie, leidt tot een reductie van 3 Mton CO <sub>2</sub> -emissie.

### Impact biomassa voor de chemie

#### Besparings- of vervangingspotentieel biomassa voor de chemie

<b>Marktpotentieel</b>	<p><b>Bij 15% vervangen fossiele grondstoffen: 3 á 4 Mton ton d.s. biomassa nodig</b></p> <p>De VNCI (branchevereniging van de chemische industrie in Nederland) heeft de ambitie om 15% van de fossiele grondstoffen te vervangen door biobased grondstoffen. Dit komt overeen met 3 á 4 Mton d.s. biomassa. Navolgend is een toelichting hierop gegeven.</p> <p><u>Gebruik fossiele grondstoffen chemie: circa 20 Mton</u>  Het gebruik van grondstoffen in de Nederlandse chemie voor niet-energetische <sup>46</sup> toepassing was 527 PJ in 2015. Voor procesenergie (grondstof nodig om eindproducten te maken) werd nog eens 274 PJ aan grondstoffen gebruikt, wat resulteert in een grondstof efficiëntie van 66%<sup>47</sup>. Van de gebruikte grondstoffen was 16% aardgas en 84% aardolie. Op basis van een energiedichtheid van aardgas van 29,3 MJ/kg en van ruwe olie van 43 MJ/kg komt dit neer op een fossiel grondstofgebruik van circa 20.000 kton.</p> <p><u>Biomassa voor bulkchemicaliën minder efficiënt dan voor fijnchemicaliën</u>  Uitgaande van een scenario met efficiënte biomassa conversie komt het marktpotentieel voor biomassa in de Nederlandse chemie bij een ambitie van 15% in 2030 (VNCI) op 2.800 kton d.s. In een scenario waarin biomassa via conventionele conversieroutes tot bulkchemicaliën wordt omgezet (zie kader) is 4.000 kton nodig om 15% biobased grondstoffen te gebruiken in de chemie.</p> <p><b>Méer of minder biomassa nodig om aardolie en aardgas te vervangen?</b>  In een biobased chemiesector is het de kunst om alle nuttige componenten zo goed mogelijk te gebruiken en zo min mogelijk biomassa nodig te hebben voor procesenergie. Als biomassa wordt gebruikt om dezelfde basischemicaliën (bijvoorbeeld ethyleen) te produceren die nu van aardolie worden gemaakt, moet zuurstof uit de koolwaterstofketens verwijderd worden. Omdat zuurstof ongeveer de helft van het gewicht van biomassa</p>
------------------------	---

<sup>46</sup> Het niet-energetisch verbruik is gedefinieerd als het finaal verbruik van energie bij een productieproces waarbij de voor het productieproces gebruikte energie in het product aanwezig blijft en het ontstane product zelf geen energiedrager is.

<sup>47</sup> CBS, 2017. Energiebalans; aanbod, omzetting en verbruik, via <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=83140NED>

	<p>uitmaakt is veel meer biomassa nodig dan aardolie om dezelfde hoeveelheid basischemicaliën te produceren. Tegelijkertijd worden voor de productie van fijnchemicaliën (zoals aromaten) fossiele koolwaterstofketens geoxideerd. Met biomassa als grondstof zou deze oxidatiestap overbodig worden<sup>48</sup>.</p> <p>In een studie van de WUR naar de biomassabehoefte van de chemische industrie in een bio-based economy wordt gesteld dat het maken van een nauwkeurige inschatting van de vraag naar biomassa door de petrochemische industrie in een volledig ontwikkelde BBE onmogelijk is<sup>49</sup>. Het aantal verschillende producten en de mogelijke conversieroutes zijn te verschillend en veel biomassa routes zijn nog niet uitontwikkeld. In het meest gunstige scenario waarin alle koolstof en de meeste zuurstof in de biomassa nuttig gebruikt wordt en lignine de procesenergie levert, is in 2030 in de EU 169 Mton biomassa nodig om 118 Mton platformchemicaliën, polymeren en vezels te produceren. Deze grondstof efficiëntie van 70% is iets hoger dan de huidige fossiele grondstof efficiëntie van 66%. Dit is mogelijk doordat oxidatieprocessen in de biochemie niet nodig zijn vanwege het grote aandeel zuurstof (ongeveer de helft van het gewicht van biomassa). In het scenario waarin de basis chemicaliën via conventionele fermentatie- en vergassingsprocessen biomassa worden gemaakt moet de zuurstof juist uit de biomassa worden 'gesloopt'. De grondstof efficiëntie in dat scenario is berekend op 51%.</p>
<b>Productiepotentieel (omvang ESD)</b>	<p><b>Potentiële beschikbaarheid biomassa reststromen en extra suikerbieten: 7,5 Mton</b></p> <p>Om een bijdrage te leveren aan biobased grondstoffen voor de chemie zijn de volgende stromen onderscheiden.</p> <p><u>Benutten reststromen en houtachtige reststromen</u> In een studie naar de beschikbaarheid van biomassa reststromen voor elektriciteit en warmte in 2020 is door Koppejan et al<sup>50</sup> een range (voor 4 toekomst scenario's) van 0,7 – 3,2 Mton d.s. primaire grondstoffen gevonden. Hierin zijn de volgende reststromen meegenomen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gras (na scheiden van vezels);</li> <li>• Reststromen hout: snoeihout;</li> <li>• Reststromen gewassen akker- en tuinbouw.</li> </ul> <p>Aanvullend is 1,3 – 1,5 Mton d.s. secundaire biomassa reststromen beschikbaar uit de houtverwerkende en de voedings- en genotsmiddelenindustrie en 2,2 – 4,9 Mton d.s. mest. Mest kan gebruikt worden om aromaten uit te winnen, waar vervolgens bioplastics van gemaakt kan worden.</p> <p>Het gemiddelde aan primaire en secundaire biomassa reststromen in de vier scenario's is 6,9 Mton d.s. per jaar. Aangenomen wordt dat de biomassa beschikbaar voor energietoepassing ook voor de chemie aangewend kan worden.</p> <p><u>Toename productie en benutten suikerbieten voor de chemie</u> In 2017 is een einde gekomen aan het suikerquotum. De Nederlandse productie van 70.000 ha (CBS) kan daardoor in principe worden uitgebreid om grondstoffen te leveren voor de chemie. Om te bezien welke bijdrage dit in theorie zou kunnen bijdragen aan de grondstoffenvraag in de chemie is de volgende fictieve uitbreiding aangehouden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25.000 ha extra productie suikerbieten: dit staat gelijk aan 625 kton d.s. grondstoffen.</li> </ul> <p><u>Zeewier</u> Ook zeewier is een potentiële bron voor grondstoffen voor de chemie. Zie verder uitwerking in paragraaf 4.5.</p>
<b>Vervangingspotentieel</b>	<p><b>Productiepotentieel voldoende om in marktpotentieel te voorzien</b></p> <p>De aangenomen extra productie van 625 kton d.s. suikerbieten (uitbreiding van 25.000 ha van het suikerbietenareaal) en 6,9 Mton primaire en secundaire reststromen brengen het</p>

<sup>48</sup> Wentzel, B., 2008. Van petrochemie naar agrochemie, in *Chemische Feitelikheden*

<sup>49</sup> Blaauw, R., 2013, *De biomassabehoefte van de chemische industrie in een biobased economy*

<sup>50</sup> Koppejan, J., e.a., 2009, *Beschikbaarheid van Nederlandse biomassa voor elektriciteit en warmte in 2020*

	<p>productie potentieel van deze ESD op 7,5 Mton. Dit is ruim voldoende om in de vraag van 3 – 4 Mton vanuit de chemie te voorzien.</p>
<p><b>Effect inzet ESD op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub></b></p>	<p><b>Besparing van 3 Mton primaire fossiele grondstoffen:</b> De realisatie van de ambitie van de VNCl, met de inzet van biomassa uit Nederlandse reststromen en uit extra suikerbietenproductie, leidt tot een besparing van 3 Mton primaire fossiele grondstoffen.</p> <p><b>Besparing van 3 Mton CO<sub>2</sub>-emissie</b> Voor de berekening van de CO<sub>2</sub> besparing die behaald kan worden met het vervangen van 15% van de fossiele grondstoffen zijn de volgende uitgangspunten en aannames gehanteerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De huidige verhouding procesenergie:niet-energetische toepassing (1:2) geldt ook voor biomassa;</li> <li>• 15% van de 274 PJ procesenergie (229 PJ aardolie en 45 PJ aardgas) wordt vermeden door de inzet van biomassa;</li> <li>• Ketenemissies van fossiele energiedragers en biomassa zijn vergelijkbaar.</li> </ul> <p>Het resultaat is een besparing van <b>2.980</b> kton CO<sub>2</sub> per jaar in 2030. De hoeveelheid fossiele grondstoffen die hiermee wordt bespaard is 3 Mton.</p> <p>Door de Nederlandse chemiesector zelf is de potentie van het vervangen van fossiele grondstoffen voor biobased grondstoffen op basis van lopende en nieuwe projecten (gecorrigeerd voor risico's) berekend op een vergelijkbare <b>3.025 CO<sub>2</sub> kton</b> in 2030 t.o.v. 2013. Het technisch reductiepotentieel (technisch inpasbaar maar niet gecorrigeerd voor risico's) bedraagt 5,9 Mton<sup>51</sup>.</p>

<sup>51</sup> VINCI, 2013. Routekaart chemie 2013 – 2030

### 4.3 Impact baggerspecie als bouwstof

#### Samenvatting

<b>Marktpotentieel</b>	De jaarlijkse behoefte aan grondstoffen in de GWW is groot. Zo was de hoeveelheid 'regulier' toegepast ophoogzand in 2013 26,5 Mton.
<b>Productiepotentieel</b>	Jaarlijks wordt een grote hoeveelheid baggerspecie gelost op de Noordzee: 15 miljoen m <sup>3</sup> . Deze hoeveelheid zou anders aangewend kunnen worden. Door zand uit de baggerspecie vrij te maken (circa 640 kton) en te benutten als ophoogzand. In de Eems Dollard kan 1 tot 3 Mton droge stof per jaar uit baggerspecie worden gewonnen.
<b>Vervangingspotentieel</b>	Daar waar het materiaal voldoet aan civieltechnische en milieu-hygiënische eisen, zijn er geen beperkingen aan de toepassing.
<b>Materiaalbesparing</b>	Circa 640 kton ophoogzand wordt bespaard als 10% van het zand uit 15 miljoen m <sup>3</sup> baggerspecie uit de Rijnmond wordt gebruikt om ophoogzand te vervangen. Circa 0,5 – 1,5 Mton klei en ander materiaal wordt bespaard als baggerspecie uit de Eems Dollard wordt ingezet voor dijk aanleg, landverhoging en voor bouwblokken..
<b>CO<sub>2</sub>-emissie reductie</b>	Geen CO <sub>2</sub> -emissiereductie als 10% van het zand uit 15 miljoen m <sup>3</sup> baggerspecie wordt gebruikt om ophoogzand te vervangen tot circa 500 kton extra CO <sub>2</sub> -emissie als hiervoor thermische reiniging nodig is.

#### Impact baggerspecie als bouwstof

#### Besparings- of vervangingspotentieel hergebruik baggerspecie

<b>Marktpotentieel</b>	<p><b>Grote vraag naar grondstoffen in de GWW</b></p> <p>Toepassingsmogelijkheden van baggerspecie zijn met name in de GWW waar jaarlijks enkele tientallen miljoen ton aan primaire grondstoffen wordt gebruikt (zie fact sheets 'Minerale grondstoffen'). Zo was de hoeveelheid 'regulier' toegepast ophoogzand in 2013 26,5 Mton<sup>52</sup>. De geschiktheid van (grondstoffen uit) baggerspecie is afhankelijk van de civieltechnische en milieukundige eigenschappen.</p>
<b>Productiepotentieel (omvang ESD)</b>	<p><b>Licht verontreinigde baggerspecie Rijnmond gelost op zee anders aanwenden</b></p> <p>In Nederland komt jaarlijks een grote hoeveelheid baggerspecie vrij<sup>53</sup>. Een groot deel hiervan (15 miljoen m<sup>3</sup>/jaar<sup>54</sup>) wordt gelost op de Noordzee. In plaats van deze baggerspecie te lossen op zee, kan deze (deels) ook aangewend worden voor toepassing als bouwstof in de GWW. Er zijn wel beperkingen aan het benutten van deze materiaalstroom:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Een deel van de baggerspecie moet worden teruggezet vanwege de stabiliteit van het kustfundament.</li> <li>• Om de 'zoute' baggerspecie in te zetten als bijvoorbeeld ophoogzand dient het gespoeld te worden met zoet water, om verontreiniging en verzilting op land te voorkomen.</li> </ul> <p>Rekening houdend met deze factoren wordt aangenomen dat 10% van de 15 miljoen m<sup>3</sup> licht verontreinigde baggerspecie ingezet kan worden om ophoogzand te vervangen, wat neerkomt op 360 kton zand per jaar.</p> <p><b>Eems Dollard goed voor 1 - 3 Mton d.s. per jaar uit baggerspecie</b></p> <p>In de Eems Dollard wordt veel slib aangevoerd en wordt jaarlijks 1 Mton d.s. verwijderd. Volgens een morfologische studie kan dit in de toekomst toenemen tot 3 Mton d.s.<sup>55</sup>. Dit materiaal kan worden ingezet om dijken en land te verhogen, het organische stofgehalte van zandige bodems te verhogen, en bouwblokken te maken.</p>

<sup>52</sup> CLO, 2016. *Winning en verbruik van oppervlaktedelfstoffen*, in *Compendium voor de Leefomgeving*, via <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0067-winning-en-verbruik-van-oppervlaktedelfstoffen>

<sup>53</sup> Schatting Michiel Gadella, Bodem+, RWS

<sup>54</sup> Elmert de Boer, RWS

<sup>55</sup> Wim Sterk, kennisgroep Grond, RWS.

<p><b>Vervangingspotentieel</b></p>	<p>Als de baggerspecie voldoet aan gestelde civieltechnische en milieu-hygiënische eisen, zijn er geen beperkingen aan de toepassing. Voor milieu-hygiënisch geldt dat de hoeveelheid opgeslagen verontreinigde baggerspecie een beperkt deel van het totaal is. De civieltechnische vereisten worden bepaald door de toepassing en materiaal kan door scheiding worden opgewaardeerd.</p>
<p><b>Effect inzet ESD op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub></b></p>	<p><b>Materiaalbesparing maar mogelijk verhoogde CO<sub>2</sub>-emissie, afhankelijk van thermische reiniging en transportafstand</b></p> <p>Voor de berekening van de CO<sub>2</sub> besparing is uitgegaan van:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 miljoen m<sup>3</sup> baggerspecie met een zand gehalte van 28% (56% d.s. en 50% zand)<sup>56</sup>;</li> <li>• Toepassing van 10% van dit zand ter vervanging van ophoogzand;</li> <li>• CO<sub>2</sub>-emissie 'zand uit baggerspecie' inclusief thermisch reinigen' bij een transportafstand van 75 km: 1.195 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (DuboCalc) ;</li> <li>• CO<sub>2</sub>-emissie ophoogzand bij een transportafstand van 75 km: 11 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> (DuboCalc);</li> <li>• Met de inzet van 1 – 3 Mton d.s. baggerspecie uit de Eems Dollard als bouwstof, wordt 50% bespaard op primaire grondstoffen.</li> </ul> <p>Op basis van bovenstaande aannames wordt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Circa 640 kton ophoogzand bespaard met zand uit baggerspecie uit de Rijnmond en 0,5 – 1,5 Mton materiaal met slib uit de Eems Dollard. Dit kan verder toenemen als slib uit andere estuaria en havens wordt benut.</li> <li>• Circa 500 kton extra CO<sub>2</sub> uitgestoten als het zand uit 15 miljoen m<sup>3</sup> baggerspecie thermisch wordt gereinigd en wordt gebruikt om ophoogzand te vervangen.</li> </ul> <p>Het thermisch reinigen van licht verontreinigde baggerspecie leidt tot relatief grote CO<sub>2</sub> emissies. In de praktijk hoeft baggerspecie vrijwel nooit gereinigd te worden voor inzet op land en kan de CO<sub>2</sub>-intensieve thermische reinigingstap worden overgeslagen. Alleen als de reinigungsstap kan worden vermeden en de transportafstand niet veel groter is dan de transportafstand van het alternatief met land zand kan een extra CO<sub>2</sub> emissie worden voorkomen.</p> <p>De verwachting is dat door de energietransitie ook de emissies van transport in de toekomst omlaag gaan. Hierdoor zou het de berekende extra CO<sub>2</sub> uitstoot lager uit kunnen vallen. Echter, ook duurzame energie zal (nog een tijd) schaars blijven en daarmee het benuttingspotentieel van verontreinigde baggerspecie beperken.</p> <p>Voor inzet van baggerspecie uit de Eems Dollard bestaat eveneens onzekerheid over de CO<sub>2</sub> footprint. Aangenomen wordt dat hier geen thermische behandeling bij wordt ingezet.</p>

<sup>56</sup> Bodemrichtlijn, Behandelen en bestemmen van baggerspecie, Algemene toelichting op kostenberekeningen, via <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/h-behandelen-en-bestemmen-va9446/h1-algemene-aspecten-van-behandelen-en-bestemmen-van-baggerspecie/behandelen-en-bestemmen-van-baggerspecie-algemene-toelichting-op-9473>

## 4.4 Impact hergebruik grond in de GWW

### Samenvatting

<b>Marktpotentieel</b>	De jaarlijkse behoefte aan grondstoffen in de GWW is groot. Zo was de hoeveelheid 'regulier' toegepast ophoogzand in 2013 26,5 Mton.
<b>Productiepotentieel</b>	In de periode tot 2020 is 8 – 11 Mton/jaar grond en baggerspecie, bijvoorbeeld vrijkomend bij hoogwaterveiligheid projecten, nodig om (daaraan gekoppelde) zand- en grindwinputten te verondiepen. Een deel van deze zou anders aangewend kunnen worden waarmee bespaard wordt op de inzet van primaire grondstoffen.
<b>Vervangingspotentieel</b>	Daar waar de grond voldoet aan gestelde civieltechnische en milieu-hygiënische eisen, zijn er geen beperkingen aan de toepassing.
<b>Materiaalbesparing</b>	Rekening houdend met de inzet van grond en baggerspecie onder meer voor de bevordering van de biodiversiteit van diepe plassen, zou bij een inzet van 50% van het benodigde materiaal voor andere doeleinden 4 – 5,5 Mton primaire grondstoffen bespaard kunnen worden.
<b>CO<sub>2</sub>-emissiereductie</b>	Een andere toepassing van de grond leidt niet tot CO <sub>2</sub> -emissiereductie.

### Impact hergebruik grond in de GWW

Besparings- of vervangingspotentieel hergebruik grond in de GWW	
<b>Marktpotentieel</b>	<b>Grote vraag naar grondstoffen in de GWW</b> Jaarlijks worden in de GWW tientallen miljoen ton primaire grondstoffen gebruikt. Zo was de hoeveelheid 'regulier' toegepast ophoogzand in 2013 26,5 Mton <sup>57</sup> .
<b>Productiepotentieel</b>	<b>Grond voor verondiepen van plassen anders aanwenden</b> De hoeveelheid grond die jaarlijks bij grondwerkzaamheden vrijkomt wordt geschat op 20 Mton <sup>58</sup> . Deze stroom wordt thans nagenoeg volledig nuttig toegepast. In het <i>meer</i> nuttig toepassen van deze stroom is dan ook nauwelijks een besparingspotentieel van primaire grondstoffen gelegen. De vraag is wel of de gevolgde afzetroutes altijd maximaal bijdragen aan het besparen op de winning en benutting van primaire grondstoffen. Grote hoeveelheden grond en ook baggerspecie, bijvoorbeeld vrijkomend bij hoogwaterveiligheid projecten, worden benut om (daaraan gekoppelde) zand- en grindwinputten te verondiepen. Een bewezen praktijk die afzet met weinig verstoring garanderen, in een setting waar grote economische en politieke belangen op het spel staan. Maar mogelijk zijn er andere afzetroutes denkbaar die bijdragen aan minder inzet van primaire materialen: moeten winplassen altijd verondiept of kunnen die plassen ook gebruikt worden voor bijvoorbeeld de energietransitie?  Wanneer de initiatieven voor verondiepen van plassen daadwerkelijk in uitvoering gaan dan is de behoefte aan grond en bagger voor de periode tot 2020 gemiddeld zo'n 7 – 9 miljoen m <sup>3</sup> per jaar <sup>59</sup> . Dit komt overeen met een hoeveelheid van 8 – 11 Mton (uitgaande van een gemiddeld gewicht van grond en baggerspecie van 1200 kg/m <sup>3</sup> ).
<b>Vervangingspotentieel</b>	Daar waar de grond voldoet aan gestelde civieltechnische en milieu-hygiënische eisen, zijn er geen beperkingen aan de toepassing. Voor hergebruik zijn in principe voldoende mogelijkheden. Afstemmen van vraag en aanbod is daarbij wel één van de aandachtspunten.

<sup>57</sup> CLO, 2016. *Winning en verbruik van oppervlakedelfstoffen, in Compendium voor de Leefomgeving*, via <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0067-winning-en-verbruik-van-oppervlakedelfstoffen>

<sup>58</sup> *Schatting Michiel Gadella, Bodem+, RWS*

<sup>59</sup> *MWH en RWS, 2014, Overcapaciteit in Nederland? Resultaten van een onderzoek naar de capaciteit van diepe plassen in Nederland*



<p><b>Effect inzet ESD op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub></b></p>	<p><b>Materiaalbesparing: 4 – 5,5 Mton</b>                  In theorie is de materiaalbesparing door het anders benutten van grond in de orde van grootte van de hoeveelheid in winputten gestorte grond: 8 – 11 Mton/jaar. Omdat het verondiepen van winputten deels een wenselijke toepassing van de grond is (stabiliteit van de putten, natuurwaarde, recreatie) is de hoeveelheid materiaal beschikbaar voor andere toepassingen lager. Uitgaande van 50% is dat 4 – 5,5 Mton/jaar. Vooral bouwvoor (de bovenste, humusrijke grondlaag) zou hoogwaardiger ingezet kunnen worden dan voor het verondiepen van zand- en grindwinputten.</p> <p><b>CO<sub>2</sub>-emissie en energieverbruik 'neutraal'</b>                  CO<sub>2</sub>-emissie en energieverbruik worden bepaald door graafwerkzaamheden en transport. Mogelijk dat een grote transportafstand van de elders nuttig toe te passen grond tot een hogere CO<sub>2</sub>-emissie leidt dan bij toepassing in een nabij gelegen plas. Deze transportafstand kan echter ook groter zijn. De impact kan daarmee zowel positief als negatief zijn en is daarmee op neutraal gesteld.</p>
--	--

## 4.5 Impact zeewier: het groene goud van de toekomst ?

### Samenvatting

<b>Marktpotentieel</b>	Voor de ambitie '15% vervangen fossiele grondstoffen door biobased grondstoffen' van de VNCI (branchevereniging van de chemische industrie in Nederland) is 3 á 4 Mton ton d.s. biomassa nodig.
<b>Productiepotentieel</b>	Op korte termijn geen commerciële productie waterplanten, lange termijn potentie nog altijd groot. Een zeewiercultivatie areaal van 10.000 ha zou voor een productie van 0,5 Mton voor toepassing in de chemie kunnen zorgen.
<b>Vervangingspotentieel</b>	Met een zeewiercultivatie areaal van 10.000 ha zou zeewier in 2030 voor circa 15% in de biomassa-vraag in de Nederlandse chemiesector kunnen voorzien.
<b>Materiaalbesparing</b>	Materiaalbesparing 0,5 Mton.
<b>CO<sub>2</sub>-emissie reductie</b>	Een nauwkeurige schatting van de CO <sub>2</sub> -reductie is moeilijk te geven omdat de CO <sub>2</sub> balans sterk verbonden is met de cultivatietechniek en bioraffinageprocessen, welke beide nog niet uitontwikkeld zijn.

### Impact zeewier: het groene goud van de toekomst?

Besparings- of vervangingspotentieel waterplanten	
<b>Marktpotentieel</b>	<p><b>Bij 15% vervangen fossiele grondstoffen: 3 á 4 Mton ton d.s. biomassa nodig</b></p> <p>De VNCI (branchevereniging van de chemische industrie in Nederland) heeft de ambitie om 15% van de fossiele grondstoffen te vervangen door biobased grondstoffen. Dit komt overeen met 3 á 4 Mton d.s. biomassa (zie voor verdere toelichting paragraaf 4.2). Waterplanten kunnen daar in potentie een bijdrage aan leveren.</p>
<b>Productiepotentieel (omvang ESD)</b>	<p><b>Op korte termijn geen commerciële productie, lange termijn potentie nog altijd groot</b></p> <p>De productie van waterplanten is thans nog zeer gering. Om een beeld te krijgen van het productiepotentieel is gekeken naar zeewierteelt.</p> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px;"> <p><b>Binnenwater buiten beschouwing</b></p> <p>Het kleinere binnenwater areaal is buiten beschouwing gelaten. Het IJsselmeer en Markermeer vertegenwoordigen een significant areaal maar zijn Natura 2000 gebied waarin geen productiegerichte cultivatie van biomassa mogelijk is. Oogst van biomassa is op kleine schaal mogelijk als dit onderdeel is van een beheersplan. Een voorbeeld is het maaien van fonteinkruid in de vaargeulen van het Markermeer en het vaargebied Hoornse Hop voor veiligheid en aantrekkelijkheid voor de recreatievaart.</p> </div> <p>Voor de berekening van het zeewier productiepotentieel zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productie areaal 10.000 ha wateroppervlak (ongeveer 5x het oppervlak van het Prinses Amaliawindpark, dat uit 60 windmolens van 2 MW elk bestaat).</li> <li>• Opbrengst zeewier 130 ton d.s./ha per jaar<sup>60</sup>.</li> <li>• Nuttige bestanddelen voor chemie: 40% (indicatief voor Palmaria, een soort die vooral koolhydraten bevat – andere soorten bevatten hogere concentraties eiwitten en/of vetten)<sup>61</sup>.</li> </ul> <p>Met deze uitgangspunten is een productie van 520 kton d.s. per jaar voor toepassing in de chemie haalbaar.</p> <div style="background-color: #f0f0f0; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>Potentieel bij benutting van 10% van het Nederlandse deel van de Noordzee</b></p> </div>

<sup>60</sup> Milledge, J.J., en Harvey, P.J., 2016. *Potential process hurdles in the use of macroalgae as feedstock for biofuel production in the British Isles*

<sup>61</sup> Van Hal, J., 2012. *Seaweed biorefinery in The Netherlands*

	<p>Als 10% van het Nederlandse deel van de Noordzee gebruikt zou worden voor zeewierteelt (5.700 km<sup>2</sup>) komt dat neer op een uitbreiding van het Nederlandse 'landbouwareaal' van 25%. De jaarlijkse opbrengst op deze zeeakkers zou dan 30 Mton d.s. bedragen, 10 Mton méér dan het huidige fossiele grondstofgebruik van de Nederlandse chemiesector. Hierbij moet aangetekend worden dat de hoeveelheid nuttige stof uit zeewier niet één-op-één vergelijkbaar is met fossiele grondstoffen.</p> <p><b>Kansrijke route</b> Grootschalige zeewiercultivatie voor toepassing in de energie- en (fijn)chemiesector heeft nog een lange weg te gaan. In een review van recente initiatieven wordt geconcludeerd dat er nog grote economische, technische en energetische uitdagingen zijn voor de teelt en verwerking van zeewier voordat opgeschaald kan worden naar commerciële schaal<sup>Error! Bookmark not defined.</sup>. Op de lange termijn lijkt een bioraffinageproces waardoor de hoge marktwaarde van chemische bestanddelen zoals mannitol, fucoidan en algiinaat benut kan worden en het residue wordt gebruikt voor energietoepassingen, het meest kansrijk.</p>
<p><b>Vervangingspotentieel</b></p>	<p>Een zeewiercultivatie areaal van 10.000 ha zou voor een productie van 0,5 Mton d.s. voor toepassing in de chemie kunnen zorgen. Daarmee zou zeewier in 2030 circa 15% van de biomassa vraag in de Nederlandse chemiesector leveren.</p>
<p><b>Effect inzet ESD op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub></b></p>	<p><b>Materiaalbesparing</b> Een zeewiercultivatie areaal van 10.000 ha zou voor een productie van 0,5 Mton d.s. voor toepassing in de chemie kunnen zorgen.</p> <p><b>CO<sub>2</sub>-reductie is moeilijk te geven</b> Een nauwkeurige schatting van de CO<sub>2</sub>-reductie is moeilijk te geven omdat de CO<sub>2</sub> balans sterk verbonden is met de cultivatietechniek en bioraffinageprocessen, welke beide nog niet uitontwikkeld zijn. In een LCA studie van het EnAlgae project naar zeewierproductie in Noordwest Europa wordt geconcludeerd dat materiaalgebruik vergelijkbaar met dat van landbouwgewassen zou kunnen zijn, maar dat de 'energy return on investment' van 0.25 – 1.1 laag is<sup>62</sup>. Dit komt door de hoge energiekosten voor teelt, oogst en verwerking van de natte biomassa. De CO<sub>2</sub> besparing (per biomassa eenheid) zal daardoor lager uitpakken dan de CO<sub>2</sub> besparing die bereikt kan worden met landplanten.</p>

<sup>62</sup> EnAlgae project, 2015. Environmental Life Cycle Assessment (LCA) of algae production in North West Europe (NWE)

## 4.6 Impact beschermen kusten en oevers tegen erosie

### Samenvatting

<b>Besparingspotentieel</b>	Binnenlandse oevers kunnen beschermd worden tegen erosie door toepassing van schelpdierbanken. Daarmee kan aanzienlijk worden bespaard op kunstmatige suppletie. Dit speelt met name in de Oosterschelde.
<b>Materiaalbesparing</b>	Toepassen van schelpdierbanken leidt tot een besparing op zandsuppletie per jaar van 0,9 – 1,8 Mton/jr.
<b>CO<sub>2</sub>-emissie reductie</b>	De potentiële besparing op CO <sub>2</sub> -emissie bedraagt: 0,4 – 0,9 Mton per jaar.

### Impact beschermen kusten en oevers met schelpdierbanken tegen erosie

Besparings- of vervangingspotentieel beschermen kusten tegen overstroming	
<b>Besparingspotentieel</b>	<p><b>Schelpdierbanken beschermen oevers binnenlandse wateren</b></p> <p>Natuurlijke en kunstmatige overstromingsbescherming zoals duinen en dijken moeten beschermd worden tegen erosie door wind en stromend water. Voor bescherming van oevers van binnenlandse wateren kunnen significante hoeveelheden grondstoffen bespaard worden met toepassing van schelpdierbanken op bestaande slikken en platen. Door de ruwe structuur van de schelpenlaag wordt sediment ingevangen en wordt de oever beschermd tegen erosie. Dit speelt met name in de Oosterschelde.</p> <p>Voor de berekening van het besparingspotentieel van schelpdierbanken is beschouwd de plaaterosie rond de Oosterschelde (ruwe expertinschatting):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jaarlijkse plaaterosie: 1,5 tot 2 miljoen m<sup>3</sup>/jaar;</li> <li>• Besparing op kunstmatige zandsuppletie per jaar: 0,5 tot 1 miljoen m<sup>3</sup>/jaar;</li> <li>• Gewicht zand: 1,75 ton/m<sup>3</sup></li> </ul> <p>Dit leidt tot een besparing op zandsuppletie per jaar van 875 – 1.750 kton/jr. Materiaal benodigd voor de aanleg van de schelpdierbanken (het storten van dode schelpen die als hechtingsplaats fungeren voor jonge larven) is naar verwachting niet significant. Om de schelpen in het begin stabiliteit te geven kan gebruik gemaakt worden van afbreekbare draadkorven. Daarna bewegen de schelpdierbanken mee met het ontstaan van nieuwe slikken en platen en levert deze ecosysteemdienst (in theorie) langdurige bescherming en een jaarlijkse besparing op zandsuppletie en kustbeschermingsmateriaal.</p> <p>Noot: zoals genoemd onder de stand der techniek (hoofdstuk 3.16) worden de resultaten van schelpdierbanken nog onderzocht. Schelpdierbanken kunnen ook in andere kust-, rivier- en binnenwateren aangelegd worden ter bescherming van oevers. In de Eems-Dollard zijn de mosselbanken en zeegrasvelden in de recente jaren sterk afgenomen. Ook vanuit de Habitatrictlijn doelstellingen is een toename van de schelpdierbanken in dit gebied wenselijk<sup>63</sup>.</p>
<b>Effect inzet ESD op materiaalgebruik en CO<sub>2</sub></b>	<p><b>Materiaalgebruik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bij toepassing in Oosterschelde: besparing zandsuppletie per jaar: 875 – 1.750 kton/jr.</li> </ul> <p><b>Reductie CO<sub>2</sub>-emissie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitgaande van een CO<sub>2</sub>-uitstoot van zandsuppletie van 0,5 kg CO<sub>2</sub> per ton zand<sup>64</sup>.</li> <li>• Potentiële besparing CO<sub>2</sub>: 440 tot 875 kton per jaar.</li> </ul> <p><b>Energiebesparing</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitgaande van diesilverbruik als emissiebron van deze CO<sub>2</sub>-uitstoot staat dit gelijk aan 180 miljoen liter diesel, ofwel 6480 PJ (uitgaande van 3,23 kg CO<sub>2</sub>/liter diesel<sup>65</sup>).</li> </ul>

<sup>63</sup> Baptist, M.J., en Geelhoed, S.C.V., 2016. *Natura 2000 in het habitatrictlijngebied Eems-Dollard*, via: <http://edepot.wur.nl/386452>

<sup>64</sup> DuboCalc

<sup>65</sup> [www.CO2emissiefactoren.nl](http://www.CO2emissiefactoren.nl)

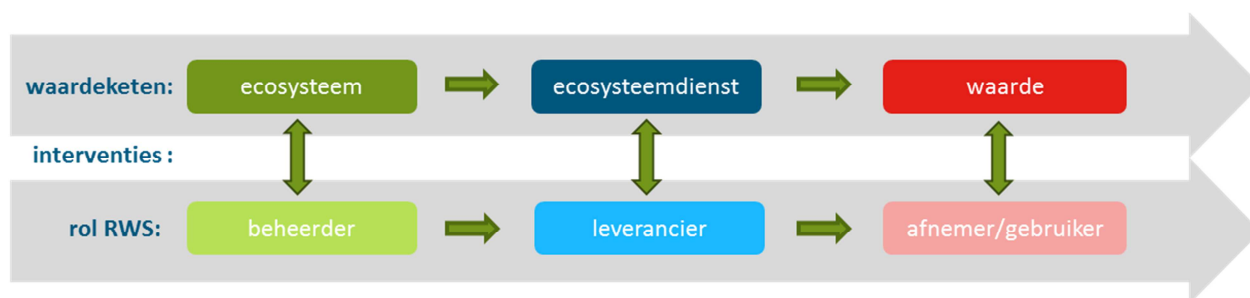
## 5 Rol RWS/GWW bij verhogen inzet ecosysteemdiensten

In dit hoofdstuk is beschreven welke rol Rijkswaterstaat en andere spelers in de GWW kunnen vervullen bij het verhogen van de inzet van ecosysteemdiensten voor de circulaire economie. Daarbij zijn de ecosysteemdiensten beschouwd die impact hebben (zie hoofdstuk 4).

### Welke rollen kan Rijkswaterstaat vervullen in waardeketens?

Rijkswaterstaat kan verschillende rollen vervullen bij het verhogen van de productie en benutting van ecosysteemdiensten voor de circulaire economie. Onderscheiden zijn:

- **beheerder:** als beheerder van terreinen ('ecosystemen') kan RWS zorgen voor het 'duurzaam' inrichten van een terrein gericht op een hogere bijdrage / productie van de ecosysteemdienst;
- **leverancier:** bij het beheer van de terreinen kunnen producten / diensten beschikbaar komen die RWS kan leveren aan 'derden' en die een bijdrage hebben aan de circulaire economie;
- **afnemer / gebruiker:** tot slot is RWS ook afnemer / gebruiker van ecosysteemdiensten.



### Welke zijn mogelijke interventies en aandachtspunten?

De vraag is vervolgens: hoe kan Rijkswaterstaat, vanuit die verschillende rollen, bijdragen aan het verhogen van de inzet van de ecosysteemdienst? Daarbij zijn de volgende deelvragen onderscheiden:

- welke interventies zijn mogelijk die bijdragen het verhogen van de inzet van de betreffende ecosysteemdienst?
- welke zijn de aandachtspunten om dat op duurzame wijze te doen?

Aanvullend hierop is verkend welke de bijkomende maatschappelijke voordelen zijn van het verhogen van de inzet van de ecosysteemdienst?

### Welke andere partijen spelen een rol bij de inzet van ecosysteemdiensten in de GWW?

Voor wat betreft spelers in de GWW is in dit hoofdstuk primair de rol van RWS verkend. Naast RWS kunnen ook de andere overheden actief in de GWW-sector een rol spelen bij het verhogen van de inzet van ecosysteemdiensten voor de circulaire economie:

- **beheerder en leverancier:** ook provincies, gemeenten en waterschappen beheren grote arealen. De rol die zij kunnen vervullen is vergelijkbaar met RWS (zoals verder uitgewerkt in dit hoofdstuk). De mate waarin zij een (voortrekkers)rol kunnen vervullen hangt af van de potentie die hun areaal biedt. Dit betreft vooral de ecosysteemdiensten extra hout en biomassa uit natuur- en bierbeheer en hergebruik grond.
- **Afnemer / gebruiker:** genoemde overheden hebben hierin een vergelijkbare rol als RWS.

Uitvoerende en toeleverende partijen in de bouw hebben ieder hun eigen rol en verantwoordelijkheid in de waardeketens. Als het gaat om het verhogen van de inzet van ecosysteemdiensten in de GWW zijn zij in dit onderzoek als volgend op de rol van RWS en andere overheden beschouwd.

## 5.1 Extra hout

Extra hout	
<b>Beheerder</b>	<p><i>Interventies</i></p> <p><b>Van reactief naar een proactief beheer mede gericht op houtproductie</b></p> <p>Momenteel vindt beheer van houtopstand (laanbeplantingen en gesloten beplanting) plaats vanuit het oogpunt van veiligheid (VTA inspecties). Dit beheer kan meer proactief gericht op hogere houtproductie en natuur- en recreatiewaarde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ingrijpen in (gesloten) beplanting vanwege veiligheid koppelen aan het verwaarden van het hout;</li> <li>• bij herinrichting de ruimtelijke kwaliteit en biodiversiteit koppelen aan op productie gerichte herbeplanting (sturen op kwaliteit: bijvoorbeeld in plantverband dat leidt tot kwaliteitshout).</li> <li>• optimalisatie van diversiteit (soort en leeftijd) en productiviteit (volume en kwaliteit).</li> </ul> <p><b>Vergroten areaal houtbeplanting</b></p> <p>RWS overweegt areaal beschikbaar te stellen voor extra houtopstand om bij te dragen aan de 100.000 hectare extra bos uit het actieplan Bos en hout. Hoeveel ruimte er voor extra bos/bomen is binnen het RWS areaal, zou nader verkend moeten worden. In absolute zin zijn de kansen voor vergroting van het houtareaal in het beheersgebied van RWS klein. Het huidige areaal bos/bomen is circa 4.400 ha.</p> <hr/> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i></p> <p><b>Biodiversiteit</b></p> <p>Een monocultuur van een snelgroeiende soort als populier gaat in het algemeen samen met een lage biodiversiteit. De bomen nemen veel stikstof uit de bodem op, die via bladval weer in de kruidlaag terecht komt. Vooral op wat drogere gronden leidt dit tot soortenarme ruigtevegetaties in de ondergroei. Houtproductie met langzaam groeiende soorten leidt tot een structuurrijker bos en een meer gevarieerde ondergroei met een hogere biodiversiteit.</p> <p><b>Bodemgesteldheid / bodemkwaliteit</b></p> <p>Het 'natte' beheersgebied van Rijkswaterstaat bestaat bijna geheel uit gronden met een goede vochtvoorziening en een goede natuurlijke bodemvruchtbaarheid. In potentie zijn deze gronden geschikt voor houtproductie. In het 'droge' beheersgebied loopt de potentie uiteen: op de zandgronden in noord-, oost- en zuid Nederland is deze kleiner dan op de klei- en veengronden in west Nederland.</p> <p><b>'Doelgericht' hoogwaardig productie en/of hoogwaardig biodiversiteit</b></p> <p>Bij aanplant / bosinrichting is het wenselijk goed na te denken over de kwaliteit en duidelijk doelen te stellen. Een hoogwaardig recreatiebos ziet er anders uit dan een hoogwaardig productiebos.</p> <p><b>Productietermijn</b></p> <p>Snelgroeiende houtsoorten zoals wilg en populier kennen in het algemeen relatief korte rotatiecyclus. Op bodems met een goede natuurlijke vruchtbaarheid en vochtvoorziening kan houtoogst binnen een termijn van 15-35 jaar plaatsvinden. Bij langzamer groeiende houtsoorten zoals eik en beuk duurt het vele tientallen jaren tot 100 jaar, vóór dat hout kan worden geoogst. Eén en ander is overigens ook afhankelijk van de beoogde toepassing van het geoogste hout. In het algemeen geldt: hoe hoger de gewenste kwaliteit van toepassing (bijvoorbeeld constructiehout) hoe langer de productietermijn (en omgekeerd).</p> <hr/> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i></p> <p><b>CO<sub>2</sub>-vastleggen</b></p> <p>Een bijkomend voordeel is vastlegging van CO<sub>2</sub> in de biomassa en in de houtproducten.</p> <p><b>Recreatie en aantrekkelijk woon- en leefmilieu</b></p> <p>Bos heeft ook een belangrijke recreatieve functie, die benut kan worden indien dit bos wordt aangelegd in gebieden waar een tekort aan recreatief groen bestaat zoals in West-Nederland<sup>66</sup>). Daarnaast draagt bos bij aan een aantrekkelijker woon- en leefmilieu. Dit kan zich ook financieel vertalen in hogere huizenprijzen<sup>67</sup>.</p>

<sup>66</sup> CLO, 2013. Beschikbaarheid van groen om de stad, via <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0451-beschikbaarheid-van-groen-om-de-stad?i=12-131>

<sup>67</sup> Daams, M.N., 2016. Rethinking the economic valuation of natural land: Spatial analyses of how deeply people value nature in rural areas and in cities

<b>Leverancier</b>	<p><i>Interventies</i> <b>Ketens ontwikkelen</b> Voor het ontwikkelen van een hoogwaardige productie zouden bosbouwer, houtverwerker en eindgebruiker met elkaar in gesprek moeten gaan. RWS kan daarbij een proactieve rol vervullen. Dit is ook de opgave en werkwijze van de business unit natuurlijk kapitaal (BUNK) van RWS. Bijvoorbeeld voor kwalitatief hoogwaardig hout voor geleiderail (van het areaal voor het areaal).</p> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i> <b>Certificering hout</b> In het kader van maatschappelijk verantwoord inkopen wordt door de overheid alleen 'duurzaam' hout ingekocht (zie <a href="http://www.PIANOo.nl">www.PIANOo.nl</a>).</p> <p><b>Cascadering</b> Een aanzienlijk deel van het (rest- en dunnings)hout wordt nu rechtstreeks ingezet als energiehout. De vraag naar hout zal voor deze toepassing in de toekomst toenemen. Deze stroom zou (deels) eerst benut kunnen worden voor producten met een lange levensduur (zoals hout skeletbouw) of een hoge toegevoegde waarde (zoals chemie). Vervolgens kunnen deze producten gerecycled worden tot andere producten en pas aan het einde gebruikt worden voor energie opwekking.</p>
<b>Afnemer/ gebruiker</b>	<p><i>Interventies</i> <b>Stimuleren toepassing in aanleg- en onderhoudsprojecten</b> RWS kan door de inkoop van houten producten (geleiderails, beschoeiingen) de keten sluiten: van levering tot toepassing en daarmee de productie stimuleren. Voor innovatieve toepassingen kan RWS launching customer zijn. Een belemmering daarbij kan zijn dat Rijkswaterstaat bij aanbestedingen over het algemeen geen specifieke materialen (bijvoorbeeld <i>houten</i> geleiderails) voorschrijft of de voorkeur geeft aan specifieke materialen. In een aanbesteding kan een inschrijver wel voordeel krijgen als materialen worden gebruikt met een lage milieu-impact en bijvoorbeeld goede hergebruikmogelijkheden. Die milieu-impact wordt dan berekend met DuboCalc<sup>68</sup>. Dit zorgt voor een integrale afweging van mogelijk toe te passen materialen. Een aandachtspunt daarbij is dat de database van DuboCalc nog maar beperkt gevuld is met (innovatieve) biobased materialen, dit bevordert niet de keuze ervan in een ontwerp.</p> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i> <b>Aandacht voor einde gebruik</b> Ook voor houten producten geldt dat hoogwaardig hergebruik aan het eind van de gebruiksduur binnen de circulaire economie een vereiste is. Voor biobased producten is er ook een alternatieve route: via biologische afbraak terugbrengen in het natuurlijke systeem.</p> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i> <b>Economische ontwikkeling</b> Het opzetten en sluiten van nieuwe productketens stimuleert vaak nieuwe bedrijvigheid en daarmee (regionale) economische ontwikkeling (innovatie, werkgelegenheid).</p>

<sup>68</sup> DuboCalc is een softwaretool om snel en eenvoudig de duurzaamheid en milieukosten van ontwerpvarianten van GWW werken te berekenen. Op basis van 11 milieu-effect categorieën, waaronder klimaatverandering, kunnen de milieukosten (uitgedrukt als MKI - milieukosten indicator) van producten en objecten over de gehele levensduur met elkaar worden vergeleken.

## 5.2 Bermen

Bermen: gras als grondstof voor chemie	
<b>Beheerder</b>	<p><i>Interventies</i></p> <p><b>'Doelgericht' hoogwaardige productie en/of hoogwaardige biodiversiteit</b></p> <p>Bij inrichting van bermen is het wenselijk goed na te denken over de kwaliteit en duidelijk doelen te stellen. Productie van biomassa in wegbermen vraagt om (gras-)soorten die van nature veel biomassa kunnen produceren. In het algemeen doen die soorten dat het beste bij een goede voorziening met meststoffen en een goede vochthuishouding. In dat geval hebben deze soorten een grote concurrentiekracht en is er beperkt ruimte voor andere soorten. De biodiversiteit van zulke vegetaties is dan ook laag.</p> <p>Omgekeerd zal een soortenrijke vegetatie doorgaans een relatief lage biomassa-productie hebben. Een grote biomassaproductie en een hoogwaardige biodiversiteit sluiten elkaar dan ook uit. Het is echter wel zo, dat vegetaties met een grotere variëteit aan plantensoorten meer weerstand hebben tegen externe invloeden zoals klimaatverandering. De biomassa-productie bevindt zich dan weliswaar op een lager peil dan dat van soortenarme en productieve vegetaties, maar is stabiel bij externe invloeden. Natte bermen zoals kanaaloevers komen niet in aanmerking voor productie van gras als grondstof, omdat de standplaats in het algemeen ongeschikt is (te nat).</p> <p><b>Aandacht voor inzaaien / omvormbeheer</b></p> <p>Voorgaande houdt in dat de beheerder een keuze dient te maken in welke richting de bermvegetatie ontwikkeld wordt en daar het beheer op inricht. Daarbij is het relevant, dat verhoging van biomassa-productie van een nu laag-productieve berm door bemesting sneller verloopt dan verschraling van een rijke berm met als doel de biodiversiteit te vergroten.</p> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i></p> <p><b>Biodiversiteit</b></p> <p>Wegbermen hebben potentie voor een hogere biodiversiteit zonder afbreuk te doen aan de primaire eisen met betrekking tot veiligheid. Het betreft dan soorten die vanouds in matig bemest grasland voorkomen. Dit type grasland is in Nederland door intensivering van de landbouw nagenoeg verdwenen, zodat bermen voor deze soorten een belangrijk toevluchtsoord zijn geworden. In samenhang daarmee zijn soortenrijke bermen ook aantrekkelijk voor insecten. Veel soorten dagvlinders komen vooral in bermen voor.</p> <p><b>Ecologische verbinding / connectiviteit</b></p> <p>Wanneer bermen een hogere biodiversiteit hebben, krijgen zij ook een functie als verbindingzone. Bermen, in combinatie met overhoeken in verkeersslussen e.d. kunnen dan belangrijke 'natuuraders' in een verder ecologisch arm cultuurlandschap worden en dragen zo bij aan een algehele verhoging van de natuurkwaliteit.</p> <p><b>Bodemgesteldheid / bodemkwaliteit</b></p> <p>De uitgangssituatie is belangrijk voor de ontwikkeling van een berm. Bij focus op biomassa-productie zal de bodemsamenstelling van de berm gericht moeten zijn op het bereiken van een goede bodemvruchtbaarheid en vochthuishouding. In de van nature armere Nederlandse dekzandgebieden betekent dat al snel inzet van bodemverbeteraars zoals klaver om bodemvruchtbaarheid te verbeteren, aanvoer van gebiedsvreemde grond. In West-Nederland kunnen dergelijke condities doorgaans met gebiedseigen grond worden bereikt. Aandachtspunt is dat de bodemsamenstelling van de berm overal af kan wijken van de omgeving door aanvoer van gebiedsvreemde grond bij aanleg en uitspoeling van strooizout.</p> <p><b>Waterberging</b></p> <p>De toenemende hoeveelheid asfalt vraagt extra ruimte voor watercompensatie. Dit kan de teeltmogelijkheden van biomassa in bermen beperken. Bij nieuwe wegen en wegverbredingen kan het ruimtebeslag voor afwatering teruggedrongen worden door innovatieve oplossingen zoals zeer open asfalt en waterberging in de wegen, waarbij de "sloot" direct onder de weg wordt geplaatst<sup>69</sup>.</p> <p><b>Landschappelijke inpassing</b></p> <p>Een berm waarin het beheer primair gericht is op grasproductie wijkt – afgezien van de schaalgrootte - visueel gezien weinig af van het beeld van een productiegrasland. Op sommige plaatsen (bijvoorbeeld Sallandse Heuvelrug) kan dat uit oogpunt van landschappelijke inpassing en beleving</p>

<sup>69</sup> Van Pol, J., 2015. *Special Waterwerken – Ruimte besparen met waterberging in wegen*, via <http://www.gww-bouw.nl/special-waterwerken-ruimte-besparen-met-waterberging-in-wegen/>



	<p>van de weg een probleem zijn, maar op andere plaatsen niet (veenweidegebied). De keuze voor het type berm kan dan ook afhangen van de landschappelijke context van de weg. In overhoeken bij verkeersknooppunten en op- en afritten is de relatie tussen de beheersvorm en de landschappelijke context nog sterker.</p> <p><b>Andere gewassen in bermen</b> Naast gras kunnen ook andere soorten worden overwogen bij de inrichting van bermen. Ook bijvoorbeeld koolzaad en olievlas zijn interessante gewassen voor biobased grondstoffen. Een overzicht van veelbelovende gewassen in het kader van de biobased economy voor het areaal van RWS (bermen, bos, uiterwaarden en wateren) is gegeven in het rapport Topgewassen biobased economy (RHDHV, 2017 in opdracht van RWS).</p> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i></p> <p><b>Meerdere functies</b> Naast de primaire functies van een wegberm (veiligheid, stabiliteit en afwatering weglichaam) kan een wegberm ook andere functies hebben waarmee – binnen de randvoorwaarden van de primaire functies - rekening moet worden gehouden bij het beheer. Hierboven zijn al benoemd productie van biomassa, biodiversiteit en beleving. Van de weg spoelt water af dat – afhankelijk van de aard van het asfalt - verontreinigingen kan bevatten. Dit water komt in de berm terecht of wordt via molgoten/bermsloten afgevoerd naar een lozingspunt. Bermen kunnen dus een zuiverende werking hebben, maar het gevolg kan ook zijn dat zich in de bermbodem gebiedsvreemde stoffen ophopen.</p>
<b>Leverancier</b>	<p><i>Interventies</i></p> <p><b>Ketens ontwikkelen</b> Voor het ontwikkelen van een hoogwaardige verwerking van bermmaaisel zouden beheerder, verwerker en eindgebruiker met elkaar in gesprek moeten gaan. RWS kan daarbij een proactieve rol vervullen. Dit is ook de opgave en werkwijze van de business unit natuurlijk kapitaal (BUNK) van RWS (zie ook fact sheet 'gras').</p> <p><b>Gras ook geschikt voor productie papier en karton</b> Naast grondstof voor chemie is gras ook een geschikt voor andere toepassingen (zie fact sheet 'gras', paragraaf 3.3 (bijvoorbeeld papier en kartonproductie)).</p> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i> -</p> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i> -</p>
<b>Afnemer/ gebruiker</b>	<p><i>Interventies</i></p> <p><b>Stimuleren toepassing in aanleg- en onderhoudsprojecten</b> Daar waar beschikbaar kan RWS kan door de inkoop van producten op basis van gras (of biobased producten) de productie stimuleren. Een belemmering daarbij kan zijn dat Rijkswaterstaat bij aanbestedingen over het algemeen geen specifieke materialen (bijvoorbeeld <i>biobased</i> borden) voorschrijft of de voorkeur geeft aan specifieke materialen. In een aanbesteding kan een inschrijver wel voordeel krijgen als materialen worden gebruikt met een lage milieu-impact en bijvoorbeeld goede hergebruikmogelijkheden. Die milieu-impact wordt dan berekend met DuboCalc<sup>70</sup>. Dit zorgt voor een integrale afweging van mogelijk toe te passen materialen. Een aandachtspunt daarbij is dat de database van DuboCalc nog maar beperkt gevuld is met (innovatieve) biobased materialen, dit bevordert niet de keuze ervan in een ontwerp.</p> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i></p> <p><b>Aandacht voor einde gebruik</b> Ook voor houten producten geldt dat hoogwaardig hergebruik aan het eind van de gebruiksduur binnen de circulaire economie een vereiste is. Voor biobased producten is er ook een alternatieve route: via biologische afbraak terugbrengen in het natuurlijke systeem.</p> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i></p> <p><b>Economische ontwikkeling</b> Het opzetten en sluiten van nieuwe productketens stimuleert vaak nieuwe bedrijvigheid en daarmee (regionale) economische ontwikkeling (innovatie, werkgelegenheid).</p>

<sup>70</sup> DuboCalc is een softwaretool om snel en eenvoudig de duurzaamheid en milieukosten van ontwerpvarianten van GWW werken te berekenen. Op basis van 11 milieu-effect categorieën, waaronder klimaatverandering, kunnen de milieukosten (uitgedrukt als MKI - milieukosten indicator) van producten en objecten over de gehele levensduur met elkaar worden vergeleken.

## 5.3 Baggerspecie als bouwstof

Baggerspecie als bouwstof	
<b>Beheerder</b>	<i>Interventies</i> Bij vergunningverlener wetgeving leidend.
<b>Leverancier</b>	<i>Interventies</i> Als leverancier heeft RWS momenteel geen rol. Verwerken van baggerspecie is aan de aannemer. RWS zou als grondmakelaar kunnen optreden zoals vroeger ook werd gedaan (maar wat nu aan de markt wordt over gelaten). Vanuit de 'circulaire' doelen onderzoekt RWS daar reeds de mogelijkheden voor.
<b>Afnemer/ Gebruiker</b>	<p><i>Interventies</i> Grote hoeveelheden baggerslib worden nu gelost op zee. Dit materiaal kan deels ook nuttig worden toegepast als bouwstof. Welke interventies zijn mogelijk?</p> <p><b>Opdrachtgever van werken: hoogwaardig hergebruik baggerspecie stimuleren</b> RWS kan in contracten van werken hoogwaardig hergebruik van baggerspecie stimuleren. Een route daarbij zou zijn hoogwaardigheid te definiëren en een hoogwaardig hergebruik bij een gunningsbeslissing beter te waarderen. Daarbij is het ook van belang de aannemer tijd 'te gunnen' om een hoogwaardige herbestemming te organiseren.</p> <p><b>Planmatig verbinden projecten / grondstoffenmakelaar</b> Vanwege individuele projectplanningen, is (regionale) uitwisseling van materiaalstromen niet altijd eenvoudig inpasbaar. Zicht op komende materiaalstromen en sturen op uitwisseling (verbinden vóór aanvang projectplanning) zou daarbij kunnen helpen.</p> <p><b>Ketens ontwikkelen</b> Voor het ontwikkelen van een hoogwaardige verwerking van baggerspecie zouden baggerbedrijf, beheerder, verwerker en afnemer met elkaar in gesprek moeten gaan om hoogwaardige verwerkingsroutes te ontwikkelen. RWS kan daarbij een proactieve rol vervullen. Dit is ook de opgave en werkwijze in het 'Innovatieprogramma nuttig toepassen slib, ESD 2050' waarin RWS participeert.</p> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i> <b>Toepassing zout slib op land: integraal afwegen</b> (Zand uit) baggerspecie uit vaargeulen op zee en havens (afgezet via eb en vloed) kan in principe op land worden toegepast, bijvoorbeeld voor ophoging. Gezien het zoutgehalte kan dit voor bijvoorbeeld landbouw of natuur bezwaarlijk zijn. Spoelen van het slib is dan een optie. Een integrale afweging is dan wenselijk.</p> <p><b>Stabiliteit kustfundament</b> Vanuit overwegingen van de stabiliteit van het kustfundament en versterking van het morfologisch evenwicht, kan niet ongestraft sediment aan het kuststelsel worden onttrokken. Indien gebaggerd materiaal niet op zee wordt teruggezet, zal dit materiaal (deels) moeten worden aangevuld met elders op zee gewonnen materiaal.</p> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i> <b>Bodemverbetering</b> Slib kan worden toegepast om de structuur van de toplaag van arme landbouwgrond te verbeteren.</p> <p><b>Ophogen</b> (Materiaal uit) baggerspecie kan gebruikt worden voor ophoging om daarmee bodemdaling door bijvoorbeeld oxidatie van veen of gaswinning te compenseren.</p>

## 5.4 Hergebruik grond

Hergebruik grond	
<b>Beheerder</b>	<i>Interventies</i> Bij vergunningverlener wetgeving leidend.
<b>Leverancier</b>	<i>Interventies</i> Als leverancier speelt RWS momenteel geen rol. Verwerken van grondstromen is aan de aannemer. RWS zou als grondmakelaar kunnen optreden zoals vroeger ook werd gedaan (maar wat nu aan de markt wordt over gelaten). Vanuit de 'circulaire' doelen onderzoekt RWS daar reeds de mogelijkheden voor.
<b>Afnemer/ Gebruiker</b>	<p><i>Interventies</i> Grote hoeveelheden grond worden nu 'nuttig toegepast' bij het verondiepen van diepe plassen. Dit is niet altijd noodzakelijk. Welke interventies zijn mogelijk?</p> <p><b>Opdrachtgever van werken: hoogwaardig hergebruik grond stimuleren</b> RWS kan in contracten van werken hoogwaardig hergebruik van grond stimuleren. Een route daarbij zou zijn hoogwaardigheid te definiëren en een hoogwaardig hergebruik bij een gunningsbeslissing beter te waarderen. Daarbij is het ook van belang de aannemer tijd 'te gunnen' om een hoogwaardige herbestemming van grondstromen te organiseren.</p> <p><b>Opdrachtgever van werken: toepassing in 'voorkeursplassen' stimuleren</b> RWS kan in contracten ook een voorkeursbestemming opnemen die in een gunningsbeslissing beter worden gewaardeerd. Dat zouden diepe plassen kunnen zijn waarvan het wenselijk is dat ze worden verondiept.</p> <p><b>Planmatig verbinden projecten / grondstoffenmakelaar</b> Vanwege individuele projectplanningen, is (regionale) uitwisseling van materiaalstromen niet altijd eenvoudig inpasbaar. Zicht op komende materiaalstromen en sturen op uitwisseling (verbinden vóór aanvang projectplanning) zou daarbij kunnen helpen.</p> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i> <b>Brede afweging</b> Vrijkomende grond heeft verschillende kwaliteiten: civieltechnisch, milieu-hygiënisch maar ook 'ecologisch'. Zo heeft een vrijkomende bouwvoor (roofgrond) vaak een hoge ecologische kwaliteit (vruchtbaarheid). Het herbestemmen van de verschillende grondsoorten vraagt dan ook een brede afweging, waarbij kwaliteit, hoeveelheid en toepassing op elkaar worden afgestemd. Het Besluit Bodemkwaliteit (Bbk) vormt het wettelijk kader voor nuttige toepassing van grond. In hoeverre het Bbk een 'hoogwaardige' toepassing stimuleert dan wel beter zou kunnen stimuleren is verder niet verkend.</p> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i> -</p>

## 5.5 Zeewier

Zeewier	
<b>Beheerder</b>	<p><i>Interventies</i>  <b>Proactief percelen in de markt zetten</b>                      De potentie van zeewierteelt biedt RWS de mogelijkheid een proactieve rol in te vullen. Als eerste stap kan RWS uitzoeken op welke locaties zeewierteelt überhaupt mogelijk is (regelgeving) en kansrijk is (economisch aantrekkelijk). Vervolgens kan RWS een stap verder gaan door percelen uit te geven waar geteeld mag worden en mogelijk ook tegelijkertijd afname te borgen. Dit past in de doelstelling om in 2030 circulair te werken.</p> <hr/> <p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i>  <b>Locatie- en soortkeuze</b>                      Zeewier heeft verschillende ecologische functies, zoals schuilplaats en kraamkamer voor vissen, het neemt voedingsstoffen en CO<sub>2</sub> op, houdt sediment vast en dempt de golfwerking. Bij de locatiekeuze voor zeewierteelt dient met deze functies rekening te worden gehouden. Kansen liggen er bijvoorbeeld in zeer voedselrijk water en mogelijk ook in windmolenparken.</p> <p>Van belang is voorts dat er geen extra meststoffen in zee terecht komen en dat alleen zeewiersoorten worden geteeld die van nature in Nederlandse wateren voorkomen. In kwetsbare en beschermde zeegebieden, die als Natura 2000-gebied zijn aangemerkt, ligt teelt van zeewier minder voor de hand gelet op de instandhoudingsdoelen. Tenslotte is het ontbreken van praktische ervaring met zeewierteelt in zee-ecosystemen een reden om hier voorzichtig mee om te gaan.</p> <hr/> <p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i>  <b>Landbouwgrond ‘besparen’</b>                      “Bijvangst” van zeewierteelt (voor voeding, farmacie en chemie) is dat het landbouwgrond bespaart die weer voor andere functies gebruikt kan worden.</p> <p><b>Plagsoorten zoet water</b>                      Afname van fosfaat in zoetwatersysteem de afgelopen decennia heeft geleid tot minder algen en daardoor helderder water en meer diversiteit. In het IJsselmeer en vooral het Markermeer geeft de overvloedige groei van fonteinkruid hinder voor de recreatievaart. Maaien en afvoeren van waterplanten is een oplossing, RWS heeft hiervoor een Handreiking waterplanten maaibeheer opgesteld.</p> <p>Waterplantenvelden zijn belangrijk voor schoon en helder water, omdat ze bodemdeeltjes en zwevende deeltjes vastleggen. Ze nemen voedingsstoffen uit het water op en concurreren daarin met algen. De vrijkomende biomassa kan ook worden ingezet als biobased grondstof.</p>
<b>Leverancier</b>	<p><i>Interventies</i>                      Als leverancier geen handelingsperspectief.</p>
<b>Afnemer/ Gebruiker</b>	<p><i>Interventies</i>                      Voorlopig is er nog geen beschikbaarheid van producten voor toepassing in de GWW.</p>

## 5.6 Bescherming kusten en oevers tegen erosie

Bescherming kusten en oevers tegen erosie	
<b>Beheerder</b>	<p><i>Interventies</i>  <b>Locaties voor uitbreiding aanmerken en partijen verbinden.</b>            Om een volgende stap te zetten richting benutting van de potentie van schelpdierbanken als natuurlijke golfbreker kunnen de pilot- en demonstratieprojecten in de Oosterschelde worden uitgebreid. Als beheerder kan RWS hier proactief aan meewerken door samenwerking met onderzoeksinstellingen en mosselkwekers te stimuleren en, net als bij zeewier, percelen in de markt zetten. De mogelijkheid om schelpdierbanken aan te leggen ter besparing op onderhoudskosten van zandsuppleties en dijkversterking, zou onderdeel gemaakt kunnen worden van het afwegingskader voor kust- en oeverbeschermingsmaatregelen.</p>
	<p><i>Aandachtspunten / randvoorwaarden</i>  <b>Aandacht voor lokale omstandigheden, inpassing in natuurbeheer</b>            Het effect van schelpdierbanken is zeer afhankelijk van de lokale omstandigheden en dynamiek. Voor elke locatie is een specifieke kosten-batenanalyse wenselijk. Interventies dienen aan te sluiten op de instandhoudingsdoelen van Natura-2000 en de KRW.</p>
	<p><i>Overige maatschappelijke voordelen</i>  <b>Meer natuur, recreatie en visserij</b>            Naast bescherming tegen afslag van slikken, zandplaten en oevers verbeteren schelpdierbanken de waterkwaliteit en biodiversiteit. De mosselen filteren slib en algen uit het water en trekken vogels, vissen en kreeftachtigen aan. Indirect heeft dat een positief effect op de recreatieve waarde en visserij.</p>
<b>Leverancier</b>	<p><i>Interventies</i>            Als leverancier geen handelingsperspectief</p>
<b>Afnemer/ gebruiker</b>	<p><i>Interventies</i>            Regulerende ecosysteemdienst, geen levering van producten voor toepassing in de GWW</p>

## 6 Monitoring inzet ecosysteemdiensten

RWS heeft de opgave om de benutting van ecosysteemdiensten (en de effecten daarvan) te monitoren en de bijdrage aan doelen op het gebied van duurzaamheid te verantwoorden in duurzaamheidsrapportages in het kader van het Service Level Agreement (SLA) met het ministerie van I&W. Op dit moment vindt nog geen gecoördineerde monitoring van ecosysteemdiensten plaats binnen RWS. Met inzicht in de stand en ontwikkeling van ecosysteemdiensten kan adequaat gestuurd worden op de benutting van het natuurlijke kapitaal.

### ‘Full swing’ monitoringsysteem voor ecosysteemdiensten nog te ontwikkelen

Voor zover bekend zijn er nog geen commerciële partijen die een kant en klare monitoringdienst voor een palet aan ecosysteemdiensten aanbieden. Wel wordt wetenschappelijk onderzoek gedaan naar een systematische aanpak voor monitoring van ecosysteemdiensten. Zo is in 2016 een proefschrift<sup>71</sup> verschenen waarin een ‘ecosystem accounting’ methode wordt voorgesteld in de vorm van een zogenaamde ‘natuurrekening’. Hierin wordt bijgehouden hoeveel ecosysteemdiensten op jaarbasis worden geleverd in een bepaald gebied. Een dergelijke methode biedt aanknopingspunten voor het ontwikkelen van een monitoringsysteem voor RWS.

### Veel data al beschikbaar

Ook zonder een volledig uitontwikkelde monitoringsmethode kan al inzicht worden verkregen uit de groeiende hoeveelheid data over ecosystemen en hun diensten. Een eerste vorm van monitoring van ecosysteemdiensten op het areaal van RWS kan worden verkregen door data over de volgende vier onderdelen te verzamelen en bij te houden:

1. Het areaal
2. Omvang/oogst van de ecosysteemdienst
3. Toepassing

Ook binnen RWS wordt al veel bijgehouden, onder andere in het netwerk informatie systeem (NIS), maar de potentie van deze data wordt nog niet volledig benut.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de verschillende onderdelen van RWS waar data over ecosysteemdiensten wordt verzameld. Met de doorgaande ontwikkeling van nieuwe meettechnieken zoals (nieuwe) satellietinstrumenten, drones en sensoren ontstaan steeds betere mogelijkheden om de kwantiteit en kwaliteit van ecosystemen te monitoren. Hier kan RWS op aansluiten.

Ecosysteemdienst	Areaal	Omvang/oogst	Toepassing	RWS
Extra hout	Monitoring door PROBOS ( <a href="http://www.bosenhoutcijfers.nl">www.bosenhoutcijfers.nl</a> )			BUNK
Bermen	Ad hoc verkenningen, bijvoorbeeld: Biomassapotentieel NBLH-sector in 2020 en 2050 (PROBOS, 2014)			BUNK
Baggerspecie		BODEM+ <a href="http://www.bodemplus.nl">www.bodemplus.nl</a>		
Grond		BODEM+ <a href="http://www.bodemplus.nl">www.bodemplus.nl</a>		
Zeewier	Niet van toepassing			

<sup>71</sup> Remme, R., 2016, *Accounting for ecosystem services and biodiversity in Limburg province, the Netherlands*

## 7 Conclusie en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

Deze studie is voortgekomen uit de wens om meer inzicht te hebben in welke bijdrage ecosysteemdiensten kunnen leveren aan de transitie naar een meer circulaire economie en welke rol RWS en breder de GWW daarbij kunnen vervullen. In dit rapport zijn hiertoe stapsgewijs de volgende onderzoeksvragen beantwoord:

1. Welke ecosysteemdiensten kunnen een alternatief bieden voor de inzet van primaire grondstoffen en kunnen zo een bijdrage leveren aan de circulaire economie?
2. Welke ecosysteemdiensten zijn in dit kader het meest relevant?
3. Wat is de impact van de inzet van deze ecosysteemdiensten op materiaalgebruik (besparing) en CO<sub>2</sub>-emissies?

*En voor RWS/GWW-sector:*

4. Hoe kunnen RWS en/of andere partijen in de GWW-sector komen tot het verhogen van de inzet van deze ecosysteemdiensten?
5. Wat zijn de aandachtspunten om dat op een duurzame wijze te doen?
6. Welke zijn bijkomende maatschappelijke voordelen?
7. Hoe kunnen de inzet van de meest relevante ecosysteemdiensten en de effecten op materiaalgebruik, CO<sub>2</sub>-emissie, energiegebruik gemonitord worden?

Het antwoord op vraag 1 heeft een overzicht van 21 ecosysteemdiensten opgeleverd die een bijdrage kunnen leveren aan een meer circulaire economie. Analyse van deze ecosysteemdiensten heeft een lijst van zes ecosysteemdiensten, met ieder een potentieel significante (meer dan 50 kton per jaar) besparing op primaire grondstoffen, opgeleverd (het antwoord op vraag 2). De potentiële impact van deze zes ecosystemen en de rol voor RWS om deze ecosysteemdiensten beter te verzilveren, is hierna gegeven.

#### Ecosysteemdiensten met potentieel 'significante' besparing op primaire grondstoffen

- **Extra hout voor de bouw en GWW**

De productie en inzet van extra hout in de bouw en GWW heeft een besparingspotentieel op primaire grondstoffen van 2,8 Mton/jaar. Uitgegaan is van de productieverhoging van hout beschreven in het 'Actieplan Bos en Hout' door uitbreiding van het bosareaal met 100.000 ha en een verhoging van de oogst van 55% tot 75% van de jaarlijkse bijgroei. Een bijkomend voordeel van deze dienst is de extra vastlegging van 1,5 Mton CO<sub>2</sub>/jaar.

#### **Rol RWS**

Om deze ecosysteemdienst verder te ontwikkelen, kan RWS verschillende interventies doen:

- Van reactief naar proactief beheer van de houtopstand gericht op hogere houtproductie, hoogwaardige toepassing en natuur- en recreatiewaarde.
  - Vergroten van het areaal houtbeplanting.
  - Proactieve verwerkingsketens ontwikkelen. Dit is ook de opgave en werkwijze van de RWS business unit natuurlijk kapitaal (BUNK).
  - Stimuleren toepassen hout in aanleg- en onderhoudsprojecten.
- **Biomassa voor de chemie (inclusief zeewier)**
- De VNCI (branchevereniging van de chemische industrie in Nederland) heeft de ambitie om 15% van de gebruikte fossiele grondstoffen te vervangen door biobased grondstoffen. De realisatie van deze ambitie met de inzet van biomassa uit Nederlandse reststromen en uit extra suikerbietenproductie,

leidt tot een besparing van 3 Mton fossiele grondstoffen. Een bijkomend voordeel van deze dienst is een emissiereductie en vastlegging van 3 Mton CO<sub>2</sub>/jaar. Zeewierteelt kan op de lange termijn ook een significante bijdrage gaan leveren aan de chemische industrie. Uit vijf offshore windparken van het formaat van het Prinses Amaliawindpark zou ongeveer 0,5 Mton droge stof per jaar kunnen worden geoogst.

### Rol RWS

Om deze ecosysteemdienst verder te ontwikkelen, kan RWS verschillende interventies doen:

- Bermen proactief beheren gericht op hogere productie van bermmaaisel, hoogwaardige toepassing en natuurwaarde.
  - Proactieve verwerkingsketens van bermmaaisel tot stand brengen. Dit is ook de opgave en werkwijze van de RWS business unit natuurlijk kapitaal (BUNK).
  - Proactief percelen voor zeewierteelt in de markt zetten.
- **Baggerspecie als bouwstof**  
Grote hoeveelheden baggerslib worden gelost op zee. Dit materiaal kan ook deels nuttig worden toegepast als bouwstof. Circa 640 kton ophoogzand wordt bespaard als 10% van het zand uit 15 miljoen m<sup>3</sup> baggerspecie uit de Rijnmond wordt gebruikt om ophoogzand te vervangen. Deze verwerkingsroute leidt niet tot een CO<sub>2</sub>-besparing, en zelfs tot een extra CO<sub>2</sub> emissie van 0,5 Mton/jaar als het zand thermisch moet worden gereinigd. In de praktijk is thermische reiniging nauwelijks nodig. Circa 0,5 – 1,5 Mton klei en ander materiaal wordt bespaard als baggerspecie uit de Eems Dollard wordt ingezet voor dijk aanleg, landverhoging en voor bouwblokken.

### Rol RWS

Om deze ecosysteemdienst verder te ontwikkelen, kan RWS verschillende interventies doen:

- In contracten van werken hoogwaardig hergebruik van baggerspecie stimuleren.
  - Uitwisseling van materiaalstromen tussen projecten stimuleren door materiaalstromen zichtbaar te maken en door projectplanningen op elkaar af te stemmen.
  - Proactieve rol vervullen bij het ontwikkelen van een hoogwaardige verwerking van baggerspecie. Dit is ook de opgave en werkwijze in het 'Innovatieprogramma nuttig toepassen slib, ESD 2050' waarin RWS participeert.
- **Hergebruik grond in de GWW**  
In de periode tot 2020 is 8 – 11 Mton/jaar grond en baggerspecie nodig om zand- en grindwinputten te verondiepen, onder andere ter bevordering van de biodiversiteit. Door 50% minder grond te gebruiken voor het verondiepen en deze stroom voor andere doeleinden in te zetten, kan 4 – 5,5 Mton primaire grondstoffen worden bespaard.

### Rol RWS

Om deze ecosysteemdienst verder te ontwikkelen, kan RWS verschillende interventies doen:

- In contracten van werken hoogwaardig hergebruik van grond stimuleren.
  - Uitwisseling van materiaalstromen tussen projecten stimuleren door materiaalstromen zichtbaar te maken en door de projectplanningen op elkaar af te stemmen.
- **Bescherming kusten en oevers tegen erosie door schelpdierbanken**  
Binnenlandse oevers kunnen beschermd worden tegen erosie door het toepassen van schelpdierbanken. Dit speelt met name in de Oosterschelde en leidt tot een besparing op zandsuppletie van 0,9 – 1,8 Mton/jaar. Bijkomend voordeel is een potentiële besparing op CO<sub>2</sub>-emissie van 0,4 – 0,9 Mton/jr.



### Rol RWS

Om deze ecosysteemdienst verder te ontwikkelen, kan RWS verschillende interventies doen:

- Uitbreiden van de pilot- en demonstratieprojecten in de Oosterschelde. Als beheerder kan RWS proactief meewerken door samenwerking met onderzoeksinstituten en mosselkwekers te stimuleren en percelen in de markt zetten.
- De mogelijkheid om schelpdierbanken aan te leggen onderdeel maken van het afwegingskader voor kust- en oeverbeschermingsmaatregelen.

### Andere overheden in de GWW

Ook provincies, gemeenten en waterschappen beheren grote arealen. De rol die zij daarin kunnen vervullen is vergelijkbaar met die van RWS. De mate waarin zij een rol kunnen vervullen hangt af van de potentie die hun areaal biedt. Voor deze overheden zijn vooral de ecosysteemdiensten 'extra hout', 'biomassa uit natuur- en bembbeheer' en 'hergebruik grond' van belang. Als opdrachtgever van werken hebben genoemde overheden een vergelijkbare rol als RWS.

### Ecosysteemdiensten in potentie belangrijke bijdrage aan doelstelling 50% materiaalbesparing

Ecosysteemdienst	Potentiele extra grondstofbesparing (Mton/jaar)	Potentiele CO <sub>2</sub> besparing (Mton CO <sub>2</sub> /jaar)
Extra hout	2.8	1.5
Biomassa voor de chemie	3.0	3.0
Baggerspecie als bouwstof	1.5	0.0
Hergebruik grond	4.8	0.0
Bescherming kusten en oevers	1.4	0.7
<b>Totaal</b>	<b>13,5</b>	<b>5.2</b>

De potentiële (extra) bijdrage van ecosysteemdiensten bedraagt 13,5 Mton, als alle 'significante' besparingen worden opgeteld. Afgezet tegen een jaarlijks gebruik aan ruwe grondstoffen in Nederland van 250 – 300 Mton (inclusief ophoogzand) is dat een substantiële hoeveelheid<sup>72</sup>. De potentiële besparingen doen zich voor in de volgende sectoren:

- **Bouw en GWW:** extra hout, baggerspecie als bouwstof, hergebruik grond, bescherming oevers en kusten tegen erosie door schelpenbanken;
- **Chemie:** biomassa als grondstof.

### Ecosysteemdiensten met potentieel 'geringe' besparing primaire grondstoffen

De omvang van de primaire grondstof besparing is voor een aantal van de 21 onderzochte ecosysteemdiensten beperkt (minder dan 50 kton/jaar). Soms is de impact van de dienst zelf gering, in andere gevallen zijn er beperkende factoren waardoor de impact gering is:

- **Potentie materiaalbesparing van de ecosysteemdienst is gering**

De met 'groen voor windhinder, geluidhinder en klimaatregulering' te behalen materiaalbesparing is zeer klein. In andere gevallen zoals bij biologische plaag- en ziektebestrijding is er voor een specifieke grondstof- of materiaalstroom wel sprake van een belangrijke besparing, maar is de omvang van die stroom op landelijke schaal gezien zeer bescheiden.

<sup>72</sup> Afgezet tegen het grondstoffengebruik berekend in 'Ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie (TNO, 2017)' van 47,2 Mton/jaar, is de relatieve besparing nog groter.

- **Potentie materiaalbesparing van de ecosysteemdienst omvangrijk maar wordt beperkt:**
  - **Beperking door bescheiden omvang van de ecosysteemdienst**  
De ecosysteemdiensten vezel- en oliehoudende gewassen en riet en plagsel leveren waardevolle grondstoffen. De impact op materiaalbesparing van deze diensten is door een geringe productie echter beperkt, ook als wordt uitgegaan van een groter teeltareaal.
  - **Beperking door geringe inpasbaarheid van de ecosysteemdienst**  
Ecosysteemdiensten kunnen lokaal een aanzienlijke impact hebben op materiaalbesparing maar zijn voor de inpasbaarheid sterk afhankelijk van lokale factoren. Dit geldt voor 'waterberging' en 'afvalwaterzuivering' in stedelijk gebied. De mogelijke besparing is daardoor op landelijke schaal beperkt.
  - **Beperking door afwezigheid van (extra) vraag**  
Voor sommige ecosysteemdiensten die een grote impact op materiaalgebruik kunnen hebben maar wordt geen toename in de vraag voorzien. Bijvoorbeeld daar waar kustbescherming door duinvorming gerealiseerd kan worden in plaats van de aanleg van een zeedijk, is dat al gedaan.

## 7.2 Beperkingen onderzoek

De resultaten van dit onderzoek moeten gezien worden in het licht van de volgende afbakeningen:

### Afbakening diensten

Ecosysteemdiensten die bijdragen aan het vastleggen van CO<sub>2</sub> of de productie van energie, levensmiddelen en diervoeding zijn in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. De benutting van deze diensten kan een aanzienlijke bijdragen leveren aan de reductie van fossiel grondstofgebruik.

### 'Nederlandse' ecosysteemdiensten

Dit onderzoek is gericht op benutting van Nederlands natuurlijk kapitaal (ecosysteemdiensten) *in* Nederland. De import van 'buitenlandse' diensten kan een aanzienlijke en duurzame bijdrage leveren aan de vervanging van fossiele door hernieuwbare grondstoffen (bijvoorbeeld met hout uit Scandinavië).

### Additionele bijdrage

Dit onderzoek is gericht op de additionele bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie. Voor het bepalen van de additionele bijdrage is de huidige situatie als referentie genomen. De huidige bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie in de vorm van besparing op primaire grondstoffen, is niet onderzocht.

### Geen differentiatie naar schaarste grondstoffen

In het Rijksbrede programma Circulaire economie is de ambitie opgenomen om in 2030 een (tussen) doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen). Daarbij is een besparing op meer schaarse grondstoffen even zwaar gewogen als een besparing op minder schaarse grondstoffen. Met andere woorden: in dit onderzoek is voor de impact bepaling geen nadere differentiatie naar schaarste van de verschillende primaire grondstoffen.

### 7.3 Aanbevelingen

#### Rijkswaterstaat

##### **Planmatige aanpak ecosysteemdiensten met potentieel significante impact**

RWS heeft de ambitie om in 2030 circulair te werken. Deze studie beschrijft meerdere mogelijkheden voor interventies om invulling te geven aan die rol. Aanbevolen wordt om voor de ecosysteemdiensten met een potentieel significante impact te komen tot een planmatige uitwerking, in aansluiting op lopende initiatieven zoals in dit rapport genoemd en met betrokken organisatiedelen en stakeholders. Belangrijk daarbij is uitwerking te geven aan de verschillende rollen die RWS in de verschillende waardeketens vervult: beheerder van terreinen, leverancier van diensten en producten en afnemer en gebruiker van diensten en producten in aanleg en onderhoudsprojecten.

##### **Kennisoverdracht over mogelijke bijdrage ecosysteemdiensten aan circulaire economie**

Deze studie heeft veel informatie opgeleverd over de mogelijke bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie die bruikbaar is voor bijvoorbeeld beleidsmakers bij overheden. Dit onderzoeksrapport als zodanig leent zich door de opzet en omvang minder goed voor kennisoverdracht. Aanbevolen wordt de beschikbare inzichten op een meer aantrekkelijke wijze te ontsluiten.

##### **Differentiatie naar schaarste grondstoffen**

In dit onderzoek is geen differentiatie gemaakt naar schaarste van grondstoffen. Als schaarste wel was meegewogen dan zouden waarschijnlijk meer significante besparingen zichtbaar worden (bijvoorbeeld vervanging van verzinkte stalen geleiderails door houten geleiderails). Aanbevolen wordt om dit onderzoek uit te voeren, waarbij wel een gewicht wordt toegekend aan schaarste en gericht op door RWS gebruikte 'schaarse' grondstoffen.

#### Beleid en transitie-agenda's

##### **Inzichten inbrengen in transitie-agenda's circulaire economie**

Om de potentiële besparingen te realiseren die in dit onderzoek naar voren komen, zijn grote veranderingen noodzakelijk. De transitie-agenda's voor de circulaire economie lijken hiervoor een goed platform. Aanbevolen wordt de bevindingen van dit onderzoek (in aangepaste vorm) in te brengen in de transitie-agenda Bouw en transitie-agenda Biomassa.

##### **50% besparen op grondstoffen differentiëren naar schaarste grondstoffen:**

Aanbevolen wordt bij de ambitie in het Rijksbrede programma Circulaire economie, om in 2030 een (tussen) doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen, een differentiatie te maken in verschillende grondstoffen. Zodoende kan een besparing op meer schaarse grondstoffen hoger worden gewaardeerd dan op minder schaarse grondstoffen.

##### **Cascadering en concurrerende toepassingen biomassa**

Vanuit het cascaderingsprincipe wordt gestimuleerd om biomassa toe te passen steeds met de hoogst mogelijke waarde, dus achtereenvolgens in farmacie en fijn chemie, voedsel, chemie en materialen, transportbrandstoffen en ten slotte in de laagste waarde, namelijk energie en warmte. Vanuit genoemd principe wordt aanbevolen bestaande verwerkingsroutes van biomassa (biomassa vormt één van de pijlers van het klimaatbeleid van Nederland) tegen het licht te houden en te bezien welke meer hoogwaardige verwerkingsroutes mogelijk zijn.

## A1 Schaarste van grondstoffen

### Nadere toelichting bij schaarste van grondstoffen

- In dit onderzoek is een onderscheid gemaakt in primaire minerale en fossiele (niet hernieuwbare) grondstoffen en in hernieuwbare (biotische) grondstoffen.
- In dit onderzoek is bij de bepaling van de bijdrage van een ecosysteemdienst aan de circulaire economie geen onderscheid gemaakt in de 'schaarste' van de verschillende primaire grondstoffen. De overweging daarbij is dat het Rijksbrede programma geen onderscheid maakt naar schaarste. Bijkomend is dat schaarste nauwelijks in één parameter is te vangen. Ter toelichting het navolgende,
- Bij schaarste kunnen drie dimensies worden onderscheiden. In fysieke termen gaat schaarste over de beschikbaarheid en uitputting van voorraden (is er genoeg?). In economische termen gaat schaarste over vraag en aanbod (wat kost het?). Vanuit een geopolitiek perspectief gaat schaarste over afhankelijkheden en risico's (wie is de baas?). Die drie dimensies zijn natuurlijk niet onafhankelijk. Vanwege die complexiteit laat 'schaarste' zich niet met één indicator vangen<sup>73</sup>.
- De EU (Raw Materials Initiative) heeft uit een groslijst van 41 grondstoffen 14 kritische grondstoffen gedefinieerd die economisch van belang zijn en waarbij we risico lopen van verstoringen in het aanbod. Dit zijn antimoon, beryllium, kobalt, fluorspar, gallium, germanium, grafiet, indium, magnesium, niobium, metalen uit de platina groep (PGMs), zeldzame aarden, tantalium en tungsten. Nederland heeft aan deze groslijst nog fosfaat, goud en tin toegevoegd. In Nederland komen geen winbare voorraden (ecosysteemdiensten) van deze kritische grondstoffen voor. Daar waar een relatie is van een ecosysteemdienst met deze kritische grondstoffen zal dat in dit onderzoek geduid worden.
- Een andere overweging voor een meer circulaire economie is de milieuschade bij de winning en het gebruik van grondstoffen. Daarbij is er een relatie met een verminderd (zuiniger) gebruik van grondstoffen: minder grondstoffen, minder schade. Hoewel hierbij ook wel kanttekeningen worden geplaatst (PBL, 2012)<sup>74</sup>: *“Een zuiniger gebruik van grondstoffen kan ervoor zorgen dat we langer kunnen doen met beperkte voorraden én lager gebruik leidt ook tot minder vervuiling. Een absolute ontkoppeling tussen economische groei en grondstofgebruik is echter niet vanzelfsprekend. Efficiëntieverbetering komt neer op het verhogen van de productiviteit van een hulpbron. Dit kan ook tot meer groei leiden en niet noodzakelijkerwijs tot minder vraag naar die hulpbron: het rebound effect.”*
- Vervanging (substitutie van de ene grondstof door een andere) kan ook een route zijn om de milieuschade van de winning en het gebruik van grondstoffen te verminderen. Binnen de scope van deze studie valt de vervanging van primaire grondstoffen door hernieuwbare (biotische) grondstoffen. Dit leidt tot verminderd gebruik van primaire grondstoffen. Waarbij direct de kanttekening dat deze vervanging niet ook altijd leidt tot een lagere milieuschade. De mogelijke milieuschade van deze vervanging wordt in dit onderzoek bepaald aan de hand van het effect op energieverbruik en/of CO<sub>2</sub> emissies. Vervangingen van de ene primaire grondstof door de andere (omdat minder schaars) van minder milieubelasting) valt buiten de scope van deze studie.

<sup>73</sup> Bron: Notitie schaarste, interdepartementale kenniskamer, PBL, 2012

<sup>74</sup> Bron: Notitie schaarste, interdepartementale kenniskamer, PBL, 2012

## A2 Bodemgebruik in Nederland

Bodemgebruik	Areaal (ha)	Toelichting
<b>Nederland totaal</b>	<b>4.154.302</b>	<b>Totale oppervlakte van Nederland</b>
Verkeersterrein	116.123	Terrein in gebruik voor spoor-, weg- en luchtverkeer
Bebouwd terrein	355.986	Terrein in gebruik voor wonen, werken, winkelen, uitgaan, cultuur en openbare voorzieningen
Semi bebouwd terrein	51.002	Terrein met een zekere mate van verharding dat niet in gebruik is als verkeersterrein of bebouwd terrein.
Recreatie terrein	102.561	Terrein bestemd voor recreatief gebruik.
• Park en plantsoen	29.547	Terrein met groenvoorziening in gebruik voor ontspanning.
• Sportterrein	35.321	Terrein in gebruik voor sportactiviteiten.
• Volkstuin	3.629	Terrein voor niet-commerciële sier- en groenteteelt.
• Dag recreatief terrein	11.665	Terrein in gebruik voor dagrecreatie zoals dierentuinen, openluchtmusea en pretparken.
• Verblijfsrecreatief terrein	22.399	Terrein in gebruik voor een meerdaags recreatief verblijf, zoals camping, bungalowparken en jeugdherbergen.
Agrarisch terrein	2.252.233	Terrein bestemd voor agrarisch gebruik.
• Terrein voor glastuinbouw	15.868	Terrein in gebruik voor agrarische bedrijfsvoering onder glas.
• Overig agrarisch terrein	2.236.365	<p>Agrarisch terrein niet in gebruik voor glastuinbouw, zoals grasland, tuinland, bouwland of boomgaard.</p> <p>Tot overig agrarisch terrein wordt gerekend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- grasland (hooi- en weiland) inclusief de met gras begroeide dijken en uiterwaarden;</li> <li>- terrein bestemd voor veehouderij;</li> <li>- hoogstam- zowel als laagstamboomgaard, inclusief onderteelt, verzorgingspaden en windsingels;</li> <li>- terrein beteeld met akkerbouw- en tuinbouwgewassen;</li> <li>- terrein in gebruik voor de teelt van kleinfruit;</li> <li>- verspreide bebouwing met bijbehorende erven en tuinen, voor zover die te midden van of langs een terrein voor landbouwactiviteiten liggen;</li> <li>- natuurlijk grasland.</li> </ul>
Bos en open natuurlijk terrein	490.088	Terrein in gebruik als bos of open natuurlijk terrein.
• Bos	344.043	<p>Terrein begroeid met bomen bestemd voor houtproductie en/of natuurbeheer.</p> <p>Tot bos wordt gerekend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- terrein zodanig begroeid met bomen, dat de kruinen een min of meer gesloten geheel vormen dan wel zullen gaan vormen;</li> <li>- kapvlakte; brandgang; bospad; boomkwekerij; houtopslagplaats; verspreide bebouwing, voor zover die in het bos ligt; populierenweide.</li> </ul> <p>Niet tot bos worden gerekend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- beboste delen van parken;</li> <li>- niet in het bos gelegen boomkwekerijen;</li> <li>- woongebieden (met stratenpatroon) en terreinen voor verblijfsrecreatie die in bos gelegen zijn.</li> </ul>
• Open droog natuurlijk terrein	90.016	<p>Open terrein met een droge ondergrond, met als belangrijkste functie natuur.</p> <p>Tot open droog natuurlijk terrein wordt gerekend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- droog heideterrein;</li> <li>- met grasachtig gewas begroeid natuurlijk terrein (niet voor agrarisch of hoofdzakelijk recreatief gebruik);</li> <li>- duin; zandverstuiving; zandplaat; strand.</li> </ul>
• Open nat natuurlijk terrein	56.029	Open terrein met een natte ondergrond met als belangrijkste functie natuur.

		<p>Tot open nat natuurlijk terrein wordt gerekend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nat heideterrein; riet en biezten (ook indien in cultuur); kwelder, schor of gors (bij gemiddeld hoogwater niet onderlopend); drooggevallen grond, mits onbegroeid; blauwgrasland.</li> </ul> <p>Niet tot open nat natuurlijk terrein wordt gerekend:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- griend; nat bos.</li> </ul>
Binnen water	367.982	Inlandig water in gebruik als vaarweg, recreatiewater, delfstofwinplaats, vloeï en/of slibveld, of als spaarbekken, inclusief het IJsselmeer.
Buiten water	418.325	Water buiten de gemiddelde hoogwaterlijn.

## A3 Akkerbouw- en tuinbouw: gewassen en opbrengsten

In de navolgende tabel is opgenomen welke gewassen in Nederland in 2016 zijn verbouwd.

Bron: [CBS](#)

Onderwerp	Beteelde oppervlakte	Geoogste oppervlakte	Bruto opbrengst per ha	Totale bruto opbrengst
<b>Gewassen</b>	<i>ha</i>		<i>1 000 kg</i>	
Totaal tarwe	127 736	127 087	8	1 020 424
• <i>Wintertarwe</i>	116 725	116 190	8,2	950 014
• <i>Zomertarwe</i>	11 011	10 897	6,5	70 410
Wintergerst	9 794	9 731	7,6	74 232
Zomergerst	24 868	24 561	6,6	161 613
Rogge	1 609	1 609	4,2	6 748
Haver	1 482	1 482	6	8 891
Triticale	1 042	1 042	5,7	5 898
Korrelmais	9 087	8 469	8	67 802
Snijmais	206 410	202 298	42,2	8 531 252
Corn Cob Mix	3 923	3 801	9,7	37 041
Bruine bonen	822	822	3,2	2 589
Koolzaad	1 696	1 651	3,5	5 839
Vezelvlas	2 415	2 415	5,7	13 764
Lijnzaad	2 415	2 415	0,7	1 787
Cichorei	3 857	3 800	45,3	172 221
Hennep	2 260	2 260	7,7	17 401
<b>Aardappelen, totaal</b>	<b>157 546</b>	<b>156 329</b>	<b>42,9</b>	<b>6 702 902</b>
• <i>Consumptieaardappelen</i>	73 032	72 098	45,8	3 300 966
• <i>Pootaardappelen</i>	41 350	41 067	36,6	1 502 707
• <i>Zetmeelaardappelen</i>	43 164	43 164	44	1 899 229
Suikerbieten	70 566	70 566	77,8	5 489 496
Zaai-uien	24 957	24 370	52,9	1 288 763

## A4 Circulaire economie en gebruik ruwe grondstoffen

Door bevolkingsgroei en toenemende welvaart gebruikt de wereldeconomie steeds meer grondstoffen. Tussen 1990 en 2009 is de hoeveelheid gewonnen grondstoffen wereldwijd vertienvoudigd (Krausmann et al, 2009). Verwacht wordt dat er wereldwijd in 2050 twee keer zo veel grondstoffen nodig zijn als in 2009 (UNEP, 2011).

In totaal wordt in Nederland 216 miljoen ton ruwe grondstoffen gebruik (CBS). Dit is exclusief ophoogzand. In Tabel 4 is een overzicht gegeven van dit gebruik. Een belangrijk deel van de gebruikte ruwe grondstoffen wordt geïmporteerd, voor metalen is dit 100%.

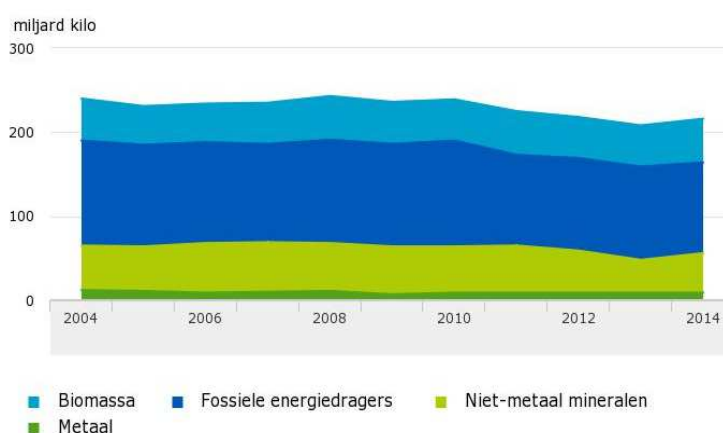
Het gebruik van ophoogzand fluctueert sterk door de jaren. In de periode 2005-2014 fluctueerde dat tussen de 50 en 95 miljoen ton per jaar, afhankelijk van incidentele projecten zoals aanleg van de Tweede Maasvlakte (CLO).

Tabel 4 - Gebruik van ruwe grondstoffen in Nederland

	Gebruik ruwe grondstoffen in Nederland (Mton), 2014 (CBS)	Aandeel van materiaalconsumptie gedekt door binnenlandse winning <sup>75</sup>
Fossiele energiedragers	108	64%
Biomassa	52	87%
Niet-metaal mineralen (exclusief ophoogzand)	47	73%
Metalen	9	0%
<b>Totaal</b>	<b>216</b>	

De trend van het Nederlands grondstofgebruik is dalende. Tussen 2004 en 2014 is het gebruik van ruwe grondstoffen binnen de Nederlandse economie met 14% afgenomen (zie Figuur 2)<sup>76</sup>. Deze trend draagt bij aan het reduceren van de absolute hoeveelheid primaire grondstoffen.

Figuur 2 – Gebruik ruwe grondstoffen in Nederland (CBS)



<sup>75</sup> Bron: CBS, Nationale Milieurekening 2013 (betreft 2012)

<sup>76</sup> Bron: Circulaire economie in Nederland, CBS, 2016



## A5 Bijlage. Beoordeling relatie biotische ecosysteemdiensten

Beoordeling relatie biotische ecosysteemdiensten volgens CICES-classificatie met circulaire economie (deel 1/2)

Division	Group	Class	Wel/niet in selectie (plus overweging)
<b>SECTION: PROVISIONING</b>			
Nutrition	Biomass	Cultivated crops	<b>Niet in selectie</b> Voedselvoorziening valt buiten de scope van het onderzoek.  Voedselgewassen en reststromen van de productie en verwerking van voedselgewassen kunnen benut worden voor het maken van bio-based grondstoffen / producten die een alternatief kunnen zijn voor fossiele of minerale grondstoffen. Deze relatie met de CE is meegenomen onder de divisie 'Materials'.
		Reared animals and their outputs	
		Wild plants, algae and their outputs	
		Wild animals and their outputs	
		Plants and algae from in-situ aquaculture	
	Animals from in-situ aquaculture		
Water	Surface water for drinking	<b>Niet in selectie</b> Net als voedselvoorziening, valt drinkwatervoorziening buiten de scope van het onderzoek.  De ESD 'drinkwatervoorziening' heeft geen directe relatie met de CE. Besparing van materialen door de ESD 'filteren van water' valt onder regulerende ESD en is daar meegenomen.	
	Ground water for drinking		
Materials	Biomass	Fibres and other materials from plants, algae and animals for direct use or processing	<b>Wel in selectie</b> Biobased materialen (chemicaliën) kunnen een alternatief zijn voor fossiele of abiotische grondstoffen en producten.
		Materials from plants, algae and animals for agricultural use	<b>Wel in selectie</b> Biomassa gebruikt als meststof en bodemverbeteraar kan een alternatief zijn voor kunstmest. Diervoedergewassen vallen buiten de scope van het onderzoek.
		Genetic materials from all biota	<b>Niet in selectie</b> Genetische diversiteit heeft geen directe relatie met de CE. Genetisch materiaal maakt de levering van biomassa ter vervanging van materialen mogelijk en is in die zin een belangrijke randvoorwaarde voor deze ESD.
	Water	Surface water for non-drinking purposes	<b>Niet in selectie</b> Oppervlaktewater wordt gebruikt voor vele toepassingen maar wordt niet benut ter vervanging van materialen en heeft daarom geen directe relatie met de CE.
		Ground water for non-drinking purposes	<b>Niet in selectie</b> Grondwater wordt gebruikt voor vele toepassingen maar wordt niet benut ter vervanging van materialen en heeft daarom geen directe relatie met de CE.
Energy	Biomass-based energy sources	Plant-based resources	<b>Niet in selectie</b> Productie van energie en energiedragers op basis van biomassa valt buiten de scope van het onderzoek.
		Animal-based resources	

			<i>Biomassa kan gebruikt worden voor energieopwekking en de productie van brandstoffen en kan daarmee fossiele energiedragers vervangen. In deze zin is er een relatie met de CE. Biobased energie is alleen geen directe vervanger van materialen en wordt derhalve niet meegenomen.</i>
	Mechanical energy	Animal-based energy	<b>Niet in selectie</b> <i>'Dierkracht' kan het gebruik van fossiele grondstoffen vervangen maar is in Nederland geen haalbare optie.</i>
<b>SECTION: REGULATION &amp; MAINTENANCE</b>			
Mediation of waste, toxics and other nuisances	Mediation by biota	Bio-remediation by micro-organisms, algae, plants, and animals	<b>Wel in selectie</b> <i>Beperkt of vervangt het gebruik van minerale of fossiele grondstoffen bijvoorbeeld doordat vervuilde grond niet afgegraven en vervangen hoeft te worden. Een ander voorbeeld is het gebruik van helofytenfilters.</i>
		Filtration/sequestration/storage/accumulation by micro-organisms, algae, plants, and animals	<b>Niet in selectie</b> <i>Opslag van zware metalen in bijvoorbeeld klei of biota is geen ESD die ingezet kan worden om materiaalgebruik te vervangen.</i>
	Mediation by ecosystems	Filtration/sequestration/storage/accumulation by ecosystems	<b>Wel in selectie</b> <i>Filtering van water in bijvoorbeeld de duinen beperkt het gebruik van materialen voor waterzuiveringsinstallaties. CO<sub>2</sub> opslag valt buiten scope onderzoek.</i>
		Dilution by atmosphere, freshwater and marine ecosystems	<b>Niet in selectie</b> <i>Vervangt of beperkt geen materialen.</i>
		Mediation of smell/noise/visual impacts	<b>Wel in selectie</b> <i>Vervangt of bespaart het gebruik van materialen voor bijvoorbeeld geluidschermen.</i>
Mediation of flows	Mass flows	Mass stabilisation and control of erosion rates	<b>Wel in selectie</b> <i>Inzet van vegetatie als erosiebeperkende maatregel vervangt of bespaart het gebruik van beschermende materialen.</i>
		Buffering and attenuation of mass flows	<b>Wel in selectie</b> <i>Het bufferen of afzwakken van materiaalstromen heeft een relatie met de CE doordat bijvoorbeeld minder hoeft te worden gebaggerd of doordat minder zand hoeft te worden opgespoten (voorbeeld: zandmotor).</i>
	Liquid flows	Hydrological cycle and water flow maintenance	<b>Wel in selectie</b> <i>Beperkt het gebruik van materialen voor opvang en afvoer van water door natuurlijke opvang en vertraagde afvoer van water. Voorbeelden: ruimte voor de rivier, groene daken, begroeiing in stedelijk gebied.</i>
		Flood protection	<b>Wel in selectie</b> <i>Bescherming tegen overstroming van rivieren door juiste begroeiing kan het gebruik van materialen beperken (minder erosie). Mosselbanken of zeewiervelden kunnen bijdragen aan kustbescherming.</i>
	Gaseous / air flows	Storm protection	<b>Wel in selectie</b> <i>Vervangt of beperkt het gebruik van materialen door vegetatie te gebruiken als windbreker in</i>

			<i>plaats van windschermen. Bomen/vegetatie worden in landelijk gebied al vaak gebruikt.</i>
		Ventilation and transpiration	<b>Niet in selectie</b> <i>Vegetatie kan bijdragen aan het verbeteren van de luchtkwaliteit door het filteren van fijnstof maar daarmee wordt niet direct materiaal vervangen.</i>
Maintenance of physical, chemical, biological conditions	Lifecycle maintenance, habitat and gene pool protection	Pollination and seed dispersal	<b>Niet in selectie</b> <i>Vervangt geen materialen. Wel belangrijke randvoorwaarde voor instandhouding andere ESD's van belang voor CE (biomassaproductie).</i>
		Maintaining nursery populations and habitats	
	Pest and disease control	Pest control	<b>Wel in selectie</b> <i>Inzet van natuurlijke middelen ter bestrijding van plagen, ziektes of invasieve soorten kan bijvoorbeeld het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen beperken.</i>
	Soil formation and composition	Weathering processes	<b>Niet in selectie</b> <i>Verwering draagt bijvoorbeeld aan bodemvruchtbaarheid maar is niet of nauwelijks te versnellen en kan daarom niet worden ingezet om materialen te vervangen. Deze ESD is wel randvoorwaarde voor andere ESD's (bijvoorbeeld biomassaproductie) die wel een directe relatie hebben met CE.</i>
		Decomposition and fixing processes	<b>Wel in selectie</b> <i>Vastleggen stikstof door beplanting. Een humus- en stikstofrijke bodem beperkt of vervangt het gebruik van (kunst)mest.</i>
	Water conditions	Chemical condition of freshwaters	<b>Niet in selectie</b> <i>Schoonwater is randvoorwaarde voor meerdere ESD (vergelijkbaar met bodemvruchtbaarheid).</i>
		Chemical condition of salt waters	
	Atmospheric composition and climate regulation	Global climate regulation by reduction of greenhouse gas concentrations	<b>Niet in selectie</b> <i>Vastleggen en reduceren van CO<sub>2</sub> als ESD valt buiten de scope van het onderzoek.</i>  <i>Bespoedigen van CO<sub>2</sub> opslag in natuurlijke systemen kan temperatuurstijging beperken en daarmee materiaalgebruik om (toekomstige) effecten van klimaatverandering tegen te gaan mitigeren.</i>
Micro and regional climate regulation		<b>Wel in selectie</b> <i>Vegetatie in de gebouwde omgeving kan zorgen voor natuurlijke koeling waarmee materiaalgebruik voor bijvoorbeeld zonwering en koeling kan worden bespaard.</i>	

Tabel 5 – Beoordeling relatie abiotische ecosystemendiensten volgens CICES-classificatie met circulaire economie (deel 2/2)

Section	Division	Group	
<b>Abiotic Provisioning</b>	Nutritional abiotic substances	Mineral	<b>Niet in selectie</b> <i>Vervangt of bespaart geen materialen. Voeding/voedsel buiten scope</i>
		Non-mineral	
	Abiotic materials	Metallic	<b>Niet in selectie</b> <i>ESD is in Nederlandse bodem niet aan de orde. Vervangt of bespaart geen materialen die schaarser zijn of langzamer worden aangevuld. Relatie met de CE zit in toepassing: metalen dienen herbruikbaar te zijn.</i>
		Non-metallic	<b>Wel in selectie</b> <i>Inzet van minerale grondstoffen kan tot besparing leiden als gewonnen of bij werkzaamheden vrijkomende materialen minder algemeen beschikbare materialen vervangen of anders geen nuttige toepassing krijgen.</i>
	Energy	Renewable abiotic energy sources	<b>Niet in selectie</b> <i>Buiten scope van het onderzoek. Bespaart gebruik van fossiele energiedragers en hernieuwbare energiebronnen zijn een belangrijk onderdeel van een CE. De focus in deze studie ligt op ESDs die een alternatief voor materialen kunnen zijn.</i>
Non-renewable energy sources		<b>Niet in selectie</b> <i>Buiten scope van het onderzoek.</i>	
<b>Regulation &amp; Maintenance by natural physical structures and processes</b>	Mediation of waste, toxics and other nuisances	By natural chemical and physical processes	<b>Wel in selectie</b> <i>Opgenomen in bovenstaande tabel.</i>
	Mediation of flows by natural abiotic structures	By solid (mass), liquid and gaseous (air)flows	<b>Wel in selectie</b> <i>Opgenomen in bovenstaande tabel.</i>
	Maintenance of physical, chemical, abiotic conditions	By natural chemical and physical processes	<b>Niet in selectie</b> <i>Geen relatie met de CE.</i>
<b>Cultural settings dependent on abiotic structures</b>	Physical and intellectual interactions with land-/seascapes [physical settings]	By physical and experiential interactions or intellectual and representational interactions	<b>Niet in selectie</b> <i>Buiten scope onderzoek.</i>
	Spiritual, symbolic and other interactions with land-/seascapes [physical settings]	By type	