

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

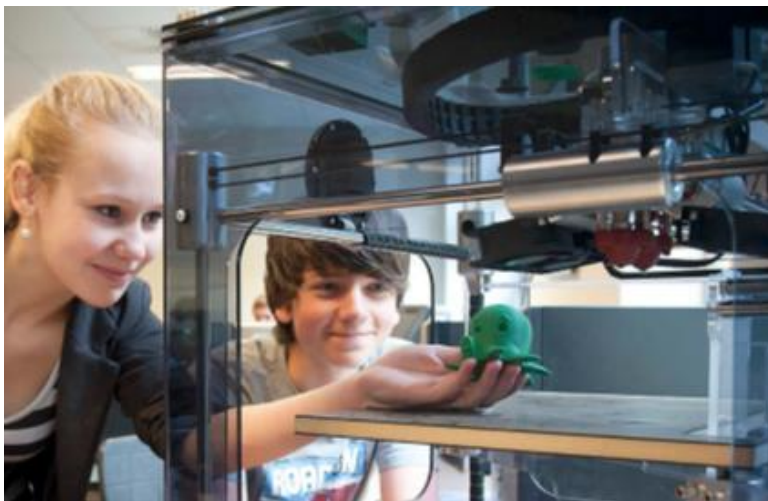
www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2017 R10165

Ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie



Datum	2 mei 2017
Auteur(s)	Ton Bastein, Elmer Rietveld, Elisabeth Keijzer
Aantal pagina's	95 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken
Projectnummer	060.24997

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

De auteurs van dit rapport werden bij het opstellen van methode, zoeken naar relevante verwijzingen en beschrijven van de resultaten bijgestaan door een stuurgroep, bestaande uit Kees Baldé (CBS), Annemiek Verrips en Gerbert Romijn (CPB), Omer van Renterghem (Ministerie BuZa), Jasper van Rooijen (Ministerie BZK), Paul Boeding, Joris van der Ahé en Roelof Jan Donner (Ministerie EZ), Marc Pruijn, Emiel de Bruijne, Kees Veerman, Mark Overman, Arnoud Passenier en Ilse Pauwels (Ministerie I&M), Aldert Hanemaaijer (PBL), Nicole van Beeck en Dick Both (RVO) en Marjan Hofkes (VU).

Het werk is mogelijk gemaakt door ondersteuning van het Ministerie van Economische Zaken en zou niet tot stand zijn gekomen zonder de niet-aflatende inspanningen van Mattheüs van de Pol.

Samenvatting

Inleiding: het Rijksbrede Programma Circulaire Economie

Op 15 september 2016 werd het Rijksbrede Programma Circulaire Economie (hierna: het Programma) naar de Tweede Kamer gestuurd. In de begeleidende brief wordt de ambitie van het kabinet neergezet:

“De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen).”

In het programma zijn strategische doelstellingen benoemd rond de prioriteiten Biomassa en Voedsel, Kunststoffen, Maakindustrie, Bouw en Consumptiegoederen die gericht zijn op het reduceren van het gebruik van grondstoffen. Het programma is de inzet van het Rijk en daarmee een basis van samenwerking tussen partijen. Dit is verder uitgewerkt in het Grondstoffenakkoord dat op 24 januari 2017 ondertekend is (en naar de Tweede Kamer is gestuurd). In dit akkoord wordt afgesproken de transitie naar een circulaire economie verder uit te werken in transitieagenda's per prioriteit. Elke transitie-agenda zal concrete doelen en indicatoren bevatten. De transitieagenda's spelen dus een belangrijke rol bij het uitwerken van de doelstellingen van het programma.

Doel van deze ex-ante evaluatie

Deze ex-ante-evaluatie voorziet in een eerste beantwoording van de belangrijke vraag in hoeverre de (tussen-)doelstelling van 50% reductie van primaire grondstofbehoefte in 2030 onderbouwd zou kunnen worden op basis van de geformuleerde doelstellingen.¹ Daarbij is zoveel mogelijk uitgegaan van bestaande documenten, zoals sector-roadmaps, maar ook van expert-inschattingen omtrent theoretisch maximaal haalbare grondstofreducties. Het rapport gaat niet in op de haalbaarheid van elk van deze geconcretiseerde doelstellingen. De resultaten hebben een verkennend karakter, maar zijn niettemin waardevol als uitgangspunt voor het opstellen van transitie-agenda's.

Het doel van de reductie van het gebruik van primaire grondstoffen door de transitie naar een meer circulaire economie is het leveren van een bijdrage aan milieudoelen, aan het verbeteren van de leveringszekerheid en aan het benutten van economische kansen. In dit rapport is mede daarom een eerste aanzet gedaan om het verband te leggen tussen verminderd grondstoffenverbruik en de potentiële impact op de reductie van broeikasgasemissies en water- en landgebruik.

Conclusies van de ex-ante evaluatie

De resultaten laten zien dat en vooral hoe de (tussen)doelstelling van het programma (50% reductie van primair grondstoffenverbruik in 2030) onderbouwd kan worden. Daarvoor moeten dan wel de in het rapport gesuggereerde onderbouwingen van de geoperationaliseerde doelstellingen per prioriteit worden behaald. Deze reductie van primair grondstoffenverbruik leidt tot een evenredige reductie van de milieu-effecten die optreden als gevolg van de productie van die materialen.

¹ In verband met de beschikbaarheid van data is in deze verkenning 2012 als referentiejaar genomen; dat wil niet zeggen dat de transitie-agenda's ook van dit jaar uit zullen gaan.

De resultaten van deze ex-ante evaluatie vormen een goede basis voor het concreet uitwerken van de prioriteiten in transitie-agenda's. Bij het opzetten van transitieagenda's is het essentieel dat een koppeling gemaakt kan worden tussen voorgestelde acties en de specifieke impact op de relevante indicatoren als milieu-impact, leveringszekerheid en economie.

Onderstaande tabel vat de bevindingen samen.

	Grondstoffengebruik 2012 (Mton)	Onderbouwde Grondstoffen-reductie (t.o.v. 2012) op basis doelstellingen in het Rijksbreed Programma Circulaire Economie (Mton)
Fossiel (alleen chemie)²	0,7 ³	1
Metaal	3,7	0,5 – 0,7
Mineraal	42,8	8 - 23
TOTAAL	47,2	9,5 -24,7
<i>Impact van geoperationaliseerde doelstellingen</i>		20 -50%

De afname van de broeikasgasemissies en het water- en landverbruik dat met de productie van deze grondstoffen is gemoeid, zal met een vergelijkbaar percentage afnemen.

Er is hierbij een aantal kanttekeningen te plaatsen:

- Voor de prioriteit Maakindustrie (waaronder niet alleen metalen, maar ook producten waarin gebruik gemaakt wordt van metalen, zoals high-tech-equipment) ligt nog een stevige uitdaging. Er zijn weinig aanknopingspunten gevonden waarmee de strategische doelstellingen daarvoor konden worden geoperationaliseerd. Deze categorie is van groot belang omdat de specifieke milieu-impact van deze categorie materialen groot is.
- Het is opvallend dat er vrijwel geen strategische doelstellingen zijn geformuleerd in het programma die tot doel hebben levensduurverlenging of intensiever gebruik (eventueel ondersteund door een verandering in businessmodellen) te stimuleren. Het zijn juist deze stappen die in eerdere studies (Ellen MacArthur Foundation, het rapport "Kansen voor de Circulaire Economie voor Nederland" in 2013) leidden tot de inschatting dat een circulaire economie een significante toegevoegde waarde zou kunnen vertegenwoordigen. Bij de uitwerking van transitie-agenda's zouden dergelijke handelingsperspectieven nadrukkelijker de aandacht verdienen.
- Tal van strategische doelstellingen uit de verschillende prioriteiten bleken nauw verwant te zijn. Indien de huidige indeling in prioriteiten leidt tot

² Dit is een ruwe inschatting van de hoeveelheid fossiel die wordt ingezet t.b.v. chemische producten zoals kunststoffen en niet t.b.v. energie.

transitie-agenda's langs dezelfde lijnen, dient bewaakt te worden dat acties niet aangrijpen op dezelfde materialen en dus overlappen. Dit leidt niet tot het gewenste resultaat voor die materiaalstromen en tot ineffectieve uitkomst van transitie-agenda's.

- De (milieu-)effecten van deze doelstellingen worden weergegeven op basis van de huidige economische structuur en met bijvoorbeeld de huidige ETS-prijzen, bijbehorende CO₂-uitstoot en energievoorziening. Indien die grondslagen van de economische structuur de komende jaren zouden veranderen (bijvoorbeeld een aanpassing van het emissiehandelssysteem) zal dat -los van de specifieke afspraken op basis van het RPCE-consequenties hebben voor de hier aangegeven milieu-effecten.

Het primaire doel van het programma, de reductie van de primaire grondstofbehoefte, is een uitdagende opgave voor grondstofconsumerende sectoren, waaronder de bouw. De impact van de productie van verschillende typen grondstoffen op het milieu, op broeikasgasemissie, op het verminderen van leveringsonzekerheid en het benutten van economische kansen is echter sterk wisselend. Het is dan ook raadzaam om ook de achterliggende doelen over milieu, leveringszekerheid en economische kansen expliciet te formuleren en te koppelen aan te reduceren materiaalgebruik. Hierdoor komt de focus automatisch te liggen op impactrijke grondstoffen- en productketens.

Het is belangrijk om in te zien dat een meer circulaire economie niet alleen minder grondstoffen verbruikt dan de huidige, maar er ook totaal anders kan uitzien. Er zullen nieuwe technologieën en alternatieve businessmodellen zijn geïntroduceerd, producten worden wellicht anders zijn ontworpen, aankoopgedrag van consumenten en de samenwerking tussen ketens is veranderd. Dit leidt tot veranderingen in de sectorstructuur (een langere levensduur van producten heeft bijvoorbeeld gevolgen voor zowel detailhandel als reparatiebranche). Bestaande activiteiten zullen wellicht krimpen of zelfs verdwijnen en nieuwe komen op. Dit heeft naar verwachting gevolgen voor de economische groei, de werkgelegenheid, verdiende inkomens, overheidsfinanciën (en dus ook weer op de milieueffecten van het daarbij behorende grondstofgebruik). Het valt buiten het bestek van dit rapport om deze effecten nu al te duiden, laat staan te kwantificeren. De vraag wat de gevolgen zijn van het behalen van de doelen van het programma voor de Nederlandse economie zijn in het kader van deze verkenning niet beantwoord, en vereisen een grondige kwantitatieve modellering.

Suggesties en aanbevelingen

Deze ex-ante evaluatie geeft een eerste beeld van de onderbouwing van de ambitie van het programma. De bandbreedte van de mogelijk te bereiken resultaten is echter groot en het bereiken van het maximale resultaat vereist veel inspanning. Het programma bevat daarvoor veel aanzetten van acties die nog uitgewerkt moeten worden. De transitie-agenda's zijn daar het gekozen instrument voor. De resultaten van deze ex-ante evaluatie vormen een goede basis voor het concreet uitwerken van deze transitie-agenda's. Deze analyse van het programma en van de daarin verwoorde doelstellingen leidt tot een aantal suggesties en aanbevelingen voor de op te stellen transitie-agenda's:

- 1) Bij het opzetten van transitieagenda's is het essentieel dat een koppeling gemaakt kan worden tussen voorgestelde acties en de specifieke impact op de relevante indicatoren, waardoor niet alle inspanning gaat zitten op mogelijk en ogenschijnlijk laaghangend fruit dat echter een geringe bijdrage levert aan

bovenliggende doelen.

Voor een eenduidige wijze waarop dat gedaan zou moeten worden, is het aan te bevelen transitieteams te ondersteunen in het analyseren van de impact van door hun in gang gezette maatregelen. Daarbij kunnen overlappende richtingen (zoals biomassa, kunststoffen, inzet huishoudelijk restafval) worden geïdentificeerd en wordt voorkomen dat deze per transitie-agenda worden 'ingeboekt' als positieve bijdrage aan het overall doel.

- 2) Tijdens de analysefase bleek dat tal van strategische doelstellingen moeilijk of niet tot operationalisering zijn te brengen op basis van beschikbare kennis of literatuur. Het zal een opgave voor elk van de transitieteams zijn om elk van die lacunes te adresseren en te besluiten hoe tot operationalisering om te gaan.
- 3) Er is in het programma weggelegd weinig aandacht voor de impact van activiteiten als onderhoud en reparatie, hergebruik en refurbishment (oftewel de zogenaamde 'inner circles' in het beroemde schema van de Ellen MacArthur Foundation, die sterk bijdragen aan waardecreatie). Met name de prioriteiten 'Maakindustrie' en 'Consumptiegoederen' zouden sterk kunnen profiteren van dergelijke aanpakken. Mede ten behoeve van het streven naar zoveel mogelijk waardecreatie zouden de transitieteams het programma aan kunnen vullen.
- 3) Dit werk geeft een kwantitatieve duiding van de doelstellingen, en niet van de haalbaarheid. Noch in de zin van *technology readiness level* (TRL), noch in de zin van het analyseren van de werking van het innovatiesysteem. Een brede analyse van de eventuele barrières zou deel uit moeten maken van een systematische aanpak binnen de transitieteams. De transitieteams zouden hierbij bijvoorbeeld de TIS (Technological Innovation Systems)-analyses als werkwijze kunnen toepassen, waarin de werking van innovatiesystemen onder de loep wordt genomen.
- 4) Elk van de transitieteams zou zich moeten buigen over de vraag of specifieke milieu-impacts toe te schrijven zijn aan activiteiten binnen Nederland of aan activiteiten in de gehele waardeketen, dus inclusief emissies in het buitenland.
- 5) De transitieteams zouden bij elk van de te ondernemen acties stil kunnen staan bij de vraag of het verbeteren van leveringszekerheid een rol speelt en of dit nader uitgewerkt dient te worden, in de vorm van een operationeel doel met een adequate indicator.
- 6) Een uitdagende activiteit voor de transitieteams zal zijn de assessment van de sector-overstijgende micro- en macro-economische aspecten (banen, R&D, kennisposities, institutionele innovatie etc.) van de transitie-agenda. Een gezamenlijke aanpak en methode verdient hier weer de voorkeur.
- 7) Aan elk van de transitieteams kan gevraagd worden een onderscheid te maken tussen een business-as-usual-scenario, en een scenario met overheidsingrijpen; een dergelijke scenario-aanpak paste niet in de scope van de huidige verkenning, maar is essentieel om eventuele additionele inspanningen van overheid en bedrijfsleven te verantwoorden.
- 8) Bij de samenstelling van transitie-teams is het van belang ketenpartijen te selecteren die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor het grondstoffenverbruik en de daarmee samenhangende milieu-impact. De in dit rapport gehanteerde Structural Path Analysis (die op basis van de Nationale Rekeningen de samenhang in de nationale economie toont) levert een toets op voor de bij die agenda's te betrekken stakeholders.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	3
1	Introductie van het doel van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie en deze ex-ante-evaluatie	10
1.1	Het Rijksbrede Programma Circulaire Economie	10
1.2	Aanpak voor een ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie	10
1.3	Scope van dit rapport.....	12
1.4	Opbouw van dit rapport	13
2	Impact van halvering van onze behoefte aan primaire grondstoffen	14
2.1	Inleiding	14
2.2	Grondslag voor het vaststellen van primair grondstoffengebruik	14
2.3	Halvering van grondstoffengebruik en gerelateerde milieu-impacts	16
3	Prioriteit I: Biomassa en Voedsel.....	19
3.1	Introductie: Biomassa en Voedsel	19
3.2	Biomassa Doel 1: Optimaal benutten van biomassa en voedsel door het sluiten van kringlopen en voorkomen van verspilling	20
3.3	Biomassa Doel 2: Het reduceren van het gebruik en het vervangen van fossiele grondstoffen door duurzaam geproduceerde biomassa.....	25
4	Prioriteit II: Kunststoffen	27
4.1	Introductie: Kunststoffen	27
4.2	Doelstellingen voor Kunststoffen	29
5	Prioriteit III: Maakindustrie	34
5.1	Introductie: Maakindustrie	34
5.2	Operationaliseerbaarheid van deze strategische doelstellingen	34
5.3	Maakindustrie Doel 2: Verhogen efficiëntie en hoogwaardig duurzaam hergebruik.....	35
6	Prioriteit IV: Bouw.....	44
6.1	Introductie: Bouw	44
6.2	Bronnen voor de operationalisering van doelstellingen voor prioriteit Bouw.....	46
6.3	Bouw1: De B&U en de GWW gebruiken (vooral) hernieuwbare grondstoffen.....	47
6.4	Bouw Doel 2 & 3: Materiaalgebruik is over de hele levensduur van het bouwwerk geoptimaliseerd & De bouw reduceert zoveel mogelijk CO ₂ -emissies, zowel in de bouw- als in de gebruiksfase	49
6.5	Bouw Doel 4: De bouw is een innovatieve sector die proactief inspeelt op veranderingen in de samenleving en de vraag van markt en consument.....	53
7	Prioriteit V: Consumptiegoederen	56
7.1	Introductie: Consumptiegoederen	56
7.2	Consumptiegoederen Doel 1: De jaarlijkse hoeveelheid huishoudelijk restafval is in 2020 maximaal 100 kg per persoon en in 2025 maximaal 30 kg per persoon per jaar	56
7.3	Consumptiegoederen Doel 2: In 2022 is de hoeveelheid restafval van bedrijven, organisaties en overheden, dat vergelijkbaar is met huishoudelijk restafval gehalveerd (t.o.v. 2012).....	58

7.4	Consumptiegoederen Doel 3: In 2025 gaan burgers en bedrijven zo om met consumptiegoederen, dat deze in de kringloop kunnen blijven en waar geen zwerfafval achterlaten de norm is.....	58
8	Samenvattend: een overzicht van de operationalisering van doelstellingen en de impact op de grondstoffenbehoefte van Nederland.....	60
8.1	Welke strategische doelstellingen zijn geoperationaliseerd?	60
8.2	Aard van de operationalisering.....	61
8.3	Geschatte reductie van de behoefte aan primaire grondstoffen	63
8.4	De milieu-impacts van de reductie van primaire grondstofbehoefte	65
8.5	Sectoren en hun onderlinge verhoudingen	66
9	Conclusies en aanbevelingen	77
9.1	Conclusies en kanttekeningen.....	77
9.2	Suggesties en aanbevelingen	79
	Bijlage 1 SBI-2 sectoren	81
	Bijlage 2 Milieu-impact van grondstoffengroepen	85
	Bijlage 3 Voorbeeld vinden van paden over drie intersectorale relaties	89
	Bijlage 4 Methodiek statische IO analyse in meer detail	91
	Bijlage 5 Belangrijkste indirecte hotspots in Kt op basis fysieke gebruiksrelaties 2012, $x = (I - A)^{-1}f$	93

1 Introductie van het doel van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie en deze ex-ante-evaluatie

1.1 Het Rijksbrede Programma Circulaire Economie

Op 15 september 2016 werd het Rijksbrede Programma Circulaire Economie (RPCE) naar de Tweede Kamer gestuurd. In de samenvattende notitie wordt melding gemaakt van de ambitie van het kabinet:

“In het Rijksbrede Programma Circulaire Economie: ‘Nederland Circulair in 2050’ schetst het kabinet hoe we onze economie kunnen ombuigen naar een duurzaam gedreven, volledig circulaire economie in 2050. Om dit doel te bereiken moeten we op alle niveaus van onze samenleving actie ondernemen en duidelijke mijlpalen stellen. Het eerste doel is ambitieus maar niet onhaalbaar: 50% minder verbruik van primaire grondstoffen (mineralen, fossiel en metalen) in 2030.”

Het RPCE speelt daarmee in op de risico's als gevolg van een explosieve groei naar grondstoffen, de daarmee samenhangende toegenomen leveringonzekerheid voor Nederland als grondstof-importerend land en de noodzaak om een significante bijdrage te leveren aan de reductie van de broeikasgasemissie (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) om de op de COP21 bereikte klimaatdoelstellingen dichterbij te brengen. Een significante reductie van finale consumptie van grondstoffen levert vanzelfsprekend een bijdrage aan de vermindering van de uitstoot van CO₂-equivalenten en aan de gevolgen van leveringonzekerheid.

1.2 Aanpak voor een ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie

1.2.1 *Kwantificatie van strategische doelstellingen*

In het RPCE worden 18 strategische en/of operationele doelen benoemd, gericht op 5 zogenaamde 'prioriteiten' Biomassa, Kunststoffen, Maakindustrie, Bouw en Consumptiegoederen (gericht op huishoudens en afval). Een belangrijke vraag is in hoeverre het overkoepelende doel van 50% reductie van primaire grondstofbehoefte in 2030 (t.o.v. 2012) onderbouwd zou kunnen worden op basis van die onderliggende doelstellingen. De hier gerapporteerde ex-ante-evaluatie tracht te voorzien in een eerste en indicatieve onderbouwing van dat overkoepelende doel.

Cruciaal voor deze analyse is de mate waarin de strategische doelstellingen per prioriteit kwantitatief gemaakt en geoperationaliseerd kunnen worden.

Dit rapport zal trachten kwantificering van de vaak kwalitatief geformuleerde strategische doelstellingen per prioriteit te baseren op bestaande roadmaps, convenanten, Green Deals, sector-akkoorden en soortgelijke literatuur. Afspraken in dergelijke onderbouwde documentatie veronderstellen dat een zorgvuldig proces en een zorgvuldige afweging geleid heeft tot de betreffende (kwantitatieve) ambities. Daarmee eeffent het gebruik van deze documenten ook de weg naar de

circulaire transitieagenda's die in de loop van 2017 dienen te worden opgesteld met betrokken sectoren.

Als dergelijke achtergronddocumentatie niet aangetroffen wordt zullen op basis van expert-kennis in enkele gevallen suggesties worden gedaan over potentiële materiaalreductiescenario's.

De bevindingen voor de 5 prioriteiten zijn in de hoofdstukken 3 tot en met 7 beschreven.

1.2.2 *Milieu-impact van ons grondstoffengebruik*

De reductie van de primaire grondstofbehoefte (op een volumebasis) is geen doel op zich, maar het draagt bij aan milieu-gerelateerde doelen zoals de reductie van broeikasgasemissie en van land- en watergebruik. Daarom zal in deze verkenning ook de impact van de ambitie van het RPCE (50% reductie van primair grondstoffenverbruik) op deze milieudoelen worden ingeschat. Hierbij wordt de volgende systematiek gevolgd:

- Als uitgangspunt voor ons huidige materiaalgebruik (en dus ook voor de halvering daarvan) wordt het binnenlands finaal gebruik (Domestic Material Consumption, DMC) van primaire grondstoffen, op het detailniveau van metalen, mineralen en fossiele grondstoffen, gebruikt (afkomstig uit CBS en Eurostat).
- Met behulp van de milieu-footprint-gegevens die nader worden toegelicht in Bijlage 2, kan de milieu-impact van dat binnenlands gebruik en dus ook van de halvering daarvan worden ingeschat. Hierbij worden benaderingen gebruikt om materialen *en groupe* te kunnen behandelen (bijvoorbeeld: non-ferrometalen).
- Bij de bepaling van de milieu-impact wordt geen onderscheid gemaakt tussen impact die binnenlands plaatsvindt, of die in het land van productie plaatsvindt; een dergelijk onderscheid vereist nadere analyse die buiten de scope van deze evaluatie valt.
- De resultaten van deze bepaling worden gepresenteerd in hoofdstuk 2 (milieu-impact van huidig en gehalveerd gebruik) en in hoofdstuk 8 (milieu-impact als gevolg van het totaal der gekwantificeerde doelstellingen, die in hoofdstuk 3 tot en met 7 zijn behandeld).

1.2.3 *Samenhang tussen sectoren: de Structural Path Analysis*

Elk van de strategische of operationele doelstellingen beoogt een reductie van de grondstofbehoefte te bewerkstelligen. Deze reductie zal zelden betrekking hebben op slechts één sector, maar in het algemeen op ketens van sectoren.

Voor de nog op te stellen transitieagenda's is het van belang met de relevante spelers om tafel te zitten en dus te weten hoe sectoren samenhangen om een gezamenlijke transitie succesvol uit te kunnen voeren. De samenhang van sectoren in de economie wordt beschreven aan de hand van de Nationale Rekeningen. De Nationale Rekeningen op SBI2-digit-detailniveau en de daarin vervatte CBS input/output (IO) data zullen ingezet worden voor een op te stellen "Structural Path Analysis" (SPA) die deze samenhang tussen (ketens van maximaal 3) sectoren zal beschrijven.

Uit deze analyse volgen de relaties tussen relevante sectoren en in het bijzonder de 'hotspots' op basis van de aanbod- en gebruiksrelaties tussen sectoren. Aan deze hotspots zijn vervolgens ook de milieu-impacts verbonden, waaronder bijvoorbeeld broeikasgasemissies.

De resultaten van deze SPA zullen worden gegeven in hoofdstuk 8 van dit rapport.

1.3 Scope van dit rapport

Deze ex-ante-evaluatie betreft een eerste en indicatieve onderbouwing van het ambitieuze doel van het RPCE. De basis voor de evaluatie is deels opgebouwd uit industriële roadmaps en expert-inschattingen van maximale potentiën. Hierbij is geen rekening gehouden met de mogelijk belemmerende invloed van regelgeving of van een ontbrekende business case. De uitkomsten van deze analyse dienen dan ook voorzichtig te worden geïnterpreteerd. Het geeft een eerste handvat en een methodisch voorstel voor de op te stellen transitie-agenda's.

Het rapport gaat niet in op de vele barrières die staan tussen het kwantitatieve potentieel en het realiseren daarvan. Deze zijn van technologische aard, maar ook gerelateerd aan marktontwikkelingen, regelgeving en bereidheid en mogelijkheid om bestaande (keten)structuren te doorbreken. Een bredere aanpak (bijvoorbeeld gebruikmakend van een systematische systeeminnovatie-aanpak) is daarvoor nodig.

In de keuze voor de te gebruiken roadmaps en soortgelijke documenten is de huidige inhoud van het RPCE leidend: dat betekent dat de materiaalstromen en sectoren die beschouwd worden een verband houden met minstens één van de doelstellingen of één van de tientallen in gang gebrachte of voorgenomen acties die in het RPCE staan beschreven. In die zin wordt in dit rapport dus bewust niet 'out-of-the-box' gewerkt, maar binnen de kaders die de tekst van het RPCE stelt.

De verkenning richt zich dus op de reductie van (indirecte en directe) grondstofbehoefte en milieu-impacts daarvan en dus niet op de impact op de Nederlandse economie of de gevolgen voor werkgelegenheid. Het is een belangrijke observatie dat reductie in materiaalgebruik niet per se leidt tot meer welvaart, zelfs als het om een breed welvaartsbegrip ("beyond GDP") gaat. Economische activiteit die verhuist naar een ander land of substitutie van fossiele grondstoffen door biomassa: het zijn voorbeelden van situaties waarin een halvering van een grondstofbehoefte geen handvat geeft in het bepalen van maatschappelijke waarde. Deze impact op maatschappelijke waarde wordt niet verder uitgewerkt in dit rapport maar zou bij het opstellen van transitie-agenda's een hoge prioriteit dienen te krijgen.

Verder besteedt deze verkenning ook geen uitgebreide aandacht aan de effectiviteit en aangrijpingspunten van de interventies die de overheid kan plegen en die uitgebreid worden toegelicht in hoofdstuk 4 van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie. Tevens zal niet expliciet worden ingegaan op de acties (de 28 activiteiten "wat we al doen" en de 44 onder de noemer "wat we gaan doen") die de gestelde strategische doelstellingen ondersteunen. De concrete invulling en impact van ondersteunende acties zal in de loop van 2017 onderwerp zijn van de nog op te stellen transitie-agenda's.

Idealiter kunnen de eindresultaten van deze ex-ante evaluatie worden gebruikt als:

- Suggestie voor een werkwijze bij toekomstige monitoring.
- Startpunt voor ambitieniveau van transitieagenda's
- Basis voor sturen op relaties binnen en tussen prioriteiten.

1.4 **Opbouw van dit rapport**

In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt een inschatting gemaakt van de milieu-impact van ons huidig gebruik van primaire grondstoffen en van de halvering van de behoefte daaraan.

In de hoofdstukken 3 tot en met 7 worden de strategische doelstellingen van achtereenvolgens de prioriteiten Biomassa en voedsel, Kunststoffen, Maakindustrie, Bouw en Consumptiegoederen zoveel mogelijk van een kwantitatief en operationeel kader voorzien. Operationalisering bestaat uit het gebruiken van kwantitatieve doelen afkomstig uit bestaande roadmaps en overige relevante literatuur, of van inschattingen van technologisch potentieel.

Hoofdstuk 8 geeft een samenvattend overzicht van alle gevonden operationalisering en het vertaalt deze naar milieu-impact en naar de mate waarin deze inschattingen bijdragen aan de overkoepelende doelstelling van het RPCE. Verder wordt in dit hoofdstuk aandacht besteed aan de relaties tussen sectoren via een (op de Nationale Rekeningen gebaseerde) Structural Path Analysis. Deze analyse geeft een beeld van sectoren die een ketenrelatie met elkaar onderhouden en dus een gezamenlijke transitie zouden dienen aan te gaan voor een succesvolle implementatie van een meer circulaire economie op één van de vijf prioriteiten.

Hoofdstuk 9 komt met conclusies, enkele afsluitende observaties en met aanbevelingen voor vervolgactiviteiten, die onderdeel zouden kunnen worden van nog op te stellen transitie-agenda's.

2 Impact van halvering van onze behoefte aan primaire grondstoffen

2.1 Inleiding

Het RPCE streeft naar een *50% minder verbruik van primaire grondstoffen (mineralen, fossiel en metalen) in 2030*. Zoals bij de beschrijving van de methodische aanpak (hoofdstuk 1) al is aangegeven zou de reductie van grondstoffen (op een volumebasis) geen doel op zich moeten zijn. Indien een meer circulaire economie sterk bijdraagt aan overige (milieu-gerelateerde) doelen zoals de reductie van emissie van broeikasgassen, zal dit zeker bijdragen aan blijvende ondersteuning van overheid en bedrijfsleven de komende jaren.

In dit hoofdstuk wordt een beeld geschetst van de mogelijke milieu-impact van het behalen van dit doel.

2.2 Grondslag voor het vaststellen van primair grondstoffengebruik

Er zijn verschillende grondslagen waarop een halvering (t.o.v. 2012) van de behoefte aan grondstoffen tot 2050 gebaseerd zou kunnen zijn: de hoeveelheid (letterlijke) grondstoffen die Nederland binnenkomt, de grondstoffen die nodig waren om de producten te maken die Nederland gebruikt en waar Nederland zijn geld mee verdient, Deze hoeveelheid, maar dan gecorrigeerd voor export, etc. Om een zinvolle evaluatie van het Rijksbrede Programma te bewerkstelligen is het noodzakelijk om een eenduidige indicator te hanteren. In deze verkenning zijn we uitgegaan van het binnenlands gebruik (Domestic Material Consumption, DMC), aangevuld met gegevens omtrent de integrale milieu-impact (bedoeld wordt: milieu-impact van winning van grondstoffen tot en met productie van eindproducten) van dat finale binnenlandse gebruik.

De DMC wordt gedefinieerd als⁴:

“Domestic material consumption, abbreviated as DMC, measures the total amount of materials directly used by an economy and is defined as the annual quantity of raw materials extracted from the domestic territory, plus all physical imports minus all physical exports. “

Zoals deze uitleg van Eurostat ook stelt:

“The DMC indicator provides an assessment of the absolute level of the use of resources, and allows to distinguish consumption driven by domestic demand from consumption driven by the export market. It is important to note that the term “consumption” as used in DMC denotes apparent consumption and not only final consumption. DMC does not include upstream “hidden” flows related to imports and exports of raw materials and products”.

⁴ [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Domestic_material_consumption_\(DMC\)](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Domestic_material_consumption_(DMC)).

De voor- en nadelen van het gebruik van DMC zijn op een rij gezet door Eurostat⁵.

De voordelen zijn dat:

- Dezelfde termen en grenzen worden gebruikt als voor de bepaling van andere fysieke factoren die invloed hebben op nationaal beleid (zoals energie en GHG-emissies).
- Het een helder en eenduidig beeld geeft van de fysieke materiaalstromen in een nationale economie.
- Het materiaalstromen betreft die beïnvloed kunnen worden door actoren in die nationale economie.
- Het gebaseerd is op officiële statistieken en dus ook op regelmatige basis en frequent een update krijgt, waardoor continuïteit is geborgd; de data van het CBS laat zich makkelijker vertalen naar Domestic Material Consumption dan naar indicatoren zoals Total Material Requirement die het materiaalgebruik van globale ketens in beeld brengt.
- De getallen hebben een zekere nauwkeurigheid.

De nadelen van het gebruik zijn:

- Een onevenwichtig gebruik van de data ligt voor de hand: indien landen hun extractie vervangen door import van halffabricaten of eindproducten lijkt de DMC te verbeteren.
- De milieu-footprint (oftewel, de milieu-impacts in de gehele waardeketen) wordt niet meegenomen.

Dit laatste nadeel zou vanzelfsprekend een sterke verarming betekenen voor deze analyse. Het zou kunnen lijken alsof een eenvoudige reductie van grondstofgebruik, waarbij elke grondstof een vergelijkbaar gewicht in de schaal ligt, de grondslag zou kunnen zijn van een te sluiten grondstoffenakkoord. In die zin zou de reductie van het gebruik van één kilo ophoogzand evenveel gewicht in de schaal leggen als de reductie met één kilo platina. Dit gaat vanzelfsprekend voorbij aan de relevantie van dit programma. In deze studie ondervangen we deze nadelen door DMC als uitgangspunt te nemen, maar de integrale impact van de finale binnenlandse consumptie op broeikasgas-emissies en op land- en watergebruik mee te nemen.

Andere, meer praktische redenen om in deze studie DMC als uitgangspunt te nemen zijn als volgt:

- De Nederlandse export levert een belangrijke bijdrage aan onze economie; alhoewel verschillende exportproducten (denk vooral aan high-tech-equipment) zich -ook na geëxporteerd te zijn- lenen voor een circulair handelingsperspectief (bijvoorbeeld door het opstellen van intensieve onderhoudscontracten of het aangaan van leasecontracten), zal de invloed van een grondstoffenakkoord zich minder lenen voor geëxporteerde materialen, zoals kunststoffen en andere chemische producten.
- De hier gepresenteerde verkenning zal een poging doen om doelstellingen te kwantificeren. Deze doelstellingen (bijvoorbeeld op het gebied van afvalstoffenbeheer) laten zich vertalen naar grondstofbesparingen ten aanzien van binnenlandse finale consumptie. Het gebruik van DMC zorgt er voor dat een directe evaluatie van de gevolgen van die gekwantificeerde doelen mogelijk is.

⁵ S. Moll (2014). Eurostat's work on the Raw Material Consumption indicator, Eurostat, EEA webinar on RMC, 5 December 2014.

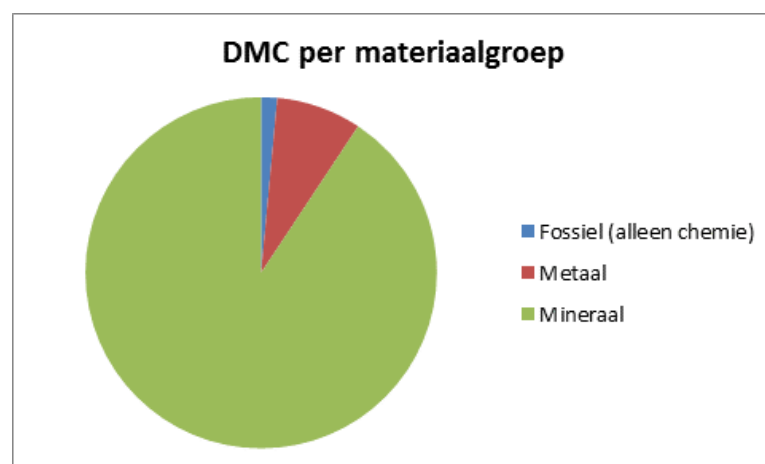
Voor de grondstofsoort “fossiele grondstoffen” is een correctie uitgevoerd voor dat deel dat gebruikt wordt voor de productie van materialen, waardoor het deel ingezet voor directe energieproductie (inclusief brandstoffen) niet wordt meegenomen. Een doelstelling van halvering van deze grondstoffen zou (vanwege het strikt lineaire karakter van energieproductie) volstrekt onhaalbaar blijken en bovendien zou een grote overlap gaan ontstaan met de doelen die al in het Energie-akkoord worden nagestreefd.

2.3 Halvering van grondstoffengebruik en gerelateerde milieu-impacts

Eén van de beperkingen van DMC is, dat het voorbij gaat aan milieu-impacts van grondstofstromen (bijvoorbeeld t.b.v. winning en verwerking) elders in de wereld. Daarom is de totale impact van het binnenlands gebruik op broeikasgasemissies en land- en watergebruik geanalyseerd.

Om de impact van de halvering van het grondstoffengebruik te berekenen is allereerst de omvang in massatermen bepaald (DMC), waarna deze gecombineerd is met milieukentallen voor de drie voornaamste materiaalgroepen: fossiel, metaal en mineraal. Voor de DMC van de grondstofgroep “fossiele grondstoffen” is een correctie uitgevoerd voor dat deel dat gebruikt wordt voor de productie van materialen, waardoor het deel ingezet voor directe energieproductie (inclusief brandstoffen) niet wordt meegenomen (zie paragraaf 2.2). De materiaalgroep biomassa is niet meegenomen in deze analyse, omdat het streven naar een halvering hierbij niet van toepassing is. Biomassa zal in voorkomende gevallen juist als substituuut kunnen dienen voor fossiele of minerale materialen waardoor een toename van gebruik zou kunnen ontstaan a.g.v. dit RPCE. De benaderingen voor de verschillende grondstofgroepen zijn uitgebreid toegelicht in Bijlage 2 van dit rapport.

De DMC van de hier besproken grondstofstromen in 2012 is gegeven in Figuur 1 (bron: CBS en Eurostat). Er is voor data uit 2012 gekozen omdat dit het meest recente jaar was waarvoor volledige data beschikbaar was; het RPCE geeft geen richtlijn voor een referentiejaar ten opzichte waarvan een halvering wordt bepaald. Uiteraard bepaalt het referentiejaar de omvang van de DMC, de grootte van de reductieopgave en de daarbij behorende impacts.



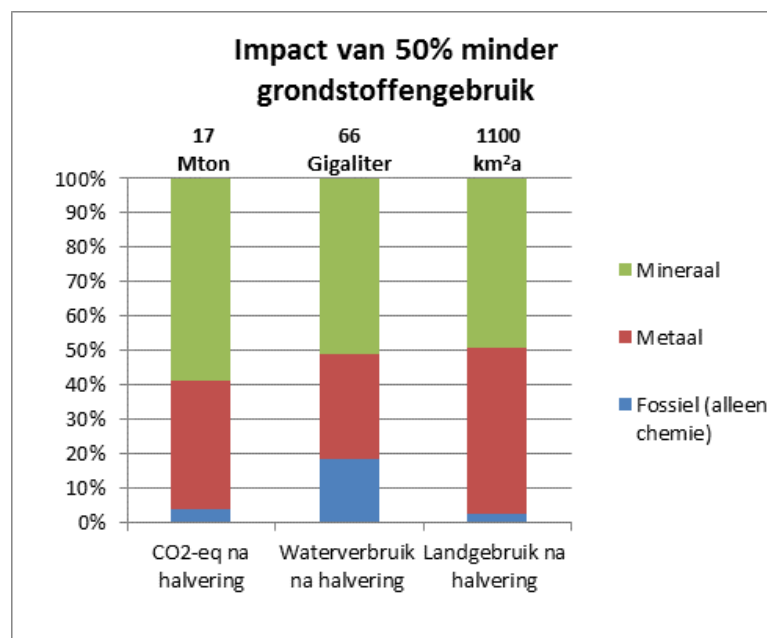
Figuur 1 Verdeling van grondstoffen als onderdeel van de DMC van Nederland.

De milieu-impacts van de grondstoffen zijn bepaald aan de hand van grove kengetallen (o.m. door het hanteren van “gemiddelde” impacts voor materiaalgroepen) waarvan de uitgangspunten zijn toegelicht in Bijlage 2 (Milieu-impact van grondstoffen).

De consequenties van de halvering van de DMC (ten opzichte van 2012) op de reducties van CO₂-emissies, watergebruik en landverbruik in de hele keten (dus inclusief emissies en verbruik in het buitenland) zijn weergegeven in Tabel 1. Een grafische weergave van de milieu-impacts van deze grondstoffenreductie is gegeven in Figuur 2.

Tabel 1 Impact halvering DMC op milieu-impacts van grondstoffenproductie.

Grondstoffengebruik 2012 (Mton)	Grondstoffen-gebruik na halvering (Mton)	Reductie CO ₂ -emissies na halvering (miljard kg CO ₂ eq)	Reductie Waterverbruik na halvering (miljard liter)	Reductie Landverbruik na halvering (km ² jaar)	
Fossiel (alleen chemie)	0,7	0,35	0,7	12	26
Metaal	3,7	1,9	6,4	20	536
Mineraal	42,8	21,4	10,2	34	541
Totaal	47,2	23,6	17	66	1.103



Figuur 2 Indicatie van de milieuconsequenties van halvering van de DMC voor fossiele grondstoffen, mineralen en metalen. Bij het bepalen van de milieu-impacts zijn zeer grove kengetallen gebruikt; deze geven dus enkel een indicatie en kunnen niet gebruikt worden voor bijvoorbeeld het opstellen van reductietargets.

Alhoewel de hoeveelheid metalen (vervat in tal van consumptiegoederen) dus aanzienlijk kleiner is dan de hoeveelheid mineralen (3,7 versus 42,8 Mton), is de energie- en water-intensieve winning en productie van metalen ervoor verantwoordelijk dat de milieu-impacts voor de groep 'metalen' per gewichtseenheid veel groter zijn dan die voor de andere materiaalgroepen. Daarmee zal een totale milieu-impact van alle maatregelen voor een aanzienlijk deel afhangen van de mate waarin de behoefte aan metalen zal afnemen.

3 Prioriteit I: Biomassa en Voedsel

3.1 Introductie: Biomassa en Voedsel

Voor de prioriteit Biomassa en Voedsel worden in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie drie strategische doelstellingen benoemd:

1. Optimaal benutten van biomassa en voedsel door het sluiten van kringlopen. Alle grondstoffen en (half-)producten blijven zo lang en zo hoogwaardig mogelijk in de kringloop, door volledige benutting van grondstoffen, hoogwaardig gebruik van biomassa en recycling van reststromen. Daarbij hoort ook het zo efficiënt mogelijk omgaan met biomassa (cascadering) door onder meer het tegengaan van (voedsel-) verspilling, efficiënte verbranding, het voorkómen van afvalstoffen en het gedoseerd toepassen van meststoffen.
2. Het reduceren van het gebruik en het vervangen van fossiele grondstoffen door duurzaam geproduceerde biomassa.
3. Ontwikkelen en implementeren van nieuwe manieren van produceren en consumeren die leiden tot verbeteringen en trendbreuken in de omgang met biomassa en voedsel. Een voorbeeld hiervan is de transitie naar gebruik van alternatieve eiwitten.

De beide eerste doelstellingen zijn te operationaliseren (of er zijn suggesties daartoe te doen) met behulp van eerder gepubliceerde documenten. De derde doelstelling betreft een voornemen om in te zetten op andere vormen van consumptie⁶, maar een concrete operationalisering van dit doel valt in dit kader en op dit moment niet te geven.

Bij deze prioriteit doet zich de unieke situatie voor dat het grondstofgebruik niet met 50% terug hoeft. Het is dan ook een prioriteit die niet valt onder één van de drie categorieën mineraal, metaal en fossiel die als uitgangspunt dienen voor het Grondstoffenakkoord. Sterker nog, de verwachting is dat het gebruik van biomassa zal stijgen, omdat biomassa wordt gebruikt om het beslag op fossiele grondstoffen terug te dringen. Dit laat onverlet dat de strategische doelstellingen wel geoperationaliseerd kunnen worden, maar de uitkomsten van die zoektocht dragen niet noodzakelijkerwijs bij een de overkoepelende reductiedoelstelling.

Gezien de acties die zijn genoemd in de desbetreffende paragraaf van het RPCE, zijn de grondstoffen waarop deze strategische doelstellingen betrekking hebben:

- Grondstoffen ten behoeve van de voedselproductie (mens en dier), waaronder alternatieve voedselstromen zoals insecten, zeewier en soja.
- Fossiele grondstoffen ten behoeve van de productie van chemische producten waaronder kunststoffen.
- (Bio)brandstof.
- Kunstmest.
- Lignine, biostoom, B-hout.

⁶ Het is bijvoorbeeld bekend dat de conversiefactor van insectenkweek 20x hoger is dan die van runderen. Een transitie in die richting zou dus een grote impact op CO₂-uitstoot kunnen hebben. Zie ook E. Wauters & E. Kerselaers (2013). Levensvatbare voedselproductiestrategieën die veerkracht verhogen.

Hoewel katoen ruim 1% is van de geïmporteerde biomassa (85 kton op een totaal van 77,6 Mton in 2012), zijn er in dit prioriteitsgebied geen maatregelen geformuleerd gerelateerd aan katoen.

De betrokken sectoren zijn weergegeven in Tabel 2. Hoewel er meer sectoren biomassa en voedsel kunnen gebruiken dan die sectoren genoemd in Tabel 2, zijn alleen die sectoren genoemd die expliciet naar voren komen in het RPCE.

Op elk van de strategische doelstellingen wordt hieronder ingegaan.

Tabel 2 Betrokken producerende en gebruikende sectoren voor het prioriteitsgebied Biomassa en Voedsel.

Producerende sectoren	Gebruikende sectoren
10-Vervaardiging van voedingsmiddelen	10-Vervaardiging van voedingsmiddelen
01-Landbouw	20-Vervaardiging van chemische producten
02-Bosbouw, exploitatie van bossen en dienstverlening voor de bosbouw	35-Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht
03-Visserij en kweken van vis en schaaldieren	46-Groothandel en handelsbemiddeling (niet in auto's en motorfietsen)
37-Afvalwaterinzameling en – behandeling	47-Detailhandel (niet in auto's)
38-Afvalinzameling en -behandeling; voorbereiding tot recycling	17-Vervaardiging van papier, karton en papier- en kartonwaren
81-Facility management, reiniging en landschapsverzorging	56-Eet- en drinkgelegenheden

3.2 Biomassa Doel 1: Optimaal benutten van biomassa en voedsel door het sluiten van kringlopen en voorkomen van verspilling

Het tegengaan van voedselverspilling is één van de Sustainable Development Goals (te weten SDG 12.3) van de Verenigde Naties. Letterlijk luidt deze: *“By 2030, halve per capita global food waste at the retail and consumer levels and reduce food losses along production and supply chains, including post-harvest losses”*.

De Rijksoverheid onderschrijft deze doelstelling⁷:

“De Verenigde Naties (VN) willen wereldwijd de voedselverspilling met 50% verminderen in 2030. Dit is 1 van de duurzame doelen (Sustainable Development Goals) die de VN met elkaar hebben afgesproken. De landbouwministers van de Europese Unie (EU) hebben deze doelstelling overgenomen. Ze hebben afspraken gemaakt om voedselverspilling tegen te gaan. Uiteindelijk is het aan de

⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/voeding/inhoud/vermindering-voedselverspilling>.

consumenten en het bedrijfsleven om minder voedsel te verspillen. Maar de overheid helpt hierbij.”

Er vindt al enige tijd monitoring plaats omtrent voedselverspilling, mede gebaseerd op de doelstelling van de overheid om tussen 2009 en 2015 al een reductie van 20% hierin te realiseren. De Monitor Voedselverspilling houdt de voortgang van deze ambitie bij⁸. De meest recente editie daarvan stelt:

“De voedselverspilling in 2013 ligt tussen 1,83 en 2,71 miljoen ton. Omgerekend per capita (op basis van 16.779.575 inwoners in 2013) is dat tussen de 109 en 162 kg.”

Hieronder vallen de categorieën vermijdbare en potentieel vermijdbare voedselverspilling. Een reductie van deze totale verspilling met 50% zou neerkomen op een reductie met 1,1 Mton voedsel.

Tabel 3 Overzicht ontwikkeling voedselverspilling (bron: Monitor Voedselverspilling, 2015).

	2009		2010		2011		2012		2013	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Veevoer	412	412	438	438	413	413	414	414	434	434
Vergisten	104	136	72	118	87	348	118	281	123	297
Composteren	524	1057	503	960	544	1050	494	956	499	946
Verbranden	759	963	815	956	746	1106	782	1010	754	926
Storten / Lozen	16	98	6	75	7	99	11	86	15	109
Totale bandbreedte	1.814	2.666	1.834	2.546	1.797	3.016	1.819	2.747	1.825	2.712

Daarbij dient opgemerkt te worden dat een deel van deze vermijdbare voedselverspilling toegepast wordt in vergistings- en verbrandingsinstallaties. In dit bestek is niet verder ingegaan op de mate waarin het eventuele tegengaan van deze verspilling een afname van biogas- of energieproductie in deze installaties met zich mee zou brengen.

Het gedoseerd toepassen van meststoffen houdt verband met de ambities die in 2011 al zijn neergelegd in het Ketenakkoord Fosfaatkringloop. De LTO gaf als uitgesproken ambitie aan:

“De Land- en Tuinbouworganisatie Nederland werkt aan duurzame oplossingen met als doelstelling dat het mestoverschot in 2015 is weggewerkt. Er wordt via meerdere sporen actie ondernomen om het verwachte fosfaatoverschot van 50 miljoen kg fosfaat weg te werken. Naast maatregelen om de excretie van fosfaat te verlagen via het voerspoor en de binnenlandse afzet via mest op maat producten te optimaliseren, speelt het buiten de Nederlandse landbouw plaatsen van fosfaat een belangrijke factor bij het creëren van een nieuw evenwicht. LTO heeft de ambitie

⁸ H. Bos-Brouwers, H. Soethoudt, M. Vollebregt, M. van der Burgh (2015). Monitor voedselverspilling – Update Monitor voedselverspilling 2009-2013 & Mogelijkheden tot (zelf)monitoring van voedselverspilling door de keten heen, Food & Biobased Research nummer 1541 maart 2015.

geformuleerd dat de veehouders in Nederland in 2015 alleen nog mineralen van dierlijke oorsprong toepassen.”

In reacties van de staatssecretaris naar de Tweede Kamer⁹ wordt gesuggereerd dat de meeste doelstellingen uit 2011 zijn behaald, waaronder dus duidelijk ook bovenstaande. Een in die notitie aangekondigde Roadmap Nutriënten 2030, uit te geven door het Nutriënten Platform, is vooralsnog (begin 2017) niet verschenen. Een kwantitatieve doelstelling richting 2030 is daarmee op dit moment niet voorhanden.

Het voorkómen van afvalstoffen –anders dan het voorkómen van voedselverspilling- is sterk gerelateerd aan het optimaal inzetten van biotische reststromen voor de productie van veevoer, energie en chemische basisproducten. Dit wordt ook onderschreven door Biomassa 2030¹⁰. Een kwantificering van deze doelstellingen is niet gegeven. Een eerdere analyse van TNO kan een uitgangspunt bieden voor een ambitie op dit vlak. In het rapport “Kansen voor de circulaire economie in Nederland” werd een overzicht gegeven van de bestaande biotische reststromen in Nederland, van de reeds bestaande verwaarding daarvan, en van de potentie om daar meer waarde uit te halen. Een overzicht van de in dat rapport aangegeven potentie is te vinden in Tabel 4.

Tabel 4 Enkele uitgangspunten en aannames rondom de verwaarding van biotische reststromen.

Reststroom	Aanname t.b.v. nieuwe circulaire toepassing	Nieuw product	Indicatieve nieuwe “waarde” ¹¹	Opmerking
Gemengd keuken- & supermarktafval	Gedeeltelijk biogas maken	Biogas	-45 euro/t	Bevat een flink aandeel karton en verpakkingen
Huishoudelijk afval excl. GFT-afval	Verbetering afvalscheiding	Papier, glas, textiel, GFT...	-70 euro/t	Besparing ter grootte van 250 miljoen euro bij betere afvalscheiding voor 1/3 ^e gerealiseerd ¹²
GFT-afval (1,3 Mton)	Biogas maken	80 m ³ biogas /t	+25 euro/t	
Dunne mest (67 Mton)	Biogas maken	30 m ³ biogas/t ¹³	+5 euro/t	Mestwaarde ca. +8 euro/ton

⁹ 2 juli 2015, Betreft Voortgang ketenakkoord fosfaatkringloop.

¹⁰ Biomassa 2030-Strategische visie voor de inzet van biomassa op weg naar 2030.

¹¹ Met indicatieve nieuwe waarde wordt bedoeld: de waarde van het product na implementatie van nieuwe verwaardingstechnologie; deze waarde behelst dus ook niet de met de innovatie gemoeide investeringskosten en is dus geen kosten-batenanalyse.

¹² Nader onderzoek is nodig; aanname komt vooral voort uit veronderstelling dat het niet zo makkelijk is om in grote steden grote veranderingen te bewerkstelligen.

¹³ Het aanleveren van dikke mestfracties (door bijvoorbeeld toepassing van nieuwe stalconcepten) richting vergistingsinstallaties ligt voor de hand. Immers uit dikkere mest kan meer biogas worden verkregen waardoor de rentabiliteit van de vergistingsinstallatie verbetert.

Reststroom	Aanname t.b.v. nieuwe circulaire toepassing	Nieuw product	Indicatieve nieuwe "waarde" ¹¹	Opmerking
Bietenblad (3 Mton)	Winning van 1 gew.% rubisco	Rubisco eiwit (4 euro/kg)	+40 euro/t	7 Mton/j
Bietenpulp (1,1 Mton)	Bioraffinage	Dieetvoeding, cosmetica, vezels	+100 euro/t	Conform Benschop (2012) ¹⁴ en Elbersen (2010) ¹⁵
Bierbostel	Bioraffinage	Eiwit, vezels (suikers)	+100 euro/t	Route conform Elbersen (2010)
Aardappelpersvezels en stoomschillen (800 kton)	Bioraffinage	Zetmeel, pectine, vezels	+85 euro/t	Route conform Elbersen (2010)
Maisresidu (30 t/ha)	Bioraffinage	C5+C6 suikers	+100 euro/t	Suikers inzetten t.b.v. ethanol
Stro (25% van in totaal 1,1 Mton)	Bioraffinage	C5+C6 suikers	+200 euro/t	Suikers inzetten t.b.v. ethanol
Reststromen met prijs > 200 euro/t	Geen verandering	-	-	Er is reeds hoogwaardige toepassing

In dit rapport werd geconstateerd dat de netto-meerwaarde van Nederland zou kunnen oplopen tot ongeveer 1 miljard euro volgens een verdeling per biotische reststroom gegeven in Figuur 3. Van deze miljard euro was ongeveer 50% afkomstig van de productie van biogas. Met een opbrengst¹⁶ van 0,15 euro/m³ betreft dit dus ongeveer 3,3 miljard m³, oftewel 2,2 miljard kg (2,2 Mton).

Verder is ongeveer 45% van deze inkomsten afkomstig van de hogere waarde van biobased producten uit deze residuen. Met een aanname van een gemiddelde opbrengst ongeveer 250 euro/ton C5-C6 suikers¹⁷ komt dit neer op ongeveer 1,8 Mton C5-C6 suikers uit biobased reststromen. Het gaat hier om een schatting van de hoeveelheid organisch materiaal uit reststromen ten behoeve van de chemische industrie, en dus niet alleen voor de finale consumptie in Nederland. Indien we aannemen dat ongeveer 80% van de Nederlandse productie van de chemische industrie wordt geëxporteerd¹⁸ zou een omzetting zoals hierboven aangegeven een reductie van de DMC betekenen van ongeveer 0,36 Mton.

In hetzelfde rapport werd ook een indicatie van de milieu-impact van deze verschuivingen gegeven:

¹⁴ A. Benschop (2012). Presentatie tijdens Symposium Groene Chemie, Cosun, 29 november 2012.

¹⁵ W. Elbersen et al (2010). De beschikbaarheid van biomassa voor energie in de agro-industrie. WUR.

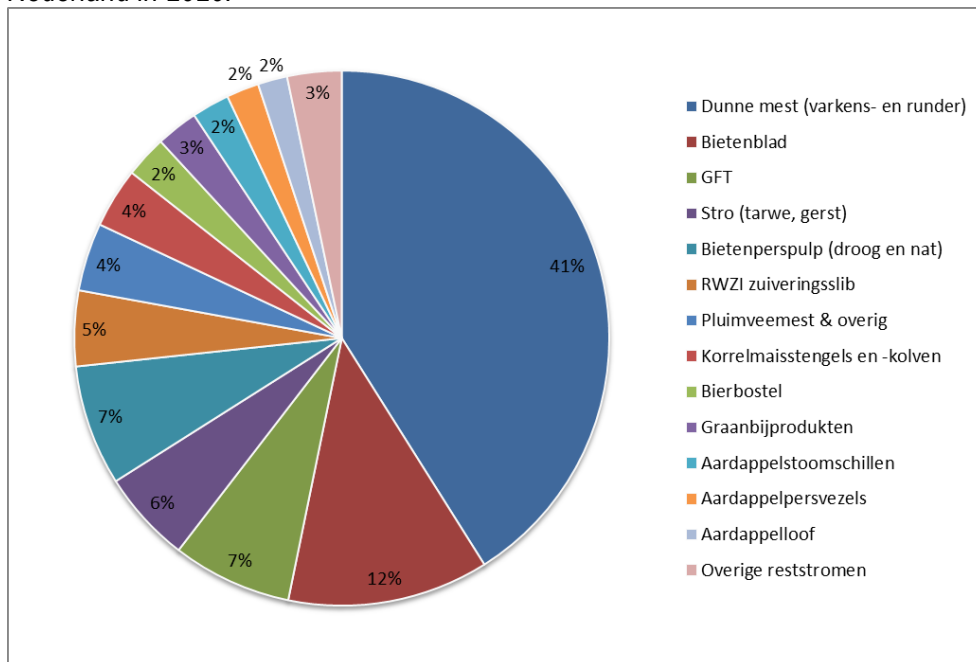
¹⁶ <http://www.noord-deuringen.nl/sitefiles/doc/Presentatie%20Microvergistings%20ND.pdf>.

¹⁷ P. Harmsen, S. Lips, H. Bos, B. Smit, S. van Berkum, J. Helming & R. Jongeneel (2014). Suiker als grondstof voor de Nederlandse chemische industrie. LEI Wageningen UR & Wageningen UR-Food and Biobased Research, augustus 2014.

¹⁸ <https://vnci.nl/chemie/feiten-en-cijfers>.

“De vermeden CO₂-uitstoot in Nederland alleen komt vooral voort uit vermeden verbranding van fossiele brandstoffen. De toename van het aandeel biogas draagt naar schatting bij aan een reductie van CO₂-emissie van naar schatting 150 kton. Dit is op basis van een energiewaarde van biogas van gemiddeld 15MJ/m³. Dit is 1,2% van de huidige emissie die wordt geproduceerd door de Nederlandse landbouw en visserij.

Daar waar het gaat om de productie van biogas (of ethanol) draagt deze bij aan de door het huidige kabinet gewenste realisatie van 16% hernieuwbare energie in Nederland in 2020.”



Figuur 3 Herkomst netto waarde voor de Nederlandse biotische economie.

Bij een gebrek aan beleidsnotities of geconsolideerde roadmaps kunnen deze waardes als maximum voor een in te zetten transitieagenda kunnen worden genomen, waardoor de bijdrage van deze beleidsrichting op een transitieagenda zou kunnen worden ingeschat.

Het Actieplan Bos en Hout¹⁹ geeft invulling aan de vraag uit de Rijksnatuurvisie hoe de bos- en houtketen ecologisch, economisch en sociaal duurzaam kan voldoen aan een stijgende vraag naar hout in een groene circulaire economie. De verhoogde vraag naar hout wordt geschat op meer dan 100%, wat niet gehaald lijkt te kunnen worden door de productiviteit binnen of buiten Nederland. Niet de vraag maar het aanbod aan duurzame biomassa is hier de beperkende factor voor de schatting van de invloed op de grondstoffenbalans.

Het Actieplan schetst op basis van schattingen van Alterra en internationale bronnen dat de maximaal beschikbare productiviteitsgroei voor Europa (waar 80% van het Nederlandse hout vandaan komt) circa 44% is, terwijl buiten Europa de mogelijkheden voor verhoogde duurzame bosbouw beperkt zijn en er een scenario voor Nederland geschetst wordt met 50% oogstverhoging. De totale verhoging van

¹⁹ Actieplan Bos en Hout, oktober 2016.

de houtconsumptie en de daarmee samenhangende vermijding van fossiele of minerale grondstoffen, lijkt dus een technisch realistisch maximum te hebben van rond de 45%. Momenteel wordt, volgens het Actieplan en Alterra, jaarlijks 0,9 m³ hout gebruikt per inwoner. Een toename van 45% voor 16 miljoen inwoners, zou dan een toename van 6,5 miljoen m³ aan hout(producten) betekenen. Stel dat al dit hout op massabasis (dus niet op basis van energie-inhoud, sterkte, volume of andere eigenschappen) andere grondstoffen zou kunnen vervangen, zou dit een grondstoffenreductie opleveren van circa 5 Mton²⁰.

3.3 Biomassa Doel 2: Het reduceren van het gebruik en het vervangen van fossiele grondstoffen door duurzaam geproduceerde biomassa

Fossiele grondstoffen worden ingezet voor de nationale energievoorziening en voor de productie van chemicaliën. Het rapport Biomassa 2030 stelt dat in 2030 de inzet fossiele brandstoffen in energievoorziening zal zijn teruggegaan van 95% naar 70% (hernieuwbaar en biomassa). Deze transitie heeft dus gevolgen voor de inzet van biomassa. In de huidige studie wordt er echter voor gekozen de impact van het Energie-Akkoord op de behoefte aan fossiele brandstoffen niet mee te nemen in de verdere analyse. Dit betekent natuurlijk niet dat het Energie-Akkoord en de transitieagenda's niet met elkaar te maken zullen hebben. Zeker met betrekking tot de aanbodzijde zullen veel dezelfde spelers en sectoren met beide te maken hebben. Een nadere beschouwing hoe deze zich tot elkaar verhouden is daarom op zijn plaats.

In hetzelfde rapport Biomassa 2030 wordt verwezen naar een uitspraak van de VNCI:

“De branchevereniging van de chemische industrie in Nederland (VNCI) heeft voor de Nederlandse chemiesector de ambitie uitgesproken in 2030 15% van de fossiele grondstoffen in de chemie te vervangen; dit komt overeen met 43,5 PJ (ongeveer 2,2 Mton fossiele grondstoffen) vermeden fossiele grondstoffen. Dit is volgens VNCI een realistische inschatting van de potentie, gecorrigeerd voor risico's. De cijfers zijn gebaseerd op extrapolatie van huidige projecten en op nieuwe projecten. Op Europees niveau heeft het Biobased Industries Consortium (BIC) als strategisch doel een vervanging van 30% in 2030 geformuleerd voor de chemie en materialen sector. Dit komt voor Nederland overeen met ongeveer 87 PJ (ongeveer 4,4 Mton) vermeden fossiel.”

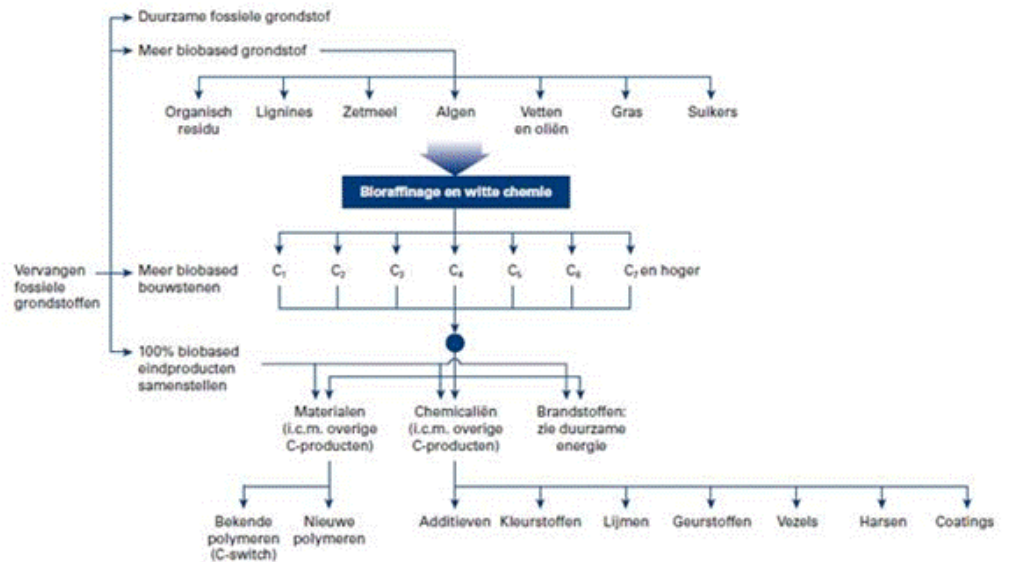
De Nederlandse doelstellingen van 2,2 Mton vermeden fossiele grondstoffen zijn gebaseerd op de totale productie van die chemische industrie. Voor de DMC betekent dat (weer rekening houdend met 80% export) 0,44 Mton. Op basis van de Europese ambities van 4,4 Mton vermeden fossiele grondstoffen zou dit betekenen dat de Nederlandse behoefte aan fossiele grondstoffen afneemt met 0,88 Mton.

Het is duidelijk dat deze cijfers deels overlappen met de vermeden grondstofbehoefte die was bepaald aan de hand van een ideale omzetting van

²⁰ Bij het berekenen van de grondstoffenreductie in massatermen wordt een conversie gemaakt van volume naar massa op basis van de “gemiddelde” dichtheid van hout. Aangezien hout een dichtheid kan hebben van circa 450 tot 1100 kg/m³, kan 6,5 miljoen m³ vertaald worden in 3 tot 7 Mton.

biotische reststromen uit de voorgaande paragraaf. Dit zou tot onwenselijke dubbeltelling leiden.

De aard van de vervanging van fossiele grondstoffen door meer biobased materialen wordt geschetst in de Routekaart Chemie²¹ (Figuur 4).



Figuur 4 Vervangen van fossiele grondstoffen (bron: Routekaart Chemie).

²¹ Routekaart Chemie: De sleutelrol waarmaken - Routekaart Chemie 2012-2030 - Energie en klimaat.

4 Prioriteit II: Kunststoffen

4.1 Introductie: Kunststoffen

Voor de prioriteit Kunststoffen worden in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie 3 strategische doelstellingen benoemd:

1. Kunststof producten dienen zodanig ontworpen te worden dat deze kunnen worden hergebruikt en na afdanking hoogwaardig kunnen worden gerecycled.
2. Kunststof materialen in ketens dienen zo efficiënt mogelijk benut te worden, wat leidt tot een afname van de grondstoffenbehoefte en het voorkomen van 'lekkages' in het systeem.
3. Kunststof materiaalstromen dienen zoveel mogelijk hernieuwbaar worden toegepast door grootschalige inzet van kunststof recycalaat en biobased kunststoffen, waarbij in specifieke situaties bio-afbreekbare plastics toegepast kunnen worden waar die een toegevoegde waarde hebben voor de circulaire economie (betere gezamenlijke verwerking met biotische reststromen; risico's vervuiling van het mariene milieu).

Deze strategische doelstellingen zijn niet operationeel geformuleerd. Tevens zijn de drie doelstellingen sterk met elkaar verbonden, waardoor het een kunstmatige exercitie lijkt deze doelstellingen separaat te behandelen. De analyse zal zich dus richten op het identificeren van operationele doelstellingen gericht op het verminderen van 'virgin' plasticgebruik en het inzetten van plastic in de afvalfase.

De in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie uitgesproken visie 2050 spreekt van een idealiter 100% hernieuwbare inzet van grondstoffen voor kunststofmaterialen (ofwel uit biobased en gerecyclede materialen). Een gevolg voor de totale grondstofbehoefte is alleen waar te nemen als de mate van toepassing van gerecycled plastic toeneemt. Voor een transitie naar biobased grondstoffen verandert alleen de aard van de grondstof.

De grondstoffen waarop deze strategische doelstellingen betrekking hebben zijn:

- Basischemicaliën.
- Monomeren en polymeren (waaronder bioplastics).
- Verpakkingen voor voedsel.
- Kunststof onderdelen.
- Plastic afval.

De betrokken (producten van) sectoren zijn weergegeven in Tabel 5 op basis van TNO-analyse.

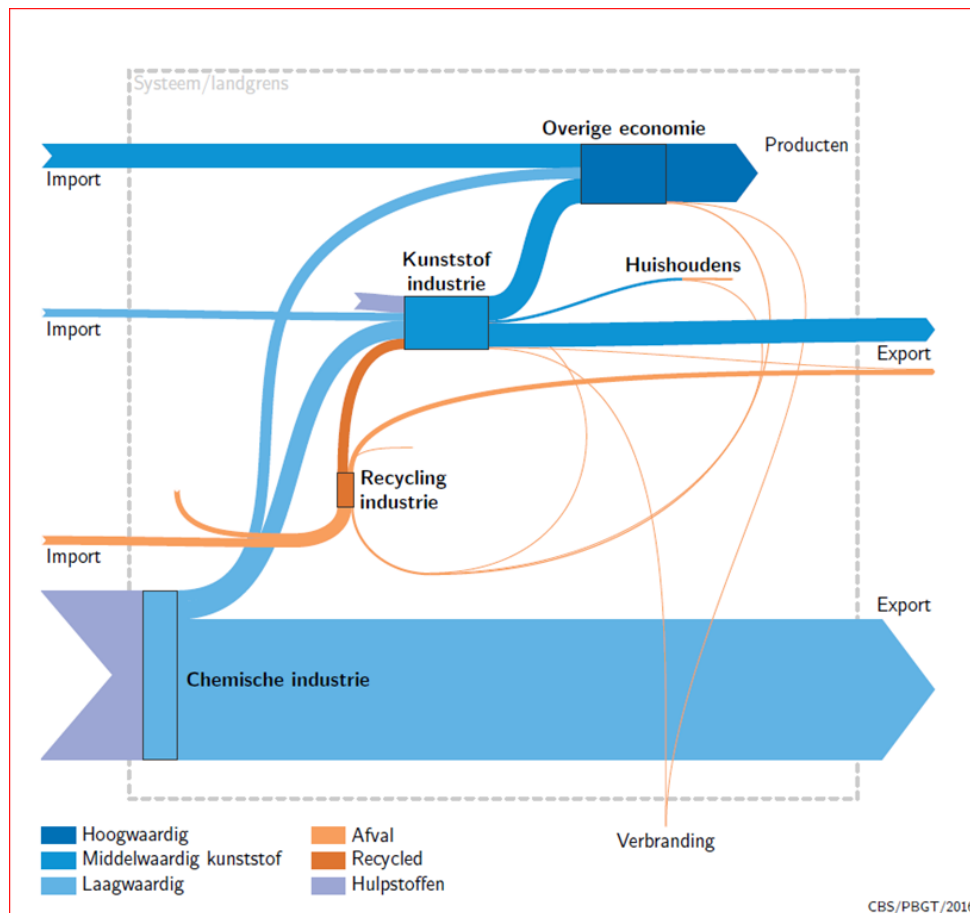
Tabel 5 Betrokken producerende en gebruikende sectoren voor het prioriteitsgebied Kunststoffen.

Producerende sectoren	Gebruikende sectoren
20-Vervaardiging van chemische producten	32-Vervaardiging van overige goederen)
38-Afvalinzameling en -behandeling; voorbereiding tot recycling	26-Vervaardiging van computers en van elektronische en optische apparatuur
	27- Vervaardiging van elektrische apparatuur
	10-Vervaardiging van voedingsmiddelen
	11-Vervaardiging van drank
	86-Gezondheidszorg
	22-Vervaardiging van producten van rubber en kunststof

Een beeld van de kunststof-cyclus komt naar voren in een recente CBS-publicatie over dit onderwerp²². Hierin komt het volgende beeld naar voren met betrekking tot de binnenlandse finale consumptie:

- De chemische industrie levert halffabricaten (7 Mton) aan de kunststofindustrie, voornamelijk aan het buitenland. In directe zin brengt deze industrie geen plastics op de markt.
- De kunststofindustrie exporteert 1,4 Mton en levert 1,5 Mton aan overige binnenlandse bedrijven.
- Er is 1 Mton gescheiden kunststofafval op de markt (waarvan de helft geïmporteerd). Hiervan wordt 0,35 Mton weer geëxporteerd en 0,05 Mton verbrand. Er is dus ongeveer 0,6 Mton op de markt voor kunststofproducten. Deze stroom betreft dus iets meer dan 10% van de virgin materialen die worden ingezet in de kunststofindustrie. Uit de gemiddelde waarde van de hergebruikte plastics kan wel worden afgeleid dat het in het algemeen om laagwaardige toepassingen gaat, en dat recycling tot het niveau van het virgin product in geringe mate voorkomt.
- Uit sorteeranalyses van Rijkswaterstaat blijkt verder dat er ongeveer 0,5 Mton plastic in huishoudelijk afval zit. De benutting van deze stroom komt ter sprake in het hoofdstuk Consumptiegoederen.

²² Documentatie rechtstreeks verkregen via CBS.



Figuur 5 Kunststof-materiaalstromen naar, in en vanuit Nederland (bron: CBS).

4.2 Doelstellingen voor Kunststoffen

Bij afwezigheid van operationele doelstellingen voor kunststoffen in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie, bespreken we hier de voornaamste acties uit het Rijksbrede Programma, die samenhangen met de strategische doelstellingen.

4.2.1 *Recycling van kunststoffen*

In het Rijksbrede Programma wordt reeds vermeld dat het percentage ingezamelde en gerecyclede kunststof verpakkingen al op 50% ligt. De percentages recycling in andere sectoren zijn veelal lager, zoals getoond in de Routekaart Rubber & Kunststoffen²³ (zie Tabel 6).

²³ J. Krebbekx, G. Duivenvoorde, W. de Wolf, J. Lenselink (eel). Routekaart NRK 2012-2030, pag. 68.

Tabel 6 Overzicht op hoofdlijnen van Nederlandse volumes kunststoffen per markt (bron: NRK Routekaart).

Stroom / verwerking Alle getallen in kton	AFDANK- VOLUME	MATERIAAL- RECYCLING	AVI	STORT
Verpakkingen (cons)	290 - 370	96	359	20
Verpakkingen (ind)	168 - 216	131		
Automotive	35	7	20	8
E&E	65	18	9	3
Land- en tuinbouw	38	13	23	2
Bouw	68	17	44	4
Overig	>140	>10	>25	?
Totaal	805 - 932	285	480	37

Bij het ontbreken van een concrete operationele doelstelling kunnen we alleen spreken van een theoretisch maximaal te bereiken doel, dat is gebaseerd op dat deel van de materiaalstroom dat nog niet wordt gerecycled. Dit sluit het beste aan bij de opmerking in de Visie 2050 van het Rijksbrede Programma. Dit zou betekenen dat het maximaal haalbare recyclepotentieel de som is van de fracties die (ten tijde van het opstellen van de NRK Routekaart, oftewel 2012) naar AVI en stort gaan. Voor alle markten opgeteld komt dit neer op een maximaal²⁵ potentieel van 517 kton (zie Tabel 7), met verreweg de grootste bijdrage uit het recyclen van verpakkingsafval.

Het spreekt vanzelf dat dit potentieel alleen behaald kan worden indien door technologische ontwikkelingen verwerkers van recyclelaat deze gelijkwaardig kunnen behandelen als 'virgin' materiaal. De huidige gemiddelde prijs van recyclelaat laat echter zien dat recyclelaat een fractie opbrengt van virgin materiaal²⁴ en dus ook niet als direct substituuat voor dat virgin materiaal kan of zal worden ingezet. Deze R&D-uitdaging zou dan ook centraal kunnen staan bij het opstellen van transitieagenda's op het gebied van fossiele grondstoffen, biomassa en kunststoffen.

²⁴ Bron: Eurostat.

Tabel 7 Maximaal recyclepotentieel²⁵ van kunststoffen, gebaseerd op het marktoverzicht uit de Routekaart Rubber & Kunststoffen (zie Tabel 6).

Markt	Huidige AVI- en stortstromen (kton)	Maximaal recyclepotentieel ²⁵ (kton)
Verpakkingen	359+20	379
Automotive	20+8	28
E&E	9+3	12
Land- en tuinbouw	23+2	25
Bouw	44+4	48
Overige	>25+?	>25
Totaal	480+37	517

De Raamovereenkomst verpakkingen²⁶ kent een realistischer en vooral kleinere ambitie: volgens deze raamovereenkomst zal het percentage hergebruik van kunststof-verpakkingen stijgen van 43% in 2013 tot 52% in 2022. Ten opzichte een totaal van het gebruik van plastics in de Nederlandse verpakkingsector in 2012 (1700 kton) zou het dan gaan om een toename van hergebruik van ongeveer 170 kton ten opzichte van het huidige niveau.

4.2.2 Plastic in zwerfafval

Een bijzondere doelstelling is gerelateerd aan de hoeveelheid plastic afval in open water als gevolg van zwerfafval in Nederland. Uit de Mariene Strategie²⁷ blijkt het volgende:

“Uit de monitoringgegevens van afval op het strand kan 44 procent van het afval worden herleid naar scheepvaart en visserij, 30 procent naar bronnen op het land, terwijl 26 procent afkomstig is van onbekende (of meervoudige) bronnen. Ook het Fulmar-onderzoek wijst uit dat visserij en scheepvaart de belangrijkste bronnen vormen voor zwerfvuil in zee.”

Het Circular Economy package van de Europese Commissie stelt als doel:

“Grote hoeveelheden plastic komen ook in de oceanen terecht en één van de doelstellingen voor duurzame ontwikkeling voor 2030 is het voorkomen en aanzienlijk verminderen van allerlei soorten verontreiniging van de zee, waaronder zwerfvuil.”

Op basis hiervan kan ook voor Nederland als operationeel doel worden gesteld de hoeveelheid plastic zwerfvuil met 100% te reduceren.

²⁵ “Maximaal” betekent hier: de maximale hoeveelheid als alle huidige stromen die naar AVI en stort gaan, volledig gerecycled zouden kunnen worden. Omdat de categorie “overige” niet volledig gekwantificeerd is, zou dit getal nog hoger kunnen worden, als “overige” beter gekwantificeerd zou kunnen worden.

²⁶ Raamovereenkomst verpakkingen 2013-2022, 27 juni 2012 tussen I&M, het verpakkende bedrijfsleven en de VNG over de aanpak van de dossiers verpakkingen en zwerfafval voor de jaren 2013 t/m 2022.

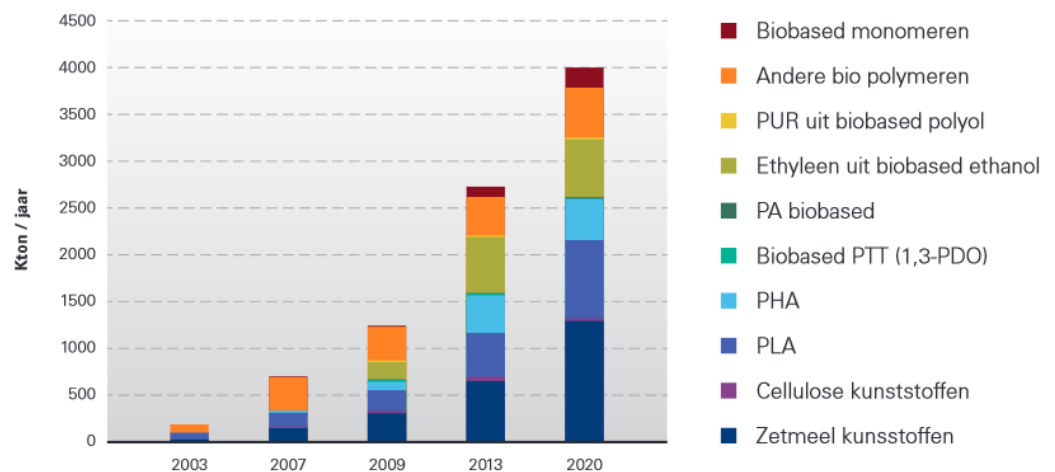
²⁷ Mariene Strategie voor het Nederlandse deel van de Noordzee 2012-2020, Deel 1.

Uit een artikel in Science⁻²⁸ blijkt 75.890 kg plastic zwerfvuil per dag, dus 27 kton per jaar aan Nederland te kunnen worden toegeschreven. Uit ander onderzoek blijkt dat 75% van het zwerfvuil (op basis van aantallen artikelen!) uit de zee dat op land aanspoelt, bestaat uit plastics.

Samenvattend: jaarlijks kan 27 kton zwerfplastic aan Nederland worden toegeschreven, waarvan ten minste 44% afkomstig is van de visserij en scheepvaart, oftewel 13 kton. Als operationeel doel kan gesteld worden dat minimalisatie van plastic afkomstig van zwerfafval van scheepvaart neerkomt op een reductie van 13 kton plastic per jaar.

4.2.3 *Recycleat en biobased kunststoffen*

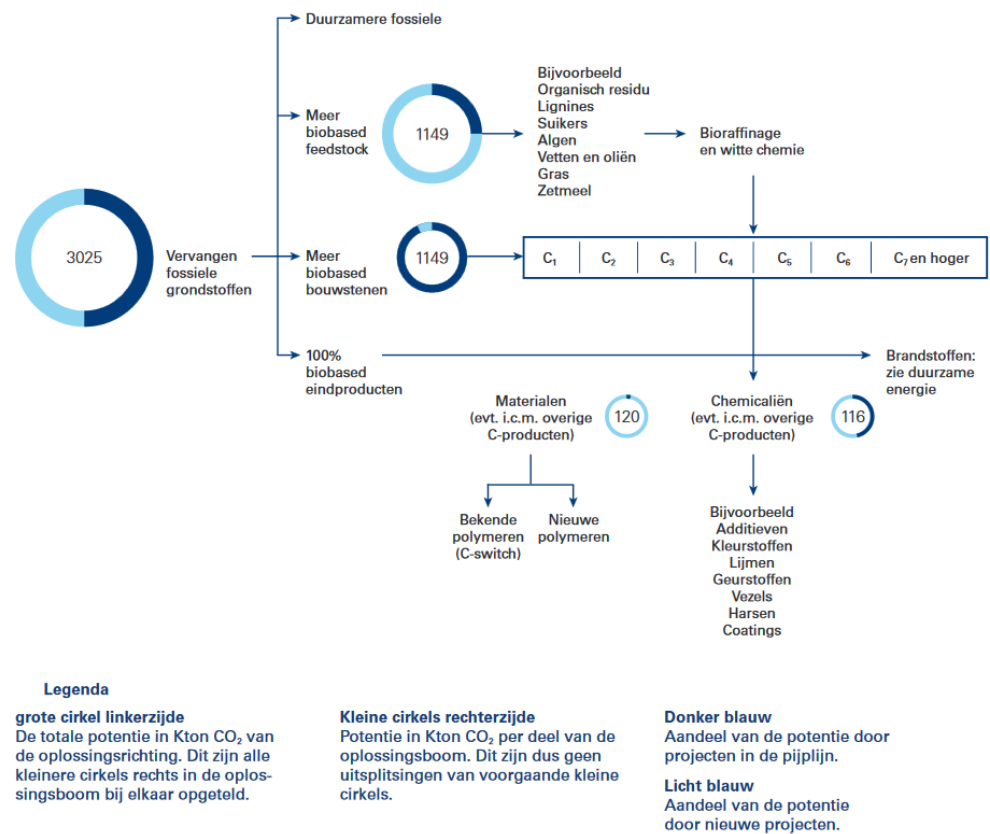
Met betrekking tot de toepassing van recycleat en biobased kunststoffen kan het volgende worden gesteld. De wereldwijde capaciteit van biobased kunststoffen stijgt sterk en zal naar verwachting tot 2030 groeien naar ongeveer 6000-7000 kton per jaar, meer dan een verdubbeling ten opzichte van 2013 (verkregen door extrapolatie van de gegevens uit Figuur 6). De branchevereniging van de chemische industrie in Nederland (VNCI) heeft voor de Nederlandse chemiesector de ambitie uitgesproken om in 2030 15% van de fossiele grondstoffen in de chemie te vervangen door biobased grondstoffen (Biomassa 2030). Onder de aanname dat dit voor ongeveer de helft bestaat uit grondstoffen voor kunststoffen (zie Figuur 7), zal dus 7,5% van de eerdergenoemde 1,5 Mton op basis van biobased grondstoffen worden geproduceerd, oftewel: 0,113 Mton. Overigens is deze bijdrage van biobased grondstoffen ook al meegenomen in de analyse van de mogelijkheden voor de prioriteit Biomassa en Voedsel.



Figuur 6 Ontwikkeling productiecapaciteit biobased kunststoffen (bron: Copernicus Instituut, bewerking Berenschot).

²⁸ J. Jambeck e.a. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. Science, 13 februari 2015.

Ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie



Figuur 7 Potentie CO₂-reductie door inzet van biobased materialen in de chemie. Bron: Routekaart Chemie.

5 Prioriteit III: Maakindustrie

5.1 Introductie: Maakindustrie

Voor de prioriteit Maakindustrie worden in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie vijf strategische doelstellingen benoemd:

1. Verschuiving van 'kritieke' grondstoffen zoals metalen en mineralen naar algemeen beschikbare grondstoffen (substitutie).
2. Verhogen efficiëntie en hoogwaardig duurzaam hergebruik van metalen en mineralen in alle stappen van relevante waardeketens (op basis circulaire businessmodellen).
3. Nieuwe vormen van produceren/consumeren ontwikkelen (bijvoorbeeld 3D printen en zelfherstellende (self healing) materialen).
4. Zowel publieke als private vraag naar circulaire producten en diensten bundelen (circulair inkopen en de rol van MVI).
5. Verschuiving van fossiele naar hernieuwbare grondstoffen.

De grondstoffen waarop deze strategische doelstellingen betrekking hebben zijn niet nader te specificeren. Het omvat in principe alle (in het algemeen) abiotische materialen die ingezet worden voor de productie van al onze goederen voor finale consumptie. Dit omvat dus ook de 64 materialen die in het onderzoek Materialen in de Nederlandse Economie zijn belicht. Op basis van dit onderzoek en werk van de Ad-Hoc Working Group on Critical Materials van de EC, is een beeld ontstaan welke grondstoffen als meest kritiek mogen worden bestempeld.

De betrokken (producten van) sectoren zijn dienovereenkomstig ook zeer breed te interpreteren: het omvat eigenlijk alle industriële sectoren, oftewel de SBI-2 sectoren 10 tot en met 33.

5.2 Operationaliseerbaarheid van deze strategische doelstellingen

Op de tweede genoemde strategische doelstellingen wordt in dit hoofdstuk ingegaan.

We zullen hier kort toelichten waarom de andere doelstellingen verder niet besproken worden.

De eerste strategische doelstelling sluit sterk aan bij de ambitie van het RPCE om een bijdrage te leveren aan een oplossing voor mogelijke leveringonzekerheid die op termijn zou kunnen ontstaan voor schaarse grondstoffen. Het doel benadrukt een fundamentele verandering in de maakindustrie, door het stimuleren van ontwerpkeuzes die gebaseerd zijn op zogenaamde "elements of hope"²⁹. Meer inzet van grondstoffen zoals bijvoorbeeld ijzer (Fe), aluminium (Al) en silicium (Si) reduceert het materiaalgebruik niet per se, maar impliceert wel een transitie naar circulariteit vanwege het feit dat met de op dit moment beschikbare recycling-technieken deze materialen goed herwonnen kunnen worden. Deze beweging naar onder andere meer substitutie is uiterst relevant, maar op dit moment ontbreken de

²⁹ <http://repository.tudelft.nl/view/tno/uuid%3A23ef1dc7-c7ba-4f17-9c9e-f7f543dbfb1a>.

indicatoren en de handvatten om deze strategische doelstelling nader te kwantificeren.

Strategische doelstelling 3 zou aanleiding moeten zijn voor uitdagende onderzoeksprogramma's die bijvoorbeeld in de topsectoren HTSM of Energie zouden kunnen worden opgepakt. Gegeven deze uitdagingen is het nog te vroeg om in dit rapport te speculeren over de mogelijke kwantificering, operationalisering en impact van deze doelstelling.

Voor strategisch doel 4 is het, ondanks de activiteiten binnen de Green Deal circulair inkopen, nog niet gelukt om een operationalisering te maken van kwantitatieve impacts. Er is wel een duidelijk verband met strategisch doel 2, dat in de volgende paragraaf wordt uitgewerkt.

Strategisch doel 5 (Verschuiving van fossiele naar hernieuwbare grondstoffen) wordt hier niet separaat behandeld. De benodigde technieken om via synthetische biologie hernieuwbare materialen te genereren met hightech functionaliteiten zijn vrijwel allemaal in een experimentele fase en er zijn geen roadmaps bekend waar een concrete ambitie op dit vlak wordt ontwikkeld.

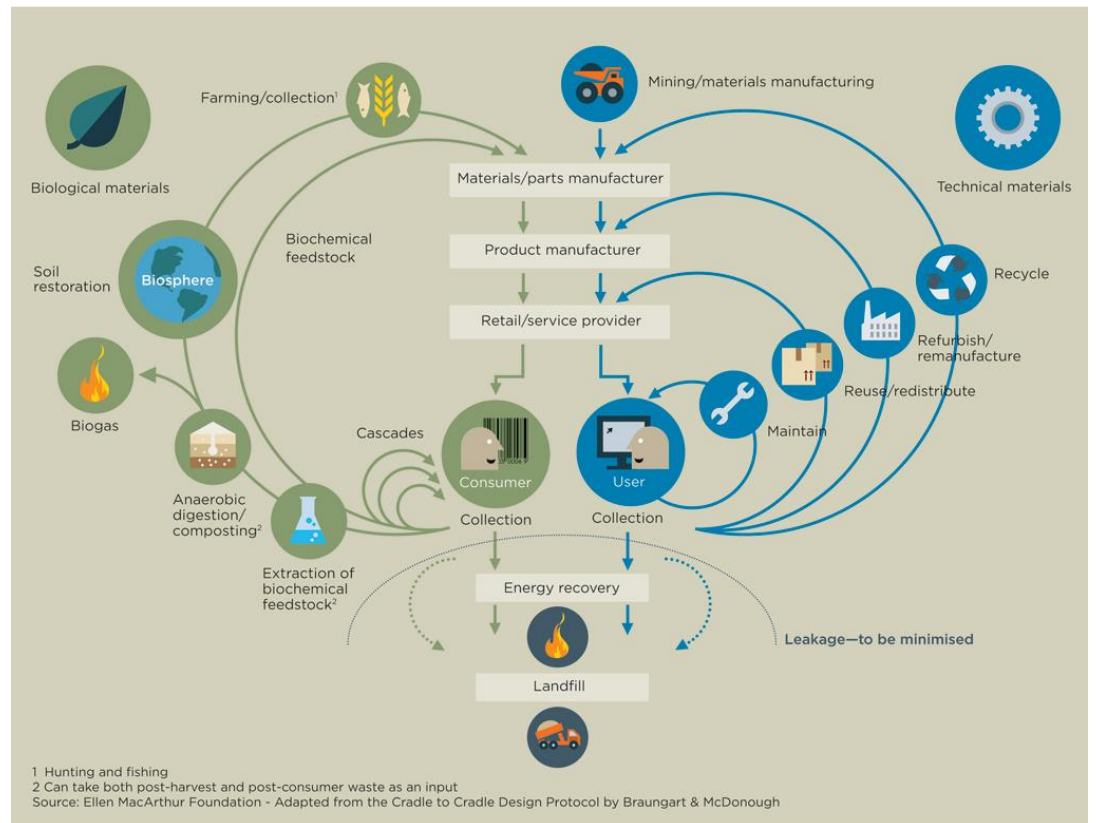
5.3 Maakindustrie Doel 2: Verhogen efficiëntie en hoogwaardig duurzaam hergebruik

5.3.1 *Uitgangspunten voor een circulaire economie in de Maakindustrie*

De uitgangspunten die in de strategische doelstellingen rond de Maakindustrie worden benoemd zijn gebaseerd op de behoefte om de afhankelijkheid van Europa en Nederland van grondstoffenimport te verlagen. Deze uitgangspunten worden breed gedragen. Deze uitgangspunten werden ook al gehanteerd in de Grondstoffennotitie van de Nederlandse overheid uit 2012³⁰.

Door het stellen van doelstellingen op het gebied van nieuwe businessmodellen (doelstellingen 2 en 4) ontstaat een sterk circulaire actierichting. Hieronder vallen onder andere het versterken van de centrale gedachte rond de circulaire economie, namelijk dat het intensiever en langduriger gebruik maken van goederen in onze samenleving (door deelplatforms, allerlei vormen van products-as-a-service, intensiever onderhoud en reparatie, tweedehands gebruik; zie Figuur 8) die een economisch relevante bijdrage levert aan de vermindering van ons grondstoffengebruik en daarmee onze grondstofafhankelijkheid.

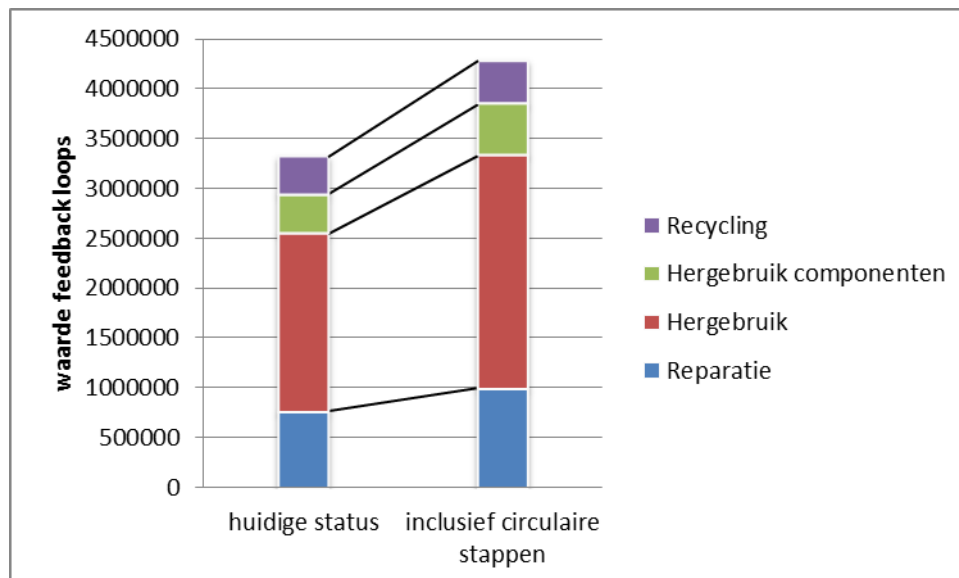
³⁰ Betreft Grondstoffennotitie aangeboden aan de Tweede Kamer 15 juli 2011.



Figuur 8 schematische weergave van een circulaire economie (bron: Ellen MacArthur Foundation).

Met deze constatering is een operationalisering van deze doelstellingen niet dichterbij gekomen. Slechts op het gebied van recycling van producten uit de maakindustrie zijn doelstellingen geformuleerd in het Circular Economy Package van de EC en de WEEE Directive, waarover later meer. Doelstellingen op de overige terreinen rond circulaire economie in de maakindustrie zijn niet gegeven. Enig houvast biedt het werk gerapporteerd in het TNO-rapport Kansen voor de Circulaire Economie in Nederland³¹, waar met name is ingezoomd op de verwachtingen omtrent de metaal-elektro-industrie.

³¹ T. Bastein, E. Roelofs, E. Rietveld & A. Hoogendoorn (2013). Kansen voor de circulaire economie in Nederland. R10864. TNO.



Figuur 9 Verwachte waardetoeename als gevolg van circulair handelen in de metaal-elektronica-industrie in Nederland.

Een bruto toename van de waarde van de metaal-elektronica-industrie (dus niet gecorrigeerd voor verlies aan nieuwe productie) werd in dat rapport geschat op ongeveer +30% voor elk van de feedback loops hergebruik, reparatie en hergebruik van componenten en in iets mindere mate door een waardetoeename van recycling (+15%). Het spreekt vanzelf dat deze toename een effect zal hebben op de DMC voor deze groep producten. Op deze manier kunnen de ramingen uit het rapport “Kansen voor de circulaire economie in Nederland” ook worden gebruikt bij het bepalen van de impact van het Rijksbrede Programma op de maakindustrie.

In ditzelfde rapport wordt ook een indicatie gegeven van de impact op CO₂-uitstoot in Nederland:

“De vermeden CO₂-uitstoot in Nederland alleen bedraagt naar schatting 747 kton. Dit is 9,7% van de huidige emissie die wordt geproduceerd door de metaalelektronica.”

Het rapport stelt verder:

“De vermeden RME bedraagt 5,2 Mton aan grondstoffen. (...). Dit bedraagt 6,3% van de huidige RME van de sector metaalelektronica in Nederland.”

Omdat geen specifieke operationele doelstelling bekend is, zouden de aannames uit het rapport Kansen voor de Circulaire Economie in Nederland, als suggestie en uitgangspunt voor een operationele doelstelling worden genomen; de resultaten waren immers het geëxtrapoleerde effect van gesprekken met stakeholders. Deze doelstelling zou verwoord kunnen worden als:

“Als gevolg van het verhogen van de efficiëntie en hoogwaardig duurzaam hergebruik van metalen en mineralen in alle stappen van relevante waardeketens (op basis circulaire businessmodellen) en het bundelen van de publieke als private vraag naar circulaire producten en diensten verminderen van de finale consumptie

van producten uit de maakindustrie (met nadruk op de metalelektro-industrie) met 5%.”

Intensieve stakeholder-dialogen zullen moeten volgen om draagvlak te vinden voor dergelijke ambities en om de activiteiten te benoemen die daartoe zouden moeten leiden. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om transities in de richting van meer deelgebruik, intensiever onderhoud en reparatie en een toenemende tweedehandsmarkt.

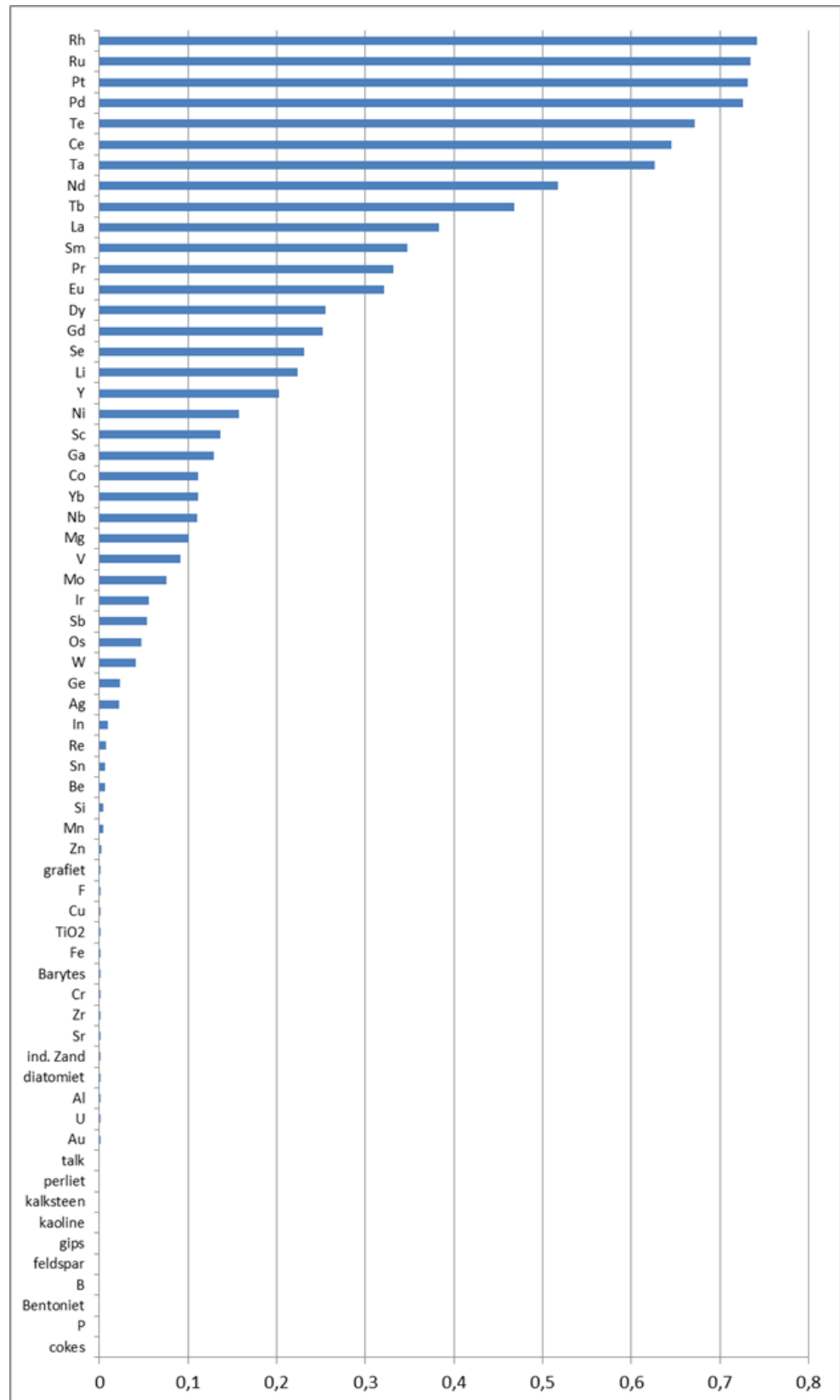
De totale hoeveelheid vermeden materialen (beschouwd als metalen in dit geval) komt in dat geval neer op 6,3% van de 3,4 Mton DMC ‘metalen’ oftewel 0,21 Mton.

5.3.2 *Grondstofafhankelijkheid en leveringszekerheid*

Een meer recente activiteit betrof een analyse van de mate waarin circulair handelingsperspectief zou kunnen bijdragen aan de vermindering van de grondstofafhankelijkheid³². Deze analyse maakte gebruik van een inschatting van producteigenschappen (bijvoorbeeld aanschafkosten, culturele dynamiek, technische dynamiek, dissipatief gebruik etc.) van producten uit de maakindustrie en de wijze waarop deze eigenschappen aanleiding geven tot de mogelijkheid om tot meer circulaire businessmodellen over te gaan. De afname in de behoefte aan nieuwe producten kan worden vertaald naar de afname in de behoefte aan grondstoffen. De resultaten daarvan staan afgebeeld in Figuur 10.

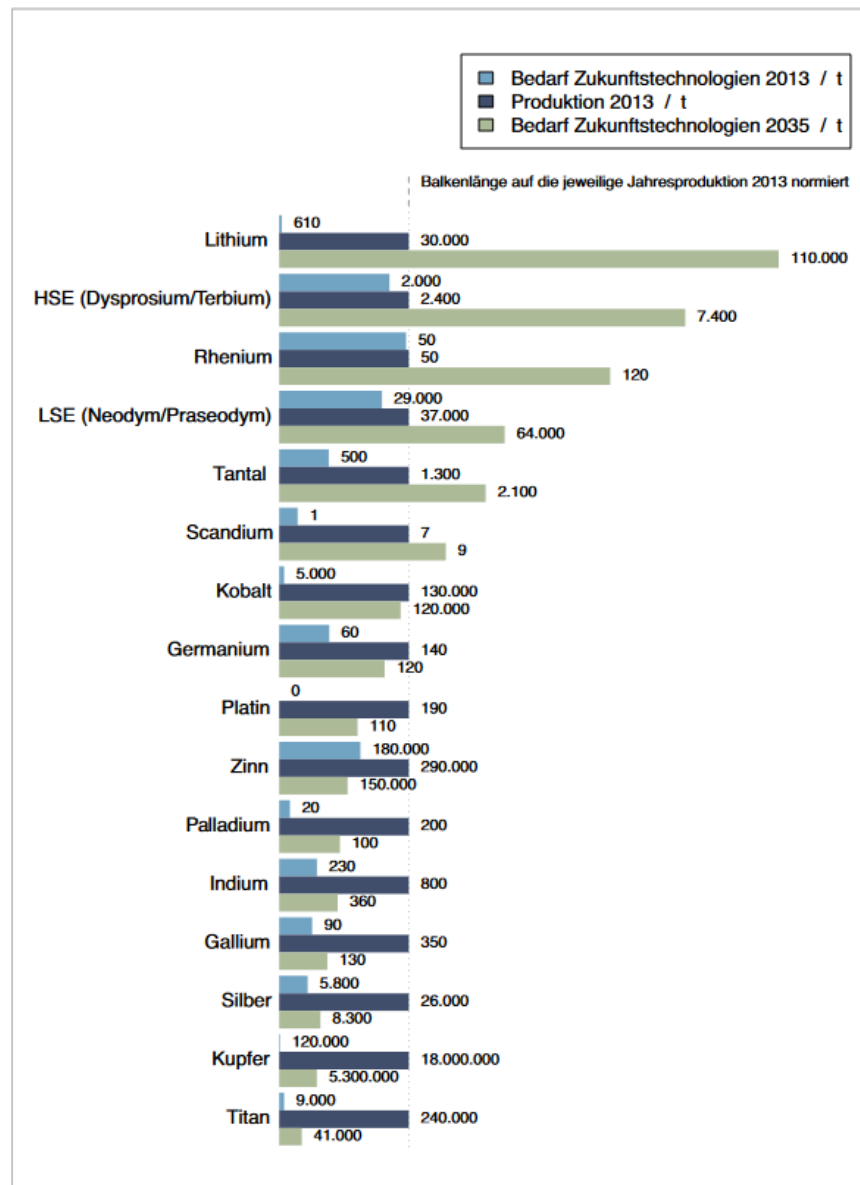
Hieruit blijkt dat een dergelijke intensivering van het gebruik van circulaire businessmodellen een invloed van enkele tientallen procentpunten zou kunnen hebben op het gebruik van de platinagroepmetalen (Pt, Rh, Pd) en de zeldzame aardmetalen (zoals Nd, Tb, Eu, Dy). De invloed op veelgebruikte metalen zoals nikkel, lithium, kobalt is kleiner (tussen 10 en 30 procentpunten) en nog veel kleiner voor koper, ijzer en aluminium (onder de 1%). In dit laatste geval ligt dat voornamelijk aan het feit dat de recycling-infrastructuur voor deze metalen al goed ontwikkeld is en dat dus de potentie voor groei klein is.

³² E. Rietveld & T. Bastein (2016). De circulaire potentie van producten en de impact op leveringszekerheid. R11105. TNO.



Figuur 10 Afname behoefte grondstoffen toename van circulaire businessmodellen. De x-as staat afgebeeld als decimaal, niet als procent. Een waarde van 0,1 komt overeen met 10% (bron: TNO).

Een ander aanknopingspunt ten behoeve van een mogelijk operationeel doel voor de maakindustrie met als oogmerk het verminderen van de leveringsonzekerheid voor de lange termijn, wordt geboden door de analyse van Fraunhofer ISI³³, waarin de mogelijke groei in behoefte voor een groot aantal materialen wordt voorspeld aan de hand van onderliggende technologie-roadmaps (bijvoorbeeld voor energie-opslag, e-mobility, windenergie, medische technologie, brandstofcellen). Geconstateerd wordt dat voor een aantal materialen de geprojecteerde behoefte in 2030 aanzienlijk groter is dan zowel die huidige behoefte als ook de huidige mijnbouwcapaciteit.



Figuur 11 Behoefte aan grondstoffen voor een aantal opkomende technologieën vergeleken met de mijnbouwproductie in 2013 (bron: Fraunhofer/DERA).

³³ F. Marscheider-Weidemann, S. Langkau, T. Hummen, L. Erdmann, L. Tercero Espinoza, G. Angerer, M. Marwede, S. Benecke (2016). Rohstoffe für Zukunftstechnologien 2016. Maart 2016.

Voor de hier getoonde materialen is de verwachting dat er een krapte op de grondstoffenmarkt gaat ontstaan, of dat de introductie van deze nieuwe technologieën ernstig beperkt zal gaan worden door grondstofkrapte. Een doelstelling die inspeelt op de meest kritieke materialen volgens deze analyse zou onderdeel kunnen uitmaken van de transitieagenda's in de maak-industrie.

5.3.3 *Recyclingdoelstellingen*

Daar waar concrete operationele doelstellingen rond de circulaire economie in het algemeen ontbreken, zijn deze wel benoemd op het gebied van recycling, ook en met name voor die producten uit de maakindustrie, zoals Electronic and Electric Equipment (EEE).

Het CE package van de Europese Commissie is daar duidelijk over:

“De bestaande EU-wetgeving moedigt het recycleren van elektronisch afval aan, onder meer door middel van verplichte streefdoelen³⁴; maar alleen hoogwaardige recycling kan de terugwinning van kritische grondstoffen waarborgen”.

De WEEE Directive stelt eisen aan de inzamelingsgraad voor afval van EEE (WEEE):

“From 2019 onwards, the minimum collection rate to be achieved annually shall be 65% of the average weight of EEE placed on the market in the three preceding years in the Member State concerned”

Ook Nederland is aan die richtlijn gehouden. Het huidige niveau van inzameling van 45% zal zeker moeten groeien naar 65 (gewichts-)% . Probleem is dat het hier gewichtsprocenten betreft, waarin dus de bijdrage aan meer kritieke materialen klein is. Vanwege deze lage concentraties is het in veel gevallen noch economisch noch milieutechnisch rendabel om kritieke materialen terug te winnen. De toename van de verplichte inzamelingsgraad leidt dus niet per se tot meer recycling van kritieke materialen. Overwogen zou kunnen worden separate targets op te nemen voor de inzameling van kleinere objecten uit de WEEE-stroom.

Verder betreft de doelstelling van 65% vooral de sluitende registratie en monitoring van de inzameling. Indien dit percentage niet gehaald wordt betekent het niet dat de metalen uit de WEEE verdwijnen uit de kringloop: het betekent wel dat er geen vat is op de aard van de verwerking en dat niet-gecertificeerde verwerkers een rol hebben, of dat ongecontroleerde export naar landen met goedkopere verwerking plaatsvindt. In beide gevallen draagt het behalen van het gestelde doel van 65% geregistreerde WEEE-collectie niet onmiddellijk en vanzelfsprekend bij aan een vermindering van de grondstofbehoefte van Nederland.

Een mogelijk onbedoeld en negatief neveneffect van deze inzamelingsdoelstelling betreft de afwezigheid van een prikkel om hergebruik te stimuleren, zoals bijvoorbeeld door donaties aan goede-doelenfondsen. Deze goederen worden wel op de markt gebracht, maar hun hergebruik wordt niet meegenomen in de inzamelingsmonitoring. De autoriteiten die verantwoordelijk zijn voor inzameling voelen daardoor geen incentive hoogwaardig hergebruik op productniveau, of

³⁴ http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/index_nl.htm.

reparatie te promoten. Dit mogelijke dilemma zou aandacht verdienen in het uitwerken van een transitie-agenda.

In de industrieel ontwikkelde wereld is voor de belangrijkste metalen de laatste (vaak metallurgische) stap geoptimaliseerd. Zoals staat in het UNEP-rapport Metal Recycling - Opportunities, Limits, Infrastructure³⁵:

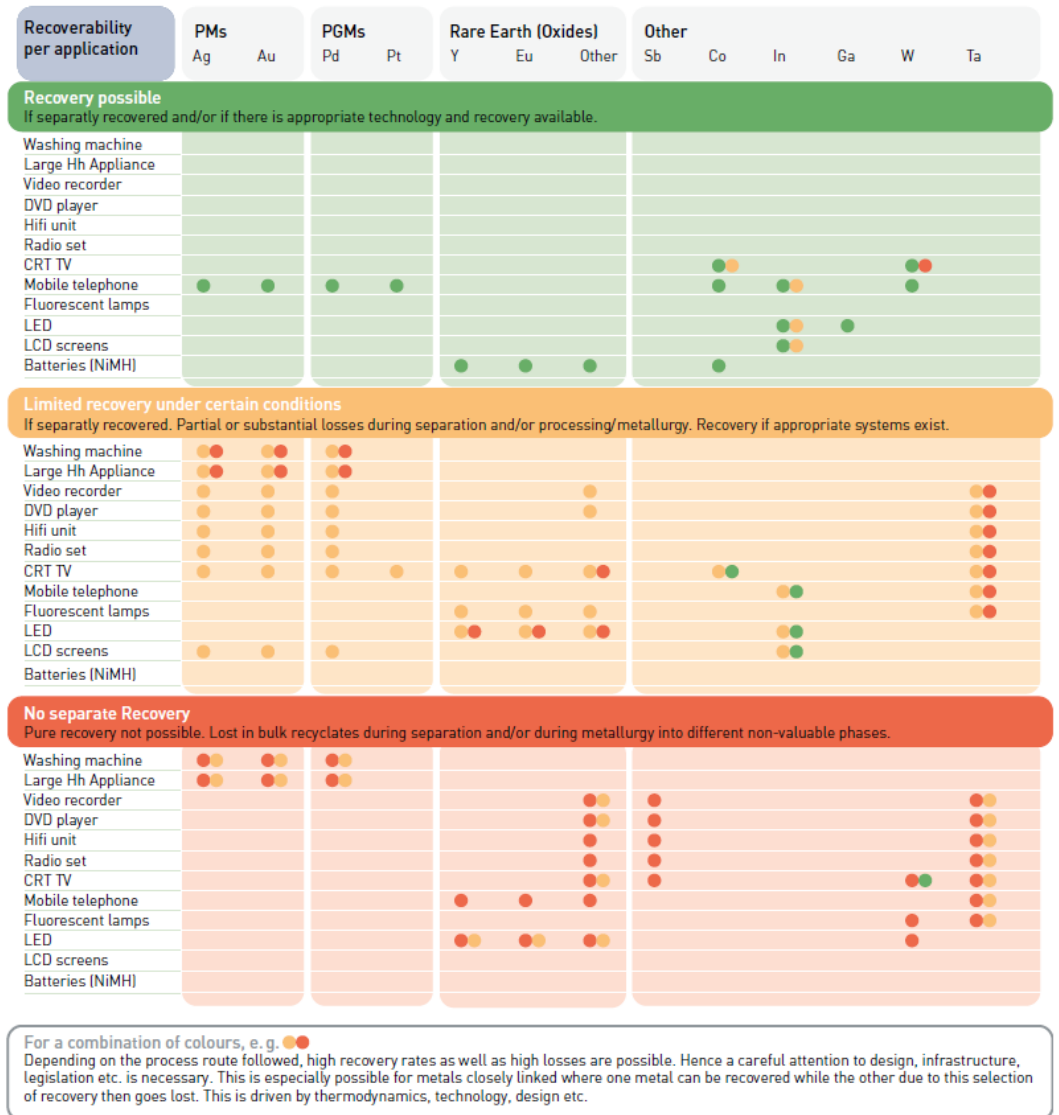
“Ingenuity in metallurgy has helped the industry to drive the efficiency of recycling of ferrous and base metals (e.g. steel, stainless steel, aluminum, copper, zinc, lead, nickel, tin) ever closer to the limits that are permitted by physics and thermodynamics”.

Dit betekent dat het stimuleren van inzameling en juiste verwerking nog als enige een significante bijdrage zal leveren aan de integrale recyclinggraad. De afname van de grondstofprijzen uit de laatste jaren zal de recycling-graad niet ten goede gekomen zijn.

Naast deze invloed op basis van grondstofprijzen zouden de volgende ontwikkelingen een gevolg kunnen hebben voor de integrale recycling-graad van verschillende metalen (zie ook Figuur 12):

- Meer non-ferro metalen (met name aluminium en koper) kunnen uit bodem-as worden gewonnen. In het UNEP-rapport Metal Recycling (p.15) wordt ingeschat dat de huidige extractie van 130.000 ton (waarvan 65% aluminium) in 2020 verdrievoudigd kan worden als gevolg van betere procestechnologie en een toename van afvalverbrandingsinstallaties (waste-to-energy plants). Deze laatste stap is in Nederland onwaarschijnlijk vanwege het zeer geringe gehalte aan vuilstort, maar een verdubbeling zou mogelijk moeten zijn. De totale potentiële bijdrage voor Nederland is op dit moment niet bekend.
- Een expertanalyse in het genoemde UNEP-rapport heeft ook geleid tot een inschatting van het potentieel voor verschillende metalen grondstoffen (Figuur 12). Uit deze figuur blijkt dat het potentieel voor recycling uit WEEE hoog is voor Co, Ga en In, gemiddeld voor Au, Ag, Pd en Pt en matig tot slecht voor zeldzame aardmetalen.

³⁵ UNEP rapport uit 2012, lead editor: Markus Reuter.



Figuur 12 Relatiematrix tussen enkele kritische grondstoffen, productgroepen en recycling (bron: UNEP).

Bij het vaststellen van ambities op het gebied van recycling verdient het aanbeveling deze bovengrenzen mee te nemen. In dit licht bezien is de ambitie van de Circulaire Metaalketen te begrijpen³⁶: een volledige, 100% recycling van de belangrijke metalen staal, ijzer, aluminium, lood, zink en koper in Nederland. Deze doelstelling zou als operationele doelstelling opgenomen kunnen worden in het Rijksbrede Programma Circulaire Economie.

³⁶ <http://www.circulairemetaalketen.nl/wat-is-het/schema%20circulaire%20ambitie.jpg?atredirects=0>.

6 Prioriteit IV: Bouw

6.1 Introductie: Bouw

De strategische doelstellingen voor de prioriteit Bouw hangen nauw samen met de geformuleerde Visie 2050 in het RPCE:

“In 2050 is de bouw bij ontwerp, ontwikkeling, gebruik, beheer en demontage van bouwwerken zo georganiseerd dat deze objecten duurzaam worden gebouwd, (her)gebruikt, onderhouden en ontmanteld. Bij bouwen wordt gebruik gemaakt van duurzame materialen en wordt aangesloten bij de dynamische wensen van de gebruikers. De gebouwde omgeving is energieneutraal in 2050. Bouwwerken maken zoveel mogelijk gebruik van ecosysteemdiensten (natuurlijk kapitaal zoals het waterbergend vermogen van de ondergrond).”

Deze prioriteit wordt ondersteund in het Pakket Circulaire Economie (Circular Economy Package) van de Europese Commissie:

“De recycling van bouw- en sloopafval wordt door een verplicht streefdoel voor de gehele EU gestimuleerd³⁷, maar in de praktijk moeten de uitdagingen nog worden opgepakt om het afvalbeheer in deze bedrijfstak te verbeteren.”

Een circulaire economie voor de bouw is breder dan alleen het hergebruiken van afvalstoffen. Het RPCE stelt dat in een circulaire economie voor de gebouwde omgeving bij elk bouwwerk de volgende drie vragen moeten worden gesteld:

- Hoe kan ik het gebruik van bouwmaterialen zoveel mogelijk reduceren? Daarbij moet niet alleen worden gekeken naar de behoefte aan grondstoffen, maar ook naar de mogelijkheden voor hergebruik en transformatie van het bouwwerk zelf.
- Hoe kan ik het gebruik van de resterende materiaalbehoefte zo duurzaam mogelijk invullen? Hierbij spelen de inzet van duurzame bouwmaterialen maar ook hergebruik een rol.
- Hoe kan ik het gebruik van de dan nog resterende materiaalbehoefte zo efficiënt mogelijk invullen?

Deze vragen zijn van belang bij het ontwikkelen van circulaire strategieën in de bouw.

De strategische doelstellingen uit het Rijksbrede Programma Circulaire Economie zijn:

1. De B&U en de GWW gebruiken (vooral) hernieuwbare grondstoffen.
2. Materiaalgebruik is over de hele levensduur van het bouwwerk geoptimaliseerd (waardebehoud, minder kosten, meer hergebruik en minder milieu-impact).
3. De bouw reduceert zoveel mogelijk CO₂-emissies, zowel in de bouw- als in de gebruiksfase.
4. De bouw is een innovatieve sector die proactief inspeelt op veranderingen in de samenleving en de vraag van markt en consument.

³⁷ http://ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm.

De materialen waar deze doelstellingen betrekking op hebben zijn:

- Biobased bouwmaterialen.
- Bouwwerken (dus bouwmaterialen).
- Beton en andere voornaamste bouwmaterialen.
- Asbestvezels.

Ophoogzand neemt een groot deel van het totaalvolume in de bouw voor zijn rekening (CE Delft (2015) stelde dat er in 2010 circa 260 Mton aan bouwmaterialen werd gebruikt in Nederland, waarvan 200 Mton ophoogzand). Dit materiaal wordt grotendeels hergebruikt en heeft een lage milieu-footprint. In het RPCE wordt dan ook geen melding gemaakt van acties en doelstellingen m.b.t. ophoogzand. Als gevolg daarvan wordt zand ook niet meegenomen in deze ex-ante evaluatie, met uitzondering van zand dat gebruikt wordt in bouwproducten, zoals in de productie van cement en beton. Dit is echter een verwaarloosbaar kleine fractie in vergelijking tot de hoeveelheid ophoogzand.

De sectoren betrokken bij de doelstellingen (en onderliggende acties) uit het RPCE zijn opgenomen in Tabel 8.

Tabel 8 Betrokken producerende en gebruikende sectoren voor de prioriteit Bouw.

	Producerende sectoren	Gebruikende sectoren
Bouwmaterialen	08-Winning van delfstoffen	41-Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw en projectontwikkeling
	16-Primaire houtbewerking en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk	42-Grond-, water- en wegenbouw
	20-Vervaardiging van chemische producten	43-Gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw
	22-Vervaardiging van chemische producten	
	23-Vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten (zoals beton)	
	24-Vervaardiging van metalen in primaire vorm	
	25-Vervaardiging van producten van metaal (geen machines en apparaten)	
Biobased materialen	01-Landbouw	16-Primaire houtbewerking en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk
	02-Bosbouw, exploitatie van bossen	
Bouw-gerelateerd		68-Verhuur van en handel in onroerend goed
		71-Architecten, ingenieurs en technisch ontwerp en advies; keuring en controle

Producerende sectoren	Gebruikende sectoren
	81-Facility management, reiniging en landschapsverzorging
Groen& blauw in de stad	91-Culturele uitleencentra, openbare archieven, musea, dieren- en plantentuinen, natuurbehoud
Afval	38-Afvalinzameling en -behandeling; voorbereiding tot recycling

6.2 Bronnen voor de operationalisering van doelstellingen voor prioriteit Bouw

Concrete door de sector omarmde roadmaps ten behoeve van een onderbouwing voor de strategische doelstellingen in de bouwsector zijn niet aangetroffen. Daarmee is een operationalisering van de doelstellingen aangewezen op expert-visies ten aanzien van de potentiële impact van innovaties op grondstofverbruik. In deze paragraaf worden twee daarvoor relevante studies toegelicht, evenals de materiaalscenario's die zijn uitgelicht voor verdere kwantificatie in de volgende paragrafen.

- 6.2.1 *CE-Delftrapporten over de Nederlandse bouwsector en de betonsector*
CE Delft heeft in 2013 en 2015 twee rapporten gepubliceerd die tezamen een uitgebreid beeld schetsen van het materiaalgebruik in de Nederlandse bouwsector en mogelijke manieren om de milieu-impact van de bouw te reduceren. Het eerste rapport (CE-2013³⁸) richt zich alleen op de betonketen; het tweede rapport (CE-2015³⁹) beslaat de gehele Nederlandse bouw.

De betonstudie is gedaan in opdracht van Rijkswaterstaat en MVO Nederland. De nationale studie is uitgevoerd in opdracht van Bouwend Nederland. In beide studies is intensief gebruik gemaakt van nationale statistieken van materiaalgebruik en input van betrokkenen uit de cement- en betonbranche en bouw- en sloopbedrijven.

Beide studies bieden inzicht in de omvang van de materiaalstromen in de Nederlandse bouw, waar de voornaamste milieu-impacts vandaan komen en een overzicht van suggesties voor milieu-impactreductie.

- 6.2.2 *TNO-studie voor Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties*
In opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken heeft TNO in 2016 verkend welke bouwmaatregelen en -innovaties de grootste reductie van milieubelasting zou kunnen geven⁴⁰. Het oogmerk van deze verkenning is een selectie te kunnen maken voor een volgende generatie keteninitiatieven, naast het lopende betonakkoord.

³⁸ M.M. Bijleveld, G.C. Bergsma, M. van Lieshout (2013). Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw. Status quo en toetsing van verbeteropties. Delft: CE Delft

³⁹ M.M. Bijleveld, G.C. Bergsma, B.T.J.M. Krutwagen, M.A. Afman (2015). Meten is weten in de Nederlandse bouw. Milieu-impact van de Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010. Delft: CE Delft

⁴⁰ E. Keijzer, S. de Vos, C. Bonte, G. Mulder en T. Bastein (2017), „Een verkenning van de milieu-impact van circulair bouwen in de woning- en utiliteitsbouw“

Deze verkenning bestond uit een aantal stappen:

1. Het in kaart brengen van de hoeveelheden materialen in de Nederlandse bouwvoorraad en van de milieu-impact van deze materialen;
2. 'Circulaire' mogelijkheden inventariseren voor zowel nieuwbouw als verwerking van materialen die bij sloop/ renovatie vrijkomen.
3. Potentiële milieu-impact van deze circulaire mogelijkheden berekenen.

Voor deze analyse is een database ontwikkeld waarmee vraag naar en aanbod van bouw- en sloopmaterialen in kaart gebracht kan worden.

De materialen met de hoogste milieudruk zijn (gewapend) beton, bakstenen, aluminium en koper. Voor deze materialen -en voor hout, mede vanwege het potentieel dit materiaal meer in te gaan zetten- is geïnteriseerd welke circulaire maatregelen mogelijk zijn. Deze werden vervolgens geprioriteerd op technische haalbaarheid en op opschalingspotentieel.

Op basis van het model wordt de totale materiaalvoorraad in woningen en utiliteitsbouw (exclusief industriegebouwen en wegen) geschat op circa 1 Gton.

De maatregelen die het meeste bleken bij te dragen aan het verlagen van de milieubelasting van bouwmaterialen hebben betrekking op circulaire maatregelen bij nieuwbouw en dan met name het "legoliseren" van betonnen of bakstenen elementen en bouwen in hout in plaats van beton. Deze scenario's worden dan ook ingezet voor de analyse in dit rapport (zie volgende paragraaf). Hergebruik of hoogwaardiger verwerking van bouwmaterialen die vrij komen bij sloop of renovatie, dragen minder bij aan het verlagen van de milieu-impact dan maatregelen bij nieuwbouw.

Voor de hier genoemde studies geldt dat ze een uitstekende en kwantitatieve basis bieden voor het opstellen van scenario's m.b.t. materiaalreductie en vervolgens de inschatting van de milieu-impact daarvan. Dergelijke scenario's kunnen als basis dienen voor op te stellen transitie-agenda's, maar haalbaarheidsstudies dienen op elk van deze scenario's nog uitgevoerd te worden.

6.3 Bouw1: De B&U en de GWW gebruiken (vooral) hernieuwbare grondstoffen

Dit strategische doel kent in de huidige literatuur geen aanzet tot verdere operationalisering. De voornaamste bron die uitspraken doet over het gebruik van hernieuwbare grondstoffen in de komende decennia in Nederland is Biomassa 2030. Dit rapport geeft een ruwe schatting van de hoeveelheid biomassa die beschikbaar is voor niet-voedseltoepassingen in 2030; deze bedraagt circa 7 tot 45 Mton (droge stof).

Bij de specificatie per sector wordt echter duidelijk gesteld dat het verwachte biomassagebruik voor papier en producten uit hout (oftewel: de materiaalvraag anders dan voor chemie) gelijk blijft. De enige expliciete suggestie voor vervanging van bouwmaterialen die gedaan wordt in Biomassa 2030, is het vervangen van energie-intensieve materialen als staal en beton door hout. Een kwantitatieve operationalisering wordt hierbij niet gegeven. Deze doelstelling zou tijdens het opstellen van transitieagenda's nader kunnen worden geconcretiseerd. Een

suggestie voor een operationalisering kan gevonden worden in het vergelijken van het gebruik van bouwmaterialen in enkele andere landen, zoals Denemarken en Zweden. Een theoretisch maximaal aandeel hout in de bouwsector zou dan rond de 12% zijn in plaats van de huidige 4%. De hoeveelheid hout in de Nederlandse bouw is geanalyseerd door CE Delft⁴¹ en getoond in Tabel 10.

Tabel 9 Gebruik bouwsectoren in vier verschillende landen op basis monetaire uitgaven (2009, Lopende Prijzen, producentenprijzen).

	Nederland	Denemarken	Zweden	Duitsland
Landbouwproducten	0%	0%	0%	0%
Bosbouwproducten	0%	0%	0%	0%
Mijnbouw	2%	2%	5%	1%
Houtproducten	4%	12%	11%	3%
Aardolieproducten	1%	3%	4%	2%
Rubber- en plasticproducten	3%	5%	2%	5%
Minerale bouwproducten	12%	16%	11%	13%
Metaalproducten	10%	14%	6%	8%
Elektriciteit, gas en stoom	0%	0%	1%	0%
Overige producten	68%	48%	61%	67%

Tabel 10 Hoeveelheid hout in Nederlandse bouw (bron: CE Delft 2015).

Houttype	Hoeveelheid in de NL bouw m ³ rondhoutequivalent (rhe)	Toelichting op de hoeveelheden	Aandeel (%)
Gezaagd naaldhout gecertificeerd	1.436.000	Waarde gegeven (tabel 3.10)	48%
Gezaagd naaldhout oncertificeerd	59.600	4% van totale volume naaldhout (tabel 3.10)	2%
Gezaagd gematigd loofhout gecertificeerd	39.727	Zie (*)	1%
Gezaagd gematigd loofhout oncertificeerd	88.425	Zie (*)	3%
Gezaagd tropisch loofhout, gecertificeerd	207.382	Zie (*)	7%
Gezaagd tropisch loofhout, oncertificeerd	183.905	Zie (*)	6%
Plaatmateriaal gecertificeerd	732.000	Waarde gegeven (tabel 3.10)	25%
Plaatmateriaal oncertificeerd	231.360	34% van het totale volume plaatmateriaal (tabel 3.10)	8%

⁴¹ M.M. Bijleveld, G.C. Bergsma, B.T.J.M. Krutwagen, M.A. Afman (2015). Meten is weten in de Nederlandse bouw - Milieu-impacts van Nederlandse bouw- en sloopactiviteiten in 2010. CE Delft, pag. 84.

Lichter bouwen en andere vormen van materiaalreductie worden door CE Delft (2015) geïdentificeerd als voornaamste reductiemogelijkheden, maar hier wordt geen concreet reductiepotentieel bij geformuleerd.

Als voorbeeld zou de hierboven al aangestipte mogelijkheid meer hout te gebruiken in de bouw kunnen dienen. Volgens de Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie (NBvT) zou (gedeeltelijk) bouwen in hout voor een materiaalreductie van 84% op massabasis kunnen zorgen⁴². Op basis van 455.000 eengezinswoningen die tot 2030 gebouwd zullen worden⁴³ zou een doel van 10% houtskeletbouw in plaats van traditionele materialen een reductie van maximaal 3,15 Mton traditionele materialen opleveren. Tegelijkertijd zou er dan 0,5 Mton hout meer moeten worden ingezet. Nogmaals: dit theoretische voorbeeld laat zien dat concrete gedachten met betrekking tot de introductie van nieuwe materialen concreet onderwerp van transitieagenda's zouden kunnen worden.

Het voert nu te ver deze suggestie tot kwantificatie om te zetten in een analyse van de mogelijke impact op volume of CO₂-emissie. Een belangrijke kanttekening bij dit onderwerp en de andere plaatsen in het RPCE waar hout genoemd wordt, is dat er grenzen zijn aan de (duurzame) wereldwijde houtproductie. Bij het opstellen van de transitieagenda's moet niet alleen gekeken worden naar de inzet van zogenaamde duurzame materialen in Nederland, maar ook naar het realistische totaalplaatje in samenhang met internationale productie.

6.4 Bouw Doel 2 & 3: Materiaalgebruik is over de hele levensduur van het bouwwerk geoptimaliseerd & De bouw reduceert zoveel mogelijk CO₂-emissies, zowel in de bouw- als in de gebruiksfase

Deze beide strategische doelstellingen raken een breed scala aan materialen. Beide staan voor optimalisatie van materiaalgebruik en procesvoering, zowel qua hoeveelheid als kwaliteit en impact van de bouwmaterialen en –processen. De beide behandelde bronnen suggereren een aantal operationalisering die hieronder per materiaal worden besproken.

Beton

De belangrijkste sectorbrede documenten die iets voorspellen over de ontwikkelingen omtrent beton zijn het Betonakkoord (momenteel nog in ontwikkeling) en een publicatie van CE Delft (2013) "Milieu-impact Betongebruik".

Het Betonakkoord stelt dat er een half tot één miljoen ton CO₂ bespaard kan worden per jaar. Hoe dit precies bereikt wordt, wordt niet gespecificeerd.

CE Delft (2013) doet een aantal aanbevelingen voor de vermindering van de milieu-impact van beton. Volgens CE Delft zit het grootste besparingspotentieel bij vermindering van gebruik van klinker (de grondstof voor cement). Het CO₂-besparingspotentieel is enkele tientallen procenten in de hele betonsector.

⁴² Bron: <https://nbvt.nl/dankzij-industrieel-en-lichtgewicht-bouwen-hout-bijna-60-minder-co2-uitstoot-huis>.

⁴³ 700.000 extra huishoudens verwacht in 2030, met 65% eengezinswoningen en een gemiddeld gewicht per woning van 70 ton.

Volgens CE Delft (2013) bevat het in Nederland veelgebruikte CEM III-cement gemiddeld zo'n 35% klinker. In de huidige cementmengsels kan dit gereduceerd worden tot 5%, oftewel een factor 7. Het totaalverbruik van beton is 14.000.000 m³ per jaar, waarin 193 kg CEM III per kuub in zit, oftewel betekent dat 2,7 Mton CEM III, waarvan nu 0,945 Mton portlandklinker. Als het klinkergehalte teruggebracht wordt met een factor 7, betekent dat dus 0,81 Mton minder grondstoffengebruik, mits deze klinker vervangen wordt door afvalstoffen zoals hoogovenslak of vliegassen, en niet andere primaire grondstoffen. Hierbij wordt er ook vanuit gegaan dat het huidige CEM I cement blijft bestaan in dezelfde vorm (d.w.z. bestaande uit 95 tot 100% portlandklinker) en vanwege technische eigenschappen niet veranderd wordt in een mix met minder portlandklinker.

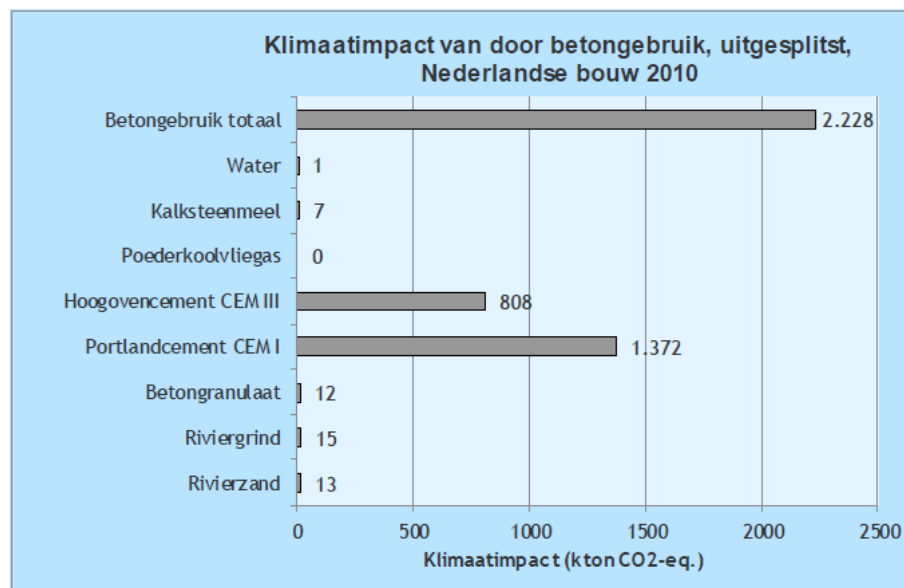
Een andere maatregel die in CE Delft (2013) genoemd wordt, is de besparing van klinker door het extra doormalen van beton. Dit zou een reductie van 2% Portlandklinker kunnen betekenen, oftewel $14.000.000 \text{ m}^3 \times 193 \text{ kg/m}^3 \times 35\% \times 2\% = 19 \text{ kton}$ in hoogovencement en $14.000.000 \text{ m}^3 \times 119 \text{ kg/m}^3 \times 95\% \times 2\% = 32 \text{ kton}$ in portlandcement.

In totaal zouden deze beide maatregelen dus een besparing van circa 861 kton aan portlandklinker kunnen opleveren. Hoewel het hier om relatief kleine aantallen (kilotonnen) materiaal lijkt te gaan, heeft dit op gebied van CO₂-emissies een grote invloed⁴⁴.

Het betonafval wordt nu reeds grotendeels ingezet als funderingsmateriaal onder wegen. Dit afvalmateriaal spaart dus reeds primair funderingsmateriaal uit. In het geval dat de behoefte aan funderingsmateriaal verzadigd raakt, zou het betonafval vermalen kunnen worden en ingezet worden in plaats van grind in nieuw beton. Jaarlijks is er nu 14 miljoen m³ x 1016 kg grind/m³ beton (CE Delft) = 14 Mton grind nodig. Een gedeelte van dit grind kan vervangen worden door vermalen betonpuin. Hiervoor staat dan de hoeveelheid betonpuin ter beschikking die in een bepaald jaar uit sloopactiviteiten vrijkomt. In de genoemde CE-Delft-studie werd uitgegaan van een beschikbare hoeveelheid van 14,4 Mton betonpuin. Hiervan wordt nu al een klein gedeelte (2%) gebruikt als grindvervanger. Deze hoeveelheid van 14,4 Mton is dus de theoretisch maximale reductie van grondstoffenbehoefte als betonpuin ingezet zou worden als grindvervanger, mits er geen andere nuttige toepassing is voor het betonpuin (zoals wegfundering). Een toename van de inzet van betonpuin van 2% naar (bijvoorbeeld) 25% (3,6 Mton) zou al een stevige ambitie betekenen, omdat niet alle maalfracties geschikt zijn als grindvervanger.

Tenslotte is het belangrijk om te vermelden dat deze maatregel voornamelijk nuttig is indien het betonpuin niet meer nuttig ingezet kan worden als wegfundering of elders. Immers, de milieu-impact van de winning van grind is vrij laag en het is de vraag of de milieu-impact van de puinverwerking hiermee kan concurreren (zie ook Figuur 13). Daarnaast toont dit voorbeeld het belang aan van een integrale afweging met diverse "duurzaamheidsaspecten" in plaats van slecht directe indicatoren zoals DMC of CO₂-equivalenten. Afvalproductie, omgevingskwaliteit, macro-economische effecten en de impact van additionele logistieke bewegingen zijn voorbeelden van aspecten die eveneens meegewogen moeten worden.

⁴⁴ CE Delft 2013 stelt als baselinegetal, gebaseerd op ECRA 2009, een impact van 880 kg CO₂/ton klinker.



Figuur 13 Klimaatimpact betongebruik, Nederland 2010, uitgesplitst naar grondstoffen. Bron: CE Delft 2013.

De voornaamste aanbeveling van de TNO-studie (2017) aangaande beton is om aandacht te besteden aan het “legoliseren” van beton, oftewel het demonteerbaar en herbruikbaar maken van beton. Het valt moeilijk te voorspellen hoe snel deze techniek geïntroduceerd zou kunnen worden in Nederland en hoeveel van het beton hiermee vervangen zou kunnen worden. De techniek is in principe al bruikbaar, maar wordt nog niet grootschalig toegepast.

Stel dat het nieuwe beton gelegoliseerd wordt, dan geldt dat wellicht (nog) niet voor alle gebouwonderdelen, zoals dragende muren. In TNO (2017) wordt berekend dat alle niet-dragende onderdelen van een gebouw (vloeren, niet-dragende muren en geveldelen) circa 85% van alle woning- en utiliteitsbouw beslaan. Volgens CE Delft (2013) wordt in de woning- en utiliteitsbouw tezamen 8 miljoen m³ beton gebruikt; dat betekent dus circa 7 miljoen m³ voor niet-dragende toepassingen. **In het uiterste geval dat al dit beton gelegoliseerd zou zijn** en daarmee één levenscyclus langer zou meegaan, zou dat een halvering betekenen van de betonbehoefte, oftewel maximaal 3,5 miljoen m³ (8 Mton). Naast de betonreductie, levert dit ook een reductie van het benodigde wapeningsstaal op. Nu wordt er jaarlijks 0,4 Mton wapeningsstaal voor woningen en utiliteitsbouw gebruikt (CE Delft 2013); in het legoliseringscenario zou 0,2 Mton bespaard kunnen worden.

Metaal

CE Delft (2015) heeft één aanbeveling voor een reductie van de milieu-impact van metalen, namelijk het beter beschikbaar maken voor hergebruik. Alles wat momenteel beschikbaar is wordt al grotendeels hergebruikt, en daar valt weinig te winnen. Er wordt geen kwantificatie van het reductiepotentieel gedaan. Strategisch doel “innovaties in de bouw” gaat hier nog kort op verder.

Asfalt

Er vindt op allerlei niveaus onderzoek plaats in de asfaltbranche. CE Delft (2015) schetst drie potentiële reductiemogelijkheden: (1) dunnere inlagen zouden een

CO₂-verlaging van 8% kunnen leveren; (2) sealtechnieken voor levensduurverlenging zouden een CO₂-reductie van 15% kunnen opleveren; (3) de Meerjarenafpraak Asphaltcentrales streeft naar een 10% efficiëntieverbetering, waarbij de CO₂-reductie niet gekwantificeerd is.

Daarnaast heeft TNO in 2016 voor Rijkswaterstaat de potentiële impacts onderzocht van lage temperatuur-asfalt en recycling in ZOAB-deklagen. Een significante reductie van impacts lijkt hier mogelijk. Er wordt inmiddels geëxperimenteerd met deklagen waarin 100% gerecycled materiaal zit. Stel dat het mogelijk is om al het asfalt hoogwaardig te recyclen, dan zou dat een reductie in de grondstoffenbehoefte betekenen die gelijk is aan het jaarlijkse verbruik. Jaarlijks wordt reeds al het asfalt dat vrijkomt gerecycled in asfaltlagen (3000 kton per jaar), maar er is nog steeds 6500 kton per jaar aan nieuw asfalt nodig. Indien de productie van secundaire materialen (gesloopt asfalt) en de aanleg van nieuwe lagen volledig op elkaar afgestemd en geoptimaliseerd zou zijn, zou dus maximaal 6500 kton aan grondstoffen per jaar uitgespaard kunnen worden.

Hout

Het meten van de “duurzaamheid” van hout is een lastige procedure, die onder andere te maken heeft met de (bij)gevolgen van certificering. CE Delft (2015) stelt dat de klimaatimpact van hout zal dalen met factor 2,5 tot 5,5 ten opzichte van de huidige praktijk wanneer al het hout 100% (nu 66%) van juiste gecertificeerde oorsprong is. Deze klimaatimpact heeft te maken met de mate van ontbossing. Dit is echter moeilijk te vertalen in kilogrammen grondstoffen, omdat het voornamelijk om de efficiëntie en langetermijneffecten van de houtwinning gaat. Deze materiaalgroep is dus niet te kwantificeren.

Bakstenen

In de studie voor BZK (TNO, 2017) wordt het legoliseren van bakstenen, net als van beton, een kansrijke reductiemaatregel genoemd. Net als bij de legolisering van beton, heeft TNO geen voorspelling gedaan van de hoeveelheid materiaal die dit de komende jaren uit zal sparen, maar kan wel berekend worden wordt het maximale potentieel hiervoor is.

Jaarlijks wordt 1728 kton aan bakstenen gebruikt in de Nederlandse bouw (CE Delft, 2015). In het uiterste geval dat al deze bakstenen gelegoliseerd zouden zijn en daarmee één levenscyclus langer zouden meegaan, zou dat een halvering betekenen van de baksteenbehoefte, oftewel maximaal 0,9 Mton.

Overige materialen

Het rapport “Meten is weten in de Nederlandse bouw” (CE Delft 2015) biedt overzicht in de hoeveelheden bouwmaterialen die in Nederland gebruikt worden. Alleen voor beton, metaal, asfalt en hout wordt een besparingsschatting gedaan; van de andere materialen worden enkel gebruikte hoeveelheden en milieu-impacts van de status-quo gepresenteerd.

Transport

Transport en logistiek worden vaak genoemd als essentiële bouwstenen voor een circulaire bouw, maar zijn tegelijkertijd per definitie projectspecifiek en daarmee lastig op nationale schaal te kwantificeren. CE Delft schat in dat de brandstoffentransitie en het verschuiven van wegtransport naar binnenvaart het

beste perspectief bieden voor verlaging van milieu-impacts. Hier wordt echter geen CO₂-reductieschatting aan verbonden, noch een afname van het brandstoffenverbruik.

Energiedragers

CE Delft (2015) identificeert hernieuwbare brandstoffen en machinevernieuwing als de beste kansen voor milieu-impactreductie, maar hier is geen waardeschatting bij te vinden. Daarbij biedt machinevernieuwing kansen voor energiereductie, maar vergt wel materiaalgebruik voor de productie van nieuwe of verbetering van bestaande machines, hetgeen de kwantificatie van de materiaalreductie vertroebelt. Op dit moment is er dus niets te zeggen over de netto grondstoffenreductie.

Energiegebruik gedurende de gebruiksfase

Europees (herziene Europese richtlijn EPBD uit 2010) en Nederlands (Nationaal Plan) beleid is erop gericht dat nieuwe gebouwen na 2020 geen of heel weinig energie gebruiken: Bijna Energie Neutrale Gebouwen (BENG). De energie die gebruikt wordt, is bij voorkeur afkomstig uit hernieuwbare bronnen. Dit betekent het verdwijnen van maximaal 1324 PJ aan energie voor verwarmen van gebouwen⁴⁵. Deze brandstoffen vallen echter niet onder de grondstoffenreductiedoelen en worden daarom niet meegenomen in het overzicht in het conclusiehoofdstuk van deze ex-ante evaluatie.

6.5 Bouw Doel 4: De bouw is een innovatieve sector die proactief inspeelt op veranderingen in de samenleving en de vraag van markt en consument

De enige actie in het RPCE die te relateren is aan dit doel, is het onschadelijk maken van asbestvezels ten behoeve van hergebruik van dit geschoonde (bouw)materiaal. Er is reeds overheidsbeleid voor het verwijderen van asbest (voorheen *MIA/VAMIL*, vanaf 2016 *Subsidieregeling voor verwijderen van asbestdaken*). Kwantitatieve onderbouwing hiervan is niet te vinden. Er zijn momenteel wel ontwikkelingen gaande met betrekking tot het onschadelijk maken van asbest door middel van verhitting of via een biologisch afbreekproces, maar er is nog geen grootschalige sanerings- en hergebruikmethode voor deze afvalstroom. Het is onbekend hoeveel asbest er nu nog exact in de Nederlandse bouw zit. Het is wel bekend dat er in de vorige eeuw (1917-1993) circa 1,3 miljoen ton asbestvezels verwerkt zijn in Nederland. Dat betekent dat dit de theoretisch maximaal terugwinbare fractie is (die voor een deel al teruggewonnen of verwijderd is in de afgelopen jaren): 1,3 Mton totaal. Aangezien er sinds 2005 een Asbestverwijderingsbesluit⁴⁶ is en asbestdaken vanaf 2024 verboden zijn⁴⁷, is er in feite sprake van een verwijderperiode van circa 20 jaar. Gemiddeld betekent dat circa 0,065 Mton per jaar.

⁴⁵ Bron: Agentschap NL (2013), "Warmte en koude in Nederland. Onze warmte- en koudebehoefte kosten veel energie, verduurzaming biedt veel kansen". Link: www.rvo.nl/sites/default/files/Warmte%20en%20Koude%20NL%20NECW1202%20jan13.pdf.

⁴⁶ <http://wetten.overheid.nl/BWBR0019316/2014-09-27>.

⁴⁷ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/asbest/inhoud/verbod-op-asbestdaken>.

In het FP7-project EMININN is verder gerekend aan de impact van nieuw beleid als gevolg van initiatieven vanuit Resource Efficient Europe.⁴⁸ Met medeneming van reboundeffecten is de vermindering van bouwmaterialen geschat tussen een 0,1% en 0,3%, oftewel maximaal $0,3\% \times 58 \text{ Mton} = 0,174 \text{ Mton}$ reductie van grondstoffen. Deze verlaging van totale behoefte aan bouwmaterialen is reeds besproken in de paragraaf “lichter bouwen” hierboven, en moet dus niet dubbel meegenomen worden.

Andere innovaties worden in het RPCE niet bij name genoemd. Triple E Consulting⁴⁹ (2015) biedt een overzicht van de beschikbare innovaties voor een circulaire economie in een aantal sectoren, waaronder de bouwsector. Helaas ontbreekt er veel kwantitatieve onderbouwing en bevat het rapport voornamelijk beschrijvingen van trends en mogelijkheden.

Tabel 11 toont de suggesties die zij doen en de eventuele kwantitatieve onderbouwing (met pijl →). In feite wordt alleen een indicatie gegeven van besparingsmogelijkheden in de categorie “circulaire logistiek”. Indien de aluminiumbehoefte (25 kton/jaar; CE Delft 2015) niet voor 30% uit secundair materiaal zou bestaan, maar uit 95%, dan zou dit 16 kton/jaar aluminium schelen. Dezelfde berekening voor betonstaal (546 kton/jaar; CE Delft 2015; nu 45% secundair materiaal) levert een reductiepotentieel van 273 kton/jaar op.

⁴⁸ https://www.researchgate.net/publication/287878432_Environmental_macro-indicators_of_innovation_policy_assessment_and_monitoring_-_Final_Report_of_the_EMININN_project.

⁴⁹ Triple E Consulting (2015). Technologische innovaties en financiële instrumenten voor een circulaire economie.

Tabel 11 Beschrijving van trends en mogelijkheden voor een circulaire economie (Triple E 2015).

Circulair ontwerp (niet gekwantificeerd)	Circulaire businessmodellen (niet gekwantificeerd)	Circulaire Logistiek: (indicatief)	Ondersteunende factoren (niet gekwantificeerd)
<ul style="list-style-type: none"> - Isolatiematerialen: met een hoger rendement en recyclebaar - Bouwen met materiaal dat volledig gerecycleerd kan worden of bouwen met grotendeels gerecycleerd materiaal - Bouwen met uitsluitend 'biologische' producten - All-in one bouwstenen die zowel licht, recyclebaar als isolerend zijn (minder materieel nodig) - Flexibel/modulair bouwen 	<ul style="list-style-type: none"> - Building Information Modelling - Volledig geïntegreerde ketenaanpak waarbij alle partijen nauw samenwerken → potentiële kostenbesparing van 10 tot 20%. Dit zou kunnen betekenen dat er ook materiaalbesparing mogelijk is. - Nieuwe eigendomsmodellen - Materiaalpaspoort/chip 	<ul style="list-style-type: none"> - Hoogwaardig hergebruik (indicatief) → Bijv. hoger gehalte hergebruik bij koper en aluminium (nu slechts 30%) en betonstaal (nu 45%), terwijl constructiestaal wel grotendeels gerecycled wordt (95%) - Samenwerking met derden en overheden (afbraak en bouw op elkaar afstemmen) → zie ook Green Deal Cirkelstad 	<ul style="list-style-type: none"> - Green public procurement - ICT-tools - Training en opleiding

7 Prioriteit V: Consumptiegoederen

7.1 Introductie: Consumptiegoederen

Het Rijksbrede Programma Circulaire Economie beschrijft in het hoofdstuk Consumptiegoederen (gericht op huishoudelijk afval) de volgende operationele doelstellingen:

1. De jaarlijkse hoeveelheid huishoudelijk restafval is in 2020 maximaal 100 kg per persoon en in 2025 maximaal 30 kg per persoon per jaar.
2. In 2022 is de hoeveelheid restafval van bedrijven, organisaties en overheden, dat vergelijkbaar is met huishoudelijk restafval gehalveerd (t.o.v. cijfers 2012).
3. In 2025 gaan burgers en bedrijven zo om met consumptiegoederen, dat deze in de kringloop kunnen blijven en waar geen zwerfafval achterlaten de norm is.

Deze prioriteit richt zich niet op bepaalde materialen noch op specifieke sectoren, buiten de afvalsector (SBI2-38).

7.2 Consumptiegoederen Doel 1: De jaarlijkse hoeveelheid huishoudelijk restafval is in 2020 maximaal 100 kg per persoon en in 2025 maximaal 30 kg per persoon per jaar

Om de operationele doelstelling te kunnen vertalen naar bijdragen aan de transitieagenda's is het relevant te bepalen hoeveel materiaal vrij zal komen bij een afname tot 100 en 30 kg per persoon per jaar.

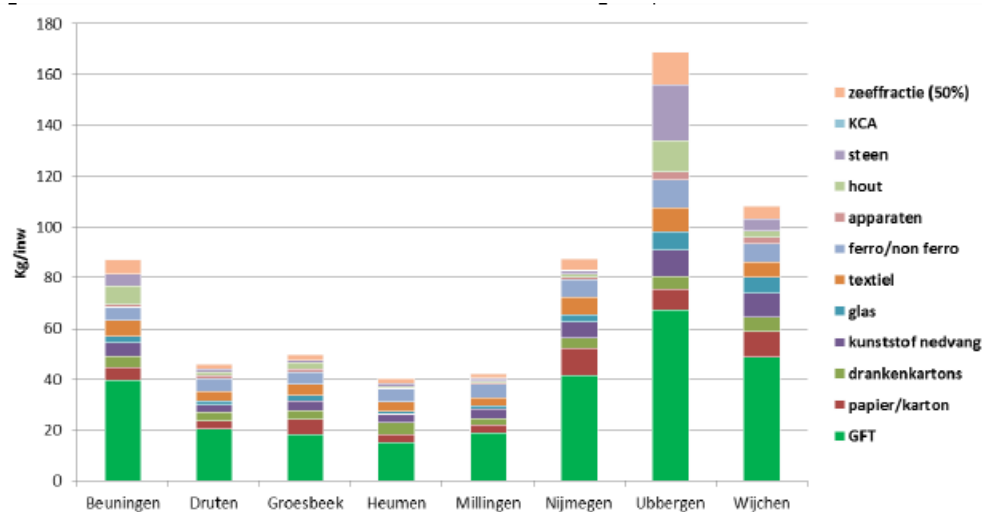
Hiervoor gebruiken we de uitgangswaarde voor huishoudelijk restafval⁵⁰ per inwoner in 2012 van 219 kg⁵¹.

Voor een bepaling van de samenstelling van het huishoudelijk restafval maken we gebruik van de statistieken verzameld door de DAR⁵². Uit een analyse van het huishoudelijk restafval blijkt dat de resultaten van de verschillende gemeentes (die onderling sterk verschillen qua hoeveelheid huishoudelijk restafval) niet veel verschillen. Deze samenstelling wordt gebruikt als samenstelling voor de voor Nederland gewenste situatie in 2020 of 2025. De gegevens voor de samenstelling van het huishoudelijk restafval in Nederland komt uit ditzelfde rapport.

⁵⁰ Het verschil met "totaal huishoudelijk afval" is dat het huishoudelijk restafval daadwerkelijk is geïncolteerd bij het huishouden zelf, niet op inzamelpunten, winkels etc.

⁵¹ Bron: CBS Statline.

⁵² DAR Afvalmonitor 2014, betreft de gemeentes Beuningen, Druten, Groesbeek, Heumen, Millingen, Nijmegen, Ubbergen en Wijchen, juni 2015.



Figuur 14 Samenstelling van HH restafval in de regio Nijmegen (bron: DAR).

Uit deze gegevens kan worden geschat hoe het gemiddelde restafval eruit ziet in 2020 en in 2025 (zie Tabel 12).

Tabel 12 Schatting huishoudelijk restafval ("HH rest") in 2020 en 2025.

	HH rest 2012 (kg/inw/j)	HH rest 2020 (kg/inw/j)	HH rest 2025 (kg/inw/j)	HH rest 2012 (kton/j)	HH rest 2020 (kton/j)	HH rest 2025 (kton/j)	Afname 2020 (kton/j)	Afname 2025 (kton/j)
GFT	112	42	13	1.873	701	210	1.172	1.663
Papier	30	6	2	501	105	32	396	469
Glas	14	4	1	240	70	21	169	219
Kunststof	35	15	4	588	246	74	343	514
Textiel	9	8	2	155	126	38	28	117
Metaal	5	3	4	89	42	74	47	16
Hout	7	5	2	124	88	26	36	98
Steen	6	5	2	94	91	27	2	66
TOTAAL	219	100	30	3.664	1.673	502	1.991	3.162

Deze analyse laat zien hoeveel materialen in 2020 en in 2025 niet meer in het huishoudelijk restafval belanden en dus op één of andere wijze ter beschikking komen als grondstof. Daarmee neemt de behoefte aan deze grondstoffen met een vergelijkbare hoeveelheid af. Vanzelfsprekend zal de kwaliteit van bijvoorbeeld de hoeveelheid vrijgekomen kunststof niet gelijk zijn aan 'virgin', maar als gevolg van verbeterde recycling-technologie in 2025 zou de kwaliteit wel beter kunnen zijn dan nu. Zoals in hoofdstuk 4 (Kunststoffen) al was aangegeven is de huidige gemiddelde kwaliteit (en dus ook prijs) van recyclaat niet voldoende om als afdoende substituuat voor dat virgin materiaal in te zetten. Hier herhaald: er is een stevige R&D-uitdaging te formuleren voor de transitieagenda's op het gebied van fossiele grondstoffen, biomassa en kunststoffen met als doel om de kwaliteit van kunststofrecyclage aanzienlijk te verhogen.

De hoeveelheden papier en textiel kunnen de benodigde hoeveelheid biomassa doen verminderen.

7.3 **Consumptiegoederen Doel 2: In 2022 is de hoeveelheid restafval van bedrijven, organisaties en overheden, dat vergelijkbaar is met huishoudelijk restafval gehalveerd (t.o.v. 2012)**

Restafval van bedrijven, organisaties en overheden bestaat uit het zogenaamde “gemengde bedrijfsafval” en het afval van Kantoren, Winkels en Diensten (KWD-afval). Het gemengd afval van de nijverheid (SBI secties B-E) bedroeg in 2012 2335 kton. Het KWD-afval in 2010 bedroeg 5,4 Mton (bron: CLO). Hiervan kende 4,2 Mton al een zogenaamde ‘nuttige toepassing’. Echter, zoals het Compendium voor de Leefomgeving stelt:

“Deze toename komt voornamelijk doordat verbranden van KWD-afval in Nederlandse AVI's beschouwd wordt als een vorm van nuttige toepassing”.

De totale hoeveelheid bedrijfsafval zoals hier bedoeld komt dus neer op 7,7 Mton. Een halvering van deze hoeveelheid restafval zoals bedoeld in dit operationele doel bedraagt in 2022 dus 3,85 Mton.

Voor een inschatting van de hoeveelheden materialen die vrijkomen als gevolg van deze doelstelling nemen we daarom dezelfde samenstelling aan als bij het huishoudelijk restafval in 2012 en die in 2025. Uit deze inschatting blijkt dan dat dit operationele een bijdrage levert van 0,67 Mton plastic en 0,81 Mton papier (Tabel 13).

Bij de bepaling van de totale impact van deze doelstelling worden deze getallen niet meegenomen vanwege de afwezigheid van betrouwbare samenstellingsgegevens.

Tabel 13 Inschatting reductie KWD-afval.

Reductie KWD-afval (Mton)	
GFT	2,32
Papier	0,81
Glas	0,34
Kunststof	0,67
TOTAAL	3,85

7.4 **Consumptiegoederen Doel 3: In 2025 gaan burgers en bedrijven zo om met consumptiegoederen, dat deze in de kringloop kunnen blijven en waar geen zwerfafval achterlaten de norm is**

Milieucentraal⁵³ schat dat er in Nederland 50 kton zwerfafval per jaar op straat of in het groen belandt. In het rapport “Kosten en omvang zwerfafval” van KIDV uit 2015 wordt geschat dat er jaarlijks 70 kton zwerfafval op de grond en vermeden zwerfvuil

⁵³ <https://www.milieucentraal.nl/minder-afval/afval-scheiden-en-recyclen/afval-verminderen/zwerfafval/>.

in straatvuilnisbakken vrijkomt, waarvan naar schatting 20 kton in straatvuilnisbakken.

De samenstelling van dit zwerfvuil is in ditzelfde rapport berekend⁵⁴. De belangrijkste categorieën zijn weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14 Belangrijkste materialen in zwerfafval.

	Zwerfafval (%)	Zwerfafval (kton)
Papier	20,9%	10,5
Glas	7,7%	3,9
Kunststof	10,2%	5,1
Metaal	7,1%	3,6
Rest	55,1%	27
TOTAAL	100	50

⁵⁴ <https://www.kidv.nl/4790/bijlage-c-kosten-omvang-zwerfafval.pdf>.

8 Samenvattend: een overzicht van de operationalisering van doelstellingen en de impact op de grondstoffenbehoefte van Nederland

8.1 Welke strategische doelstellingen zijn geoperationaliseerd?

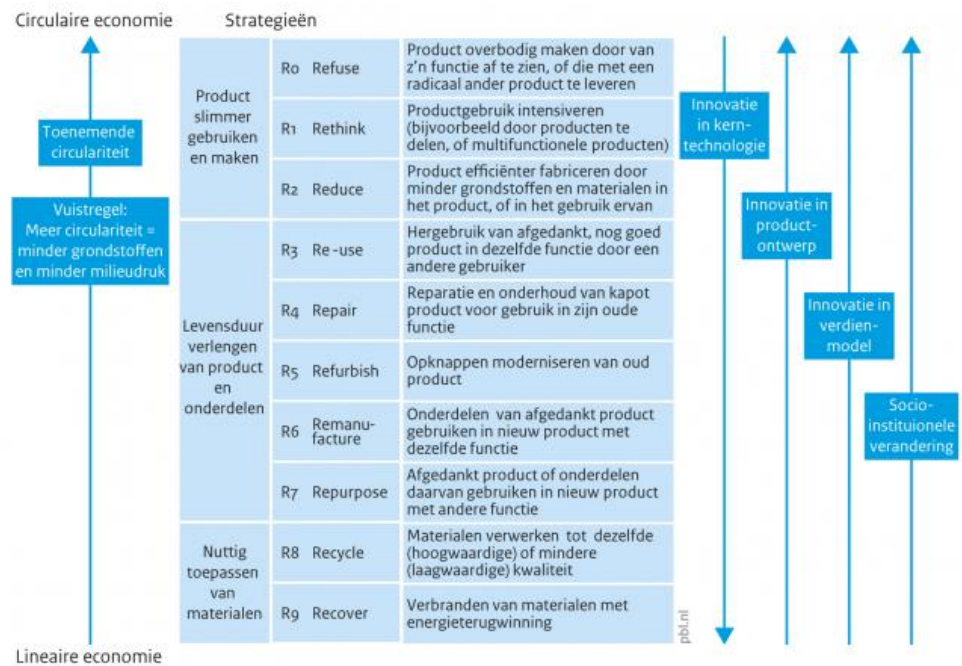
Het Rijksbrede Programma Circulaire Economie zet in op vijf zogenaamde prioriteiten waarvoor elk 3 tot 5 strategische (of operationele) doelstellingen zijn gesteld. In deze ex-ante evaluatie is getracht de strategische doelstellingen zoveel mogelijk te operationaliseren aan de hand van reeds bestaande en uitgesproken ambities en doelen van industriële sectoren en overheden. Voor enkele strategische doelstellingen konden dergelijke aanknopingspunten niet worden gevonden, maar zijn suggesties gedaan hoe te komen tot operationalisering. In totaal zijn **voor 10 van de 18 (strategische) doelstellingen** zodanige vormen van **operationalisering gevonden** dat de impact op materiaal- en grondstofgebruik kon worden ingeschat (Tabel 15).

Tabel 15 Evaluatie van de mate van operationalisering van de doelstellingen in het Rijksbrede Programma.

Strategisch of operationeel doel	Operationalisering?
BIOMASSA EN VOEDSEL	
Optimaal benutten van biomassa en voedsel door het sluiten van kringlopen	Ja
Het reduceren van het gebruik en het vervangen van fossiele grondstoffen door duurzaam geproduceerde biomassa	ja
Verbeteringen en trendbreuken in de omgang met biomassa en voedsel	nee
KUNSTSTOFFEN	
Kunststof producten ontwerpen voor hergebruik en hoogwaardige recycling	nee
Efficiënt mogelijk benutten kunststof materialen	nee
Grootschalige inzet van kunststof recyclaat en biobased kunststoffen	nee
MAAKINDUSTRIE	
Verschuiving van 'kritieke' grondstoffen naar algemeen beschikbare grondstoffen	nee
Verhogen efficiëntie op basis circulaire businessmodellen	ja
Nieuwe vormen ontwikkelen van produceren en consumeren	nee
Publieke als private vraag naar circulaire producten en diensten bundelen	nee
Verschuiving van fossiele naar hernieuwbare grondstoffen in maakindustrie	nee
BOUW	
De B&U en de GWW gebruiken (vooral) hernieuwbare grondstoffen	ja
Materiaalgebruik is over de hele levensduur van het bouwwerk geoptimaliseerd	ja
De bouw reduceert zoveel mogelijk CO ₂ -emissies, zowel in de bouw- als in de gebruiksfase.	ja
De bouw speelt proactief in op veranderingen in de samenleving en de vraag van markt en consument.	ja
CONSUMPTIEGOEDEREN	
De jaarlijkse hoeveelheid huishoudelijk restafval is in 2020 maximaal 100 kg per persoon en in 2025 maximaal 30 kg per persoon per jaar	ja
In 2022 is de hoeveelheid restafval van bedrijven en overheden gehalveerd	ja
In 2025 is in kringloop kunnen blijven van materialen en zwerfafval vermijden de norm	ja

8.2 Aard van de operationalisering

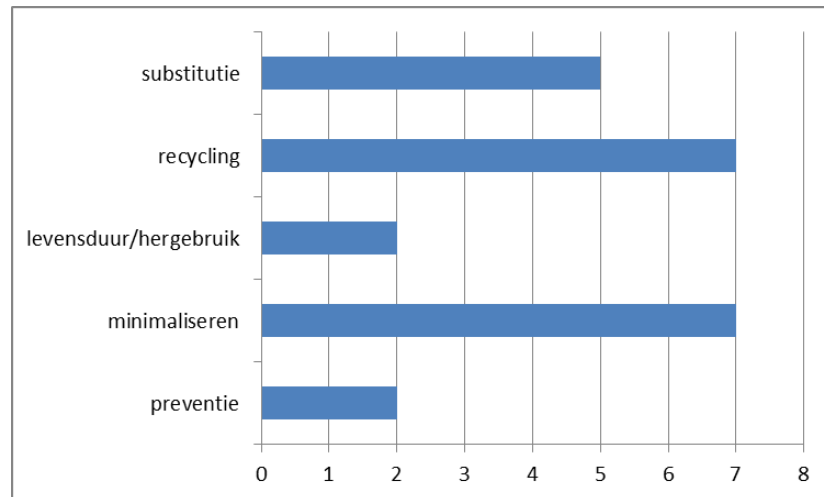
Het doel van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie is het verminderen van het grondstofgebruik ten einde de leveringszekerheid te verhogen en negatieve milieu-impacts (zoals CO₂-emissies) te reduceren. Om deze doelen te bereiken kan worden ingezet op de verschillende handelingsperspectieven zoals die geschetst worden in de zogenaamde Ladder van Lansink, aangevuld met activiteiten gericht op het substitueren van kritieke materialen door algemener beschikbare materialen. Een opsplitsing van de verschillende handelingsperspectieven om grondstofgebruik te optimaliseren, die uitgebreider is dan die in de Ladder van Lansink, wordt gesuggereerd in Figuur 15. Hierin worden circulaire en grondstof-efficiënte strategieën opgedeeld in 10 verschillende handelingsperspectieven (het zogenaamde 10R-kader).



Figuur 15 Prioriteitsvolgorde van circulariteitsstrategieën en rol van innovatie in productketen. Bron: RLI 2015, bewerking PBL⁵⁵.

⁵⁵ <http://www.pbl.nl/publicaties/circulaire-economie-innovatie-meten-in-de-keten>.

De aard van de strategische en operationele doelstellingen uit het RPCE is onder te verdelen in de categorieën: preventie van gebruik, minimaliseren van de inzet van materialen, levensduur en hergebruik stimuleren, recycling intensiveren en substitutie (dor inzet van biomassa i.p.v. fossiel, of algemeen voorkomende materialen i.p.v. kritieke metalen). Een overzicht van de verdeling van die categorieën over de 18 doelstellingen (sommige vallen onder twee categorieën) is gegeven in Figuur 16.



Figuur 16 Aard van de doelstellingen in het Rijksbrede Programma.

De hoofdmoot van de doelstellingen is gerelateerd aan een gewenste toename van recycling en het minimaliseren en optimaliseren van het gebruik van materialen. Daarnaast is ook veel aandacht voor substitutie en dan met name als het gaat over de inzet van biobased materialen in plaats van fossiele grondstoffen.

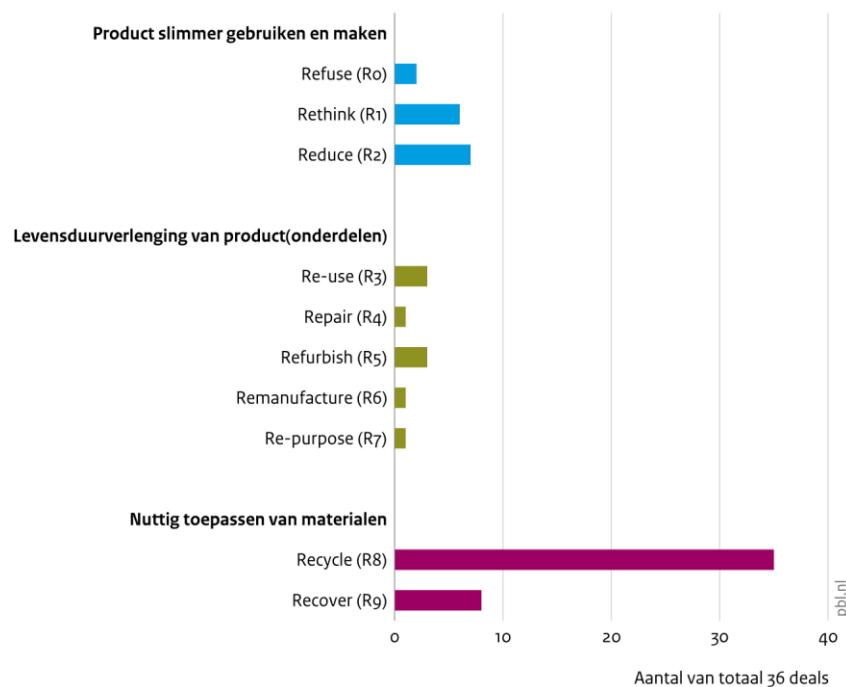
Opvallend genoeg is er weinig aandacht voor activiteiten die zich richten op hergebruik van componenten of andere activiteiten die levensduurverlenging tot doel hebben. Uit eerdere analyses omtrent de economische waarde van een circulaire economie⁵⁶ bleek dat vooral in deze hoek de economische voordelen te verwachten zijn. Dit is een aandachtspunt voor de op te stellen transitieagenda's.

Hierbij dient wel aangetekend te worden dat levensduurverlenging niet in alle gevallen zaligmakend is. Op de eerste plaats kan levensduurverlenging voor de nationale economie een netto negatieve impact hebben, zeker wanneer de productie van goederen in Nederland plaatsvindt (denk bijvoorbeeld aan kantoormeubilair). Op de tweede plaats kan levensduurverlenging een negatieve milieu-impact hebben, zeker wanneer een technologie nog volop in ontwikkeling is en op regelmatige basis vooruitgang wordt geboekt op het gebied van energie- en materiaal-efficiency.

Deze verdeling over de aard van de activiteiten is te vergelijken met de aard van de activiteiten die in de Green Deals worden ondernomen; dit overzicht is recent

⁵⁶ T. Bastein, E. Roelofs, E. Rietveld & A. Hoogendoorn (2013). Kansen voor de circulaire economie in Nederland. R10864. TNO.
E. Rietveld, T. Bastein (2016). De circulaire potentie van producten en de impact op leveringszekerheid. R11105. TNO.

geproduceerd door PBL⁵⁷. PBL gebruikt daarin de door Jacqueline Cramer geïntroduceerde 10R-systematiek. Uit deze analyse bleek dat de Green Deals zich voornamelijk richten op activiteiten rond recycling. Dit betekent dat de Green Deals een uitstekend uitgangspunt vormen voor de transitieagenda's waar het recycling van grondstoffen in elk van de prioriteiten betreft, maar dat voor de overige acties de bestaande Green Deals minder houvast bieden. Bij de ontwikkeling van nieuwe Green Deals zou het aanbeveling verdienen deze nu onderbelichte aspecten bij voorrang aandacht te geven.



Figuur 17 Doelen en ambities van Green Deals Circulaire Economie (bron: PBL).

8.3 Geschatte reductie van de behoefte aan primaire grondstoffen

De geoperationaliseerde doelstellingen die uitgebreid zijn behandeld in de hoofdstukken 3 tot en met 7 leiden tot een aantal gekwantificeerde reducties van de Direct Material Consumption (DMC) voor een aantal materiaalstromen. Deze zijn samengevat in Tabel 16.

Een aantal materiaalstroomreducties worden in meer dan één prioriteit gerealiseerd. Zo is de reductie van de behoefte aan fossiele grondstoffen ten behoeve van de plastics-productie afkomstig van meer gescheiden inzameling (prioriteit Consumptiegoederen) en de inzet op geoptimaliseerde kunststofrecycling (prioriteit Kunststoffen). Dergelijke inschattingen worden met een asterisk * aangeduid, waarmee wordt aangegeven dat dit cijfer een dubbeltelling betreft en niet wordt meegenomen in verdere analyse.

⁵⁷ J. Ganzevles, J. Potting & A. Hanemaaijer (2016). Evaluatie Green Deals Circulaire Economie. 5 september 2016.

Overigens zal dit fenomeen van mogelijke dubbeltellingen de aandacht moeten hebben bij het opstellen van de transitie-agenda's: coördinatie op die vlakken is gewenst.

Een aantal andere materiaalstroomreducties wordt aangegeven met twee asterisken **. Dit betreft inschattingen van het theoretische maximaal haalbare reductiepotentieel. Dat betekent dat in een periode tot 2030 nog zeer veel werk zal moeten worden gestoken om deze doelstellingen te behalen, en dat het zinvol is deze getallen gaandeweg de transitie aan een realiteits-toets te onderwerpen. Het realistische reductiepotentieel ligt in de meeste gevallen waarschijnlijk (veel) lager. De laatste kolom van tabel 16 geeft aan of de desbetreffende bijdrage wordt meegenomen in het overall beeld dat in tabel 17 wordt geschetst.

Tabel 16 Samenvatting van de gekwantificeerde impacts van de geoperationaliseerde doelstellingen.

Doelstellingen	Reductie (Mton)	Type materialen	draagt bij aan reductie van
Biomassa en voedsel			
Reductie voedselafval	1,1	Voedsel	-
Biotische reststromen >biogas	2,2	Biogas	-
Biotische reststromen > chemische producten	0,36	C5-C6 suikers*	-
Verhoogde houtproductie t.b.v. vervanging andere grondstoffen	5	Hout i.p.v. fossiele/minerale grondstoffen voor o.a. bouw, chemie & energie* **	-
Biomassa > chemie	0,44	Grondstoffen t.b.v. chemie	fossiel
Kunststoffen			
Kunststoffenrecycling	0,17 - 0,5	Maximum potentieel gerecyclede plastics*	-
Plastic zwerfvuil	0,027	Plastics*	-
Biobased kunststoffen	-0,113	Plastics *	-
Maakindustrie			
Maakindustrie: meer circulair	0,21	Metaal	metaal
Bouw			
Vervanging portlandklinker door restproducten	0,81	Portlandklinker	mineraal
Extra doormalen van beton	0,051	Portlandklinker	mineraal
Betonpuin inzetten als grindvervanger (mits niet elders nodig; nu nog als wegfundering)	3,6	Grind	mineraal
Legoliseren van beton	8	Beton**	mineraal
Legoliseren van beton	0,2	Wapeningsstaal**	metaal

Doelstellingen	Reductie (Mton)	Type materialen	draagt bij aan reductie van
Legoliseren van bakstenen	0,9	Bakstenen**	mineraal
Asfalt volledig recyclen	6,5	Asfalt**	mineraal
Lichter bouwen met hout	3,2	Alle bouwmaterialen m.u.v. ophoogzand, asfalt en hout**	mineraal
Asbest onschadelijk maken en vezels nuttig hergebruiken	0,065	Asbest**	mineraal
Effecten van nieuw beleid n.a.v. Resource Efficient Europe	0,2	Alle bouwmaterialen m.u.v. ophoogzand	mineraal
Hoger gehalte aan secundaire materialen	0,016	Aluminium	metaal
Hoger gehalte aan secundaire materialen	0,273	Betonstaal	metaal
Consumentengoederen			
Huishoudelijk afval	0,5	Plastics	fossiel
Huishoudelijk afval	0,2	Glas	-
Huishoudelijk afval	0,45	Papier	-
Huishoudelijk afval	0,12	Textiel	-
Zwerfvuil	0,05	Plastics	fossiel
Zwerfvuil	0,1	Papier	-
Zwerfvuil	0,04	Glas	-
Zwerfvuil	0,04	Metaal	metaal

8.4 De milieu-impacts van de reductie van primaire grondstofbehoefte

De gevolgen van de ingeschatte onderbouwingen voor de reductie in primair verbruik van fossiele, minerale en metalen grondstoffen zijn gegeven in Tabel 17. De bandbreedte is gerelateerd aan de herkomst van de onderbouwingen, waarbij het laagste getal een indicatie is van de mate waarin de ambitie wordt onderbouwd door (bijvoorbeeld) sector-roadmaps.

Op basis van deze reductie in primair grondstofverbruik is het mogelijk een schatting te maken van de impact op (integrale) CO₂-emissies, waterverbruik en landgebruik. Deze zijn in dezelfde tabel 17 gegeven.

Tabel 17 Schatting van de grondstoffenreductie (Tabel 16) per grondstoffengroep en de milieu-impact daarvan t.o.v. het RPCE-doel (50% grondstoffenreductie)

	Grondstoffen- reductie (Mton)	CO ₂ - emissie- reductie (miljard kg CO ₂ eq.)	Water- verbruik- reductie (miljard liter)	Landverbruik- reductie (km ² /jaar)
Fossiel (alleen chemie)	1	2	35	76
Metaal	0,5 – 0,7	2-3	6-8	155-214
Mineraal	8 - 23	4 - 11	12-37	190-590
TOTALE REDUCTIE	9,5 -24,7	8 - 16	53-80	421- 880
<i>Ambitie RPCE (50% reductie primair grondstoffenverbruik in 2030) (zie tabel 1)</i>	23,6	17	66	1103
<i>Resultaat van specifieke maatregelen t.o.v. ambitie</i>	40 -100%	45 -100%	80-100%	40- 80%

Met de voorgestelde set aan maatregelen lijkt het er op dat in het gunstigste geval (dus in het geval dat alle speculatieve maatregelen uit tabel 16 voor de volle 100% worden gerealiseerd) de impact-doelstellingen op elk van de gebieden zou kunnen worden bereikt. Wat natuurlijk wel opvalt, is dat de reductie op het gebied 'metalen' sterk achterblijft bij het 50%-doel (i.e. 1,9 Mton reductie).

Bij de bepaling van de specifieke transitie-agenda's is het zaak te blijven focussen op die materiaalgroepen die een grote specifieke bijdrage leveren. Vooral bij mineralen is het van belang om te beseffen dat er een groot verschil in impact is tussen het besparen van een kilo zandwinning of een kilo cementproductie (zie bijvoorbeeld Figuur 13). Het is nogmaals van belang erop te wijzen dat de milieu-impacts in Tabel 17 de integrale milieueffecten (en dus zowel nationaal als internationaal van herkomst) weerspiegelen. De nationale rekeningen en de analyse in de volgende paragraaf (SPA) beschouwen enkel directe emissies in Nederlandse sectoren. De selectie van bepaalde milieu-impacts⁵⁸ en het al dan niet meenemen van sociale en economische factoren zoals werkgelegenheid en toegevoegde waarde, bepalen uiteindelijk welke doelstellingen en onderliggende acties prioritair nagestreefd zouden moeten worden.

8.5 Sectoren en hun onderlinge verhoudingen

8.5.1 Huidig materiaalgebruik en statische input/output analyse

In het voorgaande zijn de verschillende prioriteiten de revue gepasseerd en is een samenvattend overzicht gepresenteerd van de verschillende materiaalstromen, mogelijke en theoretische reducties van de Domestic Material Consumption (DMC) voor die materiaalstromen in Nederland en is een grove indicatie gegeven van de integrale milieu-impact van die reducties. Die reducties waren ingegeven door materiaalstromen; de sectoren die betrokken waren bij die materiaalstromen waren minder in beeld. Toch is het voor de op te stellen transitieagenda's van belang de

⁵⁸ Naast CO₂ (equivalenten) en water- en landgebruik zijn er tal van milieu-impacts, onder te verdelen in midpoint effecten en endpoint effecten, al dan niet in gewogen vorm opgeteld tot één getal (bijvoorbeeld de MilieuKostenIndicator, MKI) of gescheiden in de vorm van tabellen vol kentallen.

relevante sectoren aan tafel te hebben, hun samenhang te begrijpen en daarmee eventuele concrete doelstellingen op te kunnen stellen met een concreet handelingsperspectief per sector.

Materiaalgebruik in sectoren heeft in eerste instantie een invloed op materiaalgebruik in die sector zelf, maar zeker ook op gebruik (en dus ook op de reductie) in andere sectoren. Een reductie van voedselverspilling zal bijvoorbeeld effect hebben op de vraag naar landbouwproducten, of een reductie van kunststoffen op de vraag naar ruwe aardolie.

Bij het analyseren van het huidig materiaalgebruik en statische input/output relaties baseren we ons op macro-economische data van de Nationale Rekeningen en de Monitor Materiaalstromen. Deze data zijn slechts beschikbaar in de vorm van Domestic Material Input (DMI). Dit is de totale materiaalstroom die door de Nederlandse economie wordt gebruikt, met inbegrip van de materialen die worden gebruikt om goederen te produceren die worden geëxporteerd. De aard van de resultaten die worden verkregen door gebruik van DMI wijken naar verwachting niet fundamenteel af van de resultaten verkregen door gebruik van DMC. Voor het huidige doel wordt de inspanning die nodig is om de beschikbare data om te vormen en uit te drukken in DMC als te groot beschouwd.

Tabel 18 geeft achtereenvolgens: het materiaalgebruik per sector in kiloton in 2012, de directe impact van het RPCE op die sector, het procentuele aandeel dat het RPCE heeft op de het huidige materiaalgebruik en de mate waarin dit gebruik indirecte invloed heeft op andere sectoren. Zie Bijlage 3 voor een illustratie hoe voor een sector (in Bijlage 3 de landbouw) de verhouding ligt tussen een direct effect (binnen de sector landbouw) en een indirect effect ("in relatie met alle andere sectoren in de economie") als gevolg van een verandering in materiaalgebruik. De indirecte multiplier slaat op de invloed die directe impacts van het Rijksbrede Programma hebben op de overige sectoren, op basis van een statische input/output analyse (zie Bijlage 4 en 5). De indirecte multiplier komt terug bij de Structurele Pad Analyse in paragraaf 8.5.2. Het Rijksbrede Programma heeft bijvoorbeeld geen directe impact op de landbouw, maar de indirecte impact vanuit gerelateerde sectoren (bijvoorbeeld voedingsindustrie) heeft een indirecte impact op de landbouw van in totaal 1%. Zo wordt alsnog een reductie van 492 kiloton aan gebruik van landbouwproducten voorzien.

Tabel 18 Materiaalgebruik van Nederlandse SBI2-sectoren in 2012, in combinatie met directe en indirecte impact van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie (RPCE) op dat gebruik.

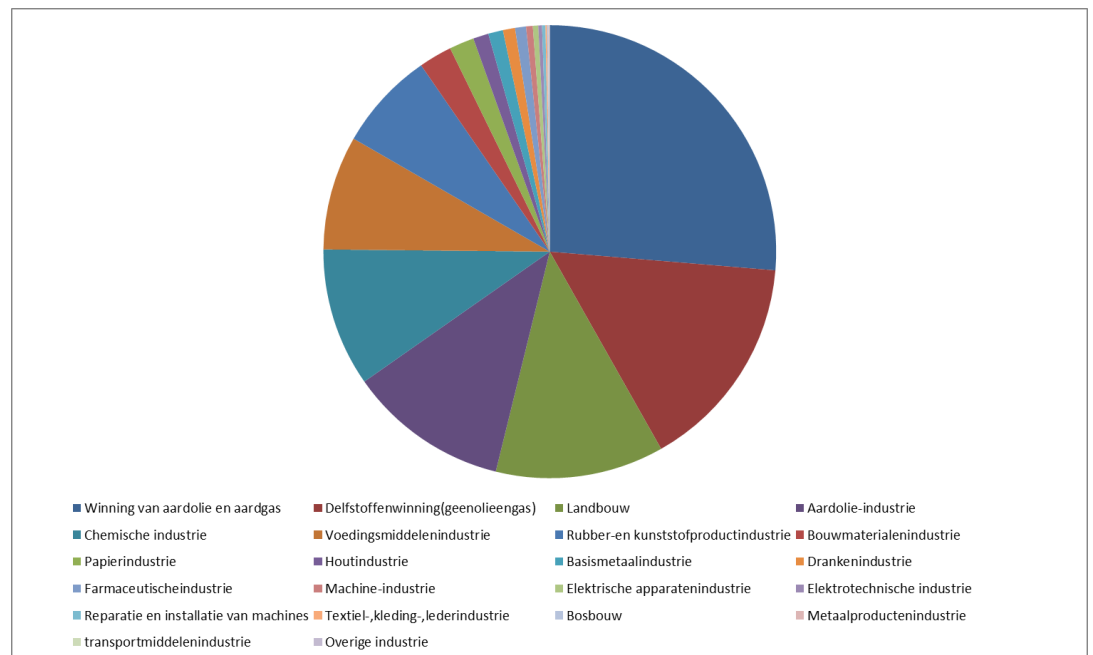
SBI-2 sector	Materiaalgebruik kton in 2012 ⁵⁹	Directe impact RPCE in kton	Aandeel directe impact t.o.v. huidig gebruik	Indirecte multiplier	Indirecte impact RPCE in kton
Chemische industrie	39 329	3 080	7.8%	5,1%	2017
Bouwmaterialenindustrie	9 433	6 000	63.6%	0,7%	70
Metaalproductenindustrie	149	60	40.3%	2,8%	4
Voedingsmiddelenindustrie	32 483	1 100	3.4%	0,9%	281
Basismetalenindustrie	4 203	260	6.2%	0,5%	19
Elektrische apparatenindustrie	1 533	2	0.1%	0,6%	10
Machine-industrie	1 896	2	0.1%	1,6%	30
Farmaceutische industrie	3 120	1	0.0%	0,8%	26
Rubber- en kunststofproductindustrie	28 129	1	0.0%	2,0%	552
Elektrotechnische industrie	1 068	1	0.1%	1,4%	15
Auto- en aanhangwagenindustrie	45	1	2.2%	3,3%	1
Meubelindustrie	61	1	1.6%	5,6%	3
Landbouw	47 883	0.1	0.0%	1,0%	492
Bosbouw	317	0.1	0.0%	7,6%	24
Visserij	47	0.1	0.2%	2,8%	1
Winning van aardolie en aardgas	104 791	0.1	0.0%	1,3%	1371
Delfstoffenwinning (geen olie en gas)	61 707	7 000	11.3%	0,5%	301
Drankenindustrie	3 447	0.1	0.0%	2,5%	84
Tabaksindustrie	8	0.1	1.3%	5,0%	0
Textiel-, kleding-, lederindustrie	438	0.1	0.0%	6,8%	30
Houtindustrie	4 400	0.1	0.0%	2,5%	112
Papierindustrie	7 047	0.1	0.0%	4,3%	304
Grafische industrie	14	0.1	0.7%	3,9%	1
Overige transportmiddelenindustrie	136	0.1	0.1%	1,3%	2
Overige industrie	0	0.1	-	3,4%	0
Reparatie en installatie van machines	956	0.1	0.0%	0,2%	2
Energiebedrijven	0	0.1	-	1,5%	0
Waterleidingbedrijven	0	0.1	-	4,0%	0
Riolering, afvalbeheer en sanering	0	0.1	-	3,0%	0
Algemene bouw en projectontwikkeling	0	0.1	-	0,7%	0
Grond-, water- en wegenbouw	0	0.1	-	0,5%	0
Gespecialiseerde bouw	0	0.1	-	1,1%	0
Aardolie-industrie	45 559	0	0.0%	0,4%	188
Totaal	398 199	17 511	4.4%		5 941

Sectoren waarvoor in deze tabel geen materiaalgebruik is weergegeven (zoals grond-, water- en wegenbouw en gespecialiseerde bouw) maken gebruik van materialen uit andere sectoren (zoals "Bouwmaterialeindustrie") maar zijn zelf vooral de dienstverlenende sectoren.

⁵⁹ Uitgedrukt in DMI – wederuitvoer. Bron: monitor materiaalstromen (CBS).

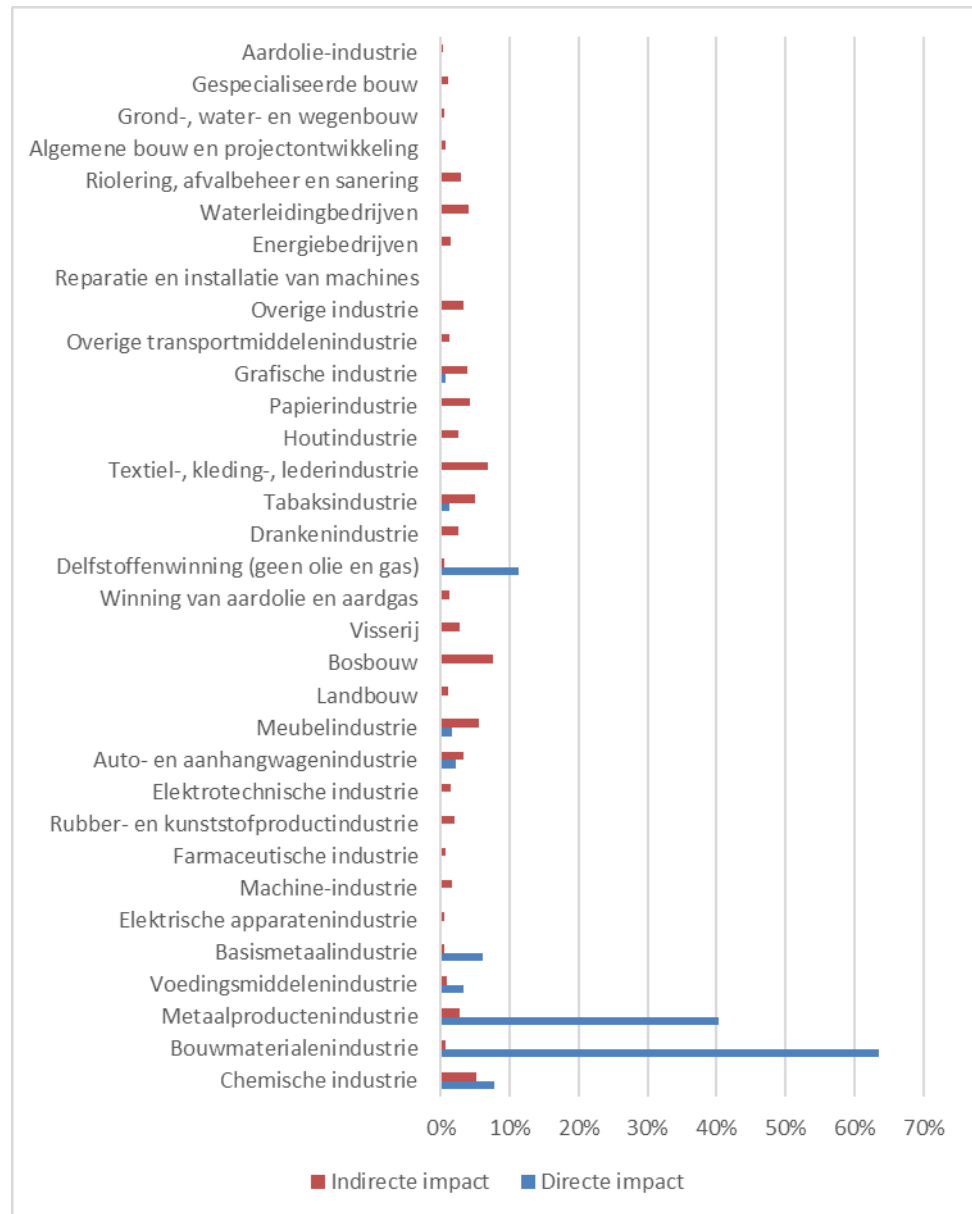
Een belangrijke observatie is dat de indirecte impacts ruim een derde zijn van de totale directe impacts (5.941Mt/17.511Mt). Bij monetaire analyses zijn in de regel indirecte impacts veel kleiner (bijvoorbeeld een ordegrrootte 10) dan de directe impacts. De omvang van de indirecte impacts in bovenstaande analyse komt voort uit het feit dat “opwaarts” in de keten materiaalgebruik doorgaans meer volume betreft dan activiteiten dichterbij finale consumptie. In monetaire analyses neemt de waarde toe in de keten, het directe materiaalgebruik neemt doorgaans in volume af. Dit betekent dat indirecte effecten in opwaartse richting (“in de richting van grondstofproducerende sectoren”) relatief groot zijn ten opzichte van monetaire analyses.

Deze eerste analyse geeft een goed beeld van de grote materiaalgebruikende sectoren in de Nederlandse economie. Een belangrijke rol is weggelegd voor de winning van aardgas en aardolie (maar deze grondstoffen worden geëxporteerd en hebben verder geen belang voor deze verkenning), de aardolie-industrie, landbouw, voedingsmiddelenindustrie, chemische en rubber- en kunststofproductindustrie. Deze sectoren nemen samen 90% van de DMI voor hun rekening. Nogmaals, dit is niet gecorrigeerd voor export (wel voor wederuitvoer) en corrigeert niet voor de milieu-impact per materiaal: gewonnen zand telt hierin net zo hard mee als metalen.



Figuur 18 Sectoren en Domestic Material Input, inclusief materialen ten behoeve van export.

Een weergave van de directe en indirecte impacts op materiaalgebruik is gegeven in figuur 19.



Figuur 19 Directe en indirecte impacts per sector op het materiaalgebruik.

8.5.2

Structurele paden in de Nederlandse economie: de Structural Path Analysis

De directe materiaalbehoefte van individuele sectoren zegt weinig over de onderlinge verhoudingen tussen sectoren. Algemeen wordt er van uitgegaan dat effectief beleid op het gebied van circulaire economie ketensamenwerking behoeft. Ook zal de in het RPCE beoogde reductie van de grondstofbehoefte zelden impact hebben op slechts één sector, maar in het algemeen op ketens van sectoren. Om in op te stellen transitieagenda's met de relevante spelers om tafel te zitten is het van belang te weten hoe sectoren samenhangen en hoe de impact van bepaalde doelstellingen uitpakken voor elk van deze sectoren. De identificatie van ketens die relevant zijn voor de Nederlandse materiaalbehoefte, oftewel de "hotspots" qua materiaalgebruik kan plaatsvinden met behulp van de analyse van structurele paden, oftewel van de intersectorale relaties in de Nationale Rekeningen.

Op basis van CBS data is op het detailniveau van de Nationale Rekeningen (SBI 2-digit) een macro-economische analyse gemaakt, die bekend staat onder de term “structural path analysis”, oftewel SPA. Voor een uitleg van de methodiek achter een SPA verwijzen we naar werk van M. Lenzen.⁶⁰

Uit deze analyse volgen de relaties tussen alle sectoren in de Nederlandse economie, op basis van de input/outputtabel van (in deze studie studie als referentie gekozen jaar) 2012 in Lopende Prijzen⁶¹. Op deze manier worden de hotspots in uitwisseling van materialen c.q. goederen in onze economie duidelijk. Daarnaast kan de emissie van CO₂-equivalenten worden bepaald.⁶²

In welke mate de impacts van de acties uit het Rijksbrede Programma kunnen worden gemodelleerd in een statische input/output analyse staat nog ter discussie, maar deze discussie valt nu buiten de scope.

De hier uitgevoerde SPA betreft twee schakels en dus drie sectoren. Een analyse van ketens bestaande uit drie sectoren en twee schakels geeft een goed beeld van “hotspots”: delen van waardeketens die een groot materiaalgebruik en/of een milieu-impact met zich meebrengen. De invloed van dubbelstellingen is zeer gering. De effecten op een hypothetische 3^e schakel (oftewel het toevoegen van een 4^e sector) zijn verwaarloosbaar. Met twee schakels en dus drie sectoren zijn er al 421.000 paden te maken. Met een 3^e schakel (oftewel 4^e sector) zou dit getal hoger liggen, te weten meer dan 31,6 miljoen paden. Het verlengen van de ketens in de analyse levert dus geen nieuwe hotspots op en de analyse van enkele tientallen hotspots is afdoende om inzicht te krijgen in effecten in de keten.

8.5.3 Resultaat SPA

In Tabel 19 zijn de paden c.q. intersectorale ketens getoond die het grootste materiaalgebruik vertegenwoordigen als we kijken naar de finale consumptie in Nederland. Een aantal sectorale relaties ligt buiten de scope van het Rijksbrede Programma (rood gearceerd), van de overige relaties is een aantal niet expliciet verwerkt in de geconcretiseerde doelstellingen die in dit document naar voren zijn gekomen (donkergrijs). In onderstaande legenda worden deze kleuren nogmaals aangegeven.

Onderdeel van Rijksbrede Programma	
Buiten scope Rijksbrede Programma	
Binnen prioriteitsgebied Rijksbrede Programma, maar niet expliciet verwerkt in acties	

De getoonde hoeveelheden in Tabel 19 geven aan welke materiaalstromen betrekking hebben op de intersectorale keten. De laatste drie kolommen geven aan welk percentage het specifieke pad inneemt in de totale materiaalstroom van de genoemde SBI-2 sector. Het bovenste pad (“Bouwmaterialenindustrie – Algemene bouw en projectontwikkeling- Verhuur en handel van onroerend goed”) laat zien dat 6,8%, 1,1% en 4,3% van het materiaalgebruik van respectievelijk de

⁶⁰ M. Lenzen. (2006). Structural path analysis of ecosystem networks. Ecological Modelling, Volume 200, Issues 3–4, 24 January 2007, Pages 334–342.

⁶¹ <https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2016/35/aanbod-en-gebruiktabelen-input-outputtabelen-en-rekeningenstelsel>.

⁶² M. Saurat & M. Ritthoff (2013). Material Flows and Resource Management, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.

bouwmaterialenindustrie, algemene bouw en projectontwikkeling en verhuur en handel van onroerend goed met deze keten gemoeid is.

Tabel 19 Belangrijkste paden (c.q. intersectorale ketens) in de NR van 2012 en de Monitor Materiaalstromen.

Van	Via	Naar	kton materiaal	% van 1 ^e ("Van")	% van 2 ^e ("Via")	% van 3 ^e ("Naar")
Bouwmaterialenindustrie	Algemene bouw en projectontwikkeling	Verhuur en handel van onroerend goed	366	6,8	1,1	4,3
Bouwmaterialenindustrie	Grond-, water- en wegebouw	Openbaar bestuur en overheidsdiensten	277	5,1	1,9	2,0
Bouwmaterialenindustrie	Gespecialiseerde bouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	237	4,4	2,5	0,7
Gespecialiseerde bouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	Verhuur en handel van onroerend goed	234	2,4	0,7	2,8
Reparatie en installatie van machines	Landbouw	Voedingsmiddelenindustrie	212	4,7	1,1	0,3
Grond-, water- en wegebouw	Gespecialiseerde bouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	208	1,4	2,2	0,6
Gespecialiseerde bouw	Grond-, water- en wegebouw	Openbaar bestuur en overheidsdiensten	203	2,1	1,4	1,5
Rubber- en kunststofproduct-industrie	Gespecialiseerde bouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	164	1,1	1,7	0,5
Aardolie-industrie	Landbouw	Voedingsmiddelenindustrie	150	0,3	0,8	0,2
Aardolie-industrie	Vervoer door de lucht	Reisbureaus, reisorganisatie en -info	138	0,3	2,2	14,7
Landbouw	Voedingsmiddelenindustrie	Restaurants en cafés	132	0,7	0,2	2,4
Bouwmaterialenindustrie	Gespecialiseerde bouw	Verhuur en handel van onroerend goed	126	2,3	1,3	1,5
Bouwmaterialenindustrie	Algemene bouw en projectontwikkeling	Architecten-, ingenieursbureaus e.d.	118	2,2	0,4	5,9
Grond-, water- en wegebouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	Verhuur en handel van onroerend goed	118	0,8	0,4	1,4
Algemene bouw en projectontwikkeling	Verhuur en handel van onroerend goed	Detailhandel (niet in auto's)	117	0,4	1,4	4,2
Grond-, water- en wegebouw	Gespecialiseerde bouw	Verhuur en handel van onroerend goed	110	0,7	1,1	1,3
Landbouw	Voedingsmiddelenindustrie	Verzorging en welzijn	99	0,5	0,2	2,0
Delfstoffenwinning (geen olie en gas)	Bouwmaterialenindustrie	Algemene bouw en projectontwikkeling	94	7,2	1,8	0,3
Bouwmaterialenindustrie	Grond-, water- en wegebouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	90	1,7	0,6	0,3
Rubber- en kunststofproduct-industrie	Gespecialiseerde bouw	Verhuur en handel van onroerend goed	87	0,6	0,9	1,0

Van	Via	Naar	kton materiaal	% van 1 ^e ("Van")	% van 2 ^e ("Via")	% van 3 ^e ("Naar")
Algemene bouw en projectontwikkeling	Grond-, water- en wegebouw	Openbaar bestuur en overheidsdiensten	87	0,3	0,6	0,6
Delfstoffenwinning (geen olie en gas)	Grond-, water- en wegebouw	Openbaar bestuur en overheidsdiensten	82	6,3	0,6	0,6
Rubber- en kunststofproduct-industrie	Bouwmaterialenindustrie	Algemene bouw en projectontwikkeling	79	0,5	1,5	0,2
Basismetalenindustrie	Metaalproductenindustrie	Machine-industrie	76	1,7	6,4	2,0
Gespecialiseerde bouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	Architecten-, ingenieursbureaus e.d.	76	0,8	0,2	3,8
Reparatie en installatie van machines	Vervoer door de lucht	Reisbureaus, reisorganisatie en -info	75	1,7	1,2	8,0
Bouwmaterialenindustrie	Gespecialiseerde bouw	Grond-, water- en wegebouw	69	1,3	0,7	0,5
Reparatie en installatie van machines	Gespecialiseerde bouw	Algemene bouw en projectontwikkeling	68	1,5	0,7	0,2
Gespecialiseerde bouw	Verhuur en handel van onroerend goed	Detailhandel (niet in auto's)	68	0,7	0,8	2,4

De resultaten van de structurele pad-analyse (SPA) bevestigen het beeld van het belang van de materiaalstromen gerelateerd aan de bouwketen. De volgende sectoren zijn betrokken bij de grootste materiaalstromen en blijken ook intensieve onderlinge ketenrelaties te hebben:

- Bouwmaterialenindustrie.
- Gespecialiseerde bouw.
- Verhuur en handel van onroerend goed.
- Grond-, water- en wegebouw.
- Algemene bouw en projectontwikkeling.
- Architecten-, ingenieursbureaus e.d..
- Delfstoffenwinning (grind, zand ten behoeve van bouwmaterialen).

Overige sectoren die een materiaal-intensieve ketenrelatie met de bouwsector vertonen zijn:

- Openbaar bestuur en overheidsdiensten (als belangrijk gebruiker van de diensten van o.a. GWW, en daarmee van bouwmaterialenindustrie).
- Rubber- en kunststofproductindustrie (als toeleverancier van bouwmaterialen aan de gespecialiseerde bouw).

Materiaalstromen verbonden aan de voedselketen spelen ook een belangrijke rol. Sectoren die hier een dominante rol spelen zijn:

- Landbouw.
- Voedingsmiddelenindustrie.
- Restaurants en cafés.

Overige, wat minder voor de hand liggende sectoren die hier een rol spelen zijn:

- Reparatie en installatie van machines (ten behoeve van landbouwapparatuur).
- Verzorging en welzijn (als grootafnemer van de voedingsmiddelenindustrie).

Eén van de kleinere ketens in deze top-30-lijst is de keten van basismetaal, metaalproducten en machine-industrie. Toegevoegde waarde en milieu-impact van deze keten zal groter zijn dan op basis van deze absolute materiaalhoeveelheden verondersteld zou kunnen worden.

Verder is een aanzienlijke materiaalstroom betrokken bij 'vervoer door de lucht': vooral waar het de koppeling betreft met "Reparatie en installatie van machines" raakt het aan de voor de circulaire economie zo wezenlijke activiteiten op het gebied van onderhoud en reparatie.

De volgende paden (Tabel 20) c.q. intersectorale ketens vertegenwoordigen de binnenlandse emissie van CO₂ naar lucht. De getoonde hoeveelheden geven aan welke emissiehoeveelheid betrekking heeft op de intersectorale keten. De laatste drie kolommen geven aan welk percentage het specifieke pad inneemt in de totale emissie van CO₂ naar lucht van de genoemde SBI-2 sector. Het bovenste pad ("Energiebedrijven – Landbouw en bosbouw – Overige industrie") neemt bijvoorbeeld 0,7% van de emissie van energiebedrijven in beslag.

Tabel 20 Binnenlandse emissie van CO₂ (géén CO₂-eq!) naar lucht voor de geïdentificeerde paden/intersectorale ketens.

Van	Via	Naar	kton CO ₂	% van 1 ^e ("Van")	% van 2 ^e ("Via")	% van 3 ^e ("Naar")
Energiebedrijven	Landbouw en bosbouw	Overige industrie	197	0,7	2,7	1,1
Landbouw en bosbouw	Overige industrie	Diensten, afval en water, overige sectoren	178	2,5	1,0	0,5
Energiebedrijven	Overige industrie	Diensten, afval en water, overige sectoren	16	0,6	0,9	0,5
Energiebedrijven	Basismetaalindustrie	Overige industrie	145	0,5	2,6	0,8
Energiebedrijven	Diensten, afval en water, overige sectoren	Overige industrie	140	0,5	0,4	0,8
Energiebedrijven	Winning van aardolie en aardgas	Diensten, afval en water, overige sectoren	127	0,5	3,1	0,3
Energiebedrijven	Winning van aardolie en aardgas	Chemie en farmaceutische industrie	94	0,4	2,3	0,5
Energiebedrijven	Winning van aardolie en aardgas	Aardolie-industrie	89	0,3	2,2	0,9
Basismetaalindustrie	Overige industrie	Diensten, afval en water, overige sectoren	78	1,4	0,4	0,2
Landvervoer (weg en rail)	Diensten, afval en water, overige sectoren	Overige industrie	77	0,3	0,2	0,4
Landbouw en bosbouw	Overige industrie	Bouwnijverheid	63	0,9	0,3	2,4
Energiebedrijven	Overige industrie	Bouwnijverheid	59	0,2	0,3	2,2
Energiebedrijven	Chemie en farmaceutische industrie	Overige industrie	57	0,2	0,3	0,3
Energiebedrijven	Bouwnijverheid	Diensten, afval en water, overige sectoren	56	0,2	2,1	0,2
Energiebedrijven	Diensten, afval en water, overige sectoren	Bouwnijverheid	52	0,2	0,1	2,0
Energiebedrijven	Winning van aardolie en aardgas	Overige industrie	44	0,2	1,1	0,2
Overige industrie	Bouwnijverheid	Diensten, afval en water, overige sectoren	42	0,2	1,6	0,1
Energiebedrijven	Overige industrie	Landbouw en bosbouw	41	0,2	0,2	0,6
Energiebedrijven	Winning van aardolie en aardgas	Landbouw en bosbouw	36	0,1	0,9	0,5

Van	Via	Naar	kton CO ₂	% van 1 ^e ("Van")	% van 2 ^e ("Via")	% van 3 ^e ("Naar")
Chemie en farmaceutische industrie	Overige industrie	Diensten, afval en water, overige sectoren	35	0,2	0,2	0,1
Aardolie-industrie	Luchtvaart	Diensten, afval en water, overige sectoren	35	0,3	3,2	0,1
Energiebedrijven	Diensten, afval en water, overige sectoren	Chemie en farmaceutische industrie	34	0,1	0,1	0,2
Energiebedrijven	Landvervoer (weg en rail)	Diensten, afval en water, overige sectoren	34	0,1	0,1	0,1
Energiebedrijven	Chemie en farmaceutische industrie	Diensten, afval en water, overige sectoren	32	0,1	0,2	0,1
Landvervoer (weg en rail)	Landbouw en bosbouw	Overige industrie	31	0,1	0,4	0,2
Energiebedrijven	Diensten, afval en water, overige sectoren	Landvervoer (weg en rail)	30	0,1	0,1	0,1
Landvervoer (weg en rail)	Diensten, afval en water, overige sectoren	Bouwnijverheid	29	0,1	0,1	1,1
Basismetalaalindustrie	Overige industrie	Bouwnijverheid	28	0,5	0,2	1,0
Landbouw en bosbouw	Overige industrie	Chemie en farmaceutische industrie	27	0,4	0,1	0,1
Totale emissie stationaire en mobiele bronnen⁶³ exclusief huishoudens (NL, 2012)				162.940 kton CO₂		

Deze nationale emissies hebben tot nu toe in dit document nog weinig aandacht gekregen: de focus lag qua impactanalyse vooral op de integrale milieu-impact van de verbruikte grondstoffen. We zien dat het ook en vooral de energiebedrijven zijn die verantwoordelijk zijn voor de binnenlandse CO₂-emissies. Hierbij spelen de emissies vooral een rol bij levering van energie aan sectoren als:

- Basismetaal.
- Diensten, afval, water.
- Winning van aardolie en aardgas.
- Aardolie-industrie.

Daarnaast is ook een relevante rol met betrekking tot binnenlandse CO₂-productie weggelegd voor:

- Basismetaal (als emitter van CO₂).
- Landvervoer.
- Landbouw.
- Bouwnijverheid.
- Chemie.

De activiteiten en materiaalstromen die in deze sectoren en ketens spelen (en de impact van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie daarop), zouden meer dan bij andere sectoren en ketens een rol kunnen spelen bij het behalen van de nationale broeikasgasemissie-doelstellingen. De relatieve bijdrage van die ketenactiviteiten aan de nationale emissies zou op basis van deze ketenanalyse verricht kunnen worden; de aard van de activiteiten die emissies vervolgens verlagen zou onderwerp kunnen worden van transitieagenda's.

⁶³ Onder de stationaire bronnen vallen onder andere de vuurhaarden (zoals ovens, kachels en ketels), industriële processen en overige niet-mobiele activiteiten zoals het gebruik van spuitbussen en verf en ontleding van mest (ammoniak). Mobiele bronnen zijn transportmiddelen en mobiele werktuigen met een verbrandingsmotor, inclusief buitenlandse transportmiddelen.

8.5.4 *Afsluitende opmerkingen met betrekking tot de Structural Path Analysis*
De materiaalstromen die onderdeel zijn van het RPCE zijn goed vertegenwoordigd in de meest materiaal intensieve ketens in de Nederlandse economie.

De indirecte impacts zijn ruim een derde van de totale directe impacts. Dat is een veel groter aandeel dan doorgaans gevonden wordt bij monetaire statische input/output analyses. De omvang van de indirecte impacts in bovenstaande analyse komt voort uit het feit dat materiaalgebruik en waardontwikkeling door de keten een tegengestelde beweging doormaken: de waarde neemt sowieso toe, het directe materiaalgebruik (per sector) neemt regelmatig af door de keten heen.

Een statische input/output analyse geeft een eerste beeld van de verhoudingen van directe impacts en indirecte impacts van interventies door overheden en bedrijfsleven op het materiaalgebruik. Economische theorie, ondersteund door empirie, suggereert echter dat interventies allerlei moeilijk voorspelbare effecten, hogere orde effecten, zullen hebben. Voorbeelden van deze effecten zijn strategische keuzes ten aanzien van. vestigingslocatie, verdienmodel, productontwerp, consumptiepatroon etc. Het verdient in vervolgonderzoek dan ook aanbeveling om deze effecten te modelleren, bijvoorbeeld met behulp van Algemene Evenwichtsmodellen. Daarbij is het essentieel om scenario's te formuleren ten aanzien van materiaalgebruik in Nederland. Een goed "Business-As-Usual"(BAU)-scenario is dan bij uitstek relevant. De dynamiek van moderne economieën, bijvoorbeeld gedreven door R&D investeringen of een noodzaak tot efficiënt produceren, brengt met zich mee dat bepaalde ontwikkelingen autonoom zullen plaatsvinden, los van het RPCE. Deze autonome ontwikkelingen worden beschreven in een BAU-scenario.

9 Conclusies en aanbevelingen

9.1 Conclusies en kanttekeningen

De uitdaging van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie is om ambitieuze, concrete en relevante doelen te stellen en die met maatschappelijke stakeholders om te kunnen zetten in actie- en transitieagenda's. Deze ex-ante-evaluatie geeft aan welke doelstellingen op dit moment al geoperationaliseerd kunnen worden (op basis van reeds bestaande roadmaps en routekaarten) en doet ook enkele suggesties voor operationele doelstellingen (bijvoorbeeld op basis van verwachtingen omtrent technologiedoorbraken) en hoe de consequenties daarvan doorgerekend kunnen worden. Deze set voorbeelden is zeker niet volledig en sluitend, maar tracht slechts een indicatie te geven hoe operationalisering zou kunnen plaatsvinden, en welke consequenties dat zou hebben voor het gehele programma.

Die resultaten laten zien dat op het gebied van de inzet van bouwmaterialen en op het gebied van fossiele grondstoffen ten behoeve van materiaalproductie stevige aanknopingspunten bestaan voor een concreet Circulaire Economieprogramma. Op het gebied metalen (waaronder niet alleen metalen, maar ook producten waarin gebruik gemaakt wordt van metalen, zoals high-tech-equipment) ligt nog een stevige uitdaging. Er zijn weinig aanknopingspunten gevonden waarmee de strategische doelstellingen daarvoor konden worden geoperationaliseerd. Deze categorie is van groot belang omdat de specifieke milieu-impact van deze categorie materialen groot is. Voor de volledigheid wordt hier nogmaals de overkoepelende analyse getoond (zie verder hoofdstuk 8):

Tabel 21 Schatting van mogelijke reductie van grondstoffengebruik en de milieu-impact daarvan (2030 t.o.v. 2012)

	Grondstoffen-reductie (Mton)	CO ₂ -emissie-reductie (miljard kg CO ₂ eq.)	WATERVERBRUIK-reductie (miljard liter)	Landverbruik-reductie (km ² /jaar)
Fossiel (alleen chemie)	1	2	35	76
Metaal	0,5 – 0,7	2-3	6-8	155-214
Mineraal	8 - 23	4 - 11	12-37	190-590
TOTALE REDUCTIE	9,5 -23,7	8 - 16	53-80	421- 880
Overkoepelende ambitie RPCE (50% reductie)	23,6	17	66	1103
Resultaat van specifieke maatregelen t.o.v. ambitie	40 -100%	45 -100%	80-100%	40- 80%

Met betrekking tot de reductie van grondstofbehoefte voor 'metalen' is het opvallend dat er vrijwel geen activiteiten zijn geformuleerd in het RPCE die tot doel hebben levensduurverlenging en intensiever gebruik (eventueel ondersteund door een verandering in dominante businessmodellen) te stimuleren. Het zijn juist deze stappen die de meest waardecreërende stappen vertegenwoordigen volgens het door de Ellen MacArthur Foundation neergezette concept van een circulaire economie (de zogenaamde 'inner circles'). Het zijn juist deze activiteiten die in 2013 in het rapport "Kansen voor de Circulaire Economie voor Nederland" leidden tot de

inschatting dat een circulaire economie een significante toegevoegde waarde zou kunnen vertegenwoordigen. Bij de uitwerking van transitie-agenda's zouden dergelijke handelingsperspectieven nadrukkelijker de aandacht verdienen.

De in het kader van deze studie uitgevoerde Structural Path Analysis liet zien dat de materiaalstromen die in het RPCE zijn meegenomen inderdaad nauw verwant zijn aan de meest materiaal-intensieve sectoren van Nederland. Deze SPA geeft bovendien inzicht in die ketenpartijen die intensief met elkaar verbonden zijn, en dus betrokken zouden moeten zijn bij het opstellen van transitie-agenda's. De SPA levert op die wijze een toets op voor de bij die agenda's te betrekken stakeholders.

De resultaten van de structurele-pad-analyse (SPA) bevestigen het beeld van het belang van de materiaalstromen gerelateerd aan de bouwketen. Verschillende aan de bouw gerelateerde sectoren⁶⁴ zijn betrokken bij de grootste materiaalstromen en blijken ook intensieve onderlinge ketenrelaties te hebben. Ook de sectoren Openbaar bestuur en overheidsdiensten en Rubber- en kunststofproductindustrie blijken een zeer intensieve relatie met de bouwketen te vertonen.

Tal van strategische doelstellingen uit de verschillende prioriteiten bleken nauw verwant te zijn. Indien de huidige indeling in prioriteiten leidt tot transitie-agenda's langs dezelfde lijnen, dient bewaakt te worden dat acties niet aangrijpen op dezelfde materialen en dus overlappen. Dit leidt niet tot het gewenste resultaat voor die materiaalstromen en tot ineffectieve uitkomst van transitie-agenda's.

De discussie omtrent het uiteindelijke doel waaraan dit programma zou moeten bijdragen is in dit rapport niet uitvoerig gevoerd. Het RPCE zelf gaat in op de relatie tussen de doelstellingen van het programma, de explosieve groei van de vraag naar grondstoffen, de afhankelijkheid van andere landen en de samenhang met de klimaatuitdaging. In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt een beeld geschetst van de geschatte gevolgen van reductie van materiaalconsumptie voor (integrale, niet slechts op Nederland gerichte) broeikasgasemissies, land- en watergebruik.

Het primaire doel van het RPCE, de reductie van de primaire grondstofbehoefte, is een uitdagende opgave voor grondstofconsumerende sectoren, waaronder de bouw. De impact van de productie van verschillende typen grondstoffen op het milieu, op broeikasgasemissie, op het verminderen van leveringsonzekerheid en het benutten van economische kansen is echter sterk wisselend. Het is dan ook raadzaam om de achterliggende doelen over milieu, leveringszekerheid en economische kansen expliciet te formuleren en te koppelen aan te reduceren materiaalgebruik. Hierdoor komt de focus automatisch te liggen op impactrijke grondstoffen- en productketens.

De wijze waarop CO₂-equivalenten-emissiereductie overigens wordt meegenomen (binnenlandse emissie, of integrale emissie in de hele waardeketen, dus ook internationaal) is een politiek besluit, waar hier niet verder op wordt ingegaan. Daarnaast is het zaak een gelijkwaardig doel te formuleren dat de uitdagingen met betrekking tot leveringszekerheid adresseert.

⁶⁴ Denk aan: Bouwmaterialenindustrie, Gespecialiseerde bouw, Verhuur en handel van onroerend goed, Grond-, water- en wegebouw, Algemene bouw en projectontwikkeling, Architecten-, ingenieursbureaus e.d., Delfstoffenwinning (grind, zand voor bouwmaterialen)

9.2 Suggesties en aanbevelingen

De analyse van het RPCE en van de daarin verwoorde doelstellingen leidt tot een aantal suggesties en aanbevelingen voor de transitieteams:

- 1) Bij het opzetten van transitieagenda's is het essentieel dat een koppeling gemaakt kan worden tussen voorgestelde acties en de specifieke impact op de relevante indicatoren, waardoor niet alle inspanning gaat zitten op mogelijk en ogenschijnlijk laaghangend fruit dat echter een geringe bijdrage levert aan bovenliggende doelen.
Voor een eenduidige wijze waarop dat gedaan zou moeten worden, is het aan te bevelen transitieteams te ondersteunen in het analyseren van de impact van door hun in gang gezette maatregelen. Daarbij kunnen overlappende richtingen (zoals biomassa, kunststoffen, inzet huishoudelijk restafval) worden geïdentificeerd en wordt voorkomen dat deze per transitie-agenda worden 'ingeboekt' als positieve bijdrage aan het overall doel.
- 2) Tijdens de analysefase bleek dat tal van strategische doelstellingen moeilijk of niet tot operationalisering zijn te brengen op basis van beschikbare kennis of literatuur. Het zal een opgave voor elk van de transitieteams zijn om elk van die lacunes te adresseren en te besluiten hoe tot operationalisering om te gaan.
- 3) Er is in het huidige RPCE weggelegd weinig aandacht voor de impact van activiteiten als onderhoud en reparatie, hergebruik en refurbishment (oftewel de zogenaamde 'inner circles' in het beroemde schema van de Ellen MacArthur Foundation, die sterk bijdragen aan waardecreatie). Met name de prioriteit 'Maakindustrie' zou sterk kunnen profiteren van dergelijke aanpakken. Mede ten behoeve van het streven naar zoveel mogelijk waardecreatie zouden de transitieteams deze lacune in het huidige RPCE op kunnen vullen.
- 4) Dit werk geeft een kwantitatieve duiding aan van de doelstellingen, en niet van de haalbaarheid. Noch in de zin van *technology readiness level* (TRL), noch in de zin van het analyseren van de werking van het innovatiesysteem. Een brede analyse van de eventuele barrières zou deel uit moeten maken van een systematische aanpak binnen de transitieteams. De transitieteams zouden hierbij bijvoorbeeld de TIS⁶⁵-analyses als werkwijze kunnen toepassen, waarin de werking van innovatiesystemen onder de loep wordt genomen.
- 5) Elk van de transitieteams zou zich moeten buigen over de vraag of specifieke milieu-impacts toe te schrijven zijn aan activiteiten binnen Nederland of aan activiteiten in de gehele waardeketen, dus inclusief emissies in het buitenland (ondersteund door het gezamenlijke programma dat hiervoor al werd genoemd).
- 6) De transitieteams zouden bij elk van de te ondernemen acties stil kunnen staan bij de vraag of het verbeteren van leveringszekerheid een rol speelt en of dit nader uitgewerkt dient te worden, in de vorm van een operationeel doel met een adequate indicator.
- 7) Een uitdagende activiteit voor de transitieteams zal zijn de assessment van de micro- en macro-economische aspecten (banen, R&D, kennisposities, institutionele innovatie etc.) over de ketens heen van de transitie-agenda. Een gezamenlijke aanpak en methode verdient hier weer de voorkeur.
- 8) Aan elk van de transitieteams kan gevraagd worden een onderscheid te maken tussen een business-as-usual-scenario te maken, en een scenario met

⁶⁵ TIS = *Technological Innovation Systems*.

overheidsingrijpen; een dergelijke scenario-aanpak paste niet in de scope van de huidige verkenning, maar is essentieel om eventuele additionele inspanningen van overheid en bedrijfsleven te verantwoorden.

- 9) Bij de samenstelling van transitie-teams is het van belang ketenpartijen te selecteren die gezamenlijk verantwoordelijk zijn voor het grondstoffenverbruik en de daarmee samenhangende milieu-impact. De in dit rapport gehanteerde Structural Path Analysis (die op basis van de Nationale Rekeningen de samenhang in de nationale economie toont) levert een toets op voor de bij die agenda's te betrekken stakeholders.

Bijlage 1 SBI-2 sectoren

A	LANDBOUW
01	Landbouw, jacht en dienstverlening voor de landbouw en jacht
02	Bosbouw, exploitatie van bossen en dienstverlening voor de bosbouw
03	Visserij en kweken van vis en schaaldieren
B	Winning van delfstoffen
06	Winning van aardolie en aardgas
08	Winning van delfstoffen (geen olie en gas)
09	Dienstverlening voor de winning van delfstoffen
C	INDUSTRIE
10	Vervaardiging van voedingsmiddelen
11	Vervaardiging van dranken
12	Vervaardiging van tabaksproducten
13	Vervaardiging van textiel
14	Vervaardiging van kleding
15	Vervaardiging van leer, lederwaren en schoenen
16	Primaire houtbewerking en vervaardiging van artikelen van hout, kurk, riet en vlechtwerk (geen
17	Vervaardiging van papier, karton en papier- en kartonwaren
18	Drukkerijen, reproductie van opgenomen media
19	Vervaardiging van cokesovenproducten en aardolieverwerking
20	Vervaardiging van chemische producten
21	Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen en producten
22	Vervaardiging van producten van rubber en kunststof
23	Vervaardiging van overige niet-metaalhoudende minerale producten
24	Vervaardiging van metalen in primaire vorm
25	Vervaardiging van producten van metaal (geen machines en apparaten)
26	Vervaardiging van computers en van elektronische en optische apparatuur
27	Vervaardiging van elektrische apparatuur
28	Vervaardiging van overige machines en apparaten
29	Vervaardiging van auto's, aanhangwagens en opleggers
30	Vervaardiging van overige transportmiddelen
31	Vervaardiging van meubels
32	Vervaardiging van overige goederen
33	Reparatie en installatie van machines en apparaten
D	Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht
35	Productie en distributie van en handel in elektriciteit, aardgas, stoom en gekoelde lucht
E	Winning en distributie van water; afval- en afvalwaterbeheer en sanering
36	Winning en distributie van water
37	Afvalwaterinzameling en -behandeling
38	Afvalinzameling en -behandeling; voorbereiding tot recycling
39	Sanering en overig afvalbeheer

F	Bouwnijverheid
41	Algemene burgerlijke en utiliteitsbouw en projectontwikkeling
42	Grond-, water- en wegenbouw (geen grondverzet)
43	Gespecialiseerde werkzaamheden in de bouw
G	Groot- en detailhandel; reparatie van auto's
45	Handel in en reparatie van auto's, motorfietsen en aanhangers
46	Groothandel en handelsbemiddeling (niet in auto's en motorfietsen)
47	Detailhandel (niet in auto's)
H	Vervoer en opslag
49	Vervoer over land
50	Vervoer over water
51	Luchtvaart
52	Opslag en dienstverlening voor vervoer
53	Post en koeriers
I	Logies-, maaltijd- en drankverstrekking
55	Logiesverstrekking
56	Eet- en drinkgelegenheden
J	Informatie en communicatie
58	Uitgeverijen
59	Productie en distributie van films en televisieprogramma's; maken en uitgeven van geluidsopnamen
60	Verzorgen en uitzenden van radio- en televisieprogramma's
61	Telecommunicatie
62	Dienstverlenende activiteiten op het gebied van informatietechnologie
63	Dienstverlenende activiteiten op het gebied van informatie
K	Financiële instellingen
64	Financiële instellingen (geen verzekeringen en pensioenfondsen)
65	Verzekeringen en pensioenfondsen (geen verplichte sociale verzekeringen)
66	Overige financiële dienstverlening
L	Verhuur van en handel in onroerend goed
68	Verhuur van en handel in onroerend goed
M	Advisering, onderzoek en overige specialistische zakelijke dienstverlening
69	Rechtskundige dienstverlening, accountancy, belastingadvisering en administratie
70	Holdings (geen financiële), concerndiensten binnen eigen concern en managementadvisering
71	Architecten, ingenieurs en technisch ontwerp en advies; keuring en controle
72	Speur- en ontwikkelingswerk
73	Reclame en marktonderzoek
74	Industrieel ontwerp en vormgeving, fotografie, vertaling en overige consultancy
75	Veterinaire dienstverlening
N	Verhuur van roerende goederen en overige zakelijke dienstverlening
77	Verhuur en lease van auto's, consumentenartikelen, machines en overige roerende goederen
78	Arbeidsbemiddeling, uitzendbureaus en personeelsbeheer
79	Reisbemiddeling, reisorganisatie, toeristische informatie en reserveringsbureaus
80	Beveiliging en opsporing
81	Facility management, reiniging en landschapsverzorging
82	Overige zakelijke dienstverlening

O	Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen
84	Openbaar bestuur, overheidsdiensten en verplichte sociale verzekeringen
P	Onderwijs
85	Onderwijs
Q	Gezondheids- en welzijnszorg
86	Gezondheidszorg
87	Verpleging, verzorging en begeleiding met overnachting
88	Maatschappelijke dienstverlening zonder overnachting
R	Cultuur, sport en recreatie
90	Kunst
91	Culturele uitleencentra, openbare archieven, musea, dieren- en plantentuinen, natuurbehoud
92	Loterijen en kansspelen
93	Sport en recreatie
S	Overige dienstverlening
94	Levensbeschouwelijke en politieke organisaties, belangen- en ideële organisaties, hobbyclubs
95	Reparatie van computers en consumentenartikelen
96	Wellness en overige dienstverlening; uitvaartbranche
T	Huishoudens als werkgever; niet-gedifferentieerde productie van goederen en diensten door huishoudens voor eigen gebruik
97	Huishoudens als werkgever van huishoudelijk personeel
98	Niet-gespecificeerde productie van goederen en diensten door particuliere huishoudens voor eigen
U	Extraterritoriale organisaties en lichamen
99	Extraterritoriale organisaties en lichamen

Bijlage 2 Milieu-impact van grondstoffengroepen

Bij de bepaling van de milieu-impact van het Domestic Material Consumption (DMC) is gebruik gemaakt van kengetallen op het gebied van CO₂(-equivalenten)-emissies, waterverbruik en landgebruik gerelateerd aan de *productie* van deze grondstoffen in de waardeketen.

Voor de materiaalgroepen van fossiele grondstoffen (alleen voor chemie, niet voor brandstoffen), metalen en mineralen staan deze kengetallen gegeven in Tabel 22. Deze milieukengetallen zijn zeer grof, omdat zij de gemiddelde impacts van grondstoffenwinning van alle materialen in een materiaalgroep omvatten.

Tabel 22 Milieukentallen voor de productie van grondstoffen, per materiaalgroep.

	CO ₂ -kental (kg CO ₂ - eq/kg)	Waterkental (1000 m ³ /kg)	Landkental (m ² jaar/kg)
Fossiel (alleen chemie)	2,04	35,60	0,08
Metaal	3,46	10,85	0,29
Mineraal	0,48	1,59	0,03

De milieukentallen zijn berekend aan de hand van algemene bronnen en methodes voor levenscyclusanalyse (LCA): het standaard LCA-softwareprogramma SimaPro v.8.2.0 en de veelgebruikte (internationale) database ecoinvent v3.2. Voor het bepalen van de CO₂-, water- en landkentallen zijn de methodes gebruikt die zijn weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23 Gehanteerde impactassessmentmethodes voor het bepalen van kentallen.

Impact	Assessmentmethode
CO ₂ -equivalenten	IPCC GWP100a
Waterverbruik	Berger et al 2014 (Water Scarcity)
Landgebruik	Ecological Footprint, alleen land occupation (exclusief landgebruik voor CO ₂ & nucleair)

De kentallen zijn berekend op basis van een "materialenmix" per materiaalgroep. In één geval was een standaard materiaalmix voor handen (fossiele grondstoffen). Voor de andere twee groepen was er geen materiaalmix voor handen en daarom is een gemiddelde mix samengesteld op basis van verbruiksgegevens van deze materialen in Nederland. In alle gevallen is een wereldwijde productiemix in ogenschouw genomen, omdat veel materialen die in Nederland gebruikt worden, uit het buitenland afkomstig zijn en de milieu-impacts dus niet enkel voor de Nederlandse situatie gelden, maar wereldwijd van invloed zijn. De gehanteerde mixen zijn weergegeven in Tabel 24.

Tabel 24 Samenstelling van materiaalmixen zoals gehanteerd voor de berekening van milieukentallen.

Fossiele grondstoffen (alleen chemie, geen brandstoffen):	% in mix
Chemical, organic {GLO} market for Alloc Def, U (bevat een mix van meest gebruikte chemicaliën)	100%
Metalenmix:	
Pig iron {GLO} market for Alloc Def, U	90,000%
Aluminium, primary, liquid {GLO} market for Alloc Def, U	5,000%
Bronze {GLO} market for Alloc Def, U	0,010%
Cadmium {GLO} market for Alloc Def, U	0,010%
Chromium {GLO} market for Alloc Def, U	0,010%
Cobalt {GLO} market for Alloc Def, U	0,010%
Copper {GLO} market for Alloc Def, U	2,000%
Gold {GLO} market for Alloc Def, U	0,001%
Lead {GLO} market for Alloc Def, U	0,100%
Magnesium {GLO} market for Alloc Def, U	0,010%
Manganese {GLO} market for Alloc Def, U	0,010%
Nickel, 99.5% {GLO} market for Alloc Def, U	2,000%
Platinum {GLO} market for Alloc Def, U	0,001%
Silver {GLO} market for Alloc Def, U	0,001%
Tin {GLO} market for Alloc Def, U	0,010%
Zinc {GLO} market for Alloc Def, U	1,000%
Mineralenmix:	
Natural stone plate, cut {GLO} market for Alloc Def, U	11,4%
Cement, unspecified {GLO} market for Alloc Def, U	40,0%
Gypsum, mineral {GLO} market for Alloc Def, U	11,4%
Sodium chloride, powder {GLO} market for Alloc Def, U	20,0%
Silica sand {GLO} market for Alloc Def, U	17,1%
Phosphate rock, as P2O5, beneficiated, wet {GLO} market for Alloc Def, U	0,1%

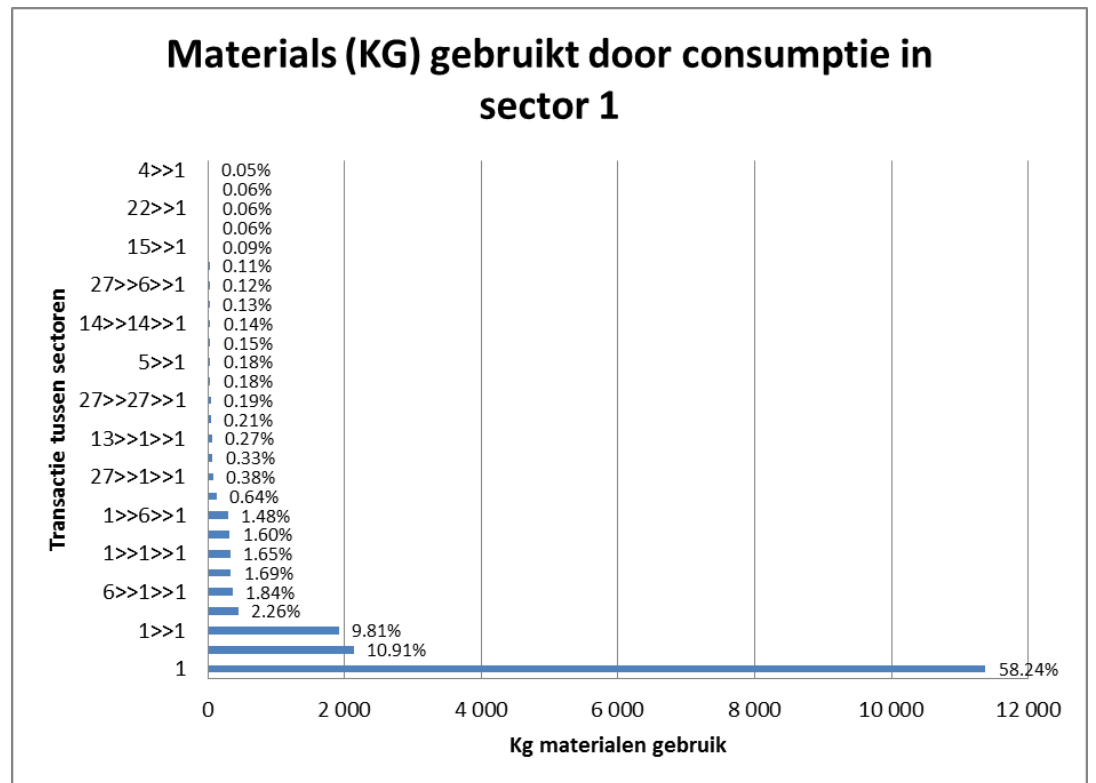
Sturen op CO₂ in plaats van materiaalgebruik - implicaties voor methodiek

Het Rijksbrede Programma stelt zich vooralsnog ten doel om verbruik van primaire materialen te reduceren. De hierboven aangegeven methodiek laat zien dat het mogelijk is om materiaalgebruik te vertalen naar (o.a.) CO₂-emissies. In dit geval betreft het alle CO₂-emissies die met de productie van de grondstoffen in de hele leveringsketen (van mijn tot finaal binnenlands gebruik) gepaard gaan. Door gebruik te maken van de Nationale Rekeningen en de Milieu-monitor is het ook mogelijk in te zoomen op de CO₂-emissie die (door productie of gebruik) rechtstreeks aan binnenlandse emissie is te koppelen. De analyse in paragraaf 8.5 illustreert dat. Daarmee is duidelijk dat sturing op CO₂-emissie in plaats van op materiaalverbruik wel degelijk mogelijk is. De beslissing of daarmee ingezoomd zou moeten worden op binnenlandse emissies of op de totale emissies in de gehele leveringsketen is een politieke stellingname.

Wat betreft de methodiek uit deze studie geldt dat alle feiten en operationaliseringen uit eerdere hoofdstukken bruikbaar blijven. Het is vervolgens wel noodzakelijk een kwantitatief model te gebruiken dat wereldwijde economische activiteiten in kaart brengt en de impact van maatregelen op Rijksniveau kan vertalen naar alle drie de relevante scopes van COP21 (te weten: 1) directe emissie, 2) emissie door gebruik en 3) emissie in de wereldwijde keten). Voorbeelden van dergelijke modellen zijn EXIOMOD, GTAP of E3ME.

Bijlage 3 Voorbeeld vinden van paden over drie intersectorale relaties

De onderstaande grafiek illustreert hoe intersectorale relaties bijdragen aan de materiaalconsumptie van een sector, in dit geval sector 1 “de landbouw”. Het wordt meteen duidelijk dat het directe materiaalgebruik door de sector zelf dominant is, aangevuld met de intrasectorale aanbod-gebruiksrelaties “binnen” de landbouw. Het grootste unieke pad, c.q. intersectorale keten loopt van 27 naar 6 naar 1 (reparatie van machines-delfstoffenwinning-landbouw) en draagt voor 0,12% bij aan het materiaalgebruik van de landbouw.



Figuur 20 Voorbeeld van padanalyse.

Bijlage 4 Methodiek statische IO analyse in meer detail

De relatie in de input/outputtabel geven aan welke sectoren in de Nederlandse economie hun goederen en/of diensten leveren aan andere sectoren. De tabel schetst een macro-economisch beeld van de binnenlandse economische relaties, met inbegrip van import, export, finale consumptie en investeringen in vaste activa.

Tabel 25 Versimpelde klassieke weergave van input/outputtabel (Michielsen, 1961).

INPUT (aankoop)	Intermediaire aanwendungen					Finale vraag						Totale Inputs
	Landbouw	Energie	Verwerkende nijverheid	Handel, transport	TOTAAL	Particuliere consumptie	Overheidsconsumptie	Investerings	Uitvoer	Voorraadwijziging	TOTAAL	
OUTPUT (verkoop)												
1. Landbouw			800	140	940	500			50	50	600	1540
2. Energie	15	125	240	100	480	600	100				700	1180
3. Verwerkende Nijverheid	200	60	1000	210	1470	3000	400	2000	400	200	6000	7470
4. Handel, transport	100	50	360	30	540	2000					2000	2540
Totaal aankopen door sectoren verricht en voor finale aan- wending gedaan	315	235	2400	480	3430	6100	500	2000	450	250	9300	
Niet-konkurrentiele invoer		70	350	190	610	160		100			260	
Bruto toegevoegde waarde	1225	945	5070	2060	9300							

We kunnen bijvoorbeeld een 2 bij 2 input/output matrix bedenken, waarbij de beide sectoren een respectievelijke output (productiewaarde in Euro) hebben van 100 en 50:

$$A = \begin{pmatrix} 25/100 & 20/50 \\ 14/100 & 6/50 \end{pmatrix}$$

De kosten aan arbeid, in een 1 x 2 vector, worden aangenomen op:

$$l = (61/100 \quad 24/50)$$

De kolommen van matrix A en vector l geven een simpele 'productiefunctie' die de numerieke waarde tussen inputs beschrijft (inputs van eigen of andere sector, arbeid en eventueel andere inputs zoals gebruik van activa of energie. De waarden 50 en 100 staan voor de waarde van de outputs van de sectoren.

De introductie van de productiefactoren maken een cruciale stap mogelijke: een set aan vergelijkingen die de relatie tussen sectoren ("A"), productiefactor arbeid ("L") en finale consumptie (f) per output waarde x beschrijven:

$$x = Ax + f$$

$$L = lx$$

Er blijven drie vergelijkingen staan: de eerste stelt de totale productie (x) vast op basis van de A coëfficiënten matrix (Ax) en de ander stelt de finale consumptie (f).

De A-coëfficiëntmatrix staat voor productietechnologie in een economie (“wat heeft welke sector nodig om output te genereren”) en de arbeidsmatrix L staat voor de arbeidsmarkt.

De finale (huishoudelijke) consumptie kan afzonderlijk worden vastgesteld en vermeld via “f”. De simpele opzet van het besproken input/output model geeft aan welke input aan A en L nodig is om een eenheid “f” te maken.

Gegeven f en l, het model geeft totale productiewaarde x via:

$$x = (I - A)^{-1}f$$

voor de prijs van x via

$$p = p(I - A)^{-1}$$

De matrix $(I - A)^{-1}$ wordt ook wel als uitgedrukt als $[a_{ij}]$. De matrix staat voor de “Leontief inverse”, die ingezet kan worden in veel input/output modelleringen en ook bekend staat als multipliermatrix.

Door het vermenigvuldigen van met de finale consumptie in “ $x = (I - A)^{-1}f$ ” kan voor elke input/output relatie bekeken worden wat de hotspot is in A van deze consumptie. Door het vervangen van f met een milieu-impactvector, een exportvector en een totaal intermediair gebruiksvectoren kan voor elk van deze vectoren de hotspot worden bepaald. Dit is wat in stap 2 van dit onderzoek is verkend; zie voor de resultaten in paragraaf 8.5. Zie voor een uitgebreid overzicht van hotspots volgens de formule $x = (I - A)^{-1}f$ bijlage 5.

Bijlage 5 Belangrijkste indirecte hotspots in Kt op basis fysieke gebruiksrelaties 2012, $x = (I - A)^{-1}f$

	Landbouw	Delfstoffenwinning (geen olie en gas)	Voedingsmiddelenindustrie	Drankenindustrie	Houtindustrie	Papierindustrie	Aardolie-industrie	Chemische industrie	Basismetalaalindustrie	Rubber- en kunststofproductieindustrie	Bouwmaterialenindustrie	Metaalproductenindustrie	Elektrotechnische industrie	Elektrische apparatenindustrie	Machine-industrie	Auto- en aangedrevenindustrie	Overige transportmiddelenindustrie	Meubelindustrie	Overige industrie	Energiebedrijven	Algemene bouw en projectontwikkeling	Grond-, water- en wegenbouw	Gespecialiseerde bouw	Groothandel en handelsbemiddeling	Totaal andere sectoren	Totaal	
Landbouw	900	806	922	147	69	85	29	38	287	15	29	72	19	25	9	11	27	4	9	6	30	21	15	3	6	610	5 193
Bosbouw	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	1	1	0	1	3	0	0	2	23	37
Visserij	1	6	6	0	0	1	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	20	51
Winning van aardolie en aardgas	1	1	0	0	4	1	5	3	4	1	5	0	1	4	6	2	34	7	7	1	5	16	3	1	3	360	475
Delfstoffenwinning (geen olie en gas)	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	55	65	
Voedingsmiddelenindustrie	559	197	693	419	199	348	12	60	642	91	124	216	73	45	30	37	49	8	20	6	21	19	9	6	14	1 210	14 108
Drankenindustrie	8	63	63	3	6	50	6	14	12	16	13	17	31	1	8	9	3	1	5	1	4	3	2	1	5	154	499
Tabaksindustrie	7	8	0	1	1	13	1	12	26	6	4	0	1	1	0	3	4	0	1	1	1	1	1	0	1	59	155
Textiel-, kleding-, lederindustrie	18	23	3	3	1	9	3	27	79	8	4	0	1	7	0	1	8	1	2	1	3	2	1	0	1	154	359
Houtindustrie	0	0	0	0	0	0	5	1	1	4	3	0	1	0	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	23	46
Papierindustrie	1	9	10	0	10	123	3	63	68	18	13	1	1	2	1	28	9	3	8	1	4	3	2	1	2	151	535
Grafische industrie	0	0	0	0	0	3	2	3	7	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	30	57
Aardolie-industrie	7	67	67	3	13	10	121	127	269	16	6	5	1	9	4	4	34	6	6	2	5	13	11	2	3	347	1 155
Chemische industrie	10	105	108	4	18	22	231	749	958	254	49	15	10	25	21	11	439	22	67	23	24	72	15	7	8	1 286	9 552
Farmaceutische industrie	4	140	155	1	7	29	4	16	33	18	9	14	6	2	1	4	6	1	2	1	3	3	2	1	4	140	604
Rubber- en kunststofproductieindustrie	13	21	8	2	5	13	3	158	452	104	68	3	2	4	2	4	41	2	7	3	3	7	1	2	2	172	1 101
Bouwmaterialenindustrie	0	1	0	0	1	23	1	9	21	18	16	18	44	2	4	2	4	2	2	1	2	5	1	1	1	123	301
Basismetalaalindustrie	4	4	0	1	1	4	2	7	16	4	5	2	4	18	10	7	16	15	10	4	12	14	8	4	4	350	525
Metaalproductenindustrie	1	1	1	0	1	5	2	7	15	18	19	10	5	12	107	19	7	84	43	2	7	10	4	10	2	236	627
Elektrotechnische industrie	1	1	0	0	1	9	3	8	15	7	7	4	6	5	21	13	11	4	8	9	12	15	3	8	8	269	448
Elektrische apparatenindustrie	2	3	1	0	0	2	2	7	20	9	7	2	4	1	4	2	3	5	1	1	7	4	1	1	1	101	194

Ex-ante evaluatie van het Rijksbrede Programma Circulaire Economie

Schoonmaakbedrijven, hoveniers e.d.	10	12	1	2	1	4	1	4	9	1	1	1	2	1	1	1	1	0	1	0	1	2	1	0	1	82	141
Overige zakelijke dienstverlening	0	0	0	0	1	8	2	3	1	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	36	58
Openbaar bestuur en overheidsdiensten	56	102	46	10	6	29	16	23	59	7	7	27	22	77	272	28	36	152	89	39	293	873	118	46	32	3 666	6 129
Onderwijs	7	17	11	2	3	11	9	12	25	4	3	4	8	8	3	7	16	4	8	14	110	29	34	1	12	720	1 080
Gezondheidszorg	19	111	103	3	8	47	10	24	39	26	11	11	9	12	4	12	12	2	7	9	56	103	30	1	26	843	1 537
Verzorging en welzijn	34	313	315	6	17	55	5	13	17	18	14	24	4	11	6	12	18	4	8	12	95	97	39	2	18	1 007	2 165
Kunst, cultuur en kansspelen	7	30	26	1	2	6	2	2	6	2	2	3	4	1	0	1	4	1	1	1	6	8	4	0	2	333	459
Sport en recreatie	5	39	38	6	4	7	2	2	5	1	1	5	13	2	1	2	5	1	3	2	11	16	8	0	3	336	518
Ideële, belangen-, hobbyverenigingen	1	1	0	0	1	2	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	2	0	1	1	5	6	4	0	1	151	184
Reparatie van consumentenartikelen	0	0	0	0	0	1	0	1	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	16	32
Overige persoonlijke dienstverlening	6	21	16	1	1	4	5	3	9	3	2	3	4	1	2	1	3	1	1	1	2	3	2	0	2	156	254
Huishoudens met personeel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	8	5			1		2	7	1			1		1		1				3	3	2			37	
Totaal	873	887	248	660	454	499	945	731	737	073	765	947	227	516	472	721	321	664	992	599	567	592	179	534	991	602	90 736