



Circulaire kunststofketen in 2050

Scenario's voor een gesloten keten en randvoorwaarden om er te komen

December 2021

Deze rapportage is opgesteld in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

AEBEL



Circulaire kunststofketen in 2050

Scenario's voor een gesloten keten en randvoorwaarden om er te komen

Auteurs:

Nicolein Blanksma
Jurriaan Vink
Luuk van Gemert
Jurgen Ooms (TAUW)

Geraadpleegde experts:

Dick Zwaveling (Rensus)
Erwin Zant (Polymer Science Park)
Marcel van Eijk (Nationaal Testcentrum Circulaire Plastics)

In opdracht van:

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Plaats, datum:

Rotterdam, 21 december 2021

Status:

Definitief

Rebel Circular Economy bv

Wijnhaven 23
3011 WH Rotterdam
Nederland
+31 10 275 59 95

info@rebelgroup.com
www.rebelgroup.com

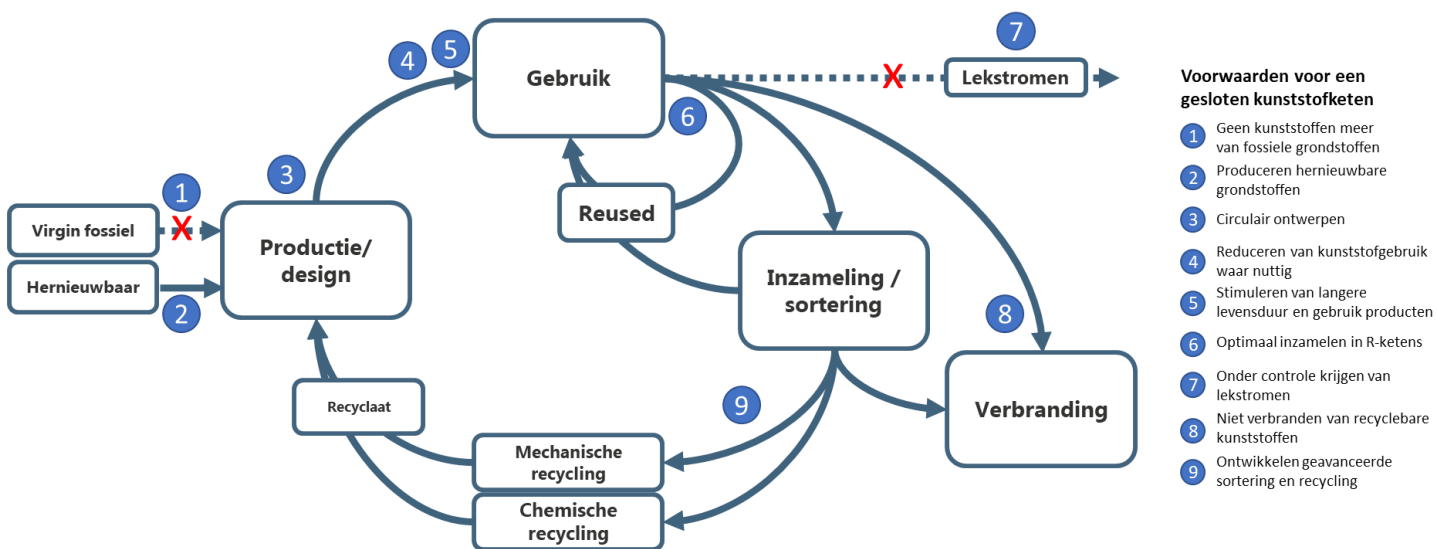
Hoofdboodschap: Nederland onvoldoende op koers richting circulaire kunststofketen

Nederland heeft zichzelf als doel gesteld om in 2050 volledig circulair te zijn¹. In deze studie is onderzocht hoe deze circulaire economie er voor de kunststofketen in 2050 uit kan zien en wat voorwaarden zijn om hier te komen. Hiervoor zijn drie uiteenlopende scenario's ontwikkeld om de breedte aan mogelijkheden voor het sluiten van de keten te verkennen. Op basis van de scenario's is geïntervieweerd wat er op hoofdlijnen voor nodig is om de kunststofketen in de periode van nu tot 2050 te sluiten. Op basis van dit onderzoek concluderen wij dat we pas aan het begin staan van de transitie naar een circulaire kunststofketen, met de huidige inzet zal niet worden voldaan aan de voorwaarden voor een gesloten kunststofketen 2050. Alleen met forse investeringen, technologische innovaties en stevige beleidsmatige inzet kan de transitie in versnelling worden gebracht.

Uit het onderzoek volgen vier hoofdconclusies.

1. In alle stappen van de kunststofketen zijn maatregelen nodig om de transitie te maken naar een circulaire economie

Op basis van de inzichten uit drie scenario's voor een circulaire kunststofketen in 2050 zijn we gekomen tot negen randvoorwaarden om de kunststofketen te sluiten.



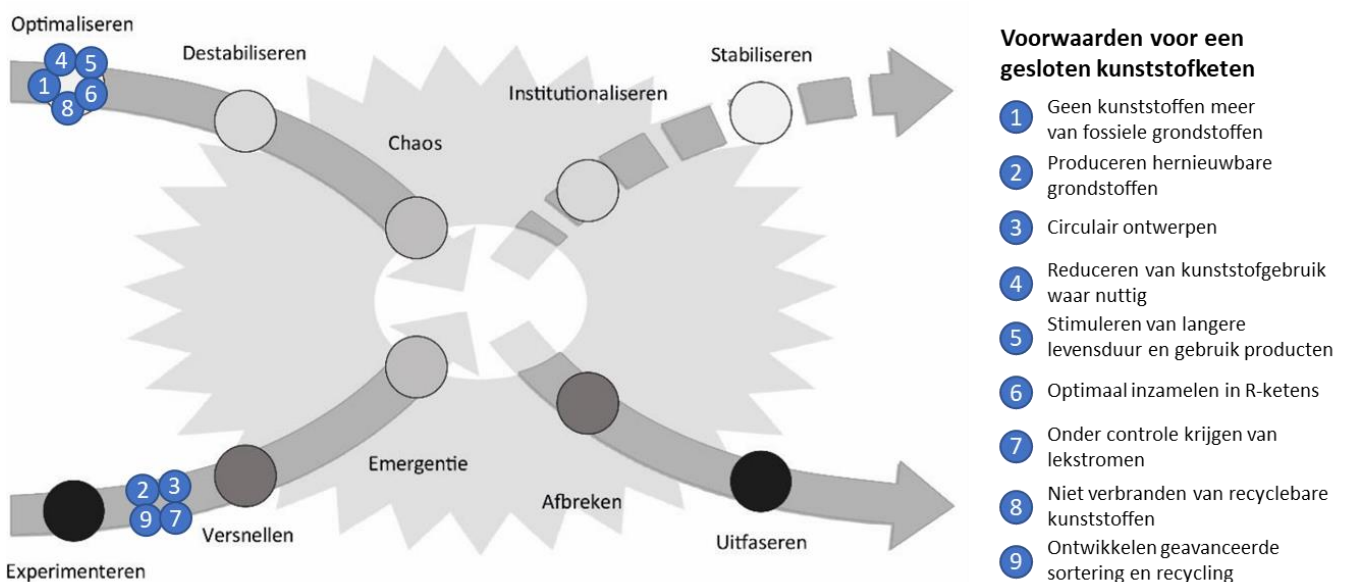
Een circulaire kunststofketen vraagt om substitutie van de fossiele grondstoffen (voorwaarde 1). Gerecycled materiaal kan dit deels invullen maar moet worden aangevuld met hernieuwbare

¹ In 2016 is het Rijksbrede programma Nederland Circulair in 2050 uitgewerkt hoe het kabinet de economie wil ombuigen naar een circulaire economie in de periode tot 2050. Vervolgens is in 2017 het Grondstoffenakkoord ondertekend door 180 partijen die de doelstellingen uit dit programma mede onderschrijven en zijn in 2018 vijf transitieagenda's opgesteld om de transitie vorm te geven voor specifieke sectoren, waaronder de Transitieagenda Kunststoffen.

grondstoffen (voorwaarde 2). Bovendien is het belangrijk dat de inzet van kunststoffen waar nuttig² wordt gereduceerd (voorwaarde 4). Het is daarnaast van belang dat kunststoffen met zo'n hoog mogelijke kwaliteit en zo min mogelijk materiaalverlies in de cyclus blijven. Dit vraagt om technologische ontwikkelingen bij inzameling, sortering en verwerking (voorwaarde 3, 5, 6, 9). Ook moeten kunststofmaterialen langer in de keten worden behouden, door de gebruiksduur te verlengen of doordat producten te repareren zijn (voorwaarde 5, 6, 8). Tot slot komen lekstromen van kunststoffen naar het milieu in een circulaire economie niet meer voor (voorwaarde 7). Voor een transitie naar een circulaire kunststofketen zijn stappen nodig op alle beschreven voorwaarden.

2. We staan pas aan het begin van de transitie

Elke transitie bestaat uit het opbouwen van nieuwe structuren en tegelijkertijd het afbreken van bestaande³. De onderstaande X-curve van DRIFT geeft dit visueel weer. Wanneer we de negen genoemde voorwaarden voor een gesloten keten plotten op deze figuur, blijkt dat we pas aan het begin van de transitie naar een circulaire kunststofketen staan.



In de afgelopen jaren is er een groeiende aandacht gekomen voor de circulaire economie en zijn er veel (beleids-)programma's (landelijk en regionaal) ingericht om stappen te zetten. Huidige activiteiten zijn op dit moment echter vooral gericht op het optimaliseren van de status quo (efficiënter of verbeteren van de huidige activiteiten) en het experimenteren met nieuwe activiteiten. Dit zijn de eerste stappen van de transitie. Om tot een systeemtransitie te komen, zullen activiteiten en technologieën die nu nog in de kinderschoenen staan moeten uitgroeien tot volwassen en geïnstitutionaliseerde onderdelen van de keten en zullen sommige huidige activiteiten moeten worden afgeschaald.

² Reductie van kunststoffen is wenselijk wanneer het kunststof materiaal geen functie heeft, of met minder materiaal dezelfde functie kan worden bereikt. Substitutie van kunststoffen voor andere materialen is alleen wenselijk wanneer dit zorgt voor netto minder milieu-impact.

³ [Staat van Transitie: patronen van opbouw en afbraak in vijf domeinen. DRIFT 2017](#)

3. Met de huidige inzet gaat Nederland de doelstelling van een circulaire kunststofketen in 2050 niet bereiken

Voor het behalen van de doelstelling van een volledig circulaire kunststofketen resteren nog 28 jaren. De benodigde transitie is groot en uitdagend. Het gaat om volledige omzetting van een fossiele sector naar hernieuwbare grondstoffen die we op dit moment nog niet kennen. Ontwikkeling van een technologie van labschaal tot commerciële of industriële schaal vraagt vaak tientallen jaren. Voor een aantal randvoorwaarden zijn nog geen of op beperkte schaal oplossingen beschikbaar:

- **Hernieuwbare/biogene grondstoffen** die de fossiele grondstoffen voor kunststoffen kunnen vervangen (voorwaarde 2).
- **Geavanceerde sorteer- en recyclingtechnieken** die zorgen voor gerecyclede grondstoffen van virgin kwaliteit (ontdaan van additieven en eventuele ZZS) (voorwaarde 8)
- Oplossingen voor het **onder controle krijgen van kunststof lekstromen** (voorwaarde 6)

Om deze technieken in de periode tot 2050 op industrieel niveau te brengen is de tijd uitermate beperkt.

Voor de overige voorwaarden zijn de uitdagingen meer beleidsmatig van aard. De kunststofsector is niet binnen de landsgrenzen georganiseerd maar onderdeel van een wereldwijde markt. Daarom is internationale afstemming en regelgeving nodig om te komen tot de transitie. Het afbouwen van fossiele grondstoffen voor kunststoffen vormt hierbij de grootste uitdaging (voorwaarde 1). Net als bij de energietransitie is het afbouwen van de status quo een complex proces omdat hier grote gevestigde economische belangen mee gemoeid zijn. Tegelijkertijd is deze afbouw een randvoorwaarde om de transitie naar een circulaire kunststofketen te kunnen maken.

De reden om de kunststofketen te willen sluiten is dat de huidige inrichting van de keten zorgt voor klimaatimpact en lekkages naar het milieu (via bijvoorbeeld zwerfafval of slijtage van rubbers of textiel) zorgen voor risico's en schade voor mens en milieu. Wanneer de kunststofketen in 2050 niet gesloten is, zal naar verwachting de klimaatimpact van de kunststofketen verder zijn toegenomen en de risico's en schade voor mens en milieu door lekkages zijn toegenomen.

Zoals eerder geconcludeerd door het PBL⁴ gaat het huidige beleid – gericht op faciliterende instrumenten⁵ – niet zorgen voor de benodigde transitie naar een circulaire economie. Ook CE Delft⁶ concludeert dat halvering van de CO₂-emissies van de kunststofketen in 2030 (de tussendoelstelling richting 100% circulair in 2050) niet gehaald wordt via autonome ontwikkeling. Alleen met forse investeringen in onderzoek, innovatie en opschaling van de benodigde nieuwe technologie, stevige inzet op efficiëntie, inzet van recycleert en biobased grondstoffen, meer inzameling en recycling en steviger overheidsbeleid, kan de doelstelling worden behaald.

⁴ [Integrale Circulaire Economie Rapportage, PBL 2021](#)

⁵ Denk daarbij aan kennisontwikkeling, de oprichting van het Versnellingshuis Nederland Circulair! ter ondersteuning van bedrijven, en het helpen bij het maken van vrijwillige afspraken, zoals het Betonakkoord, het Plastic Pact en het initiatief Samen tegen voedselverspilling.

⁶ [CE Delft 2021, CO₂-reductie met circulaire kunststoffen in Nederland](#)

4. Met stevig programma op het ontwikkelen van nieuwe innovaties en technologie kan de transitie in versnelling worden gebracht

De transitie kan in een versnelling worden gebracht wanneer met duidelijke focus en langdurige investeringen ingezet wordt op het ontwikkelen van de benodigde innovaties en technologie op het gebied van hernieuwbare grondstoffen, geavanceerde sorteer- en recyclingtechnieken en het onder controle krijgen van de lekstromen. Deze ontwikkelingen zijn voorwaardelijk voor het sluiten van de keten, en de tijd voor het neerzetten van de benodigde innovaties in de komende drie decennia is zeer beperkt. Wanneer er volwaardige alternatieven voor de huidige activiteiten zijn, kan dit de transitie in versnelling brengen.

Daarnaast is van belang dat op Europees niveau wordt ingezet op het afbouwen van fossiele grondstoffen. Want de transitie kan alleen plaatsvinden wanneer de status quo vervangen wordt door nieuwe oplossingen (pijler 2). Daarnaast zijn er reeds verschillende oplossingen voorhanden op het gebied van circulair ontwerp en beleid voor het voorkomen van schadelijke toevoegingen in kunststoffen, waarbij standaardisatie en implementatie van belang zijn (pijler 3). Tot slot zijn er een aantal zaken die aangepast moeten worden afhankelijk van keuzes over de inrichting van de keten, zoals het inzamel- en verbrandingsbeleid (pijler 4).



Alleen wanneer met voldoende financiële slagkracht en langdurige focus op het ontwikkelen van de nieuwe benodigde innovaties en het afbouwen van de afhankelijkheid van fossiele grondstoffen, kan de kunststofketen in de komende drie decennia in transitie worden gebracht naar een circulair systeem.

Inhoudsopgave

Hoofdboodschap: Nederland onvoldoende op koers richting circulaire kunststofketen	2
1. Van Rijksambitie naar visie op gesloten kunststofketen	7
2. Backcasting scenario's als denkkader	8
3. Drie scenario's nader verkend	12
3.1 Plastic Fantastic	13
3.2 Reuse Society	14
3.3 Precious Plastic	15
4. Conclusies	17
4.1 Belangrijkste conclusies per scenario	17
4.2 Voorwaarden voor een gesloten kunststofketen	19
4.3 Transitiepad op hoofdlijnen	26
Appendix 1 Deelnemers Red Team sessies	29
Appendix 2 Opbouw mengpaneel	30
Appendix 3 Drie scenario's voor een gesloten kunststofketen	31
Appendix 4 Kwantificeren van de scenario's	38



1. Van Rijksambitie naar visie op gesloten kunststofketen

In de Transitieagenda Kunststoffen heeft het Transitieteam Kunststoffen een visie uitgewerkt om de transitie naar een circulaire kunststofketen te versnellen. Centrale ingrediënten daarin zijn preventie van onnodig materiaalgebruik en lekkage van kunststoffen in het milieu, meer vraag en aanbod van hernieuwbare⁷ kunststoffen, betere gebruikskwaliteit en meer milieurendement van gerecyclede en hernieuwbare kunststoffen en strategische samenwerking⁸. Onder voorwaarden van doorzetten van een aantal interventies (o.a. verbetering van het rendement van mechanische recycling en ontwikkeling van chemische recycling) is een streefbeeld geschetst voor 2030. Voor de uitvoering van de agenda heeft het Transitieteam vervolgens actieplannen opgesteld op een aantal concrete onderwerpen: 1) biobased kunststoffen, 2) meer en betere sortering, 3) toepassen van recycklaat en 4) chemische recycling.

De afgelopen jaren is steeds duidelijker geworden dat er flinke stappen moeten worden gezet om de Rijksambitie van 100% circulair in 2050 te bereiken. Tegelijkertijd is de Rijksambitie nog onvoldoende scherp om te toetsen of acties op de korte termijn bijdragen aan deze doelstelling. Het jaar 2050 lijkt nog ver weg, maar gezien de grote transities die vereist zijn in de kunststofketen (aangepast beleid, regelgeving, ander gebruik van materialen, investeringen in installaties etc.) is de resterende 28 jaar een beperkte periode om al die transities tijdig in gang te zetten.

Een eerste stap om hier meer inzicht in te geven is het ontwikkelen van een scherper beeld van hoe de kunststofsector er in 2050 uit zou kunnen zien wanneer de Rijksambitie is behaald. Dit is dan ook de aanleiding van de vraag van het Ministerie van IenW (namens het Transitieteam Kunststoffen) aan Rebel en TAUW om scenario's te ontwikkelen hoe de kunststofketen in 2050 gesloten zou kunnen worden.

⁷ Kunststoffen geproduceerd uit grondstoffen die steeds weer worden aangevuld door natuurlijke systemen. Denk hierbij aan kunststoffen uit biomassa of kunststoffen uit CO₂.

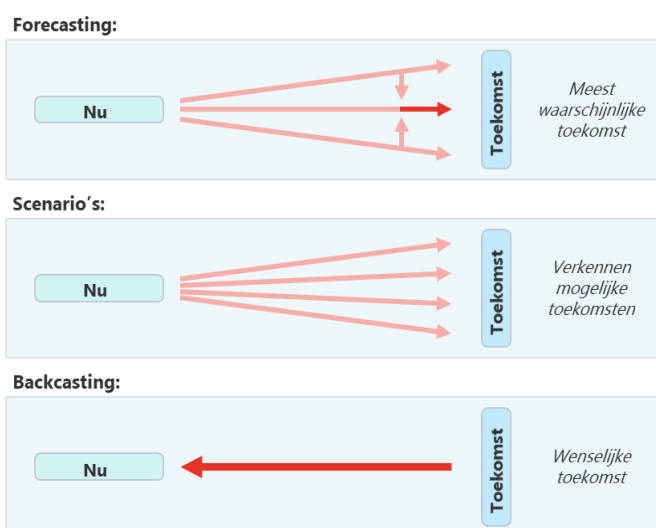
⁸ Transitieagenda Kunststoffen (2018), <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/01/15/bijlage-3-transitieagenda-kunststoffen>



2. Backcasting scenario's als denkkader

Scenario-studies gebruiken in veel gevallen forecasting methoden, waarbij verschillende mogelijke toekomstige ontwikkelingen worden beschreven. Zo kunnen bijvoorbeeld op basis van een set aan aannames verschillende toekomstbeelden worden verkend, met als doel om te zoeken naar de meest waarschijnlijke toekomst. De klimaatscenario's van de IPCC zijn hier een voorbeeld van⁹. In figuur 1 staan drie voorbeelden van scenario-studies weergegeven, met forecasting-scenario's als eerste voorbeeld. Scenario's kunnen ook gebruikt worden om mogelijke toekomsten breed te verkennen, om een beter beeld te krijgen wat er mogelijk in de toekomst kan gebeuren (tweede voorbeeld in figuur 1). Het Planbureau voor de Leefomgeving maakt regelmatig zulke scenario's¹⁰. Het laatste voorbeeld in de figuur beschrijft de methode van backcasting, waarbij een wenselijke toekomst het uitgangspunt is en vanuit dat punt wordt terug geredeneerd naar wat er nodig is om daar te komen.

De wenselijke toekomst in dit onderzoek is een 'gesloten kunststofketen in 2050'. Er zijn echter meerdere scenario's denkbaar hoe deze gesloten keten in 2050 gesloten



Figuur 1, drie voorbeelden van scenariostudies.

⁹ IPCC (2021), Sixth Assessment Report, <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

¹⁰ Zoals de vier scenario's die het PBL heeft ontwikkeld in het kader van de Ruimtelijke Verkenning 2019 over stedelijke ontwikkeling, infrastructuur en mobiliteit, <https://www.pbl.nl/publicaties/scenarios-voor-stedelijke-ontwikkeling-infrastructuur-en-mobiliteit>

zou kunnen worden. In dit onderzoek hebben we een aantal scenario's ontwikkeld voor deze gesloten keten in 2050. Elk scenario kent een eigen inrichting van de kunststofketen en een pakket aan maatregelen, maar alle scenario's leiden tot hetzelfde einddoel. Immers, er zijn meerdere eindbeelden denkbaar hoe de kunststofketen 100% circulair kan zijn in 2050¹¹.

Het doel van deze backcasting scenario's is om te verkennen op welke wijzen de kunststofketen gesloten zou kunnen worden. We zoeken daarbij bewust 'de randen van de tafel' op, waarbij extremen worden verkend¹² om daarmee het speelveld waarin de kunststofketen gesloten moet worden te tekenen. Dit betekent dat de scenario's uitersten van het speelveld zijn, en niet de meest waarschijnlijke toekomst beschrijven. Het doel is dan ook niet om voorspellend te zijn of om een keuze te maken uit de scenario's, maar om op basis van de uiteenlopende scenario's in beeld te krijgen wat nodig is (wat zijn de randvoorwaarden) om de keten te sluiten en wat hierbij het benodigde transitiepad (op hoofdlijnen) naar 2050 is.

Omdat we redeneren vanuit een wensbeeld in de toekomst was de eerste stap in ons onderzoek het verder uitwerken en definiëren van dit eindbeeld. Op basis van gesprekken met stakeholders (leden van het Transitieteam Kunststoffen) en een bureaustudie zijn we gekomen tot een set aan uitgangspunten van een gesloten kunststofketen in 2050. Deze uitgangspunten zijn van toepassing op alle scenario's die zijn ontwikkeld voor een gesloten keten in 2050:

- Kunststoffen blijven **zo lang mogelijk in de materiaalcyclus** en **zo hoog mogelijk op de R-ladder**¹³
- De kunststofketen is **onafhankelijk van fossiele grondstoffen**
- Er is **geen lekkage** van kunststoffen (als product of materiaal) naar het milieu
- De circulaire kunststofketen **is geen doel op zichzelf** maar een middel om de milieu-impact van de kunststofketen als geheel te verminderen en risico's voor mens en milieu te verlagen¹⁴

De kunststofketen is een mondiale keten en het komen tot een circulaire kunststofketen is daarmee ook een mondiale opgave¹⁵. In deze analyse richten we ons op de activiteiten in de kunststofketen in Nederland en op de interventies die vanuit Nederland kunnen worden gedaan om de keten zoveel

¹¹ Denk hierbij aan verschillende verhoudingen tussen chemische vs. mechanische recycling, biobased vs. recycalaat, reductie vs. vervanging van kunststoffen, etc.

¹² Zo verkennen we in het ene scenario een gesloten keten dat bijvoorbeeld zo veel mogelijk leunt op hergebruiksystemen en een ander scenario op vergaande recyclingtechnieken.

¹³ De R-ladder is een circulariteitsladder waarin verschillende strategieën (R-strategieën: Refuse, Reduce, Reuse, Repair, Recycling, Recover) worden beschreven die bijdragen aan het verminderen van het gebruik van primaire abiotisch grondstoffen. Voor circulariteitsstrategieën die hoger op de ladder staan zijn als vuistregel minder materialen nodig, waardoor de milieudruk door grondstoffengebruik wordt voorkomen. Hiermee geeft de ladder een prioriteitsvolgorde van hoog naar laag. 'Circulaire Economie in kaart', PBL 2019.

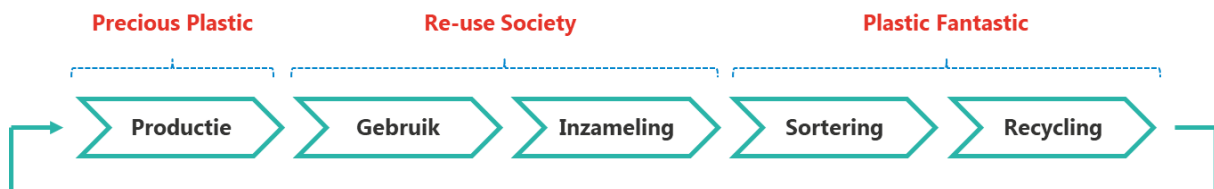
¹⁴ Dit betekent dat het in de cyclus houden van kunststoffen als principe kan worden losgelaten wanneer dit zorgt voor grotere milieu-impact of risico's.

¹⁵ Transitieagenda Kunststoffen 2018

mogelijk te sluiten. Hierbij kijken we naar alle kunststoffen op de Nederlandse markt (alle typen kunststoffen en alle soorten toepassingen)¹⁶.

Voor de ontwikkeling van de scenario's zijn we op zoek gegaan naar variabelen die het meest bepalend zijn voor de inrichting van een gesloten keten in 2050. Op basis van gesprekken met experts kwamen we tot de conclusie dat de volgende twee factoren van grote invloed zijn op de inrichting van een gesloten kunststofketen in 2050:

1. De mate van groei of reductie van de hoeveelheid kunststoffen op de markt.
2. De plek in de keten waar de focus ligt voor innovatieve oplossingen: in productie, (her)gebruik, sortering, recycling (zie figuur 2).



Figuur 2, plek in de keten waar per scenario de focus ligt voor innovatieve oplossingen.

Met het combineren van deze twee factoren zijn we gekomen tot ondergenoemde drie uiteenlopende scenario's voor een gesloten kunststofketen in 2050:

- Scenario **Precious Plastic** (matige groei kunststoffen, focus op productinnovatie)
- Scenario **Reuse Society** (afname kunststoffen, focus op hergebruik producten)
- Scenario **Plastic Fantastic** (sterke groei kunststoffen, focus op sortering en recycling)

Voor de nadere uitwerking van de scenario's hebben we de methode van een 'morfologisch veld' gebruikt¹⁷. Dit morfologische veld wordt vaak weergegeven als een 'mengpaneel' (naar analogie van panelen in muziekstudio's) waarin de belangrijkste variabelen van de scenario's staan weergegeven als schuifjes in het paneel. Bij het uitwerken van de scenario's ontstaat per scenario een logische samenhang van de 'standen van de schuifjes'. Deze methode helpt om de scenario's zoveel mogelijk van elkaar onderscheidend te maken doordat de schuifjes per scenario op andere standen staan. Zie appendix 2 voor een nadere toelichting over de opbouw van het mengpaneel.

Voor de scenario's voor een kunststofketen in 2050 is een mengpaneel ontwikkeld met de volgende onderdelen:

¹⁶ Deze studie houdt geen rekening met im- en export van kunststof maar enkel kunststof dat in Nederland voor gebruik op de markt komt. In veel Nederlandse sectoren worden meer kunststof producten geproduceerd dan er binnen Nederland gebruikt worden. Het deel dat bestemd is voor de export valt buiten de scope van dit onderzoek en hetzelfde geldt voor geïmporteerde kunststof afval.

¹⁷ Deze methode van morfologische analyse werd in de jaren '60 van de vorige eeuw ontwikkeld door Zwitsers sterrenkundige Fritz Zwicky, die het toepaste op sterrenkundig onderzoek en bij de ontwikkeling van o.a. straalmotoren. Zie Zwicky (1969), *Discovery, Invention, Research through the morphological approach*.

- **Technisch:** hoeveel kunststoffen zijn er op de markt, welke grondstoffen worden gebruikt en op welke plek in de keten is welke technologie relevant en vindt primair innovatie plaats.
- **Maatschappij:** hoe kijkt de maatschappij naar de rol van mens en technologie
- **Sturing:** welke actor heeft grote of juist beperkte invloed

Tot slot is voor elk scenario een kwantitatieve analyse¹⁸ gedaan, waarbij op basis van een set aan aannames¹⁹ is berekend wat het volume kunststoffen op de markt is en welk volume door elke stap van de keten gaat. Het doel van deze analyse was om de ordegroottes in het scenario te bepalen (van bijvoorbeeld de hoeveelheid hernieuwbare grondstoffen of van toekomstige recyclinginstallaties) en de verschillen tussen de scenario's aan te geven. Deze berekeningen hebben daarmee enkel een illustratief doel.

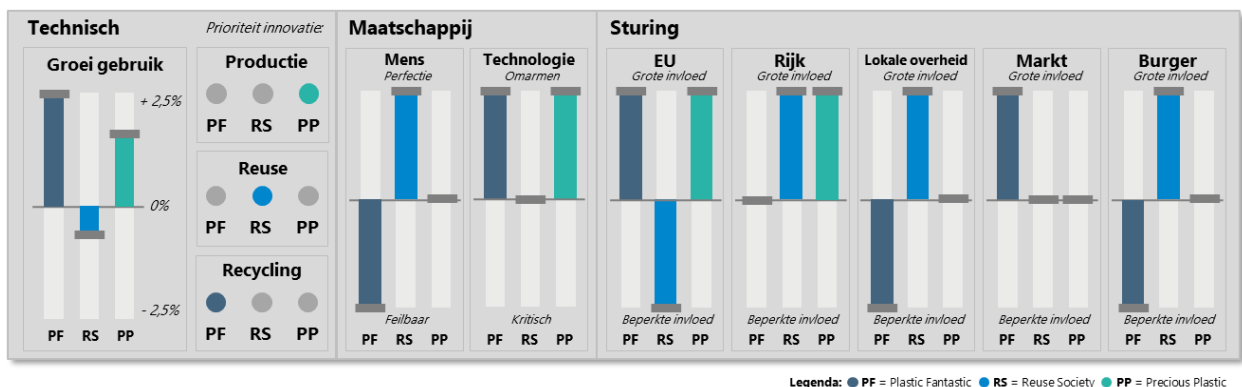
¹⁸ De rekensommen zijn gemaakt op basis van een versimpeld rekenmodel van de kunststofketen waarbij een aantal modelleerkeuzen zijn gemaakt: geen onderscheid kunststofsectoren, geen onderscheid kunststoftypen, samenvoegen van ketenstappen zoals inzameling en sortering, het model berekent één jaar (2050) en houdt geen rekening met voorraad over jaren heen.

¹⁹ Aannames zijn gedaan over de groei of reductie van de hoeveelheid kunststoffen op de markt, de rendementen/verliezen in de ketenstappen, de verhouding van hernieuwbare grondstoffen, de inzet van hergebruik, de verhouding tussen mechanische en chemische recycling.



3. Drie scenario's nader verkend

Op basis van twee Red Team sessie met experts en stakeholders (zie Appendix 1) hebben we elk van de drie scenario's nader uitgewerkt. In dit hoofdstuk geven we per scenario een korte beschrijving van het scenario²⁰ met de belangrijkste resultaten van de kwantitatieve analyse²¹. In de uitleg wordt regelmatig gerefereerd naar de capaciteit of vraag in 2018, omdat cijfers van dit jaar als basis zijn gebruikt bij de kwantificering van de scenario's.²²



Figuur 3, mengpaneel scenario's.

²⁰ In Appendix 3 staat per scenario een uitgebreide toelichting bij de mengpanelen, inclusief een beschrijving hoe het leven in elk scenario eruit zou kunnen zien met de titel 'Een dag uit het leven in ...'. Scenario-denken is immers een gedachte-experiment, waarbij het belangrijk is om ook een voorstelling te kunnen maken van deze nieuwe werkelijkheid. Dit vraagt enige fantasie en inlevingsvermogen. Deze beschrijvingen dienen als doel om een voorstelling te kunnen maken hoe dit scenario er in de dagelijkse praktijk eruit zou *kunnen* zien, en is daarmee dus geen feitelijke invulling hoe dit scenario eruit zou *moeten* zien..

²¹ In Appendix 4 staat de aanpak en de resultaten van de kwantitatieve analyse uitgewerkt.

²² Data is afkomstig uit Rebel database en in hoge mate gebaseerd op data van Plastics Europe, zie [link](#) voor infographic.

3.1 Plastic Fantastic

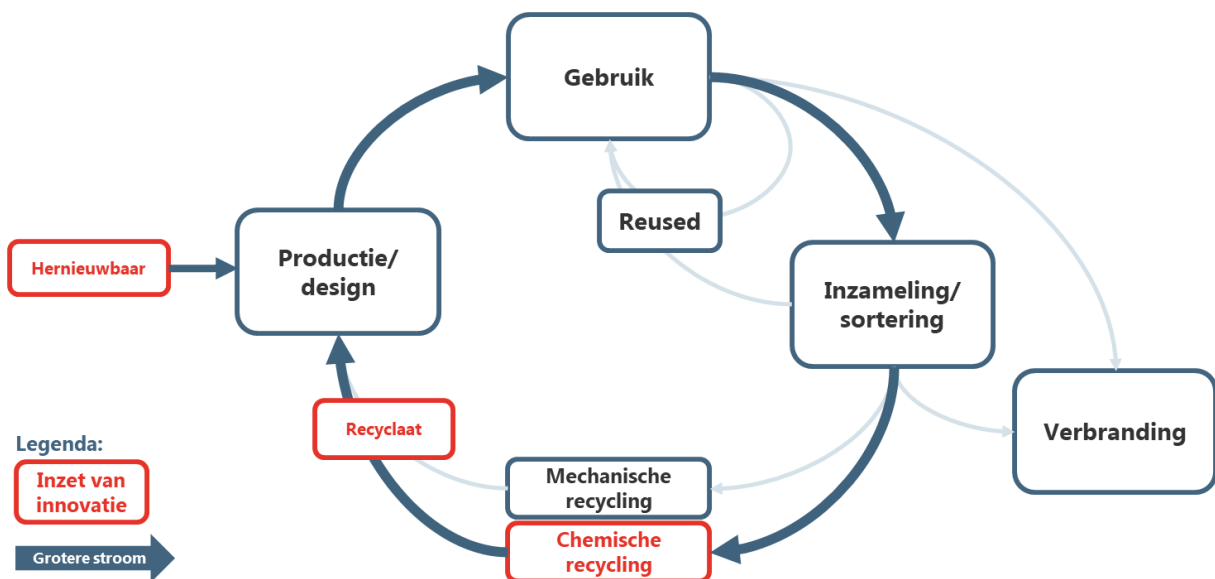
In het scenario Plastic Fantastic heeft een stevige groei plaatsgevonden (2,5% per jaar) van kunststoffen op de markt. Het gebruik van kunststoffen is daarmee in 2050 verdubbeld ten opzichte van 2018. Producenten van kunststof producten hebben in dit scenario geanticipeerd op de wereldwijde groeiende vraag naar kunststof en gezorgd voor zo'n groot mogelijk aanbod door producten zo goed mogelijk recyclebaar te maken. De vraag naar gerecyclede kunststof is met een factor 12 gestegen ten opzichte van de huidige vraag. Met de aanname dat er even veel mechanisch wordt gerecycled als chemische wordt gerecycled, moet de capaciteit voor mechanische recycling met een factor 6 groeien t.o.v. de huidige capaciteit. Chemische recycling van kunststoffen moet groeien van vrijwel geen capaciteit naar ca. 1250 kton capaciteit.²³

Een dag in het leven in Plastic Fantastic:

“Plastic had in de jaren '20 een slecht imago, maar dit is volledig gedraaid toen het de oplossing bleek voor het behoud van het schaarse voedsel. Ook is het een materiaal met een relatief lage klimaatimpact, mits het wordt gerecycled. Bijna al het verpakkingsmateriaal is om die reden nu vervangen door plastic. Zo is het gebruik van papier en hout aan banden gelegd, omdat deze grondstoffen te veel ruimte in beslag namen en deze ruimte nodig is voor voedselproductie voor de 10 miljard mensen op aarde.”

(zie Appendix 3 voor de volledige tekst)

Innovatie heeft in dit scenario met name plaatsgevonden aan de 'achterkant' van de keten: vergaande innovatie in (chemische en mechanische) recyclingtechnieken. In deze gesloten kunststofketen ligt de nadruk op het ontwikkelen van hoge kwaliteit recyclaat. Echter, door de groeiende vraag naar kunststoffen en de verliezen in de ketenstappen is het niet mogelijk om met het geproduceerde recyclaat aan de vraag te voldoen. In dit scenario moet de productie van hernieuwbare kunststoffen met een



Figuur 4, conceptueel kader van Plastic Fantastic.

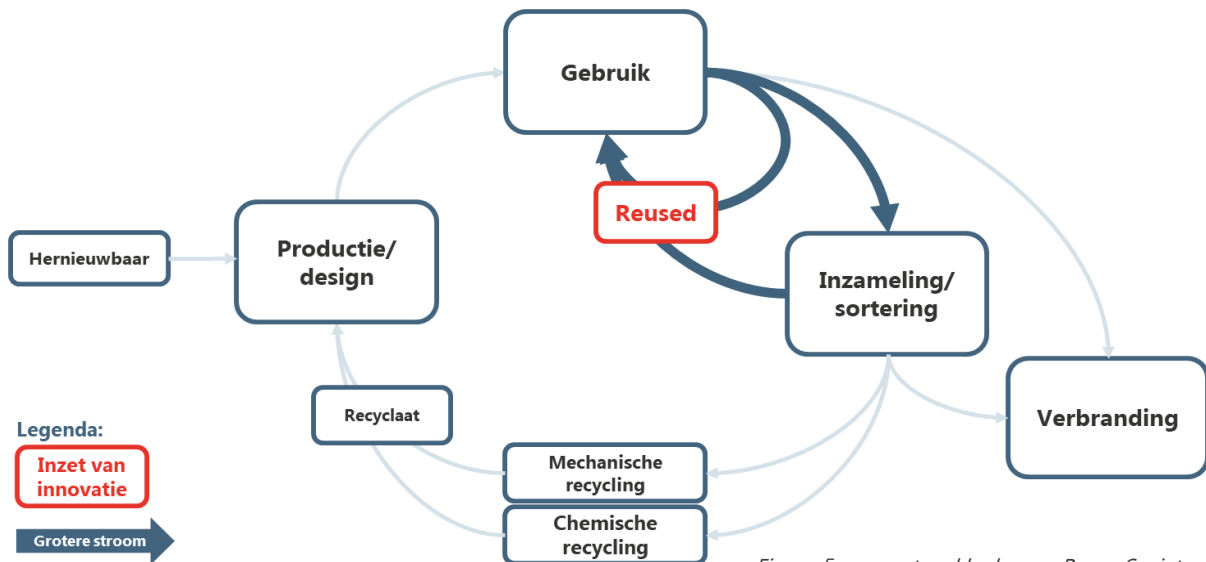
²³ Ter vergelijking: capaciteit mechanische recycling in 2018 was ca. 210 kton.

factor 98 toenemen ten opzichte van 2018. Als deze hernieuwbare kunststoffen voor het grootste deel bestaan uit biobased gaat de groei naar verwachting gepaard met een verhoogd landgebruik. Biobased kunststoffen worden nu geproduceerd met suikerhoudende planten zoals rietsuiker of suikerbiet. Per hectare landbouwgrond wordt op dit moment ca. 3 ton kunststof geproduceerd.²⁴ Als de vraag naar hernieuwbare kunststoffen op deze manier volledig met biobased kunststof ingevuld moet worden, is (bij dezelfde gemiddelde opbrengst per hectare) ruim 388.000 hectare landbouwgrond nodig in 2050. Dit staat gelijk aan ongeveer 17% van het huidige landbouwareaal in Nederland²⁵.

3.2 Reuse Society

In het Reuse Society scenario is de hoeveelheid kunststoffen op de markt afgenomen met 0,5% per jaar. Hierdoor is het gebruik van kunststof met ongeveer 300 kiloton afgenomen tot 85% van het huidige gebruik. Dit komt mede doordat er stevig is ingezet op maximaal hergebruik (verdubbeling ten opzichte van 2018) van kunststof producten en onnodige plastics zijn uitgebannen²⁶. In dit scenario ligt het hergebruik ruim tien keer hoger dan recycling, wat betekent dat kunststof producten minimaal tien keer hergebruikt worden voordat het kunststof wordt gerecycled. Vanwege het verlaagde gebruik en toegenomen hergebruik wordt in dit

Een dag in het leven in Reuse Society:
“Boodschappen worden alleen nog maar online gedaan, de huidige generatie weet helemaal niet meer wat een supermarkt is. Verpakkingen hebben daarmee slechts een functie om een product van A naar B te vervoeren en te zorgen dat voedsel niet bederft. De marketingfunctie van verpakkingen is volledig verdwenen, dat gebeurt immers online.”
 (zie Appendix 3 voor de volledige tekst)



Figuur 5, conceptueel kader van Reuse Society.

²⁴ Uitgaande van de globale cijfers van European Bioplastics ([link](#)) over 2020: 2.11 miljoen ton bioplastics geproduceerd op totaal 0,7 miljoen hectare landbouwgrond.

²⁵ Uitgaande van een landbouwareaal van 2.2 miljoen hectare, zie het CBS: Nederland in cijfers 2020 ([link](#)).

²⁶ Zoals in de Transitieagenda staat toegelicht is de circulaire economie geen middel op zichzelf maar een middel om te zorgen voor een lager milieu- en klimaatimpact. Wanneer minder kunststoffen worden toegepast, is het een voorwaarde dat het vervangende materiaal geen hogere milieu-impact heeft dan de huidige kunststof toepassingen.

scenario een lagere benodigde recyclingcapaciteit verwacht. De bij elkaar opgetelde mechanische en chemische recyclingcapaciteit liggen in dit scenario op 2/3 van de huidige (mechanische) capaciteit.

In dit scenario zijn ook virgin hernieuwbare (dus niet-zijnde fossiele) grondstoffen nodig. Ondanks dat in dit scenario de vraag naar hernieuwbare kunststof het laagste is van de drie scenario's, ligt het geschatte benodigde volume toch nog een factor 7 hoger dan de huidige toepassing van hernieuwbare kunststoffen.

Een dag in het leven in Precious Plastic:

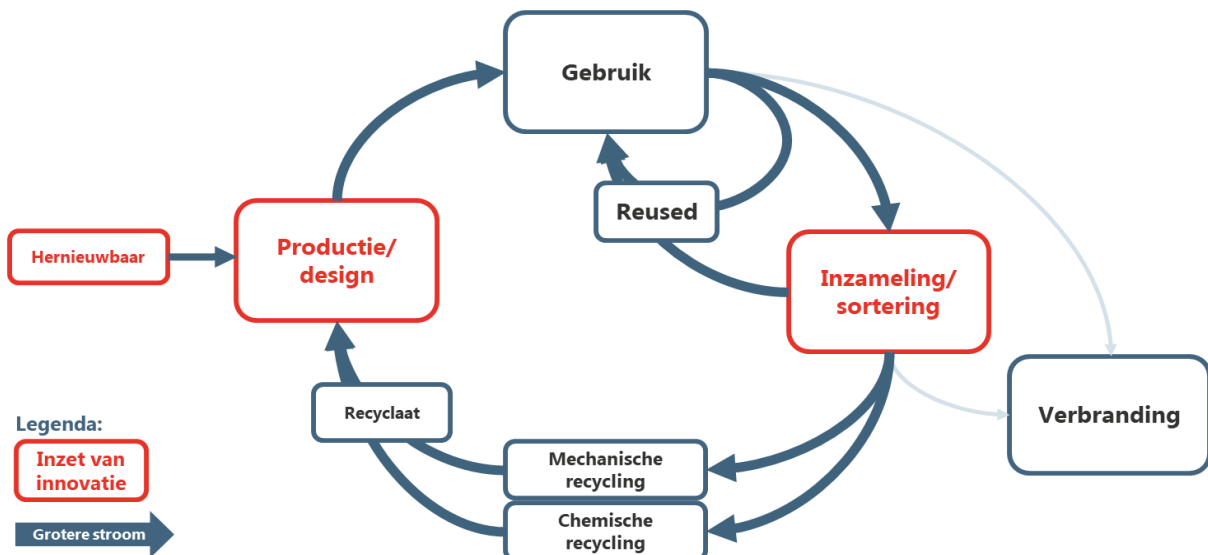
“Alle plastics en plastic producten zijn ontworpen volgens gestandaardiseerde richtlijnen en bevatten een label met informatie over de samenstelling van het kunststof en de wijze van afdanken. Heel handig. Ook plastic producten in auto's of in de bouw hebben labels die vertellen hoe het product moeten worden afgedankt.”

(zie Appendix 3 voor de volledige tekst)

3.3 Precious Plastic

In het scenario Precious Plastic is de gemiddelde jaarlijkse groei van kunststoffen doorgezet met 1,5% per jaar. Innovaties voor het sluiten van de keten vinden met name plaats aan het begin van de keten. Dit betekent dat vergaande innovaties hebben plaatsgevonden in design for recycling van kunststoffen en kunststof producten.

Daarnaast zijn er diverse innovaties doorgevoerd die maken dat de traceerbaarheid van kunststoffen en kunststof producten gemakkelijker is geworden. Dankzij deze combinatie van innovaties worden in dit scenario hoge inzameling/sorteer- en recyclingpercentages²⁷ gerealiseerd, welke elkaar versterken in een hoog totaalrendement.²⁸



Figuur 6, conceptueel kader van Precious Plastic.

²⁷ De recyclingpercentages (mechanisch en chemisch) zijn in dit scenario 90%, hoger dan de percentages van 80% en 85% in respectievelijk de Reuse Society en Plastic Fantastic scenario's.

²⁸ Ter illustratie: in een scenario waar een sorteer, inzamel en recyclingrendement van elk 80% worden gehaald, komt dit neer op een totaalrendement van $(80\% \times 80\% \times 80\% =) 51,2\%$. Een scenario waar deze rendementen 90% zijn, haalt een veel hoger totaalrendement van $(90\% \times 90\% \times 90\% =) 72,9\%$.

Met de focus in dit scenario op het begin van de keten, is er veel aandacht voor het ontwikkelen van nieuwe virgin (niet-zijnde fossiele) grondstoffen. Hernieuwbare kunststoffen kunnen uit biobased grondstoffen of alternatieve hernieuwbare kunststoffen (bijvoorbeeld op basis van afgevangen CO₂ of methaan²⁹) bestaan. De benodigde capaciteit voor hernieuwbare kunststof wordt in dit scenario ruim 37 maal hoger dan de huidige (biobased) capaciteit.

²⁹ De productie van kunststof uit afgevangen CO₂ (carbon capture) vindt op dit moment (nog) niet op een significante schaal plaats maar uit verschillende proeven blijkt dat hier mogelijkheden liggen. Richting 2050 wordt deze technologie gezien als interessant, maar de kans lijkt klein dat deze voldoende opgeschaald is om een belangrijke rol te spelen.



4. Conclusies

In drie toekomstscenario's hebben we beschreven hoe de kunststofketen in uiteenlopende situaties in 2050 gesloten zou kunnen worden. Dit zijn extreme scenario's met als doel om de 'randen van de tafel' te verkennen: dus hoe ziet een gesloten keten eruit in drie uiteenlopende richtingen. Dit is dus geen voorspelling van hoe de wereld er in 2050 daadwerkelijk uitziet. De scenario's zijn ook niet bedoeld om te kiezen welke de meest wenselijke is. Wel illustreren de scenario's hoe in uiteenlopende situaties de keten gesloten zou kunnen worden en wat hiervoor nodig is. Dit geeft inzichten in de randvoorwaarden voor een gesloten kunststofketen en wat het speelveld is waarbinnen de kunststofketen gesloten kan worden.

4.1 Belangrijkste conclusies per scenario

Met drie uiteenlopende scenario's om te komen tot een circulaire kunststofketen, is verkend wat ervoor nodig is om de kunststofketen te sluiten. De drie scenario's staan hieronder samengevat:

- **Plastic Fantastic** Het kunststofgebruik is in dit scenario flink gestegen. Kunststof wordt gezien als een duurzaam materiaal met lage CO₂-footprint, mits het maar wordt ingezameld. In zoveel mogelijk sectoren worden om die reden kunststoffen ingezet. Transitie heeft met name plaatsgevonden aan de 'achterkant' van de keten via geavanceerde (zoals chemische) sorteer- en recyclingsystemen. Om aan de vraag naar duurzame (gerecyclede of hernieuwbare) kunststoffen te voldoen is de markt voor hernieuwbaar met factor 98 gestegen.
- **Reuse Society** Het kunststofgebruik is in dit scenario afgenomen, waardoor zo min mogelijk producten nog van kunststof worden gemaakt. De levensduur van kunststofproducten is verlengd door hergebruiksystemen. De

transitie heeft dan ook met name plaatsgevonden in het doorvoeren van innovatieve hergebruiksystemen. Ondanks de flinke reductie van het kunststoffengebruik is ook in dit scenario de vraag naar duurzame kunststoffen gegroeid met factor 7.

- **Precious Plastic** De groei van het kunststofgebruik is in dit scenario gestaag doorgezet. De focus ligt in dit scenario op het circulaire en duurzame ontwerp van kunststof materialen en producten waardoor inzameling en recycling gemakkelijker wordt (minder verlies en hoogwaardiger kwaliteit). Ook in dit scenario groeit de vraag naar hernieuwbare kunststoffen (met factor 37).

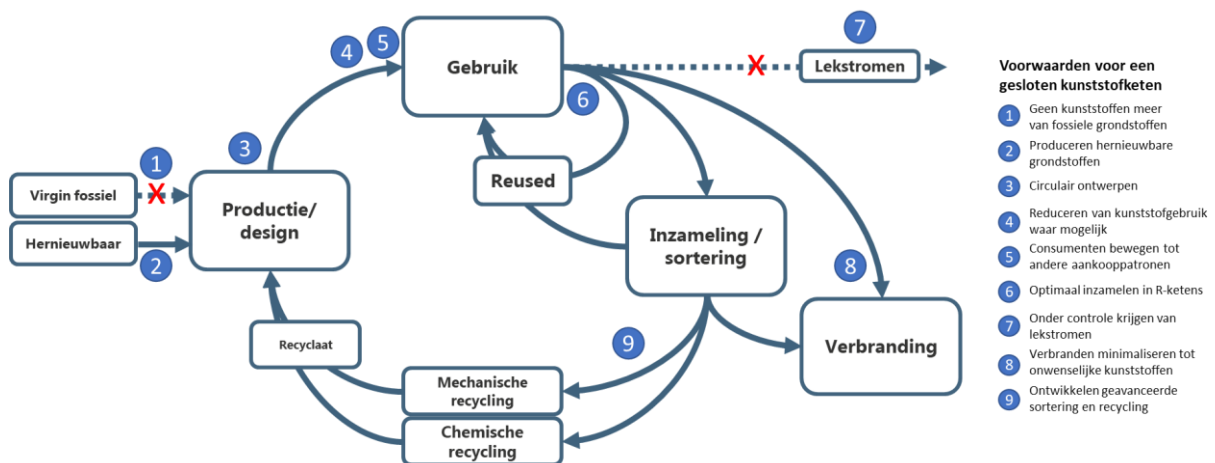
Uit deze scenario's voor het sluiten van de kunststofketen trekken we de volgende conclusies:

- De grootste uitdaging om de keten te sluiten in Plastic Fantastic is om de grote groeiende vraag naar kunststoffen in te vullen met hoogwaardig gerecycled materiaal of hernieuwbare kunststoffen met vergelijkbare specificaties als fossiele virgin grondstoffen. Dit vraagt stevige inzet op de doorontwikkeling van geavanceerde sorteer- en recyclingtechnologie en het produceren en opschalen van hernieuwbare kunststoffen. In dit scenario is het voorstelbaar dat in een maatschappij waar zoveel mogelijk kunststoffen worden gebruikt, het beheersen van de lekstromen een nog veel grotere uitdaging vormt ten opzichte van vandaag. Dit scenario vraagt de minste betrokkenheid van de burger in het sluiten van de kunststofketen.
- In Reuse Society is er een flinke reductie van het gebruik van kunststoffen. In dit scenario lopen we het risico dat het vervangen van kunststoffen door alternatieve materialen zorgt voor meer milieu-impact. Daarnaast vraagt dit scenario op verschillende vlakken standaardisatie en regelgeving om te zorgen dat er (waarschijnlijk collectieve) hergebruiksystemen kunnen ontstaan en de wegwerpalternatieven worden uitgebannen. Ook vraagt dit scenario een grote rol van burgers en is er veel aandacht nodig voor de benodigde gedragsverandering bij aankoop en afdanken.
- In het scenario Precious Plastic wordt stevig ingezet op circulair ontwerp van grondstoffen en materialen waardoor de inzameling, sortering en recycling efficiënter en hoogwaardiger kan. Randvoorwaardelijk hierbij zijn heldere internationale standaarden en regelgeving voor grondstoffen en het ontwerp van producten. Ook dit scenario vraagt een belangrijke rol van burgers in het op juiste wijze afdanken van de kunststofproducten
- Het stoppen met fossiele grondstoffen en het opvangen van de vraag met gerecycled of hernieuwbaar materiaal vormt in alle drie de scenario's een enorme systeemtransitie en flinke groei van de productie van hernieuwbare grondstoffen die de fossiele vraag kunnen vervangen. Het op goede wijze faciliteren en stimuleren van deze transitie vormt dus in elk denkbaar scenario voor het sluiten van de kunststofketen een belangrijk speerpunt.
- Ook het onder controle krijgen van de lekstromen is een kernuitdaging in elk van de scenario's waarvoor geen reeds bestaande oplossingen bestaan. Ook het ontwikkelen van deze oplossingen is dus een speerpunt in elk denkbaar scenario voor het sluiten van de kunststofketen.

- In alle drie de scenario's is de innovatie op een andere stap in de keten geconcentreerd. In de werkelijkheid zijn ze niet helemaal los van elkaar te zien. Circulair ontwerpen, ontwikkelen van hernieuwbare grondstoffen, verlengen van de levensduur van producten en hoogwaardige verwerking van kunststoffen vormen in alle denkbare scenario's voor het sluiten van de kunststofketen belangrijke onderdelen.

4.2 Voorwaarden voor een gesloten kunststofketen

Hieronder gaan we in op de randvoorwaarden die gelden voor elk van de scenario's en illustreren we dit met concrete voorbeelden uit de drie toekomstscenario's. In figuur 7 staat een model van een gesloten kunststofketen, waarin met nummers de voorwaarden van een gesloten keten staan weergegeven. Vervolgens lichten we deze voorwaarden verder toe.



Figuur 7, voorwaarden voor een gesloten kunststofketen.

1 Geen kunststoffen meer van fossiele grondstoffen

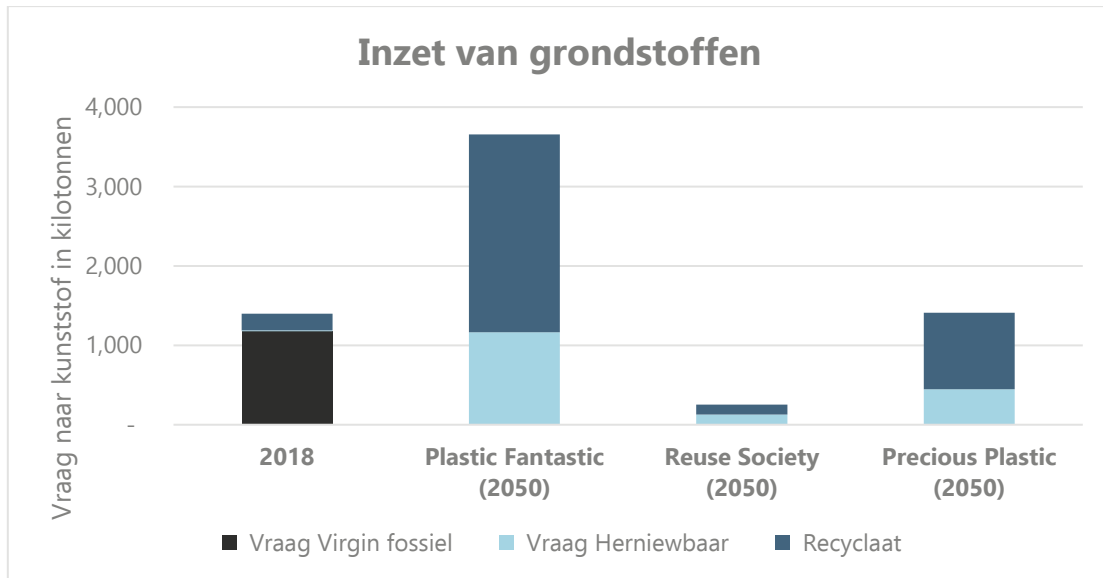
In een gesloten kunststofketen in 2050 zijn alle kunststoffen gemaakt van gerecyclede of hernieuwbare (zoals biobased) kunststoffen van een gegarandeerde kwaliteit³⁰. Dit betekent dat er geen gebruik meer wordt gemaakt van fossiele virgin grondstoffen. Op dit moment is ruim 90% van de kunststof producten die jaarlijks op de markt komen, gemaakt van fossiele virgin grondstoffen.³¹ Dit gaat om een volume van ruim 2 Mton/jaar, wat een grote economische waarde vertegenwoordigt.³² Om het volume fossiele grondstoffen te vervangen moet in de periode tot 2050 de productie van de alternatieve grondstoffen

³⁰Transitie-agenda Kunststoffen, 2018

³¹ Uitgaande van de cijfers van Plastics Europe over 2018 ([link](#)).

³² In Nederland zijn zowel enkele grote multinationals (productie van monomeren en polymeren) als meer dan 1400 MKB-bedrijven (productie kunststof producten) actief in de (virgin) kunststofketen (CE Delft, 2021, [link](#)). De totale omzet van de kunststof- en rubberverwerkende bedrijven bedraagt ca. € 8,8 miljard. De export bedraagt ruim 65% en groeit de laatste jaren gemiddeld met 3%. De Nederlandse afzet van de grondstofleveranciers bedraagt ca. € 8,9 miljard euro. (NRK, RethinkPlastic, [link](#))

(hernieuwbare kunststoffen en recycklaat) flink toenemen. Figuur 8 toont de vraag naar verschillende soorten grondstoffen op dit moment en in de verschillende scenario's.



Figuur 8, inzet van grondstoffen in 2018 vergeleken met de drie scenario's in 2050.

Wat vraagt dit:

- Het uitfaseren van de fossiele grondstoffenmarkt en (daarmee) het creëren van een markt voor niet-fossiele grondstoffen, door de inzet van fossiele grondstoffen te beperken (zoals CO₂ taks, true pricing, verbod, verplicht aandeel biobased).

2 Ontwikkelen, produceren en opschalen hernieuwbare kunststoffen

In de theorie van een gesloten cyclus ligt de nadruk op de inzet van kunststoffen die reeds op de markt aanwezig zijn (via de R-ketens³³). Het is echter niet mogelijk om de volledige vraag naar kunststoffen te voorzien met gerecycled materiaal. Dat komt doordat in alle stappen in de kunststofketen verliezen optreden en een deel van de geproduceerde kunststoffen worden opgenomen in long life producten. Hierdoor blijven in een gesloten keten in 2050 (zelfs in het reductiescenario Reuse Society en met zeer optimistische aannames over de verliezen in de keten³⁴) niet-fossiele virgin grondstoffen nodig.

³³ De R-ladder is een circulariteitsladder waarin verschillende strategieën (R-strategieën: Refuse, Reduce, Reuse, Repair, Recycling, Recover) worden beschreven die bijdragen aan het verminderen van het gebruik van primaire abiotisch grondstoffen. Voor circulariteitsstrategieën die hoger op de ladder staan zijn als vuistregel minder materialen nodig, waardoor de milieudruk door grondstoffengebruik wordt voorkomen. Hiermee geeft de ladder een prioriteitsvolgorde van hoog naar laag. Bron: 'Circulaire Economie in kaart', PBL 2019.

³⁴ In de scenario's hebben we hoge aannames gedaan van de rendementen van de ketenstappen inzameling, sortering en recycling van 80 tot 90%. Zelfs met deze (wellicht te optimistisch berekende rendementen) is de productie van recycklaat onvoldoende om aan de vraag te voldoen. Dit geldt ook voor het Reuse Society scenario waarin de productie van kunststoffen met 15% afneemt in de periode van 2018 tot 2050.



In de ontwikkeling van deze niet-fossiele grondstoffenmarkten is een aantal zaken randvoorwaardelijk om de fossiele markt te kunnen vervangen:

- *De niet-fossiele kunststoffen zijn van vergelijkbare kwaliteit als de huidige fossiele grondstoffen³⁵*

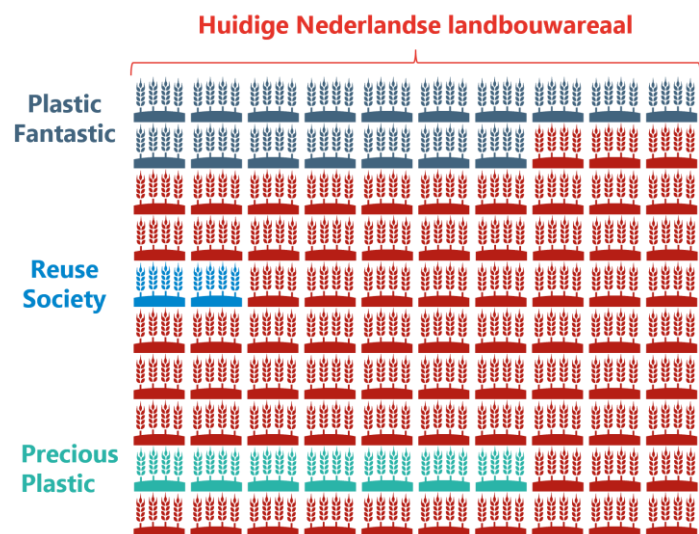
Kunststoffen zijn op dit moment van grote waarde door de specifieke waardevolle eigenschappen. Alleen wanneer de alternatieve grondstoffen van vergelijkbare kwaliteit zijn en voldoen aan de benodigde specificatie voor productie en gebruik kunnen deze een volwaardig alternatief zijn voor fossiele grondstoffen.

- *Er is voldoende aanbod van niet-fossiele kunststoffen beschikbaar voor producenten.*

Alleen wanneer de productie van recycleat en hernieuwbare kunststoffen aansluit bij de vraag vanuit producenten naar grondstoffen kan de markt onafhankelijk worden van fossiele grondstoffen. In alle scenario's betekent dit een flinke groei van het aanbod hernieuwbare kunststoffen ten opzichte van het basisjaar 2018 (1.050% in Reuse Society, 3.700% in Precious Plastic, 9.800% in Plastic Fantastic). In figuur 8 op de vorige pagina wordt deze groei getoond. De huidige (biobased) productie van hernieuwbare kunststoffen is slechts een (nauwelijks zichtbare) dunne lijn en in alle scenario's in 2050 een veelvoud hiervan.

- *De productie van hernieuwbare kunststoffen heeft geen negatieve neveneffecten.*

De circulaire economie is geen doel op zichzelf maar een middel om een duurzame samenleving te ontwikkelen³⁶. Alle drie de scenario's beschrijven een grote groeiende vraag naar hernieuwbare kunststoffen. Wanneer deze vraag ingevuld zou worden met biobased kunststoffen, betekent dit in alle drie de scenario's een grote groei van biomassaproductie. Figuur 9 zet de gevraagde groei in perspectief. Uitgaande van het huidige rendement in productie van biobased kunststof, toont het de benodigde grond in de verschillende scenario's (verschillende kleuren blokjes) in verhouding tot het huidige Nederlandse landbouwareaal (alle blokjes samen).



Figuur 9, visualisatie van verhouding benodigde landbouwgrond per scenario voor productie biobased kunststoffen in verhouding met huidige landbouwareaal.

³⁵ De kwaliteit van niet-fossiele kunststoffen is goed gedefinieerd in specificaties en voor iedere toepassing bestaat een geschikt type kunststof van niet fossiele afkomst.

³⁶ Uitgangspunt van dit onderzoek als ook in de Transitieagenda Kunststoffen.

- *Er is voldoende aanbod van schone kunststofmoleculen (virgin niet-fossiele polymeren).*

In een gesloten kunststofcyclus wil je zo min mogelijk ophoping van toevoegingen/additieven zoals kleurstoffen en weekmakers, om de kwaliteit zo hoog mogelijk te houden en risico's voor mens en milieu te minimaliseren. Daarom is het van belang dat voor de productie van nieuwe kunststoffen voldoende aanbod is van schone kunststofmoleculen, zoals nieuwe polymeren uit hernieuwbare bronnen zoals biomassa of recycleaat dat is ontdaan van deze toevoegingen via geavanceerde recyclingtechnieken (zie voorwaarde 8).

Wat vraagt dit:

- Het stimuleren van, en investeren in, de technologische ontwikkeling van hernieuwbare kunststoffen die fossiele grondstoffen moeten gaan vervangen.
- Het stimuleren en opschalen van de productie van hernieuwbare kunststoffen (zoals biobased) die fossiele grondstoffen moeten gaan vervangen.

3

Stimuleer productie van materialen en producten gericht op circulariteit

In alle scenario's voor een gesloten kunststofketen is het van belang dat materialen en producten zijn ontworpen om ze zo hoogwaardig mogelijk in de keten te behouden. Dit betekent dat het is ontworpen voor hoogwaardige recycling (design for recycling), of voor vormen van levensduurverlenging (zoals in de andere R-ketens: Reuse, Repair, Repurpose, Remanufacture, Refurbish etc).

Een grote uitdaging hierin vormen de zeer zorgwekkende stoffen (in Europa ook wel 'substances of very high concern' – oftewel SVHC - genoemd) in kunststoffen. Er worden stoffen aan kunststoffen toegevoegd om het kunststof specifieke eigenschappen mee te geven, zoals kleur of flexibiliteit. Na verloop van tijd blijkt soms dat deze stoffen ook gevaarlijke eigenschappen met zich mee brengen en een risico vormen voor mens en milieu. Juist in een circulaire keten waarin materialen blijven rondgaan, vormen SVHC in kunststoffen een risico.

In het scenario Reuse Society vindt een reductie van kunststoffen plaats. Dit betekent dat producten gemaakt worden van andere materialen. Kunststoffen hebben in vergelijking met andere grondstoffen vaak relatief goede duurzaamheidskenmerken (licht, lage CO₂-footprint, lange levensduur, flexibel, goede voedselbarrière etc.). Wanneer ingezet wordt op een afname van kunststoffen is het van belang dat de totale milieu-impact van de alternatieven niet groter is dan die van kunststoffen.

Wat vraagt dit:

- Het ontwikkelen van (internationale) ontwerpstandaarden en/of -verplichtingen voor het verlengen van de levensduur van producten en optimale recyclebaarheid (design for recycling, design for reuse, design for disassembly, etc.).
- Het doorvoeren van interventies om de risico's van SVHC in de circulaire kunststofketen te minimaliseren:
 - Aanpassen wetgeving waarbij eerst aangetoond moet worden dat de stoffen in kunststoffen veilig zijn (van 'ja, tenzij' naar 'ja, mits'). Gevaarlijke stoffen mogen niet meer gebruikt worden of de blootstelling van de SVHC aan mens en milieu is beperkt

(bijvoorbeeld doordat de gevaarlijke stoffen gebonden zijn in de polymerenmatrix en er niet uit kunnen komen).

- Technologie ontwikkelen waarmee aan het einde van de levensduur van het kunststof product de gevaarlijke stof uit het kunststof kan worden gehaald.
- Informeren over de duurzaamheidseigenschappen van verschillende materialen en alternatieven van kunststoffen

4

Reduceren van kunststofgebruik waar nuttig

De hoogste trede in de circulaire economie is Refuse, het niet gebruiken van het product. Wanneer het kunststof product geen functie heeft (bijvoorbeeld in het conserveren van voedsel) is de meest duurzame oplossing om het weg te laten. In een circulaire kunststofketen zijn alle kunststofketen uitgebannen die geen nuttige functie vervullen.

Wat vraagt dit:

- Beleid waarin kunststoffen worden beperkt die geen nuttige functie vervullen (bijvoorbeeld via verbod of beprijzen)

5

Stimuleren langere levensduur en gebruik van producten

Hergebruik van producten vraagt een ander consumptiepatroon dan het gebruik van single use producten. In een hergebruikstelsel is het van belang dat consumenten bewogen worden tot het juiste (aankoop- en gebruiks-) gedrag (bijvoorbeeld het laten repareren van producten in plaats van nieuwe producten kopen). Daarnaast vragen hergebruikssystemen nieuwe activiteiten op het gebied van logistiek, reparatie en reiniging. In sommige gevallen is dit alleen mogelijk wanneer dit ontstaat vanuit collectieve systemen, want niet iedere verkoper heeft de mogelijkheid de eigen logistiek te organiseren voor het retourneren, repareren en reinigen van de eigen producten. Er kan een grote efficiëntie worden bereikt wanneer deze ondersteunende diensten collectief en gestandaardiseerd zijn.

Een belangrijke kanttekening bij hergebruikssystemen is dat de milieudruk van een hergebruikstelsel alleen naar beneden gaat als het product ook daadwerkelijk wordt hergebruikt. Wanneer de herbruikbare alternatieven worden gebruikt voor single use, is de milieu-impact groter (omdat herbruikbare producten over het algemeen uit meer materiaal bestaan).

Wat vraagt dit:

- Stimuleren van innovaties om hergebruikssystemen te testen en op te schalen
- Faciliteren van ondersteunende logistiek van hergebruikssystemen
- Ontwikkeling van collectieve hergebruikssystemen en standaardisatie
- Consumenten informeren en bewegen tot ander aankoopgedrag

6 Optimaal inzamelen in de R-ketens

Om te zorgen dat zo weinig mogelijk nieuwe grondstoffen nodig zijn, is het van groot belang dat alle kunststoffen zo hoogwaardig mogelijk en zo efficiënt mogelijk worden ingezameld voor recycling. Nu wordt nog een groot deel van het ingezamelde (recyclebare) kunststof verbrand. Dit vraagt om systemen die gemakkelijk zijn en zo min mogelijk extra taken van de burger vragen.

Wat vraagt dit:

- Ontwikkelen inzamelsystemen die optimaal afdankgedrag stimuleren
- Stimuleren van technologie (zoals technisch herkenbare markeringen in plastic producten) die een inzamelsysteem in de toekomst zou kunnen versimpelen.

7 Onder controle krijgen van lekstromen

In een volledig gesloten kunststofketen verdwijnen geen kunststoffen meer naar het milieu via bijvoorbeeld zwerfafval, rubber deeltjes van autobanden of kunststof vezels uit textiel. Omdat kunststof moleculen niet afbreken in het milieu, leiden deze lekstromen tot het steeds verder ophopen van kunststoffen in het milieu. Figuur 10 toont drie typen interventies om lekstromen tegen te gaan. Net als in de R-ladder zit er een hiërarchie in onderstaande typen interventies. Het beste is om kunststof in het milieu te voorkomen, vervolgens om te voorkomen dat het schadelijke effecten heeft en tot slot om het uit het milieu te verwijderen.



Figuur 10, drie typen interventies om lekstromen te voorkomen.

Wat vraagt dit:

- Het ontwikkelen van en investeren in interventies die lekstromen tegengaan. Hierbij kan gedacht worden aan drie typen interventies:
 - Voorkomen: Zorgen dat er geen kunststoffen in het milieu kan komen (bijvoorbeeld met goede afvalbeheersstructuren, geen kunststoffen gebruiken in slijtende producten)
 - Verminderen impact: Zorgen dat de kunststoffen in toepassingen met risico's op weglekken naar het milieu geen problemen opleveren (bijvoorbeeld biodegradeerbaar, volledig inert, voedsel voor een organisme vormen)
 - Opruimen: Zorgen dat de lekstromen worden opgeruimd nadat ze in het milieu komen. (Ocean clean-up, Shoreliner, bubble barrier, opruimacties, drones, etc.)

8

Niet verbranden van recyclebare kunststoffen

In een circulaire keten worden recyclebare kunststoffen niet meer verbrand, en blijven de materialen zo lang mogelijk en zo hoogwaardig mogelijk in een gesloten cyclus. Op dit moment wordt nog een groot deel van het kunststof afval verbrand tegen energierugwinning. Om de inzet van recyclebaar materiaal te verhogen en de inflow van nieuwe grondstoffen te minimaliseren, is van belang om verbranding van kunststoffen strikt te reduceren.

Daarnaast vallen in elk van de ketenstappen kunststoffen uit (de 'reststromen' zoals aangegeven in de tabel in Appendix 4). Zelfs met hoge aannames over de rendementen van de ketenstappen (80 tot 90%) is dit een serieus volume om rekening mee te houden (150 kton in Reuse Society en 1150 kton in Plastic Fantastic). Wanneer deze stromen worden verbrand waarbij warmte en koolstof (in de vorm van CO₂ of syngas) worden teruggewonnen, past dit op de laagste trede van de R-ladder (Recover).

Wat vraagt dit:

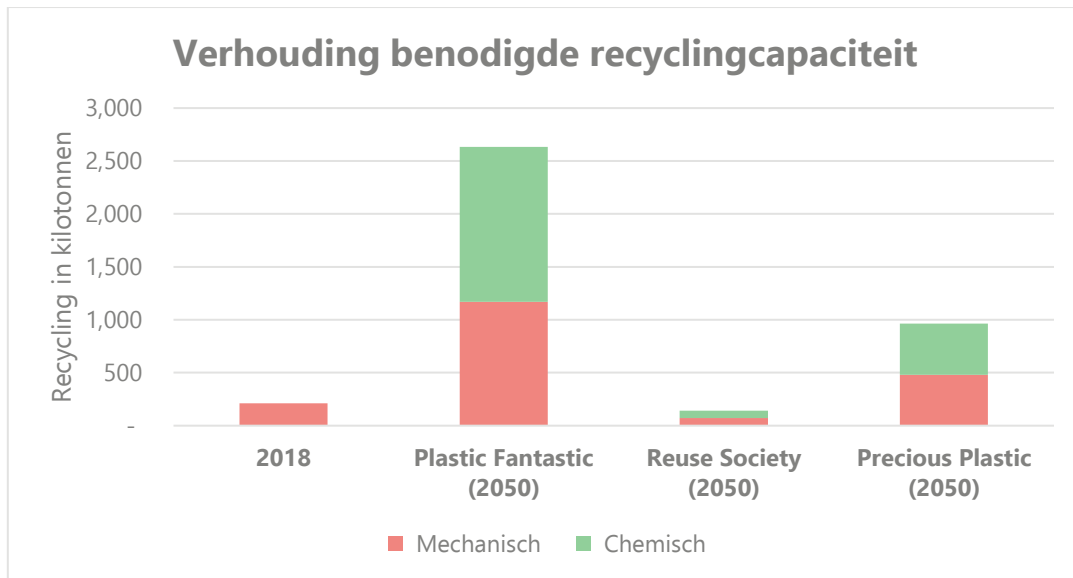
- Een visie en aanpak op het afbouwen van de verbranding van kunststoffen wanneer meer kunststoffen hoogwaardig in een cyclus rondgaan.

9

Ontwikkelen van geavanceerde verwerkingstechnieken gericht op kwaliteit, materiaalbehoud en zo laag mogelijke milieu-impact

In een circulaire kunststofketen waar kunststoffen zo hoogwaardig mogelijk blijven rondgaan, treedt gaandeweg kwaliteitsverlies op. Hierdoor moeten alle kunststoffen op den duur uiteindelijk gerecycled worden en moeten polymeren worden ontdaan van toevoegingen (additieven zoals kleurstoffen en weekmakers). Dit vraagt geavanceerde sorteer- en verwerkingstechnieken gericht op kwaliteit, materiaalbehoud en zo laag mogelijke milieu-impact. Enerzijds zijn (mechanische) technieken nodig die de kunststofmoleculen (inclusief eerder genoemde additieven) intact houden in het recyclingproces. Hier zit een einde aan omdat de kwaliteit van mechanische recycling per cyclus afneemt. Daarom zijn aanvullend (chemische) recyclingstechnieken nodig die de additieven verwijderen en nieuwe virgin polymeren maken. Wanneer geen gebruik meer gemaakt wordt van fossiele virgin grondstoffen in de kunststofketen, zal de virgin markt volledig over moeten stappen naar hernieuwbare grondstoffen (zoals biobased) en producten uit chemische recycling. In de toekomstscenario's vraagt dit een grote groei van de mechanische en chemische recyclingmarkt. In figuur 11 hieronder wordt de benodigde recyclingcapaciteit in de verschillende scenario's vergeleken met de huidige³⁷. De figuur toont enkel de opbouw van capaciteit in kilotonnen. Daarnaast zal er ook ontwikkeling plaats moeten vinden van de technologie om hogere rendementen te behalen.

³⁷ De berekende capaciteiten zijn nog exclusief de kunststoffen die vrijkomen uit long life producten. Ter illustratie: op dit moment wordt jaarlijks 550 kton kunststof in gebouwen en constructies toegepast (uitgaande van de cijfers van Plastics Europe over 2018, [link](#)). Er dient rekening mee gehouden te worden dat vergelijkbare hoeveelheden kunststof vrijkomen over 30 jaar – dus rond 2050. Om deze kilotonnen te verwerken moet in 2050 verwerkingscapaciteit beschikbaar zijn.



Figuur 11, verhoudingen tussen huidige en in scenario's benodigde recyclingcapaciteit.

Wat vraagt dit:

- Visie op toekomst van recycling markt door inzichtelijk te maken welke technieken het meest geschikt zijn voor verwerking van specifieke kunststoffen of polymeren waarbij goede balans wordt gevonden tussen rendement, CO₂-footprint en inzetbaarheid/kwaliteit van de output.
- Investing in en opschalen van geavanceerde recyclingtechnieken

4.3 Transitiepad op hoofdlijnen

Elk van de randvoorwaarden in paragraaf 4.2 hebben in meer of mindere mate een disruptieve impact op hoe we met kunststoffen omgaan. Tabel 1 toont wat de mate van disruptie is van de randvoorwaarden en in hoeverre de maatregel per scenario een hoge of lagere prioriteit heeft. Maatregelen die in elk scenario de hoogste prioriteit hebben en een hoge mate van disruptie geven, zijn dus van het grootste belang maar vragen ook de meeste aandacht.

Tabel 1, randvoorwaarden en disruptieve impact.

Randvoorwaarden	Mate van disruptie	Plastic Fantastic	Reuse Society	Precious Plastic
1 Geen kunststoffen meer van fossiele grondstoffen	+++	v v	v v	v v
2 Produceren hernieuwbare grondstoffen	+++	v v	v v	v v
3 Circulair ontwerpen	+	v	v v	v v
4 Reduceren van kunststofgebruik waar nuttig	+	v	v v	v
5 Stimuleren van langere levensduur en gebruik producten	++	v	v v	v v
6 Optimaal inzamelen in R-ketens	+	v	v v	v v
7 Onder controle krijgen van lekstromen	+++	v v	v v	v v
8 Niet verbranden van recyclebare kunststoffen	+	v	v	v
9 Ontwikkelen geavanceerde sortering en recycling	++	v v	v	v v

Legenda

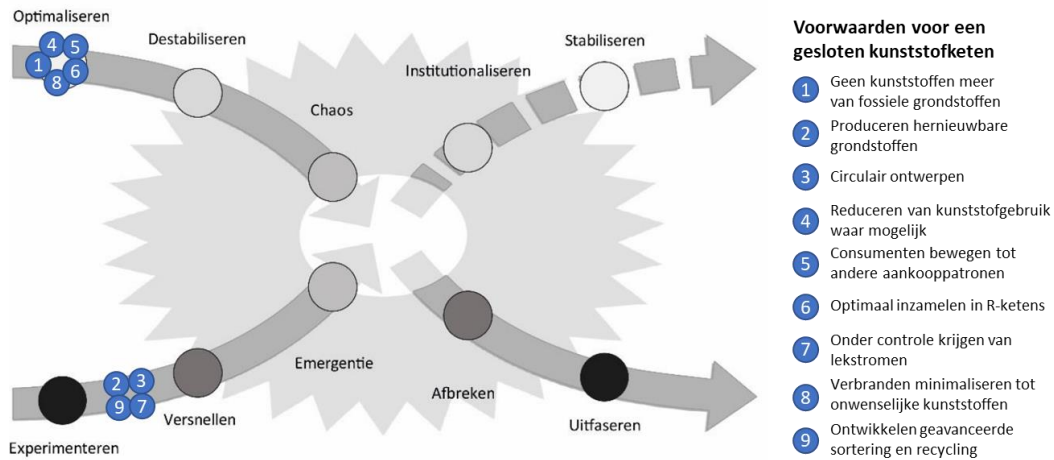
- +++ Vraagt afbreken status quo met grote economische waarde (> mld euro) of vraagt technologie die nu nog niet bestaat
- ++ Vraagt transitie van status quo naar nieuwe manier van werken
- + Vraagt optimalisatie en/of implementatie van reeds bestaande oplossingen
- v v Hoogste prioriteit in dit scenario
- v Lagere prioriteit in dit scenario

De tabel laat zien dat voorwaarden 1, 2 en 7 zorgen voor de grootste disruptie zorgen en tegelijkertijd de hoogste prioriteit hebben in de drie uiteenlopende scenario's voor het sluiten van de keten. Daarnaast zorgen voorwaarden 3, 4, 6 voor een minder grote disruptie, maar zijn wel in elk scenario van belang. Dit betekent dat deze voorwaarden al op kortere termijn geïmplementeerd kunnen worden met minder grote disruptieve implicaties.

Elke transitie bestaat uit het opbouwen van nieuwe structuren en tegelijkertijd het afbreken van bestaande³⁸. In figuur 12 staat dit visueel weergegeven met de x-curve van DRIFT, met daarin de negen voorwaarden voor een circulaire keten geplot. Een aantal voorwaarden zijn gericht op het afbreken van huidige activiteiten in de kunststofketen (links boven), en een aantal voorwaarden zijn gericht op het ontwikkelen van nieuwe activiteiten die op termijn de status quo moeten gaan vervangen (links onder).

³⁸ [Staat van Transitie: patronen van opbouw en afbraak in vijf domeinen, DRIFT 2017](#)





Figuur 12, transitie kunststofketen in x-curve van DRIFT.

Opvallend is dat alle voorwaarden aan de linkerkant van de figuur staan. We staan pas aan het begin van de transitie. De huidige activiteiten concentreren zich vaak op het optimaliseren van de status quo of het experimenteren met nieuwe oplossingen. Om in de komende drie decennia de transitie naar een circulaire kunststofketen te maken adviseren wij het volgende transitiepad op hoofdlijnen:



Figuur 13, transitiepad op hoofdlijnen.



Appendix 1 Deelnemers Red Team sessies

Op 1 juli en 17 augustus 2021 vonden twee (online) Red Team sessies plaats. Het "Red Team" principe kent zijn oorsprong in het Amerikaanse leger, maar wordt inmiddels veel breder ingezet. Kortgezegd: een groep onafhankelijke experts en/of stakeholders wordt ingezet om de zwakke punten van een plan te identificeren en op zoek te gaan naar argumenten waarom het plan niet zou werken. Voor dit onderzoek hebben we 2 Red Teams georganiseerd waarin we ongeveer 15 vertegenwoordigers van stakeholders hebben gevraagd te reageren op onze concept-scenario's, inclusief de argumenten die we hiervoor hebben gebruikt. Daarmee wordt in de discussie duidelijk of we argumenten gemist hebben, of we verkeerde inschattingen hebben gemaakt en of er nuancerings nodig zijn. Door de "Red Teams" genoemde argumenten houden we bij en we scherpen onze scenario's aan ("comply or explain").

Deelnemers op 1 juli 2021:

- | | |
|---------------------|----------------------|
| • Freek Bakker | Suez |
| • Rolf Teunis | Provincie Overijssel |
| • Martijn Broekhof | VNCI |
| • Merijn Tinga | Plastic Soup Surfer |
| • Raymond Jongman | Holland Colours |
| • Marcel van Eijk | NTCP |
| • Jos Keurentjes | Universiteit Twente |
| • Wilma van Hunnik | Ministerie van IenW |
| • Erwin Zant | Polymer Science Park |
| • Dick Zwaveling | Rensus |
| • Jurgen Ooms | TAUW |
| • Nicolein Blanksma | Rebel |
| • Michiel Kort | Rebel |
| • Luuk van Gemert | Rebel |
| • Jurriaan Vink | Rebel |

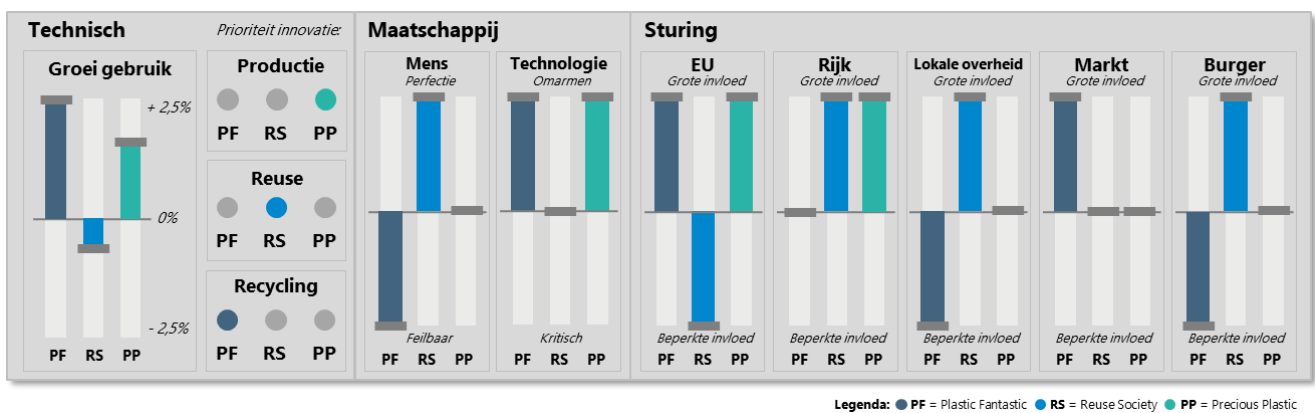
Deelnemers op 17 augustus 2021:

- | | |
|---------------------------|---------------------|
| • Berry Bellert | Attero |
| • Eelco Smit | Philips |
| • Steven de Boer | Sabic |
| • Theo Stijnen | Plastics Europe |
| • Gerrit Klein Nagelvoort | Veolia |
| • Thor Tummers | Unilever |
| • Chris Bruijnes | KIDV |
| • Marcel van Eijk | NTCP |
| • Jos Keurentjes | Universiteit Twente |
| • Marjon Jansen | RWS |
| • Wilma van Hunnik | Ministerie van IenW |
| • Erwin Zant | PSP |
| • Dick Zwaveling | Rensus |
| • Jurgen Ooms | TAUW |
| • Maxine van Grootel | Rebel |
| • Nicolein Blanksma | Rebel |
| • Michiel Kort | Rebel |
| • Luuk van Gemert | Rebel |

Appendix 2 Opbouw mengpaneel

Voor de uitwerking van de scenario's hebben we de methode van een 'morfologisch veld' gebruikt³⁹. Dit morfologische veld wordt vaak weergegeven als een 'mengpaneel' (naar analogie van panelen in muziekstudio's) waarin de belangrijkste variabelen van de scenario's staan weergegeven als schuifjes in het paneel. Bij het uitwerken van de scenario's ontstaat per scenario een logische samenhang van de 'standen van de schuifjes'. Deze methode helpt om de scenario's zoveel mogelijk van elkaar onderscheidend te maken doordat de schuifjes per scenario op andere standen staan.

Hieronder staat het mengpaneel weergegeven waarin de stand van de schuifjes van elk scenario staat weergegeven. Dit mengpaneel bestaat uit 3 blokken: Technisch, Maatschappij en Sturing.



Zoals in hoofdstuk 2 toegelicht hebben we twee factoren geïdentificeerd die het meest bepalend waren in de definitie van de scenario's voor een gesloten keten in 2050:

1. De mate van groei of reductie van de hoeveelheid kunststoffen op de markt.
2. De plek in de keten waar de focus ligt voor innovatieve oplossingen: in productie, (her)gebruik, sortering, recycling.

In het blok Technisch staan deze twee factoren links weergegeven in het mengpaneel'. Deze twee factoren kunnen gezien worden als de primair bepalende factoren voor de scenario's. Hieruit volgen de de standen van de schuifjes in blokken Maatschappij en Sturing⁴⁰.

In het blok 'Maatschappij' staat de visie in de maatschappij op de mens (in hoeverre wordt de mens gezien als perfect of juist als feilbaar) en de visie op technologie (in hoeverre wordt technologie omarmt of juist kritisch bekeken) centraal.

In het derde blok 'Sturing' is aangegeven welk overheidsniveau de meeste invloed uitoefent op de kunststofketen (EU, Rijk, lokale overheid) en hoe groot de invloed is van de markt en de burger.

³⁹ Deze methode van morfologische analyse werd in de jaren '60 van de vorige eeuw ontwikkeld door Zwitsers sterrenkundige Fritz Zwicky, die het toepaste op sterrenkundig onderzoek en bij de ontwikkeling van o.a. straalmotoren. Zie Zwicky (1969), *Discovery, Invention, Research through the morphological approach*.

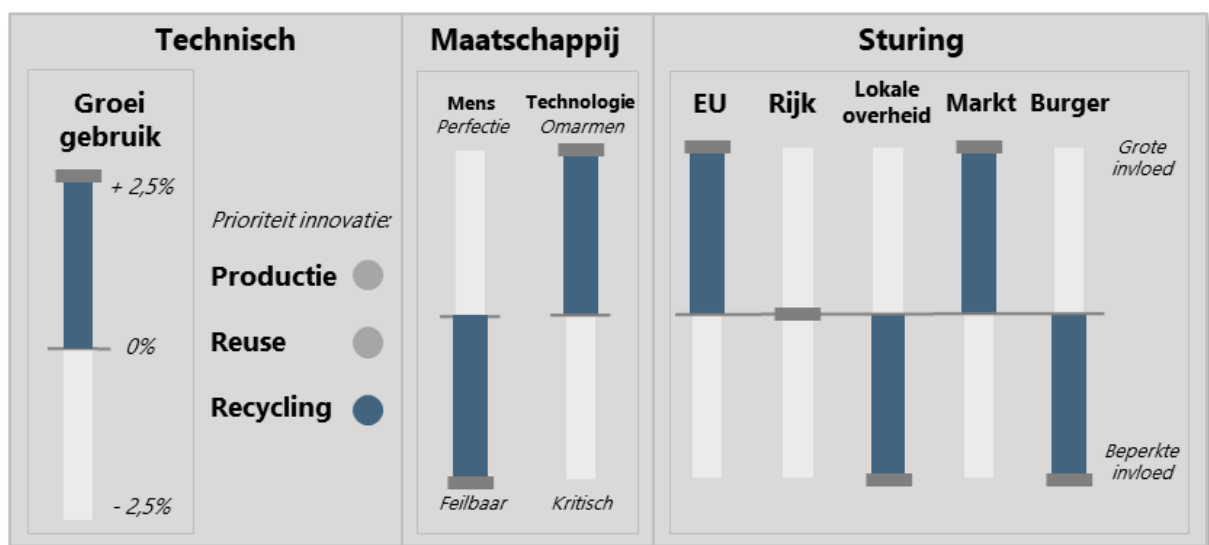
⁴⁰ De standen van deze schuifjes zijn met experts getoetst.

Appendix 3 Drie scenario's voor een gesloten kunststofketen

In deze appendix worden de drie scenario's voor een gesloten kunststofketen nader toegelicht. Figuren A1 t/m A3 tonen de mengpanelen voor Plastic Fantastic, Reuse Society en Precious Plastic. Aan de hand van de mengpanelen worden elementen met betrekking tot technische ontwikkeling, maatschappij en sturing verduidelijkt. Daarnaast is voor elk scenario 'een dag in het leven' beschreven.

Plastic Fantastic

Figuur A1 geeft het mengpaneel van Plastic Fantastic weer.



Figuur A1, mengpaneel Plastic Fantastic-scenario.

Technisch

- In het scenario Plastic Fantastic heeft een stevige groei plaatsgevonden van kunststoffen op de markt. Producenten van kunststof producten hebben in dit scenario geanticipeerd op de wereldwijde groeiende vraag naar kunststof.
- Innovatie heeft in dit scenario met name plaatsgevonden aan de 'achterkant' van de keten: vergaande innovatie in (chemische en mechanische) recyclingtechnieken. Kunststoffen zijn zo ontwikkeld dat er minder aandacht hoeft te zijn voor productontwikkeling. Uit elke kunststof kunnen weer grondstoffen worden gewonnen voor nieuwe kunststof.
- In deze gesloten kunststofketen ligt de nadruk op het ontwikkelen van hoge kwaliteit recycleert (inzetbaarheid vergelijkbaar met fossiele kunststoffen), immers de innovatie heeft met name op de achterkant van de keten plaatsgevonden.
- Echter, door de groeiende vraag naar kunststoffen is het niet mogelijk om met het recycleert aan de vraag te voldoen. Dit wordt om die reden verder aangevuld met hernieuwbare kunststoffen.

Maatschappij

- Dit scenario veronderstelt een groot vertrouwen van de maatschappij in technologische oplossingen.
- De mens (in de rol als burger of consument) heeft in deze gesloten kunststofketen geen grote rol in het op andere wijze consumeren of afdanken van producten. Dit past in een maatschappij die de mens als feilbaar ziet.

Sturing

- De kunststofketen stopt niet bij de landsgrenzen maar is een internationale markt. Daarom gaat dit scenario er vanuit dat sturing vooral plaatsvindt op internationaal (EU) niveau plaats. Deze Europese sturing is nodig om ervoor te zorgen dat fossiele virgin grondstoffen zijn uitgebannen en om lekstromen te voorkomen. Het Rijk heeft de rol om Europese wetgeving naar Nederlandse context te vertalen en heeft daardoor een belangrijke maar minder sturende rol. Lokale overheden en de burger hebben in dit scenario beperkte invloed op het sluiten van de kunststofketen.

Een dag in het leven in Plastic Fantastic*Rotterdam, september 2050*

De zon komt op en hierdoor treden allerlei apparaten in mijn huis in werking. De lampen gaan aan, mijn huis is op juiste temperatuur, mijn koffie staat klaar en mijn slimme koelkast heeft geselecteerd welke producten vandaag geconsumeerd moeten worden voordat ze bederven. Mijn producten zijn allemaal in plastic verpakt, zodat ze zo lang mogelijk houdbaar zijn. Voedselschaarste is namelijk een belangrijk issue, door de gegroeide wereldbevolking en de hoge wereldwijde welvaarsstandaard.

Plastic had in de jaren '20 een slecht imago, maar dit is volledig gedraaid toen het de oplossing bleek voor het behoud van het schaarse voedsel. Ook is het een materiaal met een relatief lage klimaatimpact, mits het wordt gerecycled. Bijna al het verpakkingsmateriaal is om die reden nu vervangen door plastic. Zo is het gebruik van papier en hout aan banden gelegd, omdat deze grondstoffen te veel ruimte in beslag namen en deze ruimte nodig is voor voedselproductie voor de 10 miljard mensen op aarde.

Ik kleed me aan in mijn nieuwe polyester suit. Grappig om te bedenken dat katoen vroeger zo'n belangrijke grondstof was voor kleding. Met de overstap naar kunststof kleding konden we stoppen met de vervuilende katoenindustrie en is een hele nieuwe mode-industrie ontstaan gebaseerd op gerecyclede kunststoffen. Dit heeft er ook voor gezorgd dat de oude 'natte' wasmachines niet meer bestaan, door 'dry-washing' voorkomen we nu dat micro-plastics weglekken naar het milieu.

Voor mijn deur pak ik de zelfbesturende kunststof deelauto die mij brengt naar de bouwplaats van mijn nieuwe huis dat van kunststof wordt gemaakt. De banden van deze deelauto zijn tegenwoordig van een bio-afbreekbare rubber. Wanneer door slijtage kleine deeltjes in het milieu komen, worden deze in enkele dagen afgebroken. Op de bouwplaats staat een enorme 3D printer die alle onderdelen van mijn huis ter plekke print van gerecycled kunststof. De CO₂ footprint van deze kunststof huizen is veel lager dan de huizen van vroeger van beton en cement.

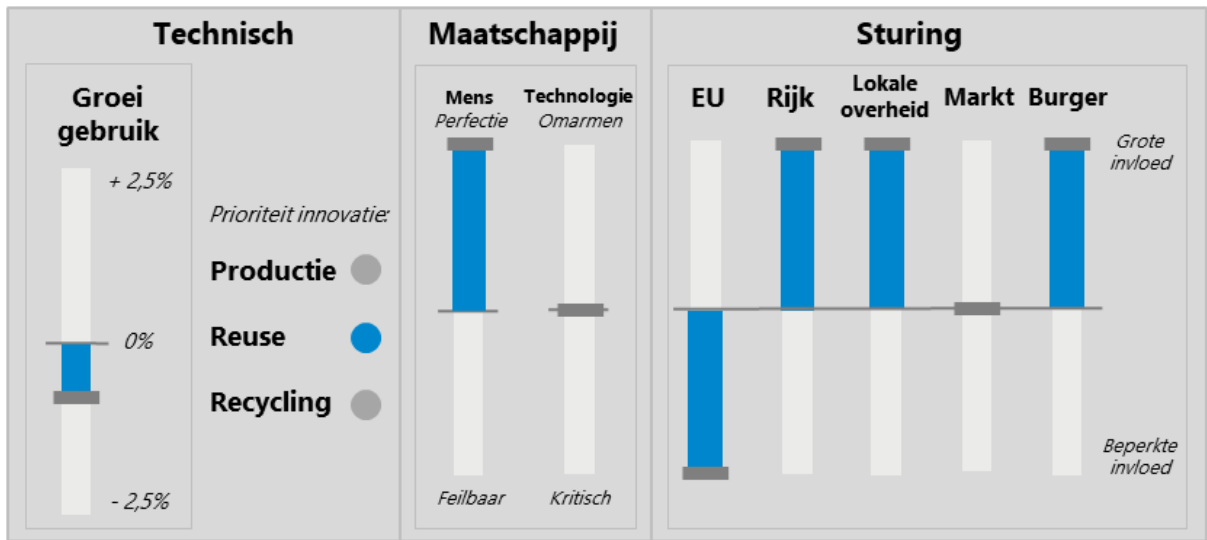
Vervolgens rijd ik naar mijn werk, een plastic recyclingbedrijf. Booming business, door de grote groei van kunststofgebruik en de enorme toename van kunststofrecycling is dit de groeimarkt van de afgelopen decennia. Er is veel geïnvesteerd in innovatieve mechanische en chemische recyclingtechnieken waardoor kunststoffen hoogwaardig gerecycled worden. Maar doordat ook steeds meer kunststoffen in long life producten zitten, en het kunststofgebruik maar blijft stijgen, worden steeds meer producten gemaakt van biobased kunststoffen uit restproducten van de intensieve glastuinbouw.

De kunststofketen is tegenwoordig gesloten, hoewel de gemiddelde burger daar weinig van merkt. Burgers gebruiken veel plastic, en alle plastics die per ongeluk toch nog op straat belanden, worden direct opgeruimd door een van de slimme drones die vanuit de lucht constant de openbare ruimte scannen.

Aan het einde van de dag zie ik een pop-up in mijn smart glass: Boyan Slat is door Time benoemd als Person of Year door zijn innovatieve systemen om wereldwijd de plastic soup met onderwaterrobots op te

Reuse Society

De standen van de knoppen in het scenario Reuse Society staan weergegeven in figuur A2.



Figuur A2, mengpaneel Reuse Society-scenario.

Technisch

- In het Reuse Society scenario is de hoeveelheid kunststoffen op de markt afgenomen.
- Dit komt mede doordat er stevig is ingezet op maximaal hergebruik van kunststof producten. De markt is voor zover mogelijk omgezet naar hergebruiksystemen waar dus ook veel innovatie heeft plaatsgevonden.

Maatschappij

- De rol van de mens (in de rol van consument en burger) voor het sluiten van de kunststofketen is groot: dit scenario vraagt een ander aankoopgedrag en een ander afdankgedrag door alle hergebruiksystemen.
- Dit kan alleen wanneer in maatschappij de overtuiging heerst dat de burger deze taken goed/perfect kan uitvoeren.
- In dit scenario ligt dus een stevige nadruk op een nieuwe wijze van consumeren met hergebruiksystemen en een overgang kort-cyclische kunststof producten naar lang-cyclische producten.

Sturing

- Hergebruiksystemen functioneren het beste op een beperkte schaal (door de benodigde logistieke vervoersstromen). Om die reden is logisch dat ook de overheidssturing in dit scenario met name plaatsvindt vanuit het Rijk en lokale overheid.
- Hergebruiksystemen ontstaan alleen wanneer consumenten dit verlangen of doordat wetgeving het afdwingt. De overheid en de burger hebben om die reden een grote invloed op de sturing, en de markt een meer volgende rol.

Een dag in het leven in Reuse Society

Rotterdam, september 2050

Ik word wakker omdat de bezorg-drone is gearriveerd met het ontbijt dat ik gisteravond had besteld. Ik stap naar buiten en de boodschappen worden in hervulbare verpakkingen in een kist op mijn stoep gezet. Mijn eigen kist met lege verpakkingen geef ik retour aan de drone die het terugneemt naar het distributiecentrum. Als ik naar boven kijk zie ik het komen en gaan van drones die producten rondbrengen en verpakkingen mee terugnemen.

Boodschappen worden alleen nog maar online gedaan, de huidige generatie weet helemaal niet meer wat een supermarkt is. Verpakkingen hebben daarmee slechts een functie om een product van A naar B te vervoeren en te zorgen dat voedsel niet bederft. De marketingfunctie van verpakkingen is volledig verdwenen, dat gebeurt immers online.

Ik pak mijn versgebakken broodje uit de broodkist en wandel naar de kluizenmuur bij mij om de hoek. In bijna elke straat staat nu zo'n muur met kluisjes waarin bestelde producten kunnen worden opgehaald. De producten zitten in gestandaardiseerde kistjes, die met een statiegeldsysteem weer retour worden gestuurd. Met mijn persoonlijke code open ik een kluis waarin een kist zit met daarin mijn nieuwe tas. Het woord 'nieuw' heeft overigens wel een andere betekenis gekregen tegenwoordig. De tas is door de vorige eigenaar weer ingeleverd, waarna hij weer opgeknapt is tot een nieuwe tas. Online kon ik kiezen welke kleur hij zou krijgen.

Over de gehele linie is het gebruik van plastic in de afgelopen decennia teruggeschroefd. Toen duidelijk werd hoe micro- en nanoplastics ophoopten in ons voedselsysteem en ook in mensen en dit zorgde voor grote schadelijke gezondheidseffecten, zijn plastics flink in de ban gedaan. Onnodige single use plastics zijn volledig uitgebannen.

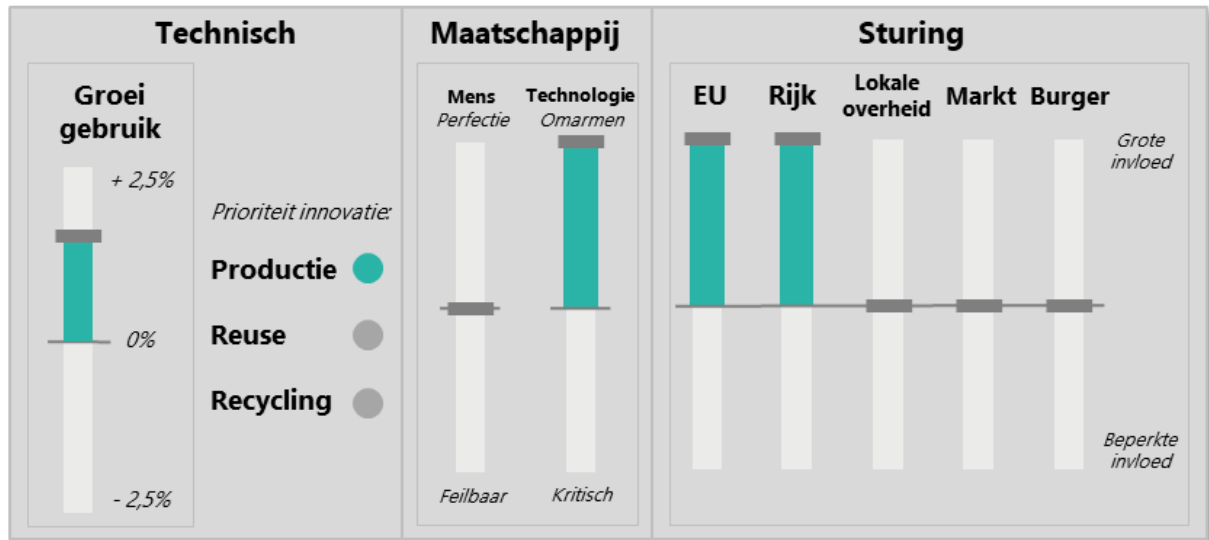
Wanneer ik mijn tas thuis heb afgeleverd ga ik naar mijn werk, een bouwbedrijf. Mijn baan bestaat uit het inkopen van bouwonderdelen die vrijkomen uit oude gebouwen. Tegenwoordig zijn er gestandaardiseerde bouwblokken waarmee gebouwen, maar ook bruggen en viaducten worden gebouwd. Na ontmanteling kunnen ze weer opnieuw worden ingezet. Met name kunststof bouwmaterialen worden zo veel mogelijk opnieuw ingezet.

Standaardisatie is hierin erg belangrijk. Dit geldt niet alleen voor in de bouw, maar in alle sectoren zijn er tegenwoordig veel gestandaardiseerde maten en eisen voor herbruikbare producten, zodat niet ieder bedrijf zijn eigen producten weer retour hoeft te nemen.

Wanneer ik aan het einde van de dag op weg ben naar huis, rijd ik nog even langs een reparatiewinkel in de stad, om een scheur in mijn jas te laten maken. Tegenwoordig zitten de winkelstraten er vol mee. Spullen van nieuwe grondstoffen zijn erg duur waardoor reparatie en het upgraden van producten booming business is geworden.

Precious Plastic

Het mengpaneel voor het scenario Precious Plastic wordt weergegeven in figuur A3.



Figuur A3, mengpaneel Precious Plastic-scenario.

Technisch

- In het scenario Precious Plastic is de gemiddelde jaarlijkse groei van kunststoffen doorgezet.
- Innovaties voor het sluiten van de keten vinden met name plaats aan het begin van de keten. Dit betekent dat vergaande innovaties hebben plaatsgevonden in design for recycling van kunststoffen en kunststof producten. Daarnaast zijn er diverse innovaties doorgevoerd die maken dat de traceerbaarheid van kunststoffen en kunststof producten gemakkelijker is geworden. Dit vraagt ook om innovaties in inzameling en sortering.
- Met de focus in dit scenario op het begin van de keten, is er veel aandacht voor het ontwikkelen van nieuwe virgin (niet-zijnde fossiele) grondstoffen. Dit zullen deels biobased grondstoffen zijn, of alternatieve hernieuwbare kunststoffen (op basis van afgevangen CO₂ of methaan)

Maatschappij

- In dit scenario heeft de burger een rol om te zorgen dat de kunststoffen op een juiste wijze worden afgedankt om te zorgen dat ze met zo'n hoog mogelijke kwaliteit in de keten blijven.
- Technologie heeft een grote rol in het sluiten van de keten in dit scenario met de nadruk op de ontwikkeling van nieuwe (niet-fossiele) grondstoffen en het inzetten op innovatieve traceerbaarheid en inzameling- en sorteersystemen. Dit vraagt om een maatschappij die dus ook open staat voor technologische oplossingen.

Sturing

- Gezien de internationale kunststofketen zal sturing in dit scenario ook met name moeten komen vanuit de EU en de Rijksoverheid. Want een belangrijke voorwaarde voor dit scenario is standaardisatie op design for recycling en op het gebruik van traceersystemen.

- Sturing vindt in dit scenario met name plaats via internationale en nationale regelgeving (zoals design for recycling richtlijnen en standaardisatie m.b.t. traceerbaarheid)

Een dag in het leven in Precious Plastic

Rotterdam, september 2050

Ik word wakker en loop naar mijn keuken voor mijn ontbijt. Ik maak het laatste restje muesli op en scan de lege verpakking bij mijn recycling unit. De unit zuigt mijn verpakking op en transporteert het naar de kelder van mijn appartementencomplex waar het vanzelf in de juiste kunststofbak wordt gedeponeerd.

Alle plastics en plastic producten zijn ontworpen volgens gestandaardiseerde richtlijnen en bevatten een label met informatie over de samenstelling van het kunststof en de wijze van afdanken. Heel handig. Ook plastic producten in auto's of in de bouw hebben labels die vertellen hoe het product moeten worden afgedankt.

Na mijn ontbijt ga ik op weg naar mijn werk, een plasticrecyclingbedrijf. Deze sector is afgelopen decennia enorm gegroeid. Door het verbod op virgin fossiele kunststoffen ontstond er een enorme druk in de markt om hoogwaardige gerecyclede plastics te ontwikkelen. Dit vroeg om totaal nieuw systemen om zoveel mogelijk van het materiaal hoogwaardig in de keten te behouden, maar ook de productie van nieuwe plastics uit hernieuwbare bronnen.

Plastics zijn een uniek materiaal, het is ongelooflijk dat we daar vroeger zo nonchalant mee omgingen. Het heeft zulke unieke eigenschappen en oneindig veel mogelijkheden. Een heel waardevol materiaal dus. Gelukkig zien we dat tegenwoordig ook daadwerkelijk zo. Onze grondstoffen kunnen we tegen een hoge kwaliteit en hoge prijs verkopen. De producten die van onze plastics worden gemaakt zijn goed recyclebaar, door strikte Europese regels op 'design for recycling'. Door flinke innovatiebudgetten is er geïnnoveerd op nieuwe grondstoffen voor kunststoffen, waardoor nu ook plastics worden gemaakt van afgevangen koolstoffen zoals methaan en CO₂, naast plastics op basis van biomassa.

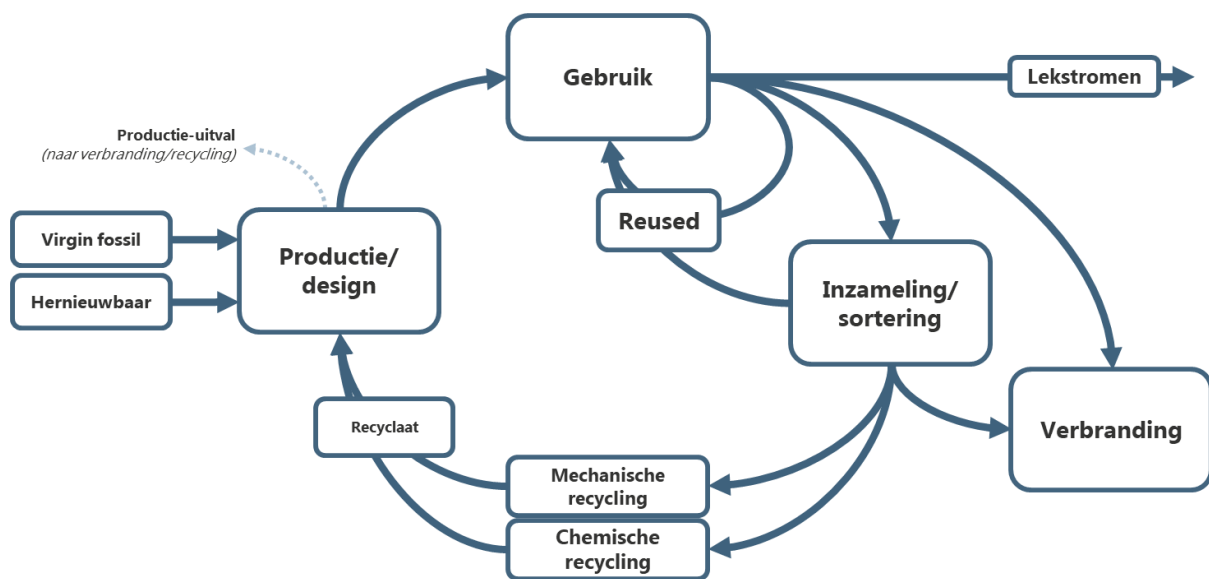
Na mijn werk loop ik naar huis, en wordt gepasseerd door een autonoom elektrisch veegkarretje dat wat zwerfafval opruimt. Door de combinatie van deze karretjes en strikte boetes als je afval op straat gooit, heeft ervoor gezorgd dat zwerfafval iets uit het verleden is.

Appendix 4 Kwantificeren van de scenario's

Bij het kwantificeren zijn de volumes in de verschillende ketenstappen per scenario doorgekend. Hiervoor zijn per scenario aannames gedaan over: de groei of reductie van het gebruik van kunststoffen, de routes van de kunststoffen door de keten en de rendementen van de ketenstappen. Hieruit volgen de volumes kunststoffen per ketenstap. Het belangrijkste doel hiervan is om per scenario de orde-grootte van benodigde installaties en de volumes grondstoffen in de verschillende ketenstappen te bepalen.

Uitgangspunten gekwantificeerde scenario's

Bij het kwantificeren van de scenario's is uitgegaan van het onderstaande stroomdiagram. Door verdelingen en rendementen toe te kennen aan de verschillende pijlen, zijn benodigde volumes van verbonden ketenstappen in een rekenmodel gekwantificeerd. Uitgaande van een percentuele groei van 'gebruik' tot 2050 en verschillende rendementen en verdelingen in de scenario's, wordt inzichtelijk hoe de scenario's zich kwantitatief tot elkaar verhouden.



Figuur A4, basisdiagram.

In het kwantificeren van de scenario's hebben we vanwege de scope van de opdracht een versimpeling van de kunststofketen aangehouden. Doordat we spreken over een dusdanig verre toekomst zijn er veel inherente onzekerheden, waardoor we hebben gewerkt met versimpelde orde-groottes om daarmee geen schijnzekerheid te geven over de uitkomsten. Daarbij zijn de volgende (modelleer)keuzes gemaakt:

- Geen onderscheid kunststofsectoren
 - In de scenario's wordt geen onderscheid gemaakt tussen kunststof dat wordt gebruikt voor verpakkingen, bouw, automotives, elektronica of andere sectoren.
- Geen onderscheid kunststoftypen

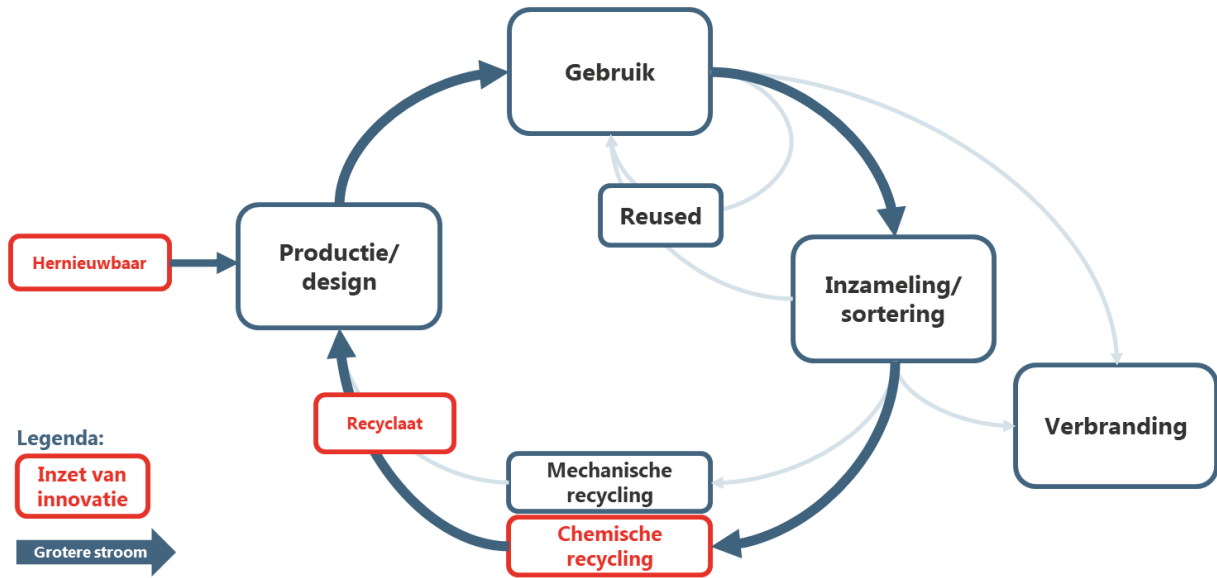
- De gekwantificeerde scenario's gaan uit van verschillende massa's 'kunststof' en hun afkomst; niet van verschillende soorten polymeren⁴¹.
- Samenvoegen van ketenstappen
 - Verschillende ketenstappen zijn samengevoegd, bijvoorbeeld inzameling en sortering.
- We gaan (in de scenario's voor 2050) uit van een volledig gesloten keten
 - Dit houdt in dat er geen virgin fossiele kunststoffen worden gebruikt en geen lekstromen zijn. In de basisfiguur is bij productie/design productie-uitval gevisualiseerd. In werkelijkheid bestaan bij alle ketenstappen reststromen. In 2050 wordt uitgegaan van een gesloten keten en daarmee van insignificante rest- en lekstromen.
- In het model staat het gebruik van kunststof in Nederland centraal; im- en export worden buiten beschouwing gelaten.
 - Nederland wordt in het model gezien als gesloten systeem. Daarom zijn geïmporteerde en geëxporteerde stromen van kunststof producten of afval niet gemodelleerd.
- Het model berekent één jaar (2050) en houdt geen rekening met voorraad over jaren heen.
 - Kunststof in producten met een lange levensduur en het mogelijke effect van latere afdanking wordt daarmee in het huidige model niet meegenomen.

Plastic Fantastic

In het Plastic Fantastic-scenario is uitgegaan van een hoge groei (2,5% p/j)⁴² voor het gebruik van kunststoffen naar 2050. Een groot deel van de gebruikte kunststoffen zal via inzameling en sortering naar mechanische en vooral chemische recycling gaan. De onderstaande figuur laat zien waar in de keten innovatie plaatsvindt en de belangrijkste stromen lopen.

⁴¹ Het is ook hoogst onzeker om te voorspellen wat de polymeersamenstelling in 2050 wordt, ook omdat wellicht nieuwe polymeren aanwezig zijn die we nu nog niet kennen.

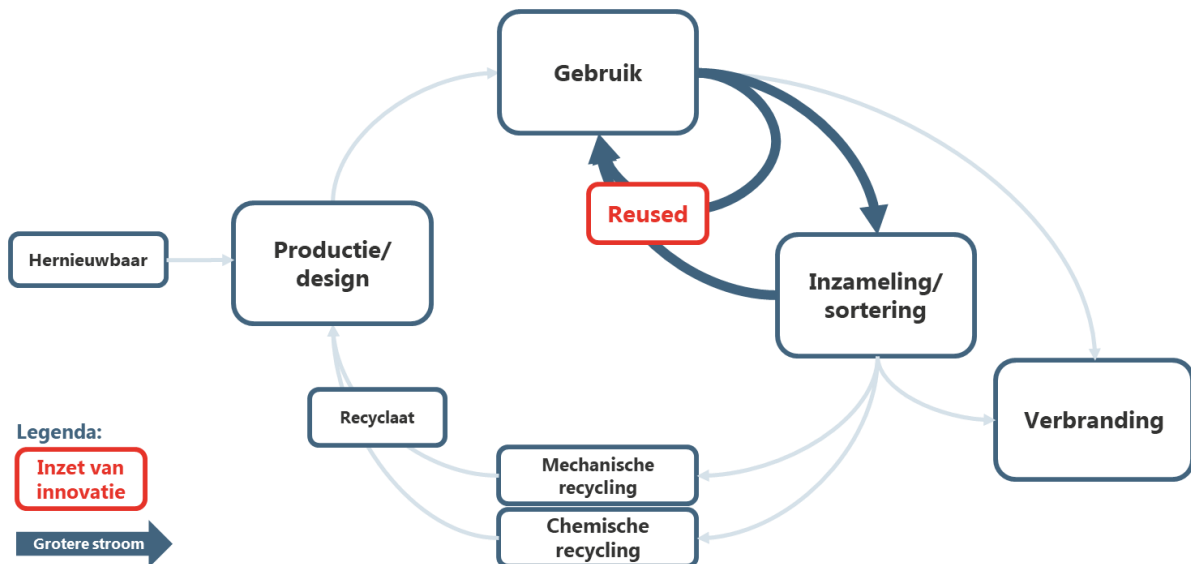
⁴² De huidige groei is moeilijk vast te stellen voor alle kunststof in Nederland. De kunststof verpakkingsector groeide voor de coronacrisis met tussen de 1,5% en 2% per jaar (volgens [ABN AMRO Insights](#)). De verhouding tussen toepassingen is al lange tijd constant (verpakkingen vormen ongeveer 40%) terwijl het totale volume stijgt (Plastics Europe) waardoor groei bij verpakkingen goede indicator is voor totale groei kunststof.



Figuur A5, diagram Plastic Fantastic-scenario.

Reuse Society

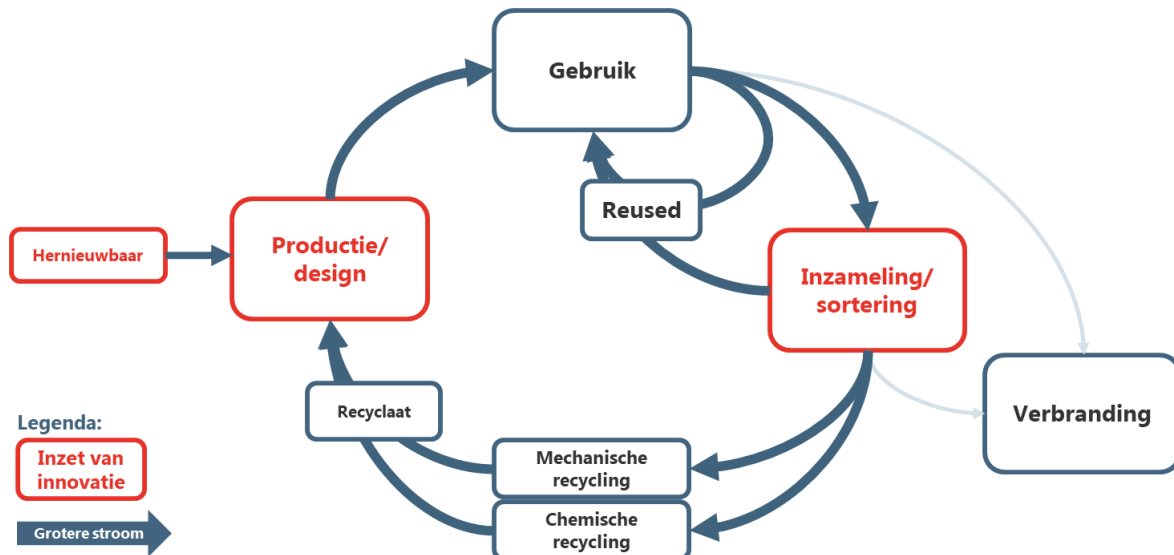
Het stromendiagram van het scenario Reuse Society (zie figuur hieronder) laat zien dat de voornaamste route voor kunststof via hergebruik loopt. Dit gebeurt op twee manieren. De eerste is direct hergebruik vanaf gebruik (zonder tussenkomst van inzameling/sortering). De tweede route gaat via inzameling/sortering en vervolgens hergebruik. Voor dit scenario is de aanname gedaan dat het plasticgebruik daalt en een kleiner percentage naar recycling gaat.



Figuur A6, diagram Reuse Society-scenario.

Precious Plastic

In het scenario Precious Plastic zal het gebruik van kunststof tot 2050 blijven groeien (1,5% p/j), maar minder hard dan Plastic Fantastic. In dit scenario wordt zowel een deel van de ingezamelde kunststof hergebruikt als een deel (mechanisch en chemisch) gerecycled.



Figuur A7, diagram Precious Plastic-scenario.

Uitwerking van scenario's

In de volgende tabel zijn de verschillende kwantitatieve aannames voor de verschillende scenario's doorgevoerd en op basis daarvan is doorgerekend wat de percentages en volumes zijn in elk van de ketenstappen per scenario. Dit maakt in een overzicht helder op welke punten de scenario's kwantitatief van elkaar verschillen. Daarnaast toont de tabel de uitkomsten van het doorrekenen van de scenario's.

Input	Scenario's voor 2050		
	Plastic Fantastic	Reuse Society	Precious Plastic
Jaarlijkse groei t/m 2050	2.5%	-0.5%	1.5%
Van Gebruik naar ... (%)			
Inzameling/sortering ¹	80%	40%	60%
Gebruik (Reuse) en long-life producten ^{1, 2}	20%	60%	40%
Verbranding ¹	-	-	-
Van Inzameling/Sortering naar ... (%)			
Gebruik ³	10%	75%	40%
Mech. recycling	45%	12.5%	30%
Chem. recycling	45%	12.5%	30%
Verbranding	-	-	-
Grondstoffen (%)			
Virgin fossiel	-	-	-
Hernieuwbaar ⁴	100%	100%	100%
Rendementen⁵			
Productie naar Gebruik (% geen uitval) ⁶	90%	90%	90%
Sortering ⁶	90%	90%	90%
Mech. Recycling / Chem. Recycling ⁶	85%	80%	90%
Output 2050 (in kton)	Plastic Fantastic	Reuse Society	Precious Plastic
Gebruik	4,500	1,750	3,300
Inzameling	3,600	700	2,000
Output sortering	3,250	650	1,800
Reused	1,250	1,500	2,050
Verbranding	-	-	-
Netto Mechanische recycling	1,250	75	500
Netto Chemische recycling	1,250	75	500
Recycklaat	2,500	150	950
Bruto vraag Design/productie - Gebruik	3,650	250	1,400
Vraag Virgin fossiel	-	-	-
Vraag Hernieuwbaar	1,150	150	450
Totaal reststromen ⁷	1,150	150	450

Voetnoten bij deze tabel

Algemeen: data is afkomstig uit Rebel database en voor een belangrijk deel gebaseerd op data van Plastics Europe, zie [deze infographic](#). De uitkomsten van de scenario's onder output 2050 zijn afgerond, om schijnprecisie te voorkomen.

1. Omdat de scenario's uitgaan van een circulaire keten, wordt aangenomen dat alle afgedankte kunststof direct óf indirect ingezameld wordt. Dit betekent dat kunststof dat in het rest- of zwerfafval terecht komt alsnog (met een omweg) ingezameld zal worden.
2. Het percentage Gebruik (Reuse) valt hoog uit, omdat hier ook kunststof onder valt dat in long-life producten zit (met een langere levensduur dan een jaar). Omdat het model slechts één jaar berekent, kan het geen



rekening houden met kunststof dat langer in de keten blijft of kunststof dat in vorige jaren geproduceerd is maar pas later vrijkomt.

3. Onder de stroom van Inzameling/Sortering naar Gebruik vallen naast hergebruik (reuse) r-strategieën als *refurbishment* en *repair*, waar kunststof terug gevoerd wordt naar de gebruiksfase zonder recycling tot grondstof als tussenstap.
4. Onder hernieuwbare grondstoffen vallen zowel biobased kunststof als kunststof van alternatieve hernieuwbare bronnen. Afhankelijk van de ontwikkeling zal de vraag over beide categorieën verdeeld worden.
5. De percentages onder rendementen zijn uitgedrukt als netto-netto rendementen. Mogelijke vervuiling of stoorstoffen die gepaard gaan met de stromen worden niet meegenomen.
6. Aanname dat rendementen in een gesloten keten geen 100% zijn, maar dat verliezen worden opgevangen door hernieuwbare grondstoffen. Daarom is 'vraag hernieuwbaar' gelijk aan 'totaal reststromen'. In alle drie scenario's staan de recyclerendementen bij zowel mechanisch als chemisch op 90%, omdat uitgegaan wordt van een circulaire keten.
7. Reststromen zijn stromen die uitvallen in één of meer van de ketenstappen, als gevolg van een rendement in de ketenstap dat lager is dan 100%. De bestemming van deze reststromen wordt in het model verder niet geduid.

Over Rebel

No change without a Rebel

Rebels werken aan de vraagstukken van de toekomst op het gebied van duurzaamheid, transport, gebiedsontwikkeling, zorg en de sociale sector. Wij maken impact, niet alleen als adviseur maar ook als investeerder. Want wie gelooft in zijn eigen adviezen, investeert mee. Toegewijd aan het creëren van verandering, initiëren en realiseren we ook onze eigen projecten. We leveren kwaliteit op het gebied van o.a. strategisch advies & ontwikkeling, beleidsanalyses & evaluatie, partnership consulting & contracten, financieel advies & modellering en investeren & fondsbeheer.

Samen buiten de lijntjes kleuren

Het Rebel-avontuur begon in 2002 met tien stoelen. Aan een grote ronde tafel besloten de eerste Rebels – na een carrière bij adviesbureaus – een eigen onderneming te starten. Eentje zonder kaders, hiërarchie en bazen. Een plek waarbinnen iedereen zijn beste zelf kan zijn. Alles wat we in ons hebben, leggen we op tafel. Intrinsieke motivatie, de drang om verandering te brengen, inhoud en één focus: impactvolle projecten realiseren, wereldwijd. Inmiddels werken we met meer dan 180 Rebels vanuit onze kantoren in Rotterdam, Amsterdam, Antwerpen, Düsseldorf, Londen, Washington D.C., Nairobi, Johannesburg, Mumbai en Jakarta.

Hoe we op die dag met elkaar begonnen, is hoe we vandaag werken voor en met onze samenwerkingspartners: op basis van vertrouwen. In alles wat we doen – en dat is veel – is ons streven om een positieve impact op de wereld te hebben. Op het raakvlak van publiek en privaat, omdat ons Rebel-rode hart daar ligt waar maatschappelijke waarden en privaat ondernemerschap samenkomen. Een ambitieuze doelstelling misschien, maar wel één die uitdaagt. We nodigen iedereen uit aan te schuiven en onderdeel te worden van de verandering. Samen buiten de lijntjes kleuren. Als overheid, bedrijf en individu.

Nicolein Blanksma

+31 6 11 74 35 19
nicolein.blanksma@rebelgroup.com

Jurriaan Vink

+31 6 82 84 82 07
jurriaan.vink@rebelgroup.com

Luuk van Gemert

+31 6 52 04 47 45
luuk.vangemert@rebelgroup.com

Jurgen Ooms

+31 6 53 16 67 48
jurgen.ooms@tauw.com



Rebel Group
Wijnhaven 23
3011 WH Rotterdam
Nederland
+31 10 275 59 95

info@rebelgroup.com
www.rebelgroup.com