

Financieel-Economisch Model van de kunststof verpakingsketen

Opzet en verantwoording



Werkpakket 2 van het kunststofketenproject

augustus 2017

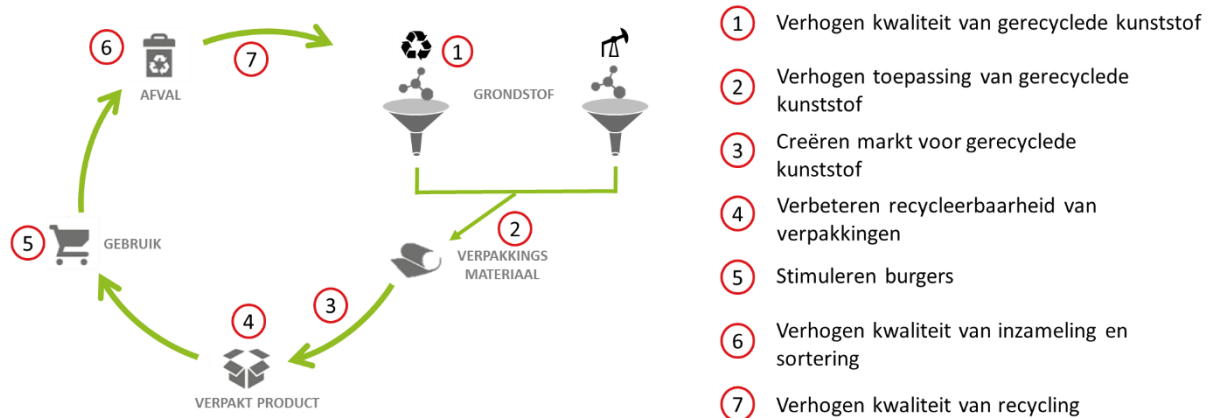
Inhoudsopgave

1	Functie financieel economisch model en hoofdlijnen aanpak.....	3
1.1	Behoeftte aan rekenmodel in het kunststofketenproject.....	3
1.2	Conceptueel kader FEM	3
1.3	Inzamel- en verwerkingssystemen	7
1.4	Aangrijpingspunten voor de analyse.....	7
1.5	De bouw van het FEM: aanpak, toetsing en inzichten experts.....	8
1.6	Disclaimer FEM.....	9
2	De werking van het model	11
2.1	Interventiepakketten.....	11
2.2	Doorvertaling interventiepakketten naar invoergrootheden in het model.....	12
3	Invoergrootheden	18
3.1	Volumina, vervuiling en rendementen.....	18
3.2	Kosten en opbrengsten per ketenstap.....	20
4	Resultaten van de interventiepakketten.....	23
4.1	Resultaten interventiepakket 1 'Optimaliseren huidige systemen'	24
4.2	Resultaten interventiepakket 2 'Toevoegen nieuwe systemen'	25
4.3	Conclusies resultaten interventiepakketten	26
4.4	Interventies met de grootste effecten	27
4.5	Gevoeligheidsanalyses op de invoergrootheden in het FEM.....	29
5	Disclaimer, beperkingen en doorontwikkeling FEM	31
5.1	Disclaimer	31
5.2	Beperkingen	31
5.3	Doorontwikkeling van het FEM	32
5.4	Nawoord.....	33

1 Functie financieel economisch model en hoofdlijnen aanpak

1.1 Behoeftte aan rekenmodel in het kunststofketenproject

Het doel van het kunststofketenproject is om inzichtelijk te maken welke interventies beschikbaar zijn om de kunststof verpakkingketen te sluiten, financieel en qua grondstoffen. Uit het project blijkt dat er zijn zeven 'knoppen' zijn waaraan met het uitvoeren van concrete interventies aan kan worden 'gedraaid':



Een inventarisatie van interventies levert al snel veel verschillende ideeën op, variërend van fiscale maatregelen tot beter scheidingsgedrag, van chemische recycling tot richtlijnen voor 'design for recycling'. Het effect van dergelijke interventies op het sluiten van de kunststof verpakkingketen is daarbij echter vaak niet direct duidelijk en dat geldt ook voor de effect van gecombineerde interventies of interventiepakketten.

Dat was de reden om binnen het kunststofketenproject een Financieel – Economisch Model (hierna kortheidshalve: FEM) te ontwikkelen; een model waarin de beschikbare kennis over de kunststof verpakkingketen in rij en gelid staat en waarmee de mogelijke effecten van interventies op het verder sluiten van de kunststof verpakkingketen kunnen worden geanalyseerd. Aan de hand van het doorrekenen van veronderstelde aanpassingen (als gevolg van een reactie op een interventie) wordt dan duidelijker welke interventies of interventiepakketten er veel toe doen, en welke minder.

1.2 Conceptueel kader FEM

Het FEM is een model waarmee systematische veranderingen in de kunststof verpakkingketen - als gevolg van interventies - in volumina, kosten, opbrengsten, rendementen, et cetera kunnen worden onderzocht op hun effecten op het (verder) sluiten van de keten, zowel qua grondstoffen, als economisch.

Een paar voorbeelden ter illustratie:

- Stel dat een interventie bijdraagt aan het verlagen van de recyclingkosten met 20%, dan kan met het FEM worden nagegaan welk effect dat heeft op het economisch sluiten van de keten. Ofwel: het effect op het verschil tussen de opbrengsten van gerecyclede kunststoffen én de kosten van inzamelen, sorteren en recyclen om die gerecyclede kunststoffen te maken.

- Stel dat de rendementen van het sorteerproces stijgen als gevolg van de introductie van extra sorteerstappen, dan kan met het FEM worden geanalyseerd wat dit betekent voor het sluiten van de keten qua grondstoffen én economisch. Extra sorteren zal bijvoorbeeld gepaard gaan met extra kosten.
- Van een heel andere orde: stel dat de olieprijs stijgt naar meer dan 120 dollar per vat, dan heeft dat effect op de prijzen van virgin kunststoffen, en daarmee ook op de opbrengsten van gerecyclede kunststoffen. Deze opbrengsten liften mee op die prijsstijging¹. Met het FEM kan worden geanalyseerd welke invloed dat heeft op het economisch sluiten van de keten, omdat met die hogere opbrengsten meer kosten van het recyclingproces kunnen worden afgedekt.

Reikwijdte van het FEM

De markt voor zowel virgin kunststoffen als gerecyclede kunststoffen in kunststof verpakkingen is complex. De vraag naar gerecyclede kunststoffen, de prijsvorming, de kosten om die gerecyclede kunststoffen te maken, de manier waarop actoren onderling de zaken regelen (qua grondstoffen en economisch), de internationale context, de invloed van interventies als vergoedingen en overheidsbeleid, laten zich daardoor niet gemakkelijk structureren.

In de economische wetenschap is het gebruikelijk om zo'n complexe werkelijkheid toch zo goed mogelijk te vangen in gestructureerde modellen. Deze modellen worden dan benut als ondersteunend instrument bij het bestuderen van die complexe werkelijkheid. Ze leveren niet 'de absolute waarheid', maar helpen zaken te verkennen. In Nederland is het Centraal Planbureau (CPB) een bekende bouwer van economische modellen. De CPB-modellen worden bijvoorbeeld benut om partijprogramma's van politieke partijen door te rekenen of de nabije toekomst aan de hand van prognoses te verkennen. Tegelijkertijd pakt de werkelijkheid vaak anders uit en dat plaatst de modellen in het juiste perspectief: het zijn geen waarzeggers.

Het FEM is de eerste stap in het financieel-economisch modelleren van de kunststof verpakkingketen. Het levert een goede basis voor analyse, maar kent ook beperkingen. Er kan bijvoorbeeld nog geen precieze relatie worden gelegd tussen een interventie én de manier waarop dat – met alle dynamieken – uiteindelijk uitpakt voor de invoergrootheden van het FEM. Ook is het nog niet mogelijk om verschillende marktreacties op veranderingen in prijzen en opbrengsten te vertalen naar aanpassingen in de vraag naar bijvoorbeeld de gerecyclede kunststoffen zelf². In het FEM zijn - waar nodig aan de hand van expert judgements door het onderzoeksteam - de beste aannames gedaan die vervolgens zijn doorgerekend op effecten.

Conceptueel kader van het FEM

Het conceptueel kader van het FEM wordt bepaald door een aantal variabelen, die hieronder zijn beschreven.

¹ Het betreft hier de langere termijn relatie tussen prijzen van virgin kunststoffen en die van gerecyclede kunststoffen.

² Bijvoorbeeld: stel dat een verbrandingsheffing wordt ingevoerd, dan is het aannemelijk dat sorteerprocessen opnieuw onder de loep worden genomen en verbeteringen worden doorgevoerd. Hoe dat uiteindelijk uitpakt, kan niet exact worden berekend.

Aanbod gerecyclede kunststoffen

Een hoofdbestanddeel van het FEM is een schets van het aanbod van gerecyclede kunststoffen van verschillende soorten kunststoffen. Onderdelen zijn:

- a. Het totaal aan netto volume op de markt gebracht kunststof verpakkingsmateriaal, onderscheiden naar huishoudens en bedrijfsverpakkingen³. Het gedeelte ingezameld kunststof verpakkingsmateriaal via statiegeld op grote PET-flessen, is hierbij ondergebracht bij de huishoudelijke stroom. Het volume ingezameld kunststof verpakkingsafval bij milieustraten is ondergebracht bij bedrijfsafval.
- b. De ketenkosten per stap per type kunststof verpakkingsmateriaal, te beginnen met de kosten voor het inzamelen, het sorteren, de op- en overslagkosten en het recyclen⁴. Bij de inzameling wordt in het FEM rekening gehouden met de verschillende systemen van inzameling en de daarbij behorende kosten (bron-, nascheiding en statiegeld);
- c. Per kunststofsoort het totaal volume en de totale kosten per netto ton gerecyclede kunststoffen, waarbij in iedere stap rekening is gehouden met percentage vervuiling en de uitval als gevolg van de technische processen zelf (het rendement)⁵. Vervuiling en rendement zijn voor de verschillende systemen anders en hebben in ieder systeem een opdrijvende werking op de kosten per ton gerecyclede kunststoffen.

Prijsvorming op de markt voor gerecyclede kunststoffen:

- d. De marktprijs voor gerecyclede kunststoffen is een afgeleide van de prijs van virgin kunststoffen; deze virgin marktprijzen voor kunststof soorten zijn ontleend aan officiële bronnen en gegevens van experts; (zie hierna);
- e. De marktprijs voor gerecyclede kunststoffen is te ontleen aan marktgegevens. In de praktijk blijkt er sprake te zijn van een waardeverhouding tussen gerecyclede kunststoffen en virgin kunststoffen die mede wordt bepaald door kwaliteitsverschillen.

Verschil tussen de productiekosten en de marktwaarde van gerecycleerde kunststoffen:

- f. De marktwaarde van de geproduceerde gerecyclede kunststoffen (PET, PE, PP, Folies, Mix) levert, afgezet tegen de totale kosten van inzameling, sortering en recycling een ketentekort (opbrengsten minus kosten) en een kostendekkingsgraad (opbrengsten gedeeld door kosten) op.

Vraag naar gerecyclede kunststoffen:

- g. De vraag naar gerecyclede kunststoffen bepaalt mede de inzet van virgin kunststoffen. Onder aanname van een gelijkblijvend volume aan verpakkingsmateriaal zal de vraag naar virgin kunststoffen afnemen als de vraag naar gerecyclede kunststoffen stijgt.
- h. Die onderlinge verhouding is daarmee mede de resultante van de inzet van gerecyclede kunststoffen.
- i. Dit als gevolg van de vraag naar verpakkingen door producenten en importeurs, waarbij deze op hun beurt mede worden aangestuurd door de detailhandel.
- j. De detailhandel en producenten kunnen (in ieder geval theoretisch) worden beïnvloed door de vraag van consumenten. Met ander woorden, als consumenten bereid zijn bij te dragen aan duurzaamheid van verpakkingen en aan een circulaire economie voor verpakkingsmateriaal, dan vertaalt zich dat in toenemende vraag naar de inzet van gerecyclede kunststoffen in verpakkingen

³ Hiervoor zijn in het FEM de volumes uit de meest recente monitoringsrapportage gebruikt: 'Monitoring Verpakkingen - Resultaten inzameling en recycling 2015', Afvalfonds Verpakkingen, 2016

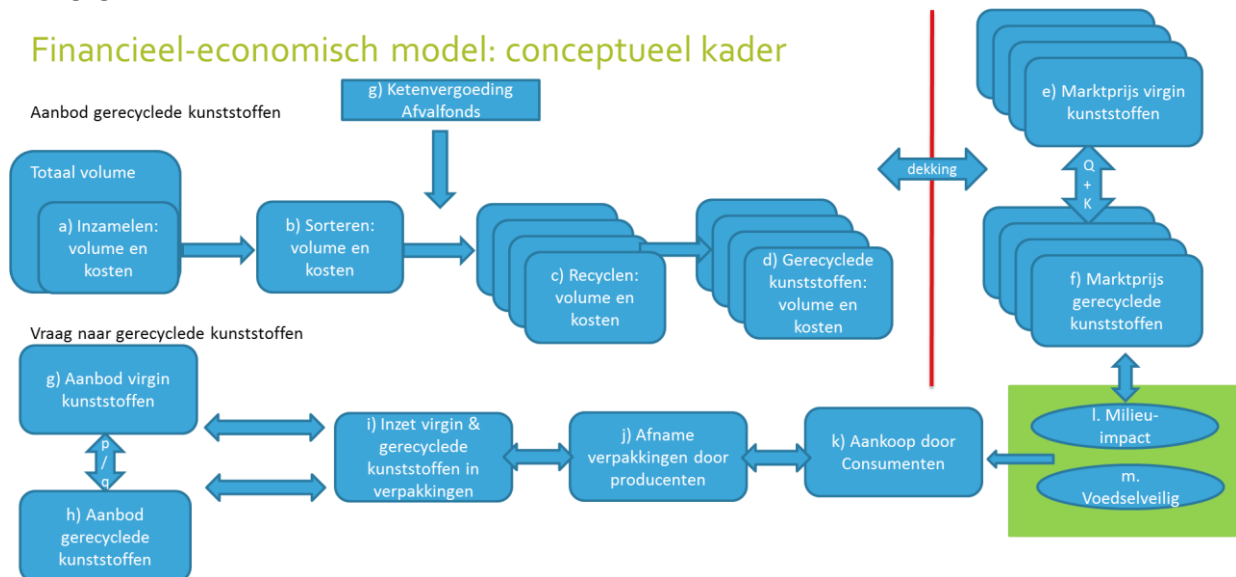
⁴ Hiervoor worden in het FEM de meest recente kostenonderzoeken gebruikt. In de tweede helft van 2017 worden de geactualiseerde kostenonderzoek gepubliceerd (PwC onderzoekt de bronscheiding, KplusV de dascheiding).

⁵ Hiervoor worden in het FEM inschattingen gebruikt van massa-balansonderzoeken door onder meer Wageningen University & Research (WUR) / Wageningen Food & Biobased Research (FBR) en van de kennis van het onderzoeksteam uit van business cases.

en zullen detailhandel en producenten volgen. Detailhandel en producenten kunnen uiteraard ook het voortouw nemen en consumenten daarin meenemen.

- k. Hoe consumenten en producenten hierin handelen hangt mede samen met de relaties tussen het gebruik van gerecyclede kunststoffen in verpakkingen enerzijds en zaken als milieu-impact, voedselveiligheid en consumentengedrag anderzijds.

In onderstaand figuur is de modellering van de kunststof verpakkingketen in het FEM schematisch weergegeven.



Opmerkingen

In dit FEM wordt uitgegaan van een stabiele totale vraag naar kunststof verpakkingmateriaal. Het op de markt gebrachte volume aan verpakkingmateriaal verandert wel over de tijd (autonome groei) maar is vooralsnog nog niet gevoelig voor de marktprijzen zelf en de onderlinge prijsverhoudingen tussen gerecyclede kunststoffen en virgin kunststoffen. Daarmee kunnen de indirecte effecten van mogelijke interventies alleen kwalitatief worden meegenomen.

Het conceptuele model is gebaseerd op verpakkingen. In de praktijk worden gerecyclede kunststoffen ook elders toegepast. Voor de gangbare gerecyclede kunststoffen (PET, PE, PP, folies) is dat in de marktprijzen en waardeverhoudingen verdisconteerd. Bij mix kunststoffen wordt de marktwaarde bepaald door de toepassing van deze mix kunststoffen in andere sectoren.

Naast het huishoudelijk afval kunnen ook veranderingen in de bedrijfsafvalstroom worden doorgerekend; dat is in het FEM beperkt tot de fysieke invalshoek. De financiële aspecten van deze sub-stroom zijn, vanwege het ontbreken van data, niet in het model opgenomen; de business case wordt geacht gesloten te zijn⁶.

⁶ Het opnemen van kunststof bedrijfsafval heeft dan geen effect op het saldo van de financiële opbrengsten en kosten, ervan uitgaande dat er een normale marge wordt behaald op het recyclen van de kunststof bedrijfsafvalstroom.

1.3 Inzamel- en verwerkingssystemen

In het FEM wordt onderscheid gemaakt naar de volgende verschillende inzamel- en verwerkingssystemen voor kunststof verpakkingsafval:

- Bronscheiding.
- Nascheiding.
- Chemische recycling in combinatie met nascheiding.
- Statiegeld.
- Restafval grijze zak/bak verder verwerkt in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI).
- Restafval – uitval tijdens het sorteren en recyclen.
- Zwerfafval.

De afvalstroom kunststof verpakkingen kan op meerdere manieren worden verdeeld over de systemen, onder meer afhankelijk van de interventiepakketten.

Voor wat betreft de stromen kunststof verpakkingsafval onderscheidt het FEM de volgende verdeling:

- PET (verdeeld over de verschillende systemen).
- PP.
- PE.
- Folies.
- Overige kunststoffen bestaande uit combinaties van PET, PE, PP, laminaten, andere kunststoffen zoals PS en folies.

De verhouding tussen bovenstaande stromen is aan te passen in het FEM. De mix kunststoffen stroom kan bijvoorbeeld worden 'uitgekleeft' zodat meer mono-stromen resulteren. Daardoor nemen de opbrengsten van gerecyclede kunststoffen per saldo toe, omdat deze mix kunststoffen zelf de laagste marktwaarde kent. Als dit uitkleden extra sorteerstappen vereist, wordt verondersteld dat de sorteerkosten toenemen. In de analyse wordt rekening gehouden met deze toename.

1.4 Aangrijpingspunten voor de analyse

Het FEM biedt de mogelijkheid om de effecten op het sluiten van de kunststof verpakkingsketen te analyseren op veranderingen in:

- inzamelrespons;
- te recyclen volume bedrijfsafval;
- inzet inzamelsystemen: nascheiding, bronscheiding, statiegeld;
- kosten recyclingketen naar onderdelen: verzamelen, sorteren, recyclen;
- samenstelling van de kosten: arbeid, kapitaal, energie, et cetera;
- veranderingen in verbrandingskosten van het restafval (inclusief uitval/residu ontstaan tijdens de verschillende ketenstappen);
- vervuilingsgraden (aandeel vervuiling);
- rendement per ketenstap (= output proces/input proces, bijvoorbeeld een sorteerrendement van 80%);
- veranderingen in samenstelling van de kunststofstromen zelf, waaronder verhoudingen mono-mix;
- vermindering zwerfafval door verplaatsing naar inzamelsystemen;
- waarde van virgin kunststoffen als gevolg van olieprijsen of fiscale maatregelen als CO₂-heffingen;
- veranderende waardeverhoudingen van het gerecyclede kunststoffen versus virgin kunststoffen;

- veranderende opbrengsten van het gerecyclede kunststoffen als gevolg van prikkels als tariefdifferentiatie.

Alle interventies worden vertaald naar invoergrootheden van het FEM. Dit betekent dat de interventies eerst worden geconcretiseerd en vervolgens worden vertaald naar een verandering in het meest logische aangrijpingspunt in het model, inclusief een beste schatting van die aanpassing. Met het FEM kunnen de directe effecten worden doorgerekend en geanalyseerd; indirecte effecten worden kwalitatief beschouwd.

Wijzigingen in de kunststofketen die niet met het model kunnen worden doorgerekend, zijn bijvoorbeeld:

- afspraken over behandeling kunststof niet-verpakkingen: deze kunnen alleen als volume worden toegevoegd onder aanname van een zekere samenstelling en een zekere kostenstructuur;
- vervangen van virgin kunststoffen door bio-plastics; bio-plastic is nog niet opgenomen als aparte kunststofstroom, mede omdat de omvang van deze stroom nog zeer beperkt is en over de recyclingkosten en de waarde van deze stroom nog onvoldoende bekend is;
- stimuleren van hergebruik: dit kan alleen als reductie in volume worden doorgerekend;
- effecten van tariefdifferentiatie Afvalbeheersbijdrage op de samenstelling van de vraag naar kunststof verpakkingen;
- kosten zwerfafval: deze maken, onder andere vanwege de onzekerheid in de beschikbare data, geen onderdeel uit van het FEM;
- eventuele transitiekosten bij systeemveranderingen;
- kosten en opbrengsten van kunststof verpakingsafval van bedrijven, vanwege het ontbreken van financiële data van deze stroom; de scope van het FEM betreft kunststof verpakingsafval van huishoudens en statiegeld;
- verbrandingskosten van het kunststof verpakingsafval dat direct wordt verbrand met het restafval (de kosten van het verbranden van uitval, zijn wel opgenomen in FEM).

1.5 De bouw van het FEM: aanpak, toetsing en inzichten experts

Aanpak bouw

Het FEM is in een aantal ronden ontwikkeld in samenwerking met modelbouwexperts in financiële modellering (business cases, maatschappelijke evaluaties) van Rebel. Daarbij is eerst de structuur opgezet, rekening houdend met het conceptueel kader. Het FEM is een meer-jaren-model met 2016 als basis en 2030 als richtjaar. Daarna zijn de invoergegevens ingevuld en aangescherpt. Aan de hand van indices zijn volumina en kosten doorgerekend naar 2030.

Vervolgens zijn interventies benoemd, eerste analyses uitgevoerd en zijn deze analyses geëvalueerd. Op basis van het doorrekenen van separate interventies en voorlopige interventiepakketten voor 2030 is het model aangepast en zijn inconsistente relaties verbeterd. Op grond van de resultaten van gevoeligheidsanalyses zijn opnieuw verbeteringen aangebracht. Er zijn ook mogelijkheden ingebouwd om de startsituatie voor de interventiepakketten, gekenmerkt door een andere inzet van systemen voor de verwerking van het ingezamelde kunststof verpakingsafval in combinatie met een andere verdeling over de kunststofstromen (minder mix kunststoffen), in een keer mee te nemen.

Toetsen en inzichten experts

Aan het begin van dit traject is bij meerdere universiteiten de vraag uitgezet om mee te kijken bij de aanpak en bouw van het FEM. Dit leidde niet tot een daadwerkelijke inhoudelijke bijdrage. Redenen waren dat de inhoud (kunststofketen en afvalstromen/systemen) te ver afstand van de kernexpertise en/of dat men geen wezenlijke bijdrage voor zich zag bij de bouw van het model.

Daarom zijn de opzet en de invoer van het model in meerdere sessies besproken met de leden van de Klankbordgroep van het kunststofketenproject en met experts, waaronder de onderzoekers die hebben meegewerkt aan deelprojecten van het kunststofketenproject⁷. De opmerkingen en suggesties van de leden van de Klankbordgroep en de experts zijn - waar mogelijk - verwerkt in de opzet van het FEM en in de bijgestelde invoergegevens (volumina en kosten).

Daarnaast heeft het KIDV de filosofie van het model en het model zelf toegelicht en besproken met het Centraal Plan Bureau (CPB). Het CPB is, zoals eerder aangegeven, gespecialiseerd in het bouwen van economische modellen om de werking van de economie te analyseren en vanuit die ervaring in staat adviezen te geven over de aanpak van vraagstukken. Daarbij is door ons aangegeven dat ingewikkelde terugkoppelingsmechanismen (zoals de reactie van markten op prijzen, waaronder substitutie-effecten), nog niet in het model zijn opgenomen. Het CPB adviseerde om met ranges te werken en onderstreepte het belang van gevoeligheidsanalyses om effecten van de wezenlijk bepalende grootheden te analyseren.

1.6 Disclaimer FEM

Het FEM levert geen exacte voorspelling, maar een beeld van effecten

Het FEM is een simplificatie van de werkelijkheid en bevat een bundeling van inzichten in en beschikbare data over de kunststof verpakkingketen. Het model levert op een gestructureerde manier inzicht in de kunststof verpakkingketen en is geschikt om de effecten van interventies te verkennen en het relatieve belang vast te stellen.

Zowel de doorrekening van de relatieve effecten van de twee pakketten, als van de afzonderlijke interventies, levert informatie over het belang van interventies. Maar ook hoe interventies zich verhouden tot elkaar en externe variabelen, zoals bijvoorbeeld de olieprijs.

Disclaimer

De gepresenteerde effecten op basis van het FEM geven eerste richtinggevende indicaties voor 2030. Daar waar data ontbreken zijn aannames gedaan, die bij de uitkomsten in deze rapportage steeds duidelijk worden geëxpliciteerd. Verder is de kunststof verpakkingketen onderdeel van een wereldwijde markt van zowel virgin als gerecyclede kunststoffen, die zich op nationale schaal niet volledig laat vangen in een model.

⁷ Zie 'Rapportage kunststofketenproject', KIDV, aug 2017 voor de samenstelling van de Klankbordgroep, de Externe Commissie en de onderzoekers.

Het KIDV heeft maximale zorgvuldigheid betracht bij het ontwikkelen van het FEM. Gegeven alle onzekerheden over toekomstige ontwikkelingen en gezien de diverse aannames dienen de uitkomsten echter te worden geïnterpreteerd als een puntschatting binnen een bandbreedte.

Het KIDV ziet de effecten als een eerste indicatieve doorrekening met het FEM en is voornemens het model in de komende maanden verder door te ontwikkelen en te voeden met nieuwe input.

2 De werking van het model

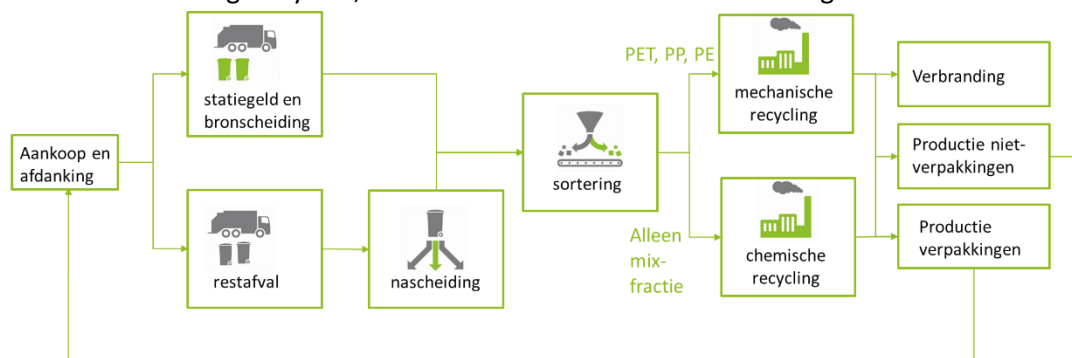
2.1 Interventiepakketten

In het kunststofketenproject zijn interventiepakketten ontwikkeld waarin per pakket een verzameling aan interventies is opgenomen. De interventiepakketten zijn ontwikkeld rond de inzet van de verschillende inzamel- en recyclesystemen:

- pakket 1: 'Optimaliseren huidige systemen';
- pakket 2: 'Toevoegen nieuwe systemen'.

De toevoeging van nieuwe systemen, zoals bijvoorbeeld chemische recycling, kan op verschillende manieren vorm krijgen. Afhankelijk van de verhouding bron- versus nascheiding en de verhouding mechanische versus chemische recycling, zijn er verschillende manieren om de keten in te richten met chemische recycling⁸. Hieronder staan drie mogelijke varianten uitgewerkt, te weten 2a, 2b en 2c.

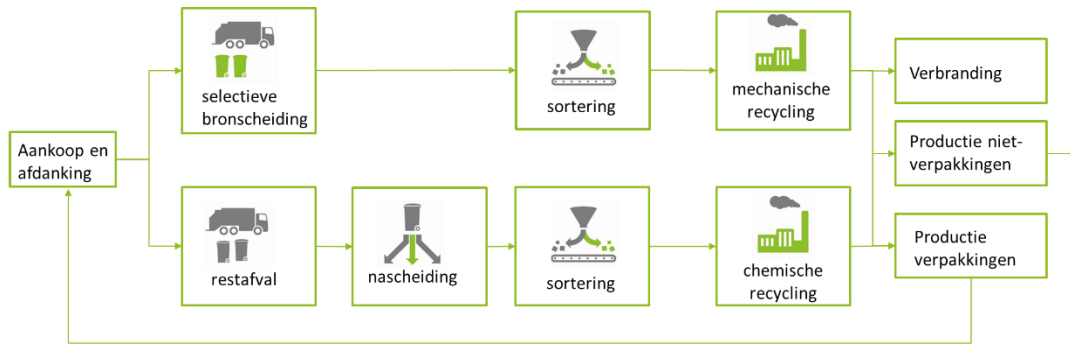
Interventiepakket 2a: de mix fractie uit sortering van brongescheiden⁹ en nagescheiden volumes kunststof verpakingsafval wordt chemisch gerecycled. Mogelijk kan ook het residu uit sortering chemisch worden gerecycled, waardoor het rendement van sortering verder toeneemt.



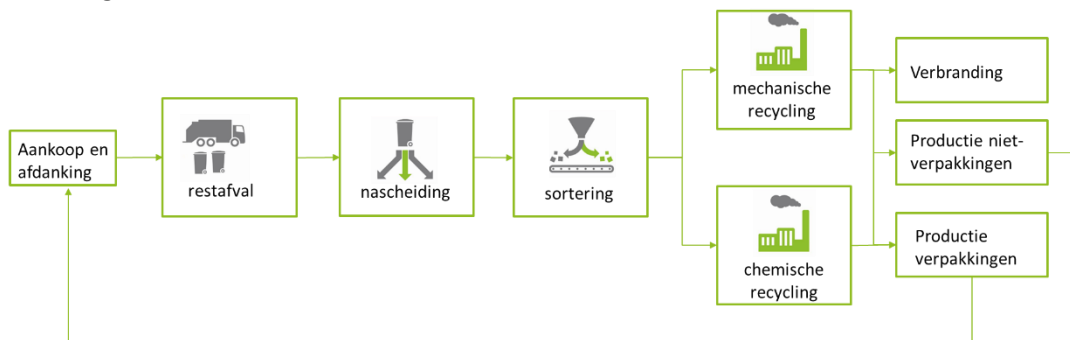
Interventiepakket 2b: Bronscheiding beperkt zich in dit pakket tot selectieve inzameling van waardevolle stromen, die mechanisch worden gerecycled. De rest van het kunststof verpakingsafval wordt afgedankt met het restafval en na sortering volledig chemisch gerecycled, dus ook de mono-stromen. Mogelijk kan ook het residu uit sortering chemisch worden gerecycled, waardoor het rendement van sortering verder toeneemt.

⁸ Hierbij wordt aangenomen dat er in elke situatie nog wel mechanische recycling zal bestaan voor de meer zuivere stromen. Waarschijnlijk blijft dit het meest effectief voor zuivere stromen.

⁹ In het FEM is chemische recycling zo gemodelleerd dat de volumes die chemisch worden gerecycled afkomstig zijn uit nascheiding. Alleen in interventiepakket 2a komt een deel van het volume dat chemisch wordt gerecycled uit bronscheiding. Aangezien de verschillen in kosten tussen bron- en nascheiding met de gehanteerde invoergegevens (zie hoofdstuk 3) relatief beperkt zijn, leidt dit niet tot grote afwijkingen in de effecten. In de doorontwikkeling van het FEM kan ook chemische recycling uit bronscheiding worden gemodelleerd.



Interventiepakket 2c: In dit pakket wordt zowel bronscheiding als statiegeld afgeschaft en wordt al het kunststof verpakkingsafval door nascheiding gehaald uit het restafval. Na sortering worden de mono-stromen mechanisch gerecycled en de complexere mix kunststofstroom chemisch gerecycled. Mogelijk kan ook het residu uit sortering en sommige fracties uit de nascheiding rechtstreeks - dus zonder sortering - chemisch worden gerecycled, waardoor het rendement van nascheiding en sortering verder toeneemt.



In het modelleren en doorrekenen van de interventiepakketten is gekozen voor onderling vergelijkbare pakketten. Dit betekent bijvoorbeeld geen kostenreductie in het ene pakket en juist een kostenstijging op dezelfde componenten het andere pakket.

Als gevolg van deze interventiepakketten zal ook het beeld van de ingezamelde kunststofverpakkingen, onderverdeeld naar type kunststof veranderen. Zo daalt het aandeel restafval ten faveure van meer recycling en verandert ook de verhouding mono-mix na recycling. De eerste stap voor de analyse is daarmee het definiëren van onder meer nieuwe verdelingen over de systemen. In de hoofdrapportage van het kunststofketenproject zijn deze interventiepakketten gespecificeerd voor 2030 en zijn ook andere invoergrootheden opnieuw bepaald (zie hoofdstuk 3), zoals:

- rendementen en vervuiling;
- kosten;
- marktwaarden van gerecyclede kunststoffen en virgin kunststoffen.

2.2 Doorvertaling interventiepakketten naar invoergrootheden in het model

Interventies worden vertaald naar veronderstelde aanpassingen in het FEM. Idealiter is op grond van empirisch onderzoek van vergelijkbare interventies in Nederland of in het buitenland bekend hoe groot die aanpassingen dan zijn, afhankelijk van de intensiteit/omvang van de interventies. De

invoergrootheden voor het FEM zijn waar mogelijk gebaseerd op die inzichten; indien ze ontbreken is gebruik gemaakt van 'expert judgement'.

Op de volgende pagina's staan tabellen met overzichten van de interventies in pakket 1: 'Optimaliseren huidige systemen' en pakket 2: 'Toevoegen nieuwe systemen' en de manier waarop deze zijn vertaald in het FEM.

Aan de hand van een aantal voorbeelden wordt eerst geïllustreerd hoe er tot de vertaling van de interventies is gekomen.

- *Fiscaal stimuleren van de markt voor gerecyclede kunststoffen*

Dat kan op twee manieren: of door te interveniëren in het recycleproces, óf bij de prijs van de concurrerende virgin kunststoffen. In het eerste geval kunnen bijvoorbeeld de kosten van verbranden worden veranderd. Het directe effect zijn hogere kosten voor het verbranden van de uitval. Daarbij wordt aangenomen dat dit een prikkel geeft voor het verbeteren van het rendement bij het sorteren. Zonder precies te weten hoe de kwantitatieve relatie luidt tussen hogere kosten van verbranden en beter sorteren, wordt een stijging verondersteld van het sorteerrendement met 3% (een schatter) en kan het effect daarvan worden geanalyseerd op het verder sluiten van de kunststof keten, zowel economisch, als qua grondstoffen.

In het tweede geval wordt verondersteld dat er een CO₂-heffing wordt ingevoerd waardoor de prijzen van virgin kunststoffen zullen stijgen. Vanwege die hogere prijzen voor virgin kunststoffen zal men ook in de recycling van bedrijfsafval een slag maken. Zonder precies te kunnen zeggen hoe de interventie uitpakt, worden de effecten van twee aanpassingen in de invoergrootheden geanalyseerd: de prijs van virgin kunststoffen stijgt met 10% en het recyclingpercentage van kunststof bedrijfsafval stijgt eveneens met 10%.

- *Optimaliseren van de verhouding tussen mono- en mix kunststoffen*

De huidige verdeling tussen mono en mix kunststoffen resulteert na het recyclen in het FEM in 38% aan monostromen en 62% mix (een stroom samengesteld uit PET, PE, PP en folies). In het pakket zijn diverse interventies opgenomen die de ketenpartners kunnen toepassen om te komen tot een geoptimaliseerde verdeling tussen mono en mix kunststoffen: onder andere door nieuwe specificaties van de gesorteerde balen en door betere of extra sortering. Zonder precies de relatie te kennen tussen deze interventies en de manier waarop de interventies uitwerken, zijn in het FEM twee aanpassingen in het geanalyseerd om een beeld te krijgen van de mogelijke effecten: 1) het aandeel mono kunststoffen stijgt ten nadele van de mix kunststoffenstroom die navenant afneemt en 2) om dat te kunnen bereiken wordt verondersteld dat de sorteerkosten van zowel bron- als nascheiding zullen toenemen. De marktwaarden van gerecyclede monostromen liggen hoger dan die van de gerecyclede mix kunststoffen en de verschuiving resulteert – ondanks de hogere sorteerkosten – in het beter economisch sluiten van de kunststofketen.

- *Voorkomen zwerfafval*

Een vermindering van het zwerfafval (aandeel van circa 2% in de totale stroom¹⁰) kan worden gerealiseerd door interventies als beloning- en boetesystemen, gedragsbeïnvloeding, beter ontwerp van verpakkingen en slim beheer van de openbare ruimte. Zonder precies te kunnen

¹⁰ Nadere duiding van de omvang van de zwerfafvalstroom is gegeven in werkpakket 4 van het kunststofketenproject 'Overzicht van de keten van kunststof verpakingsafval', Dick Zwaveling in opdracht van het KIDV, 2017.

aangeven hoe de interventies uitpakken, is in het FEM geanalyseerd dat in dit geval de lekstroom als gevolg van zwerfafval daalt met 30%. Deze stroom wordt dan verlegd naar bronscheiding. Het sluiten van de kunststof keten qua grondstoffen neemt licht toe en per saldo verandert de financiële sluiting van de keten nauwelijks. De kosten van een beloningsysteem zijn daarin nog niet verdisconteerd.

Op vergelijkbare wijze zijn alle interventies vertaald naar aannamen in veranderingen van invoergrootheden in het model.

Pakket 1: 'Optimaliseren huidige systemen':

Actie (wat)	Interventies (hoe)	Vertaling naar input in FEM
Fiscaal stimuleren van de markt voor gerecyclede kunststoffen	- Verhogen tarief verbrandingsbelasting	- Kosten voor verbranding gaan omhoog met 20% ¹¹ - Rendement sortering stijgt met 3%
Fiscaal stimuleren van de markt voor gerecyclede kunststoffen	- CO ₂ heffing invoeren - Belasting op virgin kunststoffen	- Prijs van virgin kunststoffen stijgt met 10% - Recyclingpercentage bedrijfsafval stijgt met 10%
Stimuleren van recycling van bedrijfsafval	- Regelgeving voor de recycling van bedrijfsafval	
Ketenregie op optimale schaalgrootte	- Ketenregie op optimale schaalgrootte	- Inzamelkosten bronscheiding en kosten nascheiding dalen met 20%
Maximaliseren van de kwantiteit van de inzameling	- Faciliteren van optimaal scheidingsgedrag - Lange termijn zekerheid voor vergoedingen nascheiding	- Kunststof dat direct wordt verbrand met het restafval, daalt met 50% - Dit extra volume kunststof verpakingsafval wordt gelijk verdeeld over bron- en nascheiding (evenveel tonnen voor beide systemen)
Maximaliseren van de kwaliteit recycling	- Verwerkingscapaciteit mix kunststoffen in NL creëren - Reduceren afhankelijkheid Duitse mix kunststof markt - Eenvormig, landelijk consistent en langjarig constant inzamelsysteem	- De kosten voor het vermarkten van mix kunststoffen nemen af met 50%
Optimaliseren mono/mix (verhogen aandeel mono-stromen en verlagen aandeel mix kunststoffen)	- Verhogen specificaties mix kunststoffen na sortering - Extra sorteerstap mix - Toevoegen specificaties tussen recycler en producent - Optimaliseren mono/mix verhouding bij sortering - Aanpassen prikkels om de kwaliteit van sortering te verbeteren	- Aandeel mono-stromen in bron- en nascheiding stijgt: van 45% naar 75% - Sorteerkosten bron en na stijgen met 50%
Maximaliseren van de kwaliteit van de inzameling	- Onderzoek vervuiling en samenstelling in PMD, diftar, omgekeerd inzamelen - O.b.v. onderzoek: aanpassen PMD, diftar, omgekeerd inzamelen - Aanpak van niet-recyclebare kunststof verpakkingen - Aanpassen prikkels om de kwaliteit van inzameling te verbeteren - Faciliteren van optimaal scheidingsgedrag	- Vervuilingsgraad van bronscheiding daalt met 40% - Vervuilingsgraad van nascheiding daalt met 40%

¹¹ In het FEM zijn alleen de verbrandingskosten van verbranding van uitval in de keten opgenomen, dus niet van rechtstreekse verbranding van kunststof verpakingsafval met het restafval.

	<ul style="list-style-type: none"> - Nascheiding in binnenstedelijk gebied - Eenvormig, landelijk consistent en langjarig constant inzamelsysteem 	
Verminderen vervuiling	<ul style="list-style-type: none"> - Consumenten gaan actief in aparte bakken scheiden (folies apart) - Communicatie om scheidingsgedrag te stimuleren - Weggooiwijzer 	<ul style="list-style-type: none"> - Inzamelkosten van folies bij bronscheiding stijgen met 40% - Sorteerkosten van de bronscheiding van folies vervallen (0 eur/ton) - Sorteerkosten van de bronscheiding van andere kunststofstromen dalen met 20%
Voorkomen zwerfafval	<ul style="list-style-type: none"> - Beloningssysteem zwerfafval - Boetesysteem zwerfafval - Gedragsbeïnvloeding - Verpakkingsontwerp dat zwerfafval voorkomt - Slim beheer openbare ruimte 	<ul style="list-style-type: none"> - De lekstroom van zwerfafval daalt met 30%, deze stroom gaat naar bronscheiding
Maximaliseren inzet mono	<ul style="list-style-type: none"> - Tariefdifferentiatie: lagere bijdrage inzet mono-stromen - Boete onnodige inzet multi-layers - Brancheverduurzamingsplannen 	<ul style="list-style-type: none"> - 20% meer mono-stromen kunststof op de markt gebracht
Prikkel op inzet gerecyclede kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> - Tariefdifferentiatie: inzet gerecyclede kunststoffen belonen 	<ul style="list-style-type: none"> - Waardestijging van gerecyclede kunststoffen met 25% tot maximaal 90% van de waarde van virgin kunststoffen
Prikkel op inkoop gerecyclede kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> - Duurzaam Inkopen - Brancheverduurzamingsplannen 	
Standaardisatie materiaal na recycling	<ul style="list-style-type: none"> - Ontwikkelen van standaardkwaliteiten voor PET, PE, PP o.b.v. kwaliteit haalbaar met mechanische verwerking 	
Stimuleren recycleerbaarheid	<ul style="list-style-type: none"> - Boete op niet-recycleerbare verpakking - Tariefdifferentiatie: lagere bijdrage voor recycleerbare verpakking - Specifiek sturen op stoffen, die verstorend werken in mechanische recycling - Brancheverduurzamingsplannen - Standaardisatie minder soorten kunststoffen 	
Kennisontwikkeling 'design for recycling'	<ul style="list-style-type: none"> Onderzoek naar - en communicatie over - design for recycling 	
Maximaliseren kwantiteit van inzameling kunststof	<ul style="list-style-type: none"> Afspraken maken over niet-verpakkingen (geen vergoeding niet-verpakkingen) 	Buiten de scope van het FEM
Stimuleren van hergebruik van kunststof verpakkingen	<ul style="list-style-type: none"> 'Design for reuse' 	Buiten de scope van het FEM
Stimuleren recycleerbaarheid van kunststof verpakkingen	<ul style="list-style-type: none"> Investeren in innovaties op het gebied van 'tracers' 	Buiten de scope van het FEM

De vertaling van de interventies uit pakket 2 'toevoegen nieuwe systemen' naar inputs voor in het FEM.

Actie (wat)	Interventie (hoe)	Vertaling naar input in FEM	Interventiepakket		
			2a	2b	2c
Fiscaal stimuleren van de markt voor gerecyclede kunststoffen	- Verhogen tarief verbrandingsbelasting	- Kosten voor verbranding gaan omhoog met 20% ¹² - Rendement sortering stijgt met 3%	x	x	x
Fiscaal stimuleren van de markt voor gerecyclede kunststoffen	- CO ₂ heffing invoeren - Belasting op virgin kunststoffen	- Prijs van virgin kunststoffen stijgt met 10% - Recyclingpercentage bedrijfsafval stijgt met 10%	x	x	x
Stimuleren van recycling van bedrijfsafval	- Regelgeving voor de recycling van bedrijfsafval				
Ketenregie op optimale schaalgrootte	Ketenregie op optimale schaalgrootte	De inzamelkosten van bronscheiding en de kosten van nascheiding dalen met 20%	x		
		De kosten van nascheiding dalen met 20%		x	x
Maximaliseren van de kwantiteit van de inzameling van huishoudelijk kunststof verpakkingsafval	- Faciliteren optimaal scheidingsgedrag - Nascheiding in binnenstedelijk gebied - Lange termijn zekerheid over vergoedingen nascheiding - Communicatie om scheidingsgedrag te stimuleren	- Kunststof verpakkingsafval in dat direct wordt verbrand met restafval, daalt met 50% - Dit extra volume kunststof verpakkingsafval wordt zo verdeeld tussen bron- en nascheiding, dat na deze verdeling de verhouding in tonnen tussen bron- en nascheiding circa 50/50% is.	x		
	- Lange termijn zekerheid vergoedingen nascheiding van kunststof verpakkingsafval - Nascheiding van alle niet-waardevolle stromen kunststof verpakkingsafval	Het kunststof dat direct wordt verbrand, daalt naar 0%, omdat al het kunststof verpakkingsafval in het restafval wordt nagescheiden		x	x
Maximaliseren van de kwaliteit van de inzameling van huishoudelijk kunststof verpakkingsafval	- Onderzoek vervuiling en samenstelling in PMD, diftar, Omgekeerd Inzamelen (alleen in pakket 2a) - O.b.v. onderzoek: aanpassen PMD, diftar, Omgekeerd Inzamelen (alleen in pakket 2a) - Aanpak van niet-recyclebare kunststof verpakkingen - Aanpassen prikkels om de kwaliteit van inzameling/sortering te verbeteren - Eenvormig, landelijk consistent en langjarig constant inzamelsysteem - Optimaliseren verhouding mono/mix kunststoffen	- De vervuilingsgraad bronscheiding daalt met 40% - De vervuilingsgraad nascheiding daalt met 40%	x	x	x
Doorontwikkelen chemische recycling	- Vergoedingensysteem geschikt maken voor chemische recycling - R&D chemische recycling - Organiseren van de juiste consortia voor financieren (pilot) plants Specifiek sorteren voor chemische/mechanische recycling	Alle mix kunststoffen gaan na sortering naar chemische recycling	x		
		- Er wordt geen kunststof verpakkingsafval rechtstreeks met restafval verbrand - 80% van het ingezamelde kunststof verpakkingsafval gaat naar nascheiding en chemische recycling		x	
		- 100% van het kunststof verpakkingsafval gaat naar nascheiding - 50% van het ingezamelde kunststof verpakkingsafval wordt na sortering chemisch gerecycled, - 50% van het ingezamelde kunststof verpakkingsafval wordt na sortering mechanisch gerecycled			x
Selectieve bronscheiding	- Bronscheiding beperken tot monostromen	- 20% van ingezameld kunststof verpakkingsafval gaat naar selectieve bronscheiding en mechanische recycling		x	

¹² In het FEM zijn alleen de verbrandingskosten van verbranding van uitval in de kunststofketen opgenomen, dus niet van rechtstreekse verbranding van kunststof verpakkingsafval met het restafval.

Actie (wat)	Interventie (hoe)	Vertaling naar input in FEM	Interventiepakket		
			2a	2b	2c
	<ul style="list-style-type: none"> - Bronscheiding van niet-waardevolle stromen kunststof verpakkingsafval afbouwen - Verhogen specificaties voor bronscheiding - Introduceren van incentivesystemen voor verhogen respons - Communicatie over het afbouwen van brede inzameling 	<ul style="list-style-type: none"> - Bronscheiding gebeurt enkel voor monostromen kunststof verpakkingsafval - Er zijn lagere sorteerkosten voor bronscheiding (-40%) 			
Prikkel op inzet gerecyclede kunststoffen	Tariefdifferentiatie: inzet gerecyclede kunststoffen belonen	- De waarde van gerecyclede kunststoffen uit chemische recycling is gelijk aan virgin kunststof	x	x	x
Prikkel op inkoop gerecyclede kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> - Duurzaam inkopen - Brancheverduurzamingsplannen 	- Er is een waardestijging van secundaire kunststoffen uit bronscheiding met 25% tot maximaal 90% van de waarde van virgin fossiele kunststof	x	x	
Standaardisatie materiaal na recycling	Ontwikkelen van grades voor PET, PE, PP o.b.v. kwaliteit haalbaar met mechanische en chemische verwerking				
Stimuleren recycleerbaarheid	<ul style="list-style-type: none"> - Boete niet-recycleerbare verpakking - Tariefdifferentiatie: lagere bijdrage voor recycleerbare verpakking - Specifiek sturen op stoffen die mechanische/chemische recycling kunnen verstoren - Brancheverduurzamingsplannen 				
Kennisontwikkeling 'design for recycling'	Onderzoek en communicatie 'design for recycling'				
Marktdifferentiatie voor gerecyclede kunststoffen uit chemische/mechanische recycling	Marktdifferentiatie voor gerecyclede kunststoffen uit chemische/mechanische recycling				
Voorkomen zwerfafval	<ul style="list-style-type: none"> - Beloningssysteem zwerfafval - Boetesysteem zwerfafval - Gedragsbeïnvloeding - Slimmer beheer openbare ruimte - Verpakkingsontwerp dat zwerfafval voorkomt 	De lekstroom van zwerfafval daalt met 30%, deze stroom gaat naar bronscheiding	x	x	
		De lekstroom van zwerfafval daalt met 30%, deze stroom naar nascheiding			x
Maximaliseren inzet mono-kunststoffen	<ul style="list-style-type: none"> - Tariefdifferentiatie: lagere bijdrage inzet mono kunststoffen - Boete onnodige inzet multi-layers - Brancheverduurzamingsplannen 	Er is een stijging van 10% monostromen kunststof dat op de markt wordt gebracht	x	x	x
Maximaliseren kwantiteit van de inzameling van kunststof verpakkingsafval	Afspraken over niet-verpakkingen (uitbreiden systeem)	Buiten de scope van het FEM	x	x	x
Stimuleren van hergebruik van kunststof verpakkingen	'Design for reuse'	Buiten de scope van het FEM	x	x	x

3 Invoergrootheden

3.1 Volumina, vervuiling en rendementen

De gegevens over de volumina op de markt gebrachte kunststof verpakkingen en de verdelingen naar diverse kunststofsoorten zijn vooral ontleend aan de rapportage van werkpakket 4¹³. De belangrijkste grootheden en verdelingen voor de huidige situatie en pakket 1 'Optimaliseren huidige systemen' zijn:

Grootheden	Eenheid	2016		2030		
		Huidig		Pakket 1: optimalisatie		
Verdeling op de markt gebrachte kunststof verpakkingen ¹⁴	Totaal	Kton	477	629		
	Huishoudelijk afval (inclusief statiegeld)	%	75%	75%		
	Bedrijfsafval	%	25%	25%		
Verdeling op de markt gebrachte kunststof verpakkingen in het huishoudelijk afval ¹⁵	PET	%	18%	22%		
	PE	%	8%	10%		
	PP	%	11%	13%		
	Folies	%	23%	23%		
	Overig	%	40%	32%		
Inzamelsysteem huishoudelijk afval (gemiddeld over alle kunststof verpakkingen) ¹⁶	bronscheiding	%	40%	50%		
	nascheiding	%	8%	18%		
	statiegeld	%	7%	9%		
	zwerfafval	%	2%	2%		
	restafval	%	42%	21%		
Bronscheiding (rendement en vervuiling)¹⁷			Rendement	Vervuiling	Rendement	Vervuiling
	inzameling	%	100%	23%	100%	14%
	op- en overslag	%	95%	23%	95%	14%
	sortering	%	75%	23%	77%	14%
	vermarkten ¹⁸	%	100%	2% - 10%	100%	2% - 10%
	recycling (mechanisch)	%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%
Nascheiding (rendement en vervuiling)¹⁷			Rendement	Vervuiling¹⁹	Rendement	Vervuiling
	inzameling	%	100%	0%	100%	0%
	op- en overslag	%	100%	0%	100%	0%

¹³ Werkpakket 4 van het kunststofketenproject 'Overzicht van de keten van kunststof verpakkingafval', Dick Zwaveling in opdracht van het KIDV, 2017.

¹⁴ 'Monitoring Verpakkingen - Resultaten inzameling en recycling 2015', Afvalfonds Verpakkingen, 2016. Voor het model is het volume statiegeld toegerekend als inzamelsysteem voor huishoudelijke verpakkingen.

¹⁵ Sorteeraanlyse huishoudelijk afval. Bron: 'Insights into the complex issue of recycling plastic packaging waste', Ulphard Thoden van Velzen et al Hilke Bos-Brouwers, WUR/FBR, mei 2013, p.38. Hierbij is in het FEM gecorrigeerd voor kunststof niet verpakkingen en zijn de volumes flexibele PE- en PP-verpakkingen toegerekend aan folies. Daarnaast is het volume kunststof verpakkingafval via statiegeld hieraan toegevoegd.

¹⁶ Voor deze volumes is gewerkt met gegevens uit 'Monitoring Verpakkingen - Resultaten inzameling en recycling 2015', Afvalfonds Verpakkingen, 2016. Voor het FEM is het volume statiegeld toegerekend als inzamelsysteem voor huishoudelijke verpakkingen (bron en nascheiding), 'Analyse Nederlands statiegeldsysteem voor PET flessen', E.U. Thoden van Velzen en H.E.J. Bos-Brouwers WUR, 2012; 'Kosten statiegeldsystemen voor grote PET-flessen', G.E.A. Warringa, S.J. Aarnink, G.C. Bergsma, CE, maart 2014 en 'Verschillenanalyse rapporten WUR en CE Delft over kosten statiegeldsysteem', TNO, 2014 (statiegeld), 'Kosten en omvang zwerfafval', Kpluv, 5 juni 2015.

¹⁷ Het sorteerketenrendement en de vervuilinggraden zijn een punt van discussie in de kunststofketen. De huidige aannames in het FEM zijn gedaan op basis van werkpakket 4 van het kunststofketenproject 'Overzicht van de keten van kunststof verpakkingafval', Dick Zwaveling in opdracht van het KIDV, 2017. en in overleg met betrokken experts.

¹⁸ Bij de aannames over het vermarkten zijn de maximale vervuilinggraden aangehouden zoals beschreven in DKR-normen.

¹⁹ Aannames m.b.t. vervuilinggraden van nascheiding zijn gedaan op basis van het percentage restafval of residu in de nagescheiden fracties. Deze aantallen zijn bepaald op basis van de hoeveelheid kunststof verpakkingafval in restafval (afgerond 10%) en vocht en vuil bij kunststof verpakkingen in het restafval. Bron: 'Samenstelling van het huishoudelijk restafval, sorteeraanlyses 2014', Rijkswaterstaat, november 2015.

Grootheden	Eenheid	2016		2030	
		Huidig		Pakket 1: optimalisatie	
nascheiding	%	80%	90%	80%	90%
sortering	%	80%	36%	82%	22%
vermarketing ¹⁸	%	100%	2% - 10%	100%	2% - 10%
recycling (mechanisch)	%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%

Voor pakket 2 'Toevoegen nieuwe systemen' zijn de grootheden als volgt:

		2030						
		Pakket 2: 'Uitbreiden met chemische recycling'						
Grootheden	Eenheid	2a		2b		2c		
<i>Verdeling op de markt gebrachte kunststof verpakkingen¹⁴</i>	Totaal	Kton	629		629		629	
	Huishoudelijk afval (inclusief statiegeld)	%	75%		75%		75%	
	Bedrijfsafval	%	25%		25%		25%	
<i>Verdeling op de markt gebrachte kunststof verpakkingen in het huishoudelijk afval¹⁵</i>	PET	%	20%		20%		20%	
	PE	%	9%		9%		9%	
	PP	%	12%		12%		12%	
	Folies	%	23%		23%		23%	
	Overig	%	36%		36%		36%	
<i>Inzamel- en verwerkingssysteem huishoudelijk afval (gemiddeld over alle kunststof verpakkingen)¹⁶</i>	bronscheiding	%	21%		20%		0%	
	nascheiding & mechanische recycling	%	20%		0%		49%)	
	statiegeld	%	8%		8%		0%	
	zwerfafval	%	2%		2%		2%	
	restafval	%	21%		0%		0%	
	nascheiding & chemische recycling	%	28%		79%		49%	
Bronscheiding (rendement en vervuiling)¹⁷			Rendement	Vervuiling	Rendement	Vervuiling	Rendement	Vervuiling
	inzameling	%	100%	14%	100%	14%	100%	14%
	op- en overslag	%	95%	14%	95%	14%	95%	14%
	sortering	%	77%	14%	77%	14%	77%	14%
	vermarkten ¹⁸	%	100%	2% - 10%	100%	2% - 10%	100%	2% - 10%
	recycling mechanisch	%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%
Nascheiding (rendement en vervuiling)^{17 en 19}			Rendement	Vervuiling	Rendement	Vervuiling	Rendement	Vervuiling
	inzameling	%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
	op- en overslag	%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
	nascheiding	%	80%	90%	80%	90%	80%	90%
	sortering	%	82%	22%	82%	22%	82%	22%
	vermarketing ¹⁸	%	100%	2% - 10%	100%	2% - 10%	100%	2% - 10%
	recycling mechanisch	%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%
	recycling chemisch	%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%	70%	2% - 10%

Opmerkingen bij de manier waarop er in FEM wordt gerekend:

1. In het FEM wordt per stap met netto volumes gerekend en wordt daar per stap de vervuiling bij opgeteld om tot de juiste kostenschattingen te komen; de kosten zijn immers per bruto ton input (zie hierna).
2. Niet-verpakkingen vallen in het FEM onder 'vervuiling'.
3. In veel gevallen wordt uitgegaan van bruto volumes aan het begin van de keten. In het FEM wordt gerekend met netto volumes, aan de start en aan het einde van de keten: wat is er op de markt gebracht én wat komt er als gerecyclede kunststoffen weer terug op de markt?
4. De genoemde rendementen zijn gebaseerd op de netto kunststofstromen in- en uitgaand; dus bijvoorbeeld wat gaat er netto aan kunststoffen in het sorteerproces verloren.

3.2 Kosten en opbrengsten per ketenstap

Inzichten over de kosten per ketenstap zijn ontleend aan meerdere rapporten en inzichten van het onderzoeksteam en experts. Een overzicht van de kosten per ketenstap en de opbrengsten van gerecyclede kunststoffen is als volgt:

Grootheden	Eenheid	2016	2030	2030		
		Huidig	Pakket 1	2a	2b	2c
Bronscheiding (kosten)²⁰		Kosten				
inzameling	euro per ton bruto input	370	391	391	488	488
op- en overslag	euro per ton bruto input	35	46	46	46	46
sortering	euro per ton bruto input	130	223	172	103	103
vermarkting	euro per ton bruto input	35	23	46	46	46
recycling (mechanisch)	euro per ton bruto input	325-525	693	693	693	693
Nascheiding (kosten)²⁰		Kosten				
inzameling	euro per ton bruto input	79	104	104	104	104
op- en overslag	euro per ton bruto input	25	33	33	33	33
nascheiding	euro per ton bruto input	20-30	22-32	22-32	22-32	22-32
sortering	euro per ton bruto input	150	297	198	198	198
vermarkting	euro per ton bruto input	35	23	46	46	46
recycling (mechanisch)	euro per ton bruto input	325-525	429-693	429-693	429-693	429-693
recycling (chemisch)	euro per ton bruto input	653-1050	861-1385	861-1385	861-1385	861-1385
Statiegeld (kosten)		Kosten				

²⁰ Kosten van de inzameling van kunststof verpakkingsafval zijn gebaseerd op de meest recente benchmark van de NVRD (2015) naar de inzameling van kunststof verpakkingsafval en fijn restafval; overige kosten zijn in overleg met de betrokken experts ingeschat en getoetst. In de tweede helft van 2017 worden kostenonderzoeken voor bron- en nascheiding gepubliceerd en worden de berekeningen in het FEM geactualiseerd.

Kosten statiegeld totaal ²¹	euro per ton bruto input	1885	2487	2487	2487	n.v.t.
Opbrengsten gerecyclede kunststoffen²²		Opbrengsten				
PET	euro per ton netto output	948	1416	1416	1416	1416
PE	euro per ton netto output	819	1486	1486	1486	1486
PP	euro per ton netto output	894	1605	1605	1605	1605
Folies	euro per ton netto output	676	1226	1226	1226	1226
Overig	euro per ton netto output	108	156	156	156	156
Opbrengsten chemisch gerecyclede kunststoffen / virgin kunststoffen²³		Opbrengsten				
PET	euro per ton netto output	1084	1573	1573	1573	1573
PE	euro per ton netto output	1484	2153	2153	2153	2153
PP	euro per ton netto output	1229	1783	1783	1783	1783
Folies	euro per ton netto output	1478	2145	2145	2145	2145
Overig ²⁴	euro per ton netto output	1092	n.v.t.	1585	1585	1585

Alle kosten en opbrengsten zijn hier als puntschattingen weergegeven; deze worden gehanteerd als beste schatter. In de praktijk is er sprake van een range waarbinnen de kosten zich bewegen (een puntschatting in een bandbreedte). Alternatieve opgaven van kosten of nieuwe inzichten in kosten en/of opbrengsten zijn eenvoudig door te voeren in het model.

Zowel de kosten voor mechanisch als chemisch recyclen zijn 'beste schatters'. Voor mechanisch recyclen zijn gegevens ontleend aan het materiaalplan voor kunststof dat momenteel door NRK / Berenschot wordt opgesteld; tot de publicatie van dit plan hebben deze schattingen een voorlopig karakter. De kosten voor chemische recycling zijn nu nog een grote 'onbekende', omdat er nog geen praktijkvoorbeelden op industriële schaal bekend zijn. Een van de onzekere grootheden is bijvoorbeeld het rendement van chemische recycling.

Vooralsnog wordt in het FEM met betrekking tot chemische recycling dus gerekend met de hierboven vermelde grootheden. De recyclingkosten zijn ingeschat op basis van de opbrengsten virgin kunststoffen (= veronderstelde opbrengsten van gerecyclede kunststoffen op de markt na chemische

²¹ Ketenkosten van statiegeld zijn mede ingeschat op basis van de kostenonderzoeken van WUR, CE en TNO naar het statiegeldsysteem (zie voetnoot 16). Op basis van een gemiddelde van de berekeningen in beide onderzoeken zijn de kosten van het statiegeldsysteem tot aan poort van de recycler circa € 45 mln. De opbrengsten aan de poort van de recycler bedragen volgens beide onderzoeken gemiddeld € 16 mln. Volgens de berekeningen in het FEM wordt de opbrengst na recyclen geschat op circa € 21 mln. Waardoor de toegevoegde waarde van het recyclen (kosten en marge) circa € 5 mln. bedraagt. De totale ketenkosten komen daarmee op circa € 50 mln. en de kosten per ton input (circa 26 kton) op circa €1.885.

²² Zie voor de marktprijzen van gerecyclede kunststoffen: www.Polymertracker.com

²³ www.Polymertracker.com.

²⁴ Gemiddeld gewogen prijs van mono-stroom componenten (PET, PE, PP en folies).

recycling) en de huidige gemiddelde kosten om uitgesorteerd kunststof verpakkingsafval te vermarkten. Het verschil, rekening houdend met een rendement van 70%, levert de schatter voor de kosten per ton inputmateriaal van chemisch recyclen. Onder welke voorwaarden chemische recycling daadwerkelijk van de grond kan komen, verdient nader onderzoek.

4 Resultaten van de interventiepakketten

De interventiepakketten zijn doorgerekend met het FEM. De resultaten van die doorrekening staan hieronder vermeld.

Een belangrijke notie vooraf is dat het FEM de ketens van kunststof verpakkingsafval uit huishoudens en statiegeld modelleert. Kunststof verpakkingsafval van bedrijven zit, vanwege het ontbreken van betrouwbare data, qua kosten niet in het model en qua volumes alleen voor het berekenen van het recyclepercentage, maar niet voor het fysiek sluiten van de keten. Omdat voor kunststof verpakkingsafval uit huishoudens en statiegeld nog de grootste stappen nodig zijn om de kunststof verpakkingsketen zowel qua grondstoffen, als economisch te sluiten, is het doorrekenen van deze twee stromen overigens ook het meest relevant.

4.1 Resultaten interventiepakket 1 'Optimaliseren huidige systemen'

In deze paragraaf wordt voor Pakket 1: 'Optimaliseren huidige systemen' aangegeven in welke mate de kunststof verpakkingketen kan worden gesloten, zowel qua grondstoffen als economisch. Als vertrekpunt zijn 2016 en 2030 (basisreferentie) opgenomen.

		2016	2030 (zonder interventies)	2030 (interventiepakket 1 Optimaliseren)
Sluiten van de keten qua grondstoffen				
1	Volume kunststof verpakkingen op de markt gebracht (kton)	~ 480	~ 630	~ 630
2	Volume kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij huishoudens en statiegeld (kton)	~ 360	~ 470	~ 470
3	Volume kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij bedrijven (kton)	~ 120	~ 160	~ 160
4	Volume kunststof verpakkingafval aangeboden voor recycling uit huishoudelijk afval en statiegeld (kton)	~ 160	~ 210	~ 280
5	Volume kunststof verpakkingafval aangeboden voor recycling uit bedrijfsafval (kton)	~ 90	~ 120	~ 140
6	Volume kunststof verpakkingafval aangeboden voor recycling totaal (= 4 + 5) (kton)	~ 250	~ 330	~ 420
7	Volume gerecycled kunststof uit huishoudens en statiegeld (kton)	~ 110	~ 140	~ 200
Sluiten van de keten economisch				
8	Opbrengsten gerecycled kunststof uit huishoudens en statiegeld (EUR mln)	~ 60	~ 100	~ 240
9	Ketenkosten gerecycled kunststof uit huishoudens en statiegeld (EUR mln)	~ 220	~ 390	~ 490
10	Opbrengsten - Ketenkosten (= 8 - 9) (EUR mln)	~ 160	~ -280	~ -250
11	Aanname olieprijs 2030 (EUR per vat)	~ 40	~ 50	~ 50
12	Break-even olieprijs voor het financieel sluiten van de kunststofketen in 2030 (EUR per vat)	n.v.t.	~ 460	~ 170
Sluiten van de keten				
13	Recyclepercentage kunststof verpakkingen (= 6/1)	~ 52%	~ 52%	~ 67%
14	Sluiten fysiek % kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij huishoudens en statiegeld (= 7/2)	~ 30%	~ 30%	~ 42%
15	Sluiten financieel % kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij huishoudens en statiegeld (= 8/9)	~ 27%	~ 27%	~ 49%
Disclaimer:				
<ul style="list-style-type: none"> - Alle getallen in deze tabel zijn puntschattingen met een verdeling van uitkomsten rond die puntschatting. In werkelijkheid zal rond iedere puntschatting sprake zijn van een verdeling van uitkomsten rond die puntschatting en is dus sprake van ranges. Om die reden zijn de getallen afgerond op ronde getallen. - Alle getallen in deze tabel zijn berekend met een eerste serieuze run van het FEM (voor de disclaimer bij het FEM zie paragraaf 5.1). - Alle getallen in deze tabel zijn richtinggevend en moeten niet gezien worden als exacte uitkomsten. - De opbrengsten en kosten betreffen alleen financiële en geen maatschappelijke kosten. Externe effecten zijn niet geprijsd. 				

4.2 Resultaten interventiepakket 2 'Toevoegen nieuwe systemen'

In onderstaande tabel staan de resultaten uit het FEM van interventiepakket 2 weergegeven.

		2016	2030 (zonder interventies)	2030 (met interventiepakketten)		
				2a	2b	2c
Sluiten van de keten qua grondstoffen						
1	Volume kunststof verpakkingen op de markt gebracht (kton)	~ 480	~ 630	~ 630	~ 630	~ 630
2	Volume kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij huishoudens en statiegeld (kton)	~ 360	~ 470	~ 470	~ 470	~ 470
3	Volume kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij bedrijven (kton)	~ 120	~ 160	~ 160	~ 160	~ 160
4	Volume kunststof verpakkingafval aangeboden voor recycling uit huishoudelijk afval en statiegeld (kton)	~ 160	~ 210	~ 280	~ 330	~ 330
5	Volume kunststof verpakkingafval aangeboden voor recycling uit bedrijfsafval (kton)	~ 90	~ 120	~ 140	~ 140	~ 140
6	Volume kunststof verpakkingafval aangeboden voor recycling totaal (= 4 + 5) (kton)	~ 250	~ 330	~ 420	~ 470	~ 470
7	Volume gerecycled kunststof uit huishoudens en statiegeld (kton)	~ 110	~ 140	~ 190	~ 220	~ 220
Sluiten van de keten economisch						
8	Opbrengsten gerecycled kunststof uit huishoudens en statiegeld (EUR mln)	~ 60	~ 100	~ 280	~ 380	~ 300
9	Ketenkosten gerecycled kunststof uit huishoudens en statiegeld (EUR mln)	~ 220	~ 390	~ 530	~ 700	~ 610
10	Opbrengsten - Ketenkosten (= 8 - 9) (EUR mln)	~ 160	~ -280	~ -250	~ -320	~ -310
11	Aanname olieprijs 2030 (EUR per vat)	~ 40	~ 50	~ 50	~ 50	~ 50
12	Break-even olieprijs voor het financieel sluiten van de kunststofketen in 2030 (EUR per vat)	n.v.t.	~ 460	~ 150	~ 140	~ 150
Sluiten van de keten						
13	Recyclepercentage kunststof verpakkingen (= 6/1)	~ 52%	~ 52%	~ 66%	~ 74%	~ 74%
14	Sluiten fysiek % kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij huishoudens en statiegeld (= 7/2)	~ 30%	~ 30%	~ 40%	~ 46%	~ 46%
15	Sluiten financieel % kunststof verpakkingen op de markt gebracht bij huishoudens en statiegeld (= 8/9)	~ 27%	~ 27%	~ 52%	~ 54%	~ 49%
Disclaimer:						
<ul style="list-style-type: none"> - Alle getallen in deze tabel zijn puntschattingen met een verdeling van uitkomsten rond die puntschatting. In werkelijkheid zal rond iedere puntschatting sprake zijn van een verdeling van uitkomsten rond die puntschatting en is dus sprake van ranges. Om die reden zijn de getallen afgerond op ronde getallen. - Alle getallen in deze tabel zijn berekend met een eerste serieuze run van het FEM (voor de disclaimer bij het FEM zie paragraaf 5.1). - Alle getallen in deze tabel zijn richtinggevend en moeten niet gezien worden als exacte uitkomsten. - De opbrengsten en kosten betreffen alleen financiële en geen maatschappelijke kosten. Externe effecten zijn niet geprijsd. 						

4.3 Conclusies resultaten interventiepakketten

Het peiljaar 2016 lijkt door het FEM zowel qua volumes, als qua de financiële kengetallen goed te worden weergegeven. Zowel het berekende tekort (opbrengsten minus kosten) als het berekende recyclepercentage zijn in lijn met de gerealiseerde praktijkcijfers.

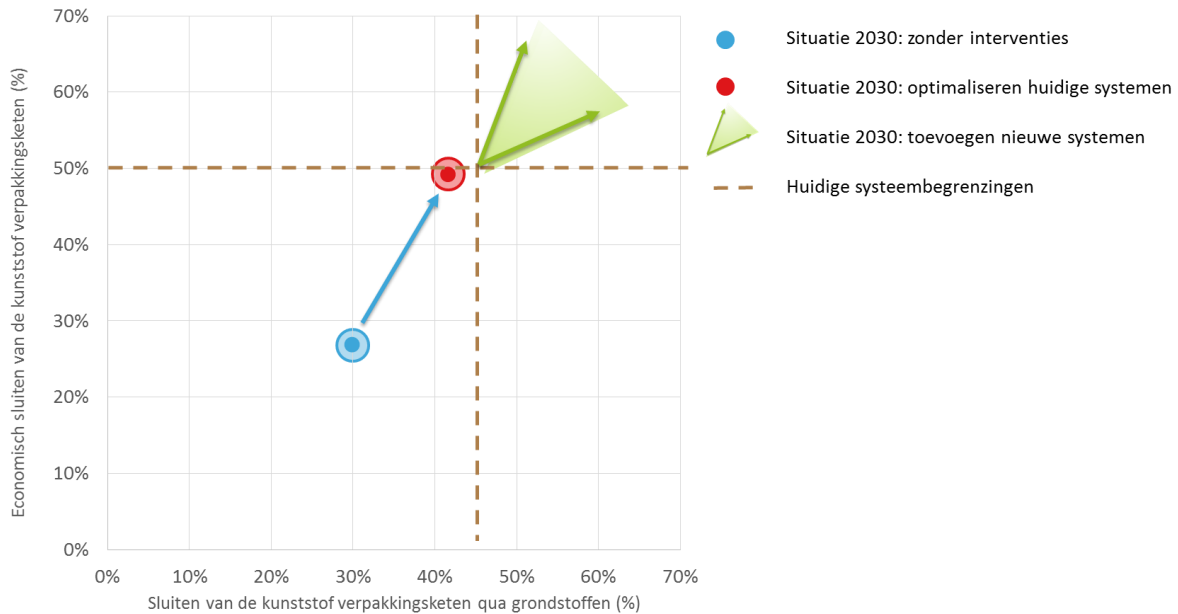
Het bovenstaande percentage voor het sluiten van de keten qua grondstoffen is dus van toepassing op kunststof verpakkingafval van huishoudens en statiegeld. Voor de herkenbaarheid is ook het nu gangbare recyclepercentage berekend. Deze berekening wijkt af op drie punten:

- Naast huishoudelijk afval en statiegeld, is ook het kunststof verpakkingafval van bedrijven dat ter recycling wordt aangeboden, meegenomen.
- Bij het bepalen van het recyclepercentage wordt gerekend met bruto tonnen kunststof verpakkingafval, dus inclusief vocht en vuil. Het aandeel vocht en vuil is toegevoegd, omdat in het FEM wordt gerekend op basis van netto tonnen.
- Het recyclepercentage wordt berekend bij de poort van de recycler, terwijl het FEM doorrekent tot de gerecyclede kunststoffen, ofwel de output van de recycler

De doorrekening van de kunststof verpakkingketen voor beide interventiepakketten qua grondstoffen en economisch, levert het volgende beeld op:

- *Het uitblijven van interventies leidt tot een oplopend ketentekort (opbrengsten minus kosten).*
Het uitblijven van interventies betekent economisch, volgens de eerste indicatieve berekeningen in het FEM, een toename van het ketentekort (opbrengsten minus kosten) in 2030 (een toename van circa 75%). Dit wordt veroorzaakt door de inflatie van de kosten en de opbrengsten en door de stijging van de volumes kunststof verpakkingen die op de markt worden gebracht. Qua grondstoffen wordt de kunststof verpakkingketen bovendien niet verder gesloten: dit blijft steken op een fysieke sluiting van circa 30% van de keten voor kunststof verpakkingafval uit huishoudens en statiegeld. Zie hiervoor de blauwe stip in onderstaande figuur. Dit komt overeen met een recyclepercentage van circa 52%.
- *Het inzetten van Pakket 1: 'Optimaliseren huidige systemen' leidt tot het economisch verder sluiten van de keten.*
Volgens de eerste indicatieve berekeningen in het FEM kan dit economisch leiden tot een verhoging van de kostendekkingsgraad van de kunststof verpakkingketen van circa 27% tot circa 49%. De opbrengsten van de gerecyclede kunststoffen stijgen en om deze opbrengsten te realiseren stijgen ook de ketenkosten, maar minder hard. Onder de streep daalt het tekentekort (opbrengsten minus kosten). Zowel absoluut als relatief stijgt de kostendekkingsgraad dus door de interventies uit Pakket 1: 'Optimaliseren huidige systemen'. Zie hiervoor de rode stip in onderstaande figuur, die de begrenzing van de huidige systemen benadert (aangegeven met de stippellijnen in onderstaande figuur).
- *Het inzetten van Pakket 1: 'Optimaliseren huidige systemen' leidt tot het verder sluiten van de keten qua grondstoffen.*
Qua grondstoffen kan de sluiting van de kunststof verpakkingketen worden verhoogd van circa 30% tot circa 42%. Dat resulteert in een stijging van het recyclepercentage van circa 52% tot circa 67%. Dit wordt aangegeven met de rode stip in onderstaande figuur, die de begrenzing van de huidige systemen benadert (aangegeven met de stippellijnen in onderstaande figuur).
- *Bij bewezen toegevoegde waarde kan chemische recycling op termijn leiden tot het verder sluiten van de kunststofketen, zowel economisch als qua grondstoffen.*
In het model zijn de eerste voorzichtige berekeningen gedaan met conservatieve aannames over wat chemische recycling qua verdere sluiting van de keten zou kunnen betekenen. Hoewel de berekeningen onzeker zijn, brengt dit de resultaten verder dan de resultaten van Pakket 1:

‘Optimaliseren huidige systemen’. Zoals opgemerkt kan nader onderzoek uitwijzen of chemische recycling de kunststof verpakkingketen daadwerkelijk beter kan sluiten. Vervolgens kunnen de effecten op het sluiten van de keten worden doorgerekend in het financieel-economisch model om te bepalen waar in het groene gebied in de onderstaande figuur de sluiting van de kunststofketen dan uit kan komen. Bij bewezen toegevoegde waarde van chemische recycling, zou dit dus buiten de huidige systeembegrenzings liggen (het groene gebied in onderstaand figuur).



4.4 Interventies met de grootste effecten

Pakket 1: ‘Optimaliseren huidige systemen’ bestaat uit meerdere interventies die in samenhang in het FEM zijn doorgerekend. De totaaleffecten zijn in de voorgaande paragraaf genoemd. Bij het in combinatie doorrekenen van interventies versterken of verzwakken de verschillende interventies elkaar. Bij het doorrekenen van de interventiepakketten is met deze samenhang automatisch rekening gehouden.

Ook iedere interventie afzonderlijk zal bijdragen aan het meer (of in enkele gevallen juist minder) sluiten van de kunststof verpakkingketen, zowel economisch, als qua grondstoffen. Het relatieve belang van de afzonderlijke interventies is met het model bepaald door de interventie geïsoleerd door te rekenen. Hierdoor kunnen de interventies onderling worden gerangschikt, zoals weergegeven in onderstaande tabellen.

Rangschikking interventies verder sluiten kunststofketen qua grondstoffen	
Interventie	Rangschikking
Verhogen volumes bron- en nascheiding, waardoor het volume kunststof verpakkingsafval dat direct wordt verbrand afneemt	1
Fiscaal stimuleren van de markt voor gerecyclede kunststoffen	2
Verhogen inzet monomaterialen in op de markt gebrachte kunststof verpakkingen	3
Voorkomen van zwerfafval	4

Het laten stijgen van de volumes uit bron- en nascheiding, en daarmee het reduceren van het volume kunststof verpakkingsafval dat direct met het restafval wordt verbrand, resulteert in het model tot substantiële verdere sluiting van de kunststofketen qua grondstoffen.

Ook het fiscaal stimuleren van de markt voor gerecyclede kunststoffen en het meer inzetten van mono-materialen draagt hieraan bij, maar de berekende effecten hiervan zijn minder groot.

Ook het voorkomen van zwerfafval en deze kunststof verpakkingen toevoegen aan bron- of nascheiding leidt tot betere sluiting van de keten qua grondstoffen. In de rangschikking scoort deze interventie lager dan de andere drie interventies.

Rangschikking interventies verder sluiten kunststofketen economisch	
Interventie	Rangschikking
Optimaliseren van de mono/mix verhouding (verhogen aandeel mono-stromen en verlagen aandeel mix kunststoffen)	1
Verhogen inzet van gerecyclede kunststoffen door standaardisatie van gerecyclede kunststoffen en stimuleren inzet van gerecyclede kunststoffen door o.a. circulair / duurzaam inkopen en tariefdifferentiatie	2
Maximaliseren van de inzet van mono materialen in verpakkingen door o.a. tariefdifferentiatie.	3
Fiscaal stimuleren van gerecyclede kunststoffen door bijvoorbeeld een CO ₂ -heffing op virgin kunststoffen	4
Ketenregie op optimale schaalgrootte waardoor de inzamel- en sorteerkosten dalen	5

Een interventie voor verdere economische sluiting van de keten betreft het optimaliseren van de verhouding tussen mono- en mix kunststoffen.

Een betere sluiting van de kunststof verpakkingsketen in economische zin kan ook worden bereikt via interventies die de opbrengsten van het gerecyclede kunststoffen stuwten. Een heffing op virgin

kunststoffen heeft een vergelijkbaar effect²⁵. In het eerste geval wordt een hogere waarde-ratio verondersteld tussen de gerecyclede kunststoffen en virgin kunststoffen; in het tweede geval een constante waarde-ratio waarbij een hogere virgin-prijs de prijs van gerecyclede kunststoffen meetrekt.

4.5 Gevoeligheidsanalyses op de invoergrootheden in het FEM

Zoals aangegeven levert het FEM in de huidige vorm puntschattingen voor alle interventies of combinaties daarvan. In werkelijkheid zal sprake zijn van ranges van uitkomsten. Om meer gevoel te krijgen voor deze ranges van uitkomsten zijn gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Deze analyses laten zien hoe gevoelig de berekende effecten met het FEM zijn voor wijzigingen van de inputs in het FEM.

De robuustheid van de effecten in de drie interventiepakketten is op basis van een gevoeligheidsanalyses getoetst op:

1. de meeste bepalende, niet te beïnvloeden input in het model: de olieprijs;
2. de invoergegevens die het meest onzeker zijn: rendement en kosten van chemische recycling en
3. de bepalende invoergegevens in termen van zowel fysiek als financieel sluiten van de keten: het rendement van sortering bij bronscheiding en bij nascheiding.

De gevoeligheidsanalyse is uitgevoerd op pakket 2a, omdat dit interventiepakket zowel bron- als nascheiding bevat en zowel mechanische als chemische recycling. Daardoor kunnen de effecten van bovenstaande invoergegevens op het sluiten van de kunststofketen, qua grondstoffen en economisch met dit pakket worden getoetst.

In onderstaande tabel zijn de absolute veranderingen in deze percentages uit de gevoeligheidsanalyse weergegeven:

Variabele	Gevoeligheid	Effect op sluiten keten		Recyclepercentage
		qua grondstoffen	economisch	
Olieprijs	-30%	0%	-9%	0%
	30%	0%	9%	0%
Rendement chemisch recylen	-25%	-3%	-5%	0%
	25%	3%	5%	0%
Kosten chemisch recylen	-25%	0%	3%	0%
	25%	0%	-3%	0%
Rendement sortering bron- en nascheiding	10%	3%	2%	3%
	-10%	-3%	-2%	-4%

Een verhoging of verlaging van de olieprijs met 30% heeft effect van circa 9% op het verder economisch sluiten van de kunststof verpakkingketen. Een olieprijs van circa 73 euro per vat als

²⁵ De plek in de rangschikking van het fiscaal stimuleren van gerecyclede kunststoffen hangt sterk af van de hoogte van bijvoorbeeld de CO2-heffing.

prijspeil in 2030 (+30%) betekent dat de keten economisch gezien voor 61% (+9%) gesloten is in pakket 2a.

Een verhoging van het rendement van chemische recycling van 70% naar 88% (+25%) betekent dat tegen dezelfde recyclekosten meer gerecyclede kunststoffen worden geproduceerd. Het sluiten van de keten qua grondstoffen gaat dan van circa 40% naar 44% (+3%). Bovendien hebben de gerecyclede kunststoffen in deze situatie de waarde van virgin fossiele kunststoffen en het effect op het economisch verder sluiten van de kunststofketen gaat dan van 52% naar 57% (+5%). Overigens: het (gangbare) recyclepercentage blijft ondanks de verhoging van het rendement gelijk, omdat dat recyclepercentage wordt gemeten bij de poort van de recycler en niet op de hoeveelheid geproduceerde gerecyclede kunststoffen. Het verlagen van de kosten voor chemische recycling betekent dat de keten in pakket 2a economisch gezien voor 55% (+3%) is gesloten. Het verhogen of verlagen van het rendement van sortering met 10% heeft een effect van 3% op het verder sluiten van de kunststof verpakkingketen qua grondstoffen, van 2% op het verder economisch sluiten van de keten.

5 Disclaimer, beperkingen en doorontwikkeling FEM

5.1 Disclaimer

Het FEM levert *geen exacte voorspelling, maar een beeld van effecten*

Het FEM is een model en daarmee een simplificatie van de werkelijkheid. Het bevat een bundeling van inzichten in - en beschikbare data over - de kunststof verpakingsketen. Het model levert daarmee op een gestructureerde manier inzicht in de kunststof verpakingsketen en is geschikt om de effecten van interventies te verkennen en het relatieve belang vast te stellen.

Zowel de doorrekening van de relatieve effecten van de twee interventiepakketten, als van de afzonderlijke interventies, levert informatie over het belang van de interventies. Maar ook hoe de interventies zich verhouden tot elkaar en tot externe variabelen, zoals bijvoorbeeld de olieprijs.

Effecten zijn richtinggevend

De gepresenteerde effecten op basis van het FEM geven eerste richtinggevende indicaties voor 2030. Daar waar data ontbreken zijn aannames gedaan, die bij de uitkomsten in deze rapportage steeds duidelijk zijn geëxpliciteerd. Verder is de kunststof verpakingsketen onderdeel van een wereldwijde markt van zowel virgin als gerecyclede kunststoffen, die zich op nationale schaal niet volledig laat vangen in een model.

Het KIDV heeft maximale zorgvuldigheid betracht bij het ontwikkelen van het FEM. Gegeven alle onzekerheden over toekomstige ontwikkelingen en gezien de diverse aannames dienen de uitkomsten echter te worden geïnterpreteerd als een puntschatting binnen een bandbreedte.

Het KIDV ziet de effecten als een eerste indicatieve doorrekening met het FEM. Het KIDV is voornemens het model in de komende maanden verder door te ontwikkelen en te voeden met nieuwe input, zoals de uitkomsten van de kostenstudies naar de huidige inzamelsystemen zodra die later dit jaar beschikbaar komen.

5.2 Beperkingen

De huidige versie van het FEM kent een aantal beperkingen, die deels in de doorontwikkeling van het FEM (zie paragraaf 5.3) opgepakt kunnen worden.

- *Internationale context*
De kunststofketen van verpakkingen in Nederland kan niet los worden gezien van kunststofketens elders in Europa. In het huidige model wordt in bescheiden mate rekening gehouden met die context, onder meer via de marktwaarden van virgin en gerecyclede kunststoffen. Verkend zou kunnen worden hoe die internationale context bij het FEM kan worden aangehaakt.
- *Kosten van recycling mechanisch*
Binnen het model zijn de onzekerheden over de kosten van de recycling het grootste. Meer informatie is te verwachten uit het onderzoek van NRK/Berenschot. Dit onderzoek wordt later in 2017 afgerond en vormt dan nieuwe input voor het FEM.
- *Kosten en rendementen van chemische recycling*

De grootste onzekerheden bestaan rond het thema chemische recycling terwijl daar naar verwachting potentieel veel winst valt te behalen in het sluiten van de keten, economisch en qua grondstoffen. Het is belangrijk chemische recyclen nader te verkennen zodat de hier gepresenteerde bevindingen robuuster kunnen worden gemaakt.

- *Dynamiek in het FEM*
De toepasbaarheid van het model kan verder worden vergroot door opnemen van relaties die de werking van markten illustreren, zoals bijvoorbeeld reacties op prijsontwikkelingen. In de huidige versie van het FEM is in bijna alle gevallen een tussenstap nodig waarbij de interventie wordt vertaald naar een aanpassing van de gerelateerde invoergrootheden. Deze laatste slag zou in een volgende versie met dynamische relaties (ten dele) kunnen worden geautomatiseerd.
- *Terugkoppelingsmechanismen*
In het FEM zijn nog geen terugkoppelingsmechanismen opgenomen. Zo zijn in deze versie nog geen indirecte marktreacties ingebracht, zoals bijvoorbeeld (kruiselingse) prijselasticiteiten. Een hogere waarde van virgin kunststoffen leidt in het FEM dus nog niet tot vraaguitval, hetgeen in de praktijk wel mag worden verwacht. Een ander voorbeeld zijn veranderingen als gevolg van een grootschalige overschakeling van het ene naar ander systeem. Dat kan gepaard gaan met lagere kosten van dat systeem als gevolg van schaalgrootte. De mogelijke positieve effecten op de kostendekkingsgraad (financieel sluiten) kan met de huidige versie van het FEM alleen kwalitatief worden aangegeven.
- *Effect hogere olieprijs*
In het FEM leidt een hogere olieprijs tot een hogere prijs of marktwaarde voor virgin kunststoffen en zal de waarde van gerecyclede kunststoffen daarop kunnen meeliften, met een positief effect op de kostendekkingsgraad. Maar een hoge olieprijs kan ook een drukkend effect hebben op de totale vraag naar verpakkingen en dat wordt niet meegenomen. In het FEM blijft dus het totale volume aan kunststof verpakkingen dat (in een zeker jaar) op de Nederlandse markt wordt gebracht constant.
- *Compenserende werking*
De eerste serie berekeningen met FEM zijn behulpzaam in het traceren van interventies die 'veelbelovend zijn' voor het verder sluiten van de kunststofketen, zowel economisch als qua grondstoffen, versus interventies die daar waarschijnlijk minder aan zullen bijdragen. Bij het gezamenlijk doorrekenen van een pakket aan interventies zullen de onder- en overschattingen in de invoergrootheden elkaar (gedeeltelijk) compenseren.

5.3 Doorontwikkeling van het FEM

Het FEM kan door ketenpartijen worden gebruikt om mogelijke (combinatie van) interventies te analyseren op de bijdrage aan het sluiten van de kunststofketen. De doorontwikkeling van het FEM zal mede worden bepaald door de behoefte van de ketenpartijen.

In de tweede helft van 2017 worden in het kader van de evaluatie van de Raamovereenkomst kostenonderzoeken opgeleverd naar bron- en nascheiding- systemen. De resultaten uit deze onderzoeken vormen nieuwe input voor het FEM en vormen onderdeel van deel 2 van het kunststofketenonderzoek.

Bij de doorontwikkeling van het FEM gaat het om het maken van een meer dynamische versie van het model. Dit vereist dat er aandacht wordt besteed aan marktwerkingsrelaties. Daarbij is dan de eerste stap om met het projectteam en de modelbouwers na te gaan waar de belangrijkste vragen en onzekerheden liggen. De volgende stap is een gedegen onderzoek naar bestaande internationaal beschikbare kennis over de centrale relaties en/of aanvullend onderzoek onder de ketenpartners,

waarbij de mogelijke reacties op interventies in kaart worden gebracht. Daarna zou deze kennis in een bredere expertgroep kunnen worden gedeeld waarbij ook bedrijven/ketenpartners een bijdrage kunnen leveren. De vierde stap is de vertaling naar het model en de modelanalyses om de werking te analyseren.

5.4 Nawoord

Het KIDV bedankt iedereen die een bijdrage heeft geleverd aan de ontwikkeling van het FEM:

- De modelbouwers
- De geraadpleegde experts
- De leden van de Externe Commissie
- De leden van de Klankbordgroep
- De kritische collega's van het KIDV - team

Daarnaast bedankt het KIDV de gesprekspartners van het Centraal Planbureau (CPB) voor hun advies over de ontwikkeling en toepassing van het FEM.