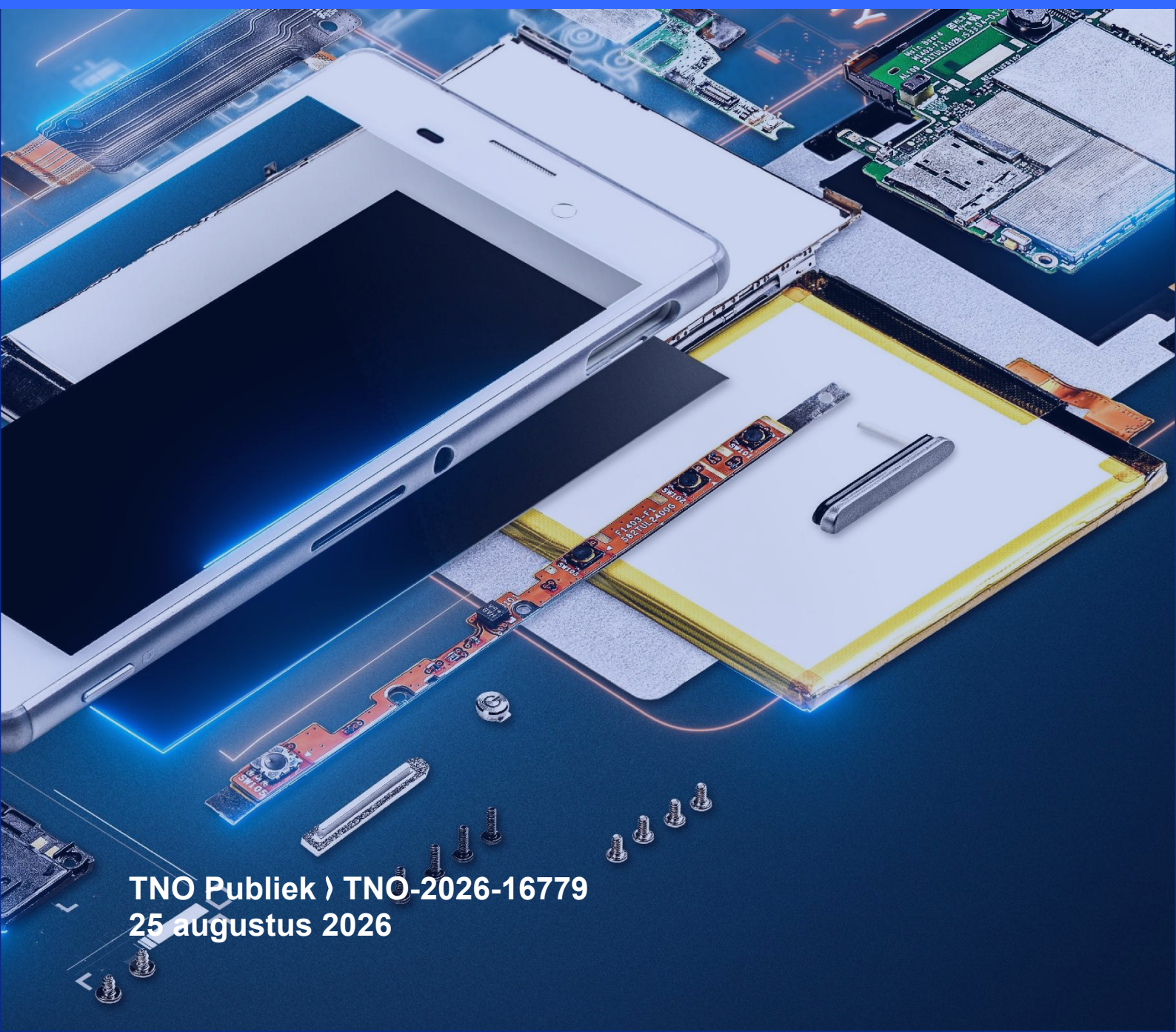


Een circulaire keten voor elektronica

Productgroepanalyse Elektronica



TNO Publiek › TNO-2026-16779
25 augustus 2026

TNO-2026-16779 – 25 augustus 2026

Een circulaire keten voor elektronica

Productgroepanalyse Elektronica

Auteurs	Mulder, K., van Berkum, S., Bouman, E., Lennartz, J., Herlaar, S., Dillingh, H.W., Rep, T., Warringa, G., Bouwman, P.
Rubricering rapport	TNO Publiek
Titel	Een Circulaire Keten voor Elektronica
Aantal pagina's	232 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	5
Opdrachtgever	Planbureau voor de Leefomgeving
Programmanaam	Kennisprogramma Monitoring & Sturing Circulaire Economie
Projectnaam	PGA Elektronica
Projectnummer	2026-16779

Verantwoording

Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het Kennisprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie. Dit kennisprogramma is een samenwerkingsverband van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (CML), het Centraal Planbureau (CPB), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), RVO.nl, Rijkswaterstaat, TNO en de Universiteit Utrecht (UU) onder leiding van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het kabinet streeft naar een volledig circulaire economie in 2050. Het doel van het kennisprogramma is om de door het kabinet uitgezette koers naar 2050 te kunnen monitoren en te evalueren en de overheid te voorzien van de kennis die nodig is voor de vormgeving of bijsturing van beleid. In productgroepanalyses (PGA) wordt de circulariteit en sturing daarvan gerapporteerd voor belangrijke productgroepen in de Nederlandse economie. Meer informatie over het Kennisprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie is te vinden op <https://www.pbl.nl/monitoring-circulaire-economie>.

De totstandkoming van het rapport is een samenwerking geweest tussen: • Koen Mulder , Susanne van Berkum, Evert Bouman, Jelmer Lennartz, Raphael Elbing, Sjoerd Herlaar, Aaradhya Bansal, TNO • Tomas Rep, Simona Negro, UU • Henk Dillingh, RWS • Geert Warringa, Pascal Bouwman, CE Delft.

Wij hebben dankbaar gebruik gemaakt van de begeleiding van: Sophie van Alen, Ministerie van EZK • Cornelis Baldé, UNITAR • Ilse van der Grift, NVRD • Jan Vlak, Stichting OPEN • Roland Knoester, APPLiA Nederland • Jeroen van der Tang, NL Digital • Erik Schalk, Road2Work, • Tim van Nes, Stichting Natuur & Milieu • Remi Elzinga, Aldert Hanemaaijer, PBL • Frieke Heens, RIVM • Kieran Campbell-Johnston, Martijn Kamps, TNO • Anna Schwarz, Marijn Bijleveld, CE Delft.

De tekst in deze rapportage en achtergrondrapporten is de verantwoordelijkheid van de auteurs. De achtergrondrapporten zijn opgesteld en vrijgegeven door de organisaties zelf.

Om de leesbaarheid van dit rapport te bevorderen, zijn bronverwijzingen waar mogelijk opgenomen als hyperlinks in de online versie van het rapport. Hierdoor zijn webbronnen direct raadpleegbaar, zonder dat de volledige URL's in de tekst zijn uitgeschreven.

Alle rechten voorbehouden

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

© 2026 TNO

Inhoudsopgave

Definities & afkortingen	1
Samenvatting	6
Aanleiding & doel	8
1 De huidige keten in beeld	12
1.1 Keten in beeld	13
1.2 Beleid en Doelen	17
1.3 Materiaalgebruik in de keten.....	25
1.4 Milieu-impacts van de huidige keten.....	35
2 Toekomstscenario's	38
2.1 Scenario business-as-usual.....	40
2.2 Verkennen circulaire oplossingsruimte	48
2.3 Samenvattende bevindingen toekomstscenario's.....	55
3 MIS analyse – Systeemdynamiek, belemmeringen en kansen	57
3.1 Structuur analyse.....	58
3.2 Functionele analyse systeemdynamiek	65
3.3 Overkoepelende dynamieken en interventiepunten	83
3.4 Discussie: overkoepelende dynamieken en interventiepunten.....	85
3.5 Conclusies: knelpunten en interventiepunten	90
4 Beleidsanalyse.....	92
4.1 Huidige beleidsinstrumenten	94
4.2 Aanvullende beleidsinstrumenten	95
4.3 Voor- en nadelen beleidsinstrumenten	108
5 Conclusies en aanbevelingen	110
Vermindering	112
Substitutie.....	113
Levensduurverlenging	114
Hoogwaardige verwerking	115
Overkoepelende conclusies en aanbevelingen.....	116
6 Wenkend perspectief	117
6.1 Klant heeft kapotte koelkast net buiten garantie	117
6.2 Producent wil circulaire printers op de markt brengen	117
Bijlagen:	
Bijlage A: Huidige Beleidsinstrumenten	118
Bijlage B: Modelmethodologie	134
Bijlage C: ZZS in Elektronica	175
Bijlage D: Uitgebreide MIS-Analyse	180
Bijlage E: Beleidsinstrumenten	216

Definities en afkortingen

Begrip	Definitie
Aangrijpingspunten voor beleid	Specifieke factoren, oorzaken of omstandigheden die kunnen worden beïnvloed of benut om beleidsdoelen te bereiken en die richting geven aan interventies, maatregelen of strategische keuzes. Het kan hierbij gaan om beleidsaangrijpingspunten voor de rijksoverheid of regionale overheden.
AaS	"As-a-Service" is een bedrijfsmodel waarbij je een product of dienst afneemt als een abonnement, in plaats van het eenmalig aan te schaffen.
AEEA	Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur: elektrische of elektronische apparaten die afvalstoffen zijn in de zin van artikel 3, onderdeel 1, van de kaderrichtlijn afvalstoffen daaronder begrepen alle onderdelen, subeenheden en verbruiksmaterialen die deel uitmaken van het apparaat op het moment dat het wordt afgedankt.
Afval	Alle stoffen, mengsels of voorwerpen, waarvan de houder zich ontdoet, voornemens is zich te ontdoen of zich moet ontdoen.
AVV	Algemeen Verbindend Verklaring
BAU	Business as usual
Beleidsinstrument	Een beleidsinstrument is een specifieke vorm van overheidsoptreden. Hierbij kunnen verschillende typen instrumenten worden onderscheiden op basis van het veronderstelde werkingsmechanisme, zoals bindende normen of financiële prikkels.
Beleidsintentie	Een beleidsintentie bevindt zich nog in de ideeënfase. Hierbij is de keuze voor een specifiek instrument nog niet gemaakt, laat staan voor de vormgeving ervan en het benodigde budget. Een beleidsintentie kan wel al door de Tweede Kamer zijn vastgesteld.
BFR	Brominated Flame Retardants, gebromeerde vlamvertragers
Biograndstoffen of biomassa	Alle typen materialen van plantaardige of dierlijke origine (inclusief microbiële origine), zoals grondstoffen, producten en afvalstoffen uit de landbouw, bosbouw, visserij, aquacultuur, industrie en huishoudens (bijvoorbeeld groente-, tuin-, en fruitafval).
CFIT	Circular and Fair ICT Pact
Circulaire economie	Economisch systeem gericht op het minimaliseren van grondstoffengebruik en afval, door producten, materialen en grondstoffen zo lang en hoogwaardig mogelijk in de kringloop te houden. Hiervoor zijn alle R-strategieën relevant en kunnen meerdere strategieën op een enkel product tijdens de levensfase worden toegepast.

Circulaire maatregel	Een technisch of economisch concept, proces of product binnen een circulaire strategie dat ingezet kan worden om meer circulariteit te behalen.
CMP	Circulair Materialenplan
CRM(A)	Critical Raw Materials (Act)
dMFA	Dynamic Material Flow Analysis
DPP	Digitaal Productpaspoort
EEA	Elektrische en elektronische apparatuur; apparaten die afhankelijk zijn van elektrische stromen of elektromagnetische velden om naar behoren te werken en apparaten voor het opwekken, overbrengen en meten van die stromen en velden en die bedoeld zijn voor gebruik met een voedingsspanning van maximaal 1 000 volt bij wisselstroom en 1 500 volt bij gelijkstroom.
Effectdoelen	De maatschappelijke opgaven waaraan de circulaire economie bijdraagt zoals opgenomen in het NPCE: 1) het tegengaan van klimaatverandering, 2) het herstellen van biodiversiteit, 3) een schoner milieu en schonere leefomgeving, 4) een grotere leveringszekerheid van grondstoffen.
Effecten	Gevolg van het grondstoffengebruik voor het milieu, de natuur, op de leveringszekerheid en op sociaal-economische aspecten, zoals het aantal banen, of verandering van consumentenprijzen.
ESPR	Ecodesign for Sustainable Products Regulation
EVOA	Europese regels voor transport van afval
Fabrikant	Organisatie die grondstoffen, onderdelen en/of producten maakt. In de context van dit rapport zet dit type organisatie geen grondstoffen, onderdelen en/of producten op de Nederlandse markt, in dat geval wordt deze organisatie beschreven als producent.
Fossiele grondstoffen	Kolen, aardolie en aardgas. Deze stoffen zijn gevormd uit de overblijfselen van plantaardige en dierlijke organismen die miljoenen jaren geleden overleden. Voorbeelden van toepassing van fossiele grondstoffen: productie van energie, kunststoffen en kunstmest.
Hergebruik	Elke handeling waarbij producten of componenten die geen afvalstoffen zijn, opnieuw worden gebruikt voor hetzelfde doel als dat waarvoor zij waren bedoeld.
Hoogwaardige verwerking (Circulaire Strategie)	De kringloop sluiten door recycling van materialen en grondstoffen, zodat er minder afval wordt verbrand of gestort én er meer hoogwaardig aanbod van secundaire grondstoffen ontstaat (<i>close the loop</i>).
ICER	Integrale Circulaire Economie Rapportage
Importeur	Organisatie in de keten die onderdelen en/of producten vanuit een ander land op de (Nederlandse) markt zet. Binnen de Regeling AEEA zijn producenten en importeurs gelijk.
KRA	Kaderrichtlijn Afvalstoffen
Kritieke grondstoffen of materialen	Kritieke grondstoffen zijn natuurlijke metalen en mineralen die essentieel zijn voor onze economie en maatschappij. Daarnaast

	kennen ze een hoog risico van leveringonzekerheid, bijvoorbeeld omdat de winning geconcentreerd is in bepaalde regio's.
Levensduurverlenging (Circulaire Strategie)	Producten en onderdelen langer en intensiever gebruiken door hergebruik en reparatie. Dit vertraagt de vraag naar nieuwe grondstoffen (<i>slow the loop</i>).
Materiaalstromen	Het geheel van grondstoffen, materialen, producten, afvalstoffen en recycleert dat in de productgroep rondgaat over de gehele levenscyclus.
MFA	Material Flow Analysis
MV(O)I	Maatschappelijk Verantwoord (Opdrachtgeven en) Inkopen
NPCE	Nationaal Programma Circulaire Economie
Nuttige toepassing	Elke handeling met als voornaamste resultaat dat afvalstoffen een nuttig doel dienen door hetzij in de betrokken installatie, hetzij in de ruimere economie, andere materialen te vervangen die anders voor een specifieke functie zouden zijn gebruikt, of waardoor de afvalstof voor die functie wordt klaargemaakt. Onder dit begrip vallen de volgende treden van de afvalhiërarchie: voorbereiden voor hergebruik, recycling en andere nuttige toepassing.
Nuttige toepassing (andere)	Nuttige toepassing niet zijnde voorbereiding voor hergebruik of recycling. Voorbeelden zijn onder andere: hoofdgebruik als brandstof, opvulling volgens de definitie in de KRA, etc.
OEM	<i>Original equipment manufacturer</i> . Organisatie die onderdelen en/of producten maakt. In de context van dit rapport zet dit type organisatie geen onderdelen en/of producten op de Nederlandse markt, in dat geval wordt deze organisatie beschreven als producent.
PBDE	Polygebromeerde difenylethers
PCB	polychloorbifenylen
PFAS	Per- en polyfluoralkylstoffen
PGA	Productgroepanalyse
POM	Put on Market
POP	Persistent Organic Pollutants, persistente organische verontreinigingen
Primaire grondstoffen	Primaire grondstoffen zijn grondstoffen die uit de natuur worden gewonnen, zoals ijzererts en primaire biograndstoffen. Primaire grondstoffen worden doorgaans verwerkt en daarmee opgeslagen in materialen en onderdelen, zoals ijzer of stalen platen, en vervolgens in eindproducten, zoals auto's.
Producent	Organisatie in de keten die onderdelen en/of producten produceert en vanuit een ander land op de (Nederlandse) markt zet. Binnen de Regeling AEEA zijn producenten en importeurs gelijk.
Productgroep	Een productgroep is een (veelal brede) groep aan producten waarop de PGA wordt uitgevoerd
Productvoorraad	De massa of hoeveelheid van producten die in de gebruiksfase zitten en nog niet de eindelevensfase hebben bereikt. Deze

	producten kunnen hergebruikt, gerepareerd, of gerefurbished zijn.
R2R	Right to Repair
REACH	EU-verordening chemische stoffen
Recycling	Nuttige toepassing waardoor afvalstoffen opnieuw worden bewerkt tot producten, materialen of stoffen, voor het oorspronkelijke doel of voor een ander doel, met inbegrip van het opnieuw bewerken van organische afvalstoffen, en met uitsluiting van direct hergebruik van materiaal zonder bewerking, energierugwinning en het opnieuw bewerken tot materialen die bestemd zijn om te worden gebruikt als brandstof of als opvulmateriaal.
Refurbishment	Opknappen en moderniseren van oud product voor gebruik in verbeterde versie van zijn oude functie. Binnen het CMP valt dit onder de categorie ' Nuttige toepassing van afval - voorbereiding voor hergebruik'.
Remanufacturing	Onderdelen van afgedankt product gebruiken in nieuw product met dezelfde functie. Binnen het CMP valt dit onder de categorie ' Nuttige toepassing van afval - voorbereiding voor hergebruik'.
Reparatie	Reparatie en onderhoud van kapot product voor gebruik in zijn oude functie. Binnen het CMP valt dit onder de categorie ' Nuttige toepassing van afval - voorbereiding voor hergebruik'.
RoHS	Restriction of Hazardous Substances
Secundaire grondstoffen	Secundaire grondstoffen zijn grondstoffen die opnieuw ingezet worden in het productieproces, in plaats van primaire grondstoffen (1), ter vervaardiging van nieuwe materialen, halffabricaten of eindproducten. Dit omvat reststromen van bedrijven die opnieuw in het productieproces komen, en secundaire grondstoffen die worden ingekocht, op het moment dat ze opnieuw het productieproces inkomen. Wanneer (rest)materialen of afval (als het product eerst een afvalstatus gehad heeft) een bewerking ondergaan waarbij de fysische eigenschappen van grondstoffen verloren gaan, waardoor deze niet nog een keer opnieuw kunnen worden ingezet, zoals bij verbranding, wordt dit niet gezien als secundaire grondstof (2). Wanneer resten van grondstoffen meteen verwerkt worden zonder dat ze opnieuw onderdeel worden van de economie, worden ze ook niet gezien als secundaire grondstof (3).
Subcategorieën	Een subcategorie is een gekozen subgroep binnen de productgroep die relevant is voor een (eigen) analyse. Dit is bijvoorbeeld 'witgoed' onder elektronica of 'windturbines' onder hernieuwbare energietechnologieën.
Substitutie van grondstoffen (Circulaire Strategie)	Primaire grondstoffen vervangen door secundaire grondstoffen of grondstoffen uit hernieuwbare bronnen, of door andere meer algemeen beschikbare grondstoffen met minder milieudruk.
SVHC	Substances of Very High Concern
UPV	Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid

Vastgesteld beleid	Van vastgesteld beleid is sprake als de intentie, het instrument/de instrumenten en de daarvoor benodigde middelen concreet zijn uitgewerkt en direct of indirect door de Tweede Kamer zijn vastgesteld.
Vermindering van grondstoffengebruik (Circulaire Strategie)	Minder (primaire) grondstoffen gebruiken door af te zien van producten, deze te delen of ze efficiënter te maken (<i>narrow the loop</i>).
Verwerking van afvalstoffen	Nuttige toepassing of verwijdering, met inbegrip van aan toepassing of verwijdering voorafgaande voorbereidende handelingen.
Verwijdering	Elke handeling met afvalstoffen die geen nuttige toepassing is, zelfs indien de handeling er in tweede instantie toe leidt dat stoffen of energie worden teruggewonnen.
Voorbereiding voor hergebruik	Nuttige toepassing bestaande uit controleren, schoonmaken of repareren, waarbij producten of componenten van producten, die afvalstoffen zijn geworden, worden klaargemaakt zodat ze zullen worden hergebruikt zonder dat verdere voorbehandeling nodig is.
Voorgenomen beleid	Bij voorgenomen beleid is er een instrument of een bundel van instrumenten bepaald om de beleidsintentie mee te realiseren, maar is er nog geen concreet beleidsplan met de benodigde financiële middelen, en de precieze vormgeving van de beleidsinterventie ligt nog niet vast.
Voorraadinstroom	Nieuwe producten die in het gegeven jaar worden toegevoegd aan de productvoorraad, ook wel put-on-market genoemd.
ZZS	Zeer Zorgwekkende Stoffen

Samenvatting

Elektronica speelt een essentiële rol in de Nederlandse samenleving, maar gaat tegelijkertijd gepaard met hoge milieudruk, een grote afhankelijkheid van primaire en vaak kritieke grondstoffen, en grote stromen afgedankte elektronica. Deze productgroepanalyse onderzoekt hoe de Nederlandse elektronikaketen kan bijdragen aan de ambitie van een volledig circulaire economie in 2050 en welke beleidsmaatregelen daarvoor nodig zijn.

De analyse van de huidige elektronikaketen laat zien dat de productie van elektronica grotendeels buiten Europa plaatsvindt, waardoor Nederland sterk afhankelijk is van import van producten. De keten wordt gedomineerd door metalen en kunststoffen, maar ook kritieke grondstoffen zoals zeldzame aardmetalen, lithium en kobalt zijn essentieel voor veel toepassingen. De Nederlandse voorraad elektronische apparaten blijft groeien doordat steeds meer apparaten op de markt worden gebracht en in gebruik blijven. Tegelijkertijd functioneert de keten nog grotendeels lineair: apparaten worden vaak vervangen in plaats van gerepareerd en veel afgedankte producten worden niet via officiële routes ingezameld.

Op dit moment worden de doelstellingen voor inzameling van elektronica nog niet gehaald. Vooral kleine apparaten verdwijnen regelmatig in huishoudens, het restafval of minder transparante verwerkingsroutes. Hierdoor gaan waardevolle materialen verloren. Metalen zoals ijzer, staal, aluminium en koper worden relatief goed teruggewonnen, maar voor kunststoffen, edelmetalen, permanente magneten en kritieke grondstoffen blijven de terugwinningspercentages laag. Daarnaast bevatten veel elektronische producten zeer zorgwekkende stoffen (ZZS), wat hoogwaardige verwerking verder bemoeilijkt.

De gemodelleerde toekomstscenario's laten zien dat de vraag naar elektronica en grondstoffen zonder aanvullend beleid verder zal toenemen. Dit vergroot de afhankelijkheid van import en leidt tot verdere milieudruk. Circulaire strategieën zoals vermindering, levensduurverlenging door reparatie, refurbishment of hergebruik, maar ook betere inzameling en hoogwaardige verwerking kunnen deze ontwikkelingen aanzienlijk beperken. De analyse maakt duidelijk dat geen enkele maatregel afzonderlijk voldoende is; alleen een combinatie van maatregelen over de gehele keten kan leiden tot substantiële vermindering van grondstoffengebruik en milieu-impact.

De systeemanalyse identificeert verschillende structurele belemmeringen voor circulariteit. Belangrijke knelpunten zijn de beperkte repareerbaarheid van producten, hoge reparatiekosten, onvoldoende inzameling van afgedankte apparaten, beperkte terugwinning van kritieke materialen en het ontbreken van voldoende economische prikkels voor producenten en gebruikers om circulaire keuzes te maken.

De beleidsanalyse concludeert dat er al een omvangrijk beleidskader bestaat, waaronder ESPR, Right-to-Repair, CRMA en de Regeling AEEA. Deze regelgeving draagt bij aan veiligere, beter repareerbare en beter recyclebare producten, maar blijkt nog onvoldoende om de circulaire doelstellingen voor elektronica daadwerkelijk te realiseren. Aanvullend beleid is nodig om levensduurverlenging, hoogwaardige verwerking, terugwinning van kritieke materialen en hogere inzamelingspercentages te stimuleren.

De belangrijkste conclusie van de productgroepanalyse is dat Nederland nog ver verwijderd is van een werkelijk circulaire elektronikaketen. Om de nationale circulaire doelen te behalen is een samenhangend pakket aan maatregelen nodig dat zich richt op beter ontwerp, reparatie, hergebruik, circulaire inkoop, verbeterde inzameling en hoogwaardige verwerking. Met name het langer in gebruik houden van producten, eisen stellen aan percentage secundair materiaal, het verhogen van inzamelingspercentages en het beter terugwinnen van kritieke materialen bieden de grootste kansen om grondstoffengebruik, milieu-impact en afhankelijkheid van import structureel te verminderen.

Aanleiding & doel

Elektronica, van laptops en smartphones tot wasmachines en servers, is onmisbaar geworden in ons dagelijks leven. Toch gaat de productie, het gebruik en de afdanking van deze producten gepaard met een aanzienlijke milieu-impact. De impact van deze sector is zichtbaar in hoge energieconsumptie, CO₂-uitstoot, groeiende hoeveelheden e-waste en andere vormen van milieuschade, zoals watervervuiling bij de winning van metalen of kritieke materialen.

Het merendeel van elektronica in Nederland wordt buiten Europa geproduceerd en bestaat voornamelijk uit metalen (bijvoorbeeld koper, aluminium, ijzer) waaronder ook kritieke materialen (bijvoorbeeld kobalt en lithium), en plastics. De benodigde plastics voor productie van elektronica worden voornamelijk uit aardolie gemaakt, en de aanwezige kritieke grondstoffen in elektronica worden vooral gewonnen in een beperkt aantal landen. Veel van deze kritieke materialen (zoals nikkel, kobalt en lithium) worden in China of andere Aziatische landen geraffineerd en vervolgens aldaar gebruikt voor de productie van elektronische producten.¹ Doordat het merendeel van de productieketen van elektronica in Azië plaatsvindt, is Nederland voor elektronica dus hoofdzakelijk afhankelijk van import uit Azië.

Het aantal elektrische en elektronische apparaten (EEA) dat in Nederland in gebruik is, is de afgelopen jaren gestaag toegenomen.² Deze groei wordt gedreven door technologische ontwikkelingen, toenemende digitalisering en een groeiend aantal toepassingen van elektronica in het dagelijks leven. Van de hoeveelheid afgedankte EEA (AEEA) die daadwerkelijk vrijkomt, wordt slechts een deel via officiële inzameling verwerkt, maar ook blijft een deel in huizen liggen of belandt bij het restafval. Bij de verwerking van AEEA ligt de nadruk op de terugwinning van bulkmaterialen, zoals ijzer, aluminium en koper, en gaat een groot deel van de plastics en kritieke grondstoffen verloren tijdens het recyclingproces. Nederland is door deze combinatie van factoren nog ver verwijderd van een circulaire keten voor elektronica.

Hoewel Nederland inzet op een volledig circulaire economie in 2050, blijkt uit analyses dat het huidige beleid onvoldoende is om deze ambitie waar te maken.³ Via het NPCE probeert de overheid nationale doelen op te stellen om circulair beleid vorm te geven.⁴ De doelstellingen vanuit het NPCE (2025) voor elektronica zijn als volgt:

1. In 2030 is het de norm dat elektrische en elektronische apparaten die op de markt worden gebracht geschikt zijn voor gebruik in een circulaire economie;
2. In 2030 wordt het circulair potentieel van elektrische en elektronische apparaten maximaal benut;
3. Vanaf 2030 worden alle ingezamelde afgedankte elektrische en elektronische apparaten hoogwaardig gerecycled, waarbij zoveel mogelijk materiaal, en in het bijzonder kritieke metalen, wordt teruggewonnen.

¹ [Rijksoverheid. \(z.d.\). Vergroten leveringszekerheid kritieke grondstoffen.](#)

² [European Commission. \(n.d.\). Implementation of the WEEE Directive. Directorate-General for Environment.](#)

³ [Planbureau voor de Leefomgeving. \(2025\). Integrale Circulaire Economie Rapportage 2025.](#)

⁴ [Rijksoverheid. \(2025\). Nationaal Programma Circulaire Economie 2025.](#)

Deze doelstellingen vragen om verdere uitwerking in meetbare indicatoren en een vertaling naar effectieve beleidsinstrumenten voor elektronica. Het doel van deze productgroepanalyse is om op basis van een analyse van ketenstructuur, materiaalstromen en systeembelemmeringen, concrete aanbevelingen te doen om een circulaire elektronicaketten te realiseren.

Afbakening van deze productgroepanalyse

De productgroep elektronica behelst een complexe en gevarieerde stroom aan producten. We zullen voor de afbakening van de productgroep elektronica de categorieën hanteren die in de AEEA-richtlijn van de Europese Unie⁵ worden onderscheiden:

1. Warmte- of koude-uitwisselende apparatuur; bijvoorbeeld koelkasten, vriezers, klimaatregelingsapparatuur, etc.
2. Schermen, monitors en apparatuur met schermen die een oppervlakte hebben van meer dan 100 cm²; bijvoorbeeld laptops, monitors, etc.
3. Lampen; bijvoorbeeld tl-lampen, LED's, etc.
4. Grote apparatuur; bijvoorbeeld wasmachines, drogers, vaatwasmachines, kookplaten, grote printers, etc.
5. Kleine apparatuur; bijvoorbeeld stofzuigers, magnetrons, broodroosters, waterkokers etc. Verwisselbare batterijen behoren niet tot deze productgroep.
6. Kleine IT- en telecommunicatieapparatuur; bijvoorbeeld mobiele telefoons, kleine tablets, zakrekenmachines, etc.

Voor het vaststellen van het huidige en toekomstig materiaalgebruik zijn de groote van materiaalstromen in bovenstaande productclusters berekend. De exacte lijst van producten binnen bovenstaande productclusters die in de berekeningen zijn meegenomen, wordt getoond in **Bijlage B.1.2**.

Producten die wel tot elektrische en elektronische apparaten (EEA) behoren maar **niet** in deze productgroepanalyse worden meegenomen zijn de volgende:

1. Fotovoltaïsche panelen: reeds behandeld in PGA Hernieuwbare Energietechnologieën (2025) en daarom uitgezonderd van deze analyse.
2. Batterijen: reeds behandeld in PGA Hernieuwbare Energietechnologieën (2025) en daarom uitgezonderd van deze analyse.
3. Medische apparaten voor ziekenhuizen, meetapparatuur en automatische dispensers.
4. Apparaten die onder de productgroep klimaatinstallaties vallen, zoals airconditioners, en verwarmingsapparaten: deze producten worden in de PGA Klimaatinstallaties behandeld.
5. Verouderde technologieën, zoals beeldbuizen, mp3-spelers, camera's: van deze producten is in de voorbereidingsfase vastgesteld dat ze weinig tot verwaarloosbare aantallen nog op de markt gezet worden en ook dat deze grotendeels al zijn afgedankt.

Voor de MIS-analyse (**Hoofdstuk 3**) en beleidsanalyse (**Hoofdstuk 4**) is een verdere verdieping gedaan naar personal devices (o.a. PC's en smartphones), witgoed en kleine huishoudelijke apparatuur om de kansen en belemmeringen voor deze zeer verschillende productgroepen uit te lichten. Het is belangrijk om te vermelden dat onderhoud van EEA en direct hergebruik van AEEA buiten scope is gelaten in de MIS-analyse omdat de systeemdynamiek weinig aanknopingspunten geeft voor interventies. Tevens zijn de

⁵ [Europees Parlement & Raad van de Europese Unie. \(2012\). Richtlijn 2012/19/EU betreffende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur \(AEEA\).](#)

milieueffecten tijdens het gebruik van EEA niet meegenomen in de modelberekeningen in **Hoofdstuk 2** en paragraaf 1.4.

Leeswijzer

In **Hoofdstuk 1** wordt de huidige keten van elektronica in kaart gebracht, en wordt beschreven hoe de huidige en toekomstige wetgeving daarop ingrijpt, welke materialen daarvoor gebruikt worden en wat de impact is van het materiaalgebruik op milieu en leveringszekerheid. In **Hoofdstuk 2** wordt de ontwikkeling van de materiaalstromen binnen elektronica en de effecten van circulaire strategieën beschreven. Dit is gedaan door modelanalyse van twee scenario's: een *business-as-usual* scenario en een circulair verkenningsscenario. In **Hoofdstuk 3** wordt met behulp van Missie-gedreven Innovatie Systeem (MIS) analyse in kaart gebracht hoe de ketenstructuur en het innovatiesysteem zijn opgebouwd, en welke belemmeringen én kansen voor een circulaire keten aanwezig zijn. Op basis van de milieueffecten van materialen en circulaire oplossingen uit **Hoofdstuk 2** en de kansen en belemmeringen voor een circulaire keten uit **Hoofdstuk 3** worden in **Hoofdstuk 4** mogelijke beleidsinterventies worden gepresenteerd om tot een circulaire keten voor elektronica te komen. In de conclusie zullen, tot slot, aangrijpingspunten voor beleid worden gepresenteerd.



1 De huidige keten in beeld

Samenvatting

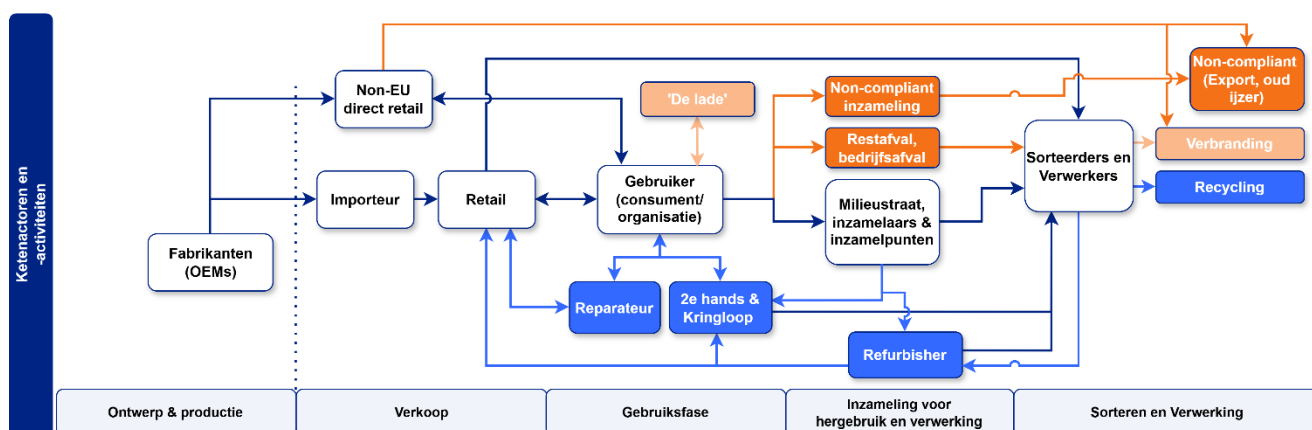
De elektronikaketen kan worden opgedeeld in vijf fasen: productie, verkoop, gebruik, inzameling en verwerking. Productie van elektronica vindt grotendeels in Azië plaats, waarbij voornamelijk gebruik wordt gemaakt van metalen en plastics, en (in mindere mate) kritieke materialen. Nederland (en Europa) is daardoor voor elektronica sterk afhankelijk van import. Tijdens de gebruiksfase worden producten relatief snel vervangen in plaats van gerepareerd. Dit wordt veroorzaakt door o.a. onduidelijke garantie, hoge reparatiekosten en beperkte ondersteuning voor reparatie. Veel kleine apparaten worden na gebruik niet ingezameld maar blijven thuis liggen. Ongeveer 60-68% van de elektronica wordt ingezameld, waarbij vooral kleine apparaten matig worden ingezameld. Na inzameling worden producten ontdaan van verplicht te verwijderen onderdelen en te hergebruiken onderdelen en daarna versnipperd en gerecycled. Metalen zoals ijzer, koper, aluminium worden deels teruggewonnen, maar plastics, kritieke materialen en edelmetalen nauwelijks. De milieu-impact van elektronica is hoog, vooral door de productiefase waarin veel energie en grondstoffen nodig zijn. Daarnaast bevatten producten vaak schadelijke stoffen (zoals lood, weekmakers, PFAS en gebromeerde brandvertragers), wat recycling bemoeilijkt en risico's geeft voor milieu en gezondheid. De totale keten van elektronica is nog grotendeels lineair, wat de noodzaak van circulair beleid onderstreept.

Leeswijzer

Om aangrijpingspunten voor beleid te identificeren is het gewenst een goed overzicht te hebben van de te analyseren keten. In paragraaf 1.1 zal beschreven worden hoe de elektronikaketen er in Nederland uitziet. In paragraaf 1.2 worden het huidige en toekomstige wetgeving en beleid omtrent elektronica in kaart gebracht. In paragraaf 1.3 wordt het materiaalgebruik in de keten in beeld gebracht en worden de materiaalstroomanalyses getoond. In paragraaf 1.4 wordt beschreven welke milieu-impacts voortvloeien uit het materiaalgebruik.

1.1 Keten in beeld

In **Figuur 1.1** is de ketenstructuur en -activiteiten voor elektronica schematisch weergegeven, verdeeld over vijf ketenfasen. Vervolgens wordt per fase een beknopte toelichting gegeven. De keten wordt verder uitgediept in **Hoofdstuk 3**.



Figuur 1.1: Ketenstructuur en -activiteiten. Oranje geeft waardeverminderende activiteiten aan, blauw geeft waardebehoudende/circulaire activiteiten aan.

Ontwerp & productie

Fabrikanten van grondstoffen en componenten leveren de materialen aan Original Equipment Manufacturer (OEM) om producten te maken. Deze fabrikanten en OEMs zijn veelal gevestigd in het buitenland, vaak Azië.⁶ Producten dienen te voldoen aan geldende EU productwetgeving om op de Europese markt verhandeld te mogen worden (zie paragraaf 1.2.1 en **Bijlage A.1**).

Verkoop

Bij de verkoop van apparaten aan gebruikers dient onderscheid te worden gemaakt tussen de verkoop aan consumenten (B2C) en verkoop aan bedrijven of organisaties (B2B). Het is niet bekend welk deel van alle elektronica via het B2B-circuit verloopt of via het B2C-circuit. Wel is duidelijk dat bijvoorbeeld bij ICT-apparatuur het aandeel B2B groter is dan bij B2C. Bij grote apparaten (zoals wasmachines, drogers) is het aandeel B2C weer groter dan het aandeel B2B. De verkoop aan consumenten verloopt als volgt: importeurs kopen producten in bij fabrikanten of OEM's, waarna de producten worden doorverkocht aan (online en fysieke) retail. Online retailers besteden verzending uit aan vervoerders of pakketdiensten zoals PostNL. Dit soort vervoerders leveren ook diensten aan directe retailers die buiten de EU gevestigd zijn (zoals Temu), die zonder tussenkomst van importeurs via online platforms (vaak goedkope) producten verkopen,⁷ welke vaak niet voldoen aan de Europese producteisen.⁸

Bij B2B verloopt verkoop meestal anders: vanaf een bepaalde organisatieomvang (overheden, grote bedrijven) vindt er grootschalige inkoop van producten plaats (bijv. schermen, laptops

⁶ Baldé, C.P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D'Ángelo, E., Althaf, S. et al. (2024). *De Global E-waste Monitor 2024*. UNITAR.

⁷ Inspectie Leefomgeving en Transport. (2025, 16 januari). *Nederlandse toezichthouders: gezamenlijke aanpak e-commerce producten nodig om consumenten te beschermen*.

⁸ Ashton, D. (2025). *EPRS | European Parliamentary Research Service. Problems presented by third-country e-commerce - Briefing to European Parliament*.

etc.), vaak vanuit een in-house of gecontracteerde ICT dienst. Overheden moeten bij grootschalige inkopen de Aanbestedingswet toepassen en daarbij hebben zij de mogelijkheid om MVOI-criteria toe te passen (zie paragraaf 1.2.1 en **Bijlage A**).

Consumenten en organisaties retourneren regelmatig producten. Hoewel duurdere producten die geretourneerd zijn nog wel verkocht worden, leidt dit met name bij goedkope producten tot vernietiging van het geretourneerde product omdat handelingen nodig voor inspectie, reparatie en herverkoop duurder zijn dan de inkoopprijs.⁹ Afgeschreven of voor-destructie-aangemerkte producten belanden bij verschillende typen inzamelaars.

Refurbished retailers bieden producten aan die geen nieuw-status meer hebben, waarbij het aanbod per product sterk verschilt. In het segment personal devices (laptops, telefoons, etc) is het refurbished aanbod professioneel en aanzienlijk. Binnen witgoed is het aanbod van wasmachines is groot, terwijl dit, mede dankzij snelle afname in energie-efficiëntie over de levensduur, bij koelkasten minder veel voorkomt. Ook in de zakelijke markt is het gebruik van tweedehands producten steeds gebruikelijker, vooral *remanufactured* apparaten (zie **Hoofdstuk 3**).

Gebruik

Een gebruiker gebruikt het product waarvoor het bedoeld is en heeft daarbij een bepaalde verwachting qua gebruiksduur. Een wasmachine zal 10 tot 15 jaar meegaan, terwijl een smartphone een verwachte gebruiksduur heeft van 3 tot 5 jaar. Goed onderhoud door een gebruiker kan de gebruiksduur van een apparaat verlengen. Grote organisaties nemen bij grootschalige inkoop vaak ook totaaldiensten af voor onderhoud en reparatie. Als een product defect is, zal een consument zich kunnen beroepen op een wettelijke garantietermijn en eventueel aanvullende fabrieksgarantie (zie paragraaf 1.2.1 en **Bijlage A**). Een consument of andere gebruiker kan de reparatie laten uitvoeren door een erkende of niet-erkende reparateur. Erkende reparateurs zijn opgenomen in het Nationaal Reparateursregister.¹⁰

Producten kunnen onder consumenten door hergebruik in de gebruiksfase blijven door van eigenaar te wisselen via bijvoorbeeld marktplaats, kringloopwinkels of in directe sociale kring. Ook partijen EEA van bedrijven kunnen onderling worden verhandeld zonder eerst in een afdankfase te belanden. Er is een levendige handel in tweedehands elektronica die zich niet beperkt tot de Nederlandse grenzen (Zie de rapportages van het Nationaal WEEE-register). Export van tweedehands elektronica is onder voorwaarden toegestaan omdat het hier om producten gaat en geen afval betreft.¹¹

Gebruikers bewaren vaak ongebruikte apparaten nog voor een onbepaalde tijd. Vooral elektronica van klein formaat belandt vaak gedurende een tijd in een 'lade' voordat de gebruiker zich er definitief van ontdoet (zie paragraaf 1.2).

⁹ Roberts, H., Milios, L., Mont, O., & Dalhammar, C. (2023). Product destruction: Exploring unsustainable production-consumption systems and appropriate policy responses. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 300–312. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.11.009>

¹⁰ Nationaal reparateursregister (z.d.). Repareren, een goed idee!

¹¹ Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) (z.d.). Export van gebruikte elektrische en elektronische apparatuur.

Inzameling

Stichting OPEN is in Nederland middels een algemeen verbindend verklaring (AVV) aangewezen om de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV) namens aangesloten producenten en importeurs uit te voeren door het regelen en financieren van het afvalbeheer van AEEA. Hiermee levert Stichting OPEN een grote bijdrage aan het behalen van de nationaal ingestelde inzamel- en verwerkingsdoelstellingen. Jaarlijks rapporteert Stichting OPEN over de uitvoering aan het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en doet dit via het Nationale WEEE Register (NWR), aangezien dat in de Regeling AEEA is vastgelegd. Daarnaast kunnen ook verwerkers met een CENELEC-conformiteitsverklaring de door hen verwerkte hoeveelheden AEEA rechtstreeks rapporteren aan het Nationaal (W)EEE Register.

Wanneer AEEA wordt afgedankt door consumenten of bedrijven en op correcte manier wordt ingezameld, vindt de inzameling plaats bij verkooppunten (voor kleine apparaten en lampen) en bij milieustraten. Bij milieustraten wordt bij de inzameling onderscheid gemaakt tussen kleine en grote apparaten. Dit onderscheid wordt gemaakt om batterij houdende apparaten apart te houden, zodat deze apart verwerkt kunnen worden. Daarnaast kunnen afgedankte producten ook worden meegegeven bij levering van een nieuw apparaat (bijv. witgoed) – hetgeen ook wettelijk verankerd is als innameplicht onder de AEEA-regeling (zie paragraaf 1.2.1 en **Bijlage A**). Bedrijven en organisaties ontdoen zich vaak van een hele partij elektronica, dat via een vergunde inzamelaar bij een erkende verwerker terecht komt.

Elektronica wordt echter ook via onwenselijke routes afgedankt. Een deel van AEEA belandt in het restafval van huishoudens of bedrijven, hetgeen in geval van batterijen ook nog eens (brand)gevaarlijk is. Monitoringsrapporten die in opdracht van Rijkswaterstaat worden opgesteld tonen dit aan.¹² Daarnaast zijn er aanwijzingen dat AEEA via illegale export ons land verlaat en dat AEEA ook via andere verwerkingsroutes (oud ijzer) gaat waarbij vooral de metalen worden teruggewonnen en de restanten via een restfractie worden afgevoerd.¹³

Welke partijen afval mogen inzamelen is wettelijk bepaald. Stichting OPEN en ook andere ketenpartners zetten in op meer grip op de inzameling, zodat de AEEA op de juiste wijze wordt ingezameld, inzamelaars AEEA stromen beter registreren en het inzamelresultaat verbetert. Op dit moment wordt ongeveer 68% van AEEA ingezameld, uitgedrukt als percentage afgedankte apparaten dat wordt ingezameld ten opzichte van de hoeveelheid apparaten die volgens een berekening in een jaar in Nederland zouden moeten vrijkomen. Dit wordt in paragraaf 1.2 en 1.3 nader beschreven.

Refurbishment, waarbij oude producten worden gereviseerd en voorzien van nieuwe onderdelen, is een gangbaar gebruik bij elektronica, van gereviseerde laptops die meerdere jaren in gebruik zijn geweest, tot 'tweedekans' producten met (kleine) cosmetische schades of producten die enkel uit de verpakking zijn, maar daardoor niet als nieuw kunnen worden verkocht. Refurbishment vindt veelal in de afdankfase plaats, maar kan zich ook in de gebruiksfase voordoen. Wanneer refurbishment plaatsvindt in de afdankfase gelden de reguliere afvalverwerkingsregels, zoals de CENELEC-eisen (zie paragraaf 1.2.1). Refurbished producten worden als technisch volwaardig gepresenteerd, vaak ook bekrachtigd met een (vrijwillig) keurmerk (zie **Bijlage A**). Wanneer grote organisaties elektronica afdanken, zoals bij vervanging van een grote partij laptops door een nieuwere generatie, ontstaat hier een omvangrijke en uniforme stroom producten die nog kunnen voldoen aan de (lagere) prestatie-

¹² [Rijkswaterstaat. \(2024\). Samenstelling van het huishoudelijk restafval, sorteeranalyses 2024: Gemiddelde driejaarlijkse samenstelling 2023.](#)

¹³ [Inspectie Leefomgeving en Transport \(ILT\) \(z.d.\). Eindrapport inzameling en verwerking van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur \(AEEA\).](#)

eisen van andere gebruikersgroepen. Refurbished retailers (zoals Back Market) refurbishen niet zelf, maar zijn vaak een verkoopplatform voor refurbishers.

Bij een aantal milieustraten en circulaire ambachtscentra is het nu al mogelijk om herbruikbare spullen, dus ook herbruikbare elektronica, in te leveren zodat ze niet in de afvalstroom terecht komen.¹⁴ Er zijn refurbishers (zoals Road2Work) en andere organisaties in de tweedehandsmarkt (zoals kringloopwinkels of circulaire ambachtscentra) die afspraken maken met milieustraten (in overleg met Stichting OPEN) om herbruikbare AEEA in te nemen. Refurbishers opereren momenteel vaak op basis van arbeid van mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt. Het is ook mogelijk om uit de afvalstroom van AEEA nog apparaten te halen die na lichte werkzaamheden zoals schoonmaken en reparatie weer geschikt zijn voor hergebruik. Dit valt onder de noemer 'voorbereiding voor hergebruik' en mag alleen door een erkende CENELEC verwerker worden uitgevoerd, hetgeen op kleine schaal voorkomt.

Verwerking

Net als inzameling, wordt ook verwerking grotendeels door Stichting OPEN gefaciliteerd. De eerste stap van verwerking is sortering, waarbij nog herbruikbare apparaten uit de afvalstroom worden gesorteerd (voorbereiding voor hergebruik). Vervolgens worden afgedankte apparaten gedemonteerd indien verplicht te demonteren onderdelen aanwezig zijn, zoals batterijen. Daarnaast kan er ook demontage plaatsvinden om waardevolle onderdelen te isoleren voor financieel voordeel. Typisch worden minder waardevolle producten en restanten verkleind middels versnippering en worden bulkstromen als ferrometalen, non-ferrometalen, en plastics van elkaar gescheiden. De meeste activiteiten in Nederland op het gebied van verwerking richten zich op de sortering, demontage en mechanische verwerking van producten. Het daadwerkelijk terugwinnen van materialen vindt deels in Nederland en deels in het buitenland plaats. In geval van AEEA zit de meeste economische waarde in de metalen behuizing (van grote apparaten) en in de (edel)metalen die op printplaten worden toegepast (zie paragraaf 1.3).

¹⁴ [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat \(2024\). Handreiking voortgezet gebruik milieustraten: materiaal herbruikbaar of toch afvalstof?](#)

1.2 Beleid en Doelen

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van huidige en toekomstige wetgeving, hetzij via Europese verordeningen of Nederlandse wetgeving, en van gestelde huidige en toekomstige beleidsmatige doelen.

1.2.1 Huidige & toekomstige wetgeving

Een overzicht van alle relevante wetgeving voor elektronica wordt gegeven in **Tabel 1.1** en een uitgebreide beschrijving van de verschillende typen wetgeving wordt gegeven in **Bijlage A**. Hieronder zullen de belangrijkste soorten wetgeving kort worden toegelicht.

Producteisen

Producteisen voor elektronica met betrekking tot veiligheid en milieu zijn op Europees niveau geregeld,¹⁵ bijvoorbeeld via RoHS, REACH, POP en CE-Markering. Er zijn verschillende wetgevende kaders die de aanwezigheid van gevaarlijke chemische stoffen in producten reguleren (zie **Bijlage A.1**). REACH reguleert het in de handel brengen, gebruik, registratie, evaluatie, autorisatie en beperking van chemische stoffen, inclusief producten en voorwerpen. De POP-verordening reguleert het verbod, de beperking, afvalbeheer en emissiebeheer van persistente organische verontreinigende stoffen, met het doel deze zo spoedig mogelijk te elimineren. De POP-verordening stelt ook eisen wat betreft de maximaal toegestane hoeveelheid aan verboden stoffen (sporenverontreiniging) in nieuwe producten (recyclaten).¹⁶ Doordat de (stoffen)wetgevingen continu in ontwikkeling zijn, worden steeds meer stoffen gereguleerd d.m.v. een verbod of een aanscherping van grenswaardes.

Recente Europese regelgeving, zoals de Ecodesign for Sustainable Product Regulation (ESPR) bepaalt hoe producten gemaakt moeten worden en/of aan welke eisen producten moeten voldoen. ESPR stelt stapsgewijs producteisen voor onder meer repareerbaarheid, recycleerbaarheid en gehalte aan gerecycled materiaal, en zal via het Digital Product Passport voor elektronica inzicht bieden in de samenstelling en gebruikte materialen en de milieu-impact van het productproces.¹⁷ Right-to-Repair versterkt het recht op reparatie, onder meer via beschikbaarheid van onderdelen en reparatiehandleidingen.¹⁸ Deze regeling zal in de toekomst een effect hebben op de circulariteit van elektronica, maar omdat specifieke regels nog in werking moeten treden, is het effect van deze nieuwe regels op circulariteit van elektronica nog niet zichtbaar (zie **Bijlage A.1**)

¹⁵ Hoewel deze eisen relevant zijn voor de samenstelling van elektronica, de gebruikte grondstoffen en daarmee ook indirect voor de verwerking en de circulariteit, wordt ervoor gekozen hier geen totaaloverzicht te geven van deze producteisen, omdat dit voorbij schiet aan het doel van deze PGA.

¹⁶ Zie toelichting POP-verordening in **Bijlage A.3**.

¹⁷ [European Parliament and Council of the European Union. \(2024\). Regulation \(EU\) 2024/1781 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products, amending Directive \(EU\) 2020/1828 and Regulation \(EU\) 2023/1542 and repealing Directive 2009/125/EC \(Text with EEA relevance\). Official Journal of the European Union, L 2024/1781.](#)

¹⁸ [European Parliament and Council of the European Union. \(2024\). Directive \(EU\) 2024/1799 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on common rules promoting the repair of goods and amending Regulation \(EU\) 2017/2394 and Directives \(EU\) 2019/771 and \(EU\) 2020/1828.](#)

Wetgeving voor verwerking van afval

Van wetgeving voor de afvalfase van elektronica is de Regeling AEEA op nationaal niveau de belangrijkste.¹⁹ Deze regeling is de nationale implementatie van de Europese WEEE-richtlijn.²⁰ De regeling kent een inzameldoelstelling voor afgedankte elektronica en kent doelstellingen voor de verwerking van AEEA.

Momenteel wordt in Nederland de doelstelling gehanteerd dat 85% van het totale gewicht aan EEA dat in de voorafgaande drie jaar wordt berekend (WEEE-generated) wordt ingezameld.²¹ Deze doelstelling gaat uit van de AEEA die beschikbaar is om in te zamelen en houdt rekening met de levensduur van EEA. Het NWR toont aan dat de inzameldoelstelling van 85% *WEEE-generated* niet wordt gehaald: in 2024 werd slechts 68% hiervan ingezameld.²² De inzameldoelstelling (eerder werd een 65% inzameldoelstelling gerelateerd aan de hoeveelheid Put-on-Market gehanteerd) wordt al jaren niet gehaald. Sterker nog, het langjarig niet voldoen aan de inzameldoelstelling is voor de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILenT) reden geweest om de Stichting OPEN onder verscherpt toezicht te plaatsen en een verbeterplan te vragen.²³ Wel is er de laatste jaren wel een stijgende lijn in inzameling te zien. Stichting OPEN besteedt voortdurend aandacht aan het verhogen van het inzamelpercentage; bij haar meest recente aanvraag voor de AVV in het kader van de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid voor elektronica is een plan van aanpak gevoegd waarin de Stichting OPEN aangeeft via welke maatregelen zij dit inzamelpercentage wil verhogen.²⁴ In paragraaf 1.3 wordt nader ingegaan op deze inzameling. Door de aanstaande invoering van de afgifteplicht voor AEEA voor bedrijven hopen zowel de Stichting OPEN als de rijksoverheid dat het percentage inzameling voor elektronica omhoog gaat.

De Regeling AEEA kent daarnaast eisen op het gebied van passende verwerking. Per categorie van elektronica die de regeling onderscheid geldt een minimaal percentage dat moet voldoen aan:

- › 55-80% van ingezamelde AEEA moet worden voorbereid voor hergebruik en recycling.
- › 75-85% van gegenereerde AEEA moet nuttig worden toegepast.

AEEA mag wegens (o.a.) gezondheids- en milieuredenen alleen op streng genormeerde manieren (o.a. CENELEC) worden verwerkt en moet voldoen aan de bepalingen die daarover zijn opgenomen in de Regeling AEEA. Tevens geeft het Circulair Materialenplan (CMP) aan wat de minimum-standaard is voor de verwerking van AEEA.²⁵ De rapportage van het nationale WEEE-register toont aan dat aan deze eisen wordt voldaan.²⁶

Het is door de Regeling AEEA bij wet verplicht dat de materialen uit AEEA zo hoogwaardig mogelijk worden verwerkt. Wat dit exact inhoudt voor AEEA is niet altijd even duidelijk. Door de terugwinning van metalen en/of plastics kunnen deze weer worden gebruikt in nieuwe elektronica of andere producten. De kwaliteit van recyclaat bepaalt de

¹⁹ [Overheid.nl \(2012\). Regeling afgedankte elektrische en elektronische apparatuur](https://overheid.nl/121212).

²⁰ [European Parliament and Council of the European Union \(2012\). Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment \(WEEE\) \(recast\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/txt/?uri=CELEX:32012L0019).

²¹ [Europees Parlement & Raad van de Europese Unie. \(2012\). Richtlijn 2012/19/EU betreffende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur \(AEEA\).](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/txt/?uri=CELEX:32012L0019)

²² [Nationaal WEEE-register \(2025\). Rapportage 2024: met erratum en bijlage.](#)

²³ [Inspectie Leefomgeving en Transport \(2025\). ILT stelt Stichting OPEN onder verscherpt toezicht.](#)

²⁴ [Stichting OPEN \(2024\). Actieplan 2025 – 2030. Om met een toekomstbestendige en doelmatige infrastructuur de inzameling van afgedankte elektrische en elektronische apparaten \(AEEA\) te optimaliseren, in de periode 2025-2030.](#)

²⁵ [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat \(n.d.\). Circulair Materialen Plan.](#)

²⁶ [Nationaal WEEE-register \(2024\). Rapportage 2024.](#)

toepassingsmogelijkheden. Vanuit materiaalbehoud-perspectief is de minst waardevolle verwerking verbranding van reststromen, hetgeen onder huidige wetgeving echter wel als ‘nuttige toepassing’ wordt gerekend, omdat bij alle Nederlandse afvalverbrandingsinstallaties sprake is van energieopwekking door de ontstane verbrandingswarmte. Het storten van brandbare restmaterialen is in Nederland verboden.

Export van AEEA

Onder Europese EVOA-wetgeving is export van AEEA gereguleerd.²⁷ Export van AEEA naar buiten de EU is meestal verboden vanwege gebrekkige afvalverwerking in ontvangende landen, tenzij het ontvangende land hiermee akkoord is. Export binnen de EU is mogelijk onder EVOA-voorwaarden. Toch vindt er illegale export plaats van AEEA naar andere landen buiten de EU. Export van herbruikbare goederen is niet verboden (omdat dit gaat om producten en dus geen afval betreft), waardoor het gebeurt dat AEEA onder de noemer van herbruikbare goederen worden geëxporteerd.²⁸ Hierop is lastig te handhaven omdat dat vereist te testen of goederen daadwerkelijk herbruikbaar zijn. In aanvullende EU wetgeving, die vanaf eind mei 2026 van kracht is geworden, wordt grotere bewijslast neergelegd bij de exporteur om deze illegale lekstroom verder te beperken. Zo moeten transporten van meer verschillende soorten afvalstoffen worden gemeld en moet vanaf volgend jaar ook via een audit worden aangetoond dat de afvalstoffen milieu-hygiënisch verantwoord worden verwerkt.

Overzicht van wetgeving

Veel bestaande wet- en regelgeving heeft betrekking op de productgroep elektronica. Een samenvattend overzicht (niet-limitatief) van de relevante wet- en regelgeving voor de productgroep elektronica is gegeven in **Tabel 1.1**, uitgesplitst naar fase in de keten. Voor een uitgebreide beschrijving van deze verschillende vormen van wetgeving wordt verwezen naar **Bijlage A**.

Tabel 1.1: Samenvattend overzicht van relevante wet- en regelgeving voor de productgroep elektronica, uitgesplitst naar fase in de keten.

Wetgeving / regeling	Schaal	Jaar van kracht	Fase in de keten	Korte toelichting
CE-markering	EU	1993	Ontwerp / productie	Deze markering geeft aan dat elektronische producten voldoen aan Europese eisen voor veiligheid, gezondheid en milieu en vrij verhandelbaar zijn binnen de EU.
RoHS-richtlijn	EU	2003	Ontwerp / productie	Deze richtlijn beperkt het gebruik van gevaarlijke stoffen in elektrische en elektronische apparatuur.
REACH	EU	2006	Ontwerp / productie / gebruik	Deze verordening stelt eisen aan Registratie, Evaluatie, Autorisatie en restrictie van Chemische stoffen.
POP-verordening	EU	2019	Ontwerp / productie / gebruik	Deze verordening beperkt of verbiedt het gebruik van persistente organische verontreinigende stoffen.
Batterijverordening	EU	2023	Ontwerp / productie /	Deze verordening stelt eisen aan de volledige levenscyclus van batterijen: van ontwerp en productie tot gebruik, inzameling en recycling.

²⁷ [European Parliament and Council \(2024\). Verordening betreffende de overbrenging van afvalstoffen, tot wijziging van de Verordeningen \(EU\) nr. 1257/2013 en \(EU\) 2020/1056 en tot intrekking van Verordening \(EG\) nr. 1013/2006.](#)

²⁸ [Baldé, C.P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D’Ángelo, E., Althaf, S. et al. \(2024\). De Global E-waste Monitor 2024. UNITAR.](#)

			gebruik / verwerking	
ESPR (Ecodesign for Sustainable Products Regulation)	EU	2024	Ontwerp / productie / gebruik / verwerking	Deze verordening stelt stapsgewijs producteisen voor onder meer repareerbaarheid, recycleerbaarheid en gehalte aan gerecycled materiaal.
Europese consumentenregels / garantiewetgeving	EU / NL	2022	Gebruik	Deze richtlijn geeft consumenten recht op herstel, vervanging of terugbetaling bij gebrekkige producten; in Nederland vaak langer via het conformiteitsbeginsel.
Right to Repair	EU	2024	Gebruik	Deze richtlijn versterkt het recht op reparatie, onder meer via beschikbaarheid van onderdelen en reparatiehandleidingen.
Aanbestedingswet	NL	2012	Verkoop / gebruik	Deze wet stelt spelregels, waarbij overheden via aanbestedingen worden verplicht om circulariteit en MVOI mee te nemen bij de inkoop van elektronica.
Kaderrichtlijn Afvalstoffen (KRA)	EU	2008	Inzameling / verwerking	Deze richtlijn vormt het Europese kader voor afvalbeheer, inclusief afvalhiërarchie en uitgebreide producentenverantwoordelijkheid.
AEEA-richtlijn (WEEE-richtlijn)	EU	2012	Inzameling / verwerking	Deze richtlijn regelt de inzameling en verwerking van AEEA, inclusief doelstellingen voor inzameling, voorbereiding voor hergebruik, recycling en nuttige toepassing.
Regeling afgedankte elektrische en elektronische apparatuur	NL	2014	Inzameling / verwerking	Verankert de AEEA-richtlijn in Nederland en legt de producentenverantwoordelijkheid voor elektronica vast.
Besluit regeling uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV)	NL	2023	Inzameling / verwerking	Dit besluit binnen de AEEA-richtlijn legt de algemene regels vast voor uitgebreide producentenverantwoordelijkheid.
AVV / uitvoering via Stichting OPEN	NL	2026	Inzameling / verwerking	Dit voorschrift zorgt voor collectieve uitvoering en financiering van inzameling en verwerking van afgedankte elektronica in Nederland.
Wet milieubeheer	NL	1993	Ontwerp / Productie / Verwerking	Deze wet bevat het nationale juridische kader voor onder meer afvalstoffen, stoffen en milieuaansprakelijkheid.
Cenelec 50625 / 50614	EU / norm	2014	Verwerking	Deze richtlijn stelt normen aan veilige verwerking van AEEA en, in specifieke gevallen, aan voorbereiding voor hergebruik.
Circulair Materialenplan (CMP)	NL	2025	Inzameling / Verwerking	Toetsingskaders voor de verwerking van afvalstoffen, waaronder AEEA, en minimumstandaarden. Het CMP is wettelijk verankerd in Wet milieubeheer.
Critical Raw Materials Act (CRMA)	EU	2024	Inzameling / Verwerking	Deze richtlijn stuurt o.a. op vergroting van de Europese recyclingcapaciteit van strategische en kritieke grondstoffen.
Europese Verordening Overbrenging Afvalstoffen (EVOA)	EU	2024	Verwerking	Deze verordening verbiedt de export van afval uit de EU zonder vergunning.
Herziening AEEA-richtlijn (WEEE-richtlijn)	EU	verwacht in 2026	Inzameling/v erwerking	De richtlijn wordt aangepast aan de hand van de inzichten uit het evaluatierapport van de EU.

Circular Economy Act	EU	Verwacht in 2026	Alle fasen	Deze nieuwe wet zal een kader bieden voor beleidsinstrumenten binnen verschillende fases van de circulaire economie.
-----------------------------	----	------------------	------------	--

1.2.2 Beleidsmatige doelen

Naast wetgeving, zijn er ook beleidsmatige doelen gesteld, die grotendeels via het Nationale Programma Circulaire Economie (NPCE) worden behandeld,²⁹ via vier circulaire strategieën:

- › *Efficiënter grondstoffengebruik* door efficiënt en innovatief omgaan met grondstoffen. Dit kan bijvoorbeeld door deelgebruik of vermindering van grondstoffen in het productieproces. In deze productgroepanalyse wordt deze strategie beschreven als '*Vermindering*'.
- › *Substitutie* van materialen door (een deel van de) primaire materialen te vervangen door secundaire of biobased materialen of door meer algemeen beschikbare materialen.
- › *Levensduurverlenging* door bijvoorbeeld reparatie, refurbishment en hergebruik.
- › *Hoogwaardige verwerking* van afval tot hoogwaardige grondstoffen die opnieuw ingezet kunnen worden. Het betreft verbeteringen over de gehele keten, van inzameling tot scheiding en terugwinning.

In het Nationaal Programma Circulaire Economie 2025 staan nieuwe nationale doelen voor 2035 ten aanzien van de circulaire economie, zie **Tabel 1.2**. Deze nieuwe doelen voor 2035 zijn gebaseerd op de vier bovenstaande circulariteitsstrategieën. Daarnaast zijn ook tussendoelen geformuleerd voor 2030. Deze doelen moeten nog worden uitgewerkt voor de specifieke productgroep EEA, te zien in **Tabel 1.2** met de vermelding 'AEEA'. In de nieuwe governance voor circulaire economie zal gewerkt worden met ketentafels per productgroep. Zo zal ook een ketentafel worden georganiseerd voor de productgroep EEA.

De Europese Verordening Kritieke Grondstoffen stelt ook doelen op het gebied van kritieke grondstoffen en strategische materialen, die in relatief hoge hoeveelheid voorkomen in elektronica. De EU zou minimaal 10% van haar jaarlijkse behoefte aan strategische grondstoffen zelf moeten winnen, 40% zelf verwerken en 25% moeten kunnen gebruiken uit gerecyclede stromen. Bovendien mag niet meer dan 65% van het verbruik van een strategische grondstof in elk stadium afhankelijk zijn van één derde-land.

Een overzicht van de beleidsmatige doelen van het NPCE, Regeling AEEA en Verordening Kritieke Grondstoffen wordt gegeven in **Tabel 1.2**. Voor een uitgebreide beschrijving van deze en aanvullende huidige beleidsinstrumenten wordt verwezen naar **Bijlage A**.

²⁹ [Rijksoverheid \(2025\). Nationaal Programma Circulaire Economie 2025.](#)

Tabel 1.2: Overzicht van belangrijke huidige wetgeving en doelen om de gehele circulaire economie te bevorderen, maar ook specifiek voor de productgroep elektronica. De gele arcering geeft aan of het wettelijke doelstellingen betreft.

Bron (jaar)	Circulaire oplossing	2025	2030	2035
NPCE (2025)	Levensduurverlenging	- EEA dat op de markt wordt gebracht is geschikt voor een circulaire economie. (AEEA) - Circulair potentieel van EEA wordt maximaal benut (AEEA)		
	Substitutie grondstoffen	Algemeen: >50% bio-grondstoffen en secundaire grondstoffen	Algemeen: >55% bio-grondstoffen en secundaire grondstoffen	
	Vermindering grondstoffen	Algemeen: >6% grondstofvermindering t.o.v. 2016	Algemeen: >15% grondstofvermindering t.o.v. 2016.	
	Hoogwaardige verwerking	- Algemeen: >80% recycling waarvan minimaal 11% hoogwaardig. - Alle ingezamelde AEEA wordt hoogwaardig gerecycled. (AEEA) - Zoveel mogelijk terugwinning van materiaal, kritieke metalen in het bijzonder (AEEA)	Algemeen: >82% recycling waarvan minimaal 15% hoogwaardig	
Regeling AEEA (2014)	Hoogwaardige verwerking	>85% inzameling van gegenereerde AEEA op grondgebied lidstaat		
	Hoogwaardige verwerking, substitutie grondstoffen	55-80% van ingezamelde AEEA voorbereid voor hergebruik en recycling		
		75-85% van gegenereerde AEEA wordt nuttig toegepast		
Critical Raw Materials Act (CRMA)	Hoogwaardige verwerking	Recyclingcapaciteit is minimaal 25% van jaarlijkse verbruik strategische grondstoffen		

Circulair inkopen

Naast beleid op circulariteit zoals opgenomen in het NPCE is er specifiek beleid gericht op circulair inkopen door overheden. Circulair inkopen is uitgewerkt in het Nationaal plan Maatschappelijk en Verantwoord Inkopen (MVI), waarvan in 2026 een nieuwe versie zal verschijnen.³⁰ Deze herziening zal worden uitgewerkt in een Agenda en een uitvoeringsplan Maatschappelijk Verantwoord Opdracht geven en Inkopen (MVOI). Dit instrument is relevant omdat gemeenten, provincies, waterschappen en het Rijk een gezamenlijke inkoopkracht hebben van 116 miljard euro per jaar. Deels wordt dit geld besteed aan de inkoop van elektronica, waaronder ICT-producten. Daarnaast is dit relevant omdat in het huidige regeerakkoord de term 'launching customer' wordt genoemd voor overheden om de circulaire economie te bevorderen. MVOI is een effectief instrument om de CO₂-uitstoot, milieu-impact en het grondstoffengebruik te helpen reduceren, levensduurverlenging te stimuleren en kan daarmee ook impact maken in de elektronieketens. Op dit moment zet Nederland reeds in op maatschappelijk verantwoord opdrachtgeven en inkopen via het categorieplan voor ICT. Voor de verduurzaming van de mondiale ICT-ketens via inkoop, heeft Nederland in 2021 het internationale Circular and Fair ICT (CFIT) Pact gelanceerd.³¹



³⁰ [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat \(2021\). Nationaal Plan Maatschappelijk Verantwoord Inkopen 2021-2025. Opdrachtgeven met ambitie, inkopen met impact.](#)

³¹ [Circular and Fair Impact \(n.d.\). CFIT programme.](#)

1.3 Materiaalgebruik in de keten

Om inzicht te krijgen in de huidige en toekomstige materiaalstromen binnen de productgroep EEA is een dynamisch materiaalstroommodel (“dynamic material flow analysis, dMFA”) toegepast. Met dit model wordt in kaart gebracht hoeveel producten jaarlijks op de markt komen, hoeveel daarvan in gebruik zijn en hoeveel producten aan het einde van hun levensduur vrijkomen voor hergebruik, recycling of afvalverwerking. Het model is gebruikt om zowel de huidige situatie als toekomstscenario's te analyseren zoals beschreven in **Hoofdstuk 2**. Een uitgebreide beschrijving van het model is opgenomen in **Bijlage B**, inclusief inzicht in de achterliggende gegevens en bronnen. Deze paragraaf beschrijft eerst het algemeen beeld van de materiaalstromen, waarbij wordt ingegaan op de materiaalinstroom, productinstroom, voorraad en de uitstroom en verwerking van materialen.

De materiaalstromen binnen elektronica zijn voor het referentiejaar 2023 in kaart gebracht in **Figuur 1.2**. Dit is het meest recente jaar waarvoor volledige en consistente gegevens beschikbaar zijn over de producten die op de markt worden gebracht. **Figuur 1.2** geeft een overzicht van de belangrijkste materiaalstromen en de typen EEA-producten die in dit jaar in gebruik zijn genomen. De instroom aan materialen is inclusief de materiaalbehoefte die nodig is voor reparatie. Dit zorgt voor een completer beeld van de materiaalvraag als gevolg van de productgroep. Het aandeel aan materialen dat instroomt voor reparatie en onderhoud is echter zeer beperkt op het totale beeld. Dit zijn de resultaten op basis van het materiaalstroommodel, welke elektronische producten en de bijbehorende materialen door hun hele levenscyclus volgt: van productie, via gebruik, tot en met de verwerking aan het einde van de levensduur.

Materiaalinstroom

Voor de productie van EEA laat **Figuur 1.2** zien dat het materiaalgebruik wordt gedomineerd door metalen en kunststoffen en in mindere mate composieten. Het grootste deel van deze materialen wordt toegepast in de behuizing van EEA-producten. Staal en ijzer worden voornamelijk gebruikt vanwege hun mechanische sterkte en structurele functie. Aluminium wordt in beperktere mate toegepast, met name op plekken waar een combinatie van een laag gewicht en voldoende sterkte gewenst is. Het toegepaste koper is grotendeels toe te schrijven aan het gebruik in kabels en printplaten.

Daarnaast speelt het gebruik van permanente magneten een belangrijke rol in diverse toepassingen, zoals elektromotoren. Deze materialen zijn essentieel vanwege hun specifieke elektrische eigenschappen en rol in het functioneren van elektronische producten. Deze permanente magneten kunnen daarnaast sterk afhankelijk zijn van kritieke grondstoffen, zoals zeldzame aardmetalen. Hoewel hun bijdrage aan de totale massa van het product relatief klein is, zijn ze van cruciaal belang voor de werking van verschillende EEA-producten.

Een vergelijkbaar beeld geldt voor diverse hoogwaardige en waardevolle metalen die worden toegepast in printplaten en schermen. Metalen zoals goud, zilver, palladium, indium, tin, gallium en germanium komen slechts in kleine hoeveelheden voor, maar vervullen essentiële functies, bijvoorbeeld voor geleiding, soldeerverbindingen of display-technologie. Een deel van deze metalen wordt bovendien aangemerkt als kritiek of strategisch materiaal vanwege hun

beperkte beschikbaarheid en strategisch belang. Deze edelmetalen zijn essentieel voor de rekencapaciteit van printplaten, en vormen een belangrijke factor in het verdienmodel van recyclers.

Productieverliezen

De data toont aan dat ongeveer 8% van de benodigde materialen verloren gaat tijdens de productiefase; dit is exclusief verliezen die optreden tijdens de winning van grondstoffen. Deze productieverliezen hebben verschillende oorzaken, zoals tijdens de raffinage van grondstoffen. Een deel hangt samen met intrinsieke eigenschappen van productieprocessen, zoals slakvorming bij staalproductie waarbij bepaalde elementen niet kunnen worden teruggewonnen.³² Andere verliezen ontstaan door productiefouten, afkeur tijdens assemblage of overproductie van eindproducten die niet in gebruik worden genomen. Binnen de huidige productieketens wordt al veel ingezet op het beperken van deze verliezen, die in veel gevallen technisch en economisch moeilijk verder te reduceren zijn. Verdere reductie van absolute materiaalverliezen is daarom vooral te verwachten door een lagere vraag naar nieuwe producten. Dit leidt niet alleen tot minder materiaalgebruik, maar ook tot een directe afname van productie-afval.

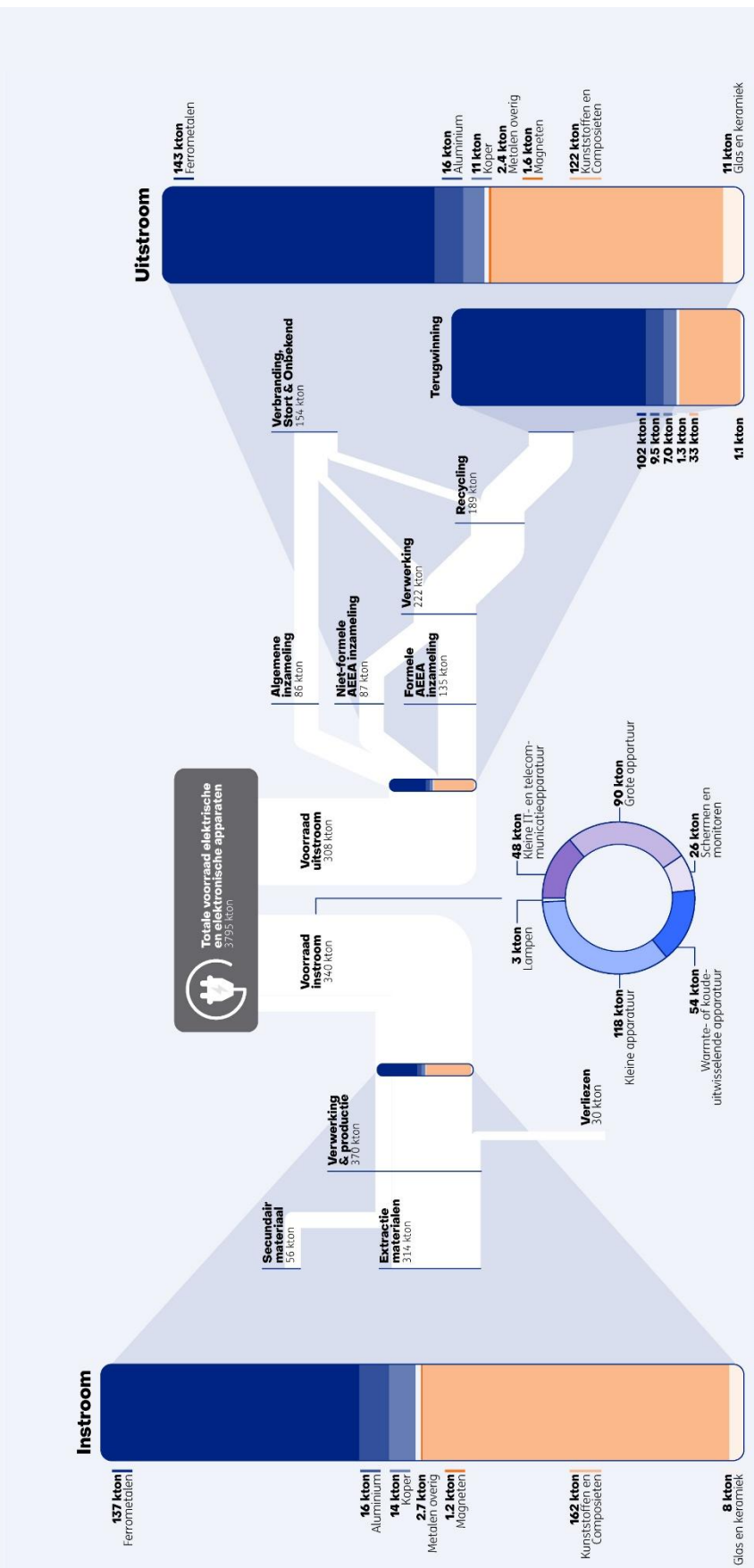
Secundair materiaal

Het aandeel secundair (gerecycled) materiaal in de totale materiaalinput van de (nieuwe) EEA-producten voor de Nederlandse consumptie bedraagt ongeveer 15%. Dit komt voornamelijk door de hoge hoeveelheid secundair materiaal in metalen in EEA, met name staal en ijzer.³³ Voor kunststoffen is het aandeel gerecycled materiaal momenteel nog zeer beperkt.³⁴ Het gebruik van secundair staal en ijzer heeft een relatief groot effect op de totale circulariteit van de productgroep, vanwege het grote aandeel in massa van deze materialen. Deze studie is uitgevoerd met een open-loop recycling perspectief; de oorsprong van secundair materiaal kan daarmee gerecycled materiaal uit de keten zijn, maar ook gerecycled materiaal uit andere ketens. Het uiteindelijke aandeel secundair materiaal in de productgroep wordt sterk beïnvloed door meerdere factoren, waaronder de beschikbaarheid en kwaliteit van gerecyclede materialen voor inzet in hoogwaardige toepassingen. Kwaliteitsvereisten en verontreinigingen vormen hierbij beperkende factoren voor de inzet binnen de EEA-productgroep. Daar staat tegenover dat materiaal dat beschikbaar komt uit EEA ook in andere ketens verwerkt kan worden.

³² [Helbig, C., Thorenz, A. & Tuma, T. \(2020\). Quantitative assessment of dissipative losses of 18 metals. Resources, Conservation and Recycling 153: 104537.](#)

³³ [Bureau of International Recycling – Ferrous Recycling \(z.d.\) World Steel Recycling in Figures 2019-2023.](#)

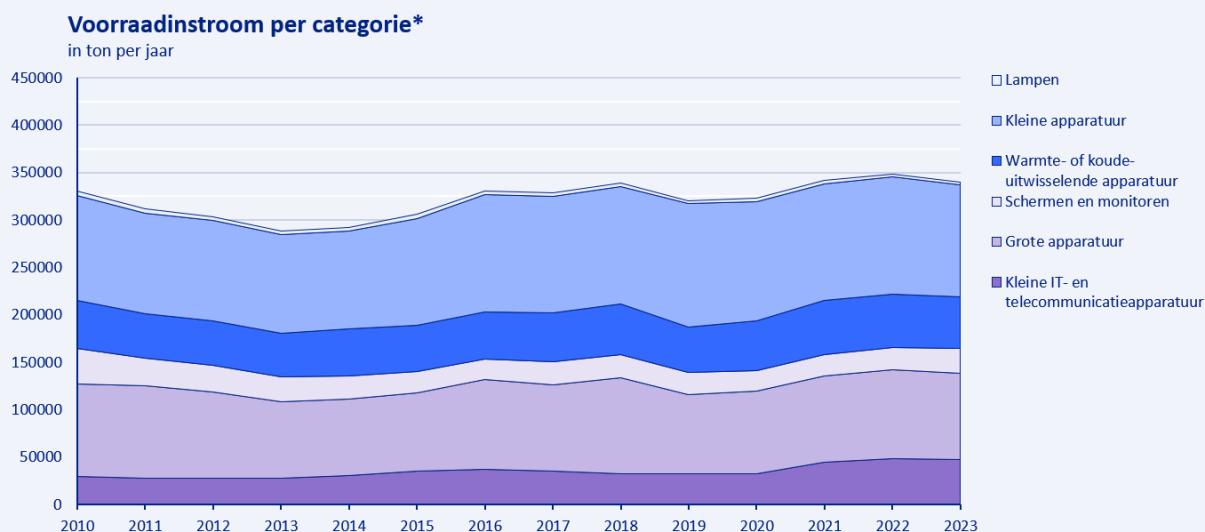
³⁴ [JRC Publications \(2025\). Plastics materials flows in the EU-27 and their environmental impacts. Publications Office of the European Union.](#)



FIGUUR 1.2: Huidige keten in beeld voor het referentiejaar 2023. N.B. Dit figuur geeft de materiaalstromen in de onderzochte 38 producten binnen de productgroep EEA aan in overeenstemming met de afbakening van deze studie. Getoonde waarden kunnen afwijken van productgrooptotalen die elders gepubliceerd zijn. Circulaire activiteiten, zoals hergebruik, vinden hier plaats binnen de gebruiksvoorraad. Wanneer producten bij het eindeleven weer uit de voorraad stromen, en materialen beschikbaar worden voor recycling is dit hier weergegeven.

Producteninstroom

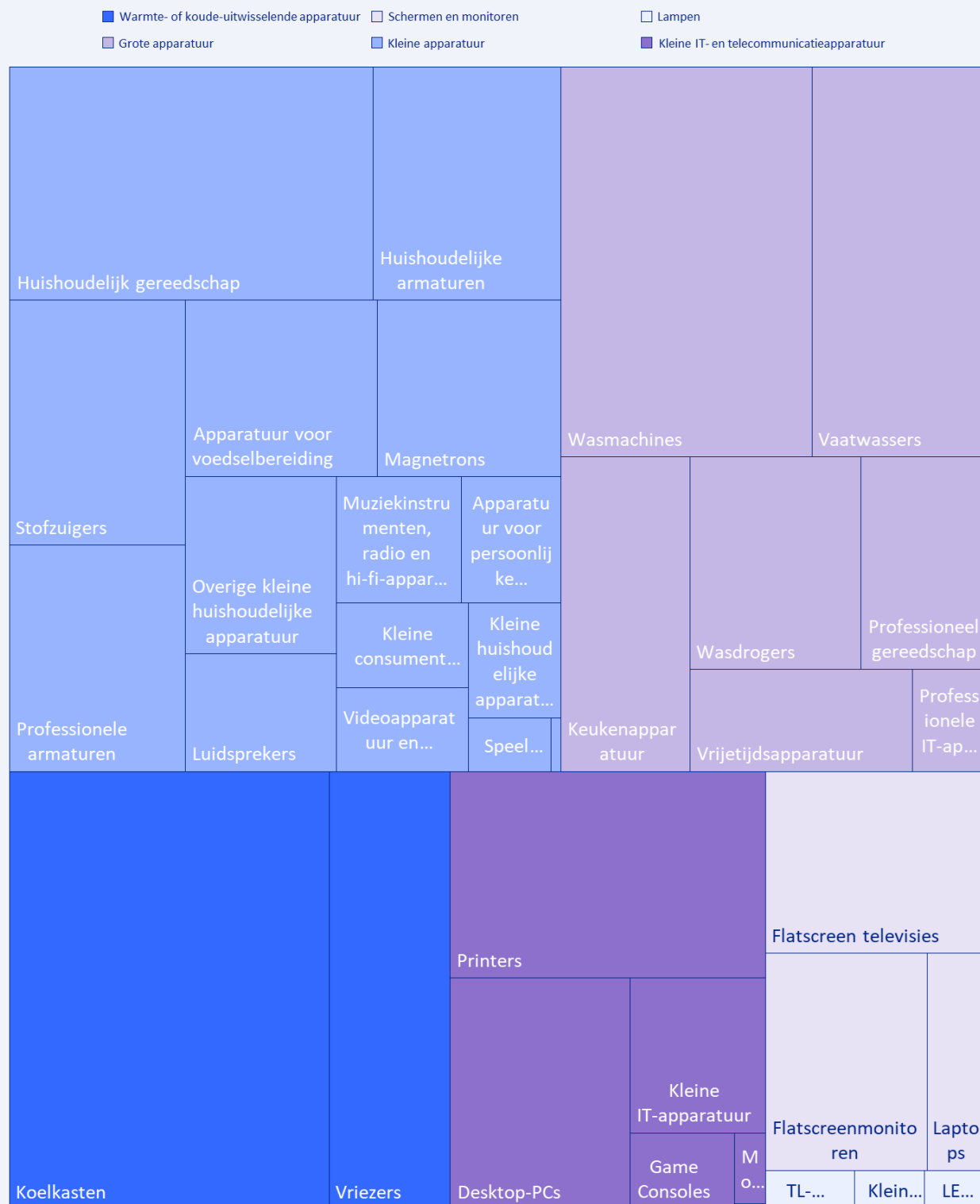
Het verloop van de productinstroom (**Figuur 1.3**) laat zien dat deze in de afgelopen tien jaar een lichte groei heeft doorgemaakt. De groei in massa is niet groot: deze wordt deels gedempt door het afnemende gewicht per product, onder andere als gevolg van technologische ontwikkelingen en materiaaloptimalisatie. Wanneer echter wordt gekeken naar het aantal producten, is de groei duidelijker zichtbaar. Met andere woorden: het aantal producten dat op de markt wordt gebracht neemt toe, terwijl producten gemiddeld lichter worden.



FIGUUR 1.3: Voorraadinstroom ("put-on-market") van EEA in de periode 2010-2023 in ton per jaar. *In lijn met de afbakening van deze studie, bevatten de genoemde categorieën niet alle EEA producten.

Figuur 1.4 biedt daarnaast meer inzicht in de bijdrage van de verschillende productcategorieën aan de totale instroom, uitgedrukt in massa. Hierbij is zichtbaar dat niet alle productcategorieën even homogeen zijn, wat invloed kan hebben op de aard en complexiteit van de uitdagingen binnen deze categorieën. Zo bestaat de categorie wasmachines uit relatief vergelijkbare producten, terwijl de categorie huishoudelijk gereedschap een grote variatie kent in type, grootte en functie van de producten die hierin zijn opgenomen.

De hoofdcategorie kleine apparatuur levert de grootste bijdrage aan de totale materiaalvraag. Tegelijkertijd bestaat deze categorie uit een zeer diverse groep producten. Wanneer wordt gekeken naar de totale massa, leveren met name wasmachines, vaatwassers en koelkasten ook een grote bijdrage. Daarentegen kennen productcategorieën zoals kleine apparatuur, schermen en monitoren, en kleine IT- en telecommunicatieapparatuur relatief hogere aandelen van kritieke materialen, ondanks hun lagere bijdrage aan de totale massa.

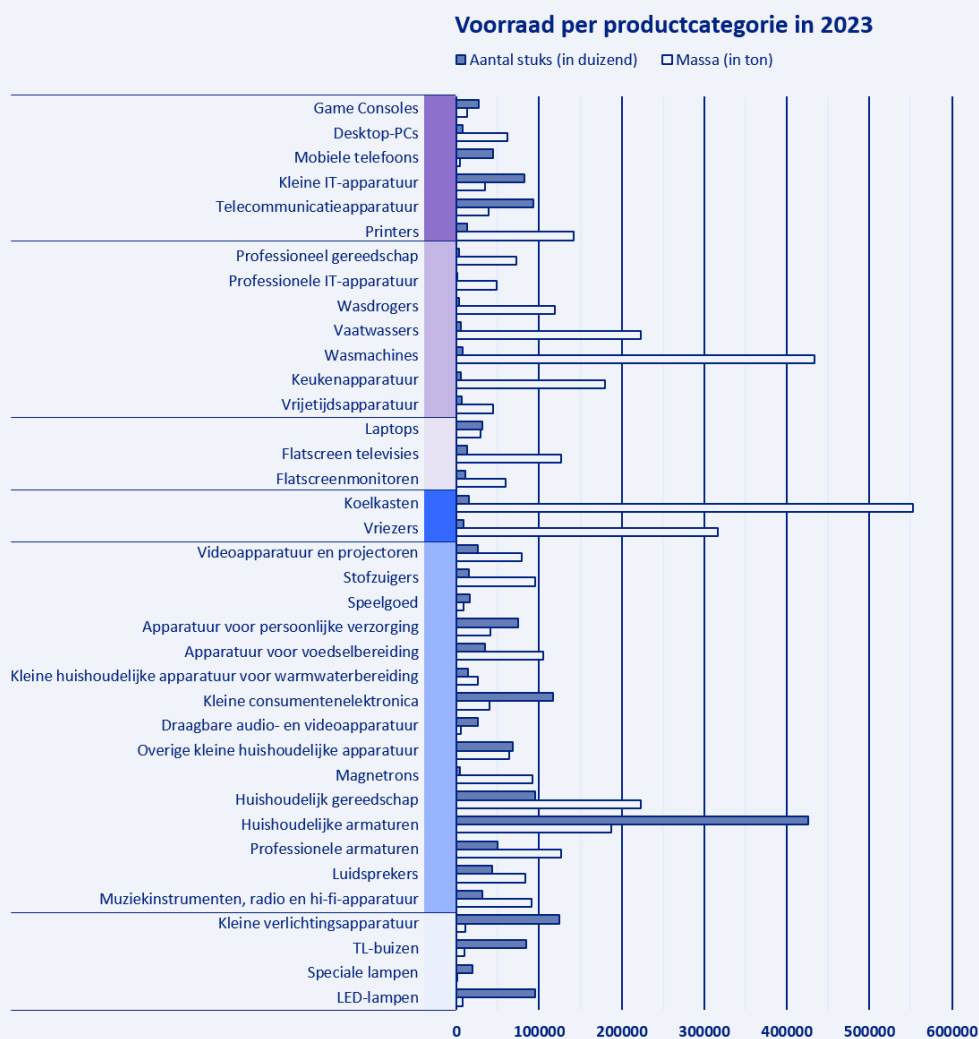


FIGUUR 1.4: Voorraadinstroom ("put-on-market") van EEA voor referentiejaar 2023 per sub-productcategorie op basis van massa.

Voorraad

De instroom naar de voorraad laat over de periode 2010–2023 een lichte groei zien, maar blijft grotendeels stabiel. De totale voorraad aan producten neemt echter wel toe: op basis van massa is in 2023 sprake van een groei van circa 12% ten opzichte van 2010. Dit betekent dat, ondanks de beperkte groei in instroom, de totale hoeveelheid EEA-producten in de voorraad blijft stijgen. Dit betreft zowel producten in gebruik als de ‘slapende voorraad’ (producten die niet meer in gebruik zijn, maar nog niet zijn afgedankt).

Figuur 1.5 toont de verdeling van de voorraad per sub-productcategorie, zowel in aantallen als massa. In 2023 bestaat de voorraad op basis van massa voornamelijk uit grote apparatuur (30%), warmte- of koude-uitwisselende apparatuur (23%) en kleine apparatuur (33%). Op basis van aantallen wordt de voorraad gedomineerd door kleine apparatuur (60%), gevolgd door lampen (19%) en kleine IT- en telecommunicatieapparatuur (15%). Hieruit blijkt dat voor sommige categorieën een groot aantal producten nodig is om een significante massa terug te winnen, terwijl dit voor bijvoorbeeld koelkasten en vriezers minder het geval is. Daarnaast dragen grote apparatuur en warmte- of koude-uitwisselende apparatuur relatief meer bij aan de totale massa in de voorraad dan aan de instroom, wat samenhangt met hun langere levensduur.



Figuur 1.5: Voorraad van EEA voor referentiejaar 2023 per sub-productcategorie op basis van massa en aantal stuks.

Uitstroom

Figuur 1.2 geeft ook inzicht in de uitstroom van materialen uit de gebruiksvorraad. De resultaten laten zien dat de totale massa van de uitstroom structureel lager is dan die van de instroom, wat geldt voor alle geanalyseerde historische jaren. Dit komt door de aanhoudende groei in de vraag naar EEA-producten. Deze groei vertaalt zich met een tijdvertraging in de afdankstromen, aangezien producten eerst meerdere jaren in gebruik blijven voordat zij het einde van hun levensduur bereiken.

Inzameling

Een aanzienlijk deel van de afgedankte producten wordt niet via de officiële inzamelkanalen afgevoerd, met name bij kleine apparatuur. Dit vormt een belangrijke uitdaging in het licht van de inzameldoelstelling uit de Regeling AEEA. Deze is vastgesteld op 85% maar blijft steken op 68% zoals gerapporteerd in het NWR.³⁵ De rapportage laat echter wel zien dat er een stijgende lijn is te zien in het inzamelpercentage van namelijk 60% in 2023. Inzamelpercentages in de voorgaande jaren (56% in 2021 en 2022) zijn berekend op een andere manier en niet één-op-één te vergelijken. De inzamelingspercentages gerapporteerd in het NWR wijken af van de inzamelingspercentages op basis van het materiaalstroommodel wegens een andere productafbakening die voor deze PGA gehanteerd wordt (zie Aanleiding & doel).

De inzamelingspercentages verschillen sterk per productcategorie. Grote huishoudelijke apparatuur, zoals wasmachines en vaatwassers, worden relatief goed ingezameld, terwijl kleine apparaten duidelijk achterblijven. De lage inzameling beperkt de beschikbaarheid van producten voor hoogwaardige verwerking en vormt daarmee een knelpunt voor het sluiten van materiaalketens. Verbeteringen in inzameling is een essentiële randvoorwaarde om de terugwinning te vergroten.

Figuur 1.2 laat daarnaast zien dat niet alle producten die buiten de officiële inzamelkanalen vallen, per definitie verloren gaan voor verwerking en recycling. Een deel van deze stroom wordt verwerkt via niet-CENELEC conforme verwerkers. [bron nodig] Dit betekent dat er alsnog recycling plaatsvindt, maar dat de kwaliteit en transparantie van deze verwerking minder goed zijn geborgd. Hierdoor is het onduidelijk in hoeverre deze stromen bijdragen aan hoogwaardige materiaal terugwinning en het realiseren van beleidsdoelen. Het bestaan van deze parallelle verwerkingsroutes bemoeilijkt daarmee het verkrijgen van een volledig en betrouwbaar beeld van de daadwerkelijke verwerkingsroutes.

Verwerking en terugwinning

Voor AEEA wordt in Nederland door Stichting OPEN gerapporteerd op basis van de verwerking van ingezamelde producten. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in verschillende typen verwerking, zoals voorbereiding voor hergebruik, recycling en nuttige toepassing. Het is belangrijk om te benadrukken dat onder nuttige toepassing (volgens de WEEE-systematiek) ook verbranding met energietrugwinning kan vallen. De streefcijfers die Stichting OPEN hanteert en rapporteert hebben daarmee uitsluitend betrekking op wat er gebeurt met het deel dat formeel is ingezameld.

In dit onderzoek is met het dMFA-materiaalstroommodel gekeken naar het specifieke materiaal dat ook daadwerkelijk wordt teruggewonnen. Het terugwinningspercentage is hierbij berekend als aandeel van de totale materiaaluitstroom (inclusief niet-formeel ingezameld), omdat dit

³⁵ [Nationaal WEEE-register \(2025\). Rapportage 2024.](#)

beter laat zien waar in de keten verliezen optreden en in welke mate materialen daadwerkelijk beschikbaar komen als secundaire grondstof.

Na inzameling wordt in het model onderscheid gemaakt tussen twee hoofdtypen verwerkingsroutes. In de conventionele route worden ingezamelde producten meestal versnipperd, waarna verschillende materiaalfracties via scheidingstechnieken worden gesorteerd en naar recyclers gaan. In de specifieke route worden bepaalde componenten, vaak printplaten, gericht uit producten verwijderd en naar gespecialiseerde verwerkers gestuurd. In beide routes treden verliezen op tijdens sortering en voorbereiding. Deze sorteerverliezen vormen in de praktijk de grootste verliezen vanuit het verwerkings- en recyclingproces richting verbranding en stort, zoals zichtbaar in **Figuur 1.2**.

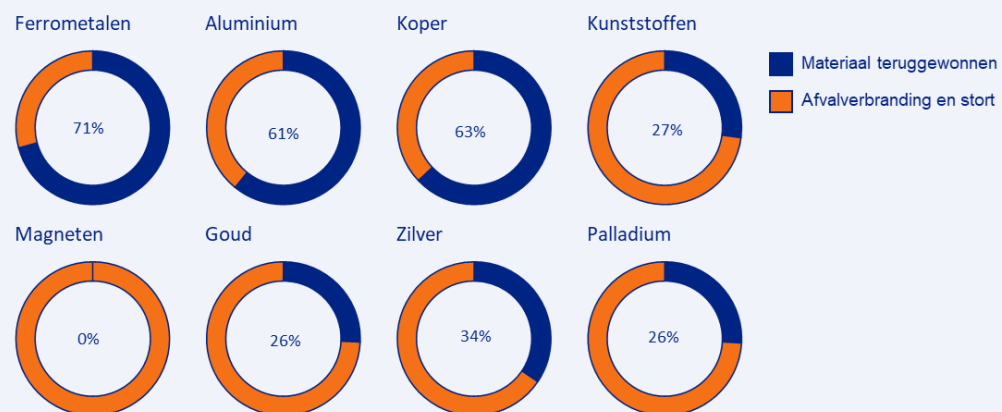
De uiteindelijke terugwinning verschilt sterk per materiaaltipe, zie **Figuur 1.6**. In dit onderzoek is daarom expliciet onderscheid gemaakt tussen ferrometalen, aluminium, koper, kunststoffen, permanente magneten en edelmetalen (goud, zilver en palladium), omdat hiervoor in de huidige keten (of op korte termijn) verschillende algemene of specifieke routes bestaan.

- › Ferrometalen (staal/ijzer) hebben in de huidige keten doorgaans de hoogste terugwinning. Dit komt doordat ze in conventionele routes relatief goed te scheiden zijn (magnetische scheiding) en omdat ferrometalen in grotere apparaten (met hogere inzameling) veel voorkomen. Daardoor ontstaat een robuuste secundaire stroom met relatief beperkte sorteerverliezen.
- › Aluminium kan technisch goed worden teruggewonnen, maar het effectieve terugwinningspercentage ligt vaak lager dan bij ferrometalen. Aluminium wordt na versnippering via wervelstroomscheiding afgescheiden en vervolgens omgesmolten. Verliezen ontstaan onder andere door oxidatie, menging met andere metalen en doordat aluminium in EEA regelmatig in dunne of samengestelde onderdelen voorkomt die lastiger te scheiden zijn.
- › Koper wordt in belangrijke mate teruggewonnen uit kabels en goed herkenbare koperhoudende onderdelen. Ook zit een deel van het koper in printplaten en fijne verbindingen. In conventionele routes komt dit vaak terecht in gemengde metaalfracties, waardoor koper deels wel wordt “meegenomen” in een metaaldragende stroom, maar niet altijd als duidelijke, hoogwaardige koperstroom beschikbaar komt. Specifieke routes waarbij printplaten doelgericht worden verwijderd en verwerkt kunnen de koperterugwinning verbeteren. De gerealiseerde terugwinning is daarom afhankelijk van de mate van inzameling én de mate waarin componenten daadwerkelijk apart worden verwerkt.
- › Kunststoffen (plastics) hebben in de huidige keten een laag terugwinningspercentage (26%). Ondanks hun grote aandeel in de productmassa zijn kunststoffen lastig hoogwaardig te recyclen door variatie in polymeren, additieven, vervuiling en samengestelde delen. In de praktijk betekent dit dat een aanzienlijk deel als restfractie eindigt en in verbranding met energierterugwinning terechtkomt, wat wel energie oplevert maar beperkt bijdraagt aan het sluiten van de keten.
- › Permanente magneten bevatten vaak zeldzame aardmetalen en zijn functioneel cruciaal bijvoorbeeld in motoren, maar worden in de huidige EEA-keten nog niet als aparte stroom teruggewonnen. Grootschalige ketens voor magneetterugwinning uit EEA zijn niet ontwikkeld. In het model is daarom aangenomen dat de terugwinning van permanente magneten in de huidige situatie verwaarloosbaar is, ondanks het strategische belang van de kritieke materialen.

- › Edelmetalen (goud, zilver, palladium) komen vooral geconcentreerd voor in printplaten. In conventionele routes worden deze metalen meestal niet als afzonderlijke elementen teruggewonnen, maar blijven ze in metaaldragende fracties aanwezig. Specifieke verwerking van printplaten maakt gerichte terugwinning wél mogelijk. Het totale terugwinningsniveau wordt echter sterk begrensd door met name het niet afzonderlijk inzamelen van printplaten.

Tot slot geldt dat de gerapporteerde terugwinningspercentages massa-gebaseerd zijn en geen directe uitspraak doen over de kwaliteit van het teruggewonnen materiaal. In veel gevallen zijn aanvullende scheidingsstappen of hoogwaardige verwerking nodig om materialen weer geschikt te maken voor toepassing in (nieuwe) EEA-producten. Daardoor worden secundaire materialen in de praktijk geregeld in andere toepassingen ingezet dan waar ze oorspronkelijk voor zijn gebruikt.

Terugwinningspercentage



Figuur 1.6: Terugwinningspercentage ten opzichte van de totale uitstroom voor referentiejaar 2023.

ZZS in elektronica

RIVM heeft de ZZS die aanwezig kunnen zijn in elektronica geïnventariseerd (zie **Bijlage C**). Belangrijke voorbeelden van ZZS in elektronica zijn:

- › metalen zoals arseen, lood, cadmium, kwik, zeswaardig chroom
- › weekmakers
- › PFAS zoals in polymeer coatings, polymeer smeermiddelen, kleine componenten
- › brandvertragers
- › UV-stabilisatoren
- › koudemiddelen zoals F-gassen die onder de PFAS definitie vallen

De kans op aanwezigheid van ZZS is groter voor elektrische apparaten die al langer in omloop zijn. Hier kunnen vooral "legacy" stoffen worden aangetroffen, ZZS die inmiddels verboden of beperkt zijn. Nieuwe elektronica kunnen ook ZZS bevatten doordat de betreffende ZZS nog zijn toegestaan en/of doordat de wetgeving nog in ontwikkeling is, zoals bijvoorbeeld voor

bepaalde UV-stabilisatoren en PFAS.³⁶ Ook zijn er niet-conforme producten op de markt, die bijvoorbeeld te veel lood in soldeer, zeswaardig chroom of verboden ftalaten bevatten.³⁷

De aanwezigheid van ZZS kan vooral in de recycling problematisch zijn. Naast dat ZZS-houdende materialen niet geschikt zijn als recyclaat, kunnen ze ZZS ook voor risico's bij recycling zorgen, voorbeelden hiervan zijn:

- › Emissies door verbranding: (Illegale) export van afgedankte AEEA kan ertoe leiden dat AEEA niet veilig en niet milieuverantwoord verwerkt worden. Zorgpunt is met name ongecontroleerde verbranding waarbij schadelijke stoffen vrij kunnen komen, zoals metalen en metalloïden, dioxines en furanen, ftalaten, PCB's, PDBE's en PFAS.³⁸
- › Emissies door lozingen: Bedrijven die AEEA mogen verwerken dienen te beschikken over een CENELEC certificaat én een omgevingsvergunning milieu. ILT adviseert om lozingsvoorschriften in de vergunning op te nemen om mogelijke lozingen van ZZS naar het oppervlaktewater en het riool te voorkomen.³⁹
- › Emissies tijdens verwerking: voor apparaten met F-gassen (zoals koelkasten en vriezers) gelden specifieke voorschriften om emissies tijdens verwerking te voorkomen. Dit knelpunt is verder omschreven in de PGA klimaatinstallaties.
- › Langer in omloop: Als gevolg van het verlengen van de levensduur van AEEA blijven verboden stoffen langer in omloop. Hierdoor wordt de kans op emissies en blootstelling groter.

Gebromeerde brandvertragers

Een specifiek voorbeeld van ZZS in elektronica is de aanwezigheid van ZZS-gebromeerde brandvertragers (BFR) in kunststoffen. In een situatie van ongecontroleerde verwerking van de AEEA, waarbij niet de best beschikbare technieken zijn ingezet, kunnen BFR een risico vormen. Bij de conventionele recycling van plastic worden EEA-kunststoffen versnipperd en gesorteerd op basis van dichtheid. Op deze manier kunnen kunststoffen met een hoog gehalte aan BFR en andere additieven verwijderd worden, al is het niet mogelijk om onderscheid te maken tussen bijvoorbeeld kunststoffen die gereguleerde of ongereguleerde BFR bevatten. In de praktijk wordt de BFR-houdende fractie vervolgens op hoge temperatuur verbrand of toegepast in cementovens om de ZZS BFR te vernietigen. Er worden wel nieuwe meetmethodes en recyclingtechnieken ontwikkeld om BFR-houdende kunststoffen te recyclen, maar de economische schaalbaarheid hiervan is op dit moment discutabel. Dit illustratieve voorbeeld is uitgebreider omschreven in **Bijlage C**.

³⁶ [OVAM \(2025\). Zorgwekkende stoffen in gerecycleerd textiel en kunststof.](#)

³⁷ [Inspectie Leefomgeving en Transport \(2024\). Toezicht op gevaarlijke stoffen in elektr\(on\)ische apparaten \(RoHS\).](#)

³⁸ [Herrema et al. \(2026\). Inventarisatie effecten voor mens en milieu vanwege export van kunststofafval en afgedankt textiel. RIVM Briefrapport 2025-0077.](#)

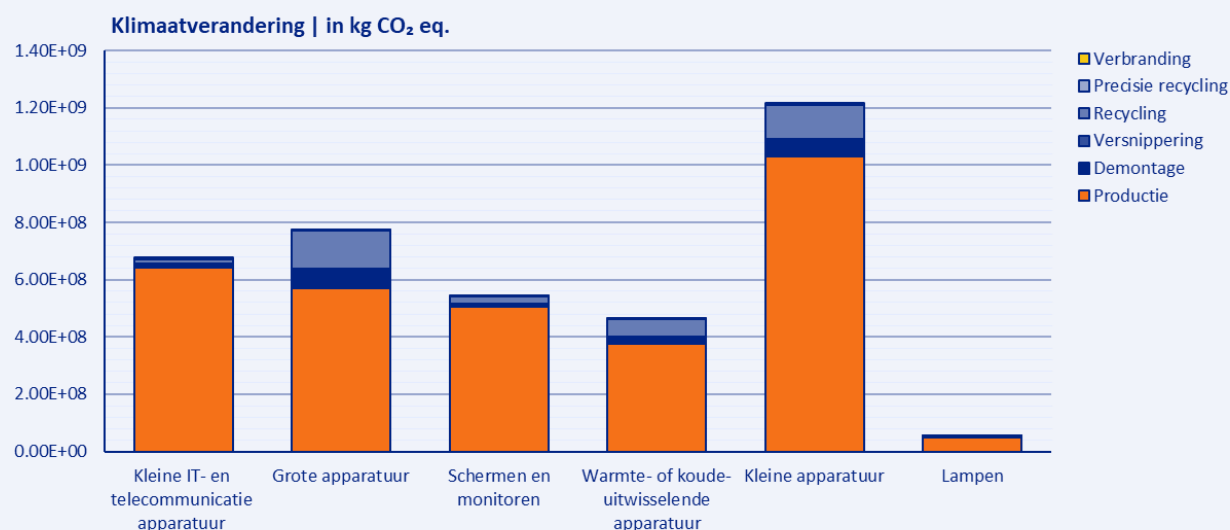
³⁹ [Inspectie Leefomgeving en Transport. \(2023\). Eindrapport inzameling en verwerking AEEA.](#)

1.4 Milieu-impacts van de huidige keten

Naast de analyse van materiaalstromen zijn ook de milieu-impacts van de huidige EEA-keten in kaart gebracht. Deze analyse bouwt voort op het dynamische materiaalstroommodel (dMFA), waarmee de hoeveelheden materialen en producten door de keten zijn bepaald. De milieu-impact is berekend voor een specifiek moment in de tijd. In dit hoofdstuk worden de resultaten voor het referentiejaar 2023 beschreven. Een uitgebreide beschrijving van het model is opgenomen in **Bijlage B**, inclusief inzicht in de achterliggende gegevens.

De processen waarvoor de bijbehorende milieu-impact zijn bepaald, zijn gerelateerd aan de materiaalextractie en verwerking, de productie van de producten en verwerking van de uitstroom aan het einde van de levensduur. Transport van producten en materialen ten behoeve van distributie is buiten beschouwing gelaten, evenals de gebruiksfase van de producten. De resultaten geven daarmee inzicht in de impact die direct samenhangt met het op de markt brengen en afdanken van EEA-producten.

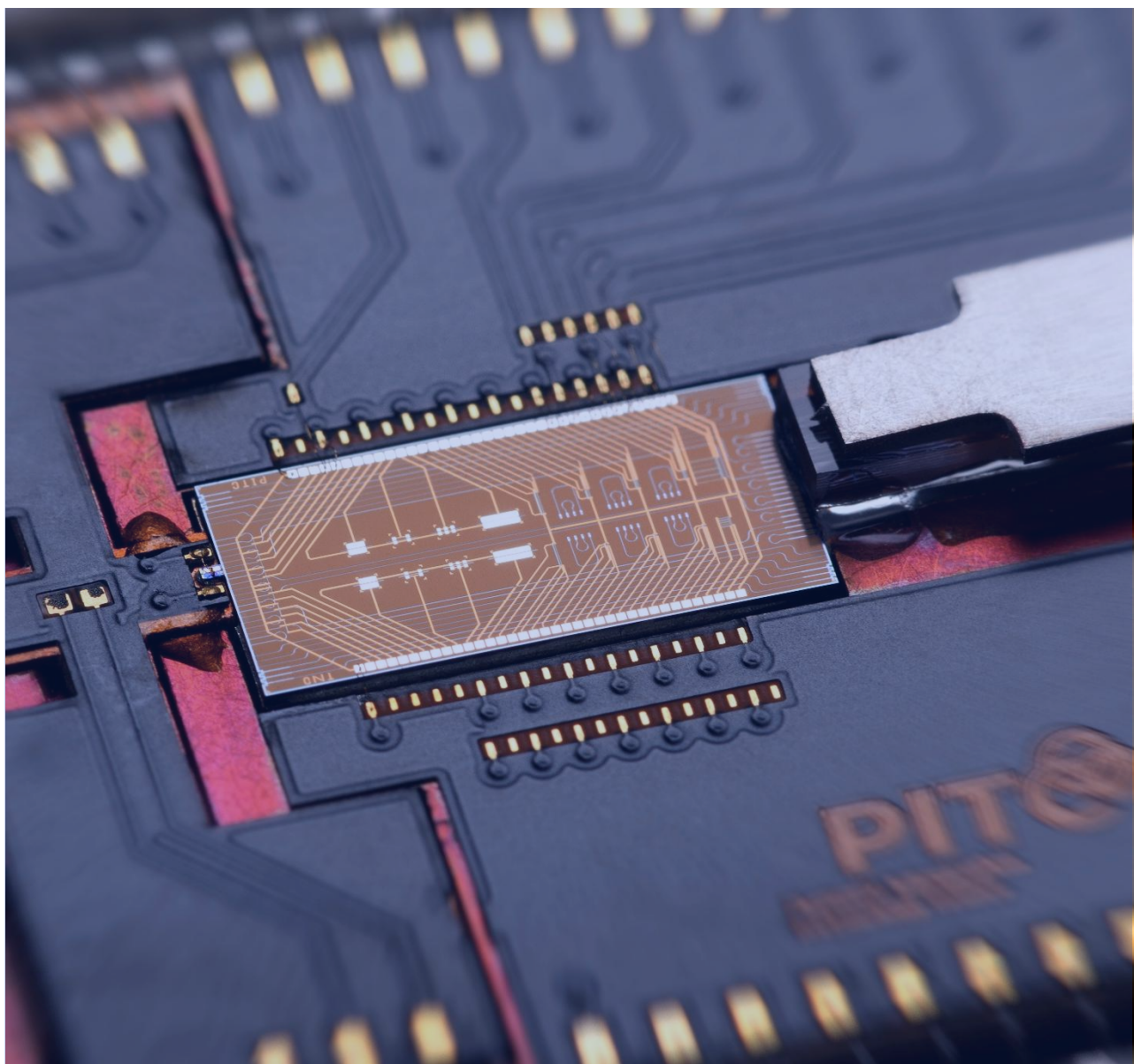
Figuur 1.7 toont de koolstofvoetafdruk per hoofdproductcategorie. Voor alle productcategorieën geldt dat de productiefase veruit de grootste bijdrage levert aan de uitstoot van broeikasgasemissies. Deze impact wordt in sterke mate veroorzaakt door de winning, verwerking en productie van materialen, met name metalen. De energie-intensieve productie van staal, aluminium en koper draagt substantieel bij aan de totale uitstoot van broeikasgassen. De bijdrage van de eindelevensverwerking is in vergelijking hiermee kleiner, maar niet verwaarloosbaar en verschilt per productcategorie. De koolstofvoetafdruk van de productcategorie hangt in belangrijke mate samen met de omvang van de product- en materiaalstromen in massa. Productcategorieën met een grote hoeveelheid aan materialen die moeten worden gewonnen vallen hierdoor op met relatief hoge absolute impacts.

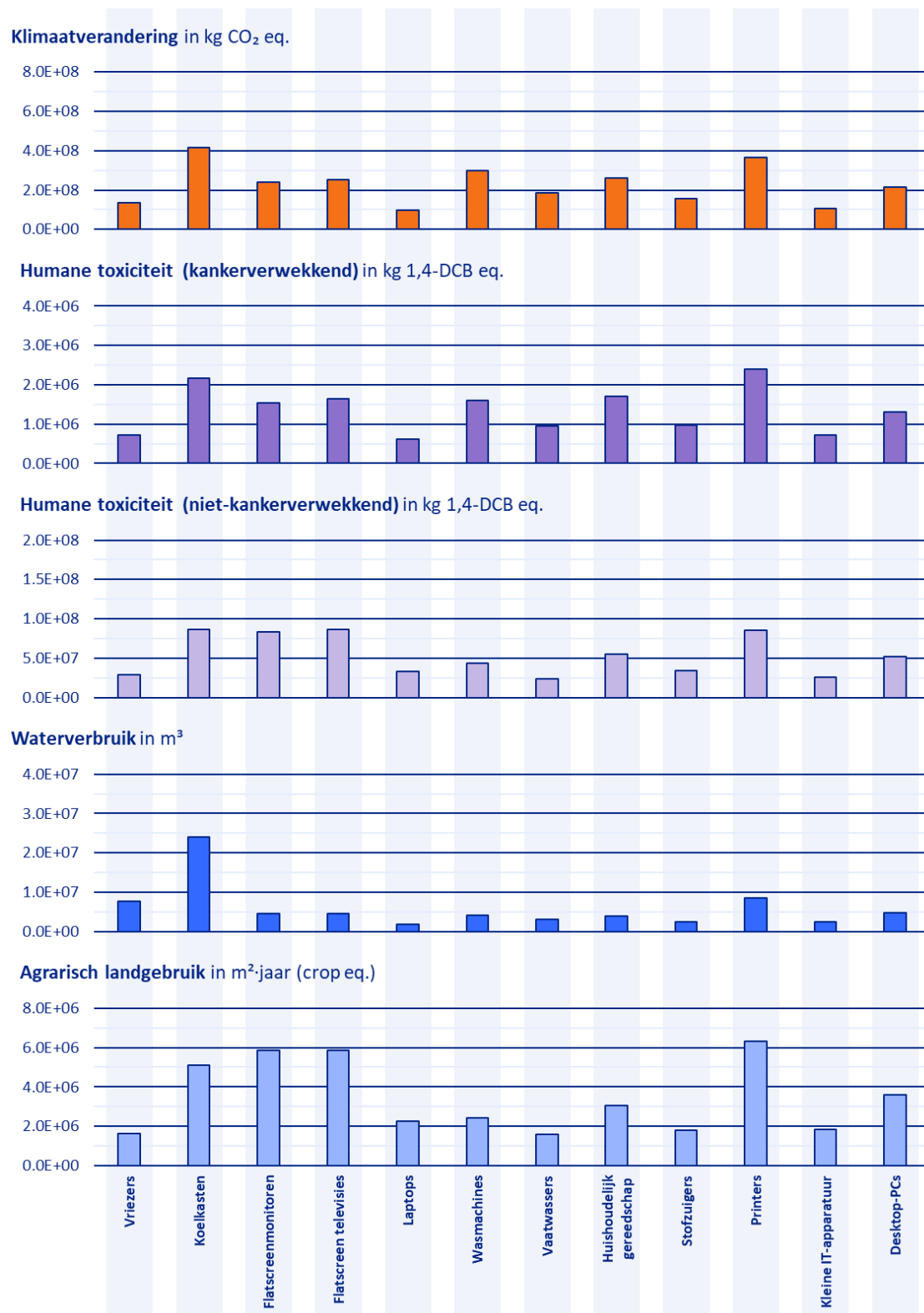


Figuur 1.7: Bijdrage aan klimaatverandering per hoofdproductcategorie voor het referentiejaar 2023 (exclusief gebruiksfase).

Figuur 1.8 geeft een breder beeld door de resultaten voor de sub-producten met de grootste impact te tonen voor vijf verschillende milieu-impactcategorieën. De prestatie van de verschillende productcategorieën relatief ten opzichte van elkaar is voor de verschillende impactcategorieën vergelijkbaar: productgroepen die een hoge bijdrage leveren aan klimaatverandering scoren doorgaans ook hoog op andere impactcategorieën. Binnen deze analyse springen met name de productcategorieën koelkasten, flatscreen monitoren, flatscreen televisies, wasmachines, huishoudelijk gereedschap, printers en desktop-PC's eruit als grootste bijdragers aan de totale milieu-impact. Deze categorieën zijn dominant in zowel massa instroom en milieu-impacts.

De resultaten onderstrepen dat de milieu-impact van EEA-producten in de huidige keten in belangrijke mate wordt bepaald door het primaire materiaalgebruik en de productie ervan, en minder door de verwerking aan het einde van de levensduur. Dit vormt een belangrijke context voor de verdere analyse van materiaalherwinning en de potentiële milieuwinst die daarmee kan worden gerealiseerd, mits deze secundaire materialen ook worden ingezet.





Figuur 1.8: Overzicht resultaten milieu-impacts voor productcategorieën met de grootste impact per impact categorie voor referentiejaar 2023.

2 Toekomstscenario's

Samenvatting

***Hoofdstuk 2** verkent de mogelijke ontwikkeling van de Nederlandse elektronicaketen richting 2050 aan de hand van een scenarioanalyse. Daarbij wordt zowel gekeken naar een voortzetting van de huidige ontwikkelingen in een business-as-usual scenario, als naar de potentiële effecten van verschillende circulaire maatregelen die afzonderlijk of tegelijkertijd geïmplementeerd kunnen worden. De analyse laat zien dat de mate waarin circulariteit en milieueffecten worden bevorderd sterk afhankelijk is van de combinatie van maatregelen die gedurende de gehele levenscyclus van elektronische producten worden ingezet.*

In het business-as-usual (BAU) scenario blijft het aantal elektronische apparaten in gebruik toenemen. Hoewel apparaten gemiddeld lichter en efficiënter worden, leidt de groei van het aantal producten tot een toenemende vraag naar materialen en grondstoffen. Vooral de vraag naar kritieke grondstoffen blijft hoog. Tegelijkertijd neemt de uitstroom van afgedankte apparaten toe doordat grote aantallen producten het einde van hun levensduur bereiken.

De analyse laat zien dat de huidige inzameling van afgedankte elektronica onvoldoende is om de beschikbare materiaalwaarde optimaal te benutten. Met name kleinere apparaten worden onvoldoende ingezameld en verdwijnen deels uit beeld via restafval of informele afvoerkanalen. Hierdoor blijven waardevolle materialen verloren gaan. Hoewel voor sommige metalen relatief hoge recyclingrendementen worden gerealiseerd, geldt dit niet voor een groot deel van de kunststoffen, kritieke grondstoffen, permanente magneten en edelmetalen. Een belangrijk deel van de milieu-impact blijft daardoor verbonden aan de winning en verwerking van primaire grondstoffen voor nieuwe producten.

Vervolgens wordt onderzocht welke effecten kunnen worden bereikt met een pakket aan circulaire maatregelen, gekoppeld aan de vier circulaire strategieën: vermindering van materiaalgebruik, levensduurverlenging, substitutie van primaire materialen en hoogwaardige verwerking van afgedankte producten. De scenariostudie laat zien dat een circulaire elektronicaketen niet bereikt kan worden met één afzonderlijke maatregel. Een gecombineerde inzet op minder materiaalgebruik, langere productlevensduur, meer toepassing van secundaire materialen en hoogwaardige verwerking van afgedankte producten leidt tot substantiële vermindering van materiaalgebruik, verliesstromen en milieu-impact.

De scenarioverkenning laat zien dat de grootste circulaire winst in de elektronicaketen wordt gerealiseerd door vermindering van materiaalgebruik en levensduurverlenging. Deze strategieën verminderen de vraag naar nieuwe producten en primaire grondstoffen direct en hebben daardoor een grotere invloed op materiaalgebruik en milieu-impact dan recycling alleen. Tegelijkertijd blijven goede inzameling en hoogwaardige verwerking essentieel om de materialen die vrijkomen effectief terug te winnen en opnieuw in te zetten. Juist de combinatie van vraagreductie, langere productlevensduur en hoogwaardige materiaal terugwinning biedt het grootste potentieel om de elektronicaketen meer circulair en minder afhankelijk van primaire grondstoffen te maken.

Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden mogelijke toekomstige ontwikkelingen van de productgroep elektronica verkend aan de hand van een scenarioanalyse. Het doel van deze scenarioanalyse is om inzicht te krijgen in de richting en orde van grootte van veranderingen in materiaalstromen, milieu-impact, en circulariteit onder verschillende aannames.

Er zijn twee scenario's te onderscheiden: het "business-as-usual" (BAU) referentiescenario beschrijft de verwachte ontwikkeling van de keten, bij voortzetting van huidig beleid en dominante ontwikkelingen zoals ramingen voor het bruto binnenlands product en de demografische ontwikkeling in Nederland. Daarnaast is een scenario voor de "verkenning van de circulaire oplossingsruimte" uitgewerkt, waarin wordt onderzocht wat de effecten zijn op materiaalstromen en het milieu van het bijstellen van de vier knoppen die representatief zijn voor de circulaire strategieën: vermindering, levensduurverlenging, substitutie, en hoogwaardige verwerking. De scenario's zijn doorgerekend met het materiaal- en milieueffectenmodel waarvan de eerste resultaten in paragrafen 1.3 en 1.4 zijn gepresenteerd, zie **Bijlage B** voor een beschrijving van de modellen en achterliggende gegevens.

In paragraaf 2.1 is het BAU-scenario beschreven met focus op de ontwikkeling van de productie van de productgroep en bijbehorende materiaal in- en uitstroom, inzameling en terugwinning, en milieu-impacts die toegeschreven kunnen worden aan de productgroep. In paragraaf 2.2 worden de effecten per circulaire strategie besproken, en een aanzet gegeven tot een combinatie van verschillende maatregelen die grotendeels onafhankelijk toegepast kunnen worden. De kernbevindingen van dit hoofdstuk zijn samengevat in paragraaf 2.3.

De verkenning vormt samen met de knelpunten die volgen uit de systeemodynamiekanalyse die wordt gepresenteerd in **Hoofdstuk 3** de basis voor de aangrijpingspunten voor beleid om verder bij te dragen aan een circulaire productgroep elektronica.

2.1 Scenario business-as-usual

De resultaten in paragrafen 1.3 en 1.4 zijn gebaseerd op historische voorraadinstroom gegevens ('put-on-market') van de verschillende producten en categorieën binnen de productgroep elektronica. Op basis daarvan is de voorraad producten die in gebruik is berekend. Deze gebruiksvoorraad vormt vervolgens het vertrekpunt voor de scenarioanalyse, omdat zij een directe koppeling mogelijk maakt tussen het aantal apparaten in omloop en externe ontwikkelingen zoals bevolkingsgroei en economische groei in Nederland. Vanuit de ontwikkeling van deze voorraad kan daarmee de toekomstige voorraadinstroom (productie/put-on-market) én de latere uitstroom van producten en materialen consistent worden afgeleid.

In het BAU-scenario wordt aangenomen dat de gebruiksvoorraad van elektronica licht groeit door langetermijntrends in bevolking en economie. Deze groei vertaalt zich in een toename van de vraag naar nieuwe producten, maar het tempo verschilt sterk per productcategorie. Voor sommige producten treedt een verzadigingseffect op: er is een 'natuurlijke' bovengrens aan het aantal apparaten per huishouden (bijvoorbeeld wasmachines), waardoor extra economische groei nauwelijks tot meer bezit leidt. Andere productcategorieën blijven juist toenemen, bijvoorbeeld door nieuwe toepassingen en functies. Daarnaast zijn er categorieën waarin producten worden uitgefaseerd, zoals CRT-televisies, of deels worden vervangen door alternatieven, bijvoorbeeld doordat smartphones de vraag naar losse camera's verminderen.

Methodologische notitie

De scenario's gepresenteerd in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op basis van simpele ontwikkelingen, zoals bevolkingsgroei of economische groei, en past binnen de kaders van de productgroepanalyse. Dit betekent dat er voor zowel het BAU als het circulair verkenningsscenario nog verschillende mogelijkheden zijn die buiten de hier gepresenteerde scenariowaarden liggen. Waar we in het BAU scenario een relatief gematigde groei zien, kan een nu nog onvoorziene groei van nieuwe producten (die nog niet op de markt zijn) ervoor zorgen dat de hoeveelheid materialen in omloop groter is dan hier gepresenteerd. Het doel van deze berekeningen is met name om in kaart te brengen welke maatregelen bijdragen aan een verbeterde Circulaire Economie, niet hoe groot de bijdrage precies verwacht kan worden.

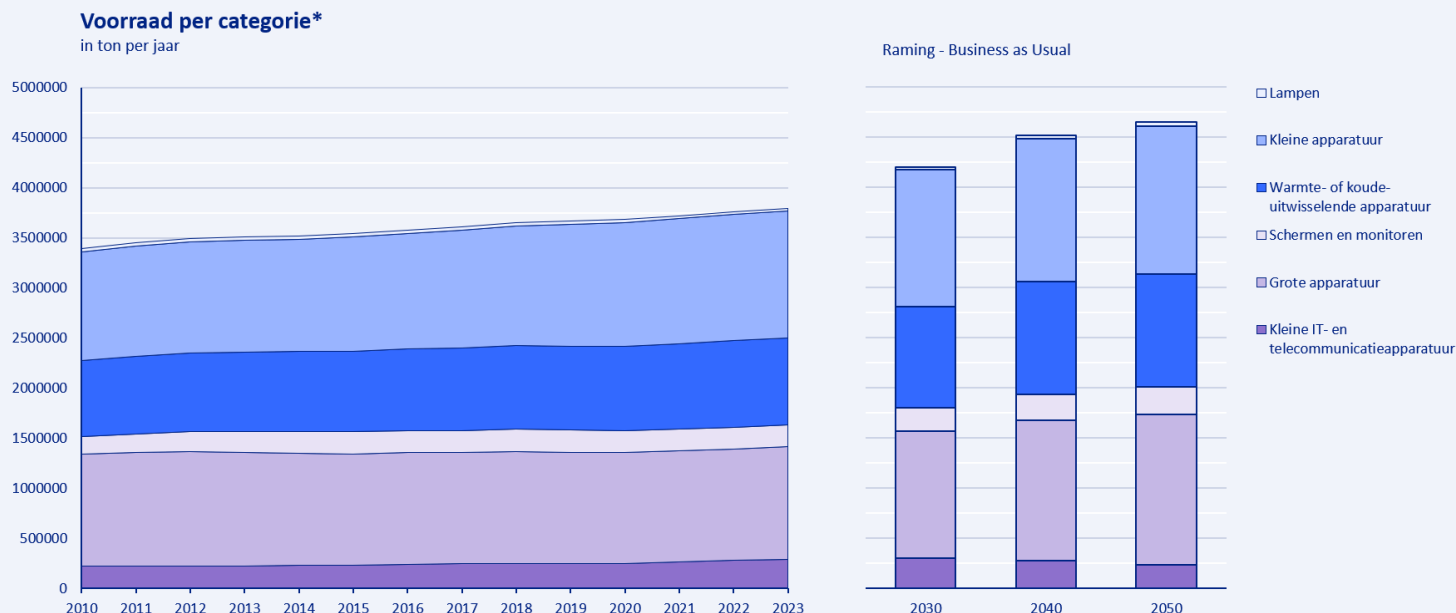
Milieu-impacts worden gepresenteerd aan de hand van de geaggregeerde milieu-impacts voor de jaarlijkse activiteiten gerelateerd aan productie, demontage, recycling en afvalverwerkingsactiviteiten na gebruik. Voor de milieu-impact geldt dat het "vergroenen" van deze processen invloed kan hebben op de milieu-impacts zoals hier gepresenteerd.

De methode en aannames worden uitgebreider beschreven in **Bijlage B**.

Instroom en voorraad

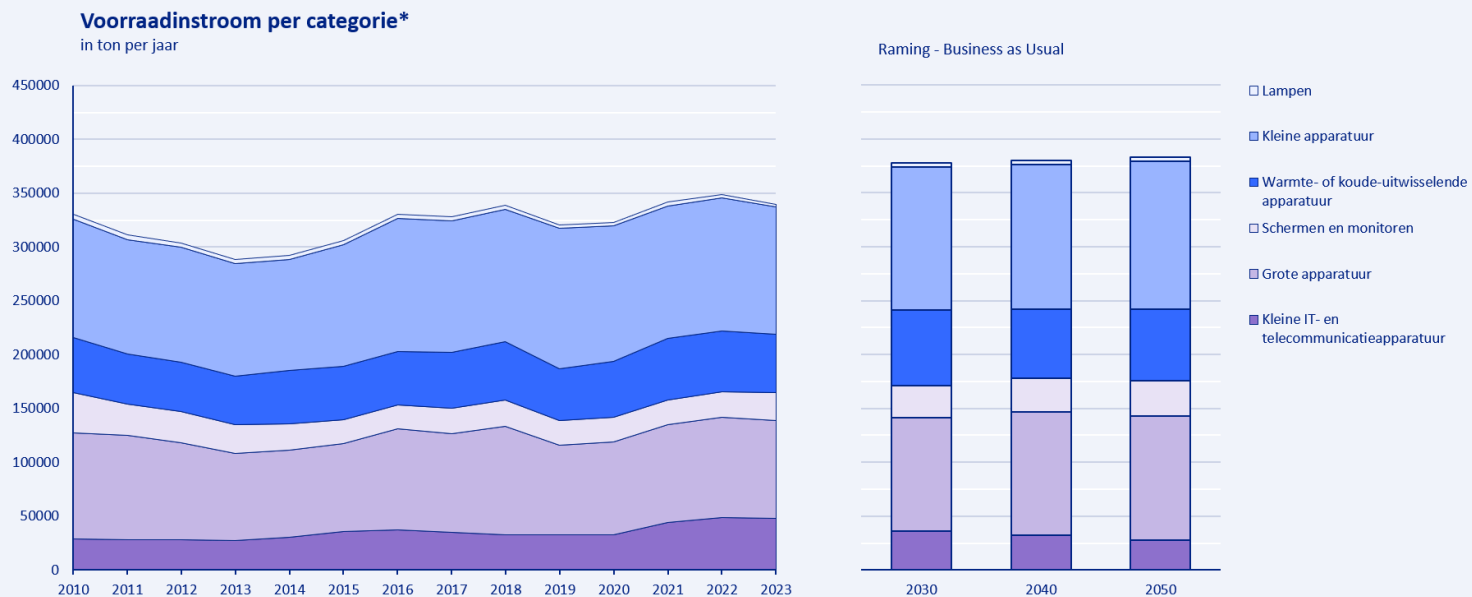
Figuur 2.1 en **Figuur 2.2** laten respectievelijk de ontwikkeling in de productvoorraad en de corresponderende voorraadinstroom zien. De hoeveelheid voorraad is ongeveer 10 keer zo groot als de jaarlijkse voorraadinstroom en stijgt naar 2050 met ongeveer 22% ten opzichte van het referentiejaar 2023. De totale instroom van elektronische producten (in massa) neemt in dit scenario minder toe, met ongeveer 13% in de periode 2023-2050. Dit hangt samen met een daling van gemiddelde productgewichten, als gevolg van technologische ontwikkelingen en uitfasering van met name zwaardere producten.

De onderlinge samenstelling van de voorraadinstroom is afhankelijk van naar welke producten vraag is, en dit heeft te maken met de levensduur van de producten aangezien deze bepalend is wanneer producten vervangen moeten worden en er weer vraag is. Voor producten met een relatief lange levensduur, zoals bijvoorbeeld warmte- of koude-uitwisselende apparatuur, zal instroom laag zijn ten opzichte van de hoeveelheid in voorraad. De materialen die worden toegepast in de producteninstroom blijven relatief gezien vergelijkbaar ten opzichte van het referentiejaar 2023 (zie paragraaf 1.3).



Figuur 2.1: Historische ontwikkeling in voorraad producten in gebruik, met ramingen voor 2030, 2040 en 2050, per EU6 categorie.

*In lijn met de afbakening van deze studie, bevatten de genoemde categorieën niet alle EEA producten.

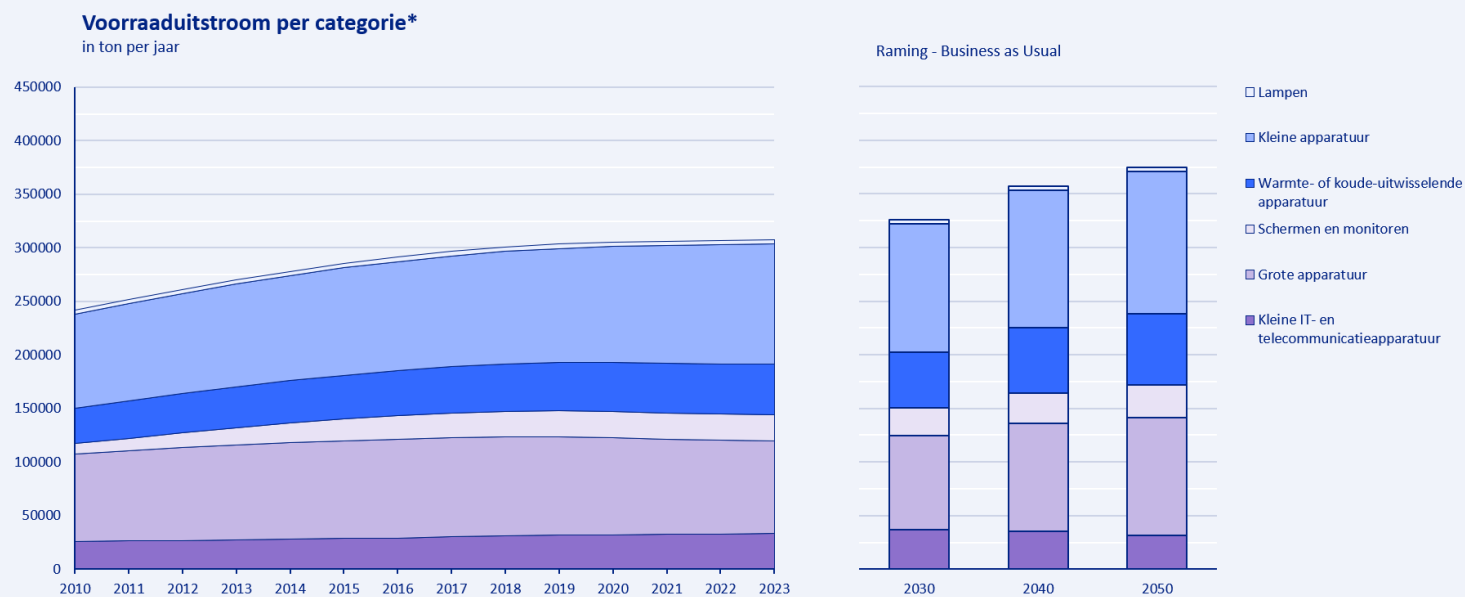


Figuur 2.2: Historische ontwikkeling in de massa voorraadinstroom, met ramingen voor 2030, 2040 en 2050 per EU6 categorie.
*In lijn met de afbakening van deze studie, bevatten de genoemde categorieën niet alle EEA producten.

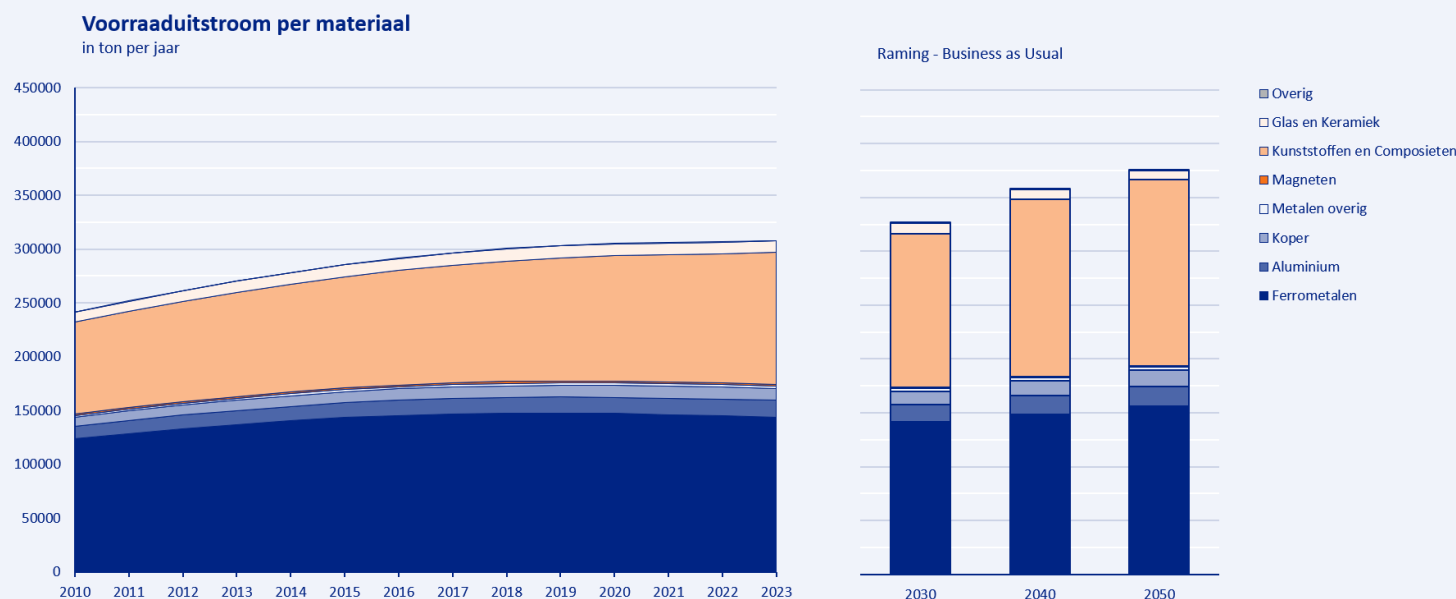
Uitstroom

Naast toekomstige instroom is ook de toekomstige uitstroom van belang, aangezien van hieruit producten, componenten en materialen vrijkomen voor terugwinning. De voorraaduitstroom is een verlaat effect van de instroom en wordt beïnvloed door de levensduur en levensduurverlengende acties zoals reparatie van individuele producten in de productgroep. In deze analyse is voor iedere productcategorie een levensduurverdeling aangehouden. Dit houdt in dat er geen 1-op-1 relatie is tussen de instroom en uitstroom, maar dat voor alle producten die in een gegeven jaar instromen voor ieder jaar in de opvolgende jaren een fractie zal uitstromen, totdat uiteindelijk alle producten weer zijn uitgestroomd. Door een levensduurverdeling te gebruiken (in plaats van alleen een gemiddelde levensduur) kan rekening worden gehouden met het voortijdig afdanken van producten (bijvoorbeeld doordat deze kapot gaan), maar ook dat producten langer in gebruik kunnen zijn dan de gemiddelde verwachte levensduur. Producten met een relatief korte levensduur voor deze productgroep zijn: speelgoed en game consoles, kleine IT-producten en mobiele telefoons. Producten met een lange levensduur zijn voornamelijk vriezers en koelkasten, en grote apparatuur zoals keukenapparatuur, professioneel gereedschap, wasmachines en -drogers, en vaatwassers.

In **Figuur 2.3** en **Figuur 2.4** zijn de voorraaduitstroom op massabasis gepresenteerd zowel per productcategorie als op basis van de verschillende materialen. Met de stijgende voorraad, is de verwachting dat ook de voorraaduitstroom toeneemt en deze stijgt in de periode 2023-2050 met ongeveer 22%. Voor de individuele categorieën en materialen zien we echter een ander beeld, met grote toename (>26 %) in schermen en monitoren, grote apparatuur (>28%) en vriezers en koelkasten(>39%) en een nog grotere toename in kunststoffen en composieten (41%). Daarentegen zien we ook juist een afname in (de massa van) kleine IT en telecommunicatieapparatuur (-7%) en afname in glas en keramiek (-20 %). Dit reflecteert meerdere trends. Het type product dat uitstroomt verandert over de tijd, omdat bijvoorbeeld verschillende productfuncties gecombineerd worden in één product, en nieuwe producten worden steeds lichter, met minder gebruik van metalen, en meer gebruik van kunststoffen.



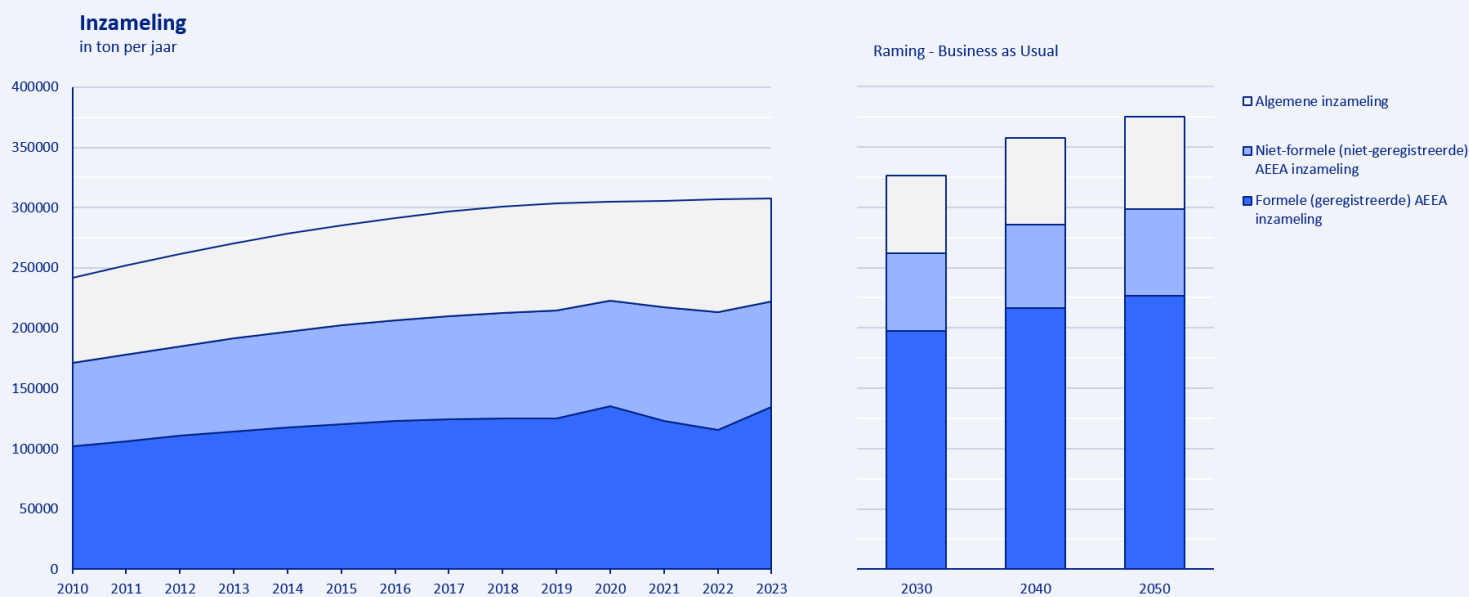
Figuur 2.3: Historische ontwikkeling in de massa van de voorraaduitstroom, met ramingen voor 2030, 2040 en 2050, per EU6 categorie.



Figuur 2.4: Historische ontwikkeling in de massa van de voorraaduitstroom, met ramingen voor 2030, 2040 en 2050, per materiaalcategorie.

Inzameling

De totale voorraadtuitstroom zoals hierboven beschreven is de eerste stap naar terugwinning van componenten en materialen. De eerste stap is de inzameling van de AEEA voor verdere verwerking. In de afgelopen jaren is er flink ingezet op het verbeteren van de inzameling van AEEA. De verbetering van inzameling is gerapporteerd door Stichting OPEN tot aan 60 % in 2023, maar de verzameldoelstelling van 85% wordt niet gehaald.⁴⁰ In het BAU scenario, getoond in **Figuur 2.5** is het uitgangspunt dat de verbetering in de inzameling van AEEA in de komende jaren wordt doorgezet, maar dat er op de lange termijn nog extra maatregelen nodig zijn om de inzamelingspercentages daadwerkelijk te laten komen tot de hoeveelheden hier gepresenteerd voor 2050.



Figuur 2.5: Verwachte ontwikkeling van de inzameling van EEA. N.B. Dit figuur geeft de inzameling weer van de onderzochte 38 producten binnen de productgroep EEA aan in overeenstemming met de afbakening van deze studie op basis van het materiaalstroommodel zoals beschreven in **Bijlage B**. Getoonde waarden kunnen daarom afwijken van de NWR-rapportage

Verwerking en terugwinning

Op basis van de ingezamelde producten is de hoeveelheid teruggewonnen materialen achterhaald. In **Tabel 2.1** zijn de terugwinningspercentages voor de verschillende materialen gepresenteerd volgens de raming van het BAU scenario. Zonder significante veranderingen in het Nederlandse recyclingsstelsel wordt het verloop in terugwinningspercentages vooral verklaard door veranderingen in de samenstelling van de productuitstroom en bijbehorende inzameling, en in mindere mate door een structurele verschuiving in het type materialen die uit de producten worden teruggewonnen. De ingezette verbetering in inzameling zal in de komende jaren tot 2030 nog leiden tot een beperkte stijging van de terugwinningspercentages, maar daarna afvlakken. Dit sluit aan bij het beeld dat, zonder aanvullende maatregelen, de “makkelijk” te realiseren verbeteringen in inzameling en verwerking een eindig potentieel hebben. Om terugwinningspercentages verder te verbeteren zullen extra inspanningen op

⁴⁰ NB: AEEA-data van Stichting Open kunnen niet één-op-één vergeleken worden met de grafieken in dit rapport en hier gerapporteerde percentages kunnen afwijken van de gerapporteerde percentages voor de gehele productgroep. Dit is het gevolg van de uitsluiting van de verschillende productcategorieën zoals beschreven in het **Hoofdstuk Aanleiding en Doel**.

zowel inzameling, maar ook in scheidings- en verwerkingsprocessen nodig zijn. Een eerste inschatting wordt gemaakt in het circulaire verkenningsscenario in paragraaf 2.2.

De belangrijkste uitdagingen liggen hier ook in de verschillen tussen de materialen. Ferrometalen, zoals ijzer en staal, zijn relatief makkelijk terug te winnen en zullen vooral meestijgen met betere inzameling. Aluminium- en koperterugwinning wordt geremd door menging en verliezen in sorteer- en smeltstappen. Magneten blijven achter doordat gerichte scheiding en verwerking nog beperkt is. Hoewel er op dit moment wel sterk wordt ingezet op ontwikkeling en opschaling van recycling processen van magneten, is gerichte scheiding noodzakelijk om terugwinning mogelijk te maken. Voor edelmetalen (goud, zilver, palladium) zijn betere inzameling van relevante productstromen en meer gerichte hoogwaardige verwerking van bijvoorbeeld printplaat-houdende fracties bepalend voor verdere verbetering.

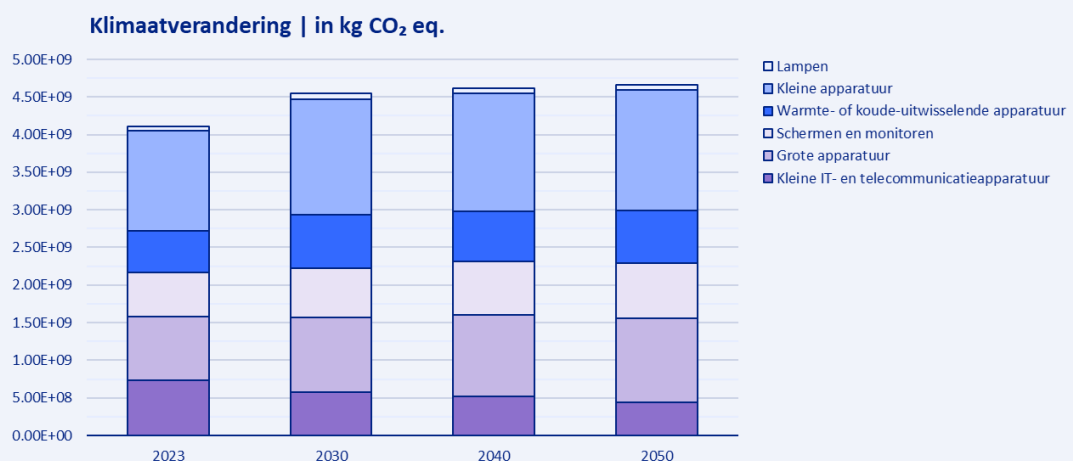
Tabel 2.1: Terugwinningspercentage per materiaalcategorie in het BaU-scenario

Materiaal	2023	2030	2040	2050
Ferrometalen	71%	78%	78%	78%
Aluminium	61%	69%	68%	68%
Koper	63%	71%	71%	71%
Magneten	0%	0%	0%	0%
Kunststoffen	27%	31%	32%	32%
Goud	26%	34%	33%	32%
Zilver	34%	44%	44%	43%
Palladium	26%	34%	34%	33%

Milieu-impact

Naast de materiaalstroomeffecten zijn ook de milieu-impacts van het BAU-scenario in kaart gebracht. De resultaten van deze raming laten een vergelijkbaar beeld zien als de materiaalinstroom. In **Figuur 2.6** is de koolstofvoetafdruk getoond, met een onderverdeling in de bijdrage van de zes hoofdproductcategorieën. Er is een lichte groei en een beperkte verschuiving door de grotere hoeveelheid aan materialen die zal instromen. Deze trend is voor de verschillende impactcategorieën relatief vergelijkbaar.

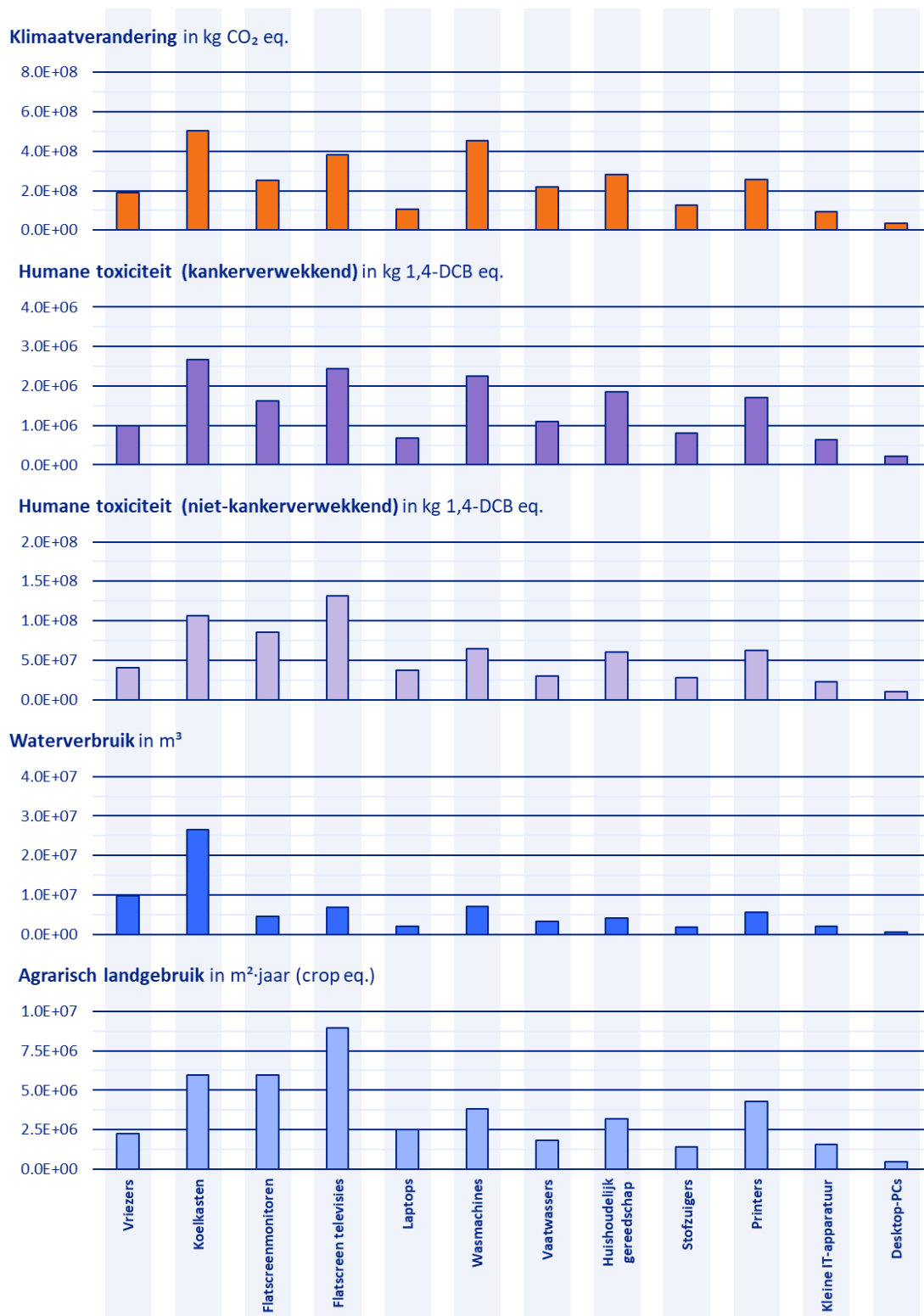
Ter nuance moet hierbij worden benadrukt dat de milieu-impacts zijn geëvalueerd op basis van huidige productiemethode en energiemixen en geen rekening houdt met eventuele toekomstige vergroening van productiemethode en energiesysteem. Deze ontwikkelingen, zoals een meer efficiënt mijnbouwproces of een schonere energiemix, zullen een positief effect hebben op het materiaalgebruik en dragen bij aan de verduurzaming van de keten. Het meenemen van dergelijke effecten is geen onderdeel van deze studie. De scenario's nemen wel verandering van samenstelling van de producten mee, die wel tot lagere milieu-impacts kunnen leiden (zie **Bijlage B**).



Figuur 2.6: Jaarlijkse broeikasgasemissie uitstoot over de hele keten van de productgroep elektronica, per hoofdproduct categorie.

In **Figuur 2.7** zijn de resultaten voor de producten met de hoogste impact voor het jaar 2050 weergegeven voor vijf verschillende milieu-impactcategorieën. De prestatie van de verschillende productcategorieën ten opzichte van elkaar is voor de impactcategorieën vergelijkbaar. Op productniveau is er wel een grote verandering te zien: waar de impact van speciale lampen, kleine verlichtingsapparatuur, professionele IT-apparatuur significant hoger worden ten opzichte van 2023 door de groei in deze individuele groep, neemt bijvoorbeeld de impact geassocieerd met draagbare audio en videoapparatuur en projectoren, en desktop PCs weer af.

Binnen deze analyse voor het BAU-jaar 2050 springen met name de productcategorieën koelkasten, flatscreen monitoren, flatscreen televisies, wasmachines, huishoudelijk gereedschap, eruit als grootste bijdragers aan de totale milieu-impact. Desktop-PC's zijn minder belangrijk geworden.



Figuur 2.7: Overzicht resultaten milieu-impacts per productcategorie en impact categorie voor 2050 in het BAU-scenario.

2.2 Verkennen circulaire oplossingsruimte

In de circulaire oplossingsruimte is verkend in welke mate de circulaire prestaties van de elektronikaketen kunnen worden verbeterd door een optimale inzet van bestaande circulaire strategieën. Daarbij is uitgegaan van een realistische maar ambitieuze toepassing van maatregelen, zonder veronderstelling van fundamentele technologische doorbraken.

Het scenario is nadrukkelijk geen beleidsvoorspelling, maar een verkenning van de oplossingsruimte: wat is technisch en organisatorisch haalbaar wanneer bekende barrières worden verkleind en bestaande strategieën effectief worden opgeschaald (zie **Bijlage B**).

De verkenning richt zich op vier hoofdstrategieën: vermindering van materiaalgebruik, levensduurverlenging, substitutie van materialen en hoogwaardige verwerking. Voor elk van de strategieën zijn een aantal maatregelen als optie gespecificeerd. Deze maatregelen kunnen zowel individueel, als gezamenlijk worden ingezet. De maatregelen zijn afzonderlijk gemodelleerd in het materiaalstroommodel. Dit geeft gedetailleerd inzicht in de verwachte effecten van maatregelen binnen een circulaire strategie of combinaties daarvan. Een volledig overzicht van de gemodelleerde maatregelen is opgenomen in **Tabel 2.2**. Een uitgebreide beschrijving van de effecten en bijbehorende modelparameters is opgenomen in **Bijlage B**.

De circulaire oplossingsruimte richt zich in de modellering op de periode tot 2050. De mate waarin maatregelen effect zullen hebben is mede afhankelijk van de snelheid en intensiteit van toepassing van de maatregelen: veel maatregelen zullen geleidelijk worden ingevoerd en opgeschaald. De resultaten zijn daarom geanalyseerd voor de jaren 2030, 2040 en 2050.

Aangezien het om een toekomstverkenning gaat, bestaat aanzienlijke onzekerheid over de daadwerkelijke implementatie van maatregelopties. Daarom is voor elke maatregel gewerkt met een minimaal en maximaal uitgangspunt. Het maximale uitgangspunt beschrijft een situatie waarin een maatregel breed en optimaal wordt toegepast. Het minimale uitgangspunt representeert een conservatievere inschatting van het mogelijke effect bij beperkte toepassing.

In totaal zijn de effecten van vijf overkoepelende strategieën en veertien afzonderlijke maatregelopties doorgerekend, voor zowel minimale als maximale uitgangspunten en uitgesplitst per productcategorie. Om de interpretatie van de verkende oplossingsruimte beheersbaar te houden, worden de resultaten als volgt gepresenteerd: (1) eerst worden de effecten per overkoepelende strategie beschreven; (2) daarna wordt het totale beeld geduid: welke maatregelen hebben relatief veel effect en welke beperkt; (3) tot slot worden opvallende zaken uitgelicht.

Tabel 2.2: Overzicht circulaire strategieën en de effecten meegenomen in het materiaalmodel

Strategie	Maatregel optie	Effect in materiaalmodel
Vermindering	Bewuste consumptie - minder kopen	Reductie van de vraag naar producten
	Bewuste consumptie - minder snel afdanken	Verlengen van de levensduur bij trend- en innovatiegevoelige producten
	Langere gebruiksduur van producten	Verlengen van productlevensduur voor producten waarbij de technische levensduur vaak bepalend is voor afdanking
	Deelgebruik // as-a-service	Deel van de vraag wordt vervangen door gedeeld gebruik; aangepaste levensduur en lagere instroom

	Verminderen materiaal intensiteit	Reductie van materiaalgebruik per product.
	Verbeterde productie-efficiëntie	Verlaging van materiaalverliezen in de productieketen
Substitutie	Toepassen biobased materialen	Substitutie van fossiele kunststoffen en composieten
	Toepassen recycalaat	Verhoging van aandeel secundair materiaal per component en materiaalcategorie
Levensduur-verlenging	Verhoogde toepassing reparatie / onderhoud / refurbishment	Toename van producten waarbij de levensduur wordt verlengd door reparatie, inclusief materiaal benodigd voor reparatie
	Verhoogd hergebruik	Toename van producten waarbij de levensduur wordt verlengd door hergebruik
Hoogwaardige verwerking	Verbetering inzameling	Reductie van het aandeel niet-ingezamelde producten
	Verbeterde scheiding / demontage	Meer producten en componenten richting gerichte recycling
	Verbeterde scheiding / versnipperen	Hoger aandeel materialen richting recycling per materiaalcategorie
	Verbeterde terugwinning (conventioneel)	Verhoogd materiaal terugwinningspercentage per materiaal
	Verbeterde terugwinning (precisie)	Verhoogde materiaal-specifieke terugwinning via gerichte processen

Instroom

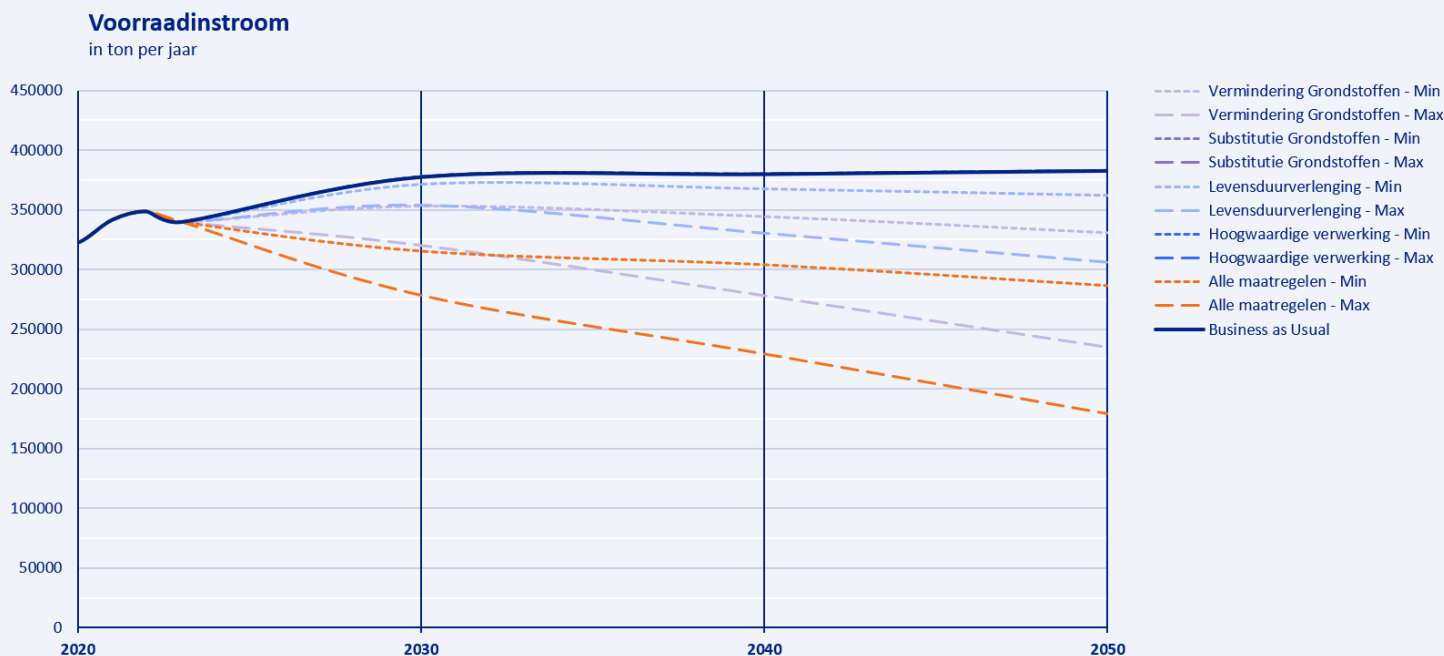
Figuur 2.8 laat het effect zien van de vier overkoepelende circulaire strategieën op de instroom van materialen in de gebruiksvorraad. Uit de resultaten blijkt dat de strategieën vermindering van grondstoffen en levensduurverlenging een direct effect hebben op de totale voorraadinstroom.

De laat veruit het grootste effect zien. Dit is het resultaat van de combinatie van meerdere maatregelen binnen deze strategie. Ten eerste leidt een lagere vraag naar nieuwe producten, bijvoorbeeld door bewuste consumptie en deelgebruik, tot een directe reductie van de instroom. Ten tweede dragen maatregelen gericht op langere gebruiksduur, zoals minder snel afdanken bij trend- of innovatiedreven producten, bij aan een lagere jaarlijkse vervangingsvraag. Tot slot leidt een reductie van de materiaalgebruik per product tot een aanvullende afname van de totale materiaalinstroom. Door deze samenhangende effecten heeft deze strategie een structureel en breed effect op het niveau van de materiaalbehoefte.

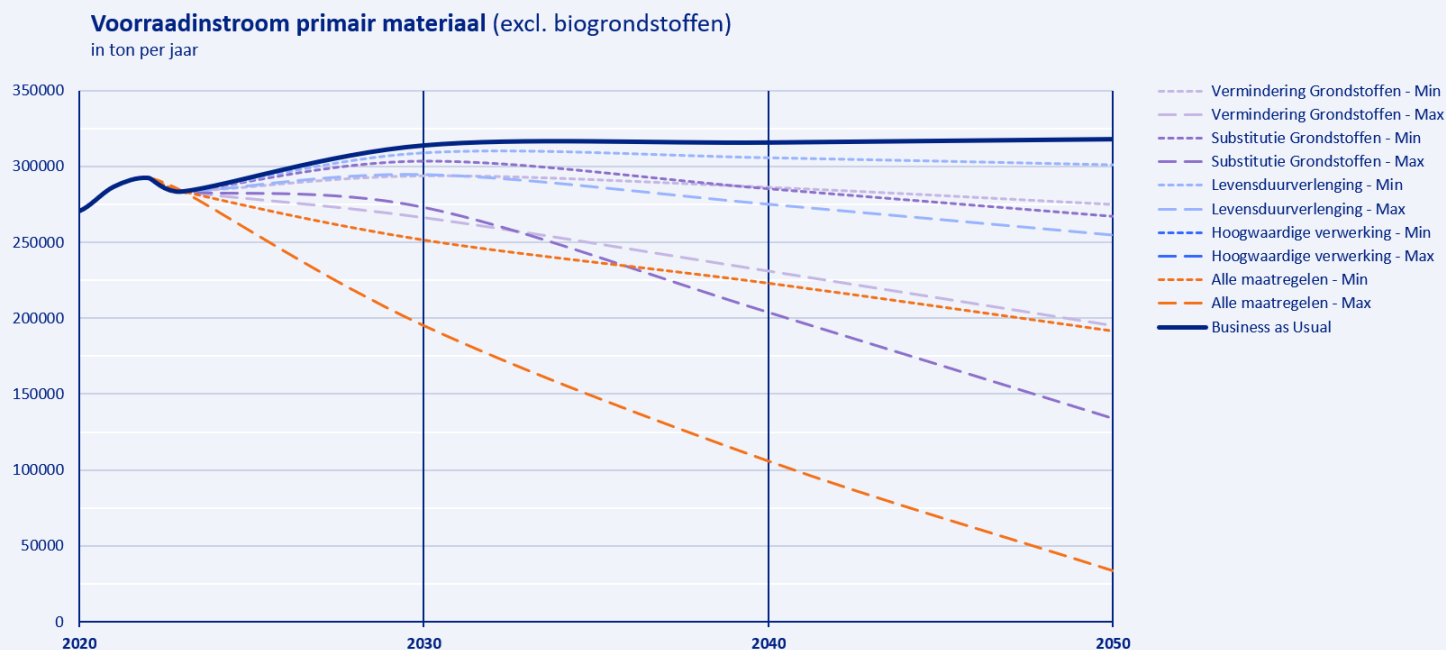
Levensduurverlengende maatregelen laten eveneens een reductie van de voorraadinstroom zien, zij het minder uitgesproken dan bij vermindering van grondstoffen. Dit wordt deels verklaard doordat rekening is gehouden met een additionele materiaalbehoefte voor reparatie, onderhoud en refurbishment. Daarnaast kan ook niet voor alle producten de levensduur worden verlengd door reparatie. Niet voor alle gebreken is het technisch haalbaar of economisch rendabel om de levensduur te verlengen.

De strategie *Substitutie* van grondstoffen heeft, zoals verwacht, een verwaarloosbaar effect op de totale voorraadinstroom. Deze strategie richt zich niet op het verminderen van de hoeveelheid gebruikte materialen, maar op het vervangen van primaire materialen door secundaire of biograndstoffen. Dit effect wordt zichtbaar wanneer wordt gekeken naar de samenstelling van de instroom.

Figuur 2.9 laat zien dat substitutie van grondstoffen kan leiden tot een reductie in de instroom van primaire niet-hernieuwbare materialen. Deze bijdrage is substantieel vanuit het perspectief van circulariteit en grondstoffenzekerheid, en in absolute zin groter dan de bijdrage van levensduurverlenging en vermindering van grondstoffen aan de primaire materiaalinstroom. Tegelijkertijd laten de resultaten zien dat zelfs bij maximale inzet van deze strategie de instroom van primaire materialen niet volledig kan worden geëlimineerd. Over alle strategieën gezamenlijk resulteert dit in een significante reductie van de primaire materiaalbehoefte. Dit onderstreept dat het realiseren van een volledig circulaire keten in 2050, op basis van de nu verkende oplossingsruimte, niet binnen bereik ligt met één enkele strategie, en dat een combinatie van maatregelen noodzakelijk is. Daarnaast vergt volledige circulariteit nog meer inzet dan de maatregelen hier worden gepresenteerd.



Figuur 2.8: Ontwikkeling voorraadinstream onder verschillende aannames voor de circulaire strategieën.



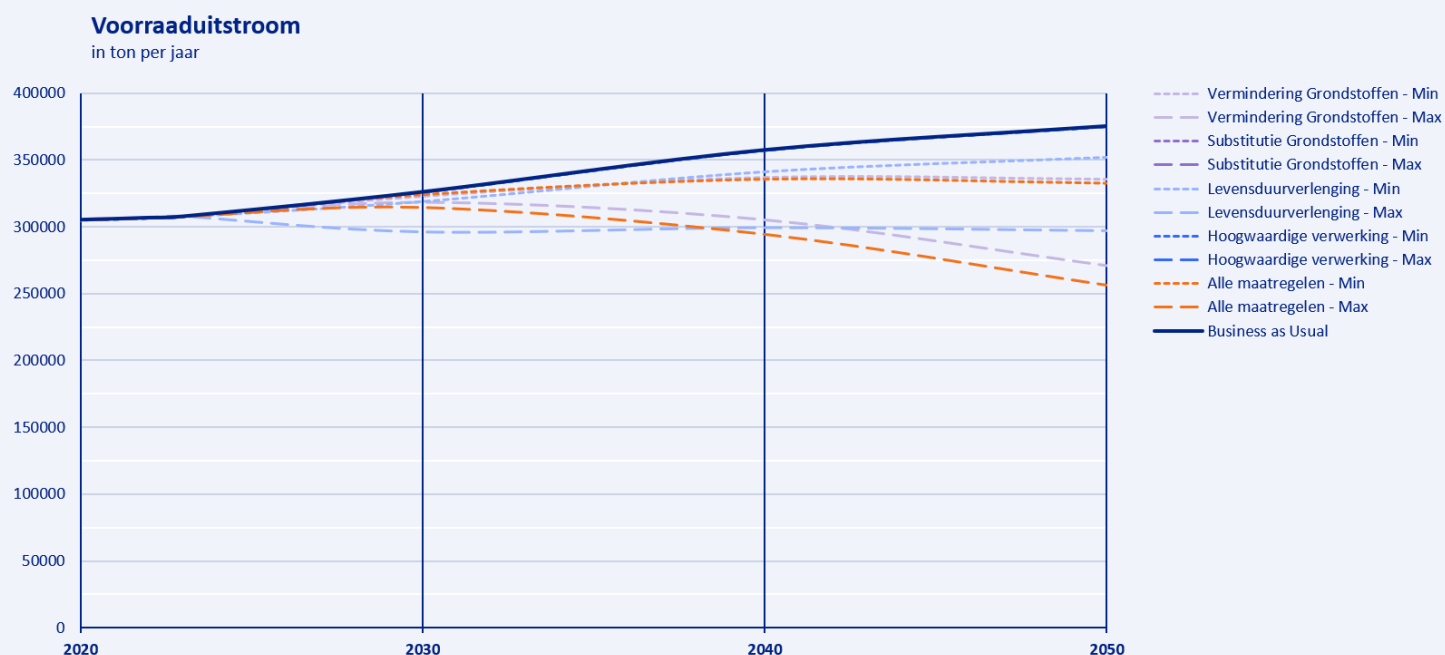
Figuur 2.9: Ontwikkeling van de voorraadinstroom voor primaire materialen, exclusief biograndstoffen, onder verschillende aannames voor de circulaire strategieën.

Uitstroom en verwerking

De onderlinge afhankelijkheid van strategieën wordt duidelijker wanneer ook de uitstroom uit de gebruiksvoorraad wordt beschouwd, zie **Figuur 2.10**. Levensduurverlengende maatregelen leiden tot een lagere uitstroom op korte en middellange termijn, doordat producten langer in gebruik blijven. Dit is positief vanuit het perspectief van materiaal- en milieubesparing. Als gevolg zijn er wel minder materialen beschikbaar die kunnen teruggewonnen en ingezet als secundair materiaal.

Voor de strategie substitutie van grondstoffen is de beschikbaarheid van voldoende secundair materiaal een essentiële randvoorwaarde, wat laat zien dat dit alleen gerealiseerd kan worden wanneer gelijktijdig wordt ingezet op hoogwaardige verwerking, waaronder verbeterde inzameling, gerichte scheiding en hogere terugwinningpercentages. Met name wanneer levensduurverlenging grootschalig wordt toegepast, is een verdere verbetering van de verwerking noodzakelijk om op termijn te kunnen voldoen aan de vraag naar secundaire materialen.

Deze resultaten maken zichtbaar dat de overkoepelende strategieën sterk met elkaar samenhangen. Maatregelen die de instroom reduceren, verschuiven of vertragen de uitstroom. Substitutie van materialen vraagt om voldoende en kwalitatief geschikte secundaire stromen, die alleen beschikbaar komen bij een goed functionerende eindlevensketen. Het bereiken van een meer circulaire elektronieketen vereist daarom een integrale inzet van maatregelen over de volledige levenscyclus van producten, waarbij geen enkele strategie op zichzelf toereikend is.



Figuur 2.10: Voorraaduitstroom onder verschillende opties voor circulaire strategieën.



Figuur 2.11: Terugwinning onder verschillende opties voor circulaire strategieën.

De combinatie van de individuele maatregelen, de maatregelen per circulaire strategie en het effect op materiaalstromen en milieu-impact is weergegeven in een groot overzicht in **Figuur 2.12**. Per kolom is aangegeven wat de reductie is van de maatregel ten opzichte van het BAU-scenario, of het percentage teruggewonnen materialen (voor de maatregelvariant). Ten behoeve van de leesbaarheid is voor iedere kolom weergegeven wat de hoge en lage waarden zijn. Donkere kleuren duiden op grotere veranderingen; negatieve reducties betekenen een toename ten opzichte van BaU. Het overzicht maakt het mogelijk om in te zien welke maatregelen een breed effect hebben (op meerdere indicatoren tegelijk) en welke maatregelen vooral gericht zijn op specifieke materiaalstromen of impactcategorieën.

Er zijn een aantal aspecten die opvallen met betrekking tot de instroom van materialen. Maatregel-opties als bewust consumeren, verminderen van de materiaalintensiteit, langere levensduur en deelgebruik hebben allen een substantieel potentiaal tot het reduceren van de instroom. Ook levensduurverlengende maatregelen laten een sterk potentieel zien, tot wel 20% reductie van de totale instroom. Wat moet worden opgemerkt is dat voor reparatie de materiaalbesparing sterk kan verschillen per type materiaal en reparatie en/of onderhoudsactie. Bijvoorbeeld het vervangen van printplaten, elektromotoren of schermen kan ervoor zorgen dat specifieke materiaalvraag kan groeien. De substitutie van grondstoffen heeft een zeer groot potentieel voor het reduceren van primair materiaalgebruik, maar dit zal sterk afhankelijk zijn van de beschikbaarheid van secundaire materialen, en de kwaliteit van deze materialen. De maatregelen rondom hoogwaardige verwerking laten duidelijk zien dat in het algemeen een verbeterde inzameling een grote bijdrage kan leveren aan het verbeteren van het terugwinningspercentage. Voor onder andere magneten en edelmetalen is juist de scheiding essentieel om te komen tot betere terugwinningspercentages.

Het patroon in **Figuur 2.12** laat zien dat maatregelen binnen vermindering grondstoffen doorgaans consistente reducties opleveren over zowel materiaalstromen als milieu-impacts. Dit komt omdat ze direct ingrijpen op de hoeveelheid nieuwe producten en daarmee op zowel de materiaalvraag en productiegerelateerde emissies die dominant zijn in de milieu-impactindicatoren. Maatregelen binnen hoogwaardige verwerking laten juist een duidelijk effect zien op indicatoren rond terugwinning en grotere reductie in niet-ingezamelde producten en niet teruggewonnen materiaal. Dit gaat ten koste van een relatief kleine verhoging van de milieu-impacts ten opzichte van BAU, omdat er meer verwerkings- en terugwinningsactiviteiten worden ontplooid. Bij substitutiemaatregelen zien we (zoals verwacht) een reductie van primaire materiaalstromen en de daarmee samenhangende verliezen tijdens (primaire) productie worden minder. Door primaire productie te vervangen worden ook hier de milieu-impacts significant lager. Levensduurverlengende maatregelen hebben ook een aanzienlijk reductiepotentieel. Reparaties, onderhoud en refurbishment kunnen ook materialen vergen en het is situatie afhankelijk of de extra levensduur opweegt tegen de uitgespaarde vraag naar nieuwe producten.

		Instroom											Uitstroom		Milieu-impact						Terugwinningspercentage													
		Primair											Productie verliezen	In voorraad	Totaal	Niet teruggewonnen	Agrarisch landgebruik	Klimaatverandering	Humane toxiciteit (kankerverwekkend)	Humane toxiciteit (niet- kankerverwekkend)	Waterverbruik	Andeel secundair	Aandeel biobased	Recyclingspercentage	Ferrometalen	Aluminium	Koper	Kunststoffen	Permanente magneet	Goud	Zilver	Palladium	Indium	
		Totaal	Totaal	Ferrometalen	Aluminium	Koper	Kunststoffen	Magneet	Goud	Zilver	Palladium	Indium																						
Scenario Maatregel optie \ Indicator		Reductiepercentage t.o.v. Business as Usual																				Relatieve percentage												
Business as Usual		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Vermindering Grondstoffen	Min	14%	14%	13%	14%	13%	14%	13%	14%	14%	14%	14%	22%	9%	11%	10%	12%	11%	11%	12%	11%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	39%	39%	38%	39%	38%	39%	38%	39%	39%	39%	40%	51%	26%	28%	28%	33%	30%	30%	32%	33%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	33%	44%	33%	0%	
Bewuste consumptie (minder kopen)	Min	5%	5%	5%	6%	5%	5%	4%	5%	5%	5%	6%	5%	5%	5%	4%	5%	5%	5%	5%	4%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	15%	15%	15%	14%	13%	14%	11%	13%	12%	13%	14%	15%	13%	11%	10%	14%	14%	13%	13%	13%	16%	0%	68%	77%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Langere levensduur producten	Min	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	2%	0%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	2%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	7%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	9%	8%	9%	8%	7%	0%	7%	7%	8%	7%	7%	7%	7%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	33%	44%	33%	0%	
Deelgebruik	Min	4%	4%	4%	3%	4%	4%	4%	2%	2%	2%	3%	4%	2%	2%	2%	3%	3%	3%	3%	3%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	32%	0%	
	Max	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	6%	7%	6%	7%	10%	7%	7%	7%	8%	9%	8%	8%	9%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	31%	43%	32%	0%	
Verminderde materiaalintensiteit	Min	3%	3%	3%	4%	3%	4%	4%	5%	5%	5%	4%	3%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	14%	14%	14%	15%	15%	15%	17%	19%	18%	18%	18%	14%	10%	8%	9%	8%	4%	5%	8%	8%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Verbeterde productie efficiëntie	Min	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Substitutie Grondstoffen	Min	0%	16%	20%	24%	22%	13%	10%	24%	20%	24%	36%	16%	0%	0%	0%	12%	8%	6%	11%	17%	26%	5%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	0%	58%	60%	77%	69%	56%	50%	83%	73%	84%	54%	54%	0%	0%	0%	39%	29%	22%	31%	56%	54%	12%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Toepassen recyclaat	Min	0%	11%	20%	24%	22%	3%	10%	24%	20%	24%	36%	14%	0%	0%	0%	12%	8%	6%	11%	17%	26%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	0%	45%	60%	77%	69%	30%	50%	83%	73%	84%	54%	48%	0%	0%	0%	39%	29%	22%	31%	56%	54%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Toepassen biobased materialen	Min	0%	5%	0%	0%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	5%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	0%	13%	0%	0%	0%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	12%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Levensduurverlenging	Min	5%	5%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	0%	6%	6%	3%	3%	3%	3%	3%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	32%	0%	
	Max	20%	20%	21%	19%	20%	19%	20%	16%	16%	16%	16%	20%	0%	21%	21%	17%	17%	17%	17%	19%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Verhoogde reparatie	Min	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	3%	0%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	16%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	32%	0%	
	Max	12%	12%	12%	11%	12%	11%	12%	6%	6%	6%	7%	12%	0%	12%	12%	11%	11%	11%	11%	13%	16%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Verhoogd hergebruik	Min	2%	2%	2%	3%	3%	2%	3%	4%	4%	4%	4%	2%	0%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	32%	0%	
	Max	8%	8%	8%	8%	8%	8%	9%	11%	10%	11%	10%	8%	0%	9%	9%	9%	8%	8%	9%	9%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Hoogwaardige verwerking	Min	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	29%	-2%	0%	-2%	-16%	0%	17%	0%	78%	86%	78%	81%	49%	27%	60%	65%	61%	10%	
	Max	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	62%	-3%	2%	-4%	-32%	0%	17%	0%	89%	93%	89%	91%	72%	72%	86%	86%	86%	22%	
Verbeterde inzameling	Min	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	-2%	-3%	-2%	-5%	0%	17%	0%	74%	84%	75%	79%	35%	0%	40%	53%	41%	0%	
	Max	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	19%	-3%	-5%	-2%	-8%	-1%	17%	0%	79%	89%	81%	85%	38%	0%	47%	61%	48%	0%	
Verbeterde scheiding componenten	Min	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	11%	0%	3%	0%	-7%	0%	17%	0%	71%	79%	70%	72%	41%	19%	41%	49%	41%	5%	
	Max	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	22%	0%	5%	-1%	-14%	1%	17%	0%	75%	80%	72%	74%	50%	37%	50%	55%	50%	10%	
Verbeterde scheiding na versnipperen	Min	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
Verbeterde terugwinning (conventioneel)	Min	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	79%	69%	71%	35%	0%	37%	46%	39%	0%	
	Max	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	0%	-1%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	79%	69%	72%	40%	0%	43%	50%	44%	0%	
Verbeterde terugwinning (precisie)	Min	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	43%	33%	0%	
	Max	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	17%	0%	68%	78%	68%	71%	32%	0%	32%	44%	33%	0%	
Alle maatregelen	Min	25%	40%	32%	36%	33%	26%	22%	35%	32%	35%	46%	37%	9%	11%	42%	21%	18%	15%	6%	27%	26%	5%	79%	87%	78%	82%	50%	27%	60%	65%	61%	10%	
	Max	53%	89%	80%	89%	84%	78%	72%	91%	85%	92%	75%	81%	27%	32%	80%	58%	52%	43%	29%	73%	54%	11%	89%	93%	89%	91%	72%	72%	86%	86%	86%	21%	

Figuur 2.12: Overzicht van het effect van maatregelen per prestatie indicator voor 2050.

2.3 Samenvattende bevindingen toekomstscenario's

De scenarioanalyse in **Hoofdstuk 2** laat zien dat het Business-as-Usual (BaU) scenario leidt tot een lichte groei van de voorraad in gebruik en daarmee tot een beperkte toename van de jaarlijkse instroom van producten en materialen richting 2050. Door een dalend gemiddeld productgewicht blijft de groei in massa relatief beperkt, maar in aantallen blijft de instroom toenemen. De uitstroom uit de gebruiksvorraad neemt sterker toe dan de instroom, doordat de eerder gegroeide voorraad met vertraging als afgedankt product vrijkomt. Dit betekent dat er richting 2050 meer producten en materialen beschikbaar komen voor inzameling, hergebruik en recycling, maar ook dat zonder aanvullende maatregelen het absolute volume aan verliezen (niet ingezameld, sorteer- en verwerkingsverliezen) groot blijft.

Binnen het BAU-scenario wordt verondersteld dat de ingezette verbetering in inzameling in de komende jaren nog doorzet, maar dat deze verbetering richting 2030 afvlakt en daarna onvoldoende is om de inzamelambities structureel te realiseren. In lijn hiermee laten de terugwinningspercentages per materiaalcategorie slechts een beperkte stijging zien en vervolgens stabilisatie. De verschillen tussen materialen blijven daarbij bepalend. Dit onderstreept dat verdere verbetering van terugwinning niet alleen een inzamelvraagstuk is, maar vooral vraagt om aanvullende stappen in (voor)sorteer- en demontageprocessen en in de inzet van gespecialiseerde recyclingroutes.

Naast materiaalstromen zijn ook de milieu-impacts van de scenario's in kaart gebracht. In het BaU-scenario volgen de milieu-impacts in grote lijnen het beeld van de materiaalinstroom: er is een lichte toename richting 2050 en slechts beperkte verschuiving tussen productcategorieën en impactcategorieën (zie **Figuur 2.12**). Dit komt doordat de productie- en materiaal gerelateerde processen dominant zijn in de totale impact en de productmix slechts geleidelijk verandert. Daarbij geldt als belangrijke nuance dat de milieu-impacts zijn berekend op basis van huidige aannames over productietechnologie, energie-mix en achtergrondprocessen. Mogelijke toekomstige 'vergroening' van productie en energievoorziening kan de impact per eenheid materiaal reduceren en daarmee het totale beeld gunstiger maken, maar het expliciet modelleren van deze dynamiek valt buiten de reikwijdte van deze studie.

De verkenning van de circulaire oplossingsruimte laat zien dat substantiële verbeteringen in circulariteit en milieuprestaties mogelijk zijn, maar alleen bij een samenhangende inzet van maatregelen over de volledige keten. Het totaaloverzicht in **Figuur 2.12** toont dat maatregelen onder *vermindering* (zoals minder kopen, deelgebruik en lagere materiaalintensiteit) consistente reducties geven in zowel materiaalinstroom als milieu-impact, omdat ze direct ingrijpen op de vraag naar nieuwe producten en daarmee op productiegerelateerde emissies. *Levensduurverlenging* (reparatie, onderhoud, refurbishment en hergebruik) kan de instroom van nieuwe producten eveneens verlagen, maar kent een dynamisch effect doordat uitstroom wordt vertraagd; dit is gunstig voor materiaal- en emissiereductie, maar kan op korte en middellange termijn de beschikbaarheid van secundaire materialen beperken. *Substitutie* verlaagt met name de instroom van primaire (niet-hernieuwbare) materialen door meer recycelaat toe te passen, maar is daarmee afhankelijk van voldoende volume én kwaliteit van secundaire stromen. Dat maakt *Hoogwaardige Verwerking* een cruciale randvoorwaarde: verbeterde inzameling, gerichte scheiding/demontage en (materiaal)specifieke recyclingroutes

zijn nodig om secundaire materialen beschikbaar te maken, met bijzondere aandacht voor kunststoffen, magneten en printplaatgerelateerde edelmetalen.

Een belangrijk inzicht uit de scenarioverkenning is daarmee dat sturen op alleen recycling onvoldoende is om de doelen voor 2030/2035 en de ambitie van 2050 te benaderen; de grootste effecten worden gerealiseerd door *Vermindering* en *Levensduurverlenging* te combineren met gerichte ketenverbeteringen in inzameling en hoogwaardige verwerking, zodat substitutie met recycalaat daadwerkelijk kan opschalen.



3 MIS analyse – Systeemdynamiek, belemmeringen en kansen

Samenvatting

*De MIS analyse onderzoekt op welke manieren de dynamiek binnen het innovatiesysteem de ontwikkeling van verschillende circulaire strategieën bevordert of tegenwerkt. Inzicht in deze dynamiek is kwalitatief van aard - de MIS analyse is gebaseerd op interviews met 19 experts die een brede selectie aan stakeholders vertegenwoordigen. Zie **Bijlage D.1** voor een toelichting/leeswijzer op de MIS analyse. De MIS analyse laat zien dat de circulaire transitie van EEA nog wordt belemmerd door een systeem dat vooral op lineaire productie en lage kosten is ingericht. Recycling krijgt relatief veel beleidsmatige steun, terwijl levensduurverlenging zich in een spanningsveld bevindt en verminderen en substitutie weinig aandacht krijgen. Voor levensduurverlenging vormen hoge kosten van reparatie en refurbishment een centraal probleem. Dit wordt veroorzaakt door de hoge benodigde arbeidsintensiteit, beperkte toegang tot onderdelen en reparatie-informatie, slecht reparabel ontwerp, gebrek aan standaardisatie en inefficiënte inzameling en logistiek. Onduidelijke garantiewetgeving en ongelijke ketenverhoudingen leiden daarnaast tot conflicten tussen producenten, retail en consumenten over kosten en aansprakelijkheid. Europees beleid adresseert toenemend deze problemen, maar ambitieuze invulling en vertaling naar Nederlands beleid is noodzakelijk. Ook hoogwaardige verwerking en toepassing van recycalaat lopen vast op economische en technische barrières. Lage prijzen van primaire materialen, gebrek aan incentives voor het produceren en toepassen van recycalaat en gebrekkige waardering van CRMs zorgen voor gebrek aan marktvraag. Complexe materiaalmixen, moeilijk demonteerbare producten en beperkte kennis over aanwezigheid van CRMs hinderen hoogwaardige verwerking en opschaling. Hierdoor ontbreekt vaak een rendabele businesscase voor circulaire verwerking, ondanks technologische vooruitgang.*

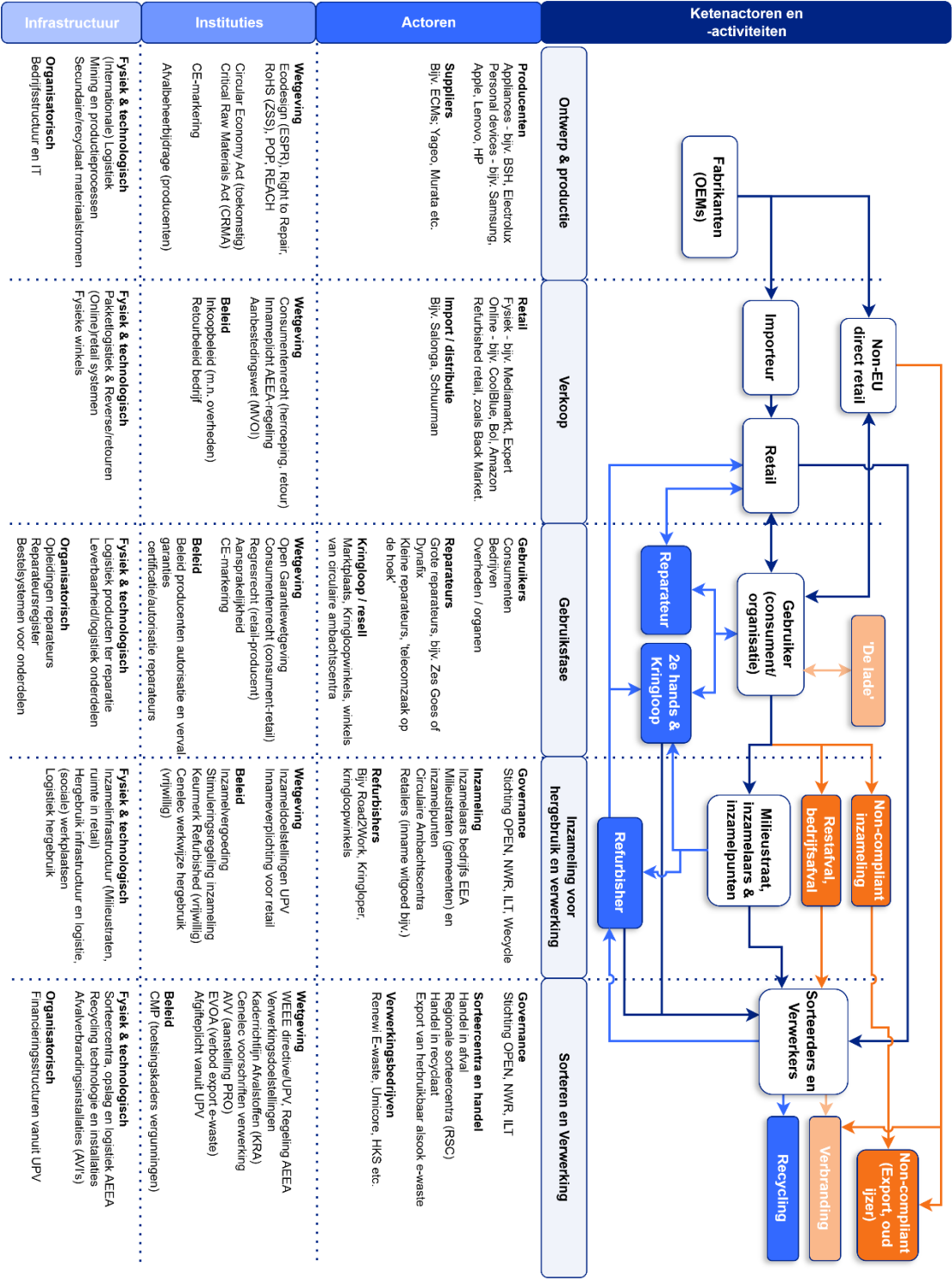
De analytische stappen tezamen wijzen op vier samenhangende hoofdknelpunten:

- 1. Doelstellingen, kaders en regelgeving sturing nog te weinig op circulair en missen coherentie;*
- 2. Ketenstructuren en -verhoudingen veroorzaken afhankelijkheden en spanningen tussen ketenpartijen rond garantiebepaling. De achterkant van de keten is nog te weinig ingericht op waardebehoud, en de vele initiatieven rond levensduurverlenging blijven versnipperd door gebrek aan uniformisering en bundeling.*
- 3. Ontwerp- en materiaalkeuzes, informatiegebrek en ontbrekende automatisering hinderen circulariteit.*
- 4. Lineaire verdienmodellen zijn sterk verankerd. Gebrek aan gelijk speelveld, en onderontwikkelde waardeproposities, klantreizen en circulaire verdienmodellen hinderen opschaling en mainstreaming.*

Voor deze hoofdknelpunten en de specifieke dynamieken per circulaire strategie zijn systeeminterventies geformuleerd in dit hoofdstuk.

3.1 Structuur analyse

In onderstaand figuur (**Figuur 3.1**) wordt in aanvulling op de ketenstructuur gepresenteerd in **Hoofdstuk 1** een overzicht gegeven van actoren, instituties en infrastructuren die een belangrijke rol spelen voor de innovatiedynamiek binnen de EEA-keten.



Figuur 3.1: Overzicht ketenactoren, instituties en infrastructuur in de elektronieketen.

- Een aantal zaken valt op in deze structuur:
- De voorkant van de keten lijkt overzichtelijker en gestroomlijnder qua aantallen actoren en wetgeving dan de gebruiksfase en achterkant van de keten.
 - Er zijn relatief veel onwenselijke routes waarlangs afgedankte EEA kan stromen, routes waarbij correcte en hoogwaardige verwerking niet plaatsvinden.

- › Gebruikers hebben een centrale positie in de stroomroutes door de keten heen, maar relatief weinig van de sturende kaders hebben directe koppeling met gebruikers.
- › Sorteren vormt een belangrijke schakel om wenselijke routes in te zetten – dit zet veel druk op het maken van de juiste keuzes, sorteren bestaat uit continue ‘beslismomenten’. Deze complexiteit verhoogt de kans dat EEA stromen niet zomaar bij de optimale bestemming komen (bijv. refurbisher, directe tweedehands verkoop, component terugwinning, gerichte hoogwaardige verwerking van specifieke materialen, of simpelweg verwerking). Hiermee wordt ook een flink beroep gedaan op informatiesystemen die deze keuzes informeren, en logistieke processen en infrastructuur om uitsplitsing en vervoer e.d. mogelijk te maken.
- › Omdat OEMs van elektronica vaak niet in Nederland of de EU gevestigd zijn, is het niet vanzelfsprekend dat terugwinning van materialen ook leidt tot kringloopsluiting.
- › De routes vanuit refurbishers terug naar (nieuwe) gebruikers zijn vrij diffuus. Soms verloopt dit via refurbished retail, soms via reguliere retail, soms via kringloopcentra.

Deze bevindingen komen terug in de (knellende) systeemdynamieken die beschreven worden in de functionele analyse.

3.1.1 Positionering in missie arena

De Missie Arena is de benaming voor de arena waarbij actoren sturing geven aan de missie. Een missie betekent niet vanzelfsprekend hetzelfde voor iedereen – verschillende actoren stellen binnen een missie andere problemen en daardoor vaak ook andere oplossingen centraal. Ook is er onderscheid te maken tussen richting geven aan het beleid (gecentreerd rond doelen en problemen/uitdagingen), en richting geven aan de praktijk (gecentreerd rond targets en oplossingen). Naast inhoudelijke verschillen tussen actoren, verschilt ook de mate van invloed die ze (kunnen) uitoefenen op de richting van beleid en uitvoering. Actoren die in het midden van beleid en uitvoering gepositioneerd zijn, hebben vaak een brugfunctie.

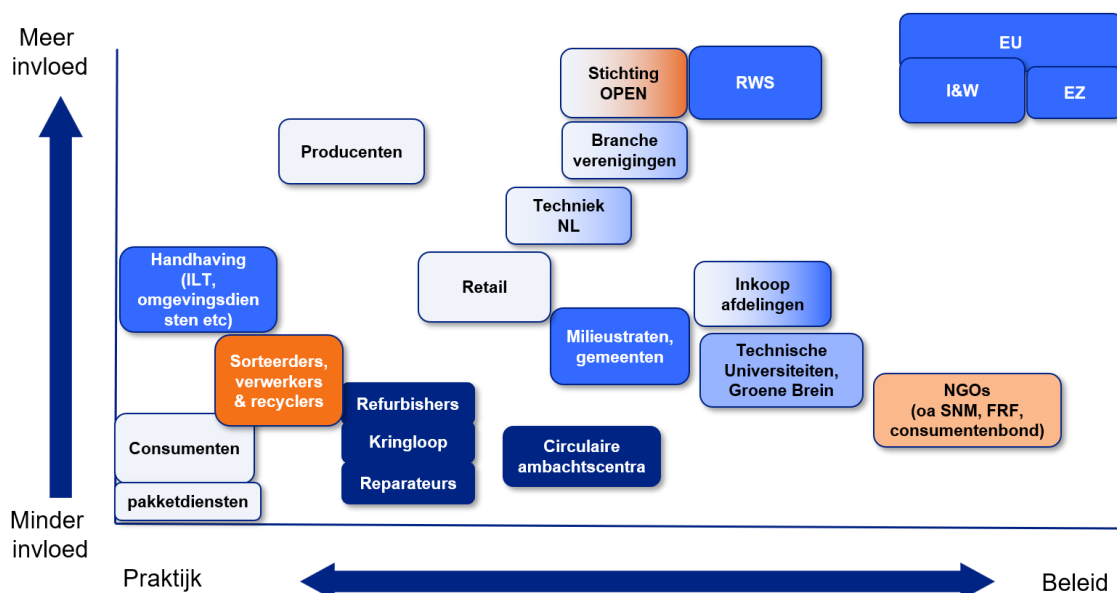
In **Figuur 3.2** wordt een interpretatie gegeven van actoren en hun positie in de missie arena van circulaire EEA.⁴¹ Hiermee wordt een context geschetst die ondersteunt in het plaatsen van de bevindingen over knelpunten en systeemdynamieken in de probleem-oplossing diagnose en de functionele analyse. Ook valt een aantal zaken op rond de missie arena:

- › Consumenten hebben ondanks hun grote invloed op de (circulaire) EEA keten geen positie in de arena.
- › Stichting OPEN heeft vanwege de AVV binnen de UPV een sterk richtinggevende positie in de invulling van (hoe te voldoen aan) wettelijke doelstellingen. Producenten zijn weliswaar niet direct betrokken bij richting geven aan beleid, maar via brancheverenigingen en daarmee ook zitting in bestuur van Stichting OPEN. Het is de vraag of van grote gevestigde partijen verwacht kan worden dat deze impuls zullen geven aan werkelijk radicale circulaire richtingen.
- › Ondanks de relatief gesloten governance van de UPV, valt ook op dat er veel en brede netwerken en samenwerkingen bestaan, zoals de LLE coalitie, Taskforce Circulaire Elektronikaketen etc. waaruit agenderende en richtinggevende documenten zijn ontstaan, zoals Routekaarten en aanbevelingen voor beleid. Hierbij is echter wel duidelijk dat in dergelijke netwerken geen besluitvorming plaatsvindt, geen bindende afspraken worden gemaakt, maar wel gezocht wordt naar richting, randvoorwaarden en concrete stappen om te ondernemen. Er wordt dan ook door geïnterviewden gesteld dat er veel en constructief

⁴¹ zie **Bijlage D.2** voor een uitgebreidere achtergrond van de actoren en hun positionering.

nagedacht is afgelopen jaren, en dat dit veel inzicht en handelingsperspectief oplevert, maar dat de stap richting actie momenteel nog wel te veel uitblijft.

- › De EU heeft een zeer bepalende rol, maar bevindt zich grotendeels buiten de Nederlandse missie arena. Verschillende ministeries en departementen zijn actief bezig met het ontwikkelen van effectieve sturing, maar er zijn ook verschillende probleemstellingen die vereniging rond circulariteit soms lastig maken (zie paragraaf 3.1.2).
- › Milieustraten hebben momenteel relatief weinig invloed op de invulling van de UPV, terwijl ze een centrale positie hebben in de keten als startpunt voor sortering en soms ook koplopers (willen) zijn in circulaire activiteiten. Sorteerders en verwerkers lijken tot vooralsnog vooral uitvoerend te zijn binnen de kaders en prikkels van de UPV en materiaalmarkten.
- › Circulaire partijen hebben weinig macht. Ze zijn nog niet altijd verenigd in bijvoorbeeld brancheverenigingen, maar nemen wel deel aan eerdergenoemde netwerken om richting te geven aan circulaire oplossingen. NGO's hebben een vergelijkbare positie.

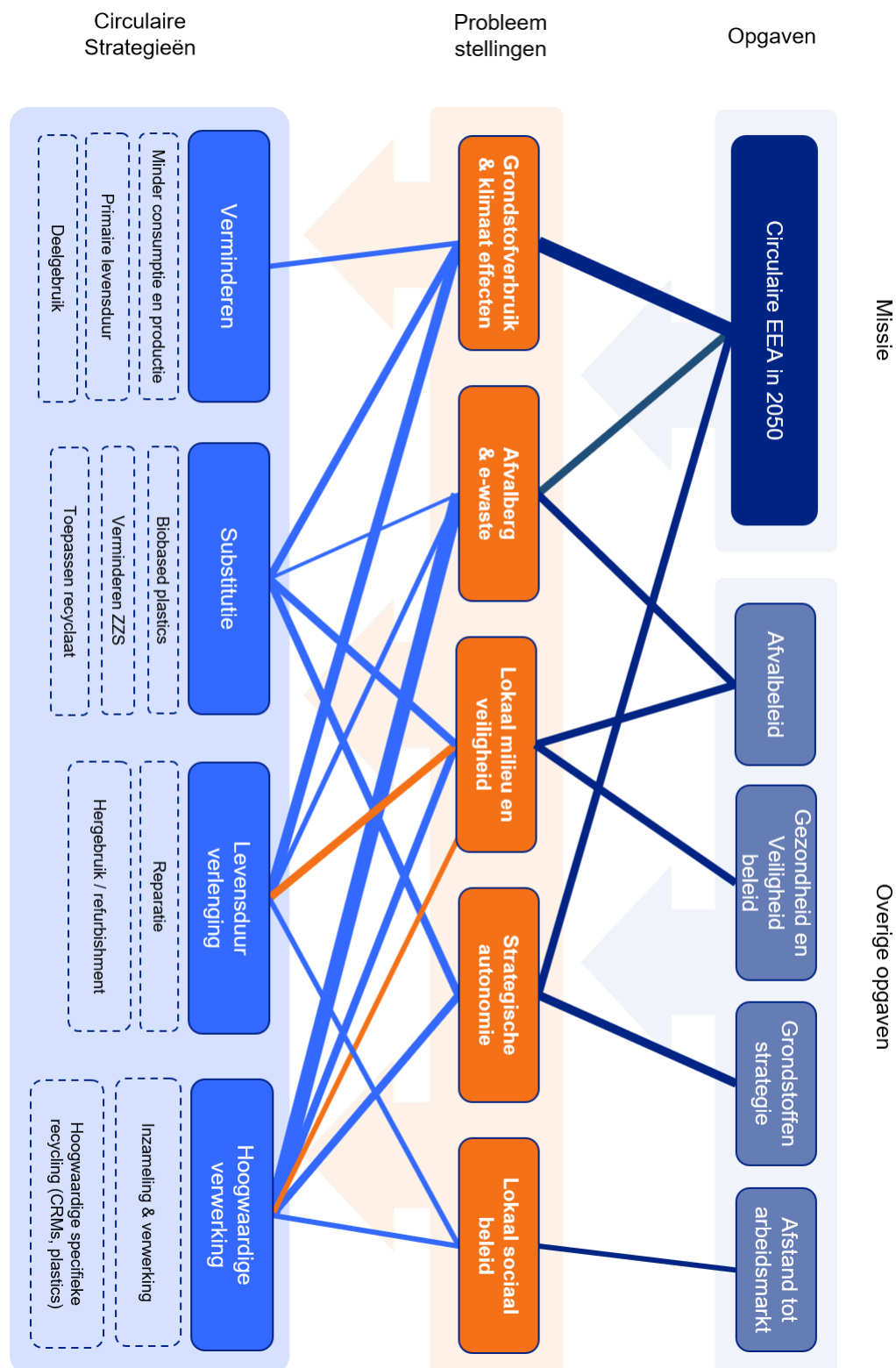


Figuur 3.2: Weergave van Missie Arena rond EEA. Legenda: inzameling & verwerking (oranje), commerciële ketenpartijen (grijs), overheid (felblauw), NGO (lichtoranje), kennis en standaarden (lichtblauw), circulaire activiteiten (donkerblauw).

3.1.2 Probleem-oplossing diagnose

Hier wordt gereflecteerd op de dynamiek binnen de missie arena op welk probleemstellingen (**'problemen'**) hier te onderscheiden zijn en hoe de logica van deze problemen steun of weerstand geven voor de verschillende circulaire strategieën (**'oplossingen'**). **Figuur 3.3** geeft een interpretatie van het landschap van probleemstellingen en hoe deze probleemstellingen verschillende oplossingsrichtingen legitimeren. NB: deze figuur is bedoeld om de lezer kritisch en met frisse ogen te laten kijken naar de missie – het beoogt niet om beleidsstructuren en doelstellingen feitelijk weer te geven. De invloed in de figuur loopt van boven naar beneden, dus van probleemstelling naar oplossingen.

Vervolgens wordt per circulaire strategie deze probleem-oplossing dynamiek besproken. In **Bijlage D.1** wordt uitgebreidere toelichting op de probleemstellingen gegeven.



Figuur 3.3: Overzicht probleem-oplossing landschap in missie-arena EEA. Invloed loopt van boven naar beneden. Groene lijnen geven steunende verbindingen aan, oranje lijnen belemmerende. De dikte van de lijn illustreert de invloed. Grootte van de tekst bij circulaire strategieën geeft mate van dominantie/aandacht aan.

Vermindering

Het verminderen van grondstofgebruik per product heeft plek binnen gangbare kostenbesparende bedrijfsvoering. Ondanks de grote potentiële impact op materiaalgebruik en milieu-impacts, krijgt verminderen in de vorm van minder productie en consumptie weinig aandacht. Enerzijds door sterke uitgangspunten van globale handel, persoonlijke vrijheid en productinnovatie, en anderzijds door exogene trends als digitalisering (Int. 8). Hierin wordt de link tussen reclame en bedrijfsstrategie, en vraag vanuit consumenten minder belicht (Int. 4), en wordt consumentengedrag genoemd als iets dat momenteel toch wel wordt gezien als buiten de scope van overheidsbeleid (Int. 2). Echter lijkt er enige verschuivingen te ontstaan in logica: toegang tot Europese markten voor laagwaardige EEA begint beperkter te worden (zie **Hoofdstuk 4**). Een gemiste kans is dat verminderen van consumptie nog weinig in verband wordt gebracht met strategische autonomie, ondanks dat minder consumeren ook proportioneel tot minder afhankelijkheid leidt.

Substitutie

Biobased materialen worden binnen EEA nog weinig toegepast en spelen nauwelijks een rol in beleidsdoelen rond EEA. Substitutie van materialen met recycalaat krijgt meer steun, onder meer vanuit de strategische autonomieagenda en de CRMA, maar directe doelstellingen voor toepassing van recycalaat binnen EEA ontbreken nog. Echter zijn concrete productgroepdoelen voor EEA nog in de maak (Int. 1) en leeft deze discussie op EU niveau, waar horizontale eis onder de ESPR-wetgeving voor toepassing recycalaat momenteel wordt uitgewerkt (Int. 2). Tegelijkertijd wordt ook substitutie van vlamvertragers steeds sterker wettelijk afgedwongen met oog op veiligheid en recyclebaarheid (Int. 11). Toepassing van recycalaat stuit daarnaast soms op beperkingen vanuit (voedsel)veiligheid.

Levensduurverlenging

Wordt door velen in het werkveld gezien als de circulaire strategie met de meeste onbenutte potentie en ontleent de grootste steun aan de typisch circulaire probleemstelling van grondstofverbruik (en waardebehoud). Levensduurverlenging krijgt ook steun vanuit verminderen afvalberg door het beperken van vroegtijdige afdanking. Afvalbeleid compliceert levensduurverlenging door eisen te stellen aan handelingen met AEEA vanuit product- en milieuveiligheid. Reparatie is sterk gevestigd als oplossing, ook wegens garantiewetgeving. Refurbishment is nog een nieuwer concept en minder ontwikkeld, maar ontleent steun aan de probleemstellingen rond grondstofgebruik en vervult een rol vanuit lokaal sociaal beleid (Int. 4,12). Strategische autonomie wordt vooral op materialen gericht en niet op producten, en wordt dus nog (te) weinig benut voor legitimatie van levensduurverlenging.

Hoogwaardige verwerking

Heeft een zeer sterke positie als circulaire strategie. Recycling ontleent aan alle probleemstellingen steun, indien substitutie als de 'achterkant' van recycling wordt gezien. De juridisch invloedrijke probleemstelling van veilige verwerking steunt recycling waar het sommige andere circulaire oplossingen belemmert (zoals hierboven beschreven). Hoogwaardige verwerking (specifieke materialen) heeft extra steun vanuit de strategische autonomie agenda, maar kan zich minder beroepen op extra steun vanuit gevestigde logica rond afvalverwerking – daarvoor is verwerking op zichzelf vaak 'goed genoeg'. Ook hoogwaardige verwerking heeft een link vanuit sociale arbeid (Int. 11). Recyclingdoelstellingen op productgroepe niveau hebben onduidelijk verband met kringloopsluiting omdat er (nog) geen substitutiedoelen zijn opgesteld.

3.2 Functionele analyse systeemdynamiek

In deze paragraaf worden eerst de overkoepelende dynamieken gepresenteerd die vanuit de MIS analyse geobserveerd zijn voor circulaire EEA. Vervolgens wordt voor elk van de vier circulaire strategieën een analyse gegeven van de systeemdynamiek en knelpunten die daaruit voortkomen. Binnen de functionele analyse wordt het toepassen van recyclaat behandeld onder de circulaire strategie *Hoogwaardige Verwerking*, omdat de systeemdynamiek hiervan sterk samenhangt met de beschikbaarheid van secundair materiaal uit hoogwaardige verwerking.

3.2.1 Vermindering

Systeemdynamiek en knelpunten rond Vermindering

Samenvatting vanuit innovatiesysteem functies: *de grootste knelpunten liggen in een basis van gebrekkige legitimiteit voor vermindering vanuit beleid, producenten en consumenten, mede vanuit gevestigde business modellen en gepaard gaande snelle innovatiedynamiek. Vanuit zwakke legitimiteit is er gebrek aan aandacht en sturing en gebrek aan actieve stimulering van alternatieven, waardoor initiatieven beperkt blijven.*

In de dynamiek rond *Vermindering* staat een zelfversterkende driehoek centraal: culturele normen, consumentenvoorkeuren en gebruikspatronen van EEA maken dat privébezit van de nieuwste technologie de norm is. Snelle innovatiedynamiek versterkt dit patroon door elkaar snel opvolgende nieuwe functionaliteiten (Int. 8) en marketing van nieuwe producten om vraag aan te wakkeren (Int. 4). Snelle consumptiepatronen maken ook dat prijs een belangrijk selectie criterium is (Int. 8,10). Het verdienmodel van producenten is dus innovatie op functionaliteit tegen lage kosten, waardoor in ontwerp levensduur geen prioriteit krijgt. Europees beleid grijpt hier al wel op in middels een minimale periode van software support vanuit ESPR. Ook is vanaf 2026 het uniforme EU garantielabel van kracht, waarmee producenten hun commerciële garantie kunnen communiceren naar consumenten, hetgeen impuls geeft aan concurrentie op levensduur (int. 8).⁴²

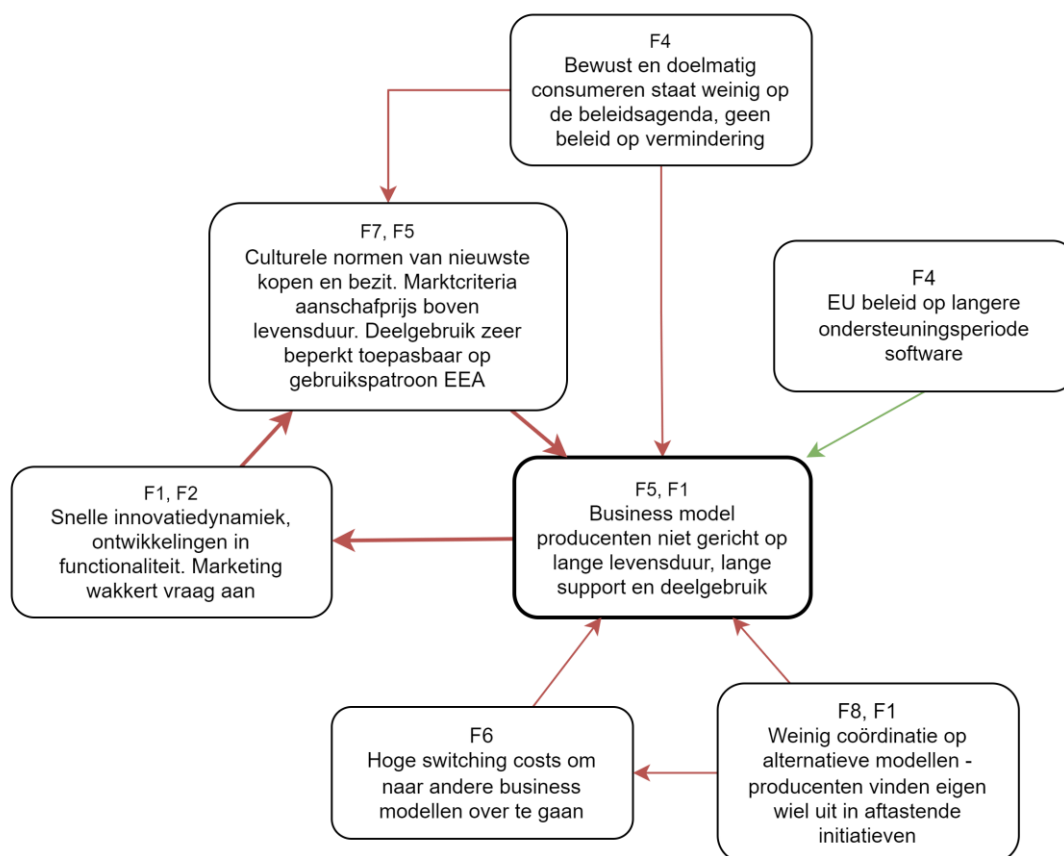
Deelgebruik lijkt vanuit circulaire potentie voor de hand liggend, maar voor een aantal grote categorieën binnen EEA⁴³ is er vanuit gebruikspatronen (continu en persoonlijk gebruik, beschikbaarheidseisen, hygiëne) en productkenmerken (bijvoorbeeld grootte of mobiliteit) weinig toepasbaarheid in deelgebruik (Int. 8). Deelgebruik lijkt vooral geschikt voor producten die vaak ongebruikt alsook mobiel zijn (zoals boormachines) ofwel lage gebruiksintensiteit hebben en centraal georganiseerd kunnen worden (bijv. wasmachines, waardoor wasserettes een logisch concept zijn).

Vanwege de heersende concurrentiebasis zijn producenten *locked-in* geraakt in het huidige businessmodel, en geven geïnterviewden aan dat producenten hoge overstapkosten, organisatorische hordes en onzekere marktvraag ervaren in het serieus ontplooiën van alternatieve modellen zoals deelgebruik (interview 8,10). Aan marktcreatie lijkt vanuit beleid niet actief te worden gewerkt. Ook lijkt er weinig coördinatie en kennisdeling plaats te vinden op alternatieve modellen, waardoor producenten individueel aftastend het wiel uitvinden (Int. 8, 10).

⁴² Zie ook dynamiek rond garantie onder Levensduurverlenging.

⁴³ Zoals witgoed, airco's en warmtepompen, personal devices, klein huishoudelijk.

In **Figuur 3.4** wordt de bovenstaande systeemdynamiek samengevat. Een uitgebreidere onderbouwing van systeemdynamiek kan gevonden worden in **Bijlage D.3.1**.



Figuur 3.4: Systeemdynamiek voor *Verminderen*. De F-nummers duiden op innovatiesysteemfuncties (zie **Bijlage D.3.1**). Dikte van pijlen geeft de mate van invloed weer. Rode pijlen duiden op negatieve invloed, groene pijlen op positieve invloed.

Verschillen tussen productcategorieën:

- › **Witgoed:** er heerst onder geïnterviewden een algemeen beeld dat wasmachines minder lang meegaan dan vroeger, o.a. door lichtere materialen en kwetsbaardere complexe functionaliteiten. Binnen witgoed bestaan deelconcepten, maar deze markt blijft beperkt tot specifieke doelgroepen zoals studenten en woningdelers (Int. 10). Bij witgoed is dankzij de hoge prijs en grote omvang van apparaten weinig sprake van overbodige consumptie – daarnaast is vervanging van witgoed door een energiezuiniger model verdedigbaar vanuit integrale optiek (Int. 8). Bij koel- en vriesproducten heeft grote nadruk gelegen op innovatie op energie-efficiëntie, waarvan de ontwikkelcurve echter inmiddels is afgevlakt volgens geïnterviewde partijen (int. 8,9).
- › **Personal devices:** hier is de dynamiek van snelle vervanging het sterkst, wegens snelle toename in functionaliteit en status voor consumenten. Inmiddels is langere support afgedwongen vanuit EU-regelgeving. Deelgebruik is niet van toepassing wegens het intensieve gebruikspatroon. Er zijn voorbeelden van apparaten die ontworpen zijn op upgradebaarheid, zoals Fairphones, maar dit is slechts een marginaal deel van de totale markt.

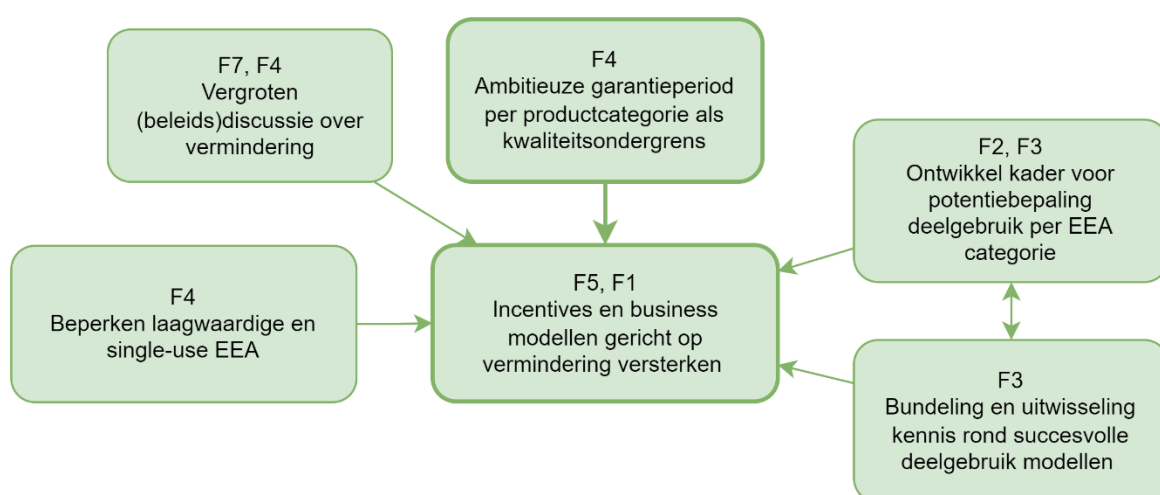
- › **Kleine huishoudelijke apparaten:** dankzij zware selectie op aanschafprijs, is de kwaliteit zeer wisselend in dit segment. De betere merken zetten juist in op lange levensduur tegen hogere aanschafprijs. Ook hier is deelgebruik wegens hygiëne en gebruikspatronen vaak niet aan de orde. Er zijn *As-a-Service* (AaS) initiatieven, o.a. met koffiezetapparaten, maar deze concepten zijn in de praktijk vooral een abonnement lijkend op een servicecontract (int. 8,10).

Mogelijke interventiepunten voor Vermindering

Vermindering van consumptie en productie verdient grotere aandacht in de (beleids)discussie - dit vergt echter wel scherpte in de discussie (welk soort consumptie valt er te verminderen?), omdat er ook trends als digitalisering spelen en elektronica belangrijke maatschappelijke functies vervult. Daardoor lijkt de discussie het scherpst ingestoken te kunnen worden op evidente overconsumptie, zoals in single-use EEA of andere laagwaardige EEA, waarop beleid wordt voorgesteld in **Hoofdstuk 4**.

Een meer gevestigde discussie bestaat rond lange primaire levensduur. Hierin blijft het belangrijk om ambitieuze (Europese) kaders in te zetten rond ESPR. Denk hierbij ook aan huidige minder uitgewerkte eisen als upgradebare modulaire hardware, zoals bij de Fairphone. Garantiewetgeving vormt ook een belangrijke spelregel – een haalbare maar ambitieuze garantieperiode, gespecificeerd naar productcategorie, geeft een kwaliteitsondergrens voor producenten (zie paragraaf 3.2.3). In combinatie met een ondergrens kan commerciële concurrentie op primaire levensduur gestimuleerd worden via het verplicht communiceren van vrijwillige bovenwettelijke garantie vanuit de producent (**Hoofdstuk 4**).

Omdat de potentie van deelgebruik afhankelijk is productfunctie en fysieke eigenschappen, is voor effectief beleid allereerst van belang om een kader te ontwikkelen om de deelgebruik potentie in te schatten. Ook is het hierbij van belang om ervaringen van producenten en bedrijven met deelgebruikmodellen te bundelen en uit te wisselen. Een samenvatting van de interventiepunten en hun samenhang wordt gegeven in **Figuur 3.5**.



Figuur 3.5: Samenhang interventiepunten voor Vermindering. Pijlen geven versterkende interacties weer, dikte van elementen geeft relatief belang aan.

3.2.2 Substitutie

Systeemdynamiek en knelpunten rond Substitutie

In dit hoofdstuk zal het toepassen van recyclaat vanwege de sterke systeemverbinding met recycling behandeld worden in paragraaf 3.2.4. In deze paragraaf zal onder substitutie dus voornamelijk substitutie van plastics door biobased materialen en het vervangen van CRMs worden behandeld.

Samenvatting vanuit innovatiesysteem functies: *de grootste knelpunten liggen in nog onderontwikkelde aandacht en sturing op substitutie en daarmee verband houdend gebrek aan duidelijke prikkels in combinatie met goedkoop primair materiaal, waardoor in combinatie met technische uitdagingen initiatieven beperkt blijven.*

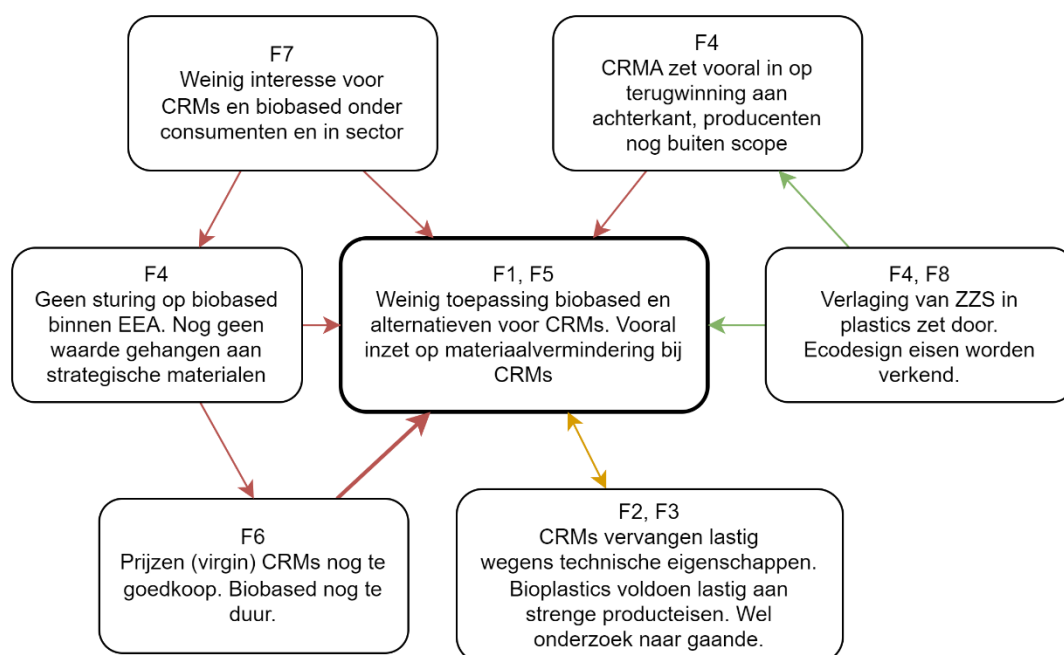
CRMs zijn technisch gezien vaak lastig te vervangen met alternatieven, en daarom wordt er door producenten dus eerder ingezet op materiaalreductie door bijvoorbeeld steeds kleinere hoeveelheden kritieke materialen toe te passen (Int. 2). Producenten hebben voor toepassing van biobased geen directe incentives; biobased plastics zijn nog relatief duur en voldoen vaak nog niet aan strenge materiaaleisen zoals stoot- en vorstbestendigheid (Int. 8,10). Biobased materiaal staat soms bekend als stoorstof in recycling, maar dit geldt vooral voor *bioafbreekbare* plastics of chemisch anders samengestelde bioplastics, terwijl zogeheten drop-in biobased plastics chemisch equivalent zijn.⁴⁴ Een levendig onderzoekscircuit is gericht op het beslechten van deze diverse hordes (Int. 2).

Aan de andere kant is beleidsurgentie rond CRMs sterk toegenomen, en doelstellingen rond terugwinning vanuit de CRMA, is er nog geen duidelijke vorm van waardering van CRMs en geen sturing op producenten. Tezamen met de nog lage prijzen van primaire materialen, hebben producenten geen directe prikkels voor substitutie en blijven initiatieven beperkt. Echter wordt momenteel onderzocht of producteisen kunnen worden opgenomen onder ESPR-wetgeving om bijvoorbeeld minimumpercentages biobased plastics te verplichten (Int. 2).

Ook zorgen strenge materialeneisen ervoor dat alternatieven voor CRMs en bioplastics lastig zijn toe te passen. Rond bioplastics bestaat echter wel een levendig onderzoekscircuit om deze technische hordes te overwinnen. Dankzij wetgeving blijft afname van ZZS in plastics doorzetten (Int. 11).

In **Figuur 3.6** wordt de bovenstaande systeemdynamiek samengevat. Een uitgebreidere onderbouwing van systeemdynamiek kan gevonden worden in **Bijlage D.3.2**.

⁴⁴ Ecorys, & Circular Future. (2026). Minimumnorm voor biobased en gerecycled plastic voor EEA in de ESPR.



Figuur 3.6: Systeemdynamiek rond Substitutie (excl. toepassen recyclaat). De F-nummers duiden op innovatiesysteemfuncties (zie **Bijlage D.3.2**). Dikte van elementen geeft de mate van invloed weer. Rode pijlen duiden op negatieve invloed, oranje pijlen op gemengde invloed, en groene pijlen op positieve invloed.

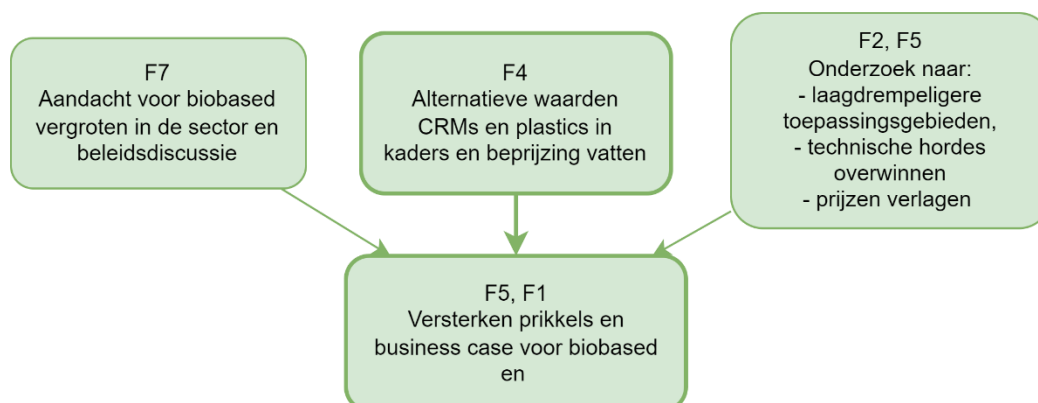
Verschillen tussen product categorieën:

- › **Witgoed:** in koel- en vriesproducten zijn vorstbestendigheid en voedselveiligheidseisen zwaarder dan bij ICT-producten, wat toepasbaarheid van bioplastics bij deze productgroepen compliceert.
- › **Personal devices:** sommige fabrikanten passen wel biobased plastics toe, bijvoorbeeld in behuizing van smartphones, maar dit is niet de norm.
- › **Kleine huishoudelijke apparaten:** binnen deze productgroep zijn wegens lagere productprijzen vaak nog het minst aandacht voor alternatieve materialen.

Mogelijke interventiepunten voor Substitutie

Interesse, sturing op en waardering van CRMs en alternatieve materialen worden allen gestimuleerd 'strategische waarde' van materialen een financiële waardering krijgt en/of gekoppeld is aan wettelijke doelstellingen die concrete prikkels geven. Vanuit de CRMA wordt terugwinning ingevuld, en ESPR kan mogelijk scherper worden ingezet om eisen te stellen aan toepassing van (alternatieven voor) CRMs en biobased materialen.

Omdat alternatieve materialen vaak nog kampen met strikte materiaaleisen, is het mogelijk interessant om in samenwerkingen tussen producenten en aanbieders van alternatieve materialen te onderzoeken aan welke producten en componenten minder hoge materiaaleisen gesteld worden, waardoor deze al eerder kansrijk zijn voor alternatieve materialen. De samenvatting en samenhang van interventiepunten voor *Substitutie* wordt gegeven in **Figuur 3.7**.



Figuur 3.7: Samenhang interventiepunten voor *Substitutie*. Pijlen geven versterkende interacties weer, dikte van elementen geeft relatief belang aan.

3.2.3 Levensduurverlenging

Onder levensduurverlenging blijkt in het innovatiesysteem vooral de nadruk te liggen op de circulaire maatregelen reparatie en refurbishment, en deze zijn daarom centraal gesteld in deze analyse. Een belangrijke kanttekening is hier dat, vanwege een beperkte afbakening, zowel hergebruik (tweedehands zonder technische handelingen) als systematisch onderhoud van elektronica, niet is meegenomen in deze analyse. Voor beide circulaire maatregelen geldt dat ze zeer positief kunnen werken voor levensduurverlenging, maar dat de systeemdynamiek weinig aanknopingspunten geeft voor interventies.

In onderstaande paragrafen wordt de systeemdynamieken voor reparatie en refurbishment in figuren samengevat en eronder tekstueel toegelicht. Voor een uitgebreide uitleg wordt naar **Bijlage D.3.3** verwezen.

Systeemdynamiek en knelpunten rond reparatie

Samenvatting vanuit innovatiesysteem functies: een knellend samenspel tussen gebrek in richtinggevend kaders en sturing, ketenverhoudingen en weinig coördinatie op reparatie en beschikbaarheid van technische resources en personeel verergeren de hogere kosten van reparatie, wat marktforming rond waardeproposities voor consumenten tegenwerkt en opschaling van ondernemerschap (m.n. buiten garantie) verhindert.

Dankzij onduidelijke open garantietermijn ontstaan er discussies over non-conformiteit en kostenverdelingen tussen consument, retail en producent. Dankzij de sterke positie van producenten en slechte aansluiting tussen consumenten- en regresrecht, klinken ketenverhoudingen volgens geïnterviewden soms door in de uitkomsten (Int. 4,5). Pogingen om bindende referentielijst voor levensduur te ontwikkelen stuiten op gebrek aan praktijkdata vanuit producenten en inzamelaars, complexiteit van de vele (gebruiks)factoren die levensduur bepalen en mededingingsrecht (Int. 5,8,12). Uit interviews komt ook het signaal dat producenten momenteel weinig interesse hebben in informatie over waar defecten tegen het einde van de levensduur door worden veroorzaakt (int. 12).

Bij op producenten verhaalbare kosten verloopt een reparatie doorgaans goed, hoewel met name bij goedkopere producten vaak leidt tot vervanging in plaats van reparatie (int. 3,10). Dit

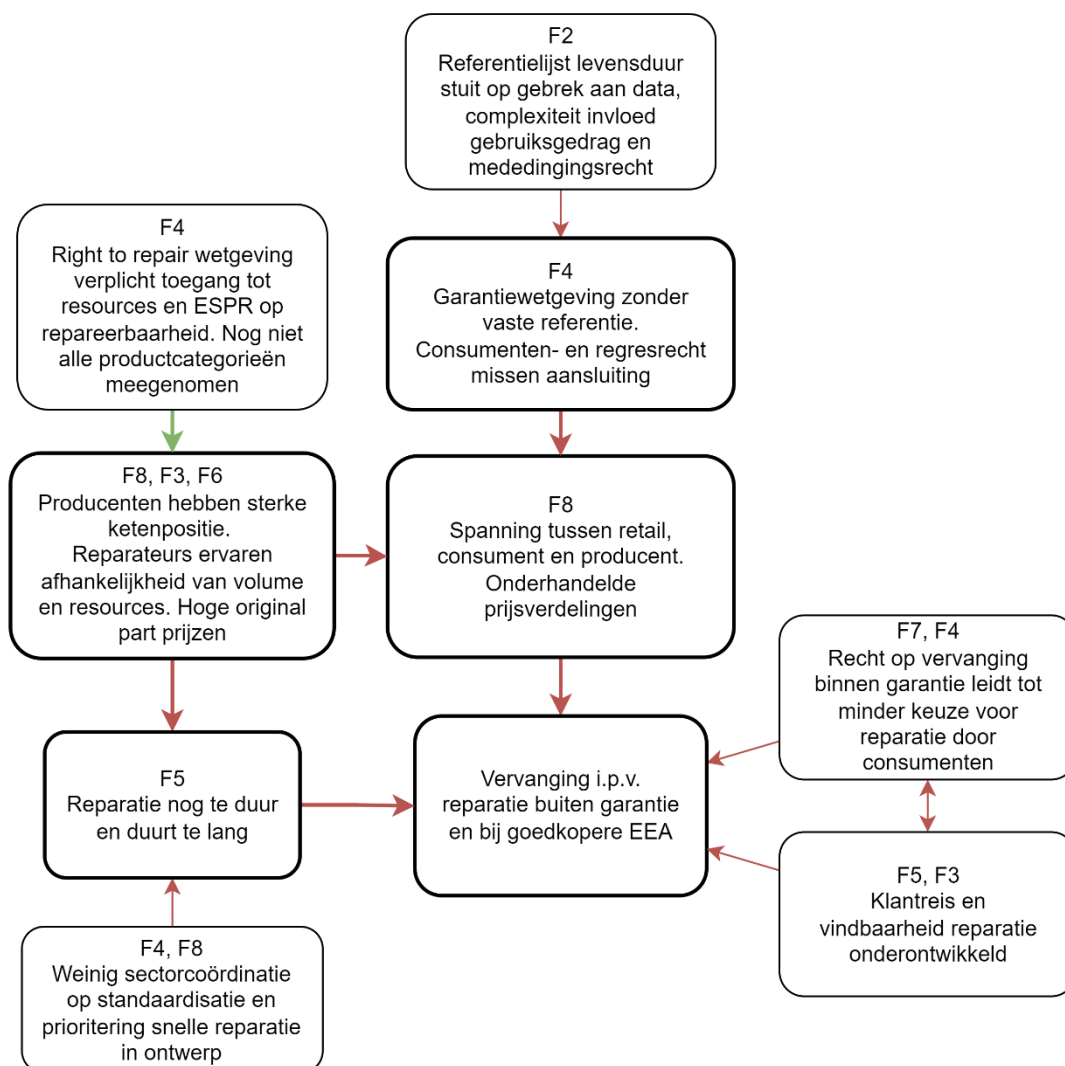
verklaart het achterlopen van reparatie en reparabel ontwerp bij kleine huishoudelijke producten. Vervanging is voor retail en producenten vaak goedkoper dan reparatie, waardoor deze commerciële afweging vaak leidend is (Int. 10). Ook biedt het consumentenrecht bij defect binnen garantie mogelijkheid tot vervanging, wat voor consumenten vaak aantrekkelijker is dan reparatie (int. 8). De afweging om te vervangen wordt versterkt door langere wachttijden, gebrek aan reserveonderdelen en matige repareerbaarheid (int. 3,10). Dit wordt verergerd door het uitblijven van standaardisatie en prioritering van vlot reparabel productontwerp (int 3,4,5).

Grote reparateurs zijn sterk afhankelijk van producenten voor stabiele stromen, maar ook voor onderdelen, software, informatie en tools benodigd voor reparatie (int 3,5). Hoewel Right-to-Repair-wetgeving inmiddels toegang tot onderdelen en informatie verplicht stelt voor gecertificeerde reparateurs (int. 2,8), zijn veel EEA-producten alleen goed reparabel met duur gereedschap, dat alleen beschikbaar is bij OEMs (int. 3,5). Uit interviews komt daarnaast het signaal dat reparateurs binnen hun contractuele afspraken met producenten, vaak uitsluitend originele onderdelen mogen gebruiken, ook buiten garantie (int. 4,5). Scheve ketenverhoudingen spelen ook tussen (kleinere) retail en producenten, waarbij een gebrek aan aansluiting tussen consumenten- en regresrecht het risico oplevert dat een retailer een garantieclaim honoreert maar er niet zeker van is (alle) kosten vergoed te krijgen door de producent (Int. 5,10).

Wanneer kosten voor rekening van de consument komen (buiten garantie), worden vrijwel alleen nog duurdere producten gerepareerd. Hierin spelen ook de (als erg hoog ervaren) prijzen van originele onderdelen (int. 3,4,5), waarop geen maximum gesteld is. Producenten geven aan dat deze prijzen ook met kwaliteit te maken hebben en kosten van onderhouden van voorraden (int. 8), hoewel dit laatste ook deels als gevolg van ontbrekende standaardisatie gezien zou kunnen worden. Door hoge kosten en snelle innovatiedynamiek zijn consumenten buiten garantie sneller geneigd tot vervanging. Ook is de klantreis⁴⁵ voor reparatie minder goed ontwikkeld dan nieuw kopen (int. 4,5). Ook wordt aangegeven dat waar binnen garantie de klantreis goed gestructureerd is, buiten garantie consumenten vaak vindbaarheid missen van kwalitatieve reparateurs, niet van tevoren weten wat de kosten zullen zijn, en niet weten wanneer het economisch rendabel is om een product van enige jaren oud te repareren versus vervangen (int. 2,4,5)

In **Figuur 3.8** wordt de bovenstaande systeemdynamiek samengevat. Een uitgebreidere onderbouwing van systeemdynamiek kan gevonden worden in **Bijlage D.3.3**.

⁴⁵ Klantreis of *customer journey* is het complete traject dat een klant aflegt vanaf de allereerste kennismaking met een merk tot ver tot na de aankoop



Figuur 3.8: Samenhang knelpunten en systeemdynamiek voor Reparatie. F-nummers verwijzen naar innovatiesysteemfuncties (zie **Bijlage D.3.3**). Dikte van elementen geeft de mate van invloed weer. Rode pijlen duiden op negatieve invloed, groenen pijlen op positieve invloed.

Systeemdynamiek rond refurbishment

Samenvatting vanuit innovatiesysteem functies: de grootste knelpunten liggen in een gebrek aan coördinatie van activiteiten, standaardisatie, uiteenlopende doelstellingen en prioriteiten en onzekerheid/kennisgebrek, met als gevolg gebrekkige business cases en opschaling.

Ondanks de vele circulaire initiatieven rond hergebruik en refurbishment, blijkt een rendabel businessmodel en opschaling lastig. Circulaire activiteiten (zoals sorteren, reviseren en verkopen) zijn versnipperd over de vele partijen zoals milieustraten, circulaire ambachtscentra, repair cafés, kringloopwinkels en refurbishers. Te weinig kennisdeling, uniformisering en bundeling vindt plaats, waardoor processen inefficiënt en arbeidsintensief blijven en schaalvoordelen om te concurreren met massaproductie uitblijven (int. 6,7,12); er wordt nog veel vanuit een 'start-up mindset' geredeneerd terwijl coördinatie en regie nodig zijn (int. 7).

Een risico is ook dat producenten los van elkaar circulaire infrastructuur opzetten, en daarmee versnippering mogelijk verergeren c.q. kansen voor bundeling worden gemist (int. 7), tegelijkertijd zit bij producenten de meeste kennis en is het belangrijk dit te benutten (int. 8).

De kwaliteit, stabiliteit en omvang van de stroom herbruikbare apparatuur is vaak te laag voor grootschalige businesscases (int. 7,12). Huidige inzamelingslogistiek is weinig ingericht op waardebehoud, waardoor tijdens *handling* schade ontstaat (int. 5,6,11,12,14).

Ondanks dat afvalwetgeving belangrijke doelen dient (bijvoorbeeld mbt veiligheid, kwaliteit, en milieuvriendelijke verwerking), ervaren circulaire ondernemers, vanuit vergunningseisen, afvaldefinities en (kosten van) certificatie, barrières voor refurbishment en onderdelenoogst (int. 5,12). Huidige sturing op strakke inzameling en verwerking (o.a. ook inzamelplicht) wordt weliswaar gezien als belangrijk voor registratie en zicht op afvalstromen (Int. 8), maar heeft volgens geïnterviewden als neveneffect dat afgedankte EEA in de afvalfase belandt (int. 13). Toekennen van afvalstatus hangt momenteel af van de intentie van de ontdoener, terwijl intentie vanuit circulariteit en hergebruik beredeneerd niet erg relevant is (int. 13). Tenslotte zien kringloopwinkels de aankomende afgifteplicht⁴⁶ als mogelijk problematisch doordat toezichthoudende partijen soms afgedankte EEA als afval beschouwen, terwijl de intentie van kringloopwinkels is om de afvalfase te vermijden (Int. 13).

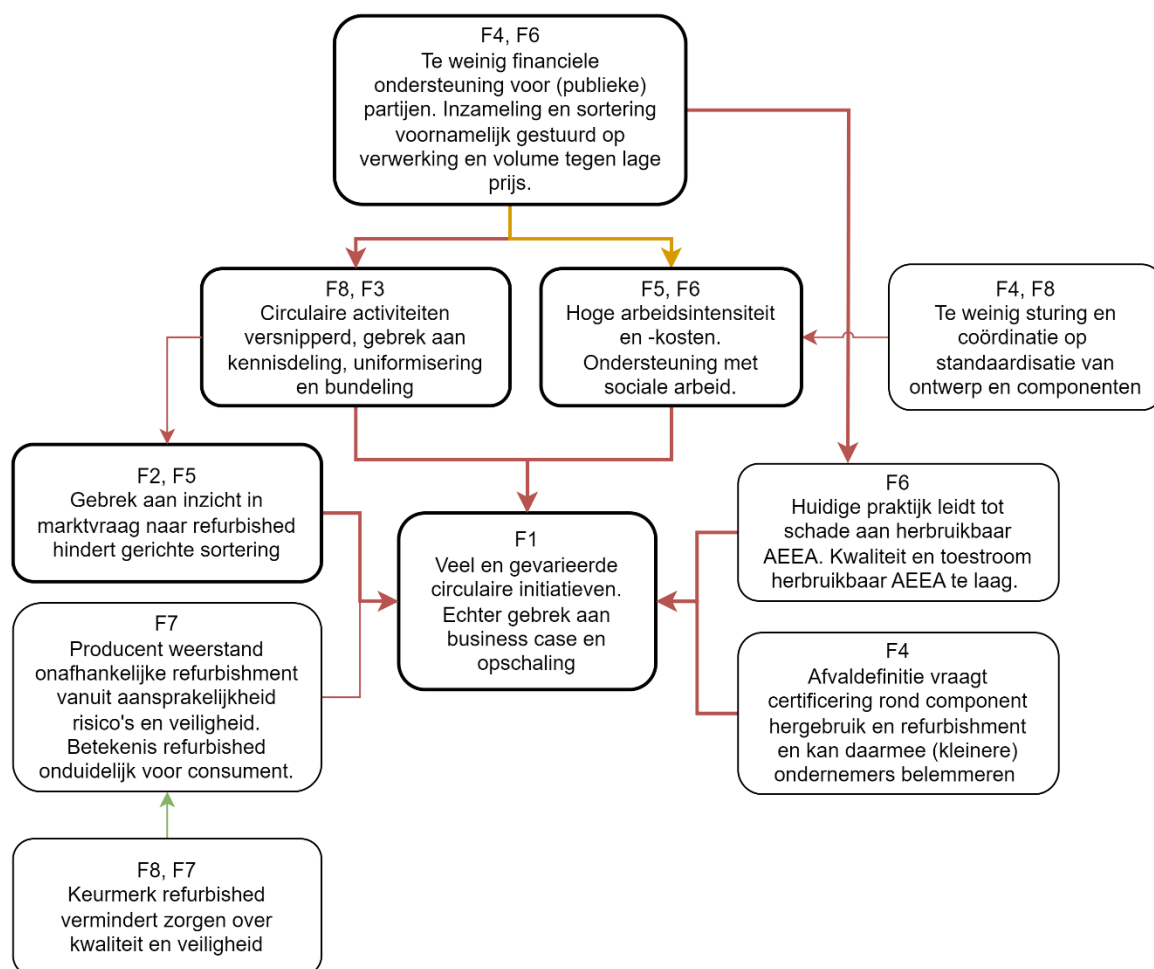
Een gebrek wordt ervaren aan financiële ondersteuning van circulaire activiteiten en inzamelpartijen die operaties moeten herinrichten op waardebehoud (int. 6,7,9,10,11,12,13). Publieke partijen geven aan momenteel weinig toegang te hebben tot innovatiesubsidies, terwijl zij vaak voorop (willen) lopen (int. 6,7). Sociale arbeid biedt vaak ondersteuning in de business case, maar roept ook vragen op over afhankelijkheid en schaalbaarheid.

Verder ontbreekt, mede door versnippering, inzicht in marktvraag naar specifieke refurbished producten, waardoor gerichte sortering en ketenorganisatie lastig zijn en men zich beperkt tot bewezen rendabele categorieën, zoals bijvoorbeeld laptops (Int. 7,12,13). Producenten zijn daarnaast terughoudend tegenover onafhankelijke refurbishment vanwege aansprakelijkheidsrisico's en veiligheid (Int. 5,8). Voor consumenten is bovendien niet altijd duidelijk wat "refurbished" precies betekent - keurmerk refurbished is in ontwikkeling om onzekerheid bij producenten, consumenten en refurbishers te verminderen en vertrouwen te vergroten (Int. 5).⁴⁷

In **Figuur 3.9** wordt de bovenstaande systeemdynamiek samengevat. Een uitgebreidere onderbouwing van systeemdynamiek kan gevonden worden in **Bijlage D.3.3**.

⁴⁶ [Overheid.nl \(2025\). Invoering afgifteplicht afgedankte elektrische en elektronische apparatuur \(AEEA\).](https://overheid.nl/2025/01/22/afgedankte-elektrische-en-elektronische-apparatuur-afgifteplicht)

⁴⁷ [Techniek Nederland \(2019\). Keurmerk refurbished.](https://www.techniek-nederland.nl/keurmerk-refurbished)



Figuur 3.9: Samenhang knelpunten en systeemdynamiek voor Refurbishment. F-nummers verwijzen naar innovatiesysteemfuncties (zie **Bijlage D.3.3**). Dikte van elementen geeft de mate van invloed weer. Rode pijlen duiden op negatieve invloed, oranje pijlen op gemengde invloed en groenen pijlen op positieve invloed.

Verschillen tussen productcategorieën:

- Witgoed:** Bij witgoed is reparatie (ook buiten garantie) de norm en refurbishment gangbaar, met name bij wasmachines. Dit komt door hoge aanschafprijs en relatief goed repareerbare ontwerpen. Bij koel-vries speelt vaker de afweging m.b.t. energiezuinigheid van een nieuw apparaat – daar is het refurbished segment minder ontwikkeld. (int. 8,10)
- Personal devices:** Afhankelijk van het prijspunt is er weinig tot juist levendige reparatie en refurbishment circuit. Voor telefoons zijn veel lokale reparatiewinkels, hoewel die momenteel een weinig gunstig imago hebben qua professionaliteit (int. 4,5) Bijvoorbeeld Apple-producten worden veel (buiten) garantie refurbished. Arbeidsintensiteit van reparatie en refurbishment blijven relatief hoog door ontwerpkeuzes als verlijming (int. 3). *Component-pairing*⁴⁸ en andere vormen van controle vanuit producenten komt hier het sterkst voor (int. 4). Uit de B2B markt komen vaak grote partijen laptops vrij, die rendabel gere refurbished kunnen worden (int. 12).
- Kleine huishoudelijke apparaten:** afhankelijk van het prijspunt en functionaliteit is reparatie meer of minder gangbaar (int. 3,10). Koffieapparaten worden bijvoorbeeld vaak

⁴⁸ **Component pairing** (of *parts pairing*) is een proces in de elektronica waarbij softwarematig wordt vastgelegd dat specifieke fysieke onderdelen bij elkaar horen en met elkaar communiceren. Deze onderdelen, zoals microchips, worden via encryptie aan elkaar gekoppeld.

wel gerepareerd, tandenborstels vaak niet (int. 3). Er speelt een ontwerptrilemma tussen robuustheid, repareerbaarheid en aanschafprijs (int. 8). In deze categorie is de uitkomst hiervan vaak het toepassen van plastic klikverbindingen, verlijming en andere goedkope en functionele maar lastiger repareerbare ontwerpen. Er zijn ontwikkelingen gaande vanuit producenten om dit te adresseren met nieuwe productontwerpen, naar verwachting komen die komende jaren toenemend op de markt, maar blijven momenteel in de marge (int. 3).

Mogelijke interventiepunten voor Levensduurverlenging

Aan de basis ligt versterkte sturing op reparabel ontwerp, maar ook modulair ontwerp en standaardisatie van onderdelen, aangezien al deze aspecten bepalend zijn voor het verlagen van arbeidsintensiviteit van reparatie en refurbishment. Ook neemt standaardisatie noodzaak weg tot gevarieerde, grote en dus kostbare onderdeelvoorraden en ondersteunt het ontstaan van een stevigere betaalbare onderdelenmarkt. Het weren van slecht reparabele en laagwaardige producten op de Europese markt is hierin ook van belang.

De afhankelijkheid van producenten zal afnemen vanwege implementatie van ESPR wetgeving, maar verdient alsnog aandacht. Versterk de positie van onafhankelijke reparateurs door het bieden van een bestelsysteem voor onderdelen, zoals waar geautoriseerde reparateurs vaak via producenten toegang toe hebben. Dit zou vanuit het nationaal reparateursregister kunnen worden ontwikkeld.

Garantiewetgeving dient verduidelijkt te worden met een vast bindend referentiekader. Dit referentiekader is idealiter gekoppeld aan te verwachten levensduur. Een haalbare maar ambitieuze garantieperiode, gespecificeerd naar productcategorie, geeft een kwaliteitsondergrens voor producenten en duidelijkheid naar alle ketenpartners. De huidige gebrekkige aansluiting tussen consumenten- en regresrecht (knellend voor retail), dient te worden onderzocht en geharmoniseerd zodat retail zeker is van vergoeding bij het honoreren van een garantieclaim. Het prioriteren van vervanging boven reparatie bij defecten dient te worden tegengegaan door een reparatie-tenzij principe, en vervangen met refurbished moet worden opgenomen in (EU) garantiewetgeving. Hiermee wordt sterker tegenwicht geboden tegen commerciële afweging die vaak tot vervanging leidt.

Met vervangen door refurbished artikelen wordt de reparatietijd sterk verbeterd, en daarmee de klantreis van de consument. Verbeter de klantreis ook via bijvoorbeeld hulptools voor reparatie-afwegingen. Om business cases en waardepropositie van reparatie te verbeteren is het ook van belang om prijzen van originele onderdelen te begrenzen. Consumenten kunnen ook directe financiële incentives krijgen om te repareren, hoewel hierin belangrijk is dat deze middelen gekoppeld zijn aan producenten (bijv. via productverkoop), zodat er directe prikkel voor producenten is om behoefte aan reparatie te verminderen. Vraag naar reparatie en refurbishment kan ten slotte worden versterkt via inkoopbeleid in de B2B markt.

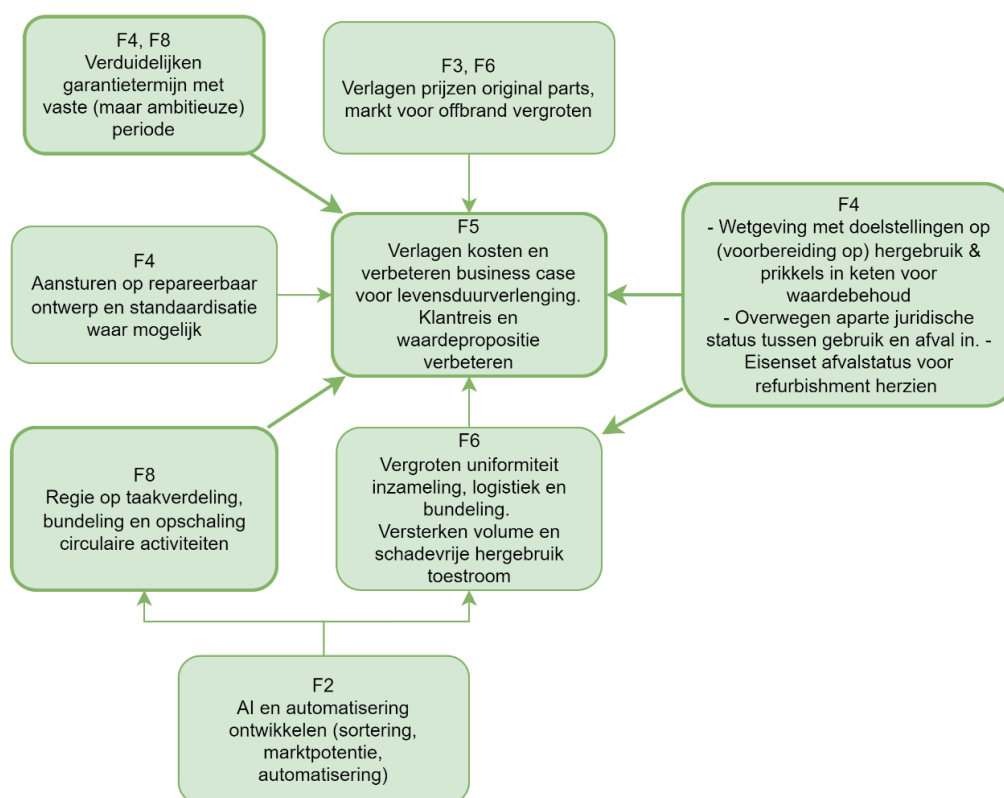
Voor refurbishment kan een positievere dynamiek ontstaan wanneer er meer formele status gegeven kan worden aan afgedankte EEA die nog herbruikbaar zijn, oftewel een juridische status tussen gebruiksfase en afvalfase in. Dit maakt eenvoudiger om kaders op te stellen voor niet-gevaarlijke handelingen zoals schermen omwisselen en *component mining*.⁴⁹ Een

⁴⁹ *Component mining* is in de recyclingwereld het gericht oogsten van intacte, herbruikbare onderdelen (componenten) uit afgedankte producten, zoals elektronica of auto's, in plaats van ze direct te vermalen tot grondstof.

laagdrempelig “Cenelec light”-kader kan refurbishment en *component mining* vergemakkelijken en kleinere ondernemers ontlasten, o.a. door minder eisen te stellen aan vestigingslocatie. Aandachtspunt is wel dat dit niet ten koste gaat van veiligheid en kwaliteit.

De kwaliteit en volumes van toestroom van herbruikbare EEA voor refurbishers wordt verbeterd wanneer enerzijds wettelijke doelstellingen op (voorbereiding voor) hergebruik in de UPV van kracht worden, waarin ook van cruciaal belang is dat er afrekenbare criteria op waardebehoud worden gesteld aan ketenpartijen. Hierdoor krijgen Inzamel- en verwerkingsketens directe incentives voor waardebehoud. Naast incentives is het aan te raden te coördineren op operationele keuzes die schade voorkomen, zoals palletboxen.

Ten slotte kan versnippering in levensduurverlenging activiteiten worden tegengegaan en kosteneffectiviteiten worden verhoogd door meer regie te voeren (nationaal of regionaal) op taakverdeling en bundeling van stromen. Zorg ervoor dat niet elke gemeente het wiel opnieuw uitvindt en te lokaal kijkt naar vraag en aanbod. Ontwikkel (AI)tools die: 1) inzicht geven in vraag naar refurbished producten (bijv. AI die Marktplaats scant), en 2) routinewerk zoals herkennen van producten automatiseren. Hiermee wordt doelmatige sortering van kansrijke producten verhoogd en arbeidsintensiviteit verlaagd. **Figuur 3.10** vat bovenstaande interventiepunten en samenhang samen.



Figuur 3.10: Samenhang interventiepunten voor levensduurverlenging. Pijlen geven versterkende interacties weer, dikte van elementen geeft relatief belang aan.

3.2.4 Hoogwaardige verwerking en toepassen recycalaat

In deze paragraaf bespreken we hoogwaardige verwerking in samenhang met toepassing van recycalaat, vanwege de hoge mate van verknooptheid. Voor een uitgebreidere achtergrond van bevindingen wordt naar **Bijlage D.3.4** verwezen.

Systeemdynamiek en knelpunten rond inzameling

Samenvatting vanuit innovatiesysteemfuncties: ondanks ontwikkelingen in sturing is coördinatie in de keten op inzameling nog een probleem, wat wordt verergerd door gebrek aan inzicht en toezicht op niet-rapportageplichtige ketenpartijen en export, samen met traditionele werkwijze en financiële incentives leidt tot lekstromen. Prikkel voor het verzamelen voor gebruikers ontbreken nog te veel, waardoor EEA zich ophoopt in 'de lade'.

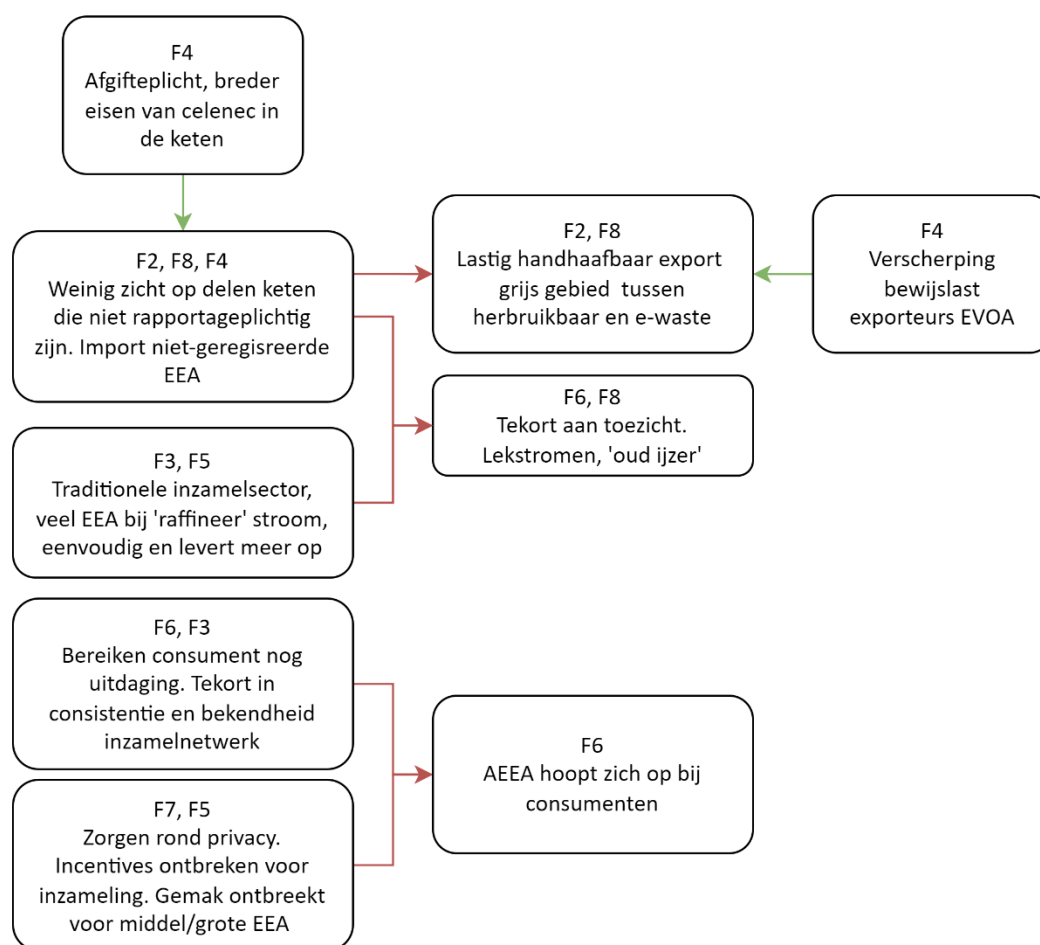
Inzameling vereist correct handelen in de hele keten, maar niet alle ketenpartijen zijn rapportageplichtig, en de verplichte gecertificeerde werkwijze (bijvoorbeeld CENELEC) geldt vooral voor bewerking van AEEA (veiligheidsrisico's) (Int. 8). Een risico hiervan is bijvoorbeeld schroothandel in wasmachines in plaats van hoogwaardige verwerking. Stichting OPEN zet in op afgifteplicht en meer certificatie om meer grip te krijgen op correcte inzameling (int. 8,14). De sector heeft nog een vrij traditionele werkwijze, en daarnaast is het financieel vaak gunstiger om EEA bij de ijzer(rafineer)fractie te mengen in plaats van netjes als EEA verwerken met alle voorschriften van dien (Int. 14).

Een ander issue is export van e-waste. Het wordt geschat dat 7-20% van gegenereerde e-waste onder mom van 'herbruikbare goederen' wordt geëxporteerd.⁵⁰ Handhaving hierop is lastig omdat het verschil tussen herbruikbare EEA en e-waste niet eenvoudig ter plekke te testen is. Momenteel wordt EVOA wetgeving doorontwikkeld om grotere ex ante bewijslast bij exporteurs te leggen (int. 2).

Afgedankte EEA hopen ook op bij gebruikers in 'de lade', onder meer vanwege privacyzorgen en gebrek aan gemak en incentives voor consumenten (int. 4). Hoewel het netwerk van Wecycle-inzamelpunten redelijk uitgebreid is, zijn locaties en informatie over welk type apparaten ingeleverd kan worden niet altijd voldoende bekend (int. 6). Daarnaast belandt vooral laagwaardige en single-use EEA regelmatig in het restafval, wegens gebrek aan kennis bij consumenten (int. 6). Om inzameling te verbeteren wordt ingezet op bewustwording en experimenteren sommige gemeenten met ophaaldiensten voor (middel)grote AEEA (int. 6).

In **Figuur 3.11** wordt de systeemdynamiek voor inzameling samengevat. Voor een uitgebreidere achtergrond wordt naar **Bijlage D.3.4** verwezen.

⁵⁰ [Baldé, C.P., Kuehr, R., Yamamoto, T., McDonald, R., D'Ángelo, E., Althaf, S. et al. \(2024\). De Global E-waste Monitor 2024. UNITAR.](#)



Figuur 3.11: Systeemdynamiek rond inzameling. De F-nummers duiden op innovatiesysteemfuncties. Dikte van elementen geeft de mate van invloed weer. Rode pijlen duiden op negatieve invloed, groene pijlen op positieve invloed.

Systeemdynamiek en knelpunten rond hoogwaardige verwerking en recyclaat

Samenvatting vanuit innovatiesysteemfuncties: kennisontwikkeling en legitimiteit lijken voldoende momentum te hebben. De grootste knelpunten liggen in gebrek aan sturing op het toepassen van recyclaat en waardebehoud, en daarmee gebrek aan marktformatie via prikkels. Verdere hindernissen zijn gebrek aan kennisverspreiding rond productinformatie en best-practices, afstemming tussen ketenpartijen en tussen ontwerp en verwerking en mobilisatie van middelen voor opschaling en logistiek van e-waste, met als gevolg gebrekkige business cases en opschaling.

Het centrale knelpunt voor hoogwaardige verwerking is achterblijvende marktformatie. Er is industrie certificatie zoals EPEAT en TCO Certified, die (hoge) eisen stellen aan bijv. percentage recyclaat (Int. 8).⁵¹ Dit soort certificatie wordt gevraagd bij MVI/MVOI criteria in B2B en overheidsinkoop. In de consumentenmarkt zijn er echter weinig marktprikkels voor producenten of recyclers om gerecycled materiaal toe te passen, door gebrek aan sturing en

⁵¹ **EPEAT** en **TCO Certified** zijn twee van 's werelds meest toonaangevende duurzaamheidskeurmerken voor IT-apparatuur en elektronica. Ze helpen inkopers en consumenten om milieuvriendelijke en ethisch verantwoorde producten te selecteren.

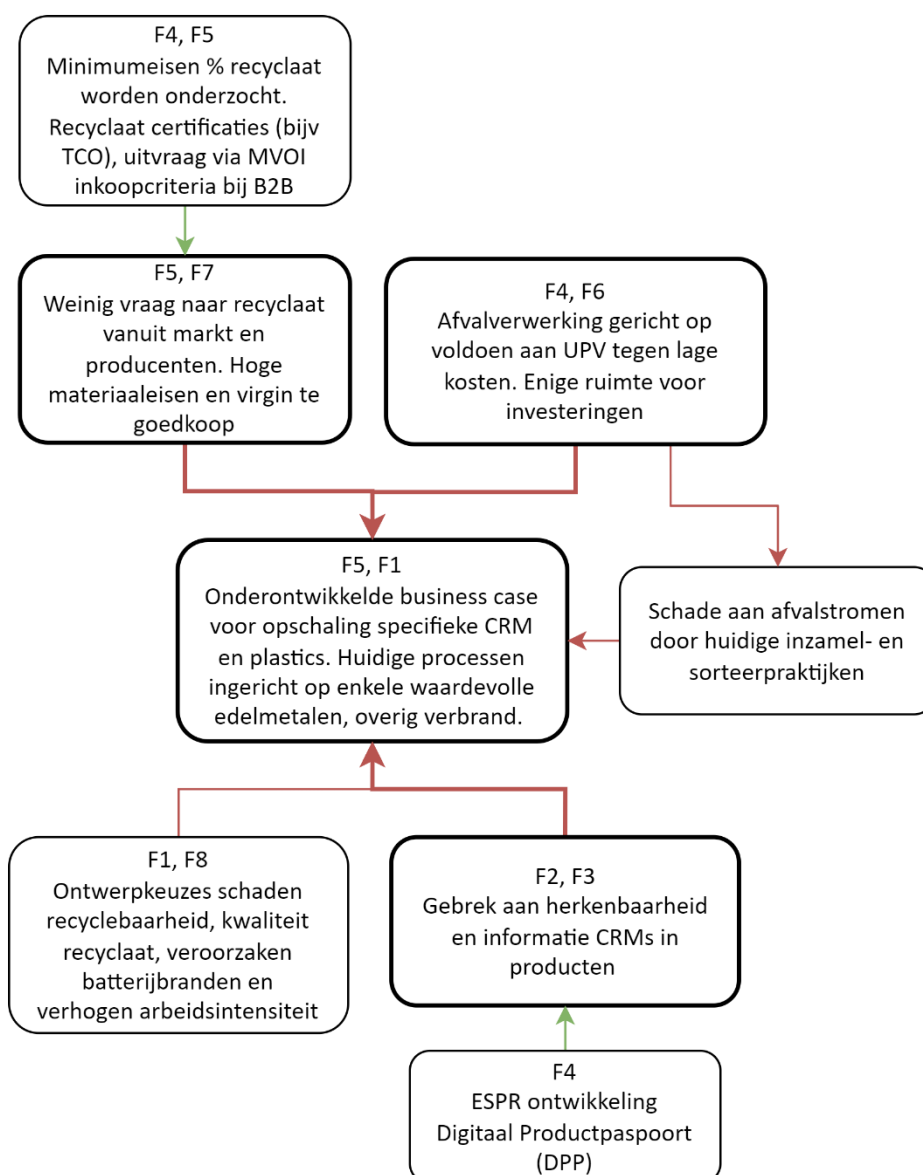
lage prijs van primaire materialen. Vanuit ESPR-wetgeving worden echter momenteel horizontale ontwerpeisen m.b.t. toepassen van recyclaat onderzocht (int. 2). Door het ontbreken van marktvraag is er weinig afstemming tussen productontwerp en recyclaatproducenten (Int. 9,11).⁵² Coördinatie wordt ook verhinderd doordat weinig EEA producenten in de EU gevestigd zijn (Int. 8,9,11) – internationaal verhandelen van teruggewonnen CRMs zou een business model kunnen zijn, maar lijkt tegenstrijdig met het idee van strategische autonomie. Ook ervaren recyclers huidige EVOA-wetgeving als hinderlijk voor logistieke bundeling om schaalgrootte te krijgen die nodig is voor effectieve recycling van specifiek CRMs (Int. 11).

Arbeidsintensiteit van hoogwaardige verwerking is intrinsiek hoger dan traditionele verwerking, vanwege demontage en sorteren, hetgeen (hoge) kosten met zich meebrengt. Deze worden momenteel deels opgevangen (net als bij refurbishment) met sociale arbeid (Int. 11). Echter wordt de business case van hoogwaardige verwerking momenteel ook bedrukt door ontwerp- en materiaalkeuzes die operationele knelpunten opwerpen en deze arbeidsintensiteit verergeren. Voorbeelden hiervan zijn moeilijk te demonteren en recyclen producten en componenten, geïntegreerde batterijen die kostbare branden veroorzaken bij recyclers, en een complexe mix aan plastics waardoor recyclaat niet voldoet aan huidige hoge product- en veiligheidseisen (Int. 9,11). Ook wordt door materiaalreductie in edelmetalen de recyclewaarde van bijvoorbeeld printplaten lager (Int. 5,11). Gebromeerde brandvertragers (BFR) in plastic vormen een issue voor recycling; deze worden momenteel na sortering met een drijftest in water, op hoge temperatuur verbrand (Int. 11). Nieuwe recyclingtechnieken zijn in ontwikkeling, maar nog niet rendabel voor grootschalige toepassing (int. 9,11). Hoogwaardige verwerking wordt ook gehinderd door schade aan afvalstromen tijdens sortering en transport (Int. 8,11). Getroffen maatregelen, zoals maximaal gewicht per vrachtwagen voorkomt al schade, maar alsnog is dit probleem aanwezig (Int. 9,11). Huidige prikkels zijn vooral gericht op verwerken van massa tegen lage kosten – er zijn minder prikkels op specifiek waardebewoud op schade te voorkomen (Int. 7,9,11,14).

Een centrale praktische belemmering is gebrek aan kennis(deling) van productinformatie – hoe complexe producten goed en snel (kosteneffectief) gedemonteerd kunnen worden, en waar specifieke materialen (zoals CRMs) zitten in de producten. Volgens geïnterviewden vindt er veel onderzoek plaats door kennisinstellingen naar hoe plastics en CRMs te recyclen, maar zijn dit vaak eenmalige onderzoeken en laat de operationele toepasbaarheid te wensen over (Int. 11). Voor opschaling worden wel enige investeringsmiddelen ter beschikking gesteld (int. 8,9,11), maar de belangrijkste sturende mechanismen zijn gebaseerd op het behalen van zo hoog mogelijke massa tegen zo laag mogelijk kosten (int. 9,11,14). Dit alles leidt ertoe dat momenteel recycling gericht is op edelmetalen met hoge marktwaarde, in smelting processen waarbij overige CRMs en plastics verloren gaan in slakken (Int. 11).

In **Figuur 3.12** wordt de systeemdynamiek voor hoogwaardige verwerking en toepassen recyclaat in een figuur samengevat en eronder tekstueel toegelicht.

⁵² Dergelijke afstemming is bijvoorbeeld bij automotive industrie wel tot stand is gekomen nadat een percentage plastic recyclaat werd verplicht vanuit EU wetgeving (int. 11).



Figuur 3.12: Samenhang knelpunten en systeemdynamiek voor Hoogwaardige verwerking en toepassen recycalaat. De F-nummers duiden op innovatiesysteemfuncties. Dikte van elementen geeft de mate van invloed weer. Rode pijlen duiden op negatieve invloed en groene pijlen op positieve invloed.

Verschillen tussen productcategorieën:

- › **Witgoed:** In witgoed is recycling verder gevorderd vanwege het grotere aandeel ijzer in behuizingen en duidelijke en bereikbare componenten (printplaten, motoren, pompen). Echter blijken CRMs uitdagend, omdat herkennen en sorteren stuit op gebrek aan informatie. Bij witgoed is o.a. een koelkast op de markt gebracht met plastic interieur afkomstig van oude koelkast interieurs. Echter is dit nog uitzonderlijk. Inzameling van witgoed gaat in vergelijking met andere productcategorieën goed, dankzij innameplicht bij retail, en bijvoorbeeld door het onhandige formaat om in huis te bewaren. Echter is door ontbreken afgifteplicht en hoge schrootwaarde het risico groter op non-compliant verwerking.

- › **Personal devices:** bevatten veel (en steeds vaker) geïntegreerde componenten met CRMs die lastig te scheiden zijn. Bij personal devices is inzameling een groot issue, risico op ophoping in de lade door klein formaat, en zorgen rond privacy bij inleveren. Lokale 'GSM' reparatiewinkels doen vaak aan inzameling, en bijv. kortingen op nieuwe toestellen bij inleveren. Bij ICT zijn er keurmerken als TCO Certified of EPEAT, die kunnen worden uitgevraagd bij B2B onder MV(O)I inkoop.
- › **Kleine huishoudelijke apparaten:** Sommige onderdelen, zoals bijvoorbeeld gespoten aluminium, zijn lastig te scheiden. Verlijming en klikverbindingen spelen hier proportioneel het meest, en geïntegreerde batterijen die ingewikkeld te demonteren zijn. Dit heeft ook te maken met functionaliteit tegen lage kosten, zoals waterdichtheid en veiligheid, bijvoorbeeld voor de situatie dat een tandenborstel in de douche op de grond valt.

Mogelijke interventiepunten voor Hoogwaardige verwerking en recycelaat

Bulkmetalen zoals koper, ijzer en aluminium worden op dit moment al grotendeels goed gerecycled in de elektronieketen (zie paragraaf 1.4). Om een stabiele business case voor recycling van CRMs en plastics te creëren zijn een aantal interventies nodig. Allereerst dient er vraag gecreëerd te worden naar recycelaat. Aangezien primaire materialen te goedkoop zijn, ligt het voor de hand om beprijzing of verplichting in te stellen (zie **Hoofdstuk 4**). Ook dient aan de ontwerpkant in overleg met recyclers: 1) beperkt te worden welke plastics in welke samenstelling toegepast worden, om zo meer hanteerbare stromen te creëren, en 2) beperken van verlijming en andere slecht demontabele verbindingen.

Deze vraag naar recycelaat kan het best samen gaan met koppeling van vraag en aanbod: ofwel het opbouwen van Europese productiecapaciteit (bijvoorbeeld via een Made in Europe label) in combinatie met vergemakkelijken van EU-interne handel in e-waste voor recyclers.

Cruciaal voor het inrichten van hoogwaardige verwerking processen is kennis over CRMs in producten – het DPP dient in goede samenwerking met recyclers worden opgesteld om te garanderen dat de geboden informatie aansluit bij behoeften van recyclers. Qua kennisontwikkeling zit ook veel meerwaarde in het ondersteunen van ontwikkeling van AI om gerichte sortering te versnellen, en ander operatie-gericht onderzoek dat opschaling direct ondersteunt.

De inzamelketen dient meer te worden ingericht op waardebehoud. Het creëren van markt voor recycelaat is cruciaal, maar ook sturing op hoogwaardigheid in afvalbeleid dient te worden uitgebouwd om minimumeisen en incentives zo neer te leggen dat de afvalhiërarchie van het CMP waar mogelijk wordt gevolgd (zoals ook besproken onder Levensduurverlenging). Dit vereist weliswaar eerst een gedeeld beeld van wat 'hoogwaardigheid' behelst in context van deze productgroep, en dat hieruit sturende definities worden opgesteld. Daarvoor is echter wel nodig dat de extra inspanningen van hoogwaardige verwerking adequaat gecompenseerd worden. Indien dit goed wordt ingericht zal dit hoogwaardige verwerking sterk ten goede komen door 1) sortering en scheiding op het juiste moment, 2) het voorkomen van afvalfase voor herbruikbare producten, 3) betere terugwinning van waardevolle componenten, en 4) het voorkomen van waardeverlies door schade tijdens handling. Ondersteun de keten ook met kennis en eventuele sturing op praktische operationele zaken zoals toepassen van palletboxen om schade te beperken.

Ten slotte dienen consumenten beter in te leveren (met name personal devices) en moeten lekstromen voorkomen worden. Hiervoor kunnen financiële incentives worden geboden (zie **Hoofdstuk 4**, toezicht aangescherpt op export van afgedankte EEA met twijfelachtige

herbruikbaarheid, e-waste en een afgifteplicht (waarbij wel een aandachtspunt is dat dit niet bijt met levensduurverlengende praktijken – zie discussie over juridische status van afval hierboven). Dekking van netwerk en gemak kan verbeterd worden met verduidelijking op een centrale plek (afval app) en bijvoorbeeld samenwerkingen tussen overheden en online retail structuren en pakketdiensten voor inzamellogistiek. In alle bovenstaande zaken is van belang dat de governance voldoende inspraak biedt voor ketenpartijen die onder kaders en incentives vallen om knelpunten aan te kaarten. **Figuur 3.13** vat de samenhang van interventiepunten samen.



Figuur 3.13: Samenhang interventiepunten voor Hoogwaardige verwerking en recyclaat. Pijlen geven versterkende interacties weer. Dikte van elementen geeft relatief belang weer.

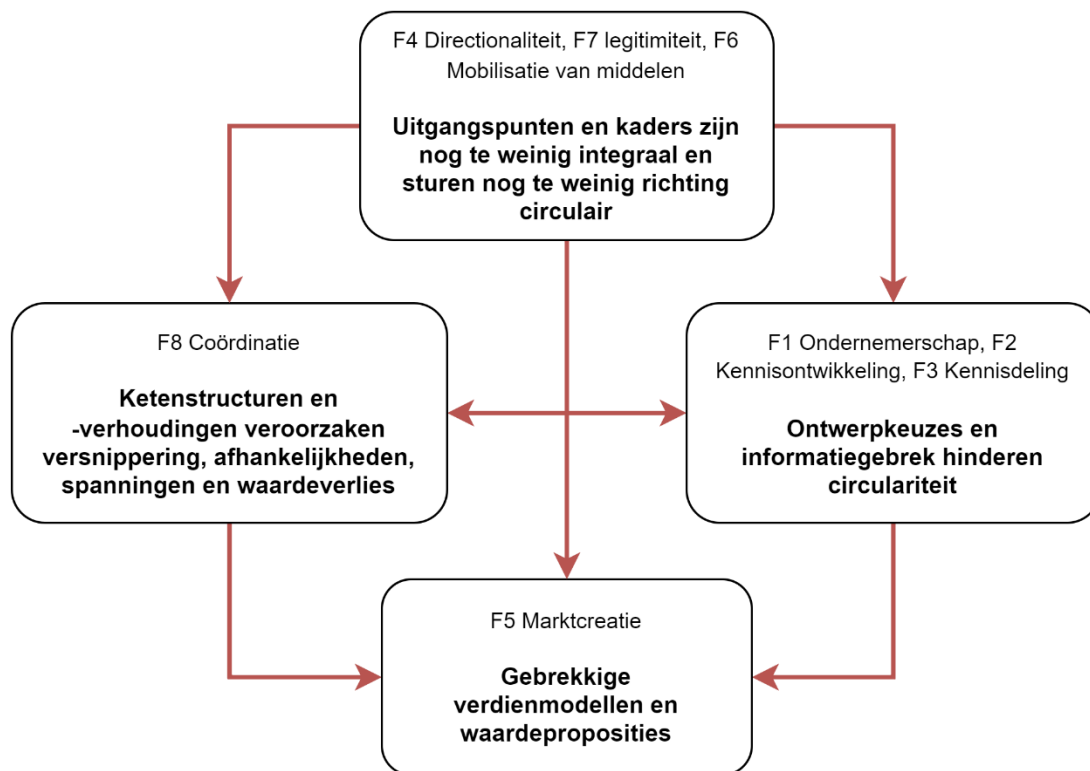
3.3 Overkoepelende dynamieken en interventiepunten

In deze paragraaf worden overkoepelende lessen getrokken uit de bovenstaande functionele analyse.

3.3.1 Overkoepelende knelpunten

Op basis van de verschillende analysestappen in dit hoofdstuk, wordt hieronder een synthese gegeven waarin vier overkoepelende knelpunten naar voren komen.

Figuur 3.14 laat zien dat vier overkoepelende knelpunten elkaar onderling versterken. Incoherente kaders leveren beperkte sturing op circulair, hetgeen bijdraagt aan ongunstige ketenorganisatie en onvoldoende kennisontwikkeling en circulair ontwerpkeuzes, terwijl deze factoren op hun beurt leiden tot zwakke verdienmodellen. De beperkte economische aantrekkelijkheid van circulaire activiteiten vermindert vervolgens weer de prikkel om ontwerpkeuzes, samenwerking en investeringen te verbeteren. Hierdoor ontstaat een zichzelf versterkend systeem waarin circulariteit moeilijk van de grond komt zonder gelijktijdige interventies op meerdere niveaus. Zie onderstaand een toelichting op de vier overkoepelende knelpunten.



Figuur 3.14: Overkoepelende knelpunten circulaire EEA. Pijlen geven elkaar versterkende interacties weer.

Uitgangspunten en kaders zijn nog te weinig integraal en sturen nog te weinig richting circulair

Probleemstellingen, indicatoren en prikkels vormen nog onvoldoende een coherent geheel dat leidt tot circulair als logische optie voor consumenten en ketenpartijen. Alternatieve waarden zoals strategische materiaalwaarde, en trade-offs tussen verschillende doelen worden nog te weinig expliciet en 'verrekenbaar' gemaakt. Hierdoor blijven spanningen tussen bijvoorbeeld energiegebruik versus materiaalgebruik, en milieu/brand/voedselveiligheid versus circulaire oplossingen bestaan. Zo werpen afvaldefinities barrières op voor (component)hergebruik, en hebben producenten met name bij goedkopere producten te maken met ontwerpafwegingen tussen prijs, robuustheid en repareerbaarheid. Ook komt spanning voort uit onduidelijke garantiewetgeving, en ontbreken duidelijk definities van hoogwaardigheid. De nadruk in het systeem ligt momenteel nog te veel op volume tegen lage kosten, en te weinig op waardebehoud. Een voorbeeld hiervan is sturing op gewicht bij verwerking, hetgeen CRMs en plastics onderwaardeert. Producenten en ketenpartijen ervaren nog beperkt noodzaak om circulair ontwerp en werkwijze breed te implementeren, ook gezien de nog lage prijzen van primaire materialen. Het ontbreken van integrale sturing op waardebehoud werkt vervolgens door in de rest van de keten. Ten slotte laat de analyse zien dat binnen de huidige systeemdynamiek, circulaire strategieën onderling ook spanningen kunnen vertonen, hoewel van onderlinge strijd geen sprake is.

Ketenstructuren en -verhoudingen veroorzaken versnippering, afhankelijkheden & spanningen en waardeverlies

De bestaande kaders hierboven beschreven vertalen zich in een ketenstructuur die wordt gekenmerkt door versnippering, afhankelijkheden en waardeverlies. Reparateurs hebben voor stabiel volume, en sommige resources nog te vaak een afhankelijk van producenten, terwijl huidige garantiewetgeving spanningen veroorzaakt tussen producenten, retailers en consumenten. Daarnaast leidt focus op bulkverwerking tegen lage kosten tot schade aan afgedankte apparatuur, waardoor mogelijkheden voor refurbishment, componenthergebruik en hoogwaardige verwerking verloren gaan. Ook zijn activiteiten rond hergebruik versnipperd georganiseerd, wat professionalisering, opschaling en kosteneffectiviteit belemmert. Op Europese schaal ontbreekt bovendien voldoende bundeling van e-wastestromen, waardoor investeringen in hoogwaardige CRM-recycling moeilijker rendabel worden. Tegelijkertijd zijn bedrijfsprocessen van producenten en retailers nog grotendeels ingericht op lineaire verkoopmodellen. Uit de structuuranalyse blijkt ook dat invloed in governance structuren nu relatief eenzijdig belegd is bij vertegenwoordigers van producenten, en dat consumenten nog volledig buiten beeld blijven.

Ontwerpkeuzes en gebrek aan informatie hinderen circulariteit

Een tekort aan sturing op circulariteit uit zich ook in belemmerende ontwerpkeuzes en informatiegebrek. Producten worden nog te vaak ontworpen op een manier die reparatie, demontage en recycling bemoeilijkt, bijvoorbeeld door verlijming, geïntegreerde componenten, en te grote diversiteit aan plastics. Bovendien maken hoge technische, esthetische en veiligheidsvereisten toepassing van recycalaat momenteel lastig. Gebrek aan standaardisatie op ontwerpen en onderdelen verhoogt daarnaast de arbeidsintensiteit van reparatie en refurbishment, en verhindert de ontwikkeling van een onafhankelijke onderdelenmarkt. Ook ontbreekt nog informatie over aanwezigheid van CRMs en demontage-instructies voor efficiënt hergebruik en recycling. Gerichte sortering en hergebruik worden verder belemmerd door gebrek aan inzicht in marktvraag naar refurbished producten. Beperkte kennisdeling en samenwerking binnen de keten versterken bovenstaande uitdagingen verder.

Gebrekkige verdienmodellen en waardeproposities

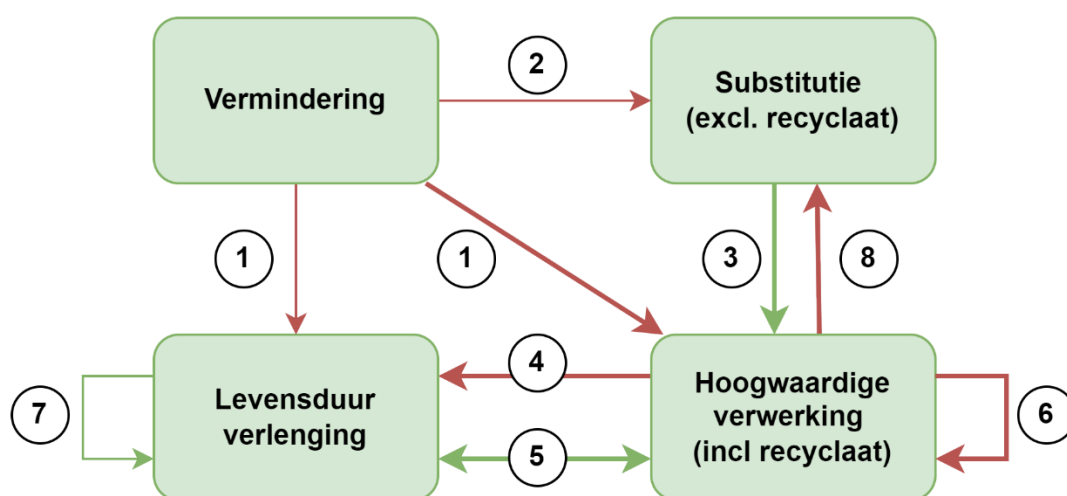
De hierboven beschreven knelpunten komen uiteindelijk samen in zwakke verdienmodellen voor circulaire activiteiten. Ontwerpen met lange levensduur, Reparatie, refurbishment en hoogwaardige verwerking zijn nog vaak duurder dan lineaire alternatieven door hoge arbeidskosten, dure onderdelen, logistieke uitdagingen en een gebrek aan schaalgrootte. Bovendien zijn klantreizen voor reparatie en refurbished producten minder ontwikkeld dan die voor nieuwe producten, terwijl consumentenvertrouwen en marktvraag nog niet altijd vanzelfsprekend zijn. Voor recyclers geldt daarnaast dat vraag en aanbod van recyclaat onvoldoende op elkaar aansluiten. In combinatie met goedkope primaire materialen en een beperkte waardering van CRMs belemmert dit investeringen in hoogwaardige verwerking. Hierdoor blijft de economische basis voor circulaire businessmodellen kwetsbaar.

3.4 Discussie: overkoepelende dynamieken en interventiepunten

In deze paragraaf worden overkoepelende lessen getrokken uit de verschillende analysestappen van de MIS analyse. Eerst worden interacties tussen de circulaire strategieën besproken. Vervolgens worden overkoepelende knelpunten besproken, met daarbij een aantal belangrijke interventiepunten.

3.4.1 Interacties tussen circulaire strategieën

Zoals de toekomstscenario's in **Hoofdstuk 2** laten zien, is het belangrijk circulaire strategieën in samenloop toe te passen om de missie te kunnen behalen. Omdat hierin integraal denken belangrijk is, is het ook belangrijk de interacties, zowel versterkend als belemmerend, tussen de circulaire strategieën in beschouwing te nemen. **Figuur 3.15** toont de bevindingen, welke hieronder worden toegelicht.



Figuur 3.15: interacties tussen circulaire strategieën. Nummers corresponderen met onderstaande toelichting. Pijlen geven (groen) positieve en (rood) negatieve interacties weer. Dikte van de pijl geeft mate van invloed aan.

1. Vermindering van materiaal per product kan op gespannen voet staan met levensduurverlenging⁵³, met name vanwege sterke concurrentie op lage prijs, vooral in kleine huishoudelijke artikelen. Vermindering van CRMs en edelmetalen en lightweighting maakt recycling technisch en economisch lastiger.⁵⁴
2. Aandacht voor materiaalvermindering kan ten koste gaan van aandacht voor alternatieve materialen (bijv. alternatieven voor CRMs, bioplastics)
3. Substitutie van ZZS in kunststoffen (zoals brandvertragers) verbeteren de recycling van plastics.
4. Huidige formele prikkels kunnen leiden tot prioritering verwerking boven hergebruik. Strakkere grip op inzameling vanuit afvalverwerking kan bewegingsruimte voor levensduurverlenging compliceren.
5. Reparabel ontwerp is vaak ook recyclebaar ontwerp. Hierdoor hebben recycling en levensduurverlenging baat bij modulair en goed demontabel ontwerp.
6. Als de primaire prioriteit bij inzameling en verwerking milieuveilige afhandeling is, is het niet vanzelfsprekend dat ook prioriteit ligt bij hoogwaardigheid van verwerking.
7. Wat niet reparabel is, kan nog wel herbruikbare onderdelen bevatten.
8. Biobased plastics kunnen, afhankelijk van de chemische samenstelling, botsen met huidige recycling processen.

Bovenstaande dynamiek dient als context voor de onderstaande overkoepelende knelpunten en interventies.

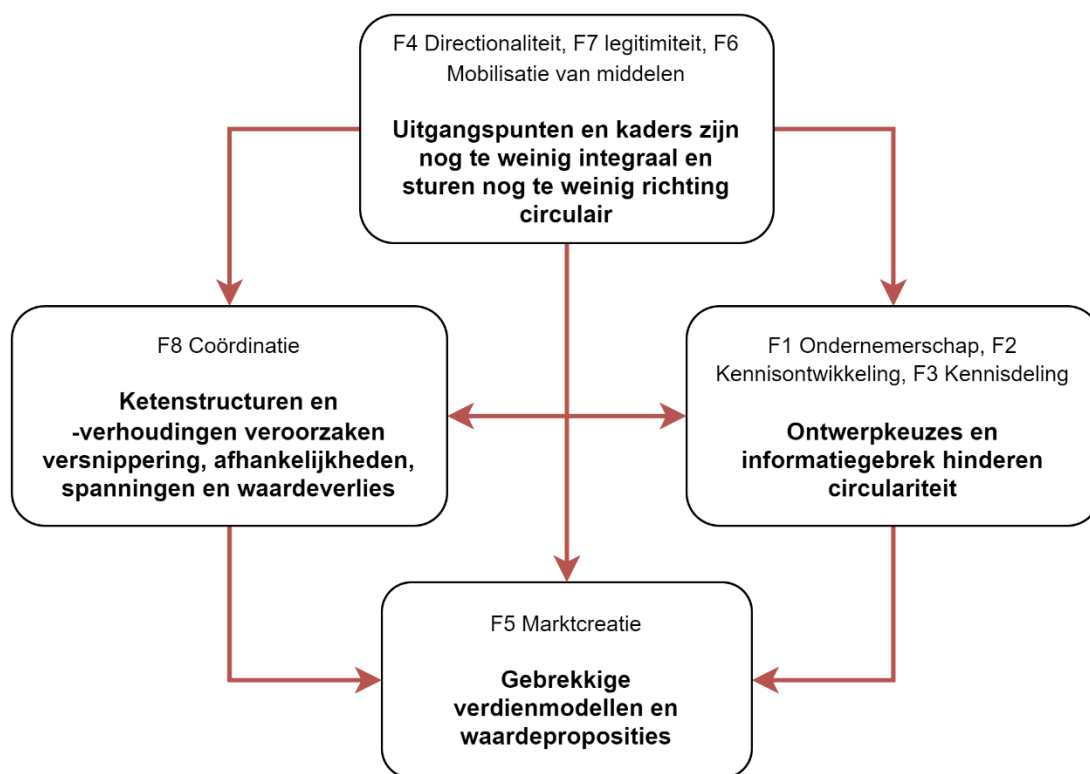
3.4.2 Overkoepelende knelpunten en interventies

Op basis van de verschillende analysestappen in dit hoofdstuk, wordt hieronder een synthese gegeven van vier overkoepelende knelpunten en bijpassende interventies.

Figuur 3.16 laat zien dat vier overkoepelende knelpunten elkaar onderling versterken. Incoherente kaders leveren beperkte sturing op circulair, hetgeen bijdraagt aan ongunstige ketenorganisatie en onvoldoende kennisontwikkeling en circulair ontwerpkeuzes, terwijl deze factoren op hun beurt leiden tot zwakke verdienmodellen. De beperkte economische aantrekkelijkheid van circulaire activiteiten vermindert vervolgens weer de prikkel om ontwerpkeuzes, samenwerking en investeringen te verbeteren. Hierdoor ontstaat een zichzelf versterkend systeem waarin circulariteit moeilijk van de grond komt zonder gelijktijdige interventies op meerdere niveaus. Zie onderstaand een toelichting op de vier overkoepelende knelpunten.

⁵³ Negatieve impact op robuustheid door lightweighting, en op repareerbaarheid door verlijming en klikverbindingen.

⁵⁴ o.a. moeilijk te scheiden gespoten aluminium, moeilijk te scheiden lijmverbindingen, minder waardevol e-waste door edelmetaal reductie in printplaten, moeilijk te scheiden composieten en fracties bij lichtgewicht plastics.



Figuur 3.16 Overkoepelende knelpunten circulaire EEA. Pijlen geven elkaar versterkende interacties weer.

Uitgangspunten en kaders sturen nog te weinig richting circulair

Probleemstellingen, indicatoren en prikkels vormen nog onvoldoende een coherent geheel dat circulair handelen tot de logische keuze maakt voor consumenten en ketenpartijen. Alternatieve waarden, zoals de strategische waarde van Critical Raw Materials (CRMs), worden onvoldoende meegewogen en trade-offs tussen bijvoorbeeld energiegebruik, materiaalgebruik, veiligheid en circulariteit blijven vaak impliciet. Hierdoor ontstaan spanningen rond hergebruik, reparatie en recycling, terwijl definities van hoogwaardigheid ontbreken en waardebehoud onvoldoende wordt beloond. De nadruk ligt nog sterk op volume en lage kosten, waardoor producenten en andere ketenpartijen beperkt worden gestimuleerd om circulaire ontwerp- en bedrijfskeuzes te maken.

Om dit te doorbreken is een integraal circulair verhaal nodig waarin impactpotentie centraal staat en afwegingen expliciet worden gemaakt. Dit vraagt om coherente definities, indicatoren en beprijzing, onder meer voor strategische materialen. Daarnaast verdient vermindering een prominenter plek in beleid, bijvoorbeeld via een kader voor de potentiebepaling van deelgebruik. Ook dienen hoogwaardigheid en waardebehoud expliciet te worden gedefinieerd en verankerd in sturing en verantwoording. Verder kunnen de doelstellingen van de UPV worden verbreed naar (voorbereiding op) hergebruik en componenthergebruik, eventueel ondersteund door een juridische status tussen gebruiks- en afvalfase. Tot slot zijn verduidelijking van de garantiewetgeving, een sterkere focus op levensduurverlenging en een grotere betrokkenheid van consumenten belangrijke randvoorwaarden.

Ketenstructuren en -verhoudingen veroorzaken versnippering, afhankelijkheden en waardeverlies

De huidige ketenstructuur wordt gekenmerkt door versnippering, afhankelijkheden en waardeverlies. Reparateurs zijn voor onderdelen, informatie en soms ook volumes afhankelijk van producenten, terwijl schade tijdens inzameling en verwerking mogelijkheden voor refurbishment, componenthergebruik en hoogwaardige verwerking verkleint. Ook ontbreken schaalvoordelen en professionele samenwerking rond hergebruikactiviteiten. Op Europese schaal is de bundeling van CRM-houdende e-wastestromen beperkt, waardoor hoogwaardige verwerking moeilijk opschaaft. Daarnaast zijn veel bedrijfsprocessen nog ingericht op lineaire verkoopmodellen en zijn governance-structuren niet altijd voldoende representatief voor de brede circulaire opgave.

Een effectievere keten vraagt daarom om versterking van onafhankelijke reparatie- en onderdelenmarkten, meer regie op taakverdeling en opschaling van circulaire activiteiten, en een grotere rol voor publieke koplopers zoals milieustraten. Daarnaast kan bundeling en uitwisseling van CRM-houdende e-wastromen op Europese schaal hoogwaardige verwerking ondersteunen. Ook is betere afstemming nodig tussen productontwerp, recyclingprocessen en de vraag naar recycalaat. Ten slotte verdient het aanbeveling kritisch te kijken naar governance-structuren, zodat diverse belangen en perspectieven beter vertegenwoordigd zijn.

Ontwerpkeuzes en gebrek aan informatie hinderen circulariteit

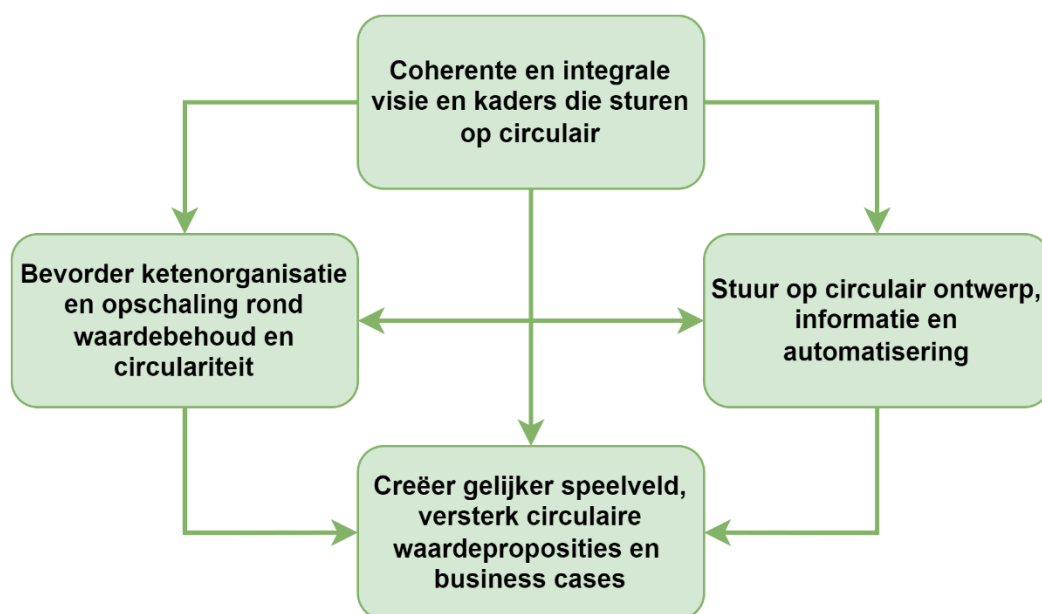
Een gebrek aan sturing op circulariteit vertaalt zich ook in ontwerpkeuzes die reparatie, hergebruik en recycling bemoeilijken. Verlijming, geïntegreerde componenten en een grote diversiteit aan plastics verhogen de kosten van circulaire strategieën. Tegelijkertijd maken hoge technische, esthetische en veiligheidsvereisten de toepassing van recycalaat lastig. Gebrek aan standaardisatie verhoogt de arbeidsintensiteit van reparatie en refurbishment, terwijl informatie over CRMs, productopbouw en demontage vaak ontbreekt. Ook ontbreekt voldoende inzicht in de marktvraag naar refurbished producten, waardoor sortering en hergebruik minder doelgericht plaatsvinden.

Deze knelpunten vragen om sterker circulair ontwerp, betere informatievoorziening en technologische ondersteuning. Daarbij zijn standaardisatie van ontwerpen en componenten, het voorkomen van slecht demontabele verbindingen en het beperken van de diversiteit aan plastics belangrijke aangrijpingspunten. Daarnaast vormt een digitaal productpaspoort een essentiële randvoorwaarde voor onderhoud, reparatie, hergebruik en hoogwaardige verwerking. AI-toepassingen kunnen vervolgens bijdragen aan efficiëntere sortering, betere inschatting van hergebruikspotentie en effectievere recyclingprocessen.

Gebrekkige verdienmodellen en waardeproposities

De voorgaande knelpunten komen samen in zwakke verdienmodellen voor circulaire activiteiten. Ontwerpen met een lange levensduur, reparatie, refurbishment en hoogwaardige verwerking zijn vaak duurder dan lineaire alternatieven door hoge arbeidskosten, dure onderdelen, logistieke uitdagingen en beperkte schaalgrootte. Bovendien zijn klantreizen voor reparatie en refurbished producten minder ontwikkeld dan die voor nieuwe producten. Voor recyclers geldt daarnaast dat vraag en aanbod van recycalaat onvoldoende op elkaar aansluiten, terwijl goedkope primaire materialen en een beperkte waardering van CRMs investeringen in hoogwaardige verwerking ontmoedigen.

Het versterken van circulaire businesscases vraagt daarom om een gelijk spelveld tussen circulaire en lineaire alternatieven. Circulair inkoop- en afdankbeleid kan hierin een belangrijke rol spelen, evenals sterkere prikkels voor toepassing van recyclaat en het ontmoedigen van laagwaardige verwerking. Daarnaast kunnen te hoge prijzen van originele onderdelen worden beperkt en zijn incentives wenselijk voor consumenten en ketenpartijen die investeren in levensduurverlenging en hoogwaardige verwerking. Tot slot is verbetering van de circulaire klantreis essentieel om reparatie, hergebruik en refurbished producten aantrekkelijker en toegankelijker te maken. **Figuur 3.17** toont hoe bovenstaande overkoepelende interventies samen leiden tot versterking van circulaire EEA. Een aanvullende overkoepelende analyse wordt gegeven in **Bijlage D.4**



Figuur 3.17: Samenhang van overkoepelende interventiepunten. Pijlen geven versterkende interacties weer.

3.5 Conclusies: knelpunten en interventiepunten

In deze sectie worden de bevindingen van de MIS analyse beknopt samengevat. Hierbij wordt per circulaire strategie de bepalende knelpunten en mogelijke interventiepunten getoond. De knelpunten en interventies zijn in meer detail uitgewerkt per circulaire strategie in de desbetreffende paragrafen. De interventies waarbij ook concrete beleidsinstrumenten passen, zijn uitgewerkt in **Hoofdstuk 4**.

Tabel 3.1: Samenvatting knelpunten en interventiepunten per circulaire strategie.

Overkoepelend	
<i>Structuur analyse + Functionele analyse</i>	
Knelpunten	› Kaders sturen te weinig aan richting circulair. Coherentie tussen definities en strategieën laat te wensen over. › Ketenstructuur en verhoudingen creëren spanningen en versnippering. › Ontwerpkeuzes, informatiegebrek en ontbrekende automatisering hinderen circulariteit. › Huidige verdienmodellen gericht op lineair. Gebrekkige verdienmodellen en waardeproposities van circulair hinderen opschaling en mainstreaming.
Interventie punten	› Ontwikkel een integraal circulair verhaal en adresseer de vele trade-offs expliciet. Geef aandacht aan strategieën op basis van circulaire potentie. Werk naar coherente definities en indicatoren, en stuur hiermee de keten aan op integraal waardebehoud. › Bevorder ketenorganisatie en opschaling rond waardebehoud en circulariteit. › Stuur op circulair ontwerp, informatie en automatisering. › Creëer gelijk spelveld, versterk circulaire waardeproposities en business cases.
Vermindering	
Knelpunten	› Weinig aandacht voor minder productie en consumptie in beleid en markt. › Deelgebruik beperkt toepasbaar binnen EEA door product- en gebruikskennmerken. › Gevestigde businessmodellen bemoeilijken alternatieven, en concurrentie op lage prijs creëert spanning tussen materiaalbesparing, en repareerbaarheid en recycleerbaarheid.
Interventie punten	› Prominentere plaats voor vermindering in circulair beleid en sturingskaders. › Ontwikkel een denkkader voor bepalen kansrijkheid van deelgebruik per productcategorie. › Verken publieke modellen rond deelgebruik, verwacht niet dat klassieke modellen deelgebruik oplossen.
Substitutie	
Knelpunten	› Gebrek aan concrete beleidsdoelen en prikkels, hoge prijs relatief aan goedkoop primair materiaal en hoge technische materiaaleisen beperken toepassen van recycleert en alternatieve materialen. › Globale ketens maken kringloopsluiting lastig.
Interventie punten	› Directe kaders en prikkels voor toepassen recycleert. Creëer gelijk spelveld door primaire materialen realistischer te beprijzen, en waardeer/beprijst materialen op alternatieve waarde (bijv. strategische waarde). › Verken laagdrempeliger toepassingsgebieden, herzie materiaaleisen, stimuleer R&D. › Vergroot interne productiecapaciteit binnen de EU.

Levensduurverlenging	
Knelpunten	Reparatie › Onduidelijke garantiewetgeving leidt tot spanning tussen producenten, retail en consumenten. Garantiewetgeving stuurt nog te weinig op levensduurverlenging boven vervanging. › Reparatie te duur door arbeidsintensiteit, prijzen en beschikbaarheid van originele onderdelen, en reparatie-onvriendelijke ontwerpkeuzes. › Repareteurs afhankelijk van producenten voor volume en bepaalde resources. › Reparatie voor consument minder aantrekkelijk door recht op vervanging en onderontwikkelde klantreis. Refurbishment › Keteninrichting en prikkels sturen aan op verwerking, niet op waardebehoud – leidt tot schade aan potentieel herbruikbaar AEEA; › (Kleinere) refurbishers en <i>component mining</i> ervaren belemmering vanuit afvalwetgeving. › Versnippering in refurbishing vanuit consumenten-AEEA hindert opschaling en kosteneffectiviteit. › Afhankelijkheid van sociale arbeid roept vragen op over schaalbaarheid. › Gebrek aan inzicht in hergebruikpotentie en marktvraag.
	Algemeen › Versterk eisen aan repareerbaarheid, modulair ontwerp en standaardisatie. › Benut inkoopbeleid om vraag te vergroten. › Stimuleer concurrentie op levensduur via repareerbaarheidsindices, levensduurlabels en garanties. Reparatie › Verduidelijk garantiewetgeving met ambitieuze vaste periode als ondergrens en stuur op levensduurverlenging i.p.v. vervanging. › Verbeter klantreis rond reparatie (gemak, snelheid en zekerheid). › Ondersteun onafhankelijke reparatie door o.a. ontwikkelen van bestelsystemen. Refurbishment › Verbreed inzamel- en verwerkingsdoelstellingen naar hergebruik. › Ontwikkel laagdrempeliger certificatiekader voor refurbishment en componenthergebruik. › Overweeg wettelijke 'hergebruik' status tussen gebruiksfase en afvalfase in. › Regisseer op taakverdeling en opschaling van levensduurverlengingsactiviteiten. Benut (publieke) koplopers om best practices te accelereren. › Ontwikkel AI en automatisering voor sortering en inschatten marktpotentie.
Hoogwaardige verwerking	
Knelpunten	› Consument mist gemak en incentives om AEEA in te leveren. › Keten gestuurd op verwerking massa tegen lage kosten, onderwaardeert CRMs en plastics. Prijsgedreven praktijken beschadigen AEEA, belemmert hoogwaardige verwerking. › Operationele en financiële haalbaarheid belemmerd door: verlaagde recyclewaarde (door materiaalbesparing edelmetalen), te hoge diversiteit aan plastics, aanwezigheid vlamvertragers, matig demontabel ontwerp, ontbrekende productinformatie en herkenbaarheid CRMs, en beperkte EU-schaal bundeling van CRM stromen.
Interventiepunten	› Geef prikkels en gemak voor inzameling door consumenten, versterk handhaving op correct afdanken door bedrijven. › Keten aansturen en afrekenen op waardebehoud/hoogwaardigheid, afdoende compensatie bieden aan ketenpartijen voor hogere arbeidsintensiteit. › Versterk recyclebaar ontwerp en beperk diversiteit plastics. Ontwikkel informatievoorziening (DPP) voor informatie locatie CRMs en demontage-instructies, en ontwikkel AI voor efficiëntere sorteer- en recycling processen. › Versterk recyclelaar markt en logistiek via EU-schaal bundeling van e-waste en EU-interne productie.

4 Beleidsanalyse

Samenvatting

*In dit hoofdstuk presenteren we een groot aantal beleidsinstrumenten voor een meer circulaire keten van elektronica. De beleidsinstrumenten grijpen in op de knelpunten uit **Hoofdstuk 3** (de MIS-analyse).*

*Overkoepelend valt op dat het toekomstige beleid voor het verduurzamen van EEA sterk leunt op Europese instrumenten, zoals de ESPR en Right-to-Repair richtlijn. Het nationale beleid is vooral ondersteunend en uitvoerend, terwijl financiële prikkels en economische stimulering nog beperkt worden ingezet. Verder valt het op dat er nog geen concrete doelstellingen bestaan voor het verduurzamen van de productgroep elektronica. Voor **Vermindering** bestaat momenteel nog nauwelijks direct beleid. De MIS-analyse heeft onder andere laten zien dat de business case van elektronica producenten is gefocust op hogere consumptie en functionaliteit tegen lage prijs. De snelle innovatiecyclus stimuleert vervanging in plaats van reparatie of hergebruik. Een prominentere plaats voor vermindering in circulair beleid en sturingskaders is daarom noodzakelijk. Ook moet markttoegang beperkt worden voor producten met een korte levensduur of lage kwaliteit. Aanvullende beleidskansen liggen met name bij het terugdringen van eenmalige elektronica en producten met een korte levensduur, bijvoorbeeld door vergaande maatregelen zoals reclame- en productverboden, evenals bij het stimuleren van bewust consumeren. Daarnaast kan mogelijk ook de deel- en leeneconomie worden gestimuleerd, alhoewel de MIS-analyse liet zien dat eerst een kader ontwikkeld dient te worden om de kansrijkheid te kunnen beoordelen.*

***Substitutie** speelt binnen elektronica momenteel een beperkte rol. Knelpunten geïdentificeerd in de MIS-analyse zijn een gebrek aan concrete beleidsdoelen voor substitutie in EEA, hoge eisen en kosten voor alternatieve materialen en zwakke marktprikkels voor substitutie van CRMs en biobased materialen. Omdat elektronica grotendeels internationaal buiten de EU wordt geproduceerd, is de impact van nationale maatregelen naar verwachting beperkt. Effectief beleid voor substitutie vraagt daarom vooral om Europese regelgeving, aangevuld met (innovatie)prikkels gericht op de ontwikkeling en toepassing van alternatieve materialen.*

***Levensduurverlenging** krijgt steeds meer aandacht binnen Europees beleid, onder meer via de Right to Repair-richtlijn en ESPR. De Nederlandse beleidsinzet is vooralsnog vooral ondersteunend en gericht op implementatie van het Europese beleid. Uit de MIS-analyse blijkt onder andere dat eisen aan repareerbaarheid, modulair ontwerpen en standaardisatie versterkt moeten worden en inkoopbeleid benut moet worden om de vraag te vergroten. Daarnaast dient de financiële aantrekkelijkheid en schaalgrootte van reparatie & refurbishment vergroot worden. Ook dienen in de afvalketen prikkels gegeven te worden om hergebruik te stimuleren in plaats van verwerking en moet het garantiestelsel duidelijker te worden. Aanvullende beleidskansen rondom levensduurverlenging liggen bij verdere aanscherping van producteisen aan repareerbaarheid, standaardisatie en modulair ontwerp binnen de ESPR. Ook liggen kansen bij specificatie van garantie per productgroep met een ambitieuze vaste periode als ondergrens, uitbreiding van het UPV-instrumentarium en het economisch aantrekkelijker maken van reparatie, refurbishment en hergebruik.*

Voor **Hoogwaardige verwerking** bestaat al een omvangrijk beleidskader. Tegelijkertijd laat de praktijk zien dat inzameldoelstellingen nog niet worden gehaald en dat verdere versterking van handhaving nodig blijft. De MIS-analyse heeft laten zien dat prikkels en gemak voor de inzameling van consumenten belangrijke interventiepunten zijn, naast het verbeteren van de financiële haalbaarheid van terugwinning van kritieke materialen, het versterken van de Europese markt en specificeren van hoogwaardige verwerking als definitie. Belangrijke aandachtspunten voor vervolgbeleid zijn de beleidsmatige uitwerking van de Critical Raw Materials Act (CRMA), betere sturing op het terugwinnen van kritieke grondstoffen, en het verbeteren van de economische randvoorwaarden voor hoogwaardige verwerking. Tot slot wordt gesignaleerd dat de ESPR, de Right-to-Repair-richtlijn en de WEEE-richtlijn een centrale rol lijken te gaan spelen in het toekomstige beleid voor een circulaire elektronicaketen. Veel potentiële beleidsinstrumenten kunnen binnen deze bestaande Europese kaders worden ontwikkeld of aangescherpt, waaronder strengere producteisen binnen de ESPR, tariefdifferentiatie binnen de UPV, de reparatie-index, en stimulerende maatregelen zoals reparatievouchers binnen de Right-to-Repair-richtlijn.

4.1 Huidige beleidsinstrumenten

Op dit moment bestaan er verschillende Europese en nationale beleidsinstrumenten voor het verduurzamen van elektronica. In **Tabel 1.2** staat de belangrijkste wetgeving samengevat voor de productgroep elektronica. Dit zijn veelal normerende instrumenten. Deze overzichtstabel bevat niet alle beleidsinstrumenten. Sommige beleidsinstrumenten zijn namelijk niet direct verankerd in nationale of Europese wetten, zoals bijvoorbeeld het opzetten van Nationaal Reparateursregister, keurmerken, en de DEI+ subsidies.⁵⁵ Het overzicht van het huidige beleid toont een aantal opvallende inzichten:

- › **Vermindering van consumptie:** Er is nog nauwelijks beleid dat zich direct richt op vermindering van productie en consumptie van elektronica. Dit gebeurt alleen indirect door in te zetten op langere levensduur, waardoor minder elektronica vervangen hoeft te worden.
- › **Substitutie van materialen:** Materiële substitutie speelt een beperkte rol binnen de circulaire strategie voor elektronica. Dit hangt samen met de gebruikte materialen in elektronische producten, waarvoor biobased materialen slechts in beperkte mate als substitutieoptie beschikbaar zijn én de materiaalintensiteit relatief beperkt is. Hierdoor is substitutie van biobased materialen minder voor de hand liggend als circulaire strategie. Substitutie lijkt wel een kansrijke strategie door het toepassen van recycelaat en het vervangen van gevaarlijke stoffen en kritieke materialen in elektronica. Daarnaast is het beleid nog beperkt dwingend, als het gaat om het terugdringen van het gebruik van kritieke grondstoffen.

Levensduurverlenging: Levensduurverlenging krijgt in toenemende mate aandacht binnen beleid, met name op Europees niveau via Right to Repair (consumentenkant) en de ESPR (producenten- en consumentenkant). Op Europees niveau is al veel beleid ontwikkeld voor levensduurverlenging. Hierbij wordt gesignaleerd dat het voor Nederland vooral belangrijk is om deze wetgeving effectief en tijdig om te zetten naar nationaal beleid. De Nederlandse overheid werkt hier actief aan. Zo heeft de ministerraad recent ingestemd met het wetsvoorstel rond de Right to Repair-richtlijn.⁵⁶ In Nederland blijft de nationale beleidsinzet vooralsnog beperkt. Levensduurverlenging is vooral impliciet geborgd via garantiewetgeving en niet-dwingende instrumenten zoals duurzaam inkopen, een nationaal reparateursregister en nationale keurmerken. Met name beleid om de consument te stimuleren, bijvoorbeeld via normerende en financieel stimulerende instrumenten, ontbreekt nog.

- › **Hoogwaardige verwerking:** De afvalketen voor elektronische apparatuur is sterk gereguleerd, met een uitgebreid pakket aan normerende maatregelen op zowel Europees als nationaal niveau, onder meer de WEEE-richtlijn, de Regeling AEEA, CENELEC-normen, het Circulair Materialenplan en de Critical Raw Materials Act. In de praktijk worden de inzameldoelstellingen binnen de UPV voor AEEA nog niet gehaald, wat wijst op ruimte voor verbetering in het UPV-instrumentarium en de handhaving.
- › **Overkoepelend:** Een analyse van het beleidskader van EEA laat een belangrijke beperking zien. Er bestaan op dit moment nog geen concrete nationale doelen voor verduurzamen van EEA. De doelen voor elektronica binnen het NPCE zijn niet SMART geformuleerd. Voor

⁵⁵ Demonstratie Energie & Klimaatinnovatie (DEI+) subsidies.

⁵⁶ [Rijksoverheid \(2026\). Reparatie elektrische apparaten makkelijker en betaalbaarder voor consumenten.](#)

2035 bestaan er wel concrete doelen voor de circulaire economie in Nederland, maar deze zijn nog niet gespecificeerd voor de productgroepen, bijvoorbeeld elektronica.

Opvallend is verder dat er veel normerend beleid is en slechts weinig beprijzend of subsidiërend beleid, zowel op Europees als nationaal niveau. De belangrijkste beprijzing is de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid, welke ook normerend is, waarbij producenten verantwoordelijk zijn voor de kosten in de afvalfase van hun producten. Gerichte subsidies ontbreken nog aan de afnamezijde, en zijn ook aan de productiezijde beperkt (alleen DEI+). Op Europees niveau ontstaan eerste aanknopingspunten voor nieuwe subsidies via Right to Repair, bijvoorbeeld een reparatievoucher, maar deze zijn nog niet vertaald naar nationaal beleid.

Daarnaast valt op dat de doelen voor elektronica vooral kwalitatief zijn geformuleerd. Vanuit het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE, 2025) zijn specifieke doelstellingen voor elektronica gesteld om een circulaire keten vorm te geven. Echter, de doelstellingen in het NPCE zijn nog niet concreet genoeg om circulair beleid ook daadwerkelijk invulling te geven. De doelstellingen die op dit moment wél meetbaar zijn, zijn de doelstellingen voor inzameling van AEEA vastgelegd in de Regeling voor AEEA. Hoewel de inzamel- en recyclingstructuur in Nederland relatief goed is ontwikkeld in vergelijking met andere landen, wordt het potentieel ervan nog niet maximaal benut. Inzamelingspercentages blijven onder de doelstellingen en vooral voor kleine apparaten geldt dat de doelstelling niet gehaald wordt.

4.2 Aanvullende beleidsinstrumenten

Om de hiaten in het huidige beleid en de belemmeringen die naar voren zijn gekomen uit de MIS-analyse aan te pakken, zijn zowel aanpassingen in bestaand beleid als aanvullende beleidsinstrumenten denkbaar. Op beiden is een analyse uitgevoerd en heeft zich gericht op het identificeren van kansrijke beleidsinstrumenten, waarmee de overheid gericht kan sturen op de transitie naar circulaire elektronica. Keteninitiatieven worden niet afzonderlijk onderzocht, omdat dergelijke initiatieven in beginsel ook autonoom, zonder directe overheidsinterventie, tot stand kunnen komen. Wel kunnen beleidsinstrumenten (indirect) bijdragen aan het ontstaan, versnellen of versterken van ketensamenwerking. In deze paragraaf zijn de beleidsinstrumenten gepresenteerd. Een overzicht van beleidsinstrumenten is getoond in **Tabel 4.1** en is opgesteld op basis van literatuuranalyse, interviews, een brainstormsessie en een externe expertsessie met stakeholders uit de sector. In dit hoofdstuk lichten we ter illustratie een aantal interessante instrumenten verder toe. Voor de leesbaarheid hebben we ervoor gekozen niet alle instrumenten in detail toe te lichten. De complete beschrijving van de aanvullende beleidsinstrumenten is opgenomen in **Bijlage E**.

De beleidsinstrumenten zijn niet beoordeeld op effectiviteit of uitvoerbaarheid. Om een zo volledig mogelijk overzicht te bieden van de beleidsinstrumenten en te voorkomen dat beleidsinstrumenten ten onrechte worden afgeschreven, wordt in dit hoofdstuk geen selectie gemaakt van beleidsinstrumenten uit de lijst.

Tabel 4.1: Overzicht van mogelijke beleidsinstrumenten. Een uitgebreide beschrijving van deze beleidsinstrumenten is te vinden in **Bijlage E**.

Circulaire Strategie	Beleidsinstrument	Type instrument	Schaal
Vermindering	Verbod op single-use elektronica	Normerend	NL/EU
	Verbod op reclame	Normerend	NL/EU
	Verbod op vernietiging van onverkochte elektronica	Normerend	EU
	Convenant MVOI met bindende afspraken over inkoop van elektronica	Normerend	NL
	Productbelasting	Beprijzend	NL/EU
	Invoering Europese grondstoffenbelasting	Beprijzend	EU
	Heffing voor geïmporteerde producten	Beprijzend	NL/EU
	Lager BTW-tarief voor deelproducten	Stimulerend	NL
	Subsidiëren deelhub met elektronica	Stimulerend	NL
	Gedragcampagnes op bewust consumeren	Overig	NL
	Eisen aan inzet materialen in ESPR, bijvoorbeeld vervangen van kritieke en strategische materialen, en een verplicht aandeel bioplastics en recycalaat	Normerend	EU
	Quotum voor kritieke materialen	Normerend	EU
	Belasting voor inzet van kritieke materialen	Beprijzend	NL/EU
	Hogere tarieven binnen UPV voor elektronica met veel kritieke materialen	Beprijzend	NL/EU
	Innovatiesubsidie om alternatieven te ontwikkelen voor kritieke materialen	Stimulerend	EU
	Prestatie-eisen voor ZZS die recycling belemmeren in ESPR	Normerend	EU
Levensduur-verlenging	Pleiten voor strengere producteisen in ESPR	Normerend	EU
	Nationale implementatie en uitbreiding van Right To Repair	Normerend	NL/EU
	Pleiten voor maximumprijs voor onderdelen in ESPR	Normerend	EU
	Een verplichte dichtheid van reparatie- en refurbishmentcentra in Nederland	Normerend	NL
	Verplicht aandeel tweedehands of refurbished goederen in de retail	Normerend	NL
	Vaststellen productspecifieke minimale wettelijke garantietermijn	Normerend	NL
	Verkopers en fabrikanten verplichten om de wettelijke Nederlandse garantie te communiceren	Normerend	NL
	Specificering minimale verwachte levensduur en daarmee garantietermijn in wetgeving	Normerend	NL
	Verplicht uitsorteren van herbruikbare goederen	Normerend	NL/EU
	Doelstelling voorbereiding voor hergebruik in UPV	Normerend	NL
	Meerdere onderdelen kunnen worden gebruikt voor reparaties (met behoud garantietermijn)	Normerend	NL

	Inkopen van gerepareerde of refurbished elektronica door overheid of producten met een lange levensduur	Normerend	NL
	Invoering van statiegeld of retourpremies	Beprijzend	NL
	Lagere tarieven binnen UPV voor elektronische apparaten met lange levensduur, hoge repareerbaarheid, losmaakbaarheid en recyclelaat	Beprijzend	NL
	Gesubsidieerde leerplekken voor technisch personeel	Stimulerend	NL
	Verlaging of vrijstelling van BTW voor reparatiediensten en tweedehands producten	Stimulerend	NL
	Reparatievoucher	Stimulerend	NL
	Subsidie om CENELEC-certificering te halen	Stimulerend	NL
	CENELEC-light	Overig	NL
	Verplicht labelen van verstrekte garantietermijn	Overig	NL
	Sterkere handhaving op EU-vereisten voor producten	Overig	NL
	Reparatie-index	Overig	EU
	Communicatie en/of gedragscampagne onderhoud	Overig	NL
	Communicatie en/of gedragscampagne waarde van tweedehands, reparatie of refurbished goederen	Overig	NL
	Sterkere handhaving garantiewetgeving	Overig	NL
Hoogwaardige verwerking	Minimumstandaard verhogen voor AEEA binnen CMP	Normerend	NL
	Voorschrijven extra maatregelen UPV door overheid	Normerend	NL
	Materiaalspecifieke doelen opnemen in UPV-regeling (met koppeling naar CRMA-doelstellingen)	Normerend	EU
	Belasting bij het niet behalen van inzameldoelstelling	Beprijzend	NL
	Exploitatiesubsidie voor circulaire activiteiten, zoals scheiden, recyclen en reparatie	Stimulerend	NL
	Innovatie- en exploitatiesubsidie voor het recyclen van kritieke materialen	Stimulerend	NL
	Sterkere handhaving op elektronisch afval buiten de EU	Overig	NL
	Pleiten voor harmonisatie categorieën voor vervoer niet gevaarlijk afval binnen de EU	Overig	EU
	Oorzaken lekstromen elektronica-afval onderzoeken	Overig	NL
	Definitie hoogwaardige verwerking formuleren in regeling AEEA	Normerend/overig	EU
	Pleiten voor ambitieuze invulling van het Digitale Product Paspoort	Normerend/overig	EU

4.2.1 Vermindering

Uit de MIS-analyse blijkt dat er op dit moment geen prikkel bestaat om minder te consumeren en te produceren. Veel consumenten hebben een voorkeur voor de aankoop van nieuwe producten en worden geprikkeld via reclames om nieuwe aankopen te doen. Daarbij zijn verdienmodellen van veel producenten gericht op volume, stimuleren productinnovaties vervanging en is de vraag naar deelproducten op dit moment beperkt, mede dankzij wisselende toepasbaarheid van deelconcepten op EEA.

Tabel 4.1 presenteert negen beleidsinstrumenten gericht op directe vermindering van de aankoop van elektronica-producten. De beleidsinstrumenten zijn nader toegelicht in **Bijlage E.1**. De MIS-analyse liet onder andere zien dat een prominentere plaats voor vermindering in circulair beleid en sturingskaders noodzakelijk is. Ook moet markttoegang beperkt worden voor producten met een korte levensduur of lage kwaliteit.

De beleidsinstrumenten grijpen in op de MIS-knelpunten door de consumptie van nieuwe elektronica minder aantrekkelijk te maken. Een grondstoffenbelasting en productbelasting zorgen er bijvoorbeeld voor dat de maatschappelijke kosten in de prijs van elektronica worden opgenomen, waardoor een nieuw marktevenwicht ontstaat met producten die minder materialen bevatten. De milieu- en prijseffecten van een grondstoffenbelasting hangen af van de mogelijkheid die producenten hebben om substitutie toe te passen, het aandeel van de grondstofprijzen in het uiteindelijke product en de mogelijkheid kosten door te berekenen. Wanneer de belastinginkomsten teruggesluisd worden, zullen de wegleffecten en prijseffecten verkleind worden zonder aan het milieueffect te tornen. Een andere mogelijkheid is een (hogere) heffing op geïmporteerde EEA: op dit moment geldt al tijdelijk een Europese heffing van €3 op geïmporteerde pakketten met een waarde tot €150.⁵⁷

Reclame voor EEA kan ertoe leiden dat consumenten nieuwe producten kopen terwijl het oude product nog goed werkt, en kan er ook toe leiden dat consumenten verleid worden tot het kopen van EEA die ze niet nodig hebben. Een verbod op reclame voor nieuwe EEA leidt tot vermindering van de verkoop.

Gedragscampagnes kunnen consumenten bewust maken van de milieu-impact van elektronica en hen stimuleren om producten langer te gebruiken, te repareren of minder vaak nieuwe producten te kopen. De effectiviteit van dergelijke campagnes is vaak beperkt wanneer ze niet worden ondersteund door andere gedragsprikkelers. Gedrag wordt niet alleen bepaald door bewustzijn, maar ook door prijs, gemak en sociale normen. Campagnes kunnen een belangrijke aanvullende rol spelen, bijvoorbeeld in combinatie met beleidsmaatregelen die reparatie of hergebruik aantrekkelijker maken.

De instrumenten die consumptie van nieuwe elektronica minder aantrekkelijk maken, kunnen in potentie zeer effectief zijn, maar veel instrumenten zijn mogelijk lastig te implementeren (juridische bezwaren, vrijhandelsverdragen). Dit speelt vooral bij de productverboden, het verbod op reclame voor producten, de heffing op import van producten, en een Europese belasting op grondstoffen (waar iedere lidstaat in Europa mee akkoord moet gaan voor de invoering). Tegelijkertijd zijn er nog nauwelijks concrete voorbeelden van deze instrumenten toegepast in binnen- en buitenland. Reclameverboden zijn vaak kleinschaliger, zoals een verbod op reclame in de openbare ruimte of gericht op ongezonde producten, zoals een verbod op reclame op fastfood in het Verenigd Koninkrijk. Frankrijk heeft een voorstel ingevoerd om

⁵⁷ [Council of the European Union \(2025\). Customs: Council agrees to levy customs duty on small parcels as of 1 July 2026.](#)

reclames voor ultra fastfashion te verbieden.⁵⁸ De uitvoerbaarheid van deze instrumenten moet nog verder worden onderzocht, maar er bestaan al productverboden voor vapes met een smaakje⁵⁹ en reclameverboden voor fossiele reclame in Nederland.⁶⁰ Handhaving van de eventuele verboden is belangrijk voor de effectiviteit van deze beleidsinstrumenten.⁶¹ Een potentieel beleidsinstrument dat concreet ingevoerd wordt in Europees verband, is een verbod op vernietiging van onverkochte kleding in 2026. Dit instrument zou ook denkbaar kunnen zijn voor elektronica.

Eenmalige elektronica⁶²

Vooraf voor eenmalige elektronica, of EEA met een korte levensduur, kan het interessant zijn om beleidsinstrumenten in te voeren gericht op de vermindering van aankopen.⁶³ Naast milieuwinst en minder afhankelijkheid van kritieke materialen, heeft een verbod op eenmalige elektronica als bijkomend voordeel dat afvalbranden voorkomen kunnen worden wanneer deze in het restafval terecht komen, hetgeen in de MIS-analyse ook als knelpunt is aangewezen rond recycling. Voorbeelden van kansrijke maatregelen zijn productverboden, verbod op reclame, en productbelasting voor eenmalige elektronica.

Bewust consumeren

In Nederland wordt 17% van alle gekochte consumentelektronica niet (meer) gebruikt.⁶⁴ Bovendien is de gebruiksduur van consumentenelektronica vaak relatief kort.⁶⁵ Het potentiële effect van bewust consumeren en minder aankopen doen lijkt hiermee significant. Om de consumptie van elektronica te verminderen kunnen beleidsinstrumenten worden ingezet die zich richten op de deeleconomie en bewust consumeren. Dit zijn naar onze inschatting niet de instrumenten die leiden tot de grootste daling in de aankoop van nieuwe elektronica (in vergelijking met bijvoorbeeld een productverbod), maar zij kunnen wel de eerste stappen vormen om de groei in aankopen van nieuwe producten te dempen.

Door consumenten bewuster te maken van de impact van hun aankopen kan het gebruik van producten worden verminderd of verschuiven naar duurzamere alternatieven. Gedragscampagnes kunnen consumenten informeren en stimuleren om bijvoorbeeld producten langer te gebruiken, minder te kopen of te kiezen voor reparatie en tweedehands. Hierbij wordt ook een belangrijke rol voor het MVOI-beleid signaleerd. Nederlandse overheden geven samen jaarlijks voor ruim €85 miljard uit aan producten, werken en diensten, en hiermee is de Nederlandse overheid een belangrijke consument.⁶⁶ Door bewust te consumeren kan de overheid haar eigen consumptie terugdringen (of verduurzamen), en anderen inspireren hetzelfde te doen. In 2026 zal het Nationaal plan Maatschappelijk Verantwoord Inkopen (MVI) worden hernieuwd en vanaf dan Agenda Maatschappelijk

⁵⁸ Reuters. (2024, 4 maart). France mulls penalties to rein in ultra-fast fashion brands. Reuters.

⁵⁹ Department of Health and Social Care Media Centre (2026). Ending the advertising and sponsorship of vaping and nicotine products from 1 June 2027. Gov.UK.

⁶⁰ Trapman, L. (2025). Gemeentelijke reclameverboden en de Grondwet. Nederland Rechtsstaat.

⁶¹ CE Delft. (2025). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.

⁶² Eenmalige elektronica (of single-use electronics) zijn elektronische apparaten of componenten die ontworpen zijn om na eenmalig gebruik volledig te worden weggegooid.

⁶³ Op dit moment wordt er relatief veel elektronica verkocht, die direct na verbruik weggegooid worden of een zeer korte levensduur kennen. In het Verenigd Koninkrijk worden bijvoorbeeld jaarlijks meer dan 1,14 miljard kleine elektronische gadgets verkocht, waarvan ongeveer de helft (589 miljoen) in datzelfde jaar wordt weggegooid.

⁶⁴ WEEE Forum. (2022, 13 oktober). International E-Waste Day: Of ~16 billion mobile phones possessed worldwide, ~5.3 billion will become waste in 2022.

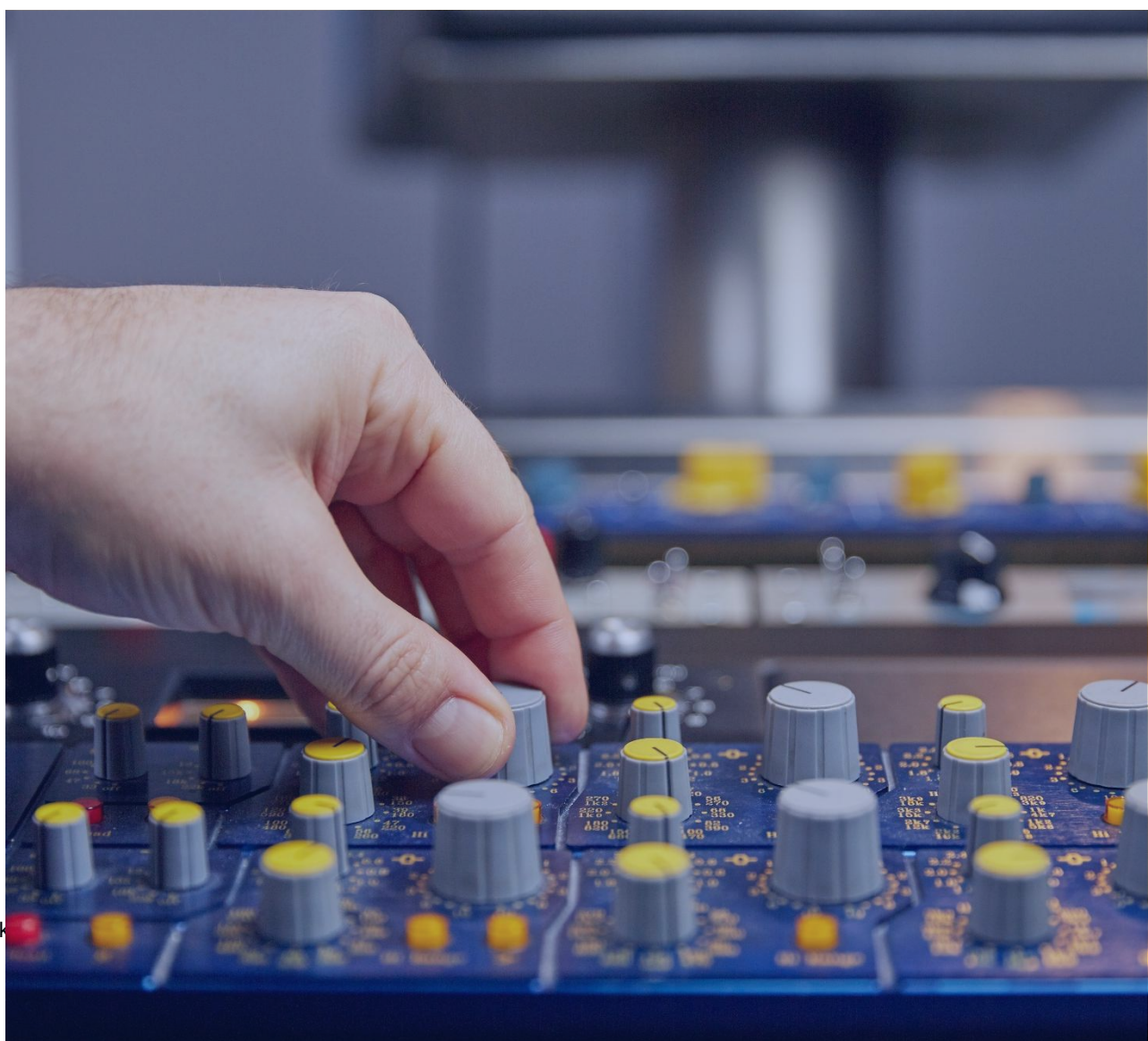
⁶⁵ Material Focus. (2023). Is FastTech the new fast fashion?

⁶⁶ Rijksoverheid (2022). Manifest: Maatschappelijk Verantwoord Opdrachtgeven en Inkopen.

Verantwoord Opdrachtgeven en Inkopen (MVOI) gaan heten waaraan een Uitvoeringsplan (UP) wordt gekoppeld. Een voorbeeld van een kansrijke beleidsmaatregel is een MVOI-convenant tussen overheidspartijen. Binnen dit convenant kunnen bindende doelstellingen worden vastgesteld over de inkoop van elektronica, waardoor overheden bewuster omgaan met hun consumptie van elektronica. Dit kan verschillende duurzame initiatieven stimuleren, zoals de inzet van dual-simkaarten om de vraag naar nieuwe mobiele telefoons voor de werkomgeving te verminderen.

Deeleconomie

De deeleconomie speelt een relatief kleine rol in de huidige economie en ontvangt beperkte beleidsmatige ondersteuning. Door het delen van producten aantrekkelijker te maken kan het gebruik van elektronica efficiënter worden georganiseerd. Mogelijke instrumenten hierbij zijn het subsidiëren deelhubs met elektronica en een lager BTW-tarief voor deelproducten. De MIS-analyse liet echter ook zien dat deelgebruik voor veel elektronica beperkt toepasbaar is. Hiermee lijkt het potentiële effect van de deeleconomie begrensd. Deelgebruik is vooral kansrijk voor producten met een lage individuele gebruiksintensiteit en voldoende flexibiliteit in gebruiksmoment. Dit geldt met name voor producten die vaak ongebruikt blijven én eenvoudig verplaatsbaar zijn, zoals boormachines. Ook minder mobiele producten kunnen geschikt zijn wanneer gebruik centraal kan worden georganiseerd, zoals bij wasmachines in wasserettes. We stellen voor een conceptueel kader op te stellen waarmee kan worden bepaald in welke productcategorieën deelconcepten kansrijk zijn.



4.2.2 Substitutie

De MIS-analyse laat zien dat substitutie met biobased materialen, recycalaat en alternatieven voor CRMs kampt met gebrek aan noodzaak en prikkels voor producenten om te kiezen voor alternatieve materialen. Ook wordt toepasbaarheid nog belemmerd door materiaaleisen en prijs. **Tabel 4.1** presenteert zes beleidsinstrumenten gericht op substitutie. De beleidsinstrumenten staan uitgebreid beschreven in **Bijlage E.2**.

Substitutie lijkt een kansrijke strategie voor het toepassen van recycalaat, vervangen van gevaarlijke stoffen en kritieke en strategische grondstoffen in elektronica. **Hoofdstuk 2** laat zien dat het toepassen van recycalaat een grote positieve klimaatimpact kan hebben. Beleidsaanbevelingen die de inzet van recycalaat stimuleren in elektronica lijken daarmee interessant en potentieel impactvol. Bovendien kunnen dergelijke (product-)eisen worden geïmplementeerd via de ESPR-richtlijn. Wel kan de aanwezigheid van ZZS in recycalaat een belemmerende werking hebben voor de uitvoer.

Verder zien we beleidskansen bij de substitutie van kritieke en strategische grondstoffen. Op dit moment worden kritieke en strategische grondstoffen gebruikt bij de productie van elektronica. Het gebruik van deze grondstoffen brengt verschillende risico's met zich mee, waaronder prijsvolatiliteit, strategische afhankelijkheden en toeleveringsrisico's. Het is daarom belangrijk om alternatieven voor kritieke grondstoffen te ontwikkelen. Zo wordt de afhankelijkheid van deze grondstoffen kleiner en wordt de productie van elektronica minder kwetsbaar. Op dit moment bestaan er verschillende technische barrières, waardoor het gebruik van kritische en strategische grondstoffen moeilijk verminderd kan worden, ook beschreven in de MIS-analyse.

De impact van nationale maatregelen om kritieke materialen en gevaarlijke stoffen in elektronica te vervangen is naar verwachting beperkt. Het merendeel van alle elektronica wordt namelijk buiten de EU geproduceerd en producenten van elektronica passen hun producten doorgaans niet aan voor de Nederlandse markt. Beleidsinstrumenten voor substitutie moeten daarom bij voorkeur in Europees verband worden ingevoerd.

Europese beleidskansen bij substitutie

Er zijn meerdere aanvullende Europese beleidsinstrumenten voor substitutie denkbaar, waaronder:

- › Het instellen van een quotum voor kritieke grondstoffen: zoals een verplicht minimumpercentage gerecycled materiaal of een maximaal gebruik van primaire kritieke materialen per product;
- › Het invoeren van een Europese belasting op de inzet van kritieke materialen;
- › Het stellen van eisen binnen de ESPR voor de ontwikkeling van elektronica met alternatieve materialen;
- › Het beschikbaar stellen van innovatiesubsidies voor het ontwikkelen van elektronica met alternatieve materialen;
- › Het toepassen van tariefdifferentiatie binnen de UPVs;
- › Het stellen van eisen rondom de inzet van recycalaat, kritieke en strategische grondstoffen bij de duurzame inkoop van elektronica.

Vooraf de eisen aan een verplicht aandeel recycalaat in elektronica kunnen effectief zijn. In ander Europees beleid zijn ook verplichtingen opgenomen (Single-use Plastics Richtlijn), Packaging and Packaging Waste Regulation (PPWR) en een voorstel voor een verplichting van plastic recycalaat in voertuigen in de End of Life Vehicle Verordening. Bij de implementatie

van deze maatregelen kan worden aangesloten bij het digitale productpaspoort (DPP).⁶⁷ Het DPP kan productinformatie bevatten die inzicht geeft in de herkomst, samenstelling en aard van de grondstoffen en materialen in een elektronisch product. Per productgroep wordt bepaald welke informatie in het DPP komt.

ZZS in elektronica

Voor een veilige circulaire elektronica keten, moeten stappen gezet worden om problemen in de toekomst te voorkomen, maar moet ook goed omgegaan worden met de erfenis uit het verleden. Het is belangrijk om deze twee lijnen van elkaar te onderscheiden als het gaat om het formuleren van kansen en oplossingsroutes. Kansen voor de toekomst liggen onder andere in het voorkomen van *regrettable substitutie* (d.m.v. een groeepaanpak in de stoffenwetgeving) en het verbeteren van de transparantie ten aanzien van de samenstelling van materialen. Voor materialen die ZZS bevatten is het belangrijk om deze zo vroeg mogelijk zo goed mogelijk te scheiden van de materialen zonder ZZS. Het is van groot belang om informatie te delen en te zorgen voor voldoende afstemming tussen de verschillende beleidsvelden (bijvoorbeeld tussen stoffenwetgeving en CE beleidsvelden). Vanuit deze afstemming kan gewerkt worden aan oplossingsrichtingen die recht doen aan de maatschappelijke doelen zoals het realiseren van een gifvrije samenleving en het sluiten van materiaalkringlopen.

Voor materialen die ZZS bevatten is het belangrijk om deze zo goed mogelijk te scheiden van de materialen zonder ZZS. Het is belangrijk om in te zetten op de ontwikkeling van analyse- en scheidingstechnieken voor afvalfracties om zo de materialen met hoge POP-gehaltes zo vroeg mogelijk uit het proces te halen. De 'schone materialen' kunnen dan hoogwaardig hergebruikt of gerecycled worden, terwijl voor de materialen met (gereguleerde) ZZS speciale verwerkingsmethoden nodig zijn.

⁶⁷ Ecorys, & Circular Future (2026). Minimumnorm voor biobased en gerecycled plastic voor EEA in de ESPR.

4.2.3 Levensduurverlenging

Uit de MIS-analyse voor levensduurverlenging blijkt dat reparatie vaak nog te duur is door arbeidsintensiteit, prijzen van originele onderdelen en reparatie-onvriendelijke ontwerpkeuzes, waardoor commerciële keuzes leiden tot vervanging boven reparatie. Onduidelijke garantiewetgeving leidt tot spanningen in de keten en in huidige ketenverhoudingen is reparatie nog te veel afhankelijk van producenten voor volume en soms ook bepaalde resources. Het huidige beleidskader richt zich daarnaast vooral op hoogwaardige verwerking en stimuleert levensduurverlenging onvoldoende. Voor marktpartijen die EEA op de Nederlandse markt brengen bestaat op dit moment een te kleine prikkel om producten met een levensduurverlenging te faciliteren. Daarnaast verhindert versnippering binnen de circulaire sector de opschaling van refurbishment.

Tabel 4.1 presenteert 23 beleidsinstrumenten gericht op levensduurverlenging van EEA. De beleidsinstrumenten zijn nader toegelicht in **Bijlage E.3**. Binnen de circulaire strategie Levensduurverlenging worden vier onderwerpen uitgelicht, omdat een groot deel van de geïdentificeerde beleidsinstrumenten hierop aangrijpen, namelijk:

- › het aanscherpen van ESPR en Right-to-Repair;
- › het verbeteren van de garantietermijn;
- › uitbreiding van de scope UPV;
- › prijsprikkel voor levensduurverlenging.

Deze onderwerpen vormen daarmee de kern van de beleidsaanpak om levensduurverlenging van EEA te stimuleren.

Aanscherpen van ESPR en Right-to-Repair

Op dit moment lopen er twee belangrijke Europese beleidstrajecten die bijdragen aan de circulariteit van elektronica: de ESPR en Right-to-Repair. De ESPR maakt het mogelijk om eisen vast te stellen voor fysieke producten, bijvoorbeeld duurzaamheid, productontwerp, energie-efficiëntie, herbruikbaarheid, upgradebaarheid en repareerbaarheid van producten, evenals op het vergroten van de mogelijkheden voor onderhoud, refurbishment en de inzet van recyclaat. De Europese commissie heeft in het werkplan 2025-2030 16 producten geprioriteerd.⁶⁸ Voor deze productgroepen wordt de komende jaren toegewerkt naar Ecodesign eisen. In de productspecifieke maatregelen/eisen kunnen minimumtermijnen worden vastgesteld waarbinnen fabrikanten verplicht reserve-onderdelen moeten leveren en software-updates moeten aanbieden. Nederland kan zich inzetten om deze eisen aan te scherpen, of om deze eisen uit te breiden naar andere productgroepen. Daarnaast kan de overheid in Europees verband pleiten voor een maximumprijs voor onderdelen in Ecodesign-eisen. Hoge kosten voor onderdelen vormen een barrière voor de winstgevendheid van reparaties, zoals in de MIS-analyse aangewezen. Hoewel producenten met Ecodesign-eisen kunnen worden verplicht om reserve-onderdelen tegen een redelijke prijs aan te bieden, wordt geen concrete prijs genoemd. De overheid kan zich inzetten om in de Ecodesign-eisen wel zulke maximumprijzen op te nemen. Ook zou Nederland in de Ecodesign-trajecten kunnen pleiten voor eisen aan standaardisatie van onderdelen van elektronica, zodat reparatie eenvoudiger en kosteneffectiever wordt (zie ook MIS-analyse) en meer eisen opnemen voor upgradability. Voor smartphones en tablets zijn de huidige EU-eisen bijvoorbeeld vooral uitgewerkt in termen van repareerbaarheid, beschikbaarheid van reserveonderdelen, batterijduur, robuustheid en software-/OS-updates.⁶⁹ Een generieke verplichting tot hardware-

⁶⁸ Nadere toelichting over de uitwerking van de ESPR en Right-to-Repair richtlijn is te vinden in **Bijlage A**.

⁶⁹ [European Commission. \(z.d.\). Smartphones and tablets.](#)

upgradebaarheid, zoals eenvoudig vervangbaar geheugen, opslag of modulaire uitbreidingscomponenten, is in deze regels niet expliciet uitgewerkt, terwijl upgradability kansen biedt. Ook zou de overheid kunnen pleiten voor een toolbox/data-deelplatform, waarbij reparateurs en refurbishers toegang krijgen tot bestellijsten van onderdelen (zie ook de MIS-analyse).

Right-to-Repair maakt het makkelijker en aantrekkelijker voor klanten om kapotte producten te (laten) repareren in plaats van weg te gooien. De regels van de Reparatie-richtlijn gelden voor producten die in Europa reparatie-eisen hebben. De reparatieverplichting voor fabrikanten is van toepassing als een product kapotgaat buiten de wettelijke garantie. Fabrikanten mogen een redelijke vergoeding vragen voor een reparatie.

De implementatie van deze twee trajecten vormt een belangrijke stimulans voor de transitie naar meer circulaire elektronica. Voor Nederland ligt een kans om de Reparatie-richtlijn effectief om te zetten in nationale wetgeving en de uitvoering daarvan goed te borgen. De ministerraad heeft recentelijk ingestemd met het wetsvoorstel om de reparatie van elektrische apparaten voor consumenten makkelijker en betaalbaarder te maken, ook in de MIS-analyse als knelpunt geïdentificeerd. Het wetsvoorstel is nu voor advies naar de Raad van State gestuurd en gaat daarna voor behandeling naar de Tweede en Eerste Kamer.⁷⁰

De MIS-analyse liet zien dat vervanging nog veelal de voorkeur krijgt boven reparatie. Nederland volgt de Reparatie-richtlijn door te bepalen dat verkopers verplichte reparatie moeten aanbieden wanneer dit even duur of goedkoper is dan vervanging. De overheid zou kunnen onderzoeken of deze randvoorwaarde herzien kan worden, om daarmee reparatie verder te stimuleren. Ook biedt het mogelijk maken van het ter vervanging aanbieden van een refurbished product kansen. Daarnaast zou de overheid kunnen pleiten voor een ambitieuzere Reparatie-richtlijn, waarbij gecertificeerde reparateurs bijvoorbeeld ook toegang krijgen tot de bestellijsten van reserveonderdelen en refurbishment een prominentere plaats krijgt in het beleid.

Uitbreiding en verduidelijking van het wettelijke garantiestelsel

De wettelijke en fabrieksgarantietermijn zijn belangrijk voor de duurzaamheid van elektronica, omdat dit invloed heeft op zowel het aantal reparaties als het productontwerp. De MIS-analyse laat zien dat de wettelijke garantietermijn op dit moment niet optimaal werkt, waardoor niet de volle potentie van het instrument wordt benut. De wettelijke garantietermijn hangt af van de levensduur die een consument redelijkerwijs van het product mag verwachten. Dit zogenaamde conformiteitsbeginsel houdt in dat een product de eigenschappen moet bezitten die voor normaal gebruik nodig zijn, gegeven de prijs, het type product en de verwachte levensduur. De wettelijke garantietermijn is daardoor niet altijd duidelijk voor de consumenten en bovendien ontvankelijk voor disputen. Ook is de geldende garantietermijn niet altijd bekend bij de consument.

Europees loopt er op dit moment een traject om de informatievoorziening over het garantiestelsel te verbeteren. Specifiek relevant hierbij is de uitvoeringverordening 2025/1960 van de Europese Commissie. Vanaf 2026 worden consumenten in de EU via geharmoniseerde kennisgeving en een GARAN-label beter geïnformeerd over de wettelijke conformiteitsgarantie en commerciële levensduurgaranties. Hiermee is een eerste stap gezet om het garantiestelsel te verbeteren.

⁷⁰ [Rijksoverheid \(2026\). Reparatie elektrische apparaten makkelijker en betaalbaarder voor consumenten.](#)

Wij signaleren echter nog meer beleidsopties die bij kunnen dragen aan een verbeterde werking van het Nederlandse garantiestelsel:

- › verkopers en fabrikanten verplichten om de wettelijke Nederlandse garantie én de verwachte levensduur te communiceren bij de aankoop van een product;
- › specificering van de wettelijke minimale garantietermijn per productcategorie in de wetteksten; sterkere handhaving rondom de garantiewetgeving door de ACM;
- › een garantielabel verplicht stellen waarbij de commerciële garantietermijn wordt vermeld (naar voorbeeld van Garan-label).

Een samenhangende aanpak zou gevormd kunnen worden door het stellen van een ambitieuze ondergrens met wettelijke productcategorie-specifieke garantietermijnen en concurrentiestrijd op levensduur(verlenging) aanwakkeren via verplichte communicatie van repareerbaarheidsindex-score en wettelijke en commerciële garantie.

Uitbreiding scope UPV

De UPV vervult op dit moment een belangrijke rol bij de (hoogwaardige) verwerking van elektronisch afval. Op dit moment is een uitgebreide inzamelinfrastructuur ingericht. Binnen de UPV voor AEEA ligt de focus met name op afvalinzameling en –verwerking, wat gevolgen heeft voor levensduurverlenging (zie MIS-analyse). Er loopt een doorontwikkeltraject UPV waarin onder andere wordt verkend of het mogelijk is om circulariteit meer te stimuleren binnen de UPV. Mogelijke beleidsinstrumenten gericht op levensduurverlenging zijn:

- › doelstellingen voor voorbereiding voor hergebruik;
- › het verplicht uitsorteren van herbruikbare goederen;
- › lagere tarieven binnen UPV voor elektronische apparaten met lange levensduur, hoge repareerbaarheid, losmaakbaarheid en toepassen van recyclaat;
- › de invoering van statiegeld of retourpremies voor AEEA.

Deze instrumenten adresseren diverse knelpunten vanuit de MIS-analyse.

Prijsprikkel en stimulans voor levensduurverlenging

De vraag naar reparatie en refurbished elektronica blijft op dit moment achter ten opzichte van nieuwe elektronica. De prijs van reparatie of refurbished producten is op dit moment vaak nog te groot, onder meer vanwege hoge arbeids- en onderdeelkosten, beperkte schaalvoordelen en kosten vanuit gecertificeerde handelingen nodig voor einde afvalfase. Ook is de perceptie van consumenten richting gerepareerde en gere refurbished elektronica vaak nog te negatief. Het potentieel van levensduurverlenging wordt hierdoor nog niet volledig benut.

Mogelijke beleidsinstrumenten die ertoe kunnen bijdragen dat levensduurverlenging economisch beter kan concurreren met nieuwe elektronica zijn de reparatievoucher, een opschalings- en exploitatiesubsidie voor reparatie- en refurbishmentcentra, een subsidie om CENELEC-certificering te halen, het oprichten van een 'CENELEC-light' certificering voor minder veiligheidskritieke refurbishment handelingen), verlaging of vrijstelling van BTW voor reparatiediensten en tweedehands producten en inkopen van gerepareerde of refurbished elektronica door overheid of producten met een lange levensduur.

4.2.4 Hoogwaardige verwerking

De MIS-analyse laat zien dat er op dit moment geen sluitende business case bestaat voor hoogwaardige verwerking, onder andere door de toevoer van goedkope primaire materialen en gebrek aan vraag naar recyclaat. Het beleid stuurt momenteel in de huidige UPV vooral nog aan op massa in plaats van (strategische) waarde bij de doelen voor recycling van elektronica. Mede hierdoor is de kwantiteit en kwaliteit van de ingezamelde AEEA onvoldoende, waardoor niet alle grondstoffen opnieuw kunnen worden gebruikt en onvoldoende volume beschikbaar is voor recycling van specifieke materialen. Ook is er gebrek aan informatie over kritieke materialen in producten waardoor benodigde efficiëntieslagen in sortering en verwerking niet kunnen plaatsvinden. Ten slotte wordt hoogwaardige verwerking nog te veel gehinderd door ontwerpkeuzes en te hoge diversiteit aan plastics.

Tabel 4.1 presenteert negen beleidsinstrumenten voor de circulaire strategie *Hoogwaardige Verwerking*. De beleidsinstrumenten staan beschreven in **Bijlage E**. Bij hoogwaardige verwerking van AEEA signaleren we de grootste beleidskansen bij de beleidsmatige uitwerking van de CRMA, subsidies voor de circulaire economie en het strenger handhaven van afvalinzameling. Deze beleidsinstrumenten verbeteren de business case van hoogwaardige verwerking, leggen meer focus op de belangrijkste AEEA-stromen en zorgen voor een betere kwaliteit van de ingezamelde afvalstromen.

Beleidsmatige uitwerking van het CRMA

Op dit moment is weinig nationaal beleid gericht op het terugwinnen van kritieke materialen. Zo zijn de doelstellingen uit de CRMA nog niet vertaald naar concrete nationale doelen en/of beleidsmatig uitgewerkt. Tegelijkertijd is de effectiviteit van recycling beperkt: een deel van de kritieke materialen kan technisch of economisch nog niet worden teruggewonnen.⁷¹

Overwogen kan worden om materiaalspecifieke doelstellingen op te nemen, waarmee er ook doelstellingen komen voor kritieke en strategische grondstoffen in de UPV. De recyclingdoelstellingen die in het kader van UPV zijn gesteld, zien toe op gewichtspercentages. Daarmee wordt het minder aantrekkelijk om lichte materialen of kostbare materialen die slechts in kleine hoeveelheden aanwezig zijn te recyclen (zie ook MIS analyse). Met materiaalspecifieke doelstellingen neemt de prikkel toe om ook kritieke grondstoffen, zoals zeldzame aardmetalen, te recyclen.

Als alternatief kan de CRMA via Europese wetgeving (bijv. WEEE-richtlijn) worden omgezet naar nationale doelen of beleid. Op dit moment lopen er verschillende Europese verkenningen rondom kritieke en strategische grondstoffen. Voor kritieke grondstoffen heeft de EU bijvoorbeeld recentelijk een voorstel voor actieplan opgesteld om de leveringszekerheid voor kritieke grondstoffen te borgen.⁷² Daarbij kan de overheid minimumeisen stellen aan hoogwaardige verwerking in categorie b (voorbereiden voor hergebruik) en c1 (recycling tot vergelijkbare grondstof) van de afvalhiërarchie volgens het Circulair Materialenplan. De overheid zou daarom een definitie kunnen opstellen voor hoogwaardige verwerking, en hiermee prikkels binnen genereren voor hoogwaardige recycling van plastics en kritieke materialen.

⁷¹ FutuRam. (2025). 2050 critical raw materials outlook for waste electrical and electronic equipment in the European Union plus Iceland, Norway, Switzerland and United Kingdom.

⁷² European Commission. (2025). RESourceEU-actieplan: Versnelling van de strategie voor kritieke grondstoffen om te kunnen inspelen op een nieuwe realiteit.

Tenslotte is een ambitieuze invulling van het digitale productpaspoort een belangrijke randvoorwaarde. Het DPP vergroot de transparantie in de waardeketen. Voor elektronica is dit bijzonder relevant, omdat producten complexe materiaalstromen bevatten en vaak kritieke grondstoffen bevatten die zonder goede productinformatie moeilijk hoogwaardig kunnen worden teruggewonnen. De Nederlandse overheid kan zich daarom inzetten om de eisen aan gegevens in het DPP zo ambitieus mogelijk te maken.

Subsidies voor de circulaire economie

Circulaire activiteiten spelen een belangrijke rol bij het verlengen van de levensduur van producten en het terugwinnen van (kritieke) materialen. In de praktijk staan circulaire verdienmodellen echter vaak onder druk door relatief hoge arbeidskosten, hoge onderdeelprijzen, logistieke kosten en concurrentie met primaire producten en grondstoffen (zie ook MIS-analyse). Dit probleem speelt met name bij goedkopere elektronica. Hierdoor komen circulaire businessmodellen niet altijd tot stand of blijven ze kleinschalig.

Op dit moment bestaan er in zeer beperkte mate subsidieregelingen voor circulaire verdienmodellen. De DEI+-regeling richt zich al wel op de circulaire economie, maar is vooral bedoeld voor pilot- en demonstratieprojecten. Exploitatie- en opschalingsubsidies ontbreken nog. We zien hierbij vooral kansen voor een exploitatiesubsidie voor circulaire activiteiten, zoals afvalinzameling, scheiden, recyclen van (kritieke) materialen.

Handhaving & stimuleren van afvalinzameling

Een belangrijk knelpunt voor hoogwaardige verwerking is dat een deel van het elektronisch afval niet via de officiële kanalen wordt ingezameld en verwerkt. De inzameldoelstellingen binnen de UPV worden momenteel niet gehaald, onder meer doordat elektronisch afval (illegaal) naar het buitenland wordt geëxporteerd of non-conform wordt verwerkt om de metaalwaarde te benutten. Een hogere inzameling via de officiële systemen is belangrijk om voldoende schaal te creëren, bijvoorbeeld voor het recyclen van kritieke materialen. Stichting OPEN heeft een stimuleringsregeling ingevoerd die bijdraagt aan een betere inzameling van elektronisch afval. Tegelijkertijd blijft het risico op lekstromen bestaan, vooral in periodes met hoge metaal- en ijzerprijzen. We zien hierbij een belangrijke rol voor de implementatie en handhaving van de afgifteplicht. De afgifteplicht vereist dat bedrijven hun AEEA-stromen rechtstreeks inleveren bij gecertificeerde verwerkers, meegeven aan een vergunde inzamelaar, of inleveren bij een inzamelpunt van Stichting OPEN.

Er zijn verschillende beleidsinstrumenten om de keten van elektronisch afval beter te omsluiten: belasting bij het niet behalen van de inzameldoelstellingen, meer middelen besteden aan handhaving voor AEEA,⁷³ verbeterde testen om de resterende levensduur van EEA te schatten en strengere eisen voor export van EEA met een (zeer) korte levensduur.

Daarnaast laat de MIS-analyse zien dat een Europese markt voor recycling belangrijk is, omdat recyclingbedrijven grote hoeveelheden verwerken geconcentreerd zijn in een aantal landen. Eén Europese markt maakt het makkelijker om grotere hoeveelheden elektronica afval te importeren en recyclen. Tegelijkertijd kan Nederland ervoor pleiten dat EU-landen dezelfde regels gebruiken om te bepalen welk afval onder de “groene lijst” valt van niet gevaarlijk elektronisch afval. Dan wordt het makkelijker om dit afval binnen de EU te vervoeren. Daarbij

⁷³ Specifiek relevant hierbij is de handhaving en implementatie van de afgifteplicht om non-conforme verwerking van AEEA tegen te gaan.

zijn duidelijke richtlijnen nodig voor de instanties die hierover beslissen, om te voorkomen dat landen de regels verschillend uitleggen of uitvoeren.⁷⁴

4.3 Voor- en nadelen beleidsinstrumenten

De beleidsinstrumenten hebben elk hun voor- en nadelen. Het belangrijkste voordeel is dat alle instrumenten bijdragen aan een meer circulaire elektronica keten. Dit zorgt voor milieuvoordelen en minder afhankelijkheid van kritieke metalen en fossiele plastics.

Met name de leveringszekerheid van kritieke metalen is een belangrijk thema op dit moment, gegeven de geopolitieke spanningen en de dominantie van China in de aanbodketen van zeldzame aardmetalen. In mindere mate is afhankelijkheid van aardolie, de belangrijkste grondstof voor primaire plastics, ook een probleem dat wordt opgelost door een circulaire elektronica keten.

De beleidsinstrumenten kunnen ook economische voordelen opleveren. Circulaire activiteiten, zoals delen, reparatie, refurbishment, afvalinzameling, verwerking en recycling, vinden vaak dicht bij de gebruiker plaats en worden daardoor vaak op Nederlandse bodem uitgevoerd. Deze circulaire activiteiten kunnen hiermee extra toegevoegde waarde creëren voor de Nederlandse economie. De productie van nieuwe elektronica vindt grotendeels in het buitenland plaats. De Nederlandse toegevoegde waarde bij de productieketen voor nieuwe elektronica is vooral geconcentreerd in de retailsector. De retailsector ervaart waarschijnlijk economische nadelen door meer circulariteit, terwijl bedrijven die circulaire activiteiten uitvoeren vooral baten ervaren.

Tegenover de voordelen staan ook verschillende nadelen en/of aandachtspunten. In algemene zin zijn circulaire routes, zoals reparatie, refurbishment, hergebruik en recycling, op dit moment duurder dan productie op basis van primaire grondstoffen. Dit komt onder meer door hogere arbeidskosten, kleinere schaal, extra logistiek, sortering, demontage en kwaliteitscontrole. Beleidsinstrumenten die circulaire routes verplicht stellen of stimuleren, kunnen daardoor leiden tot hogere kosten voor consumenten, producenten en/of de overheid. Daarnaast kunnen maatregelen die consumptie verminderen of de aanschaf van nieuwe elektronica ontmoedigen, leiden tot verlies aan consumentenwelvaart, omdat consumenten ook nut onttrekken aan nieuwe functies, betere prestaties, design of status.

Strengere eisen rond UPV, het garantiestelsel en handhaving van de afvalsector kunnen leiden tot hogere conformiteitskosten voor producenten en meer uitvoeringskosten voor de overheid. Nationale maatregelen kunnen daarnaast een ongelijk speelveld veroorzaken, vooral wanneer deze maatregelen verder gaan dan Europees beleid. Tot slot is de invloed van nationale maatregelen op de productiezijde beperkt, omdat elektronica grotendeels buiten Nederland wordt geproduceerd in internationale waardeketens. Nationale instrumenten grijpen daarom vooral aan op gebruik, reparatie, inzameling, hergebruik en verwerking van (A)EEA. Voor structurele aanpassingen in ontwerp, materiaalgebruik en productie is Europese of internationale beleidscoördinatie effectiever.

De beleidsinstrumenten kunnen dus bijdragen aan een meer circulaire elektronica keten, met milieuvoordelen, minder afhankelijkheid van kritieke metalen en fossiele plastics, en extra economische activiteit in Nederland rond reparatie, hergebruik, inzameling en recycling. Tegelijkertijd zijn circulaire routes op dit moment vaak duurder dan nieuwe elektronica op basis

⁷⁴ [Recycling Europe. \(2026\). EU recyclers' roadmap: For a circular & future-proof e-waste sector.](#)

van primaire grondstoffen. Afhankelijk van het beleidsinstrument kan dit leiden tot hogere kosten voor consumenten, producenten en/of de overheid.

5 Conclusies en aanbevelingen

Nederland heeft als missie om volledig circulair te zijn in 2050. Voor elektronica laat de huidige productgroepanalyse echter zien dat de keten nog lineair is ingericht en dat het huidige beleid nog tekortschiet om de missie van een circulaire elektronicaketen in 2050 te bewerkstelligen. In het *business-as-usual* scenario blijft de materiaalconsumptie en daartoe behorende milieueffecten stijgen, wat de noodzaak tot aanvullende maatregelen aantoont.

In het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE, 2025) zijn specifieke doelstellingen voor elektronica gesteld om een circulaire keten vorm te geven. Echter, de doelstellingen in het NPCE zijn nog niet concreet genoeg om circulair beleid ook daadwerkelijk invulling te geven. Daarom is een nadrukkelijke aanbeveling van deze productgroepanalyse om doelstellingen voor de productgroep elektronica te concretiseren in lijn met de uitwerking van de nationale doelen van het NPCE. Deze uitwerking zit reeds in de opdracht voor de ketentafel Elektronica waar met belangrijke partijen vanuit verschillende fases van de keten wordt overlegd en samengewerkt.

De doelstellingen die op dit moment wél meetbaar zijn de huidige Europese producteisen (bijvoorbeeld eisen aan bijvoorbeeld energiezuinigheid via ESPR) en de doelstellingen voor inzameling van afgedankte elektronica (AEEA) vastgelegd in de Regeling voor AEEA. Hoewel de inzamel- en recyclinginfrastructuur in Nederland relatief goed is ontwikkeld in vergelijking met andere landen, wordt het potentieel ervan nog niet maximaal benut. Met name voor kleine apparaten blijven inzamelingspercentages onder de doelstellingen. Daarnaast leidt de huidige verwerking van AEEA tot aanzienlijke verliezen van waardevolle materialen, zoals kritieke grondstoffen en plastic, omdat de focus op bulkmetalen ligt. De aanwezigheid van schadelijke stoffen (bijvoorbeeld ZZS in kunststoffen) en complexe materiaalcombinaties belemmeren hoogwaardige verwerking.

De belangrijkste lessen uit de materiaalstroomanalyse, MIS-analyse en beleidsanalyse zijn in **Tabel 5.1** samengevat via de assen van de vier circulaire strategieën. Prioritering van de beleidsinterventies en verdere selectie zal gedaan moeten worden in samenwerking met betrokken partijen, bijvoorbeeld via de ketentafel Elektronica. Het is dan ook mogelijk aanvullende mogelijke interventies op te halen en die te toetsen aan de analyse; passen ze bij de doelen, lossen ze de knelpunten op, of gaan ze goed samen met andere beleidsinterventies?

Tabel 5.1: Overzicht per circulaire strategie (CS) van potentiële effecten op keten, belangrijkste bijbehorende circulaire maatregelen, knelpunten en system- & beleidsinterventies vanuit de MIS-analyse, en voorbeelden van concrete beleidsinstrumenten die hierop aangrijpen.

CS	Totaal potentieel effect in 2050	Circulaire maatregelen	Knelpunten (vanuit de MIS)	Systeem- & beleidsinterventies	Voorbeelden van concrete beleidsinstrumenten
Vermindering	-10-33% instroom -7-22% uitstroom -12-33% agrarisch landgebruik -11-33% klimaatverandering -11-32% humane toxiciteit -11-33% waterverbruik	Vermindering van consumptie <i>Potentie: -5-15% instroom</i>	- Business case van elektronica producenten is gefocust op hogere consumptie en functionaliteit tegen lage prijs. - Snelle innovatiecyclus stimuleert vervanging in plaats van reparatie of hergebruik.	Plaats vermindering prominenter op de circulaire agenda. Consumenten stimuleren minder en/of duurzamere aankopen te laten doen.	- Verbod op (reclame voor) eenmalige elektronica; - Bewustwordingscampagnes voor bewust consumeren; - Verbod op vernietiging van onverkochte elektronica; - Bindende afspraken voor MVOI elektronica (bv. Dual-use simkaarten).
		Verhoog deelgebruik <i>Potentie: -4-10% instroom</i>	Deelgebruik wordt door consumenten als obstakel ervaren, en toepasbaarheid binnen EEA is beperkt want sterk productcategorie afhankelijk.	Ontwikkel een denkkader voor toepasbaarheid deelgebruik voor productcategorieën. Deelgebruik waar toepasbaar gemakkelijker en financieel aantrekkelijker maken.	- Subsidies voor (gemeentelijk georganiseerde) deelhubs; - Invoeren lager BTW-tarief voor deelproducten.
Substitutie	-16-58% instroom primaire materialen -12-39% agrarisch landgebruik -8-29% klimaatverandering -6-31% humane toxiciteit -17-56% waterverbruik	Toepassen alternatieve materialen, bv biobased <i>Potentie: -5-13% instroom, -10-26% instroom plastics</i>	- Weinig incentives en noodzaak voor producenten om biobased materialen toe te passen; - Geen doelen en beleid op substitutie van CRMs; - Technische materiaaleisen vormen horde voor toepasbaarheid alternatieve materialen.	- Waardeer materialen op alternatieve waarde (bijv. strategische waarde), geef prikkels voor toepassing in productiefase.	- Innovatiesubsidies voor ontwikkelen van elektronica met alternatieve materialen. - (inzetten voor) Europese wetgeving t.a.v. substitutie van ZZS brandvertragers door veiligere alternatieven.
		Toepassen recyclaat <i>Potentie: -11-45% primair materiaalverbruik</i>	- Gebrek aan prikkels en noodzaak voor producenten om recyclaat toe te passen; secundaire materialen kunnen niet concurreren met huidige lage prijzen van primaire materialen	Sturende kaders en prikkels geven op toepassen van recyclaat in productiefase.	- Europese eisen (bijvoorbeeld via ESPR) aan minimumpercentage van secundaire metalen, plastic en/of kritieke materialen; - Tariefdifferentiatie binnen UPV voor secundaire materialen.
Levensduurverlenging	-5-20% instroom; -6-21% uitstroom -3-17% agrarisch landgebruik -3-17% klimaatverandering -3-17% humane toxiciteit -3-19% waterverbruik	Reparatie & refurbishment <i>Potentie: -3-12% instroom</i>	- Onduidelijke garantiwetgeving creëert spanning in keten en onduidelijkheid bij consumenten & retailers. - Garantiwetgeving stuurt nog te weinig op levensduurverlenging boven vervanging.	- Verduidelijk garantiwetgeving en stuur aan op levensduurverlenging i.p.v. vervanging; - Maak reparatie-tenzij en vervanging met refurbished de norm bij garantieclaims.	- Uitbreiding en verduidelijking garantiestelsel, bv met minimumgarantietermijnen per productcategorie met behulp van onafhankelijk opgestelde gebruiksduurtabel; - verkopers en fabrikanten verplichten om de wettelijke Nederlandse garantie én de verwachte levensduur te communiceren bij de aankoop van een product.
			Reparatie: - Reparatie te duur door arbeidsintensiteit, prijzen en beschikbaarheid van originele onderdelen, en reparatie-onvriendelijke ontwerpkeuzes; - Reparatie voor consument minder aantrekkelijk door recht op vervanging en onderontwikkelde klantreis.	- Versterk eisen aan repareerbaarheid, modulair ontwerp en standaardisatie; - Versterk onafhankelijke reparatie en onderdelenmarkt.	- (inzetten voor) ambitieuze invulling van ESPR en Right-to-Repair richtlijnen; vul aan door bv creëren van toolbox/data-deelplatform voor reparateurs en refurbishers of het herzien van 'redelijke vergoeding' als voorwaarde voor reparatie
			Refurbishment: - Keteninrichting en prikkels sturen aan op verwerking, niet op waardebehoud; - (Kleinere) refurbishers en <i>component mining</i> ervaren belemmering vanuit afvalwetgeving; - Versnippering in circulaire activiteit rond consumenten-AEEA; - Gebrek aan inzicht in hergebruikpotentie en marktvraag hindert gerichte sortering; - Afhankelijkheid van sociale arbeid roept vragen op over schaalbaarheid.	- Vergroot financiële aantrekkelijkheid en schaalgrootte van reparatie & verbeter klantreis met bijv. keuzetools en vervanging met refurbished (reparatietijd verkorten).	- Btw-verlaging op reparatie, of reparatie-vouchers.
				- Stuur en geef prikkels in afvalketen voor hergebruik boven verwerking wanneer mogelijk; - Creëer een ruimer wettelijk kader om <i>component mining</i> en refurbishing te faciliteren.	- Creëer doelstellingen en handhaving daarop voor het voorbereiden voor hergebruik door uitbreiding UPV; - Juridisch vastleggen welke refurbishment activiteiten zijn toegestaan bij producten in afvalfase, bv via een 'CENELEC-Light'.
				- Verbeter schaalgrootte en financiële aantrekkelijkheid van refurbishment.	- Btw-verlaging voor refurbishment.
				- Verbeter coördinatie van refurbishmentactiviteiten; - Ontwikkel en verspreid <i>best practices</i> en AI voor gerichte sortering en inschatten marktpotentie; - Adresseer mogelijke spanning tussen sociale arbeid en opschaling.	- Inkoop van refurbished producten via inkoopbeleid overheid (MVOI).
Hoogwaardige verwerking	Effecten op instroom, uitstroom en milieu-effecten via "Substitutie - Toepassen Recyclaat"	Verbeterde inzameling <i>Potentieel: stijging van 68% naar 78-89% inzameling</i>	Consumenten en bedrijven missen gemak en incentives om AEEA in te leveren; hierdoor wordt AEEA incorrect afgedankt en vindt er o.a. illegale export plaats door bedrijven.	- Creëer prikkels en gemak voor correcte inzameling consumenten en bedrijven.	- Statiegeldsysteem voor elektronica, eventueel in combinatie met ophalen van AEEA door bv pakketbezorgers; - Handhaaf op komende afgifteplicht van bedrijven; bv afvalinzamelaars verplichten om afgifte te monitoren.
		Verbetering van recycling <i>Potentie: -11-45% primair materiaalverbruik via Substitutie - toepassen recyclaat</i>	Operationele en financiële haalbaarheid belemmerd door: - verlaagde recyclewaarde (materiaalbesparing), diversiteit aan plastics, vlamvertragers, matig demontabel ontwerp - gebrek aan materiaal informatie op producten; - beperkte EU-schaal bundeling van CRM stromen.	Verbeter de financiële haalbaarheid van terugwinning CRMs, o.a. door: - versterking recyclebaar ontwerp, beperking diversiteit en ZZS in plastics; - Ontwikkel informatievoorziening als fundament voor sortering en demontage; - Versterk logistiek via EU-schaal bundeling van e-waste en EU-interne productie.	- Europese eisen (bv via ESPR) aan <i>design for recycling</i>, o.a. op demontabel ontwerp, en aanwezige ZZS. Hiervoor is (inzet op) ambitieuze invulling van Digital Product Passport vereist; - Subsidies voor exploitatie en opschaling van bv CRM-terugwinning.
			- Onduidelijk wat onder 'hoogwaardige verwerking' bij elektronica wordt verstaan. - Keten vooralsnog gestuurd en ingericht op bulkverwerking tegen lage kosten.	- Specificeer wat 'hoogwaardige verwerking' voor elektronica is, reken keten af op concrete criteria voor waardebehoud; - Bied in UPV afdoende compensatie aan ketenpartijen voor de intrinsiek hogere arbeidsintensiteit van hoogwaardige verwerking.	- Concrete doelstellingen voor bijvoorbeeld voorbereiding voor hergebruik en terugwinning binnen UPV, en daarbij aanpassing van de definitie voor 'nuttige toepassing' in Regeling AEEA.
			Gebrek aan doelstellingen voor terugwinning van voornamelijk CRMs en plastics.	Creëer materiaalspecifieke doelstellingen voor terugwinning.	- Vertaling van CRMA dmv verplichte terugwinningspercentages voor CRMs binnen UPV.

De analyse laat zien dat de transitie naar circulaire elektronica vraagt om samenhangend beleid over de volledige keten: van minder en bewuster consumeren tot langer gebruiken, beter repareren, hoogwaardiger recyclen en het creëren van marktvraag naar secundaire materialen. De belangrijkste belemmeringen liggen niet alleen in technologie of ontwerp, maar ook in consumentengedrag, verdienmodellen, juridische kaders en het ontbreken van concrete doelen en voldoende sterke marktprikkels. Hieronder worden de conclusies en aanbevelingen uitgewerkt aan de hand van de huidige structuur.

Vermindering

Vermindering van de consumptie (import) van elektronica is de meest directe vorm van circulair beleid, en daarmee zeer effectief. Echter, voor verminderen van consumptie van elektronica is het grootste knelpunt dat het verdienmodel van bedrijven en het gangbare economische systeem gebaat is bij hogere consumptie, en dat vertaalt door in een beperkte uitrol van circulair beleid binnen deze circulaire strategie. De elektronikamarkt is sterk gericht op verkoopvolumes, snelle innovatie en concurrentie op basis van nieuwe functionaliteiten tegen een lage prijs. Hierdoor worden consumenten gestimuleerd om nieuwe producten te kopen, ook wanneer bestaande producten nog functioneel zijn. Beleidsopties zoals een verbod op reclame of een verbod op eenmalige elektronica kunnen in theorie bijdragen aan consumptievermindering, maar zijn juridisch en politiek complex. Bewustwordingscampagnes kunnen ondersteunend zijn, maar de verwachte impact daarvan is beperkt zolang de onderliggende marktprikkels niet veranderen. Alternatieve voorstellen voor beleidsinstrumenten om consumptie te verminderen zijn een verbod op de vernietiging van onverkochte elektronica, en bindende afspraken voor MVOI (bijvoorbeeld voor het gebruik van dual-use simkaarten).

Ook deelgebruik kan bijdragen aan vermindering, maar de huidige praktijk laat zien dat dit niet vanzelf opschaaft. Consumenten ervaren lenen of huren vaak als gedoe, terwijl bezit gemak en zekerheid biedt. Daarnaast zijn niet alle productcategorieën geschikt voor deelgebruik; gebruikskenmerken zoals hygiëne, beschikbaarheid en gebruiksfrequentie spelen daarbij een rol. Bovendien leveren bestaande deelplatforms consumenten financieel vaak onvoldoende voordeel op. Daarom is de aanbeveling om deelgebruik vooral te stimuleren via laagdrempelige en betrouwbare infrastructuur. Overheden kunnen hierin een rol spelen door fysieke of digitale deelvoorzieningen te ondersteunen of zelf te organiseren, bijvoorbeeld voor gereedschap of andere producten die incidenteel worden gebruikt. Lagere btw-tarieven, subsidies of andere prijsprikkels kunnen helpen om deelgebruik aantrekkelijker te maken voor consumenten. Daarbij is het van belang aan te sluiten bij bestaande ervaringen met deel- en verhuurnetwerken en te beoordelen welke productgroepen binnen elektronica hiervoor het meest geschikt zijn.

Substitutie

Voor substitutie van kritieke grondstoffen en primaire plastics door biobased materialen is de belangrijkste conclusie dat de beleidsmatige grondslag op dit moment nog beperkt is. Er zijn geen concrete doelen voor alternatieve materialen in elektronica en de potentiële milieuwinst lijkt, afhankelijk van de toepassing, beperkt of onzeker. Ook voor substitutie van kritieke grondstoffen ontbreken specifieke doelen. Bovendien zijn kritieke grondstoffen in veel elektronische toepassingen juist nodig voor de gewenste functionaliteit, waardoor substitutie technisch niet altijd haalbaar is.

De aanbeveling is daarom om binnen substitutie gericht te kijken naar waar de technische haalbaarheid en milieuwinst aantoonbaar zijn. Daarbij kan Nederland inzetten op een betere doorwerking van Europese grondstoffenwetgeving in Nederlands productbeleid voor elektronica. Daarnaast verdient het aanbeveling om innovatie te ondersteunen, bijvoorbeeld door onderzoeks- en exploitatiesubsidies, voor alternatieven voor kritieke grondstoffen en voor toepassingsmogelijkheden van biobased materialen, zonder daarbij de functionele prestaties en totale milieu-impact uit het oog te verliezen. Ook moet Nederland zich actief inzetten om bijvoorbeeld Europese wetgeving ten aanzien van de substitutie van ZZS brandvertragers in plastics uit te faseren en te vervangen door veiligere alternatieven.

Waar substitutie wel een grote bijdrage kan leveren is in het toepassen van recyclaat. Hierbij geldt dat het ontbreken van concrete minimumpercentages voor recyclaat in elektronische producten een belangrijke belemmering vormt. Primaire materialen zijn vaak goedkoper dan recyclaat en de kwaliteit van recyclaat sluit niet altijd aan bij de eisen van producenten. Hierdoor ontstaat onvoldoende marktvraag naar secundaire materialen en blijft de businesscase voor hoogwaardige verwerking zwak.

Een duidelijke aanbeveling is om binnen Europese productregelgeving, met name de ESPR, toe te werken naar een ambitieus verplicht minimumpercentages recyclaat voor relevante materiaalstromen. Nederland kan daarbij inzetten op een ambitieuze maar flexibele invulling, met monitoring en bijsturing op basis van beschikbaarheid, kwaliteit en milieueffecten. Een verplicht recyclaatpercentage kan niet alleen het gebruik van primaire grondstoffen met wel 58% verminderen, maar ook de vraag naar recyclaat vergroten en daarmee investeringen in recyclingcapaciteit stimuleren. Aanvullende financiële prikkels, zoals tariefdifferentiatie binnen UPV voor producten met secundaire materialen of een heffing op primaire materialen, kunnen ondersteunend zijn, maar vereisen zorgvuldige vormgeving vanwege uitvoerbaarheid en politieke gevoeligheid. Het systeem zal naar verwachting beter functioneren en innoveren, wanneer afdrachten direct terugvloeien naar de sector, in plaats van als algemene belastingen worden geheven.

Levensduurverlenging

Naast vermindering en substitutie, kan levensduurverlenging een belangrijke strategie zijn om de vraag naar grondstoffen en de milieu-impact van elektronica te verlagen. Binnen dit thema zijn reparatie, refurbishment en hergebruik de belangrijkste oplossingsrichtingen. Binnen reparatie biedt de huidige garantiwetgeving in Nederland een langere garantietermijn gebaseerd op verwachte levensduur dan de Europese minimumtermijn, maar de uitwerking is in de praktijk onduidelijk. Voor consumenten, retailers en producenten leidt dit tot discussies over rechten, verantwoordelijkheden en kosten. Ook stuurt garantiwetgeving nog te weinig op levensduurverlenging boven vervanging.

Een van de aanbevelingen is om verkopers en fabrikanten te verplichten om de wettelijke Nederlandse garantie én de verwachte levensduur te communiceren bij de aankoop van een product. Daarnaast kunnen productcategorie-specifieke minimale levensduren worden bepaald of duidelijke richtlijnen voor verwachte levensduur verder worden uitgewerkt en geborgd. Een onafhankelijke instantie zou een vernieuwde en actuele gebruiksduurtabel kunnen ontwikkelen en beheren, waarin productspecifieke ondergrenzen voor wettelijke garantie zijn opgenomen, zodat consumenten, retailers en producenten beschikken over een eenduidige basis. Het optillen van de ondergrens voor garantie naar gemiddelde levensduur zal discussies opleveren over de invloed van gebruikersgedrag op de levensduur, maar kan er bijvoorbeeld naar Zweden gekeken worden voor implementatie en praktijkuitwerking hiervan. Het verdient aanbeveling om binnen garantiwetgeving te onderzoeken hoe *reparatie-tenzij* en *vervanging-met-refurbished* de norm kan worden, in plaats van vervanging.

Voor reparatie geldt dat twee belemmeringen centraal staan: de relatief hoge kosten (door o.a. hoge arbeidsintensiteit en prijzen van originele onderdelen), en de ongemakken van reparatie voor consumenten. ESPR en Right to Repair-wetgeving grijpt hier al grotendeels op in, maar aanvullende praktische randvoorwaarden blijven nodig. Bijvoorbeeld zal er binnen de ESPR ingezet worden op een minimale software-ondersteuning van vijf jaar, maar uitbreiding hiervan kan relatief direct bijdragen aan levensduurverlenging en consumptievermindering. Right to Repair zal de noodzakelijke ondersteuning geven voor reparateurs, door bijvoorbeeld toegang tot onderdelen tegen een betaalbare prijs te geven. Aanvullend kan Nederland reparateurs nog meer ondersteunen, door bijvoorbeeld een *toolbox* of datadeelplatform te ontwikkelen voor reparateurs, wat de toegang tot onderdelen, handleidingen en bestellijsten zou kunnen versimpelen. Daarnaast kunnen prijsmaatregelen, zoals een verlaagd btw-tarief voor reparatie of een reparatievoucher, helpen om reparatie financieel aantrekkelijker te maken.

Refurbishment kent een ander type belemmering. In de zakelijke markt bestaan al beter georganiseerde stromen en is schaalgrootte eerder haalbaar. In de consumentenmarkt is de praktijk versnipperd, lokaal georganiseerd en vaak experimenteel. Schaalvergroting vraagt om betere inzameling, sortering en opslag van herbruikbare apparaten. Daarnaast is juridische duidelijkheid nodig over de positie van refurbishers in de afvalfase en over de voorwaarden waaronder apparaten en componenten opnieuw op de markt kunnen worden gebracht.

De aanbeveling is om refurbishment en hergebruik sterker te faciliteren door herbruikbare apparaten in de afvalfase vroegtijdig apart te houden, zorgvuldig op te slaan en naar geschikte refurbishers te leiden. Een concrete minimumdoelstelling in de UPV voor elektrische apparaten op 'voorbereiding voor hergebruik' kan refurbishment versterken. Op milieustraten zou de inzameling hierbij onderscheid moeten maken. Ook kan worden onderzocht of een lichtere certificeringsroute of juridisch vastgelegde uitzondering voor bepaalde refurbishmentactiviteiten mogelijk is, mits veiligheid, kwaliteit en consumentenbescherming geborgd blijven (bijvoorbeeld via CENELEC-light). Hoewel refurbishers 'meeliften' op de

effecten van Right-to-Repair wetgeving, zal ook onderzocht moeten worden hoe deze wetgeving beter kan aansluiten op de behoeften van refurbishers, aangezien die niet de primaire doelgroep zijn van deze wetgeving.

Tot slot, kan het stimuleren van hergebruik van elektronica een significante bijdrage leveren aan de vermindering van materiaalstroom (namelijk 2-8% reductie). Hier zien we een belangrijke kans binnen een minimumdoelstelling voor 'voorbereiding op hergebruik' binnen de UPV (zie volgende paragraaf). In dit rapport zijn de belemmeringen en kansen binnen hergebruik van elektronica niet nader onderzocht in **Hoofdstuk 3**; een uitgebreid onderzoek naar de belemmeringen en kansen binnen hergebruik van elektronica zal wel degelijk gedaan moeten worden (bijvoorbeeld binnen de ketentafeloverleggen) om meer gerichte aanbevelingen te doen omdat hier zeer waarschijnlijk kansen liggen voor het verbeteren van de levensduur.

Hoogwaardige verwerking

Voor hoogwaardige verwerking is één van de observaties dat de inzameldoelstelling voor afgedankte elektronica niet wordt gehaald. Belangrijke oorzaken zijn illegale export, verkeerde afdanking via restafval van huishoudens en bedrijven, en lekstromen richting metaalverwerking of andere verwerkingsroutes. Een van de knelpunten die in de MIS-analyse naar voren komt is dat de drempel voor consumenten en bedrijven om AEEA in te leveren te hoog is. De aanbeveling is om zowel aan de consumentenkant als aan de bedrijvenkant gericht te sturen op betere inzameling. Voor consumenten kunnen laagdrempelige inzamelopties, zoals ophalen aan huis, retourlogistiek of statiegeldsystemen, de inzameling verbeteren. Voor bedrijven is betere monitoring en handhaving nodig, bijvoorbeeld controles op afgifteplicht met behulp van digitale hulpmiddelen zoals camera's en AI, zoals nu bijvoorbeeld in België plaatsvindt.^{75,76} Hierbij moet duidelijk zijn welke sancties gelden bij foutieve afdanking of illegale verwerking.

Operationele knelpunten vragen daarnaast om betere productinformatie en ontwerpkeuzes. Broomhoudende vlamvertragers en een hoge diversiteit aan plastics verlagen de waarde van materiaalstromen. Andere knelpunten voor de operationele haalbaarheid zijn de beperkte demonteerbaarheid en gebrek aan informatie over materialen. Dit leidt tot een beperkte bundeling van recyclingactiviteiten op CRM-houdende stromen. De haalbaarheid van recycling kan sterk ondersteund worden wanneer wordt gestuurd op betere informatievoorziening over het ontwerp en materiaalkeuze van producten. Daarnaast wordt recycling minder complex wanneer de diversiteit van materialen en de aanwezigheid van ZZS (verder) worden beperkt. Een ambitieuze invulling van het digitale productpaspoort kan recyclers helpen om producten beter te demonteren en materiaalstromen te identificeren. Het verschaffen van exploitatie- en opschalingssubsidies voor het opzetten van gespecialiseerde verwerkingslijnen zijn ondersteunend voor recyclers en kunnen leiden tot verhoogde terugwinning van CRMs.

Hoogwaardige verwerking (bijvoorbeeld sorteren op hergebruik in plaats van recycling) wordt nu nog onvoldoende expliciet beloond, voornamelijk omdat daar beperkte marktprikkels voor zijn. Bovendien is niet altijd duidelijk wanneer verwerking als hoogwaardig geldt; is het toepassen van aluminiumrecycalaat uit AEEA in nieuwe lantaarnpalen hoogwaardig of niet? Daarnaast zijn ook geen concrete doelen vastgesteld voor de terugwinning van CRMs en plastics. Zo kan de verbranding van kunststofreststromen met energietrugwinning bijvoorbeeld bijdragen aan doelstellingen voor nuttige toepassing, maar leidt ertoe dat

⁷⁵ [Vlaanderen.be \(z.d.\) Regels voor sortering en ophaling van afval bij bedrijven.](#)

⁷⁶ [Rematics \(z.d.\). Slimmere afvalinzameling.](#)

materialen niet beschikbaar blijven voor recycling op een hogere trede van de R-ladder. Ook wordt in het geval van recycling vooral gestuurd op bulkverwerking tegen lage kosten. Dit staat het ontwikkelen en toepassen van economisch rendabele technieken voor de terugwinning van bepaalde kritieke grondstoffen in de weg. Tevens vormen stoffen als broomhoudende vlamvertragers een belemmering voor hoogwaardige verwerking van kunststofstromen.

De aanbeveling is om de term hoogwaardige verwerking voor elektronica concreet te definiëren en te vertalen naar meetbare doelen. Hierbij moet gedacht worden aan bijvoorbeeld minimumdoelen voor het specifiek sorteren op hergebruik. Ook kunnen via de UPV materiaalspecifieke doelen voor recycling en terugwinning worden vastgesteld, waaronder doelen voor kritieke grondstoffen. De juridische haalbaarheid van dit soort verplichte terugwinningspercentages is nu al bij de Battery Regulation aangetoond. Innovatieve recyclingtechnieken verdienen gerichte ondersteuning, met name wanneer zij bijdragen aan hogere terugwinning van kritieke grondstoffen en aan een betere kwaliteit van recyclaat. Subsidies en innovatieprogramma's kunnen hierbij helpen, mits zij aansluiten op de vraag vanuit producenten.

Overkoepelende conclusies en aanbevelingen

Over de verschillende thema's heen valt op dat circulaire maatregelen onderling kunnen botsen. Ontwerp voor repareerbaarheid kan bijvoorbeeld leiden tot meer materiaalgebruik, terwijl ontwerp voor lichtere of dunnere producten juist ten koste kan gaan van demontage, reparatie of recyclebaarheid. Beleid moet daarom integraal sturen op productontwerp en rekening houden met effecten over de volledige levenscyclus.

Een tweede overkoepelende conclusie is dat de businesscase voor recycling zwak blijft zolang er aan de voorkant onvoldoende vraag is naar secundaire materialen en aan de achterkant onvoldoende verplichtingen bestaan voor terugwinning. Verplichte terugwinningspercentages in combinatie met verplichte percentages secundaire materialen in nieuwe producten moeten daarom in samenhang worden ontwikkeld. Nederland zal daarom moeten inzetten op een ambitieuze invulling van ESPR, met oog voor beide kanten van de keten, bijvoorbeeld door de Richtlijn AEEA en ESPR aan elkaar te koppelen. Alleen dan ontstaat een robuustere markt voor recyclaat en worden investeringen in betere recyclingtechnieken aantrekkelijker.

Alle ketenactoren zullen moeten samenwerken om een circulaire elektronikaketen te realiseren. De centrale aanbeveling is om circulaire elektronica niet te benaderen via losse maatregelen, maar via een samenhangend beleidspakket. Dat pakket combineert Europese producteisen, nationale uitvoering en handhaving, financiële prikkels, betere informatievoorziening, ondersteuning van hergebruik, reparatie en refurbishment, concrete doelen voor voorbereiding voor hergebruik en materiaalspecifieke recyclingdoelen, en stimulering van doelgerichte innovatie in recycling en substitutie. Alleen op deze manier kunnen grote stappen gezet worden in het verhogen van de circulariteit van de elektronikaketen en komt de missie van een circulaire keten in 2050 in zicht.

6 Wenkend perspectief

6.1 Klant heeft kapotte koelkast net buiten garantie

Het open garantiestelsel is vervangen met vaste garantietermijnen per productcategorie op basis van onderzoek naar daadwerkelijke levensduur. Deze garantietermijnen zijn weliswaar conservatief ingeschat vanwege de invloed van consumentengedrag op slijtage, maar geeft duidelijkheid. De consument weet dat de fabrikant niet aansprakelijk meer is, dus kan de consument direct met behulp van de rekentool van het nationaal reparateursregister inschatten of reparatie zinvol is. Gelukkig, dankzij Europese ontwerpvereisten is het defecte onderdeel goed bereikbaar, en dankzij standaardisatie en een doorontwikkelde componentenmarkt is het onderdeel goedkoop te vervangen. Echter, de klant wil ondanks de goede business case voor reparatie toch maar een nieuwe grotere koelkast omdat hij binnenkort gaat samenwonen. Bij het reparateursregister is gelukkig een heel ecosysteem betrokken van refurbishers en retailpartners. Er wordt een deal aangeboden – de retailer neemt de koelkast in en geeft korting aan de klant voor een nieuw apparaat. Tegelijkertijd laat de retailer de koelkast door een partner refurbishen en zet deze in de verkoop in het refurbished segment van de winkel en webshop. De refurbisher heeft vanwege deze coördinatie, stabiele toestroom en duidelijke rolverdeling kunnen specialiseren en opschalen.

6.2 Producent wil circulaire printers op de markt brengen

Een grote producent wil circulaire printers op de markt brengen. Voorheen kon de producent niet concurreren met goedkope lineair ontworpen printers, maar dankzij ambitieuze Europese wetgeving op repareerbaarheid, en heffing op primair plastic is er een speelveld ontstaan waarbinnen circulaire ontwerpkeuzes zowel deels verplicht zijn als beloofd worden. De producent is een coalitie aangegaan met andere producenten en verwerkingsbedrijven om specificaties van plastics af te stemmen, en er zijn standaarden afgesproken zodat recyclers stabiliteit van volume en vraagspecificaties hebben zodat zij gericht investeringen kunnen doen. Door een verplicht label waarop repareerbaarheidsindex en extra fabrieksgarantie staan, weet de fabrikant consumenten te overtuigen hun product te kopen. Hierdoor is reparatie een stuk gemakkelijker en sneller voor de consument dan eerst. Snelheid van reparatie is ook enorm toegenomen door standaardisatie van onderdelen en vrijgeven van reparatie-informatie voor gecertificeerde reparateurs, waardoor er meer concurrentie is. Deze concurrentie is toegenomen omdat vanuit primair heffingen een fonds is opgezet waaruit reparatie deels wordt vergoed.

Bijlage A

Huidige

Beleidsinstrumenten

A.1 Huidige Europees beleid

CE-markering en RoHS

Elektrische apparaten moeten als product voldoen aan verschillende Europese en nationale wet- en regelgeving. Vrijwel alle elektrische apparaten moeten beschikken over een CE-markering (deze markering vloeit voort uit de Machinerichtlijn⁷⁷ en de Laagspanningsrichtlijn⁷⁸). De fabrikant verklaart daarmee dat het product voldoet aan de Europese eisen voor veiligheid, gezondheid en milieu, en vrij is te verhandelen binnen de EU. De richtlijn ("RoHS Directive"⁷⁹) inzake de beperking van het gebruik van bepaalde gevaarlijke stoffen in elektrische en elektronische apparatuur (EEA) beperkt momenteel het gebruik van tien stoffen in elektrische apparaten, waarbij voor elk van deze stoffen maximaal toelaatbare niveaus worden vastgesteld. Deze beperkingen zijn cruciaal om te voorkomen dat schadelijke chemicaliën in het milieu (bijvoorbeeld op stortplaatsen) terechtkomen en de gezondheid van werknemers en consumenten te beschermen tijdens de productie, het gebruik en het afdanken. De tien stoffen omvatten: lood, cadmium, kwik, chroom-6, polybroombifenylen (PBB), polybroomdifenylethers (PBDE), di(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP), butylbenzylftalaat (BBP), dibutylftalaat (DBP) en di-isobutylftalaat (DIBP).

REACH

REACH⁸⁰ is een Europese verordening over de productie van en handel in chemische stoffen. REACH staat voor: Registratie, Evaluatie, Autorisatie en restrictie van Chemische stoffen. De verordening heeft als doel de bescherming van mens en milieu tegen risico's van chemische stoffen te verbeteren. De REACH verordening bevat criteria waarmee de meest schadelijke stoffen worden gedefinieerd (Substances of Very High Concern, SVHC). REACH bevat regels om SVHC te vervangen door minder schadelijke alternatieven. Dit geldt ook voor elektronica. En waar dat nog niet mogelijk is de risico's van het gebruik van de SVHC's te beheersen. REACH stelt ook eisen aan het delen van informatie over de omgang met chemische stoffen in de toeleveringsketen. Zo moeten bedrijven aan hun afnemers doorgeven als er SVHC in hun producten zitten.

⁷⁷ [European Parliament and Council \(2026\). Richtlijn 2006/42/EG van het Europees Parlement en de Raad van 17 mei 2006 betreffende machines en tot wijziging van Richtlijn 95/16/EG \(herschikking\).](#)

⁷⁸ [European Parliament and Council \(2014\). Richtlijn 2014/35/EU van het Europees Parlement en de Raad van 26 februari 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake het op de markt aanbieden van elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen.](#)

⁷⁹ [European Parliament and of the Council \(2011\). Directive on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment \(recast\) Text with EEA relevance.](#)

⁸⁰ [European Parliament and of the Council \(2006\). Verordening inzake de registratie en beoordeling van de autorisatie en beperkingen ten aanzien van chemische stoffen \(REACH\), tot oprichting van een Europees Agentschap voor chemische stoffen, houdende wijziging van Richtlijn 1999/45/EG en houdende intrekking van Verordening \(EEG\) nr. 793/93 van de Raad en Verordening \(EG\) nr. 1488/94 van de Commissie alsmede Richtlijn 76/769/EEG van de Raad en de Richtlijnen 91/155/EEG, 93/67/EEG, 93/105/EG en 2000/21/EG van de Commissie.](#)

POP-Verordening

De POP-verordening (Verordening (EU) 2019/1021)⁸¹ bevat specifieke verplichtingen voor zogenaamde persistente organische verontreinigde stoffen (POP's). POP's zijn toxische stoffen die moeilijk afbreken, bioaccumuleren en over lange afstand getransporteerd kunnen worden via lucht en/of water.

Bijlage IV van deze verordening geeft de grenswaarden aan van POP's in afval (Low POP Content (LPC)). Boven deze LPC-grenswaarden wordt het afval als POP-houdend afval geclassificeerd en moeten de aanwezige POPs in de afvalstof worden vernietigd zoals beschreven in artikel 7 van de verordening. Voor afval waar het POP gehalte onder de LPC limiet ligt, zijn de strenge eisen voor vernietiging of onomkeerbare omzetting niet van toepassing. Voorbeeld hiervan zijn polychloorbifenylen (PCB's). PCB's kunnen voorkomen in transformatoren, condensatoren, hydraulische apparatuur en met olie gevulde verwarmingsradiatoren. PCB's kunnen met name voorkomen in oude elektrische apparaten die zijn geproduceerd vóór 1985. Apparaten met meer dan 0,005 % PCB's en een volume van meer dan 0,05 dm³ moesten uiterlijk op 31 december 2025 uit gebruik zijn genomen. Vanaf 31 december 2025 is elk gebruik, dus ook hergebruik verboden.

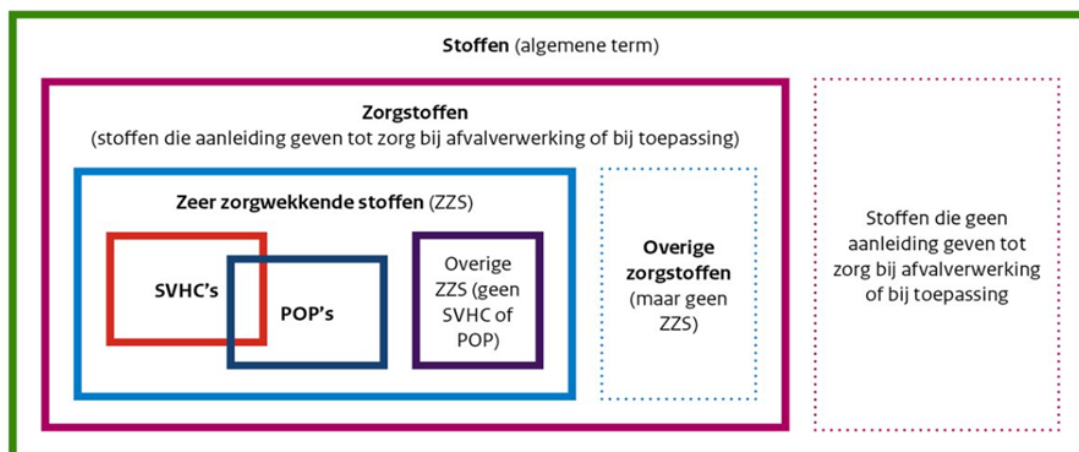
Bijlage I van de POP-verordening bevat een lijst met stoffen met concentratiegrenzen (Unintentional Trace Contaminant (UTC) Limits) waar producten die op de markt gebracht worden aan moeten voldoen. Indien een POP-stof aanwezig is onder de UTC concentratiegrenswaarde wordt de POP-stof beschouwd als "onopzettelijke sporenverontreiniging". Dat is bijvoorbeeld van toepassing op kunststofrecyclaten (na sortering) waarin (POP) broomhoudende brandvertragers als sporenverontreiniging achter kunnen blijven.

ZZS beleid

In Nederland is er wetgeving gericht op het voorkomen en minimaliseren van emissies (vrijkomen) van schadelijke stoffen. Dit is vormgegeven in het nationaal beleid rondom emissies van 'Zeer Zorgwekkende Stoffen' (ZZS) naar lucht en water. Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) zijn chemische stoffen die gevaarlijk zijn voor de mens, bijvoorbeeld omdat ze kankerverwekkend zijn of de voortplanting belemmeren, of omdat ze negatieve gevolgen kunnen hebben voor de milieukwaliteit.⁸² Zorgstoffen worden in Nederland als 'zeer zorgwekkende stof' aangeduid als ze voldoen aan de criteria van artikel 57 van REACH, ook als ze nog niet op Europees niveau als 'SVHC' zijn aangeduid. De groep ZZS is veel groter dan alleen de SVHC's, zie **Figuur A.1**.

⁸¹ [European Parliament and Council \(2019\). Verordening 2019/1021 van het Europees Parlement en de Raad van 17 mei 2019 betreffende machines en tot wijziging van Richtlijn 95/16/EG \(herschikking\).](#)

⁸² [RIVM \(z.d.\). Zeer Zorgwekkende Stoffen | Risico's van stoffen.](#)



Figuur A.1: Schematische weergave van categorieën stoffen. Het buitenste en grootste kader vertegenwoordigt 'Stoffen (algemene term)'. Daarbinnen bevindt zich het kader 'Zorgstoffen' en 'Stoffen die geen aanleiding geven tot zorg bij afvalverwerking of toepassing'. Het kader zorgstoffen omvat op zijn beurt de kaders 'Zeergzorgwekkende stoffen (ZZS)' en 'Overige stoffen (maar geen ZZS)'. Binnen het kader 'Zeergzorgwekkende stoffen (ZZS)' zijn drie subcategorieën: 'SVHC's', 'POP's' en 'Overige ZZS (geen SVHC of POP)'. De subcategorieën SVHC's en POP's kennen een beperkte overlap.⁸³

Ecodesign for Sustainable products regulation (ESPR)

Op 18 juli 2024 is de Europese Verordening "Ecodesign for Sustainable Products Regulation"⁸⁴ (ESPR) van kracht geworden. De ESPR vervangt de Ecodesign-richtlijn die al gold vanaf 2009, en voor meer dan 30 producten al Ecodesign-eisen bevatte. De ESPR is kaderwetgeving dat de basis legt voor de latere invoering van concrete prestatie- en informatievereisten per product. In het werkplan⁸⁵ 2025-2030 heeft de Europese Commissie vastgelegd voor welke specifieke apparaten de komende jaren vereisten worden opgesteld. Daarnaast is het mogelijk om horizontale vereisten op te stellen voor productgroepen met vergelijkbare kenmerken. Dit betekent dat er een prestatie- of informatievereiste wordt vastgesteld die geldt voor meerdere productgroepen, in plaats van één specifiek product. In het geval van elektrische en elektronische apparatuur is in het werkplan van de Europese Commissie opgenomen dat er een vereiste komt voor het gehalte aan gerecycled materiaal en recycleerbaarheid en voor reparatiebaarheid.

De Europese Commissie werkt vanaf **19 juli 2025** gedelegeerde handelingen uit die concrete minimumvereisten vastleggen voor specifieke productgroepen. In het ESPR-werkplan vanaf 2025 tot 2030 worden 16 producten uitgewerkt.⁸⁶ In de volgende werkplannen volgen er nog meer producten. Onderstaand volgt een opsomming van producten waarvoor Ecodesign-eisen worden opgesteld, herzien of uitgebreid en op basis van welke regelgeving.

1. Producten waarvan de herziening onder de oude Ecodesign-richtlijn valt t/m 31-12-2026 (overgangperiode), uiteindelijke verordeningen vallen onder ESPR:

⁸³ [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat \(z.d.\). ZZS en overige stoffen | Circulaire Materialenplan.](#)

⁸⁴ [European Parliament and Council \(2024\). Verordening \(eu\) 2024/1781 van het Europees parlement en de raad van 13 juni 2024 betreffende de totstandbrenging van een kader voor het vaststellen van vereisten inzake ecologisch ontwerp voor duurzame producten, tot wijziging van richtlijn \(EU\) 2020/1828 en Verordening \(EU\) 2023/1542, en tot intrekking van Richtlijn 2009.](#)

⁸⁵ [Europese Commissie \(2025\). Mededeling van Europese Commissie: Werkplan inzake ecologisch ontwerp voor duurzame producten en energie-etikettering.](#)

⁸⁶ [European Commission \(2025\). Ecodesign for Sustainable Products and Energy Labelling Working Plan 2025-2030.](#)

- › Zonnepanelen (fotovoltaïsche panelen)
- › Ruimteverwarmers en combiverwarmers
- › Waterverwarmers
- › Lokale ruimteverwarmers op vaste brandstof
- › Airconditioners (incl. lucht-luchtwarmtepompen) en comfortventilatoren
- › Ketels op vaste brandstof
- › Luchtverwarmings- en koelingsapparaten
- › Ventilatie-eenheden
- › Stofzuigers
- › Kooktoestellen (ovens, kookplaten e.d.)
- › Waterpompen
- › Industriële ventilatoren
- › Circulatiepompen
- › Externe voedingen
- › Computers
- › Servers en gegevensopslagproducten
- › Vermogenstransformatoren
- › Professionele koelapparatuur
- › Beeldverwerkingsapparatuur (bijv. printers en kopieerapparaten)

2. Producten die worden herzien onder ESPR

- › Beeldschermen (elektronische displays)
- › Huishoudelijke vaatwassers
- › Huishoudelijke wasmachines en was-droogcombinaties
- › Elektromotoren en frequentieregelaars
- › Koelapparaten voor huishoudelijk gebruik
- › Koelapparaten met verkoopfunctie
- › Lichtbronnen en afzonderlijke voorschakelapparatuur
- › Lasapparatuur
- › Mobiele telefoons en tablets
- › Lokale ruimteverwarmers
- › Droogtrommels
- › Energieverbruik in stand-by en uit-modus

3. Nieuwe producten onder ESPR of producten die worden uitgebreid

- › Lage-temperatuurafgiftesystemen (bijv. lagetemperatuurradiatoren)
- › Laadpunten voor elektrische voertuigen
- › Professionele wasapparatuur
- › Professionele vaatwasapparatuur

Ecodesign uitwerking voor producten

De uitwerking van de ESPR-eisen zal verschillen per type product. Voor verschillende productgroepen zijn de eerste eisen reeds vastgesteld,⁸⁷ waaronder mobiele telefoons, lokale ruimteverwarmers, wasdrogers, industriële ventilatoren, spelconsoles, stand-by verbruik en eenvoudige settopboxen.

De vereisten voor andere productgroepen zijn nog in aankomst.⁸⁸ Hiervoor wordt een impact assessment en een publieke consultatie uitgevoerd. Vervolgens wordt een draftversie opgesteld, die moet worden aangenomen door de Europese Commissie.

Ter illustratie, in de Ecodesign-uitwerking voor mobiele telefoons zijn eisen opgenomen voor:

- › **Verplichte duur software updates:** Fabrikanten, importeurs of gemachtigde vertegenwoordigers zorgen ervoor dat beveiligingsupdates en corrigerende updates beschikbaar zijn gedurende ten minste vijf jaar na de datum waarop het laatste exemplaar van het productmodel in de handel is gebracht.
- › **Functionele updates:** Functionele updates worden beschikbaar gesteld gedurende ten minste drie jaar na de datum waarop het laatste exemplaar van het productmodel in de handel is gebracht.
- › **Batterijduur:** De batterij moet bestand zijn tegen ten minste 800 laad- en ontladcycli, waarbij het resterend vermogen minstens 80% van het nominale vermogen bedraagt.
- › **Vervangbaarheid onderdelen:** batterij, beeldscherm, achterzijde, camera-modules, laadpoort, mechanische knoppen, luidspreker(s) en microfoons moeten vervangbaar zijn zonder onomkeerbare schade.
- › **Bevestigingsmiddelen:** Herbruikbare bevestigingsmiddelen moeten worden gebruikt, tenzij dit technisch niet mogelijk is. Kleefmiddelen zijn alleen toegestaan indien zij als opnieuw geleverd bevestigingsmiddel worden meegeleverd in voldoende hoeveelheid.
- › **Reserveonderdelen:** Reserveonderdelen moeten beschikbaar worden gesteld binnen vijf werkdagen na ontvangst van de bestelling. De beschikbaarheid van reserveonderdelen moet worden gegarandeerd gedurende ten minste zeven jaar na de datum waarop het laatste exemplaar van het productmodel in de handel is gebracht.
- › **Toegang tot reparatie-informatie:** Fabrikanten, importeurs of gemachtigde vertegenwoordigers verlenen niet-discriminerende toegang tot reparatie- en onderhoudsinformatie.

⁸⁷ [European Commission \(2025\). Commission staff working document. Implementation of the Ecodesign and Energy Labelling Working Plan 2022-2024. Accompanying the document Commission Communication Ecodesign for Sustainable Products and Energy Labelling Working Plan 2025-203.](#)

⁸⁸ [European Commission \(2025\). Commission Communication Ecodesign for Sustainable Products and Energy Labelling Working Plan 2025-203.](#)

Right to Repair (EU)

Sinds juli 2024 is de nieuwe Europese richtlijn 'Recht op reparatie' (Right to repair)⁸⁹ in werking getreden. Alle lidstaten, dus ook Nederland, hebben 24 maanden de tijd om deze richtlijn om te zetten in nationale wetgeving. De nieuwe regels versterken het recht op reparatie, zijn gericht op het verminderen van verspilling en versterken de reparatiesector door het eenvoudiger en kosteneffectiever te maken om goederen te repareren. De richtlijn heeft betrekking op de reparatie van EEA. In de praktijk betekent dit dat:

- › Fabrikanten tijdig kostenefficiënte reparatiediensten moeten aanbieden en consumenten informeren over hun recht op reparatie;
- › De garantie met één jaar wordt verlengd, als goederen tijdens de wettelijke garantieperiode moeten worden gerepareerd;
- › De fabrikant verplicht is om een product te repareren, ook nadat de wettelijke garantie van een alledaags huishoudelijk product is verstreken. Dit geldt voor huishoudelijke producten die volgens de EU-wetgeving technisch te repareren zijn, zoals wasmachines, stofzuigers en zelfs smartphones;
- › Consumenten een ander apparaat kunnen lenen, als ze een apparaat laten repareren. Als blijkt dat het apparaat niet meer kan worden gerepareerd, dan kan de consument kiezen voor een opgeknapt exemplaar;
- › Fabrikanten reserveonderdelen en gereedschap tegen een redelijke prijs zullen moeten aanbieden en geen contractuele clausules, hardware of software zullen mogen gebruiken die reparaties moeilijk maken. Zo mogen ze vooral niet verhinderen dat onafhankelijke reparateurs tweedehandse of 3D-geprinte reserveonderdelen gebruiken. Verder zullen ze niet mogen weigeren een product te repareren om puur economische redenen of omdat het al door iemand anders werd gerepareerd;
- › Er een Europees reparatie-informatieformulier komt waarmee consumenten reparatievoorwaarden (defect, prijs, duur, etc.) kunnen vergelijken. Verder komt er een Europees onlineplatform met nationale afdelingen om consumenten te helpen bij hun zoektocht naar lokale reparatiebedrijven, verkopers van opgeknapte goederen, kopers van defecte artikelen of door de gemeenschap georganiseerde initiatieven, zoals reparatiecafés;
- › Elk EU-land ten minste één maatregel moet uitvoeren om reparatie te stimuleren. Ze kunnen bijvoorbeeld reparatievouchers uitdelen, specifieke fondsen opzetten, informatiecampagnes voeren, relevante cursussen aanbieden of door de gemeenschap geleide reparatieruimten ondersteunen.

Garantiewetgeving (EU)

Volgens de Europese consumentenregels⁹⁰ hebben kopers altijd recht op minimaal twee jaar wettelijke garantie vanaf het moment van levering. Binnen deze periode moet de verkoper een product dat gebreken vertoont of niet functioneert zoals geadverteerd kosteloos repareren of vervangen. Als herstel of vervanging niet mogelijk is, of niet binnen een redelijke termijn kan worden uitgevoerd zonder noemenswaardig ongemak voor de consument, ontstaat recht op een volledige of gedeeltelijke terugbetaling. Deze Europese regels vormen het minimumniveau van bescherming dat voor alle lidstaten geldt.

Daarnaast kan er ook nog sprake zijn van fabrieksgarantie, als aanvulling op de wettelijke garantie. Wanneer een product defect raakt binnen de wettelijke garantietermijn, is de verkopende partij wettelijk het aanspreekpunt voor de consument. De verkopende partij moet daarbij voldoen aan de wettelijke garantie, wat betekent dat een non-conform product (defect

⁸⁹ [European Parliament and Council \(2024\). RICHTLIJN \(EU\) 2024/1799 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 13 juni 2024 betreffende gemeenschappelijke regels ter bevordering van de reparatie van goederen en tot wijziging van Verordening \(EU\) 2017/2394 en de Richtlijnen \(EU\) 2019/771 en \(EU\) 2020/1828.](#)

⁹⁰ [Your Europe \(z.d.\). Garantie en bedenktijd | Consumer Law Ready.](#)

gegaan binnen redelijkerwijs te verwachten gebruiksduur) ofwel kosteloos gerepareerd wordt, of vervangen. De verkopende partij verhaalt dit vervolgens bij de producent van het product via regresrecht. Garantie vervalt wanneer er niet aantoonbaar volgens voorschriften van de OEM is gerepareerd.

In Nederland gaat de bescherming echter verder dan deze twee jaar, omdat de wettelijke garantie niet is gekoppeld aan een vaste termijn, maar aan wat de consument redelijkerwijs mag verwachten van een product.⁹¹ Dit zogenaamde conformiteitsbeginsel houdt in dat een product de eigenschappen moet bezitten die voor normaal gebruik nodig zijn, gegeven de prijs, het type product en de verwachte levensduur. Daardoor kan de Nederlandse wettelijke garantie in de praktijk aanzienlijk langer doorlopen dan de Europese minimumtermijn, bijvoorbeeld voor televisies, koelkasten en/of wasmachines soms wel 6 tot 10 jaar. In 2014 heeft UNETO-VNI (voorloper Techniek Nederland) een gebruiksduurtabel gepubliceerd, die gebruikt kan worden om te bepalen wat de verwachte levensduur van een apparaat is.⁹² Deze heeft echter geen formele juridische status. Als een apparaat kapot gaat binnen het eerste jaar, dan ligt volgens de wet de bewijslast bij de verkoper. Gaat het product na 12 maanden kapot maar binnen de wettelijke garantietermijn, dan ligt de bewijslast bij de gebruiker. De gebruiker kan zich in dat geval beroepen op 'non-conformiteit'. In de zakelijke markt (B2B) gelden vaak andere garantietermijnen omdat deze bij de inkoop/aanbesteding worden afgesproken.

General Product Safety Regulation (EU)

De General Product Safety Regulation (GPSR)⁹³ moet de interne markt verbeteren en consumenten beschermen. De GPSR bevat belangrijke regels voor de veiligheid van consumentenproducten. Alle marktdeelnemers moeten zich hieraan houden, zoals fabrikanten, importeurs, distributeurs en fulfilmentdienstverleners. Ook is er speciale aandacht voor verkoop op afstand via websites, apps en advertenties, en voor online marktplaatsen. De verordening geeft algemene producteisen. Aan deze eisen moet iedere marktdeelnemer dus voor elk product voldoen.

Kaderrichtlijn Afvalstoffen (EU)

De belangrijkste richtlijn op Europees niveau die gaat over de afvalfase van producten is de Kaderrichtlijn Afvalstoffen 78 (KRA- 2008/98/EG, ook wel "Waste Framework Directive"). Dit is de overkoepelende Europese richtlijn voor alle afvalstoffen (dus ook voor AEEA). De KRA introduceert de "afvalhiërarchie", namelijk prioritering in de volgorde: voorkomen, (voorbereiden voor) hergebruik, recycling, nuttige toepassing, en verwijderen. Ook is in de KRA het concept van Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid (UPV) vastgelegd, waarbij producenten van producten financiële verantwoordelijkheid of financiële en organisatorische verantwoordelijkheid dragen voor het beheer van de afvalfase van de levenscyclus van een product.

De KRA bepaalt de afvalstrategie, de Europese AEEA-richtlijn (WEEE-richtlijn) bevat de UPV-eisen voor afgedankte elektrische en elektronische apparatuur.

⁹¹ [Rijksoverheid.nl \(z.d.\) Welke garanties heb ik op een product?](https://rijksoverheid.nl/onderwerpen/wettelijke-garantie/welke-garanties-heb-ik-op-een-product)

⁹² [UNETO-VNI \(z.d.\). UNETO-VNI Tabel met gemiddelde gebruiksduurverwachtingen.](https://uneto-vni.nl/verbruikersinformatie/gebruiksduurverwachtingen)

⁹³ [European Parliament and Council \(2023\). Verordening \(EU\) 2023/988 van het Europees Parlement en de Raad van 10 mei 2023 inzake algemene productveiligheid, tot wijziging van Verordening \(EU\) nr. 1025/2012 van het Europees Parlement en de Raad en Richtlijn \(EU\) 2020/1828 van het Europees Parlement en de Raad, en tot intrekking van Richtlijn 2001/95/EG van het Europees Parlement en de Raad en Richtlijn 87/357/EEG van de Raad.](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/988/oj)

WEEE-richtlijn (EU)

De WEEE-richtlijn⁹⁴ van 4 juli 2012 bevat maatregelen ter bescherming van het milieu en de menselijke gezondheid door vermindering of beperking van de negatieve gevolgen van de productie en het beheer van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur. De richtlijn bevat doelstellingen voor de inzameling en passende verwerking van de AEEA. Samengevat gaat het om de volgende wettelijke doelen:

- › Minimale inzameling van 65% van de gemiddelde gewichtshoeveelheid EEA die de voorgaande drie jaren in de betreffende lidstaat in de handel is gebracht (Put-On-Market hoeveelheid ofwel POM), of als alternatief 85% van de hoeveelheid in die lidstaat gegenereerde Afgedankte Elektrische en Elektronische Apparaten per kalenderjaar (Art. 7 van de richtlijn).
- › Passende verwerking, Bijlage VII van de AEEA-richtlijn geeft aan welke stoffen, mengsels en onderdelen uit AEEA moeten worden gehaald na afdanking (Art 8, lid 2 van de richtlijn).
- › Minimale streefcijfers van nuttige toepassing per categorie vanaf 15 augustus 2018 met betrekking tot de in Bijlage III vermelde categorieën (Art. 11, lid 1 icm Bijlage V van de richtlijn):

Tabel A.1: Doelstellingen van WEEE-richtlijn per product(sub)categorie.

CATEGORIE	VOORBEREIDING VOOR HERGEBRUIK EN RECYCLING	NUTTIGE TOEPASSING
1 – Warmte of koude-uitwisselende apparatuur.	>80%	>85%
2 – Schermen, monitors en apparatuur met schermen	>70%	>80%
3 - Lampen	>80%	n.v.t.
4 – Grote apparatuur	>80%	>85%
5 – Kleine apparatuur	>55%	>75%
6 – Kleine IT- en telecommunicatieapparatuur	>55%	>75%

Voor verwerkingshandelingen aan AEEA is een geldige CENELEC conformiteitsverklaring noodzakelijk (WEEELABEX-certificaat). CENELEC-normen zijn Europese EN-normen die wettelijk verplicht kunnen worden gesteld. Zo is CENELEC-50625⁹⁵ wettelijk verplicht voor verwerkers van AEEA; CENELEC-50614 bevat ook normen voor voorbereiding voor hergebruik. In Nederland is werken volgens CENELEC-50614 wettelijk verplicht. Naast eisen aan de mate van hergebruik en recycling, gelden ook normen hoe men veilig met zorgwekkende stoffen in de keten werkt.

De Europese AEEA-richtlijn wordt momenteel door de Europese Unie herzien.⁹⁶ Eind 2026 wordt meer duidelijkheid over deze herziening verwacht omdat de Europese Commissie dan met haar voorstel zal komen. Nederland heeft bij deze herziening gepleit voor opname van een doelstelling in de richtlijn voor voorbereiding voor hergebruik-. Hierdoor wordt het circulair potentieel van afgedankte elektrische en elektronische apparaten (AEEA) meer benut. Hergebruik is een uitwerking van de strategie levensduurverlenging net als reparatie. In het

⁹⁴ European Parliament and Council (2012). [Richtlijn 2012/19/EU van het Europees Parlement en de Raad van 4 juli 2012 betreffende afgedankte elektrische en elektronische apparatuur \(AEEA\)](#).

⁹⁵ CENELEC (2017). [European Standards for Waste Electrical and Electronic Equipment \(WEEE\)](#).

⁹⁶ [European Commission \(2025\). Circular Economy: New evaluation looks at how to improve WEEE Directive.](#)

evaluatierapport van de EU over de AEEA-richtlijn wordt geconstateerd dat de reikwijdte van de AEEA-richtlijn te weinig rekening houdt met de terugwinning van kritieke grondstoffen en dat er doelstellingen ontbreken om de terugwinning van deze grondstoffen te stimuleren. Gelet op de toegenomen aandacht voor terugwinning van kritieke grondstoffen (zie ook de Verordening kritieke grondstoffen (CRMA)), diekan bijdragen aan de leveringszekerheid en de economische autonomie binnen Europa, is het aannemelijk dat in een mogelijke aanpassing van de AEEA-richtlijn gestuurd zal worden op terugwinning van kritieke grondstoffen die in elektrische en elektronische apparatuur worden toegepast.

Verordening betreffende stoffen die de ozonlaag afbreken (EU)

Sterk verouderde apparatuur bevat soms nog ozonafbrekende stoffen. Het is verboden om apparatuur in de handel te brengen of al dan niet tegen betaling verder te leveren die stoffen bevatten of nodig hebben voor hun werking die in bijlage I van de Ozonverordening (ODS) (Verordening (EU) 2024/590)⁹⁷ genoemd worden. Dit betekent dat hergebruik van apparaten die stoffen uit bijlage I van de ODS-verordening bevatten niet is toegestaan. Dit gaat met name om hele oude koelkasten (van vóór 1995).

Circulaire Economiewet (EU)

Op Europees niveau zal er een circulaire economiewet (CE-wet)⁹⁸ komen. De Europese Commissie zal eind 2026 de Circulaire Economie-wet (Circular Economy Act) publiceren, onder andere om een interne markt voor hoogwaardige verwerking en verwerking te creëren. Deze wet moet bijdragen aan de beschikbaarheid van grondstoffen en de economische weerbaarheid van de Europese industrie versterken. Hierbij wil de Europese Commissie zich ook richten op de substitutie van fossiele grondstoffen door recyclaat en bio-grondstoffen. Uiteraard zal dit ook betrekking hebben op AEEA.

Batterijverordening (EU)

De Batterijenverordening (EU 2023/1542)⁹⁹ is sinds 18 februari 2024 van kracht. Deze vervangt de oude Batterijenrichtlijn uit 2006 en stelt nieuwe eisen aan producenten of importeurs van batterijen. Dat geldt ook als de batterij onderdeel is van een elektrisch apparaat. De verordening stelt eisen aan de volledige levenscyclus van batterijen: van ontwerp en productie tot gebruik, inzameling en recycling.

CENELEC-normen (EU)

De CENELEC-normen vormen een set Europese kwaliteitsstandaarden (EN-normen) voor de inzameling, opslag, het transport en de verwerking van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur. De normen zijn bedoeld om te waarborgen dat recycling en afvalverwerking veilig, milieu-hygiënisch en volgens uniforme kwaliteitscriteria plaatsvinden. Ze bevatten eisen op het gebied van veiligheid, traceerbaarheid, proceskwaliteit en duurzaamheid in de gehele logistieke en verwerkingsketen. Verwerkers kunnen worden gecertificeerd, wanneer een onafhankelijke auditor vaststelt dat zij aan de relevante CENELEC-normen voldoen. Hiermee dragen de normen bij aan een hoogwaardige en verantwoorde verwerking van elektronisch afval binnen de EU.

Critical Raw Materials Act (CRMA, EU)

⁹⁷ [European Parliament and Council \(2024\). Verordening \(EU\) 2024/590 van het Europees Parlement en de Raad van 7 februari 2024 betreffende stoffen die de ozonlaag afbreken, en tot intrekking van Verordening \(EG\) nr. 1005/2009.](#)

⁹⁸ [European Commission \(z.d.\) Circular Economy.](#)

⁹⁹ [European Parliament and Council \(2023\). Verordening \(EU\) 2023/1542 van het Europees Parlement en de Raad van 12 juli 2023 inzake batterijen en afgedankte batterijen, tot wijziging van Richtlijn 2008/98/EG en Verordening \(EU\) 2019/1020 en tot intrekking van Richtlijn 2006/66/EG.](#)

De CRMA van 11 april 2024,¹⁰⁰ met rechtstreekse implementatie in alle lidstaten, bevat een lijst met strategische en kritieke grondstoffen. De EU wil de extractiecapaciteit, de verwerkingscapaciteit en de recyclingcapaciteit van deze grondstoffen vergroten. Voor deze productgroepenanalyse richten we ons op de recyclingcapaciteit. Volgens deze verordening dient de recyclingcapaciteit van strategische grondstoffen, zie ook **Tabel A.2**, in 2030 25% van het jaarlijkse verbruik te zijn.

De Critical Raw Materials act (CRMA) legt richtinggevende regels vast om te zorgen voor een veilige, stabiele en duurzame aanvoer en verwerking van kritieke grondstoffen binnen de EU. De verordening identificeert kritieke materialen, zoals metalen en mineralen die essentieel zijn voor technologie, energie-, klimaat- en mobiliteitstransities.

De verordening voorziet in de mogelijkheid voor de Commissie om projecten inzake kritieke grondstoffen als 'strategische projecten' aan te merken. Daartoe zijn in de verordening erkenningscriteria opgenomen. Strategische projecten komen in aanmerking voor snellere vergunningsprocedures, ontvangen toegang tot financiering en steunmaatregelen en worden gekoppeld aan nationale en EU-strategieplannen voor grondstoffen.

De CRMA stelt doelstellingen voor 2030 vast: de EU zou jaarlijks minstens 10% van haar behoefte aan strategische grondstoffen zelf moeten winnen, 40% zelf verwerken en 25% terugwinnen door recycling. Bovendien mag niet meer dan 65% van het verbruik van een strategische grondstof in elk stadium afhankelijk zijn van één derde-land.

De Europese Commissie is verantwoordelijk voor coördinatie en rapportage van de uitvoering van de CRMA, onder meer via een European Critical Raw Materials Board (advies- en monitoringorgaan). Lidstaten moeten eigen nationale strategieën en programma's ontwikkelen om de doelen te halen.

¹⁰⁰ [Verordening \(EU\) 2024/1252 van het Europees Parlement en de Raad van 11 april 2024 tot vaststelling van een kader om een veilige en duurzame voorziening van kritieke grondstoffen te waarborgen, en tot wijziging van de Verordeningen \(EU\) nr. 168/2013, \(EU\) 2018/858, \(EU\) 2018/1724 en \(EU\) 2019/1020 Voor de EER relevante tekst.](#)

Tabel A.2: Lijst van strategische en kritieke grondstoffen volgens Critical Raw Materials Act.

STRATEGISCHE GRONDSTOFFEN	KRITIEKE GRONDSTOFFEN
bauxiet/aluminiumoxide/aluminium	Antimoon
bismut	arseen
boor voor metallurgie	bauxiet/aluminiumoxide/aluminium
kobalt	bariet
koper	beryllium
gallium	bismut
germanium	boor
lithium voor batterijen	kobalt
magnesiummetaal	okeskool
mangaan voor batterijen	koper
grafiet voor batterijen	veldspaat
nikkel voor batterijen	fluoriet
platinametalen	gallium
zeldzame aardmetalen voor permanente magneten (Nd, Pr, Tb, Dy, Gd, Sm en Ce)	germanium
siliciummetaal	hafnium
titaniummetaal	helium
wolfram	zware zeldzame aardmetalen
	lichte zeldzame aardmetalen
	lithium
	mangaan
	magnesium
	grafiet
	nikkel voor batterijen
	niobium
	fosfaatgesteente
	fosfor
	platinametalen
	scandium
	siliciummetaal
	strontium
	tantaal
	titaniummetaal
	wolfram
	vanadium

A.2 Nationaal beleid

Wet milieubeheer

De wet milieubeheer¹⁰¹ is vanaf 1993 de belangrijkste kaderwet geweest voor de bescherming van het milieu. Per 1 januari 2024 is de Wet milieubeheer grotendeels opgegaan in de Omgevingswet, maar bepaalde onderdelen van de Wet milieubeheer zijn blijven bestaan. Op dit moment regelt de Wet milieubeheer onder andere de volgende onderwerpen: stoffen, producten, afvalstoffen, broeikasgasemissies, openbaarheid milieu-informatie en milieuaansprakelijkheid. Deze wet is nog steeds de basis op grond waarvan nationale regels over het toepassen van stoffen in producten zoals elektronica en het verwerken van afvalstoffen zoals AEEA, worden vastgesteld.

Circulaire Economie wet

In het NPCE 2025 wordt aangegeven dat er een circulaire economiewet komt op nationaal niveau, namelijk de Kaderwet CE.¹⁰² Het NPCE geeft aan dat deze nieuwe wet de Wet milieubeheer meer in lijn brengt met de circulaire gedachte. Met de CE-wet wordt het gemakkelijker om CE-instrumenten te introduceren die regels stellen voor de hele keten in plaats van voor een stukje van de keten. De Nederlandse CE-wet moet niet verward worden met de Europese Circular Economy Act.

Regeling AEEA (ter uitvoering van WEEE-richtlijn - 2012/19/EU)

De Europese AEEA-richtlijn is in Nederlandse wetgeving vastgelegd in de *Regeling afgedankte elektrische en elektronische apparatuur*.¹⁰³ In deze regeling is ook uitgebreide producentenverantwoordelijkheid voor elektrische en elektronische apparatuur vastgelegd. De algemene bepalingen voor uitgebreide producentenverantwoordelijkheid zijn wettelijk geregeld in het *Besluit regeling uitgebreide producentenverantwoordelijkheid*.¹¹

Uitgebreide producentenverantwoordelijkheid

Sinds 2024 wordt op nationaal niveau onderzocht hoe het instrument uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV) meer kan bijdragen aan circulariteit. Een UPV wordt voor verschillende producten ingezet zoals verpakkingen, elektronica, textiel en wegwerpplastic producten. Verschillende thema's zoals de rol van gemeenten in UPV's, governance, vereisten aan een producentenorganisatie, doelen en tariefdifferentiatie, prikkels voor hogere circulaire activiteiten worden onder de loep genomen. In 2026 worden de resultaten en aanbevelingen van dit onderzoek aangeboden aan de bewindspersoon en het kabinet. Na besluitvorming kan dit mogelijk leiden tot een aanpassing van het instrument UPV. Met betrekking tot de productgroep elektronica leidt dat tot een nationale inbreng voor de inzet van het instrument UPV binnen de Europese richtlijn die vervolgens op nationaal niveau moet worden geïmplementeerd.

In Nederland worden de doelstellingen van de uitgebreide producentenverantwoordelijkheid collectief ingevuld door Stichting OPEN. Aan de Stichting OPEN is een zogenaamde Algemeen Verbindend Verklaring (AVV) afgegeven. Door deze AVV zijn alle producenten gebonden aan

¹⁰¹ [Overheid.nl \(2012\). Wet milieubeheer.](#)

¹⁰² [Overheid.nl \(2026\). Kaderwet circulaire economie.](#)

¹⁰³ [Overheid.nl \(2024\). Regeling afgedankte elektrische en elektronische apparatuur.](#)

de collectieve uitvoering van de UPV. Stichting OPEN zorgt namens alle producenten en importeurs voor de organisatie en financiering van de collectieve inzameling en verwerking van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur. Door deze wetgeving is er in Nederland een systeem van inzameling en recycling dat gefinancierd wordt door de producenten die dit doorgaans doorbelasten aan de consumenten of bedrijven die elektronica kopen.

Producenten en importeurs moeten zich registreren bij het nationale (W)EEE-register (NWR). Het (W)EEE-register (NWR) en Stichting OPEN verzorgen de rapportage aan de Rijksoverheid.

In Nederland wordt momenteel bij de UPV voor AEEA de volgende doelstelling¹⁰⁴ voor de inzameling van AEEA gehanteerd:

Minimaal 85% van de in het betreffende jaar in Nederland gegenereerde gewichtshoeveelheid elektrische en elektronische apparatuur aan afgedankte elektrische en elektronische apparatuur wordt namens de producenten ingezameld en verwerkt. Deze doelstelling gaat uit van de AEEA die beschikbaar is om in te zamelen en houdt rekening met de levensduur van EEA. De eerdergenoemde inzameldoelstelling van 65% is daarmee niet vervallen, maar zal niet meer als doel gehanteerd worden.

Stichting OPEN zet verschillende circulaire beleidsmaatregelen in om te voldoen aan de UPV-doelstellingen. Voorbeelden van dergelijke maatregelen zijn:

- › Haar stimuleringsregeling, waarin bedrijven betaald worden voor inzamelen van afval, verbreden naar andere sectoren, andere bedrijven en andere producten.
- › Aanpassingen in de inzamellogistiek, waarbij bijvoorbeeld producten samen worden ingezameld, producten op meer plekken worden opgehaald, nieuwe inzamelkanalen gestart worden of fabrikanten zelf de logistiek regelen.
- › Vergroten inzamel- en verwerkingscapaciteit zonnepanelen.

Bij de verwerking van AEEA in Nederland gelden uiteraard de wettelijk verplichte CENELEC-normen. Daarnaast wordt nu in Nederland een wijziging van de Regeling AEEA voorbereid waardoor het mogelijk wordt vergelijkbare eisen te stellen aan voorbereiding voor hergebruik zoals opgenomen in de CENELEC-norm 50614.

Circulair Materialen Plan (CMP)

Het Circulair materialenplan (CMP)¹⁰⁵ is een instrument in het nationale beleid voor de circulaire economie. Het CMP speelt een belangrijke rol in de uitvoering van wetgeving en is als het ware de schakel tussen beleid en de uitvoeringspraktijk. Het CMP geeft overheden concrete toetsingskaders voor als zij een afweging moeten maken, bijvoorbeeld via een vergunning. In de Wet milieubeheer is vastgelegd dat overheden verplicht rekening moeten houden met het CMP wanneer zij besluiten nemen over afvalstoffen.

Voor AEEA moet in het CMP gekeken worden naar het afvalplan Elektr(on)ische apparatuur.¹⁰⁶ In de minimumstandaard (wettelijke ondergrens voor de manier waarop afvalstoffen verwerkt moeten worden) van dit afvalplan is opgenomen dat AEEA op een wijze verwerkt moet worden waarop ten minste wordt voldaan aan het gestelde in artikel 11 van de Regeling AEEA (doelstellingen op gebied van voorbereiding voor hergebruik/recycling en nuttige toepassing) 97. Overige onderdelen en fracties die vrijkomen bij de verwerking van afgedankte elektrische

¹⁰⁴ [Tweede Kamer der Staten-Generaal \(2025\). MOTIE VAN HET LID STOFFER C.S. Kamerstuk 36600-XII-48, d.d. 12-12-2024.](#)

¹⁰⁵ [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat \(z.d.\). Circulair Materialenplan.](#)

¹⁰⁶ [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat \(z.d.\). Elektr\(on\)ische apparatuur. Circulair Materialenplan.](#)

en elektronische apparatuur moeten verwerkt worden conform de minimumstandaarden die zijn opgenomen in andere van toepassing zijnde afvalplannen. Voor zover onderdelen en fracties niet onder een afvalplan van het CMP vallen, moet de verwerking getoetst worden aan de afvalhiërarchie.¹⁰⁷ Het afvalplan bevat daarnaast ook informatie over wanneer je AEEA mag mengen en wanneer niet, en hoe omgegaan moet worden met grensoverschrijdend transport met betrekking tot afgedankte apparatuur.

Aanbestedingswet

Sinds 2012 moeten aankopen door de overheid voldoen aan de Aanbestedingswet.¹⁰⁸ Via aanbestedingen kunnen overheden ook maatschappelijk verantwoord opdracht geven en inkopen (MVOI) implementeren om zodoende bij bijvoorbeeld elektronica meer circulariteit te bevorderen.

Wet uitvoering Markttoezichtverordening

Deze wet¹⁰⁹ uit 2022 regelt het markttoezicht op producten en heeft als doel het waarborgen dat producten voldoen aan de harmonisatiewetgeving van de Europese Unie.

Invoering afgifteplicht AEEA

Ontwerpbesluit van november 2025.¹¹⁰ Gepland om in werking te treden op 1 juli 2027 en regelt dat bedrijven verplicht AEEA af moeten geven aan de correcte inzamelfaciliteiten.

Nationaal reparateursregister

In het Nationaal Reparateursregister¹¹¹ kunnen consumenten bedrijven vinden die reparaties uitvoeren aan defecte producten. Dit register bevat op dit moment uitsluitend bedrijven die consumentenelektronica repareren en voldoen aan strenge kwaliteitseisen. Het register maakt het eenvoudig om te kiezen voor reparatie.

Keurmerk Refurbished

Keurmerken helpen consumenten om sneller inzicht te krijgen in de milieu- of duurzaamheidsprestaties van een elektronisch product. Voor elektronica bestaat er een (vrijwillig) Refurbished keurmerk.¹¹² Elektronica die is voorzien van dit keurmerk hebben bijvoorbeeld 2 jaar garantie.

Circulair inkopen

Circulair Inkopen is meer dan circulair aanbesteden en gunnen. Daarom wordt er ingezet op een systematische verankering van circulariteit in de volledige inkoopcyclus: van ambitiebepaling en ontwerpkeuzes, tot contractmanagement, beheer en onderhoud en afdanking ten behoeve van hergebruik en recycling. Dit vraagt om interne en externe ketensamenwerking, met aandacht voor de vier circulariteitsstrategieën en verankering van circulariteit in de inkoopcyclus, ook getoond in **Figuur A.2**.

¹⁰⁷ [Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat \(z.d.\). Instrumenten voor sturing | Circulair Materialenplan.](#)

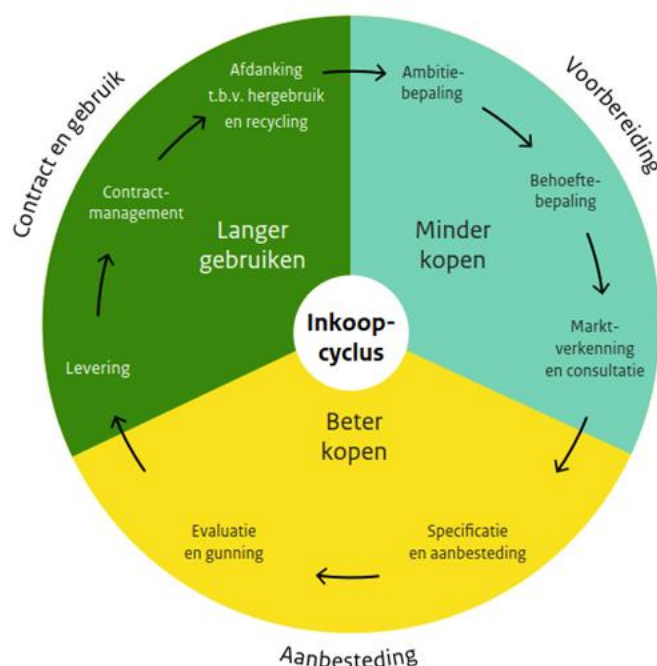
¹⁰⁸ [Overheid.nl \(2026\). Aanbestedingswet 2012.](#)

¹⁰⁹ [Overheid.nl \(2024\). Wet uitvoering markttoezichtverordening.](#)

¹¹⁰ [Overheid.nl \(2025\). Invoering afgifteplicht afgedankte elektrische en elektronische apparatuur \(AEEA\).](#)

¹¹¹ [Nationaal Reparateursregister \(z.d.\)](#)

¹¹² [Keurmerk-refurbished.nl z.d.\). Zorgeloos refurbished.](#)



Figuur A.2: Verankering van circulariteit in de inkoopcyclus¹¹³

Inkoop van ICT-producten vanuit het perspectief van levensduurverlenging (w.o. onderhoud en reparatie, refurbished en remanufactured) door de gezamenlijke overheden, leidt tot een grote vraagstimulus in de markt voor reparatie en opwaardering van reeds in omloop zijnde elektronica. Hiermee kan deze markt groeien en concurreren met nieuwe elektronica. Via het traject Krachtenbundeling Rijk-Regio voor de Circulaire Economie zullen Nederlandse overheden samen optrekken om circulair inkopen een impuls te geven en de voorbeeldrol van de overheid te verstevigen (launching customer). Op dit moment zet de rijksoverheid reeds in op maatschappelijk verantwoord opdrachtgeven en inkopen via het categorieplan voor ICT. Voor de verduurzaming van de mondiale ICT-ketens via inkoop, heeft Nederland in 2021 het internationale Circular and Fair ICT (CFIT) Pact gelanceerd¹¹⁴ waar ook de Nederlands-Vlaamse Buyer-group ICT aan is gekoppeld. Sinds de oprichting blijft het aantal deelnemers, inmiddels 15 landen, groeien. CFIT ontwikkelt onder meer gidsen en specifieke aanbevelingen voor levensduurverlenging, deelt casestudies aan de hand van best practices met inkopende organisaties en werkt aan CFIT Recommendations ten behoeve van harmonisatie van de vraag aan de markt.

Nederland wil bij de aanstaande herziening van de EU-aanbestedingsrichtlijnen circulair inkopen meer ruimte geven. Aandachtspunt daarbij is dat de richtlijnen hiervoor coherent zijn met andere sectorale EU-wet- en regelgeving en de Circular Economy Act.

¹¹³ [Rijksoverheid \(2025\). Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030.](#)

¹¹⁴ [Circular and Fair Impact \(n.d.\). CFIT programme.](#)

Initiatieven rondom de duurzame inkoop van elektronica:

- › Een categorieplan (bijv. het Categorieplan ICT Werkomgeving Rijk) definieert voor een bepaalde inkoopcategorie wat de inkoopstrategie is, welke duurzaamheidsdoelen gelden en hoe aanbestedingen en contractmanagement ingericht zijn.
- › De MVI-criteria tool van PIANOo biedt een database met concrete criteria voor maatschappelijk verantwoord inkopen (MVI). Deze criteria zijn vormgegeven voor verschillende diverse productgroepen, zoals elektronica en ICT.
- › PIANOo is het expertisecentrum voor aanbesteden binnen de Nederlandse overheid. Het coördineert het inkoopbeleid, ontwikkelt categorie-, inkoop- en MVI-instrumenten, en begeleidt aanbestedende diensten bij duurzaam en verantwoord inkopen.
- › CFIT is een internationaal inkoop-gestuurd partnerschap voor de ICT-sector, opgezet om circulariteit en duurzaamheid te bevorderen. Het is een initiatief van (o.a.) de Nederlandse overheid, in samenwerking met andere landen en (regionale) koplopers.

Nationaal plan Maatschappelijk Verantwoord Inkopen 2021-2025

In 2026 zal het Nationaal plan Maatschappelijk Verantwoord Inkopen (MVI)¹¹⁵ worden hernieuwd en vanaf dan Agenda Maatschappelijk Verantwoord Opdrachtgeven en Inkopen (MVOI) gaan heten waaraan een uitvoeringsplan wordt gekoppeld. Daarbij wordt de actielijn 'sectorale aanpak' versterkt, met aansluiting bij de prioritaire productgroepen van het NPCE, om de transitie naar een circulaire economie via de inkoopkracht van de overheid verder te versnellen.

MVOI is een effectief instrument om de CO₂-uitstoot, milieu-impact en het grondstoffengebruik te helpen reduceren, om een inclusieve arbeidsmarkt te realiseren en om misstanden voor mens en milieu aan te pakken in internationale ketens. Gemeenten, provincies, waterschappen en het Rijk hebben samen een inkoopkracht van ruim €116 miljard per jaar (referentiejaar 2023). De ambities voor inkoop zijn stevig verankerd in het Klimaatakkoord, in het NPCE en in de inkoopstrategie van de Rijksoverheid en in die van veel andere overheden. Het doel van MVOI is om de inkoopkracht van alle overheden (en andere inkoopende partijen) zoveel mogelijk in te zetten voor het realiseren van onze maatschappelijke doelen in het fysieke en het sociale domein. Onder maatschappelijke doelen wordt o.a. verstaan het stimuleren van een circulaire economie.

Het MVOI-beleid als geheel heeft weliswaar geen wettelijk afdwingbare basis, maar is bij brede adoptie een zeer krachtig instrument om een circulaire economie te stimuleren. Daarbij is MVOI vaak aanleiding tot het initiëren van buyer groups, deze zijn onderverdeeld in clusters en productgroepen (w.o. ICT) die aansluiten op de clustering van de [MVI-criteriatool](#). Hoofddoel van een buyer group is het versnellen van de transitie naar duurzaam en circulair inkopen door krachten te bundelen.

¹¹⁵ [Rijksoverheid \(2021\). Opdrachtgeven met ambitie, inkopen met impact Nationaal plan Maatschappelijk Verantwoord Inkopen 2021-2025.](#)

Bijlage B

Modelmethodologie

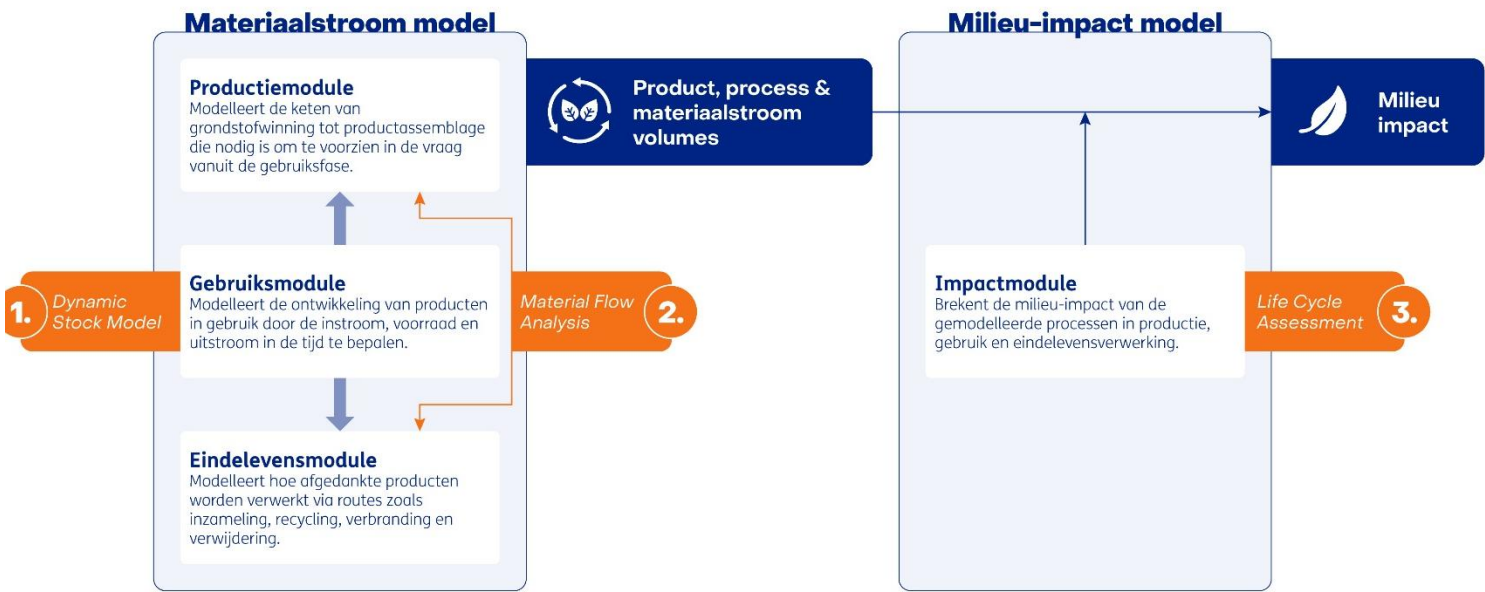
Voor het in kaart brengen van de materiaalstromen in de productgroep en milieu-impact is er gebruik gemaakt van een model-raamwerk dat bestaat uit drie methodes; *Dynamic Stock Modelling* (DSM) [Dynamische voorraadmodellering], *Material Flow Analysis* (MFA) [Materiaalstroom analyse] en *Life Cycle Assessment* (LCA) [levenscyclusanalyse]. DSM en MFA vormen samen de kern van de analyse. Met DSM wordt de ontwikkeling van productvoorraden en bijbehorende in- en uitstromen in de tijd gemodelleerd. MFA bouwt hierop voort door deze productstromen te vertalen naar materiaalstromen over de verschillende levensfasen van producten. De resultaten van het materiaalstroommodel vormen vervolgens de input voor de LCA, waarmee de milieu-impact van materiaalgebruik en -verwerking wordt gekwantificeerd. **Figuur B.1** geeft schematisch het overzicht van het materiaalstroommodel weer en hoe dit zich verhoudt tot het milieu-impact model.

De productgroepanalyse (inclusief scenario's en modelresultaten) is uitgevoerd vanuit bestaande data(verzamelingen). Binnen het project zijn geen aparte meetsystemen of nieuwe dataverzamelingen opgezet wanneer gegevens ontbraken. De PGA heeft hierin gebruik gemaakt van beoordeling door experts.

In dit hoofdstuk worden het materiaalstroommodel en het milieu-impactmodel afzonderlijk beschreven. Per model wordt eerst de algemene werking toegelicht, gevolgd door:

- › de gehanteerde uitgangspunten en aannames;
- › de berekeningswijze voor de historische situatie;
- › de invulling van het business-as-usual (BAU) scenario (toekomstscenario);
- › en de wijze waarop de circulaire oplossingsruimte (toekomstscenario) is verkend.

Deze opbouw maakt transparant hoe keuzes en aannames doorwerken in de uitkomsten en ondersteunt een consistente vergelijking tussen scenario's.



Figuur B.1: Overzicht materiaalstroom model en milieu-impact model.

B.1 Materiaalstroom model

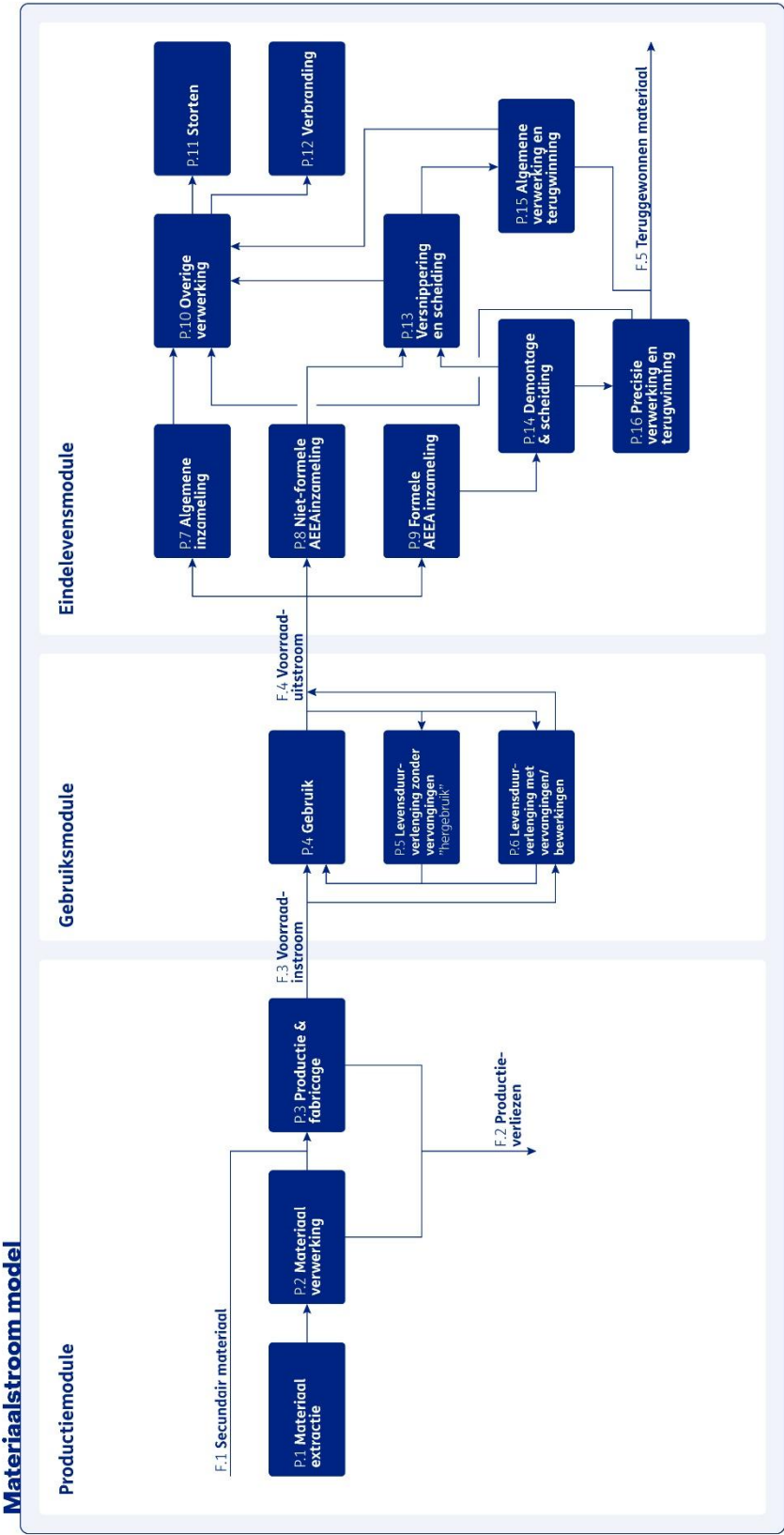
B.1.1 Algemeen

Het materiaalstroommodel beschrijft de beweging van producten en bijbehorende materialen door de verschillende levensfasen binnen het systeem, zie **Hoofdstuk Aanleiding & doel** voor de afbakening van het geanalyseerde systeem. Het model is opgebouwd uit drie modules; productie, gebruik, en einde-levensverwerking. Deze drie modules zijn aan elkaar gekoppeld en vormen samen één samenhangend materiaalstroomnetwerk, zie ook **Figuur B.2**. De gebruiksmodule vormt het startpunt van het model, omdat de vraag naar producten in gebruik bepalend is voor zowel de benodigde productie als de hoeveelheid producten die uiteindelijk uitstromen aan het einde van de levensduur.

Op basis van het DSM wordt in de gebruiksmodule de jaarlijkse instroom van producten in gebruik, de omvang van de voorraad, en de uitstroom van afgedankte producten in de tijd bepaald. Deze productstromen vormen vervolgens het uitgangspunt voor zowel de productie- als de eindelevensmodule, zie ook **Figuur B.2**. De productiemodule beschrijft de keten die nodig is om aan de vraag vanuit de gebruiksfase te voldoen. Dit omvat de winning van grondstoffen, de verwerking tot materialen, de fabricage van componenten en de assemblage van eindproducten. Door deze stappen expliciet te modelleren kan worden berekend hoeveel primaire en secundaire materialen nodig zijn en welke verliezen optreden tijdens productieprocessen. De eindelevensmodule beschrijft de verwerking van producten die uit de gebruiksfase uitstromen. Hierbij worden verschillende routes gemodelleerd, zoals inzameling, demontage, recycling en verbranding. De teruggewonnen materialen uit recycling vormen potentiële secundaire materiaalstromen, die beschikbaar zijn voor hergebruik in productieprocessen.

In het model worden de stromen van secundair materiaal en teruggewonnen materialen na recycling expliciet zichtbaar gemaakt, zonder te veronderstellen dat gerecyclede materialen direct en volledig terugvloeien naar dezelfde productieketen. Daarmee blijft het model een goede reflectie van de realiteit aangezien er een grote onzekerheid is met betrekking tot de kwaliteit, locatie of toepasbaarheid van secundaire materialen binnen dezelfde productgroep.

Figuur B.2 geeft een schematisch overzicht van het materiaalstroommodel. Daarbij zijn de gemodelleerde processen (P) en voornaamste stromen (F) beschreven.



Figuur B.2: Schematisch overzicht materiaalstroommodel.

B.1.1.1 Gebruiksmodule- algemeen

De gebruiksmodule beschrijft de ontwikkeling van producten in gebruik en vormt daarmee het centrale schakelpunt van het materiaalstroommodel. Op basis van deze module worden zowel de vraag naar nieuwe producten (instroom) als de hoeveelheid afgedankte producten (uitstroom) in de tijd bepaald. Deze uitkomsten vormen het directe uitgangspunt voor de productie- en de eindelevensmodule. De kern van de gebruiksmodule wordt gevormd door het DSM, waarmee de relatie tussen instroom, voorraad en uitstroom van producten wordt gemodelleerd. Er zijn twee typen DSMs:

- › Een instroom-gedreven DSM neemt de jaarlijkse instroom van producten als uitgangspunt en berekent op basis van levensduurverdelingen hoe de voorraad zich opbouwt en wanneer producten uitstromen.
- › Een voorraad-gedreven DSM vertrekt vanuit de gewenste of waargenomen voorraad en berekent hoeveel instroom nodig is om die voorraad in stand te houden, gegeven de uitstroom door veroudering en einde levensduur.

Afhankelijk van de beschikbare data en het doel van de analyse kan het DSM zowel instroom-gedreven als voorraad-gedreven worden toegepast. Voor de uitgevoerde analyse verschilt per situatie welk type DSM is toegepast, dit is hieronder toegelicht.

Historische situatie

Voor de historische periode is de gebruiksmodule gemodelleerd met een instroom-gedreven DSM. Daarbij vormt het jaarlijks aantal producten dat op de markt is gebracht het uitgangspunt. Op basis van deze instroom en de toegepaste levensduurverdelingen wordt berekend:

- › hoeveel producten zich in een bepaald jaar in gebruik bevinden;
- › hoe de leeftijdsopbouw van de voorraad eruit ziet;
- › en wanneer producten uit gebruik uitstromen.

Deze aanpak maakt het mogelijk om de huidige voorraad aan producten te reconstrueren, inclusief samenstelling en gebruiksleeftijd. De gereconstrueerde voorraad vormt een essentiële basis voor de verdere analyse en fungeert als startpunt voor de toekomstscenario's.

Toekomstscenario's

Voor de toekomstscenario's (business-as-usual (BAU) en circulaire oplossingsruimte) is de gebruiksmodule gemodelleerd met een voorraad-gedreven DSM, waarbij de toekomstige vraag naar producten in gebruik het uitgangspunt vormt. De uitgangspositie voor deze scenario's is de voorraad zoals vastgesteld in het historische model, inclusief de leeftijdsopbouw van producten. De keuze voor een voorraad-gedreven benadering in de toekomst maakt het mogelijk om structurele veranderingen te modelleren, zoals:

- › marktverzadiging van bepaalde technologieën;
- › veranderingen in de vraag naar producten;
- › levensduurverlenging door reparatie en hergebruik;
- › en afbouw of uitfasering van productcategorieën richting 2050.

In deze benadering wordt de benodigde jaarlijkse instroom afgeleid uit de gewenste voorraad en de verwachte uitstroom, in plaats van andersom. Hierdoor is het model beter in staat om scenario-gedreven veranderingen te vertalen naar product- en materiaalstromen. Voor enkele producten in het toekomstscenario is gekozen voor een instroom-gedreven DSM, dit is voor de producten welke zijn geclassificeerd als verouderd. Hiervoor wordt verwacht dat de vraag over tijd geleidelijk afneemt.

Levensduurmodellering

Voor de DSM is voor alle productcategorieën de levensduur gemodelleerd met behulp van een Weibull-verdeling. Deze verdeling maakt het mogelijk om zowel de gemiddelde levensduur als de spreiding in afdankmomenten binnen een productcategorie te beschrijven. De

schaalparameter van de Weibulldistributie is gebaseerd op de gemiddelde levensduur van producten, terwijl de vormparameter de mate van vroegtijdige en uitgestelde afdanking bepaalt. Door het gebruik van levensduurverdelingen in plaats van vaste levensduren ontstaat een realistischere tijdsverdeling van uitstromen, wat met name van belang is voor het analyseren van toekomstige materiaalstromen en recyclingpotentieel. Deze aanpak wordt ook gebruikt in de huidige monitoring van AEEA.

Levensduurverlenging door reparatie en hergebruik

Levensduurverlenging tijdens de gebruiksfase is in de gebruiksmodule meegenomen via reparatie en hergebruik. Deze strategieën zijn gemodelleerd als een verlenging van de gebruiksduur van een deel van de producten die anders in dat jaar zouden uitstromen. Om het model beheersbaar en transparant te houden, is aangenomen dat producten maximaal één keer een levensduurverlengende interventie ondergaan. Reparatie en hergebruik worden daarom gemodelleerd als een verschuiving van het uitstroommoment, niet als een aparte gebruiksfase met een eigen dynamiek. De resulterende stroom representeert het aandeel producten dat langer in gebruik blijft dan op basis van de oorspronkelijke levensduur zou worden verwacht.

Voor gerepareerde en hergebruikte producten is aangenomen dat de vormparameter van de levensduurverdeling gelijk blijft aan die van nieuwe producten. De verlenging wordt vastgelegd als een vaste additionele levensduur. Het onderscheid tussen reparatie en hergebruik ligt in de materiaalinput: bij reparatie is extra materiaal benodigd om de levensduurverlenging te realiseren, terwijl bij hergebruik wordt aangenomen dat geen of slechts een verwaarloosbare hoeveelheid extra materiaal nodig is. Voor elke productcategorie zijn hiervoor vaste aannames opgesteld, zie paragraaf B.1.3.2.

B.1.1.2 Productiemodule - algemeen

De productiemodule beschrijft de materiaalstromen die nodig zijn om te voldoen aan de instroom van producten in de gebruiksfase. De jaarlijkse instroom naar de gebruiksvoorraad, zoals berekend in de gebruiksmodule, vormt daarmee het directe uitgangspunt voor dit onderdeel van het model. De productiemodule omvat de volledige keten van grondstofwinning, materiaalverwerking, componentfabricage, en assemblage van eindproducten. Door deze keten te modelleren kan worden bepaald hoeveel primaire en secundaire materialen nodig zijn om de productvraag te dekken, en waar in de keten materiaalverliezen optreden.

Modellering van productieprocessen

De productieketen is gemodelleerd aan de hand van verdelingscoëfficiënten ("transfer coefficients"). Deze coëfficiënten geven per processtap aan welk deel van de materiaalstroom wordt doorgegeven aan de volgende stap en welk deel verloren gaat als productieverlies, procesafval of bijproduct. Hierdoor kan het model de benodigde materiaalinput per stap berekenen en de verliezen over de productieketen inzichtelijk maken.

Sub-producten

Binnen de productiemodule wordt per productcategorie onderscheid gemaakt tussen sub-producten. Dit betreft de beschrijving van sub-producten voor deelgebruik. Op deze manier is het mogelijk om de verminderde instroom door deelgebruik mee te nemen, en verschillen met betrekking tot de levensduur ten opzichte van de niet-deelgebruik variant mee te nemen. De verdeling van sub-producten binnen de jaarlijkse instroom wordt bepaald via een splitsing tussen niet-deelgebruik en deelgebruik varianten. Deze splitsing beschrijft hoe het relatieve aandeel van de verschillende varianten zich in de tijd ontwikkelt. Hiermee kan het model veranderingen van verhoogd deelgebruik meenemen in de materiaalstroomanalyse.

Materiaalintensiteiten

Een centraal onderdeel van de productiemodule is het bepalen van de materiaalintensiteiten van producten (en sub-producten). Deze intensiteiten beschrijven de opbouw van een product op drie hiërarchische niveaus, ook te zien in **Figuur B.3**:

1. *Componentniveau*

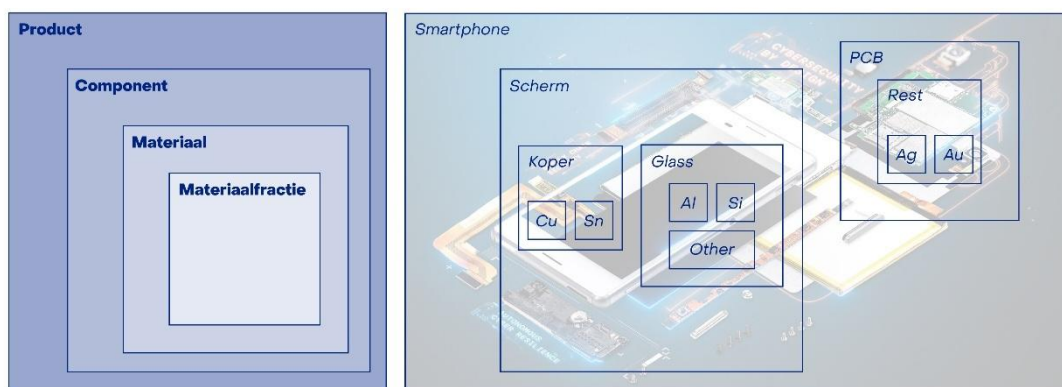
Hierbij worden brede, representatieve componentgroepen onderscheiden (zoals behuizing, structurele dragers, functionele modules). Het gaat nadrukkelijk om generieke groepen, niet om elk individueel onderdeel.

2. *Materiaalniveau*

Voor elke component wordt bepaald welke materiaalcategorieën aanwezig zijn, zoals: aluminium en aluminiumlegeringen, koper en koperlegeringen, ferrometalen, kunststoffen en overige materialen.

3. *Materiaalfractie-niveau (gespecificeerde samenstelling)*

Binnen de materiaalcategorieën wordt een nadere specificatie gemaakt die relevant is voor materiaalgebruik en circulariteit. Voor metalen betreft dit de legeringssamenstelling (bijv. percentage Al, Fe, Mg, Si voor aluminiumlegeringen).



Figuur B.3: Overzicht opbouw materiaalintensiteiten inclusief het voorbeeld van een smartphone

Deze driedeling maakt het mogelijk om in het model zowel op productniveau als op materiaal- en samenstellingsniveau nauwkeurige materiaalvraag, massa-balansen en afhankelijkheden van grondstoffen te berekenen. De materiaalintensiteiten worden gekoppeld aan de berekende instroom vanuit de gebruiksfase. Op basis hiervan bepaalt het model hoeveel materialen en componenten geproduceerd moeten worden om aan de productvraag te voldoen. Via de transfercoëfficiënten worden deze materiaalstromen door de productieketen geleid, inclusief verliezen in elke stap. De productiemodule levert daarmee twee essentiële uitkomsten:

- › de totale materiaalvraag aan de productiekant, uitgesplitst naar materiaalcategorie;
- › en de hoeveelheid productieafval die vrijkomt tijdens winning, verwerking en assemblage.

B.1.1.3 Eindelevensmodule - algemeen

De eindelevensmodule beschrijft de verwerking van producten en materialen die uit de gebruiksfase uitstromen. De jaarlijkse product- en materiaaluitstroom, zoals berekend in de gebruiksmodule, vormt het uitgangspunt voor dit onderdeel van het materiaalstroommodel. In de eindelevensmodule wordt gemodelleerd via welke verwerkingsstappen afgedankte producten zich door het systeem bewegen en welk deel van de materialen uiteindelijk beschikbaar komt als secundaire grondstof. De modellering is generiek opgezet en toepasbaar op alle productcategorieën binnen de analyse.

Net als in de productiemodule wordt gebruikgemaakt van transfercoëfficiënten. Deze coëfficiënten beschrijven welk aandeel van de uitstromende producten of materialen naar een specifieke vervolgstap gaat en welk deel als verlies wordt beschouwd. Op deze manier ontstaan consistente, sluitende materiaalbalansen over de volledige eindelevensverwerking.

De eindelevensmodule bestaat uit de volgende opeenvolgende stappen:

- 1. inzameling;
- A.1 scheiding door demontage;
- A.2 scheiding na mechanische verwerking (versnippering);
- A.3 recycling en overige verwerkingsroutes.

De invulling van deze stappen (bijvoorbeeld de hoogte van inzamelings- of scheidingspercentages) is product- en materiaalspecifiek en wordt verder beschreven in paragraaf B.1.6.

B.1.2 Productcategorieën

Voor het opstellen van het historisch scenario is eerst vastgesteld welke productcategorieën onderdeel vormen van de analyse. Deze classificatie bepaalt op welk detailniveau de instroom van producten is gemodelleerd. Deze monitoring vindt plaats op basis van de UNU-productclassificatie (UNU-keys), die zijn gedefinieerd op basis van overeenkomsten in gewicht, materiaalopbouw en levensduur van producten. Dit is in lijn met de productclassificatie van de reguliere monitoring van afval van elektrische en elektronische apparatuur (AEEA). **Tabel B.1** geeft een overzicht van de geanalyseerde productcategorieën. Zoals toegelicht in **Hoofdstuk Aanleiding & doel** betreft dit een gereduceerde scope aan producten ten opzichte van de nationale AEEA-monitoring.

Tabel B.1: Overzicht geanalyseerde productcategorieën

#Cat EU6	UNU-key	Categoriennaam	UNU-key label
1. Warmte- of koude-uitwisselende apparatuur	0108	Koelkasten	Fridges (incl. combi-fridges)
	0109	Vriezers	Freezers
2. Schermen en monitoren	0309	Flatscreenmonitoren	Flat Display Panel Monitors (LCD, LED)
	0408	Flatscreen televisies	Flat Display Panel TVs (LCD, LED, Plasma)
3. Lampen	0501	Kleine verlichtingsapparatuur	Small lighting equipment (excl. LED & incandescent)
	0503	TL-buizen	Straight Tube Fluorescent Lamps
	0504	Speciale lampen	Special Lamps (e.g. professional mercury, high & low pressure sodium)
	0505	LED-lampen	LED Lamps (incl. retrofit LED lamps)
4. Grote apparatuur	0102	Vaatwassers	Dish washers
	0103	Keukenapparatuur	Kitchen equipment (e.g. large furnaces, ovens, cooking equipment)
	0104	Wasmachines	Washing Machines (incl. combined dryers)
	0105	Wasdrogers	Dryers (wash dryers, centrifuges)
	0307	Professionele IT-apparatuur	Professional IT equipment (e.g. servers, routers, data storage, copiers)
	0602	Professioneel gereedschap	Professional Tools (e.g. for welding, soldering, milling)
	0703	Vrijetijdsapparatuur	Leisure equipment (e.g. sports equipment, electric bikes, juke boxes)
5. Kleine apparatuur	0114	Magnetrons	Microwaves (incl. combined, excl. grills)
	0201	Overige kleine huishoudelijke apparatuur	Other small household equipment (e.g. small ventilators, irons, clocks, adapters)
	0202	Apparatuur voor voedselbereiding	Equipment for food preparation (e.g. toaster, grills, food processing, frying pans)

	0203	Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding	Small household equipment for hot water preparation (e.g. coffee, tea, water cookers)
	0204	Stofzuigers	Vacuum Cleaners (excl. professional)
	0205	Apparatuur voor persoonlijke verzorging	Personal Care equipment (e.g. tooth brushes, hair dryers, razors)
	0401	Kleine consumentenelektronica	Small Consumer Electronics (e.g. headphones, remote controls)
	0402	Draagbare audio- en videoapparatuur	Portable Audio & Video (e.g. MP3, e-readers, car navigation)
	0403	Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	Music Instruments, Radio, Hi-Fi (incl. audio sets)
	0404	Videoapparatuur en projectoren	Video (e.g. Video recorders, DVD, Blue Ray, set-top boxes) and projectors
	0405	Luidsprekers	Speakers
	0506	Huishoudelijke armaturen	Household Luminaires (incl. household incandescent fittings & household LED luminaires)
	0507	Professionele armaturen	Professional Luminaires (offices, public space, industry)
	0601	Huishoudelijk gereedschap	Household Tools (e.g. drills, saws, high pressure cleaners, lawn mowers)
	0701	Speelgoed	Toys (e.g. car racing sets, electric trains, music toys, biking computers, drones)
6. Kleine IT- en telecommunicatie apparatuur	0301	Kleine IT-apparatuur	Small IT equipment (e.g. routers, mice, keyboards, external drives & accessories)
	0302	Desktop-PCs	Desktop PCs (excl. monitors, accessoires)
	0304	Printers	Printers (e.g. scanners, multi functionals, faxes)
	0305	Telecommunicatieapparatuur	Telecommunication equipment (e.g. (cordless) phones, answering machines)
	0306	Mobiele telefoons	Mobile Phones (incl. smartphones, pagers)
	0702	Game Consoles	Game Consoles

B.1.3 Gebruiksmodule

B.1.3.1 Productinstroom / vraag

B.1.3.1.1 Historisch

De basis voor de gebruiksmodule wordt gevormd door de productinstroom in de historische periode. De historische instroom is gemodelleerd tot en met 2023, aangezien voor latere jaren geen volledige en consistente gegevens beschikbaar zijn. Voor de gegevens van de producteninstroom ("Put-on-Market") is gebruik gemaakt van de massa-instroom op basis van de data voor het monitoren van de WEEE-directive¹¹⁶ voor Nederland. Het aantal producten dat instroomt is bepaald op basis van de massa per product voor de specifieke productcategorieën volgens het CBS.¹¹⁷ Deze gegevens zijn ook onderliggend aan de "WEEE generated calculation tool", waaruit de massa aan productstromen zijn achterhaald.

B.1.3.1.2 Toekomstscenario

Voor de toekomstscenario's (BaU en circulaire oplossingsruimte) is het startpunt voor alle toekomstscenario's de productvoorraad in het laatste historische jaar, inclusief de samenstelling en leeftijdsopbouw van deze voorraad zoals berekend in de historische analyse. De toekomstscenario's zijn gemodelleerd met behulp van een voorraad-gedreven DSM, zodat veranderingen in productlevensduur kunnen worden meegenomen. De ontwikkeling van de gevraagde voorraad is bepaald op basis van de verwachte bruto binnenlands product (BBP) ontwikkeling van Nederland,¹¹⁸ specifiek volgens het SSP2-scenario. Daarbij is rekening gehouden met verzadiging van de markt, oftewel er is een maximaal aantal producten per persoon vastgesteld, zie

In het geval verwachting volgens de ontwikkeling van het BBP de marktverzadiging overstijgt, is de verzadigingswaarde het uitgangspunt. De ontwikkeling van het aantal inwoners in Nederland is ook op basis van het SSP2-scenario. Dit scenario gaat uit van een gematigde bevolkingsgroei, gestage economische ontwikkeling en technologische vooruitgang. De verzadigings-waarde in product per persoon is overgenomen van de gegevens van het Futuram-project.¹¹⁹ Correcties zijn gemaakt op basis van de Nederland specifieke situatie in het geval de huidige voorraad de door Futuram beschreven verzadigings-waarde oversteeg, zie **Tabel B.4**.

Voor producten die door veroudering overbodig worden, is wel een instroom-gedreven voorraadmodellering toegepast voor het toekomstscenario. In dat geval is de huidige instroom het uitgangspunt en wordt de instroom van deze producten lineair afgebouwd. **Tabel B.2** geeft het percentage weer dat er nog instroomt in 2050 ten opzichte van 2023 voor producten die verouderen.

¹¹⁶ [European Commission \(z.d.\). Implementation of the WEEE Directive.](#)

¹¹⁷ Github (z.d.). Statistics-Netherlands / ewaste. [GitHub - Statistics-Netherlands/ewaste: E-waste calculations for the European Union · GitHub](#)

¹¹⁸ SSP Scenario Explorer (2024). <https://data.ece.iiasa.ac.at/ssp/#/workspaces/200>

¹¹⁹ [FutuRaM \(2025\). D4.1 Future Trends of Secondary Raw Materials and Critical Raw Materials – FutuRaM.](#)

Tabel B.2: Overzicht veroudering en verzadiging productcategorieën op basis van het Futuram-project¹²⁰

*Gecorrigeerd aangezien huidige Nederlandse voorraad hoger is. Correctie op basis van vaste factor, 20% hoger dan huidige Nederlandse voorraad. Indien er geen getal is aangegeven is er aangenomen dat er geen veroudering of verzadiging effect optreedt voor de categorie.

#Cat EU6	UNU-key	Categorieën naam	Veroudering (in % in 2050 t.o.v. 2023)	Verzadiging (in # product/ persoon)
1	0108	Koelkasten		1*
	0109	Vriezers		0.5*
2	0309	Flatscreenmonitoren		0.8*
	0408	Flatscreen televisies		1
3	0501	Kleine verlichtingsapparatuur		
	0503	TL-buizen	50%	
	0504	Speciale lampen*		1.2
	0505	LED-lampen		
4	0102	Vaatwassers		0.4
	0103	Keukenapparatuur		0.6
	0104	Wasmachines		0.5
	0105	Wasdrogers		0.2
	0307	Professionele IT-apparatuur		0.1*
	0602	Professioneel gereedschap		0.2*
	0703	Vrijtijdsapparatuur		
5	0114	Magnetrons		0.4
	0201	Overige kleine huishoudelijke apparatuur		4
	0202	Apparatuur voor voedselbereiding		3
	0203	Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding		1.25
	0204	Stofzuigers		1*
	0205	Apparatuur voor persoonlijke verzorging		5*
	0401	Kleine consumenten-elektronica		8*
	0402	Draagbare audio- en videoapparatuur	0%	
	0403	Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	20%	
	0404	Videoapparatuur en projectoren	10%	

¹²⁰ [Futuram \(2025\). D4.1 Future Trends of Secondary Raw Materials and Critical Raw Materials - FutuRaM.](#)

	0405	Luidsprekers		2.5*
	0506	Huishoudelijke armaturen		60
	0507	Professionele armaturen		6
	0601	Huishoudelijk gereedschap*		6
	0701	Speelgoed		10
6	0301	Kleine IT-apparatuur		5*
	0302	Desktop-PCs	10%	
	0304	Printers		0.8*
	0305	Telecommunicatieapparatuur	0%	
	0306	Mobiele telefoons		3*
	0702	Game Consoles		2*

B.1.3.2 Levensduur en levensduurverlenging

Binnen de gebruiksmodule speelt de levensduur van producten een centrale rol bij het bepalen van de uitstroom uit de gebruiksfase. Voor alle productcategorieën is de levensduur gemodelleerd met behulp van een Weibull-verdeling, waarmee zowel de gemiddelde levensduur als de spreiding in afdankmomenten kan worden beschreven. De schaalparameter en de vormparameter van de Weibull-verdeling zijn op basis van beschikbare literatuur van UNITAR,¹²¹ gebaseerd op de corresponderende UNU-keys voor de betreffende productcategorieën. De Weibull-verdeling volgens UNITAR is inclusief reparatie en hergebruik. Voor de analyse is het effect van deze activiteit afzonderlijk geanalyseerd, hiervoor is de bestaande schaalparameter gecorrigeerd met de additionele levensduur die wordt toegeschreven aan reparatie en hergebruik, zie **Tabel B.3**. Over het totaal gezien blijft de gemiddelde levensduur van een productcategorie gelijk aan de referentiewaarde van UNITAR.

Naast de reguliere levensduur is in de gebruiksmodule ook levensduurverlenging tijdens gebruik meegenomen, in de vorm van levensduurverlenging zonder vervangingen. Bewerkingen (hergebruik) en levensduurverlenging met vervangingen/bewerkingen (reparatie, refurbishment, etc.). Deze levensduurverlengende strategieën zijn gemodelleerd als onderdeel van het DSM en beïnvloeden rechtstreeks de timing van productuitstroom. Het aandeel producten waarvoor reparatie of hergebruik wordt toegepast is ingeschat op basis van AI-gebaseerde analyse, waarbij representatieve bronnen over reparatie- en hergebruikpraktijken zijn gevoed voor specifieke producten, bijvoorbeeld voor wasmachines, drogers¹²² en mobiele telefoons¹²³. Op basis van productkarakteristieken en gebruikspatronen is bepaald wat de huidige mate van toepassing is voor alle productcategorieën. Dit is ook gedaan voor de mate waarin de levensduur wordt verlengd door deze activiteiten. Deze waarden vormen zowel het uitgangspunt voor de historische situatie als voor het business-as-usual scenario. Bij het bepalen van deze aandelen is rekening gehouden met het feit dat niet alle producten uitstromen vanwege technische gebreken. Een deel van de uitstroom vindt plaats als gevolg van bijvoorbeeld veroudering. Dit begrenst het maximale aandeel van producten waarvoor levensduurverlenging realistisch toepasbaar is, wat ook is meegenomen bij het verkennen van de circulaire oplossingsruimte, zie B.1.6.1.3.

Ook is in de gebruiksmodule het aandeel aan producten met deelgebruik gespecificeerd. Deelgebruik heeft een direct effect op de vraag naar producten. Deze verandering in de vraag is gespecificeerd aan de hand van de vervangingsfactor. Deze beschrijft het aandeel niet-deelgebruik producten dat wordt vervangen door één deelgebruik product. Het effect van deze verandering van vraag heeft effect op de toekomstige productvraag. Daarnaast is een alternatieve levensduur parameter voor deze producten vastgesteld.

De gehanteerde levensduurparameters en aannames over levensduurverlenging en deelgebruik zijn per productcategorie samengevat in **Tabel B.3** en vormen de input voor de berekening van het jaar waarin producten uitstromen. Voor levensduurverlengende activiteiten wordt het aantal jaar levensduurverlenging beschreven aan de hand van het referentiejaar 2023. Indien producten in het algemeen een langere levensduur krijgen, zal het effect van hergebruik en reparatie naar dezelfde verhouding worden aangepast.

¹²¹ [Forti V., Baldé C.P., Kuehr R. \(2018\). E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators, second edition. United Nations University, ViE – SCYCLE, Bonn, Germany.](#)

¹²² [European Union \(2017\). Ecodesign and energy label for household washing machines and washer dryers - Publications Office of the EU.](#)

¹²³ [European Union \(2021\). Ecodesign preparatory study on mobile phones, smartphones and tablets - Publications Office of the EU.](#)

Tabel B.3: Overzicht levensduurgegevens en gegevens levensduurverlengende activiteiten en deelgebruik.

Categoriennaam	Gemiddelde levensduur (in jaar) ¹²⁴ (inclusief hergebruik en reparatie)	Levensduur vormparameter ¹³²	Additionele levensduur reparatie (in jaar)	Aandeel reparatie	Additionele levensduur hergebruik (in jaar)	Aandeel hergebruik	Aandeel deelgebruik	Vervangingsfactor deelgebruik	Levensduur % t.o.v. normaal
Koelkasten	14.5	2.2	5.8	16%	8.7	3%	1	1.3	1.05
Vriezers	21.5	2.73	8.6	13%	12.9	3%	1	1.3	1.05
Flatscreenmonitoren	6.5	2.33	2.6	5%	3.6	10%	0.8	1.1	0.9
Flatscreen televisies	10.4	2.01	4.2	5%	6.2	8%	0	1	1
Kleine verlichtingsapparaatuur	7.9	1.42	3.6	2%	4.3	2%	0	1	1
TL-buizen	7.5	1.93	3.3	1%	4.8	1%	0	1	1
Speciale lampen	6.2	1.6	2.7	1%	3.9	1%	0	1	1
LED-lampen	10.0	1.42	4.5	1%	6.5	1%	0	1	1
Vaatwassers	12.7	1.63	5.7	23%	7.6	3%	1	1.3	1.1
Keukenapparatuur	16.0	2.46	7.2	18%	10.4	3%	0	1	1
Wasmachines	13.4	2.2	6.0	29%	8.0	4%	1	1.3	1.1
Wasdrogers	14.0	2.57	6.2	21%	8.3	3%	1	1.3	1.1
Professionele IT-apparatuur	7.1	1.45	3.1	19%	4.2	25%	25	1.5	1.15
Professioneel gereedschap	13.7	2.5	6.2	23%	8.2	10%	5	1.3	0.85
Vrijtijdsapparatuur	10.2	2.4	4.6	10%	6.1	6%	1	2.5	0.7
Magnetrons	12.5	1.9	5.6	7%	8.0	2%	0	1	1
Overige kleine huishoudelijke apparatuur	7.6	1.24	3.4	5%	4.6	2%	0	1	1
Apparatuur voor voedselbereiding	9.9	2.05	4.5	5%	5.9	2%	0	1	1
Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding	6.9	1.72	3.2	7%	4.2	2%	0	1	1

¹²⁴ Forti V., Baldé C.P., Kuehr R. (2018). E-waste Statistics: Guidelines on Classifications, Reporting and Indicators, second edition. United Nations University, ViE – SCYCLE, Bonn, Germany.

Stofzuigers	9.3	1.44	4.2	12%	5.6	3%	0	1	1
Apparatuur voor persoonlijke verzorging	9.9	1.26	4.5	4%	5.9	2%	0	1	1
Kleine consumentenelektronica	9.1	1.3	4.1	5%	5.5	5%	0	1	1
Draagbare audio- en videoapparatuur	9.1	0.79	4.1	5%	5.5	6%	0	1.1	1
Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	13.8	2.08	6.2	7%	8.2	6%	0.2	1.1	1
Videoapparatuur en projectoren	9.3	1.67	3.7	6%	5.6	3%	0.2	1.8	0.9
Luidsprekers	9.7	1.49	4.4	4%	5.8	4%	0	1.1	1
Huishoudelijke armaturen	14.7	2.34	5.9	5%	7.4	5%	0	1	1
Professionele armaturen	10.5	2	4.2	7%	5.3	6%	5	1.6	1.2
Huishoudelijk gereedschap	10.0	1.81	4.5	8%	6.0	5%	3	5	0.85
Speelgoed	4.1	1.42	1.8	2%	2.3	5%	0.2	1.1	1
Kleine IT-apparatuur	5.5	1.25	2.5	7%	2.7	10%	0.5	1.1	1
Desktop-PCs	8.0	1.57	3.6	13%	4.4	10%	1	1.2	0.9
Printers	8.8	1.67	4.0	6%	4.8	8%	20	1.4	1.15
Telecommunicatieapparatuur	6.7	1.24	3.0	8%	3.7	8%	0	1	1

De materiaalvervanging als gevolg van reparatie is in dit onderzoek gemodelleerd als een gemiddelde per reparatie, waarbij rekening wordt gehouden met zowel de variatie in type reparaties als de mate waarin componenten daadwerkelijk worden vervangen. Per productcategorie is een verdeling opgesteld van componenten die typisch betrokken zijn bij reparaties (bijv. elektronica, mechanische onderdelen, bekabeling en behuizing). Het uitgangspunt bij deze bepaling is de kans dat een component wordt vervangen, gegeven dat een reparatie plaatsvindt.

Daarnaast is expliciet rekening gehouden met het feit dat bij veel reparaties niet de volledige component wordt vervangen, maar slechts een deel daarvan. Daarom is een deelvervangingsfactor toegepast per component, die aangeeft welk aandeel van de componentmassa gemiddeld wordt vervangen wanneer deze component onderdeel is van een reparatie. De uiteindelijke materiaalvervanging per reparatie is berekend als de kans dat een component wordt vervangen, vermenigvuldigd met het aandeel van een component dat wordt vervangen.

Deze aanpak zorgt ervoor dat zowel volledige vervangingen (bijv. printplaten) als gedeeltelijke vervangingen (bijv. behuizingsdelen) worden meegenomen. Daarnaast worden verschillen

tussen productgroepen worden gereflecteerd (bijv. meer mechanische reparaties bij witgoed, meer elektronische bij ICT). De resultaten moeten worden geïnterpreteerd als een gemiddelde materiaalvraag per reparatie, en niet als een specifieke technische reparatiehandeling. Een algemeen overzicht is weergegeven in **Tabel B.4**.

Tabel B.4: Algemeen overzicht gemiddelde reparatie materiaalvervangning

Component	Gemiddelde aandeel in reparaties	Deelvervangingsfactor	Effectieve materiaalvervangning
Printplaat	~15–30%	~1.0	~15–30%
Drive	~25–45%	~0.7	~20–35%
Scherm	~15–35%	~0.85–0.9	~13–30%
Kabels	~5–15%	~0.8	~4–12%
Behuizing	~10–25%	~0.3	~3–8%
Magneten	~0–10%	~1.0	~0–10%

B.1.4 Productmodule

De productiecomponent beschrijft de materiaalstromen die samenhangen met de vervaardiging van producten die instromen in de gebruiksfase. De productinstroom per productcategorie, zoals bepaald in de gebruiksmodule, vormt het uitgangspunt voor de berekening van de materiaalvraag aan de productiekant. Aan de productiekant omvat de analyse de volledige keten van grondstofextractie, materiaalverwerking, componentfabricage en productassemblage. Door deze keten te modelleren kan worden bepaald hoeveel primaire en secundaire materialen nodig zijn om aan de productvraag te voldoen en waar in de keten materiaalverliezen optreden. De gemodelleerde stromen in de productiemodule zijn weergegeven in **Figuur B.2**.

Voor elke productcategorie zijn materiaalintensiteiten vastgesteld die beschrijven welke hoeveelheid materialen gemiddeld in een product aanwezig is. Deze materiaalintensiteiten vormen de basis voor het berekenen van de totale materiaalvraag. De massa per product voor de specifieke productcategorieën is gebaseerd op de gegevens van het CBS.¹²⁵ De materiaalintensiteiten zijn op basis van de gegevens van het Futuram-project.¹²⁶ Deze intensiteiten zijn beschikbaar per hoofdcategorie per jaar. Dit zorgt ervoor dat de materiaalintensiteit op productniveau minder productspecifiek is.

Voor elk materiaal is rekening gehouden met verliezen tijdens extractie, verwerking en productie. Niet alle ingezette materialen komen uiteindelijk in het eindproduct terecht; een deel gaat verloren als snijverlies, slak, restmateriaal of procesafval. De gehanteerde verliespercentages zijn vastgelegd per materiaalcategorie en zijn gebaseerd op literatuur en TNO-interne analyses, zie **Tabel B.9**.

Naast primaire materialen is per materiaalcategorie vastgelegd welk aandeel van de materiaalinput bestaat uit secundaire (gerecyclede) en, waar relevant, biobased materialen. Deze aandelen bepalen in welke mate de materiaalvraag kan worden ingevuld met meer circulaire grondstoffen. Voor de historische situatie en het business-as-usual scenario zijn deze aandelen gebaseerd op huidige praktijk en beschikbare statistieken. Voor de toekomstscenario's zijn bandbreedtes gehanteerd om mogelijke ontwikkelingen richting een hoger aandeel recycalaat en biobased materialen te verkennen. De gehanteerde aannames zijn gespecificeerd in **Tabel B.10** en **Tabel B.11**.

¹²⁵ Github (z.d.) Statistics-Netherlands / ewaste. <https://github.com/Statistics-Netherlands/ewaste?tab=readme-ov-file>

¹²⁶ Schubert, M., Forti, V., Hu, H., Kippert, K., Baldé, K., Iattoni, G. et al. (2025). FutuRaM – Composition – Consolidated Data – WEEE.

B.1.5 Eindelevensmodule

Het uitgangspunt voor alle productcategorieën is de jaarlijkse product- en materiaaluitstroom uit de gebruiksfase, zoals berekend met het DSM. Deze uitstroom vormt de input voor de modellering van inzameling, verwerking en materiaalherwinning. **Figuur B.2** geeft een overzicht van de gemodelleerde stappen en bijbehorende parameters.

B.1.5.1 Inzameling

De eerste stap in de eindelevensmodule is de inzameling van afgedankte producten. Voor elk product is een inzamelingsscenario vastgesteld dat weergeeft welk aandeel beschikbaar komt voor verdere verwerking. Het is aangenomen dat producten op drie verschillende manieren ingezameld worden:

- › Formele AEEA-inzameling, dit betreft de ingezamelde producten door CENELEC geregistreerde verwerkers.
- › Niet formele AEEA-inzameling, dit betreft de ingezamelde producten door niet CENELEC geregistreerde verwerkers.
- › Algemene inzameling; dit betreft de ingezamelde producten via het algemene afval.

De inzamelingspercentages voor de formele AEEA-inzameling zijn per productcategorie gespecificeerd op basis van gegevens van stichting OPEN voor 2021.¹²⁷ Voor de overige jaren tot en met 2024 is op basis van de trend van de hoofdcategorie inzamelingspercentage (WG) volgens de NWR-rapportage¹²⁸ het product-specifieke inzamelingspercentage bepaald. Voor de jaren 2025 tot en met 2030 is de verwachte trend van het inzamelingspercentage zoals beschreven door Stichting OPEN¹²⁹ aangenomen. De NWR-rapportage beschrijft voor verschillende producten een inzamelingspercentage hoger dan 100%. Indien dit het geval is, wordt deze in het model vastgesteld op 100%. Deze stroom aan materialen gaat direct door naar de eerste verwerkersstap van demontage en scheiding. De gehanteerde inzamelingspercentages voor het referentiejaar zijn weergegeven in **Tabel B.14**.

Voor het overige aandeel aan AEEA dat niet via de formele CENELEC geregistreerde verwerkers wordt ingezameld is een vast inzamelingsscenario het uitgangspunt. Het aandeel van deze niet formeel geregistreerde stroom naar de niet formele AEEA inzameling is gebaseerd op gegevens van de E-Waste monitor.¹³⁰ Dit aandeel is op basis van de hoofdproductcategorieën gespecificeerd, zie **Tabel B.5**. Het is daarbij aangenomen dat de niet CENELEC geregistreerde verwerkers de stap van demontage overslaan, de producten gaan direct naar versnippering en scheiding. Voor de overige stroom, is verondersteld dat deze in het restafval verdwijnt en niet specifiek wordt verwerkt.

¹²⁷ Pauliks, N., Fishman, T., Istrate, R., Steubing, B., & Tukker, A. (2025). Historic material losses in European Waste from Electrical and Electronic Equipment. SSRN.

¹²⁸ Nationaal (W)EEE Register (2025). Rapportage 2025.

¹²⁹ Stichting OPEN (2024). Actieplan 2025-2030.

¹³⁰ Baldé, C.P., van den Brink, S., Forti, V., van der Schalk, A., Hopstaken, F., The Dutch WEEE Flows 2020, What happened between 2010 and 2018, 2020, United Nations University (UNU) / United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) - co-hosted by the SCYCLE Programme, Bonn, Germany.

Tabel B.5: Aandeel niet formeel geregistreerde stroom naar de niet formele AEEA inzameling

#Cat EU6	Aandeel niet formeel geregistreerde stroom naar de niet formele AEEA inzameling
1. Warmte- of koude-uitwisselende apparatuur	63%
2. Schermen en monitoren	59%
3. Lampen	0%
4. Grote apparatuur	70%
5. Kleine apparatuur	48%
6. Kleine IT- en telecommunicatie apparatuur	0%

B.1.5.2 Scheiding door demontage

Na inzameling volgt de stap demontage en gerichte scheiding, waarin producten (gedeeltelijk) uit elkaar worden gehaald voordat verdere verwerking plaatsvindt. In deze stap worden specifieke componenten en materialen selectief verwijderd om gerichte verwerking mogelijk te maken. **Tabel B.15** geeft een overzicht van de gehanteerde scheidingspercentages per component.

Voor de onderzochte productgroepen is aangenomen dat demontage alleen plaatsvindt bij gecertificeerde verwerkers. Door componenten vooraf te verwijderen wordt voorkomen dat zij in een generiek shredderproces terechtkomen, waar materiaalstromen vermengen en hoogwaardige terugwinning minder goed mogelijk is. Zo worden printplaten bij demontage afzonderlijk uitgenomen en via gespecialiseerde routes verwerkt, wat gerichte terugwinning van edelmetalen en kritieke materialen mogelijk maakt. Ook het afzonderlijk verwijderen van compressoren en elektromotoren draagt bij aan een hogere kwaliteit van metaalterugwinning, doordat metalen minder vervuild raken.

B.1.5.3 Scheiding na shredding

Materialen en componenten die niet via demontage zijn gescheiden, worden verwerkt via een mechanisch versnipperingsproces, net als de producten ingezameld door de niet formele inzameling. Hierbij worden producten geshred, waarna materialen worden gescheiden met behulp van mechanische en fysische technieken op basis van onder andere magnetisme, dichtheid en elektrische geleidbaarheid. In deze studie is aangenomen dat materialen na shredding worden gescheiden in een beperkt aantal brede materiaalcategorieën, in overeenstemming met gangbare sorteer- en recyclingroutes. **Tabel B.16** geeft de gehanteerde scheidingspercentages per materiaalcategorie weer. Materialen die niet effectief kunnen worden gescheiden, worden toegewezen aan afvalverbranding.

De scheiding na versnippering resulteert doorgaans in functionele, maar minder zuivere materiaalstromen dan scheiding op componentniveau. Bij samengestelde producten kan materiaalvermenging optreden, wat de toepassingsmogelijkheden van secundaire materialen beperkt. Tegelijkertijd vervult de shreddingstap een belangrijke vangnetfunctie. Met name ferrometalen en non-ferrometalen zoals aluminium en koper kunnen via deze route met relatief hoge efficiëntie worden teruggewonnen, ook wanneer selectieve demontage niet heeft plaatsgevonden.

B.1.5.4 Recycling

Na inzameling, demontage en eventuele shredding worden de vrijgekomen materiaalstromen toegevoerd aan recycling- en verwerkingsroutes. In deze studie is onderscheid gemaakt tussen precisieverwerking en algemene recycling.

Precisieverwerking betreft materiaalstromen afkomstig van selectief gedemonteerde componenten die via gespecialiseerde routes worden verwerkt. Een gangbaar voorbeeld is de recycling van printplaten, waarbij edelmetalen zoals goud en zilver met hoge efficiëntie worden teruggewonnen. Door printplaten niet mee te voeren in generieke shredding- en smeltprocessen wordt verlies van deze metalen voorkomen.

Daarnaast wordt precisieverwerking in deze studie beschouwd als een toekomstgerichte route voor materialen waarvoor de huidige recyclingpraktijk beperkt is ontwikkeld, met name permanente magneten. In reguliere recyclingprocessen gaan de daarin aanwezige zeldzame aardmetalen veelal verloren. Selectieve verwijdering en gespecialiseerde verwerking maken potentieel hoogwaardige terugwinning van materialen zoals neodymium, praseodymium en dysprosium mogelijk. Deze mogelijkheid is in de analyse expliciet meegenomen, ook al is deze route momenteel nog niet grootschalig geïmplementeerd.

Algemene recycling betreft materialen die na versnippering en mechanische sortering via reguliere industriële processen worden verwerkt. Voor metalen betekent dit doorgaans omsmelting tot secundaire grondstoffen, waarbij de oorspronkelijke productfunctie verloren gaat maar het materiaal grotendeels behouden blijft. Dit geldt met name voor ferrometalen en non-ferrometalen zoals aluminium en koper.

Voor kunststoffen is aangenomen dat in de huidige situatie slechts een beperkt aandeel daadwerkelijk wordt gerecycled. Additieven zoals vlamvertragers beperken de recyclebaarheid en leiden ertoe dat een aanzienlijk deel van de kunststofstromen als reststroom naar verbranding gaat. In de toekomstscenario's is ruimte gelaten voor verbetering via:

1. Meer gerichte scheiding en toepassing van alternatieve recyclingtechnologieën, zoals chemische of oplosmiddel-gebaseerde recycling;
2. ontwerp- en materiaalkeuzes aan de productzijde, met name door het verminderen of vervangen van problematische additieven.

In de analyse is verondersteld dat technologische vooruitgang in recycling en productontwerp geleidelijk leidt tot een hoger aandeel kunststof dat via recycling wordt teruggewonnen.

B.1.6 Circulaire oplossingsruimte

Voor deze studie is naast een business-as-usual (BAU) scenario voor de periode 2023–2050 ook een circulaire oplossingsruimte verkend. Het BAU-scenario vormt het referentiepunt, waarin de huidige ingezette trends worden doorgetrokken zonder aanvullende circulaire versnelling. Vanuit dit referentiepunt is in samenwerking met experts in de elektronicaketen onderzocht in welke mate circulariteit kan worden vergroot door gerichte verbeteringen in producten, ketenprocessen en materiaalkringlopen. Hiertoe is een set van circulaire maatregelen gedefinieerd, die betrekking hebben op verschillende schakels in de keten. Een overzicht van alle geïdentificeerde maatregelen is opgenomen in **Tabel 2.2**. Deze maatregelen zijn vervolgens vertaald naar modelparameters die direct ingrijpen op de materiaalstromen in het model, zie **Figuur B.4**.

Voor elke geselecteerde parameter is de circulaire oplossingsruimte richting 2050 gekwantificeerd aan de hand van twee scenario's:

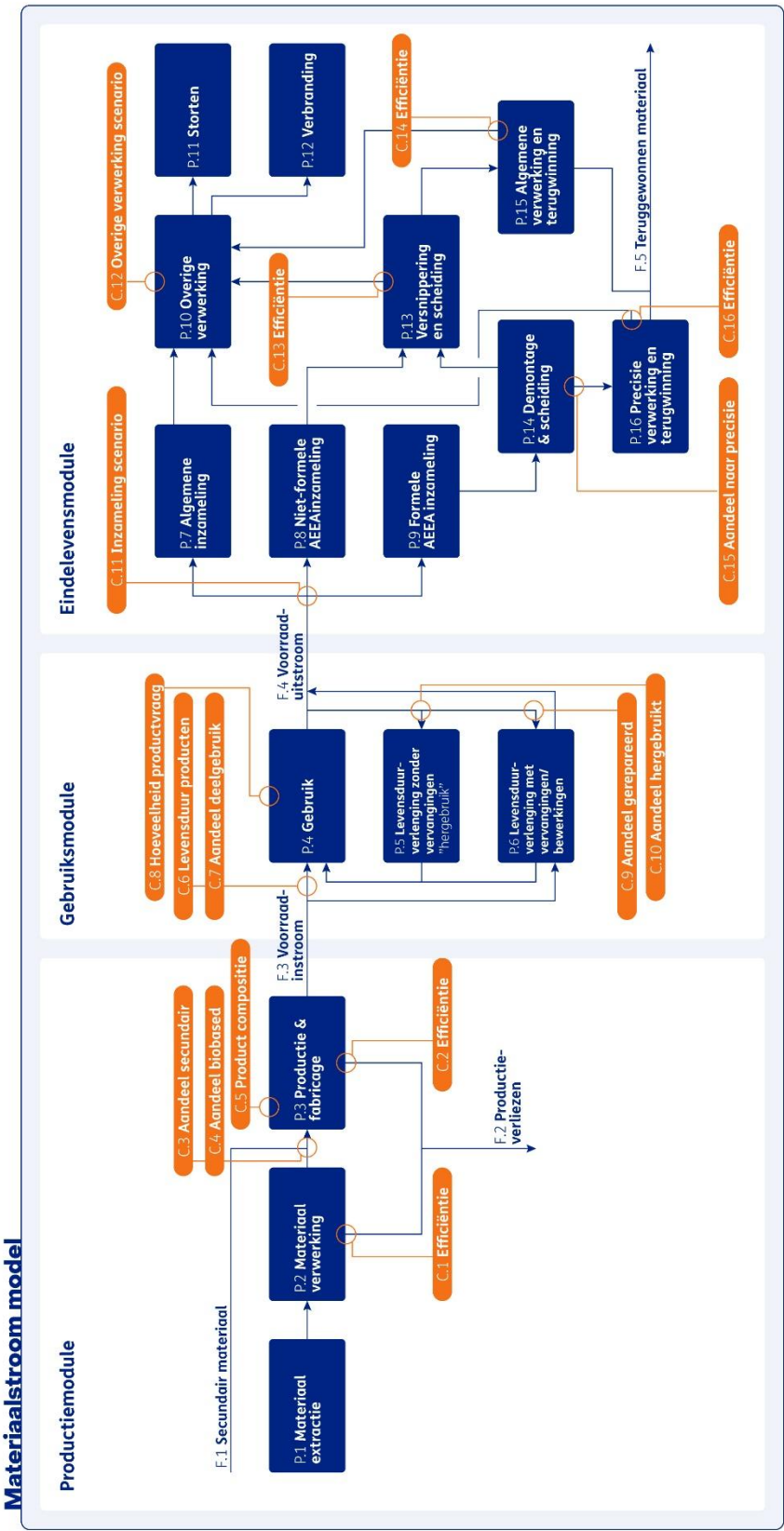
- › een minimaal scenario, dat een conservatieve inschatting representeert van verbeteringen die realistisch worden geacht bij voortzetting van huidige trends en beleid;
- › een maximaal scenario, dat een optimistische maar plausibele inschatting weergeeft van wat technologisch mogelijk is en verwacht kan worden bij actieve inzet op circulariteit.

Deze bandbreedte geeft daarmee niet één voorspelde uitkomst, maar een plausibel bereik van toekomstige ontwikkelingen, gebaseerd op de huidige stand van techniek, verwachte innovatie en ambities. Beide scenario's zijn consequent opgebouwd met het BAU-scenario als uitgangspunt. Vanwege het grote aantal parameters en de breedte van de onderzochte product- en materiaalstromen is gekozen voor een gestructureerde en iteratieve benadering bij het vaststellen van de parameterwaarden. In een eerste stap is met behulp van AI-gebaseerde analyse een initiële inschatting gemaakt van mogelijke waarden per parameter voor zowel het minimale als maximale scenario. Dit gebruik van AI diende nadrukkelijk als ondersteuning en versneller in het verkennen van de oplossingsruimte, niet als vervanging van inhoudelijke expertise. Vervolgens zijn deze eerste inschattingen beoordeeld op plausibiliteit, consistentie en samenhang met de bestaande literatuur, sectorpraktijk en het modelkader.

In een volgende stap zijn de aangenomen waarden en bandbreedtes voorgelegd en besproken tijdens een expertsessie. In deze sessie zijn verschillen van inzicht expliciet gemaakt en waar nodig zijn aannames aangescherpt of bijgesteld. Op deze manier zijn de uiteindelijke parameterwaarden tot stand gekomen via een combinatie van modelmatige consistentie, inhoudelijke beoordeling en externe expertise.

Het gebruik van AI binnen deze studie is doelgericht en afgebakend toegepast. Co-pilot is ingezet als hulpmiddel om systematisch mogelijke richtingen voor parameterontwikkeling te verkennen binnen een complex en datarijk model. De uiteindelijke keuzes, aannames en scenario-invullingen zijn door experts beoordeeld. AI fungeert hiermee als ondersteunend instrument binnen de onderzoeksaanpak.

De hiernavolgende paragrafen beschrijven per circulaire strategie de bijbehorende modelparameter toegepast voor het verkennen van de circulaire oplossingsruimte. Deze zijn afgezet tegen de aannames voor het business-as-usual scenario.



Figuur B.4: Schematisch overzicht materiaalstroommodel voor circulaire oplossingsruimte.

B.1.6.1 Vermindering grondstoffen

B.1.6.1.1 Bewuste consumptie – minder kopen

Tabel B.6: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'bewuste consumptie – minder kopen' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. het *business-as-usual* scenario.

Categorienaam	2050 min	2050 max	Toelichting
Algemeen	90%	80%	Minimale en maximale verwachte productvraag in het circulaire scenario, uitgedrukt als percentage van het <i>business-as-usual</i> scenario.

B.1.6.1.2 Verminderen materiaalintensiteit

Tabel B.7: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'verminderen materiaalintensiteiten' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. het *business-as-usual* scenario.

Categorienaam	2050 min	2050 max	Toelichting
Koelkasten	98%	90%	Minimale en maximale verwachte materiaalintensiteit in het circulaire scenario, uitgedrukt als percentage van het <i>business-as-usual</i> scenario. Per productcategorie is het percentage reductie bepaald op basis van of voor een product meer of minder doorontwikkeling en optimalisatie wordt verwacht.
Vriezers	98%	90%	
Flatscreenmonitoren	95%	80%	
Flatscreen televisies	97%	85%	
Kleine verlichtingsapparatuur	95%	80%	
TL-buizen	100%	100%	
Speciale lampen	97%	85%	
LED-lampen	90%	65%	
Vaatwassers	97%	88%	
Keukenapparatuur	98%	92%	
Wasmachines	97%	88%	
Wasdrogers	97%	88%	
Professionele IT-apparatuur	97%	85%	
Professioneel gereedschap	98%	90%	
Vrijtijdsapparatuur	97%	85%	
Magnetrons	97%	90%	
Overige kleine huishoudelijke apparatuur	95%	80%	
Apparatuur voor voedselbereiding	100%	90%	
Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding	97%	88%	

Stofzuigers	97%	88%
Apparatuur voor persoonlijke verzorging	97%	90%
Kleine consumentenelektronica	92%	75%
Draagbare audio- en videoapparatuur	90%	70%
Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	97%	88%
Videoapparatuur en projectoren	95%	80%
Luidsprekers	95%	85%
Huishoudelijke armaturen	95%	80%
Professionele armaturen	95%	80%
Huishoudelijk gereedschap	95%	80%
Speelgoed	95%	80%
Kleine IT-apparatuur	90%	70%
Desktop-PCs	95%	80%
Printers	97%	85%
Telecommunicatieapparatuur	90%	75%

B.1.6.1.3 Langere levensduur producten

Tabel B.8: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'langere levensduur producten' in circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario

Categoriennaam		2050 min	2050 max	Toelichting
Koelkasten	Minder afdanken	104%	112%	Minimale en maximale verwachte langere levensduur in het circulaire scenario, uitgedrukt als percentage van het <i>business-as-usual</i> scenario.. Per productcategorie is het percentage bepaald op basis van of voor een product meer of minder doorontwikkeling en optimalisatie wordt verwacht. Voor trendgevoelige producten wordt een vast percentage aangehouden. Daarbij is de aanname dat de langere levensduur voornamelijk behaald moet worden door bewuster te consumeren, minder snel afdanken.
Vriezers	Minder afdanken	103%	110%	
Flatscreenmonitoren	Langere levensduur	104%	115%	
Flatscreen televisies	Langere levensduur	104%	115%	
Kleine verlichtingsapparatuur	Minder afdanken	104%	112%	
TL-buizen	Langere levensduur	100%	102%	

Speciale lampen	Langere levensduur	100%	102%
LED-lampen	Minder afdanken	101%	105%
Vaatwassers	Minder afdanken	104%	112%
Keukenapparatuur	Minder afdanken	104%	112%
Wasmachines	Minder afdanken	104%	112%
Wasdrogers	Minder afdanken	104%	112%
Professionele IT-apparatuur	Langere levensduur	104%	112%
Professioneel gereedschap	Minder afdanken	104%	112%
Vrijtijdsapparatuur	Langere levensduur	104%	115%
Magnetrons	Minder afdanken	104%	112%
Overige kleine huishoudelijke apparatuur	Minder afdanken	104%	112%
Apparatuur voor voedselbereiding	Minder afdanken	104%	112%
Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding	Minder afdanken	104%	112%
Stofzuigers	Minder afdanken	104%	112%
Apparatuur voor persoonlijke verzorging	Minder afdanken	104%	112%
Kleine consumentenelektronica	Langere levensduur	104%	115%
Draagbare audio- en videoapparatuur	Langere levensduur	100%	102%
Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	Minder afdanken	102%	106%
Videoapparatuur en projectoren	Langere levensduur	100%	102%
Luidsprekers	Minder afdanken	103%	110%
Huishoudelijke armaturen	Langere levensduur	102%	108%

Professionele armaturen	Langere levensduur	102%	108%
Huishoudelijk gereedschap	Minder afdanken	104%	112%
Speelgoed	Langere levensduur	104%	115%
Kleine IT-apparatuur	Langere levensduur	106%	120%
Desktop-PCs	Langere levensduur	106%	120%
Printers	Langere levensduur	103%	110%
Telecommunicatieapparatuur	Langere levensduur	104%	112%

B.1.6.1.4 Verbeterde productie-efficiëntie

Tabel B.9: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'verbeterde productie-efficiëntie' in circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario.

Materiaal-categorie	2023	2050 BAU	2050 min	2050 max	Toelichting
Zilver	84%	84%	86%	87%	Productie-efficiëntie voor 2023 op basis van TNO interne data-analyse, exclusief plastics. Voor elke materiaalcategorie is een 10% verbetering aangenomen voor het minimaal scenario en een 20% verbetering voor het maximaal scenario naar 2050 toe.
Aluminium	88%	88%	89%	90%	
Goud	73%	73%	76%	79%	
Kobalt	44%	44%	50%	55%	
Koper	83%	83%	85%	87%	
IJzer	87%	87%	89%	90%	
Gallium	2%	2%	12%	21%	
Indium	30%	30%	37%	44%	
Magnesium	68%	68%	71%	74%	
Nickel	79%	79%	81%	83%	
Palladium	68%	68%	71%	74%	
Antimoon	83%	83%	85%	86%	
Tin	88%	88%	89%	91%	
Tantaal	65%	65%	68%	72%	
Wolfram	89%	89%	90%	91%	

Plastics¹³¹	95%	95%	96%	96%
Silicon	80%	80%	82%	84%
Dysprosium	66%	66%	70%	73%
Neodymium	60%	60%	64%	68%
Praseodymium	60%	60%	64%	68%
Overig	95%	95%	96%	96%
Silicon metal	85%	85%	87%	88%
Europium	62%	62%	66%	69%
Yttrium	66%	66%	70%	73%
Samarium	63%	63%	66%	70%

B.1.6.2 Substitutie grondstoffen

B.1.6.2.1 Toepassen biobased materialen¹³⁹

Tabel B.10: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'toepassen biobased materialen' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario.

Materiaal categorie	2023	2050 BAU	2050 min	2050 max	Toelichting
Biobased plastics	0%	0%	10%	25%	

B.1.6.2.2 Toepassen recycklaat

Tabel B.11: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'toepassen recycklaat' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario.

Materiaal categorie	2023	2050 BAU	2050 min	2050 max	Toelichting
Printplaat: waardevolle materialen (goud, zilver en palladium)	34% ¹³²	34%	50%	90%	
Printplaat overig	0%	0%	45%	80%	
Plastics	7% ¹³⁹	7%	10%	35%	
Aluminium	35% ¹³³	35%	50%	85%	
Koper	33% ¹⁴¹	33%	45%	80%	
Overige metalen	20% ¹⁴¹	20%	30%	60%	
Ferrometalen	25% ¹³⁴	25%	40%	70%	

¹³¹ [European Commission \(2025\). Plastics materials flows in the EU-27 and their environmental impacts. JRC Publications Repository.](#)

¹³² [European Commission \(z.d.\). RMIS - Raw materials' profiles.](#)

¹³³ [International Energy Agency \(2024\). Recycling of Critical Minerals: strategies to scale up recycling and urban mining.](#)

¹³⁴ [Bureau of International Recycling: Ferrous Division \(z.d.\) World Steel Recycling in Figures 2019-2023.](#)

Glas en keramiek	1%	1%	5%	20%
Indium en tin	0% ¹³⁵	0%	5%	30%
Magneten	0% ¹⁴³	0%	10%	50%
Overig	0%	0%	0%	0%

B.1.6.3 Levensduurverlenging

B.1.6.3.1 Verhoogde toepassing reparatie / onderhoud / refurbishment

Tabel B.12: Overzicht van verwachte effecten van maatregel verhoogde toepassing reparatie / onderhoud / refurbishment in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario

Categoriennaam	2050 BAU	2050 min	2050 max
Koelkasten	16%	24%	49%
Vriezers	13%	22%	49%
Flatscreenmonitoren	5%	10%	25%
Flatscreen televisies	5%	10%	25%
Kleine verlichtingsapparatuur	2%	5%	16%
TL-buizen	1%	5%	18%
Speciale lampen	1%	5%	18%
LED-lampen	1%	5%	18%
Vaatwassers	23%	30%	53%
Keukenapparatuur	18%	23%	39%
Wasmachines	29%	35%	56%
Wasdrogers	21%	29%	53%
Professionele IT-apparatuur	19%	26%	47%
Professioneel gereedschap	23%	31%	55%
Vrijtijdapparatuur	10%	14%	25%
Magnetrons	7%	16%	42%
Overige kleine huishoudelijke apparatuur	5%	10%	25%
Apparatuur voor voedselbereiding	5%	10%	25%
Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding	7%	12%	28%

¹³⁵ [European Commission \(z.d.\). RMIS - Raw materials' profiles.](#)

Stofzuigers	12%	17%	30%
Apparatuur voor persoonlijke verzorging	4%	8%	23%
Kleine consumentenelektronica	5%	10%	25%
Draagbare audio- en videoapparatuur	5%	9%	22%
Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	7%	11%	25%
Videoapparatuur en projectoren	6%	11%	28%
Luidsprekers	4%	9%	22%
Huishoudelijke armaturen	5%	7%	12%
Professionele armaturen	7%	18%	51%
Huishoudelijk gereedschap	8%	13%	28%
Speelgoed	2%	7%	20%
Kleine IT-apparatuur	7%	12%	29%
Desktop-PCs	13%	18%	33%
Printers	6%	12%	30%
Telecommunicatieapparatuur	8%	13%	29%

B.1.6.3.2 Verhoogde toepassing hergebruik

Tabel B.13: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'verhoogde toepassing hergebruik' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario.

Categoriennaam	2050 BAU	2050 min	2050 max
Koelkasten	3%	5%	12%
Vriezers	3%	5%	12%
Flatscreenmonitoren	10%	13%	20%
Flatscreen televisies	8%	11%	20%
Kleine verlichtingsapparatuur	2%	4%	8%
TL-buizen	1%	2%	5%
Speciale lampen	1%	2%	5%
LED-lampen	1%	2%	5%
Vaatwassers	3%	5%	12%
Keukenapparatuur	3%	5%	10%

Wasmachines	4%	7%	15%
Wasdrogers	3%	5%	12%
Professionele IT-apparatuur	25%	30%	45%
Professioneel gereedschap	10%	13%	20%
Vrijetijdsapparatuur	6%	8%	15%
Magnetrons	2%	4%	10%
Overige kleine huishoudelijke apparatuur	2%	3%	5%
Apparatuur voor voedselbereiding	2%	3%	5%
Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding	2%	3%	5%
Stofzuigers	3%	5%	10%
Apparatuur voor persoonlijke verzorging	2%	3%	5%
Kleine consumentenelektronica	5%	7%	12%
Draagbare audio- en videoapparatuur	6%	8%	15%
Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	6%	8%	15%
Videoapparatuur en projectoren	3%	5%	12%
Luidsprekers	4%	6%	10%
Huishoudelijke armaturen	5%	7%	12%
Professionele armaturen	6%	8%	15%
Huishoudelijk gereedschap	5%	7%	12%
Speelgoed	5%	7%	12%
Kleine IT-apparatuur	10%	14%	25%
Desktop-PCs	10%	14%	25%
Printers	8%	10%	15%
Telecommunicatieapparatuur	8%	11%	20%

B.1.6.4 Hoogwaardige verwerking

B.1.6.4.1 Verbetering inzameling

Tabel B.14: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'verbetering inzameling' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario.

Categoriennaam	2024	2050 BAU	2050 min	2050 max
Koelkasten	35%	45%	94%	97%
Vriezers	41%	53%	100%	100%
Flatscreenmonitoren	18%	23%	66%	83%
Flatscreen televisies	44%	56%	100%	100%
Kleine verlichtingsapparatuur	18%	24%	36%	68%
TL-buizen	66%	85%	100%	100%
Speciale lampen	25%	32%	72%	86%
LED-lampen	6%	8%	33%	66%
Vaatwassers	66%	84%	100%	100%
Keukenapparatuur	19%	24%	61%	80%
Wasmachines	86%	100%	100%	100%
Wasdrogers	63%	81%	100%	100%
Professionele IT-apparatuur	0%	1%	21%	60%
Professioneel gereedschap	27%	34%	78%	89%
Vrijetijdsapparatuur	95%	100%	100%	100%
Magnetrons	28%	35%	45%	72%
Overige kleine huishoudelijke apparatuur	55%	70%	68%	84%
Apparatuur voor voedselbereiding	52%	67%	66%	83%
Kleine huishoudelijke apparatuur voor warmwaterbereiding	8%	10%	27%	64%
Stofzuigers	51%	65%	65%	82%
Apparatuur voor persoonlijke verzorging	32%	41%	49%	74%
Kleine consumentenelektronica	41%	53%	57%	78%
Draagbare audio- en videoapparatuur	100%	100%	100%	100%
Muziekinstrumenten, radio en hi-fi-apparatuur	100%	100%	100%	100%

Videoapparatuur en projectoren	31%	40%	47%	74%
Luidsprekers	68%	87%	80%	90%
Huishoudelijke armaturen	80%	100%	90%	95%
Professionele armaturen	87%	100%	96%	98%
Huishoudelijk gereedschap	21%	26%	38%	69%
Speelgoed	84%	100%	94%	97%
Kleine IT-apparatuur	29%	37%	50%	75%
Desktop-PCs	100%	100%	100%	100%
Printers	38%	49%	59%	80%
Telecommunicatieapparatuur	27%	34%	47%	74%

B.1.6.4.2 Verhoogde scheiding / demontage

Tabel B.15: Overzicht verwachte effecten van maatregel 'verhoogde efficiëntie scheiding door demontage' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario, met gegevens van het Futuram-project¹³⁶ als uitgangspunt.

Component	2023	2050 BAU	2050 min	2050 max	Toelichting
Printplaat	0%	0%	49%	97%	Het 2050 min scenario is op basis van het gemiddelde van het Futuram 2023 en 2050 scenario.
Kabels	100%	100%	100%	100%	
Compressor	99%	99%	99%	99%	
Display	0%	0%	45%	90%	
Magneet	0%	0%	45%	90%	
Koudemiddel	100%	100%	100%	100%	
Overig	0%	0%	0%	0%	

B.1.6.4.3 Verbeterde scheiding bij versnipperen

Tabel B.16: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'verhoogde efficiëntie scheiding bij versnippering' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario, met gegevens van het Futuram-project¹⁴⁴ als uitgangspunt.

Materiaal categorie	2023	2050 BAU	2050 min	2050 max	Toelichting
Plastics	70%	70%	80%	90%	
Aluminium	90%	90%	93%	95%	

¹³⁶ [Futuram \(2025\). D3.1 Extended Waste Stream Composition Assessment to Enable Secondary Raw Material Assessment.](#)

Koper	95%	95%	95%	95%	Het 2050 min scenario is op basis van het gemiddelde van het Futuram 2023 en 2050 scenario.
Overige metalen	80%	80%	85%	90%	
Ferrometalen	97%	97%	97%	97%	
Glas en keramiek	75%	75%	85%	90%	

B.1.6.4.4 Verbeterde recycling efficiëntie

Tabel B.17: Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'verbeterde recycling efficiëntie' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario.

Materiaal categorie	2023	2050 BAU	2050 min	2050 max	Toelichting
Plastics¹³⁷	54%	54%	60%	70%	Op basis van mechanische recycling van plastics.
Aluminium	96%	96%	97%	98%	Op basis van algemene verwerking van metalen via smelter. Daarbij is het uitgangspunt een 10-20% reductie van verliezen.
Koper	97%	97%	98%	99%	
Overige metalen	92%	92%	94%	96%	
Ferrometalen	98%	98%	99%	99%	

B.1.6.4.5 Verbeterde precisie recycling efficiëntie

Tabel B.18 : Overzicht van verwachte effecten van maatregel 'verbeterde precisie recycling efficiëntie' in de circulaire oplossingsruimte t.o.v. huidige situatie en BAU-scenario.

Materiaal categorie	2023	2050 BAU	2050 min	2050 max	Toelichting
Printplaat waardevolle materialen (goud, zilver en palladium)	97%	97%	99%	99%	Op basis van algemene verwerking van metalen via smelter.
Plastics¹⁴⁵	83%	83%	86%	90%	
Aluminium	96%	96%	97%	98%	
Koper	97%	97%	98%	99%	
Overige metalen	92%	92%	94%	96%	
Ferrometalen	98%	98%	99%	99%	
Indium en tin	94%	94%	96%	98%	
Magneten	75%	75%	85%	93%	

¹³⁷ [European Union \(2025\). Plastics materials flows in the EU-27 and their environmental impacts. JRC Publications Repository.](#)

B.2 Milieu-impact model

B.2.1 Algemeen

Voor de kwantificering van de milieu-impact van elektronica is gebruikgemaakt van de milieu-impact module. Dit model vormt een expliciete koppeling tussen de gemodelleerde materiaalstromen uit het materiaalstroommodel en milieu-impactfactoren. Voor het opstellen van de milieu-impactfactoren is gebruik gemaakt van LCA en bestaande LCA-databases. Het doel van deze aanpak is om de milieu-impact op een transparante en consistente wijze te berekenen, aansluitend op het materiaalstroommodel waarin instroom, voorraad en uitstroom van producten door de tijd heen worden gevolgd.

De gemodelleerde product- en materiaalstromen worden in het milieu-impact model gekoppeld per processtap aan de respectievelijke milieu-impact factor. Bijvoorbeeld de hoeveelheid geproduceerd staal wordt vermenigvuldigd met de respectievelijke impactfactor. De totale milieu-impact wordt berekend als de som van de impactintensiteit van een materiaal of proces, vermenigvuldigd met de bijbehorende massa die in een bepaald jaar door het systeem stroomt. Deze berekening wordt afzonderlijk uitgevoerd voor verschillende levensfasen van producten, zodat inzichtelijk wordt waar en wanneer milieueffecten optreden. Voor de milieu-impactanalyse is gebruikgemaakt van meerdere impactcategorieën conform de ReCiPe-methode. De impact wordt daardoor niet beperkt tot één enkele indicator, maar omvat een bredere set milieueffecten.

De milieu-impact omvat de processen die samenhangen met de productie en het op de markt brengen van elektronica, alsmede de processen die plaatsvinden aan het einde van de levensduur, gericht op inzameling en verwerking. Processen buiten deze scope zijn niet meegenomen in de impactberekening. Ook infrastructuur en kapitaalgoederen en transport van goederen maken geen onderdeel uit van het gemodelleerde systeem. De focus van het impactmodel ligt op de materiaal-gerelateerde impacts in kaart te brengen.

Binnen de toegepaste modelopzet is het energiegebruik in de gebruiksfase niet meegenomen. Dit betekent dat de milieu-impact die samenhangt met bijvoorbeeld het elektriciteitsverbruik tijdens de operationele levensduur buiten beschouwing is gelaten.

Voor de verwerkingsfase aan het einde van de levensduur worden uitsluitend de processen meegenomen die expliciet binnen de scope van de PGA zijn gemodelleerd. Dit betreft onder meer inzameling, voorbehandeling en verdere verwerking van materialen. Daarbij wordt uitgegaan van de gemodelleerde routing van materialen, bijvoorbeeld via demontage en scheiding of via meer algemene mechanische verwerking. De milieu-impact van deze processen wordt toegekend aan het jaar waarin de betreffende materiaalstroom vrijkomt en wordt verwerkt.

Secundaire materialen die uit recyclingprocessen voortkomen, worden in het milieu-impact model als materiaalstromen zonder voorafgaande milieubelasting het systeem binnengebracht. Dit betekent dat er geen milieu-impact uit eerdere levenscycli wordt toegerekend aan deze materialen. De berekening omvat uitsluitend de impact van de inzameling en verwerking binnen de huidige systeemgrenzen. In lijn met deze benadering wordt geen gebruikgemaakt van systeemuitbreiding of toerekening van vermeden primaire productie. De analyse richt zich daarmee op het beschrijven van feitelijke emissies en milieueffecten die binnen het geanalyseerde systeem optreden.

Een belangrijk uitgangspunt van de toegepaste methodiek is de temporele toerekening van milieu-impact. De impact wordt altijd toegerekend aan het jaar waarin deze daadwerkelijk plaatsvindt. Dit betekent dat de milieu-impact van productie en marktintroductie van een klimaatinstallatie wordt meegenomen in het jaar waarin het product op de markt komt. Wanneer hetzelfde product pas decennia later aan het einde van de levensduur komt, wordt de milieu-impact van inzameling en verwerking toegerekend aan dat latere jaar. Deze werkwijze sluit direct aan bij de dynamische modellering van materiaalstromen en maakt het mogelijk om de ontwikkeling van milieu-impact door de tijd heen te analyseren. De consequentie van deze aanpak gericht op systeemoverzicht is dat de resultaten niet één-op-één kunnen worden vergeleken met traditionele LCA studies van individuele producten, waar de impacts van productie, gebruik en eindeleven worden toegeschreven aan het product. Voor de productcategorieën waar de jaarlijkse instroom en uitstroom niet in balans zijn, zoals bijvoorbeeld in het geval van nieuw geïntroduceerde producten met een lange levensduur (hoge instroom, lage uitstroom), kan dit de balans tussen impact geassocieerd met productie en eindeleven voor dat jaar vertekenen.

Voor alle processen zijn huidige, representatieve emissiefactoren gebruikt; deze processen worden in paragraaf B.2.4 toegelicht. Er is geen veronderstelling gemaakt over toekomstige verbeteringen in productie- of recyclingtechnologieën. De resultaten laten daarmee zien welke milieu-impact samenhangt met de huidige inrichting van productieketens en verwerkingsprocessen, gegeven de omvang en timing van de gemodelleerde materiaalstromen. Eventuele veranderingen in emissie-intensiteit als gevolg van technologische ontwikkeling en bijvoorbeeld verduurzaming van de energiemix vallen buiten de scope van deze analyse.

B.2.2 Methode

Python en Brightway25 (Mutel, 2017)¹³⁸ vormen de basis voor het synthetiseren van de benodigde data. Het milieu-impact model maakt gebruik van dezelfde data als het materiaalstroom model, al wordt de data anders gestructureerd. Voor de uitleg van de methode wordt onderscheid gemaakt tussen de productiefase, een reparatie, en de eindelevensfase. De productiefase is specifiek voor elk product, terwijl de eindelevensfase meer generieke activiteiten bevat. De gebruikersfase wordt niet meegenomen in dit onderzoek tenzij er reparaties plaatsvinden.

Het milieu-impact model is gebaseerd op LCA maar volgt niet de normale structuur van het bouwen van een LCA, maar een modulaire LCA methode zoals beschreven in Steubing & Mutel (2016).¹³⁹ In een modulaire LCA worden onderdelen van de levenscyclus opgeknipt in verschillende losse onderdelen. Door verschillende versies van dezelfde onderdelen te maken die van elkaar verschillen kan een modulaire LCA verschillende scenario's simuleren. Zo kunnen de eerste delen van de LCA hetzelfde blijven terwijl de eindelevensfase verschilt tussen twee scenario's omdat elke versie een andere module voor die fase gebruikt

Voor dit onderzoek zijn de modules opgeknipt in componenten (290), producten (37), en verschillende eindelevensfase-activiteiten (23). Alle materialen en elementen voor elk component worden meegenomen in de component-modules als inputs. Vervolgens worden de milieu-impacts berekend volgens de ReCiPe impactcategorieën voor elke module.

Om de tijdsdimensie en verschillende scenario's mee te kunnen nemen, wordt er een resultatenoverzicht gemaakt voor elke tijdlijn, voor elk scenario. Voor elke tijdlijn, voor elk scenario worden oude en nieuwe hoeveelheden vergeleken en vervangen als de hoeveelheden verschillen van jaar op jaar. Dit levert unieke resultaten per LCA module op, die aangeroepen worden door het materiaalstroommodel wanneer berekeningen voor een bepaald jaar en scenario worden gedaan.

¹³⁸ Mutel, C. (2012). Brightway: An open source framework for Life Cycle Assessment. *Journal of Open Source Software*, 2(12), 236.

¹³⁹ Steubing, B., Mutel, C., Suter, F. et al. Streamlining scenario analysis and optimization of key choices in value chains using a modular LCA approach. *Int J Life Cycle Assess* 21, 510–522 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11367-015-1015-3>.

B.2.3 Processen

Zoals beschreven in de methode, bestaan de resultaten van het milieu-impact uit impact resultaten van verschillende modules. De productmodules worden gebruikt in de productiefase, de componentmodules in de reparaties, en de eindelevensmodules in de eindelevensfase.

B.2.3.1 Productiefase

De gebruikte data voor elektronische apparaten bestaat uit de volgende levels: element, materiaal, component, product. Elk product bestaat uit een set componenten, die componenten bestaan zelf weer uit materialen, en die materialen bestaan uit elementen. Voor elk element, materiaal, component, en product bestaat een eigen activiteit. Een product maakt alleen gebruik van componenten als input, een component alleen van materialen, en een materiaal alleen van elementen.

Omdat de elementen alleen uit zichzelf bestaan, gebruikt elk materiaal dezelfde elementen als basis. Dit betekent dat er 23 metalen en 1 rest materiaal als element bestaan in de PGA elektronica. Er bestaan verschillende versies van dezelfde materialen omdat dezelfde materialen voor verschillende producten uit een verschillende ratio's van elementen kunnen bestaan. Dit geldt ook voor componenten; dezelfde componenten, zoals printplaten, bestaan uit verschillende ratio's van materialen omdat een printplaat voor een telefoon kleiner is dan een laptop. Voor zowel een telefoon als een laptop kan een component met dezelfde functie bestaan uit verschillende materialen of verschillende hoeveelheden materialen vanwege de grootte en de functionaliteit.

De extractie van de elementen, het verwerken van die elementen tot bruikbare materialen, het verwerken van de materialen in componenten, en het in elkaar zetten van producten uit die componenten wordt als één product gemodelleerd. Wanneer een product van de productiefase naar de gebruiksfase beweegt wordt de hele milieu-impact van dat product toegepast in één keer, en niet onderverdeeld in verschillende stappen als extractie, verwerking, en fabricatie. Dit reduceert de dimensies voor berekeningen zonder precisie van de resultaten te verliezen.

B.2.3.2 Reparaties

Voor elk product dat door het materiaalstroom model beweegt, bestaat er voor elk jaar een kans dat het product kapot gaat. Voor elk kapot product bestaat er een kans dat het gerepareerd kan worden. Dit wordt gemodelleerd als het vervangen van een component. Het resultaat daarvan is dat de milieu-impact van het maken van de nieuwe component dat geïnstalleerd wordt, wordt toegekend aan de totale impact van dat product. Hierna kan het product weer een bepaalde tijd mee tot een ander component het begeeft.

B.2.3.3 Einde-levensfase

Wanneer een product aan het einde van zijn leven is, begint de einde-levensfase. In deze fase wordt, waar mogelijk, bruikbaar materiaal uit het product gehaald, en wordt de rest verbrand. In het milieu-impact model wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende soorten afvalmanagement; specifieke activiteiten en algemene activiteiten. Sommige producten of componenten hebben een specifieke waardeketen voor recycling terwijl de andere producten dezelfde behandeling krijgen. **Tabel B.19** hieronder geeft een overzicht van de recycling activiteiten die toegepast zijn.

Tabel B.19: Overzicht van recycling methoden toegepast

NAAM	TYPE	NOTITIES
manual_dismantling	algemeen	voor het uit elkaar halen van grote apparaten
shredding	algemeen	voor het shredden van componenten exclusief PCB
PCB_shredding_separation	precisie	voor het shredden van printplaten
cables	precisie	recyclen van kabels voor koper terugwinning
aluminium_scrap_remelting	precisie	terugwinnen van materiaal
aluminium_scrap_refining	precisie	terugwinnen van materiaal
copper_scrap_refining	precisie	terugwinnen van materiaal
plastics_incineration	precisie	terugwinnen van materiaal
aluminium_incineration	precisie	terugwinnen van materiaal
zinc_incineration	precisie	terugwinnen van materiaal
steel_incineration	precisie	terugwinnen van materiaal
copper_incineration	precisie	terugwinnen van materiaal
gold_recovery_from_scrap	precisie	terugwinnen van materiaal
silver_recover_from_scrap	precisie	terugwinnen van materiaal
palladium_recovery_from_scrap	precisie	terugwinnen van materiaal
shredder_fraction_incineration	algemeen	verbranden van overgebleven materiaal
PET_recycling	precisie	terugwinnen van materiaal
PE_recycling	precisie	terugwinnen van materiaal
PP_recycling	precisie	terugwinnen van materiaal
PS_recycling	precisie	terugwinnen van materiaal
PVC_recycling	precisie	terugwinnen van materiaal
plastic_recycling	algemeen	verbranden van overgebleven materiaal

B.2.4 LCA achtergrond data

Elk proces gebruikt in het milieu-impact model is opgebouwd uit een combinatie van achtergrond processen. Het grootste deel van deze processen is afkomstig uit ecoinvent 3.12, de nieuwste versie van ecoinvent met geupdate data rondom plastics en metalen. Hoewel ecoinvent een sterke basis is, is deze aangevuld met data uit de wetenschappelijke literatuur. Voor de mijn- en verwerkingsstappen van verschillende kritieke materialen, specifiek verschillende metalen, is data gebruikt van Lai et al. (2026), waar verschillende CRM waardeketens in meer detail gemodelleerd worden. Deze data was gemodelleerd op basis van ecoinvent 3.10.1, en is daarom eerst aangepast aan de nieuwe ecoinvent versie die hier gebruikt is. **Tabel B.20** hieronder geeft een overzicht van welk materiaal met welke data gemodelleerd is. Voor alle andere materialen, waaronder plastics, is ecoinvent data gebruikt.

B.2.4.1 Aannames

De gebruikte data bevat niet elk mogelijk element en materiaal, waardoor beide levels een “rest” -element of -materiaal bevatten. Deze reststromen kunnen verschillende dingen bevatten, zoals verschillende soorten plastic. Omdat de meeste elektronische apparaten voor consumenten veel plastic bevatten, wordt aangenomen dat de reststromen voor elektronische apparaten plastics zijn. Voor deze plastics nemen we ABS as proxy voor de behuizing.

Twee uitzonderingen zijn printplaat en LCD componenten. Omdat printplaten voor een groot deel uit een speciaal resin bestaan en bijna alle apparaten printplaten bevatten, worden de reststromen in printplaten gemodelleerd als “PCB resin”. Voor LCDs geldt hetzelfde, die worden gemodelleerd op basis een aangepaste LCD activiteit uit ecoinvent. Deze versie bevat geen materialen die worden meegenomen in de materiaalstromen zodat er niet dubbel geteld wordt.

B.2.4.2 Materiaaldata bronnen

Tabel B.20 presenteert een overzicht van de gebruikte bronnen voor elke metaalsoort.

Tabel B.20: Overzicht van databron voor elke gemodelleerde metaalsoort.

NAAM	SYMBOOL	BRON
Zilver	Ag	Lai et al. (2026)
Aluminium	Al	Lai et al. (2026)
Goud	Au	Lai et al. (2026)
Kobalt	Co	Lai et al. (2026)
Koper	Cu	Lai et al. (2026)
Dysprosium	Dy	Lai et al. (2026)
Europium	Eu	Lai et al. (2026)
IJzer	Fe	Lai et al. (2026)
Gallium	Ga	ecoinvent 3.12
Indium	In	Lai et al. (2026)
Magnesium	Mg	Lai et al. (2026)
Neodymium	Nd	Lai et al. (2026)
Nikkel	Ni	Lai et al. (2026)
Palladium	Pd	ecoinvent 3.12
Praseodymium	Pr	Lai et al. (2026)

Antimoon	Sb	Lai et al. (2026)
Scandium	Sc	ecoinvent 3.12
Silicium	Si	ecoinvent 3.12
Samarium	Sm	Lai et al. (2026)
Tin	Sn	ecoinvent 3.12
Tantaal	Ta	ecoinvent 3.12
Wolfraam	W	Lai et al. (2026)
Yttrium	Y	Lai et al. (2026)
Zink	Zn	ecoinvent 3.12

Bijlage C

ZZS in Elektronica

Nederland en Europa zetten in op het creëren van een niet-toxische circulaire economie die schoon en veilig is. Dat wil zeggen dat grondstoffen en materialen zo lang en zo hoogwaardig mogelijk worden gebruikt en dat recycling of andere vormen van nuttige toepassing geen onaanvaardbare blootstelling van mens en milieu aan zorgstoffen veroorzaken.¹⁴⁰ Door de transitie naar een circulaire keten voor elektronica is het van belang om zicht te hebben op welke zorgstoffen relevant zijn. Voor de inventarisatie van relevante Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) voor de productgroep elektronica, is op basis van literatuuronderzoek een overzicht gemaakt van ZZS die aanwezig kunnen zijn in onderdelen van (gebruikte) EEA. Daarbij is ook informatie over de toepassing en functie van de stof verzameld. Vervolgens is de stofgroep brandvertragers in meer detail toegelicht als illustratie van hoe ZZS van invloed (kunnen) zijn op circulaire doelen, m.a.w. welke kansen en belemmeringen er zijn. Er is gekozen om de gebromeerde brandvertragers uit te werken omdat:

- › gebromeerde brandvertragers een veel voorkomende stofgroep is in EEA,
- › brandvertragers momenteel een belemmering zijn voor mechanische recycling van de kunststoffen
- › regulering (stoffenwetgeving) van gebromeerde brandvertragers een continu proces is en invloed heeft op de kansen en belemmeringen voor de recycling van kunststoffen .

Inventarisatie ZZS

RIVM heeft de relevante ZZS voor elektronica geïnventariseerd op basis van RIVM expertise en het raadplegen van bronnen zoals de ZZS-lijsten) en ZZS in afvalzoeker.¹⁴¹ Ook is gebruik gemaakt van informatie uit de sector over het mogelijke voorkomen van stoffen die al gereguleerd zijn, d.m.v. de “*list of restricted en declarable substances*” van BOM Check.¹⁴²

Relevante ZZS zijn bijvoorbeeld:

- › ZZS metalen zoals arseen, lood, cadmium, kwik, zeswaardig chroom
- › ZZS weekmakers¹⁴³
- › PFAS (polymeer coatings, polymeer smeermiddelen, kleine componenten)
- › ZZS brandvertragers¹⁴⁴
- › ZZS UV-stabilisatoren (UV-320, UV-326, UV-327, UV-328, UV-329)
- › ZZS koudemiddelen zoals F-gassen die onder de PFAS definitie vallen

De volledige lijst van relevante ZZS in elektronica is op te vragen bij het RIVM (info@rivm.nl) en zal op termijn toegankelijk zijn via de database “ZZS in afvalzoeker”.¹⁴⁵

Voor de “legacy” stoffen (ZZS die inmiddels verboden of beperkt zijn) is de kans op aanwezigheid groter bij elektrische apparaten die al langer in omloop zijn. Nieuwe elektronica

¹⁴⁰ [European Chemicals Agency \(z.d.\). Strategie voor duurzame chemische stoffen.](#)

¹⁴¹ RIVM (z.d.). [Afvalstoffen & deelstromen | Zoeksysteem Risico's van stoffen](#)

¹⁴² [Sphera \(2026\). BOMcheck REACH Candidate List \(SVHC\) screening for Supplied Articles.](#)

¹⁴³ [RIVM \(2026\). Zeer Zorgwekkende Stoffen: ftalaten.](#)

¹⁴⁴ [RIVM \(2026\). Zeer Zorgwekkende Stoffen: gebromeerde brandvertragers.](#)

¹⁴⁵ [RIVM \(z.d.\) ZZS in afval Zoeker.](#)

kunnen ook ZZS bevatten doordat de betreffende ZZS nog zijn toegestaan en/of doordat de wetgeving nog in ontwikkeling is (bijvoorbeeld bepaalde UV-stabilisatoren en PFAS).¹⁴⁶ Daarnaast komen apparaten op de markt die niet aan geldende wetgeving voldoen. Met betrekking tot deze laatste categorie, gaat het volgens de Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) met name om goedkope apparaten zoals kermis- en braderiespeelgoed, (tafel)ventilatoren en USB-kabels.¹⁴⁷ Veel voorkomende ZZS en overtredingen zijn:

- › Lood in soldeer (meer dan de toegestane hoeveelheid van 0,1%).
- › Zeswaardig chroom als corrosiewerende laag op metaal.
- › Verboden ftalaten (weekmakers)

Illustratief voorbeeld van ZZS in EEA: brandvertragers

Er zijn veel verschillende brandvertragers die gegroepeerd kunnen worden op basis van de chemische samenstelling. De groep van gebromeerde brandvertragers (Brominated Flame Retardants (BFR)) omvat verschillende brandvertragers, die allemaal het element broom bevatten. BFR is het meeste voorkomende type brandvertrager in elektrische apparaten (55% of het wereldwijde gebruik van brandvertragers in EEA in 2018).¹⁴⁸ BFR zitten bijvoorbeeld in de kunststoffen van apparaten die tijdens gebruik (kunnen) opwarmen, in kabelisolatie en in printplaten.

Van de stofgroep BFR zijn 49 (unieke) stoffen geïdentificeerd als ZZS op basis van hun gevaareigenschappen.¹⁴⁹ Minder dan de helft (23) van de ZZS gebromeerde brandvertragers is gereguleerd onder de POP-verordening.

(Kans op) aanwezigheid van (gereguleerde) BFR

Er zijn nog elektrische apparaten met verboden BFR in omloop (legacy). Metingen tonen namelijk aan dat de verboden stoffen nog kunnen voorkomen in de kunststoffen van (ingezamelde) oude elektrische apparaten.

Uit onderzoek (2023) van BSEF, de brancheorganisatie van de broomhoudende industrie, blijkt dat de BFR-niveaus in gemengde (ongesorteerde) AEEA-kunststoffen per categorie variëren. Apparaten met schermen hebben de hoogste BFR-niveaus. Op basis van de beschikbare metingen blijken de BFR-niveaus in schermen over het algemeen te dalen in de periode van 2010 tot 2022. De gemiddelde gehalten aan broom variëren tussen 6.000 en 13.000 mg/kg broom (Br) van 2020 tot 2023. Kleine apparatuur volgt met BFR-niveaus van 2.000 tot 7.000 mg/kg Br in dezelfde periode. Dit kan betekenen dat het type en de leeftijd van de apparaten is veranderd, of dat er is overgeschakeld naar andere type brandvertragers. BFR-niveaus in kleine apparatuur en grote apparatuur zijn relatief stabiel gebleven.

Om erachter te komen welk aandeel van het broom afkomstig is van de POP-gereguleerde BFR zijn specifieke metingen nodig. Totaal broomgehalte wordt gemeten met XRF, terwijl specifieke metingen worden uitgevoerd in laboratoria middels GC-MS- of HPLC-methoden. Ook dat is verder onderzocht in de studie van BSEF. Het gemiddelde aandeel van PBDEs (POP-gereguleerde BFR) van het totale broomgehalte is gedaald van 20% in 2015 naar minder dan 10% in 2021-2022. Toch kunnen incidenteel hoge PBDE concentratieniveaus gevonden worden in AEEA afvalstromen bijvoorbeeld als het gaat om oudere elektrische apparaten.

De (stoffen)wetgeving is continu in ontwikkeling. Dat betekent dat steeds meer stoffen, ook (gebromeerde) brandvertragers, gereguleerd worden d.m.v. een verbod of een aanscherping van grenswaarden. Alhoewel er alternatieven zijn voor de meest schadelijke en verboden BFR,

¹⁴⁶ [OVAM \(2025\). Zorgwekkende stoffen in gerecycleerd textiel en kunststof.](#)

¹⁴⁷ [Inspectie Leefomgeving en Transport \(z.d.\) Toezicht op gevaarlijke stoffen in elektr\(on\)ische apparaten \(RoHS\).](#)

¹⁴⁸ [BSEF \(2023\) Brominated Flame Retardants and the Circular Economy of WEEE Plastic. State of Play.](#)

¹⁴⁹ De lijst is beschikbaar via het ZZS zoekstelsel op de website van het RIVM: ZZS gebromeerde brandvertragers - Detail ZZS-lijst | Zoekstelsel Risico's van stoffen).

is het niet duidelijk of de alternatieven allemaal veilig zijn en of deze in de toekomst goed te recycleren zijn.¹⁵⁰ Het is belangrijk om zogenaamde “regrettable substitution” te voorkomen, waarbij een ZZS wordt vervangen door een andere stof die later als (zeer) zorgwekkend wordt bewezen. Het Europese chemicaliënagentschap (ECHA) presenteerde daarom een strategie om schadelijke brandvertragers uit te faseren, gebaseerd op een groepsaankpak.¹⁵¹ Toch zijn er ook zorgen onder wetenschappers dat de voorgestelde aanpak niet ver genoeg gaat¹⁵² omdat het ook van belang is om de recyclingpotentie van kunststoffen met brandvertragers mee te nemen in de afweging over al dan niet een verbod.

Een andere ontwikkeling in wetgeving is het aanscherpen van UTC- en LPC-grenswaardes voor POP-stoffen. In 2025 heeft de EU COM in een gedelegeerde verordening (2025/1482) aangekondigd de UTC-grenswaardes voor vijf PBDE brandvertragers zullen worden herzien (Deel A van Annex I van de POP verordening (EU) 2019/1021, [link naar wettekst](#)). Dit in navolging van de LPC grenswaardes die al eerder zijn herzien van de oorspronkelijk 1000 mg/kg LPC grenswaarde voor de som van de vijf PBDE's. Eerst naar 500 mg/kg en sinds 30 december 2025 naar 350 mg/kg. Vanaf 20 december 2027 zal een limiet van 200 mg/kg gelden. De aangekondigde UTC-grenswaardes zullen gelijk komen met de eerder aangenomen LPC grenswaardes. Deze aanpassing draagt bij aan de Europese ambitie om een “gifvrije samenleving” te realiseren en veilige materiaalstromen te realiseren. Recyclers en diens belangenorganisaties hebben voorafgaand aan deze wijziging hun zorgen geuit om deze aanpassing. Een van de argumenten daarbij is dat dit innovatie belemmert om meer types van kunststoffen te kunnen recycleren. Ook is er de zorg dat na verwerking meer afvalstromen verbrand zullen worden i.p.v. te worden gerecycled omdat het moeilijker wordt om te voldoen aan de strengere grenswaarden, aldus de recyclers.¹⁵³

Recycling van kunststoffen met BFR

De AEEA-richtlijn vereist de scheiding van kunststoffen die (gereguleerde) BFR bevatten tijdens de verwerking van AEEA, en de CEN-norm (EN 50625) specificeert hoe de sortering in de praktijk plaats moet vinden. Kunststoffen van schermen en kleine apparaten moeten een BFR-scheidingsmethode ondergaan die in staat is een Br-arme fractie te scheiden die gerecycled kan worden, en een Br-rijke fractie die moet worden afgevoerd. Kunststoffen van grote apparaten en koelapparatuur worden als Br-vrij beschouwd.¹⁵⁴ Conventionele recyclingprocessen omvatten het mechanisch versnipperen en sorteren van EEA-kunststoffen op basis van dichtheid. Met deze techniek kunnen kunststoffen met een hoog gehalte aan BFR en andere additieven verwijderd worden. Er ontstaan drie kunststoffracties:

- › dichtheid lager dan 1 kg/L bevat additievenarme polyolefinen (PP en PE),
- › dichtheid tussen 1 en 1,1 kg/L bevat additievenarme ABS en PS, evenals PP met 20% glasvezel, talk of andere minerale vulstoffen

¹⁵⁰ de Boer et al. (2024) The European Regulatory Strategy for flame retardants – The right direction but still a risk of getting lost, Chemosphere, Volume 347, 2024, 140638, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140638>.

¹⁵¹ ECHA (2023) Regulatory strategy flame retardants. https://echa.europa.eu/documents/10162/2082415/flame_retardants_strategy_en.pdf/

¹⁵² de Boer et al. (2024) The European Regulatory Strategy for flame retardants – The right direction but still a risk of getting lost, Chemosphere, Volume 347, 2024, 140638, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.140638>.

¹⁵³ [Plastics Recyclers Europe \(2024\). EU POPs Regulation Joint Statement on the Proposed UTC Value for PBDEs.](#)

¹⁵⁴ BSEF (2023) Brominated Flame Retardants and the Circular Economy of WEEE Plastic. State of Play. [Brominated-Flame-Retardants-and-the-Circular-Economy-of-WEEE-Plastics-online-final.pdf](#)

- › een derde fractie heeft een dichtheid hoger dan 1,1 kg/L en bevat een complex en sterk heterogeen mengsel van polymeren met verschillende additieven, waaronder BFR en andere brandvertragers, ftalaten (weekmakers) en zware metalen.

Met deze methode is het dus niet mogelijk om onderscheid te maken tussen kunststoffen die gereguleerde BFR bevatten en kunststoffen met alternatieve brandvertragers of zelfs andere additieven zoals weekmakers en kleurstoffen. In de praktijk wordt de afvalstroom met hoge dichtheid dan ook niet gerecycled maar verbrand of toegepast in cementovens. Zolang er (POP-houdende) BFR in omloop zijn zullen nieuwe meet- en/of recyclingtechnieken nodig zijn om deze stroom verder uit te sorteren en te kunnen recyclen.

De CEN-norm (EN 50625) geeft, in de vorm van een operationele drempelwaarde van 2.000 ppm totaal gehalte aan broom, een praktisch handvat aan verwerkers om te bepalen welke kunststofstromen BFR bevatten. Onder deze drempelwaarde, die overeenkomt met 2.000 mg/kg, worden kunststoffen als "POP-vrij" beschouwd en kunnen ze verder verwerkt worden. Er is destijds voor deze drempelwaarde gekozen omdat de gereguleerde broomverbindingen een klein deel van de totale broominhoud vertegenwoordigen, en omdat de LPC grenswaardes toen hoger lagen dan nu het geval is (1000 mg/kg voor PBDE's en 1000 mg/kg hexabroomcyclododecaan (HBCDD)). De drempelwaarde van 2000 mg/kg is nu ruim boven de huidige grenswaardes voor POP BFR (zoals PBDE's (350 mg/kg), hexabroombifenyl (50 mg/kg) en HBCDD (500 mg/kg)).

Er zijn meer geavanceerde methoden ontwikkeld die meer precies en in lagere concentraties de POP BFR kunnen meten. Door betere meetmethodes zou sortering efficiënter worden en minder materiaal verbrand (moeten) worden. Want dan zouden kunststofstromen die aan de POP-verordening voldoen, en dus geen of in lage gehalten POP BFR bevatten wel gerecycled kunnen worden. De voor de hand liggende kanttekeningen bij deze analytische methoden zijn echter hun schaalbaarheid en economische haalbaarheid gezien de enorme hoeveelheden artikelen die op de markt komen en afgedankt worden.

Er zijn chemische recycling technologieën in ontwikkeling. Chemische recyclingtechnieken zoals depolymerisatie en oplossen bieden mogelijkheden om ZZS te verwijderen uit de kunststofpolymeren. Bij de ontwikkeling van deze technieken is het van belang dat de POP BFR vernietigd of verwijderd worden conform de geldende wetgeving. Bij andere chemische recyclingtechnieken zoals pyrolyse zijn broomhoudende en chloorhoudende stoffen een belemmering. In het pyrolyseproces worden gebromeerde en gechloreerde additieven grotendeels afgebroken, en komen vrij in de vorm van HBr en HCl die verstorend werken op de apparatuur (i.v.m. corrosieve werking). Onder bepaalde condities kunnen dioxinen gevormd worden.

Veilig en circulair

In de circulaire transitie kunnen doelen rondom veiligheid en gifvrije samenleving wringen met circulaire doelen. Enerzijds kan de transitie naar meer circulariteit invloed hebben op de mate van blootstelling aan de ZZS. Er is bijvoorbeeld de zorg dat ZZS via recycling in nieuw geproduceerde materialen terechtkomen via het toepassen van kunststofrecycalaat. Anderzijds kan de aanwezigheid van een ZZS ook de (mogelijkheden voor) circulariteit beïnvloeden. Een voorbeeld daarvan is het aanscherpen van grenswaardes wat invloed heeft op wat wel en niet gerecycled kan en mag worden. Dat vergt een zorgvuldige afweging en goede afstemming tussen verschillende beleidsvelden. Het voorbeeld van de brandvertragers illustreert deze uitdagingen. Er zijn meer voorbeelden van ZZS waarbij dit speelt zoals lood en weekmakers in PVC, UV-stabilisatoren in verschillende kunststoftypes en PFAS.

Om te zorgen voor een veilige circulaire elektronicaketten, moeten er stappen gezet worden om problemen in de toekomst te voorkomen, maar moet ook goed omgaan worden met de erfenis uit het verleden. Het is belangrijk om deze twee lijnen van elkaar te onderscheiden als het gaat om het formuleren van kansen en oplossingsroutes. Kansen voor de toekomst liggen onder andere in het voorkomen van regrettable substitutie (d.m.v. een groeepaanpak in de stoffenwetgeving) en het verbeteren van de transparantie over de samenstelling van materialen. De ontwikkelingen met het Digitale Product Paspoort (DPP) onder de Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) zullen bijdragen aan transparantie omdat ESPR informatie-eisen kan stellen aan “substances of concern (SoC)”. Ook biedt ESPR de mogelijkheid om (prestatie-)eisen te stellen aan de SoC. ESPR hanteert een brede definitie van SoC, hieronder vallen ook stoffen die recycling belemmeren. De Nederlandse overheid kan bij het opstellen van delegated acts voor de ESPR pleiten om eisen aan SoC te stellen zodat hoogwaardige verwerking van kunststoffen gestimuleerd wordt.

Het is van groot belang om informatie te delen en te zorgen voor voldoende afstemming tussen de verschillende beleidsvelden (bijvoorbeeld tussen ECHA en CE-beleidsvelden). Vanuit deze afstemming kan gewerkt worden aan oplossingsrichtingen die recht doen aan de maatschappelijke doelen zoals het realiseren van een gifvrije samenleving en het sluiten van materiaalkringlopen.

Voor materialen die ZZS bevatten is het belangrijk om deze zo goed mogelijk te scheiden van de materialen zonder ZZS. Het is belangrijk om in te zetten op de ontwikkeling van analyse- en scheidingstechnieken voor afvalfracties om zo de materialen met hoge POP-gehaltes zo vroeg mogelijk uit het proces te halen. De ‘schone materialen’ kunnen dan hoogwaardig hergebruikt of gerecycled worden, terwijl voor de materialen met (gereguleerde) ZZS speciale verwerkingsmethoden nodig zijn.

Bijlage D

Uitgebreide MIS-Analyse

D.1 Toelichting MIS-analyse

In een Missie-gedreven Innovatie Systeem (MIS) analyse staat een wenselijke transitie centraal - het behalen van de missie, in dit geval circulaire klimaatinstallaties in 2050. Een transitie vindt enerzijds plaats door het ontwikkelen van nieuwe wenselijke circulaire strategieën (verminderen, substitutie, levensduurverlenging en hoogwaardige verwerking), en anderzijds door het afbouwen van bestaande praktijken die het behalen van de missie in de weg staan. Een transitie wordt gekenmerkt door complexiteit, waardoor doorgaans zowel de op te lossen problemen, als de beste oplossingen voor deze problemen, ter discussie staan. Circulaire strategieën zijn daardoor het best te beschouwen als 'oplossingsrichtingen', een logica voor het oplossen van een bepaald probleem. Circulaire strategieën verschillen onderling dus in hoe ze 'het probleem' oplossen, maar kunnen dus onderling ook verschillen in 'wat het probleem is'. Een transitie vormt daarmee dus een 'arena', waarin verschillende problemen en circulaire strategieën concurreren (of elkaar versterken).

De MIS analyse onderzoekt op welke manieren de dynamiek binnen het innovatiesysteem (de actoren, technologieën, regels, denken en doen en dynamiek in de missie arena) de ontwikkeling van verschillende circulaire strategieën bevordert of tegenwerkt. Inzicht in deze dynamiek is kwalitatief van aard, waardoor de MIS analyse zich hoofdzakelijk baseert op interviews met experts van 1 a 2 uur. De onderstaande typen experts zijn geraadpleegd. Om een openhartig gesprek mogelijk te maken, zijn namen van organisaties en namen en functies van geïnterviewden weggelaten. In 14 interviews zijn in totaal 19 experts geraadpleegd. In de tekst wordt verwezen naar interviews in de vorm van "(int. X)".

NB: de MIS analyse is gebaseerd op interviews, en daarmee op ervaringen en percepties van actoren. De lezer dient de tekst en bevindingen dan ook te bezien vanuit de sterktes en beperkingen die deze methode met zich meebrengt.

GEÏNTERVIEWDE ACTOREN

Ministerie van I&W
RWS
Grote reparateur
NGO
Branchevereniging producenten
Branchevereniging reparateurs
Brancheverenigingen in (circulaire) retail
Europese producent van EEA
Gemeentelijke bedrijven
Afvalverwerkers / recyclers
Refurbisher
Handhaving

De MIS analyse heeft de volgende onderdelen:

› **Structuur analyse en probleem-oplossing diagnose**

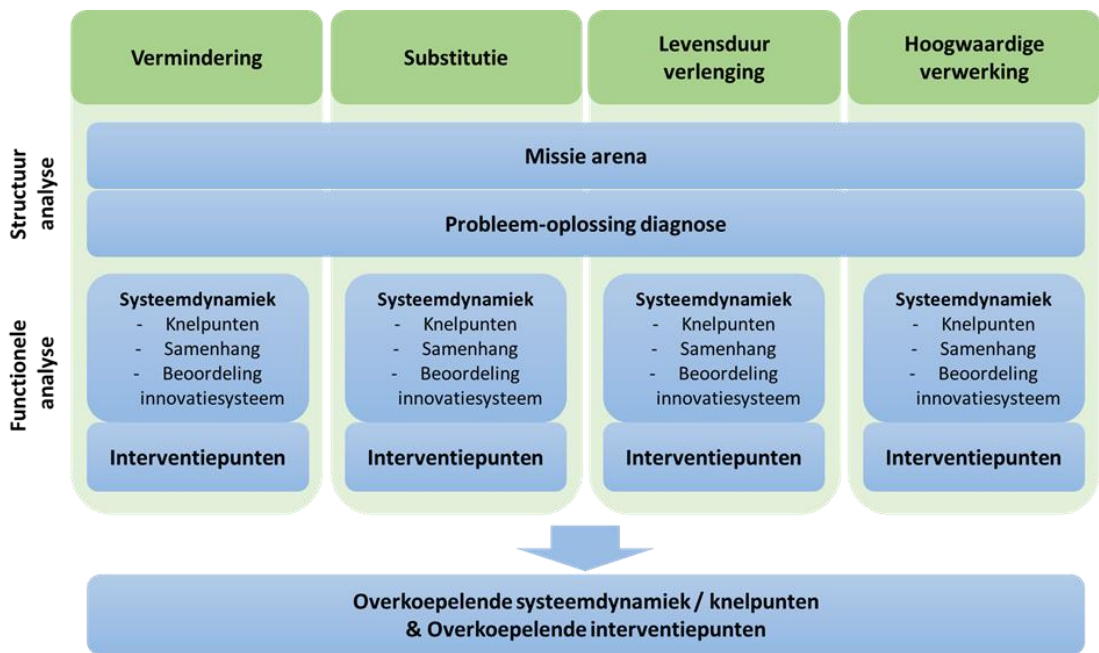
Als context wordt eerst de structuur van het **innovatiesysteem** en **missie arena** in beeld gebracht, hierbij voortbouwend op **Hoofdstuk 1**. Hierin wordt geschetst hoe actoren gepositioneerd zijn: 1) op de as van *programmering* (het stellen van kaders en beleid, sectorcoördinatie) versus *performance* (ketenactiviteiten, 'de praktijk'), en 2) de mate van invloed op het systeem. Vervolgens wordt in de **Probleem-oplossing diagnose** in kaart gebracht welke probleemstellingen er heersen in de arena, welke circulaire maatregelen het sterkst naar voren komen, en op welke manier circulaire strategieën en maatregelen steun of hinder ondervinden vanuit de probleemstellingen. Hierbij worden ook gemiste kansen in probleem-oplossing koppelingen benoemd.

› **Functionele analyse**

Vormt het hart van de MIS analyse. Hierin wordt per circulaire strategie de huidige systeemdynamiek en de invloed daarvan geanalyseerd. Dit gebeurt met gebruik van zogenaamde innovatiesysteemfuncties (zie onderstaande tabel). Deze functies vertegenwoordigen sleutelprocessen die gezamenlijk randvoorwaardelijk zijn voor de transitie. Omdat de nadruk van dit onderzoek ligt op het benutten van kansen middels interventies, worden **knelpunten** zo veel mogelijk herkenbaar vanuit de praktijk geïdentificeerd. Innovatiesysteemfuncties worden in de analyse benut als theoretische basis om observaties te duiden, en ervoor te zorgen dat er geen belangrijke dynamieken vergeten worden. Ook worden de functies gebruikt om een relatieve scoring te geven, waarbij een lage score duidt op een functie die slecht functioneert, en een hoge score duidt op een functie die goed functioneert. Hiermee wordt een indicatie gegeven van op welke functies de systeemdynamiek het meest knelt, wat ingangen geeft voor interventiepunten. Belangrijker echter is de samenhang tussen functies binnen de systeemdynamiek – deze samenhang wordt in de vorm van een diagram en met toelichting gepresenteerd per circulaire strategie en bij de prominentere strategieën, per maatregel. Op basis van deze samenhangende systeemdynamiek, wordt in samenhang een set interventiepunten (**kansen**) aangedragen die de systeemdynamiek kunnen verbeteren. We spreken in de MIS analyse van 'interventiepunten' en niet interventies, omdat interventiepunten duiden op een denkrichting – vertaling naar concrete beleidsinstrumenten, waar dit mogelijk is, vindt plaats in **Hoofdstuk 4**.

Op basis van bovenstaande analytische stappen volgt een integratie van overkoepelende knelpunten, met daaraan gekoppeld overkoepelende interventiepunten.

De samenhang van analytische stappen wordt in **Figuur D.1** uitgebeeld.



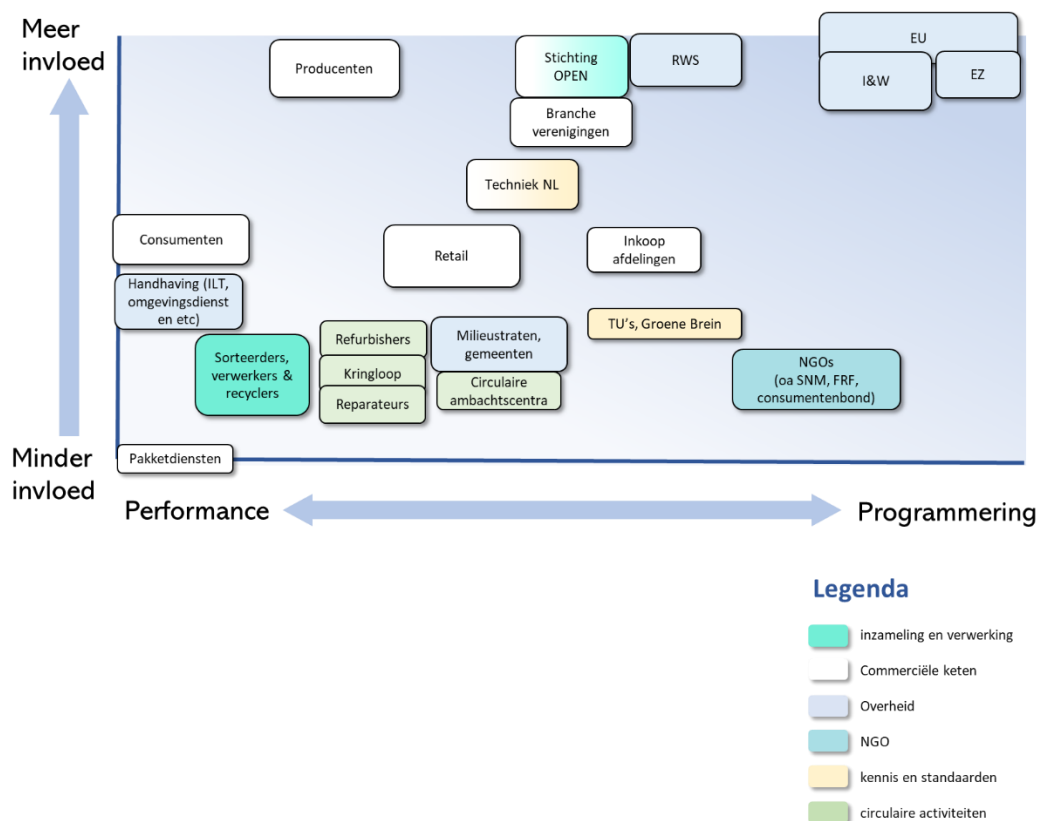
Figuur D.1: Samenhang van analytische stappen binnen MIS analyse.

Tabel D.1: Overzicht innovatiesysteemfuncties en toelichting. Zie Elzinga et al. (2023; 2024)¹⁵⁵ voor verdere uitleg.

INNOVATIESYSTEEMFUNCTIE	TOELICHTING
F1 Ondernemerschap	Activiteit door bedrijven of organisaties gericht op het ontwikkelen, experimenteren met, en opschalen van circulaire oplossingen.
F2 Kennisontwikkeling	Kennisontwikkeling over nieuwe technologieën, producten, regels en de markt zijn nodig om te kunnen innoveren.
F3 Kennisverspreiding	Kennis en know-how moet uitgewisseld worden tussen partijen die geïnteresseerd zijn in het versnellen van nieuwe oplossingen.
F4 Directionaliteit	Innovatie is per definitie onzeker, maar wordt vergemakkelijkt als er een eenduidige visie en sturing is omtrent het maatschappelijke probleem en hoe de verschillende circulaire strategieën een bijdrage kunnen leveren.
F5 Marktformatie	Het creëren van een ondersteunende selectieomgeving door het verbeteren van marktcondities en -prikkelers voor circulariteit. Denk aan wet- en regelgeving, standaarden, businessmodellen en aanbestedingscriteria.
F6 Mobiliseren van middelen	Actoren dienen werk te verzetten om middelen beschikbaar te krijgen in het innovatiesysteem. Denk hierbij aan financiële, materiële, menselijke en infrastructurale middelen om de ontwikkeling en opschaling van innovaties te realiseren en versnellen.
F7 Legitimiteit creëren	Vernieuwing kan weerstand oproepen en (commerciële) belangen pogen de status quo in stand te houden. Door het creëren van een ondersteunende socio-institutionele omgeving kan legitimiteit en draagvlak voor nieuwe probleemstellingen en nieuwe oplossingen worden gecreëerd. Denk aan aspecten als beeldvorming, verankerde routines en cultuur, lobby invloed.
F8 Coördinatie	De ontwikkeling van circulaire strategieën vergt coördinatie tussen en binnen beleid en de keten. Het behalen van de missie vereist coördinatie tussen circulaire strategieën. Deze coördinerende rol kan vervuld worden door overheden, bedrijven, NGO's, brancheverenigingen of consortia van actoren.

¹⁵⁵ [Elzinga, R. Negro, S & Hekkert, M 2023, Transitie naar circulaire autobatterijenketen : Een missie-gedreven innovatie systeem analyse. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.7573793](https://doi.org/10.5281/zenodo.7573793)

D.2 Innovatiesysteem Actoren en missie arena



Figuur D.2: Weergave van Missie Arena rond EEA.

De weergave van de Missie Arena laat een aantal dingen zien:

- Uiteraard zijn zeer invloedrijk aan de programmering zijde de verschillende **overheden**, met bovenaan de EU. EZ is ook aanwezig in de Arena omdat veel beleid vanuit EZ invloed heeft op de circulaire missie, zoals garantiebeleid, belastingbeleid, en algemeen handels- en economisch beleid dat in samenloop met het lineaire systeem geëvolueerd. RWS heeft ook een belangrijke positie in het opstellen van beleidsdoelen en het doorvertalen hiervan naar concretere operationele doelen en instrumenten.
- Direct daar tegenaan zit **Stichting OPEN**, die veel invloed heeft op de beleidsdiscussie, mede dankzij een bestuurslid dat tot speciaal gezant circulaire economie is benoemd. Daar het bestuur van OPEN bestaat uit producenten en brancheverenigingen, hebben deze een evenzeer sterke invloed. Gezien de wettelijke doelstellingen die OPEN moet behalen, en de financiering vanuit producenten komt, is de sturing vanuit Stichting OPEN gericht is op zo goed mogelijke inzameling en verwerking tegen zo laag mogelijke kosten. Stichting OPEN is actief betrokken bij diverse coalities, met name rond beleid.
- Producenten** zijn zeer invloedrijk in de operationele kant, aangezien productontwerp bepalend is voor alle circulaire strategieën. Producenten zijn vaker via brancheverenigingen actief in de programmering, zie hierboven. Individuele producenten zijn soms actief in coalities en concretere samenwerkingsverbanden rond proof of concept, het ontwikkelen van pilot producten etc.
- In de sfeer van programmering, maar met beduidend minder invloed, bevinden zich **NGO's**. Ook kennisinstellingen die via o.a. coalities en denktanks in de arena aanwezig zijn, hebben

een beperkte invloed in de vorm van onderzoeken en ondersteuning bij ketentafels en strategische verkenningen.

- › **Techniek Nederland** heeft een interessante positie, omdat het vele rollen vervult, van opleidingen en kennisdeling tot standaardisering en het communiceren van signalen en knelpunten vanuit de praktijk. Techniek Nederland is actief in coalities en ketentafels en heeft vanuit deze rollen zowel vanuit programmering als performance invloed op (bij)sturing van circulaire strategieën.
- › **Retail** heeft een centrale positie, en is redelijk goed georganiseerd en vertegenwoordigd bij ketenoverleggen. Retail heeft een belangrijke invloed op hoe de keten ingericht is, maar ook sterk afhankelijk van het aanbod en beleid vanuit producenten. Kleinere retail is nog minder goed georganiseerd en hebben minder invloed.
- › **Consumenten** hebben een redelijke invloed met hun koopgedrag, maar zijn vrijwel alleen georganiseerd rond consumentenrecht, en niet rond de circulaire EEA missie.
- › **Inkoopafdelingen** van overheden en bedrijven zijn belangrijk om te vermelden, omdat deze veel buying power hebben via inkoop- en afdankbeleid. Via PIANOo is er aandacht voor aanbestedingscriteria, en vanuit de MVOI wetgeving is er toenemend aandacht voor circulaire inkoop. Inkoopafdelingen zijn echter niet als zodanig georganiseerd als actor in de programmering en heeft daarvoor vooral invloed op de keten via koopgedrag en minder op programmering.
- › **Handhaving** is relatief invloedrijk op specifieke terreinen, maar deze bevinden zich sterk op het uitvoerende vlak, in bijvoorbeeld toezicht op afvalverwerkers (maar ook refurbishers die werken met afgedankt EEA), export en vergunningverlening.
- › **Milieustraten** zijn ondanks de centrale plek die ze innemen in het inzamellandschap, niet bijzonder sterk van invloed in de programmering. De NVRD is weliswaar betrokken bij veel tafels, maar milieustraten hebben vooral een uitvoerende rol die gedicteerd wordt vanuit afvalwetgeving en inkleding van de UPV. Echter, milieustraten ondernemen onafhankelijk van elkaar veel circulaire initiatieven en samenwerkingen (zoals vanuit circulaire ambachtscentra) en hebben via de ze route invloed op leerprocessen met circulaire oplossingen.
- › **Refurbishers** verschillen in hun betrokkenheid bij programmering, er zijn enkele koplopers die veel doen aan kennisdeling en proberen sectororganisatie op gang te krijgen. De formele invloed en krachtenbundeling is echter minder sterk nog. Vanuit praktijkervaring met knelpunten en geleerde lessen oefenen refurbishers wel invloed uit op circulaire strategieën.
- › **Kringlopen** zijn georganiseerd in Branchevereniging Kringloop Nederland (BKN), maar toch veelal losse organisaties met elk een eigen werkwijze. Kringlopen wisselen in de mate van betrokkenheid van technologisch oplossingen (revisie), waardoor de invloed op circulaire strategieën minder is dan bij refurbishers.
- › **Reparateurs** zijn doorgaans zuiver operationeel bezig, echter zijn grote reparateurs ook steeds meer betrokken bij sectororganisatie en tafels rond creëren van betere systeemcondities voor reparatie - reparateurs zijn sterk afhankelijk van zowel producenten als retail.
- › **Sorteerders en verwerkers** zijn vooral operationeel bezig, maar wel veel in contact met Stichting OPEN om praktische knelpunten af te stemmen. Dit strekt zich in coalities uit naar programmering.
- › **Pakketdiensten en logistiek** zijn volledig niet betrokken bij programmering, maar wel een belangrijke operationele schakel in het systeem.

Wat opvalt is dat er veel (soorten) partijen betrokken zijn bij netwerken zoals de LLE coalitie, Taskforce Circulaire Elektronikaketen etc. waaruit agenderende en richtinggevende documenten zijn ontstaan, zoals Routekaarten en aanbevelingen voor beleid. Hierbij is echter wel duidelijk dat in dergelijke netwerken geen besluitvorming plaatsvindt, geen bindende

afspraken worden gemaakt. Er wordt dan ook door geïnterviewden gesteld dat er veel en constructief nagedacht is afgelopen tijd, en dat dit veel inzicht en handelingsperspectief oplevert, maar dat de stap richting actie momenteel nog wel te veel uitblijft.

Probleemstellingen

De missie van circulaire EEA vormt een complex landschap. Afhankelijk van het geraadpleegde document en het jaartal, loopt het ver uiteen waar het bij circulaire EEA om zou moeten gaan. Het circulaire beleid van Nederland is historisch gezien een 'uitbouw' van afvalverwerkingsbeleid. Vanuit afvalbeleid staat centraal dat afval op een veilige en milieuvriendelijke manier wordt verwerkt. Voor EEA specifiek zijn daar de aandachtspunten van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS); lampen die giftige stoffen bevatten, of koelkasten die koudemiddelen bevatten met hoog GWP. Met verloop van tijd is daar recycling als pijler bij gekomen, in eerste instantie vooral gericht op relatief eenvoudig te herwinnen materialen zoals ijzer. Het is dan ook logisch dat vanuit het basis van recycling het circulariteitsbeleid verder is uitgebouwd. Circulariteitsbeleid legt meer nadruk op behoud van waarde in plaats van zuiver het materiaal, omdat bijvoorbeeld een herbruikbaar onderdeel meer waarde heeft dan de losse materialen waaruit het bestaat. Circulariteit onderscheidt zich ook van afvalbeleid door meer op globale impacts gericht te zijn zoals CO₂, globale biodiversiteit, land- en watergebruik. Daarmee is niet gezegd dat afvalbeleid geen mondiale blik heeft, echter is deze meer gericht geweest op aspecten van rechtvaardigheid rond voorkomen van sociale milieuschade ten gevolge van e-waste export naar bijvoorbeeld Afrikaanse landen. Relatief recent pas is de verknoping ontstaan met aangrenzende beleidsterrein van handelsbeleid, specifiek de grondstoffenstrategie. Geopolitiek turbulente tijden hebben ertoe geleid dat strategische autonomie rond kritieke materialen en economische weerbaarheid hoog op de politieke agenda zijn beland, gelijktijdig met een afname van de agenda rechtvaardigheid e-waste. Ten slotte heeft op decentraal niveau sociaal beleid een verband met circulaire activiteiten.

D.3 Knelpunten en systeemdynamiek analyse

D.3.1 Verminderen

Omdat verminderen een weinig prominente circulaire strategie blijkt te zijn binnen de innovatiesysteem dynamiek van circulaire EEA, wordt hieronder een compacte weergave van observaties gegeven, zonder een uitgebreide analyse van de systeemdynamiek.

Dynamiek rond Vermindering

Verdienmodellen en levensduur

Een belangrijke strategie betreft het produceren van producten die lang en zonder levensduur verlengende ingrepen in gebruik blijven. Qua ontwerp speelt hier een uitruil tussen aanschafprijs en levensduur; door geïnterviewden wordt gesteld dat de balans hiertussen voor producenten afgelopen decennia steeds meer richting prijsconcurrentie is geschoven.

Voor producenten is ondersteuning bieden een kostenpost terwijl verdiend wordt aan verkoop van nieuwe producten. Hierdoor is het een bekend probleem, m.n. bij personal devices en smart EEA, dat software ondersteuning wegvalt ver voordat het apparaat zelf defect is. Binnen de ESPR zijn echter al stappen gezet om dit soort *planned obsolescence* tegen te gaan, door de eis te stellen dat personal devices softwareondersteuning moeten krijgen tot minimaal 7 jaar na marktintroductie (Int2).

Bewuster en doelmatiger consumeren en produceren

Een belangrijk aspect van verminderen is het verlagen van doorloopsnelheid van producten. Er is verschil tussen de levensduur potentie van een apparaat, en hoe lang consumenten er daadwerkelijk mee (willen) doen. Een negatief voorbeeld is een telefoonabonnement waarbij men elke twee jaar een nieuwe telefoon krijgt, terwijl de vorige telefoon nog jaren mee had gekund. Het kopen van een nieuw product geeft consumenten voldoening, wat ook geïllustreerd wordt met dat 'shoppen' voor veel Nederlanders geldt als recreatieve bezigheid. Niet te onderschatten blijft de invloed van reclame om vraag onder consumenten naar nieuwkoop aan te wakkeren.

Het is echter niet zomaar te stellen dat toename van EEA zuiver negatief is. EEA vervullen een belangrijke rol in het functioneren van de samenleving en voegt veel waarde toe in het dagelijks leven. Ook heeft digitalisering bijvoorbeeld werk op afstand mogelijk gemaakt, wat weer energieverbruik van verplaatsingen kan verminderen. Daar tegenover dient opgemerkt te worden dat er een flinke toename is van lage kwaliteit EEA, waarvan de levensduur erg kort is. Ook speelt mee dat productinnovatie stimuleert om nieuw te kopen, zoals door nieuwe functionaliteit bij smartphones en grotere energiezuinigheid bij nieuw witgoed (hoewel deze ontwikkeling inmiddels afgevlakt is). Ook vanwege deze snelle vervangingsdynamiek is het voor producenten niet voor de hand liggend om te ontwerpen op lange levensduur.

Bewust en doelmatig consumeren (en dus ook bewust en doelmatig produceren) staat nauwelijks in de aandacht. Dit kan verklaard worden vanuit algemene heersende principes van het stimuleren van economische activiteit en vrije consumentenkeuze. Consumentenkeuze wordt gezien als iets waar vanuit overheden minder invloed op uit te oefenen is (int2).

Materiaalvermindering en spanning met andere circulaire strategieën

Vanuit praktijk en vanuit innovatiesysteem zijn er geen aanwijsbare knelpunten voor materiaalvermindering per product. Het gebruiken van minder materiaal past binnen de business-as-usual bedrijfsvoering van producenten, als middel om kosten te besparen. Reductie van materiaalgebruik vergt echter wel een delicate balans, omdat er vaak uitruilen zijn met andere wenselijke productkenmerken, zoals robuustheid. Daardoor staat vermindering van materiaalgebruik ook vaak op gespannen voet met andere circulaire strategieën. Enkele manieren waarop dit kan optreden:

- › Preventie
 - Robuustheid van producten en componenten kan afnemen bij toepassing van minder materiaal
- › Levensduurverlenging
 - Materiaalbesparing stuurt op het toepassen van plastics en klik- en lijmverbindingen (t.o.v. schroefverbindingen), hetgeen de repareerbaarheid kan schaden.
 - Indirect effect van bovenstaande punten is dat de waarde van producten op de tweedehandsmarkt afnemen.
- › Recycling
 - Materiaalbesparing stuurt op vervanging van metaal door plastics (minder gewicht, lagere kosten), welke een stuk minder goed recyclebaar zijn dan bijvoorbeeld metalen.
 - Het optimaal op toepassing selecteren van specifieke kunststoffen leidt tot grote verscheidenheid aan materialen in hetzelfde product, hetgeen het goed scheiden en verwerken van deze plastics in de weg staat. (int9,11)
 - Het verminderen van edelmetalen in printplaten en integratie van onderdelen zorgt ervoor dat deze materialen lastiger en minder rendabel terug te winnen zijn.
 - Het is tegenwoordig mogelijk om aluminium te spuiten op plastic. Dit bespaart materiaal, echter is het voor recyclers vrijwel onmogelijk deze lagen weer te scheiden. (int12)

Deze raakvlakken komen ook terug onder bespreking van de overige circulaire strategieën.

Deelgebruik

As-a-service modellen, in de zin van verhuren in plaats van verkopen van EEA, winnen nauwelijks aan terrein. Dit heeft onder andere de volgende redenen.

Beperkte vraag naar AaS. Het segment van consumenten dat open staat voor As-a-service is tegelijk ook het segment dat waarde hecht aan kwaliteit en daarvoor bereid en in staat is te betalen. Het segment van klanten dat voor AaS gaat, is vaak niet in staat een nieuw apparaat te kopen, en vaak hangt dit samen met financiële instabiliteit. Daardoor is er vaker sprake van discontinuïteit in de verhuur. Dit leidt weer tot kosten voor innemen, nalopen en reinigen van apparatuur (zoals een wasmachine). Ook blijken consumenten minder voorzichtig te zijn met apparatuur waarvan zij geen eigenaar zijn en de onderhouds- of vervangingskosten niet hoeven te betalen. (int8)

Deze risico's kunnen weliswaar in de prijs van de dienst worden verrekend, maar daardoor is AaS vaak uiteindelijk duurder voor de consument dan eigen aanschaf (int10). De verwachting is dat AaS niet vervangend zal zijn voor verkoop (int8,9). De algemene redenering achter deelgebruik is het verhogen van gebruiksintensiteit. Voor veel EEA producten gaat dit echter niet op omdat deze producten ofwel reeds de hele dag in gebruik zijn, ofwel om hygiëne of logistieke redenen niet gedeeld kunnen worden. De propositie van As-a-service beperkt zich

in de onderzochte EEA productcategorieën momenteel dus vooral tot 'ontzorging' van de consument. Dit leidt er ook toe dat partijen die AaS concepten uitprobeerden, nu meer bewegen richting aanbieden van extra onderhoudsdiensten bij verkoop (Int8,9). Een niche echter waarin as-a-service wel succesvol is, is gedeelde woningen zoals studentenhuizen (int10).

Ten slotte blijkt uit interviews dat producenten lastig uit het lineaire model treden, omdat een omschakeling naar meer asset management niet goed past binnen de bedrijfsstructuren en systemen.

D.3.2 Substitutie

Behalve substitutie met recyclaat, wordt substitutie niet genoemd door geïnterviewden als circulaire strategie bij EEA, en wordt bijvoorbeeld biobased meer in verband gebracht met verpakkingsmaterialen of andere toepassingsgebieden.

Biobased

Biobased materiaal krijgt erg weinig aandacht binnen EEA en wordt in interviews niet genoemd als circulaire maatregel. Biobased materiaal staat soms bekend als stoorstof in recycling, maar dit geldt vooral voor *biologisch afbreekbare* plastics, die ofwel fossiel ofwel biobased kunnen zijn.

Op basis van bevindingen rond knelpunten voor recyclaat zouden vergelijkbare knelpunten kunnen spelen voor biobased plastics:

- › Eisen aan materiaaleigenschappen vanuit producenten en uiterlijk waaraan biobased (nog) niet voldoet.
- › Bewerkelijke productieproces dat de prijs hoog maakt
- › Waardeketen die niet ver ontwikkeld is en voor producenten minder betrouwbaar is dan goedkope primaire materialen die wel voldoen aan alle vereisten.

Alternatieven voor CRMs

Voor substitutie van bepaalde CRMs met andere, minder kritieke of strategische materialen geldt voor producenten dat zolang primaire CRMs betaalbaar genoeg zijn, er geen prikkel is om over te gaan op alternatieven, en dus momenteel nog niet op de radar staat bij fabrikanten.

De Critical Raw Material Act (CRMA) stelt doelstellingen Europese delving van CRMs en targets van op Europese bodem gerecyclede CRMs, en stuurt daarmee voornamelijk op versnellen van strategische autonomie rond CRMs, maar stuurt niet zozeer op vervanging van CRMs door alternatieven. Producten en producenten vallen nog buiten de scope van de CRMA, dus ligt de nadruk nog vooral op de achterkant van de keten i.p.v. de voorkant.

D.3.3 Levensduurverlenging

Onder levensduurverlenging worden hier hoofdzakelijk reparatie en hergebruik in de vorm van refurbishment besproken. Onderhoud en direct hergebruik (tweedehands) zijn ook strategieën, maar deze hebben veel minder aandacht vanuit de keten en innovatiesysteem dan reparatie en refurbishment, en komen daarom ook weinig terug in onderstaande analyse.

Dynamiek rond Levensduurverlenging

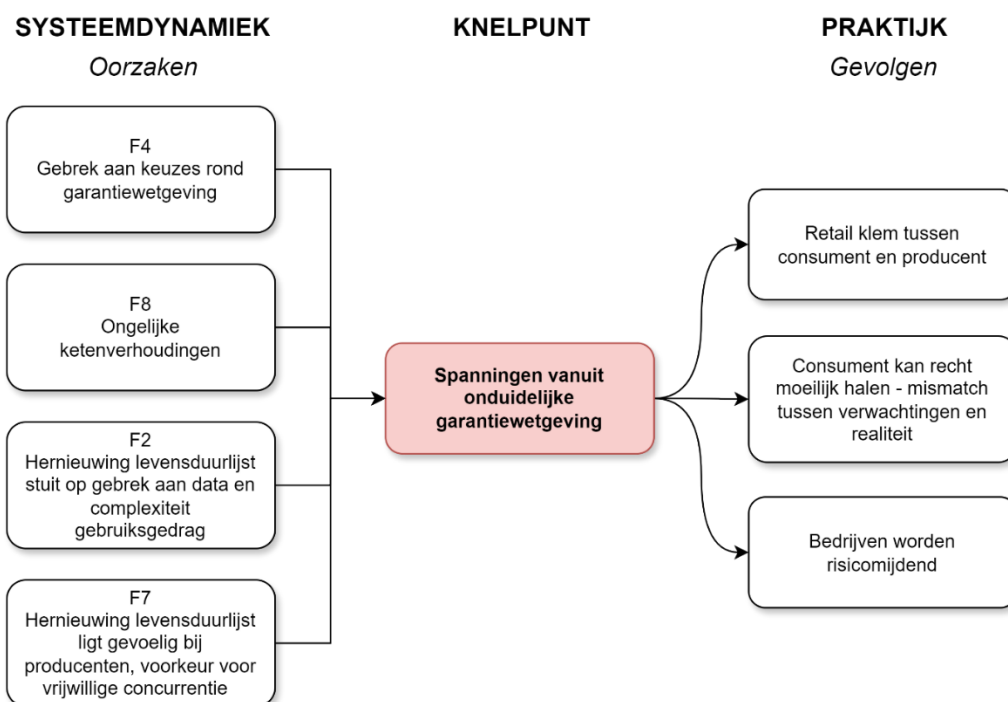
Spanningen vanuit garantiewetgeving

De huidige **garantiewetgeving produceert spanningen**. Open garantie definieert non-conformiteit op basis van 'redelijkerwijs te verwachten levensduur', **zonder** een **juridisch bindende referentie** (levensduurtabel). Hierdoor neemt bepaling van non-conformiteit direct het karakter aan van een onderhandeling. In dit grijze gebied van onderhandeling staan producenten doorgaans het sterkst. **Consumenten lopen risico** proceskosten te moeten dekken indien ze de uitspraak van de geschillencommissie verliezen. De ACM rapporteert ook signalen dat onderzoeks- en voorrijkosten ten onrechte bij consumenten worden neergelegd. **Retail zit klem** tussen voldoen aan consumentenrecht en klanttevredenheid, en hun relatie met producenten. Met name kleinere winkels zijn **afhankelijker** van producenten/leveranciers dan vice versa. Retail kan hierdoor niet altijd vervanging of reparatie succesvol verhalen bij producenten, wat soms op consumenten wordt **afgewenteld** door claims af te wijzen (int4,5). Producenten lopen vanuit open garantie het **risico** om vervanging of reparatie te moeten leveren voor producten die onevenredig zwaar of verkeerd gebruikt zijn (zie 'Recht op vervanging hindert reparatie') (int8,9).

Onduidelijkheid vanuit open garantie in combinatie met ketenverhoudingen heeft als gevolg dat buiten fabrieksgarantie non-conformiteitsbepaling vaak neerkomt op een **onderhandelde verdeling** van kosten, op basis van de leeftijd van het product en een **levensduurtabel** van UNETO uit 2014. Deze levensduurtabel is inmiddels gedateerd, en meerdere partijen proberen tot een nieuwe, meer bindende, levensduurlijst te komen (int2,5). Echter stagneert dit proces omdat het ophalen van levensduur inschattingen vanuit producenten vanuit **mededingingsrecht** wordt gezien als prijsafspraken (int4,5,9). Anderzijds zou een objectieve lijst inzicht in daadwerkelijke levensduur data vereisen. Echter wordt deze **concurrentiegevoelige data** niet zomaar door producenten gedeeld (int5). Ook hebben producenten weinig tot geen zicht op de levensloop van hun producten, en **ontbreekt** de benodigde data dus (int8). Echter blijken producenten weinig interesse te hebben van refurbishers te horen **welke defecten** zij bij hun producten aantreffen (int12). Ten slotte is **gebruiksgedrag** een bepalende factor in levensduur, dus valt een algemene te verwachte levensduur erg lastig vast te stellen (int5,8,9). Hierop kan gezegd worden dat verwachte levensduur weliswaar geen absolute waarheid kan zijn, maar wel een graadmeter biedt (int12). Geïnterviewden zijn het erover eens dat het Nederlandse open garantiestelsel **op papier beter** is voor consumenten, maar dat in praktijk deze wetgeving enorm verwarrend is, spanningen veroorzaakt voor alle betrokkenen, en in praktijk zeer **onbetrouwbaar** is in het bieden van extra bescherming voor consumenten.

Een ander belangrijk onderdeel van garantiewetgeving is de achterliggende **aansprakelijkheid**. Producten zijn CE-gecertificeerd en daarmee veilig bevonden. Echter, wanneer onderdelen vervangen worden met niet-originele onderdelen of niet volgens specifieke protocollen, ontstaat de vraag of de producent nog wel aansprakelijk zou moeten zijn, en zo nee, wie dan wel. Er bestaat een (grotendeels onterecht) **schrikbeeld** bij

reparateurs dat het toepassen van niet-originele onderdelen leidt tot vervallen van CE-keurmerk (int5). Dit is echter alleen het geval wanneer *specificaties* van onderdelen afwijken t.o.v. origineel. Voor garantiewetgeving zoals hierboven beschreven geldt dat de refurbisher van EEA niet de producent wordt, maar wel een eigen garantie afgeeft richting retail. Hierin ontstaat een complexe B2B situatie waarin onderhandeld wordt wie welk risico op zich neemt. Andere productgroepen zoals batterijen zijn al verder met het formaliseren van deze discussie (int1).

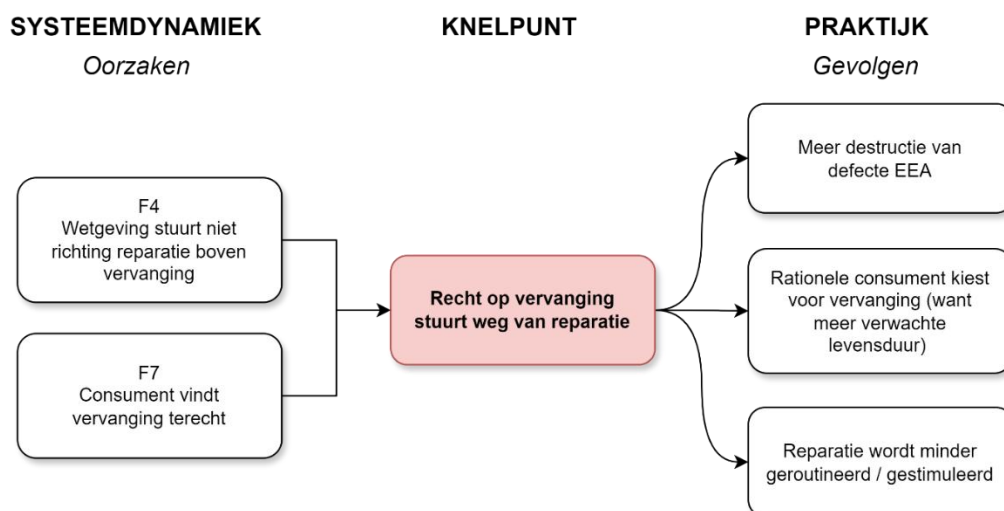


Figuur D.3: Systeemoorzaken knelpunt spanningen vanuit onduidelijke garantiewetgeving.

Recht op vervanging stuurt weg van reparatie

Consumenten hebben in geval van non-conformiteit recht op reparatie of vervanging, binnen redelijke termijn. Een **rationele consument** zal in veel gevallen **vervanging verkiezen boven reparatie**, aangezien een nieuw product een langere verwachte levensduur heeft dan een gebruikt gerepareerd product. Consumenten zijn bang zichzelf te kort te doen door akkoord te gaan met reparatie, en hebben ook vaak het gevoel dat het product niet defect had mogen gaan, dus de producent een nieuw exemplaar verschuldigd is (int10). Wanneer een reparatie binnen redelijke termijn mogelijk is, wordt ook overgegaan tot vervanging (zie ook 'Reparateurs afhankelijk van producenten').

Ten slotte levert het recht op vervanging bij non-conformiteit soms de **bedenklijke situatie** op dat een vrij oud apparaat door de producent vervangen moet worden met een nieuw exemplaar. Dit bedrijfsrisico leidt ertoe dat producenten terughoudend zijn met beloftes of wekken van verwachtingen over levensduur, aangezien een geschillencommissie dat als bewijs kan aanvoeren rond 'redelijk te verwachten levensduur'. (int8,9)



Figuur D.4: Systeemoorzaken knelpunt recht op vervanging stuurt weg van reparatie.

Wettelijke kaders gericht op verwerking i.p.v. hergebruik

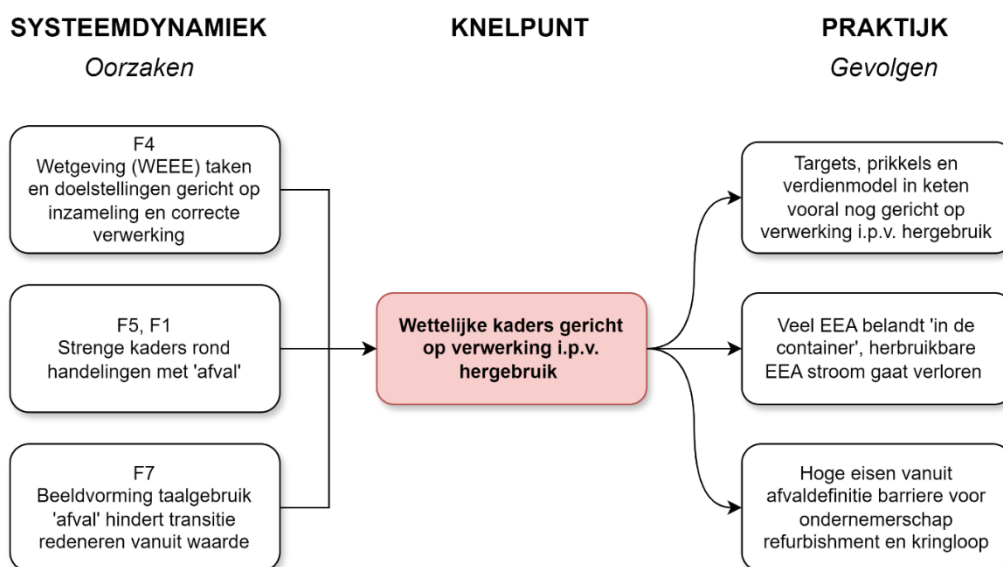
Vanuit de WEEE directive, en de nationale invulling van UPV, staan **doelstellingen** centraal rond **inzameling, recycling en correcte verwerking**. Hierdoor is Stichting OPEN de PRO die middels de AVV wettelijk is aangewezen als enige organisatie verantwoordelijk voor inzameling en verwerking van EEA. Stichting OPEN wordt afgerekend op het behalen van inzamel en recycling doelstellingen, en **niet op hergebruik**, d.w.z. ofwel het voorkomen van de afvalfase voor herbruikbare EEA, ofwel het voorbereiden op hergebruik. Deze doelstellingen geven formeel de prikkel om inzamelen en verwerken van goed herbruikbare EEA te prioriteren boven hergebruik. Stichting OPEN wordt echter wel als steunend ervaren bij hergebruik experimenten bij milieustraten, maar opereren binnen financiële kaders die hoofdzakelijk aansturen op het helpen voldoen van producenten aan hun wettelijke plicht tegen zo laag mogelijke **kosten**. Huidige **vergoedingen** richting inzamelpunten, bekostigd vanuit de afvalbeheersbijdrage, zijn bijvoorbeeld **niet beschikbaar** voor inzameling voor hergebruik (int13).

Stichting OPEN moet **lekstromen** voorkomen en probeer daarom zo veel mogelijk van het circuit CENELEC gecertificeerd en **registratieplichtig** te maken. Hoewel dit logisch is, staat inzamelen dat leidt tot toekennen van afvalstatus aan EEA, op gespannen voet met hergebruik. Wanneer EEA is ingezameld, is het namelijk wettelijk gezien afval en mogen alleen CENELEC gecertificeerde partijen handelingen met deze producten verrichten.

Afvalstatus werkt belemmerend voor hergebruik en refurbishment op verschillende manieren. Cenelec certificering is niet zomaar verkregen; het vergt kennis van zaken en geeft administratieve en operationele kosten, waardoor m.n. MKB partijen een horde ondervinden (int5,12). De verklaring einde afvalstaat die nodig is om producten uit afvalstroom weer te mogen verkopen voegt ook **complexiteit en kosten** toe. Vaak bevat afgedankte EEA nog prima functionerende componenten, die soms ook eenvoudig en veilig te verwijderen zijn. Omdat echter de afvalstatus over het gehele product geldt, mag een **component niet** zomaar **hergebruikt** worden.

De **interpretatie** van wat wel of geen **afval** is, en dus wanneer men in overtreding is met refurbishment of verkoop, **verschilt** flink tussen toezichthouders (ILT en lokale omgevingsdiensten), wat ook willekeur en onzekerheid oplevert voor ondernemers (int13).

Ten slotte is **inzameling** van consumenten- en bedrijfs EEA **gescheiden** geregeld, wat het vormen van kritieke massa tegenwerkt (int7). EEA afkomstig van bedrijven wordt door refurbishers gezien als van hoge kwaliteit (int12).



Figuur D.5: Systeemoorzaken knelpunt systeem gericht op verwerking i.p.v. hergebruik.

Gebrekkige uniformiteit in inzameling en voorsortering op hergebruik

Bestaande praktijken en efficiëntieprikkels in het afvalverwerkingscircuit leiden tot **schade tijdens inzameling en logistiek** (in één grote bak). Om schade te beperken en afvalstatus te voorkomen wordt ook steeds vaker voorgesorteerd bij milieustraten en circulaire ambachtscentra, om potentierijke producten apart te houden en te refurbishen. Dit voorsorteren staat echter nog in de **kinderschoenen** en wordt momenteel door elk initiatief weer anders gedaan (int1,6,7). Daar komt bij dat er momenteel veel overlap is tussen de sorteer- en refurbishment activiteiten van milieustraten, circulaire ambachtscentra, kringloopwinkels en refurbishers (int6,7,8,12), zie 'Versnippering en gebrek opschaling rond refurbishment activiteiten'.

Het **inschatten** van **marktpotentie** van producten is ook een uitdaging. Omdat medewerkers veel tijd kwijt zijn aan online zoekwerk voor potentie inschatting, wordt er vaak een ruwe inschatting gemaakt. Dit leidt ertoe dat refurbishers en kringloopwinkels 'eieren voor hun geld' kiezen bij het aannemen of afwijzen producten, wat ook sterk afhangt van lokale marktvraag en de in-house refurbishment skills van de betreffende partij (int7, 12,13). Verwacht wordt dat **AI en automatisering** een grote rol kunnen spelen bij het versnellen en uniformiseren van het inschatten van actuele marktpotentie van EEA (int6,12,13).

Professionalisering, uniformiteit van werkwijzen, specialisatie en taakverdeling en bundeling van herbruikbare EEA stromen is dus nog te veel afwezig, mede dankzij het uitgangspunt dat decentrale overheden eigen invulling moeten geven. De meningen van geïnterviewden verschillen dan ook of standaardisatie of juist lokaal maatwerk de weg vooruit is. Echter wordt door het merendeel geconcludeerd dat schaal en uniformiteit cruciaal zijn het opschalen van hergebruik en refurbishment. (int1,6,7,12)

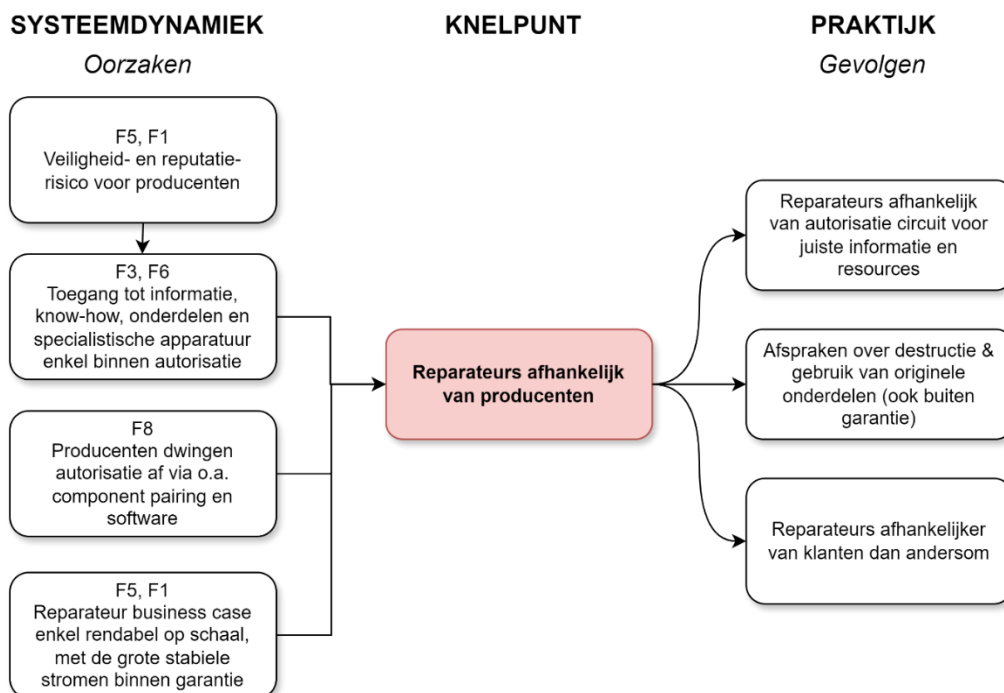
Reparateurs afhankelijk van producenten

Producenten hebben **aanzienlijke invloed** op de werkwijze en reparateurs. Voor producenten vormt het namelijk een risico als reparateurs niet volgens protocol of met ongeschikt gereedschap werk. Producenten proberen hierom reparatie zo veel mogelijk vanuit eigen **(geautoriseerd) circuit** plaats te laten vinden, en sturen hierop met:

- › **Fabrieksgarantie** vervalt meestal als een niet-geautoriseerde reparateur repareert, of niet-originele onderdelen worden toegepast
- › Benodigde **informatie en skills**, onderdelen en specialistische apparatuur zijn enkel (c.q. beter) beschikbaar binnen eigen autorisatie-circuit (int4). Right to repair wetgeving verplicht echter toegang tot informatie en onderdelen voor gecertificeerde reparateurs (int4,5).
- › **Pairing** van componenten en software updates.

Ook biedt het officiële circuit **gemak voor reparateurs** en het zelfstandige pad in vergelijking dus ongemak. Een reparateur bestelt eenvoudig een onderdeel via de fabrikant door het serienummer op de website in te voeren. Het zelfstandig achterhalen van het benodigde onderdeel is juist weer erg lastig (int12). Hierin speelt mee dat compatibiliteit van onderdelen **niet transparant** is, en producenten hierin geen stappen lijken te zetten (int12). Voor refurbishers is het hierdoor erg lastig te bepalen naar welke onderdelen vraag zou kunnen zijn, omdat het **onofficiële circuit onderontwikkeld** is. Hier is de *automotive* sector bijvoorbeeld al veel verder in.

De afhankelijkheid van grote reparateurs van hun klanten leidt er in combinatie met **commerciële afwegingen** toe dat er afspraken gemaakt worden over **destructie** van in principe reparabele producten (int3). Ook blijkt dat grote reparateurs vaak **ook buiten garantie originele onderdelen** toepassen, vanwege afspraken met fabrikanten, maar ook vanwege efficiëntie in onderdeelopslag (int4,5,3).



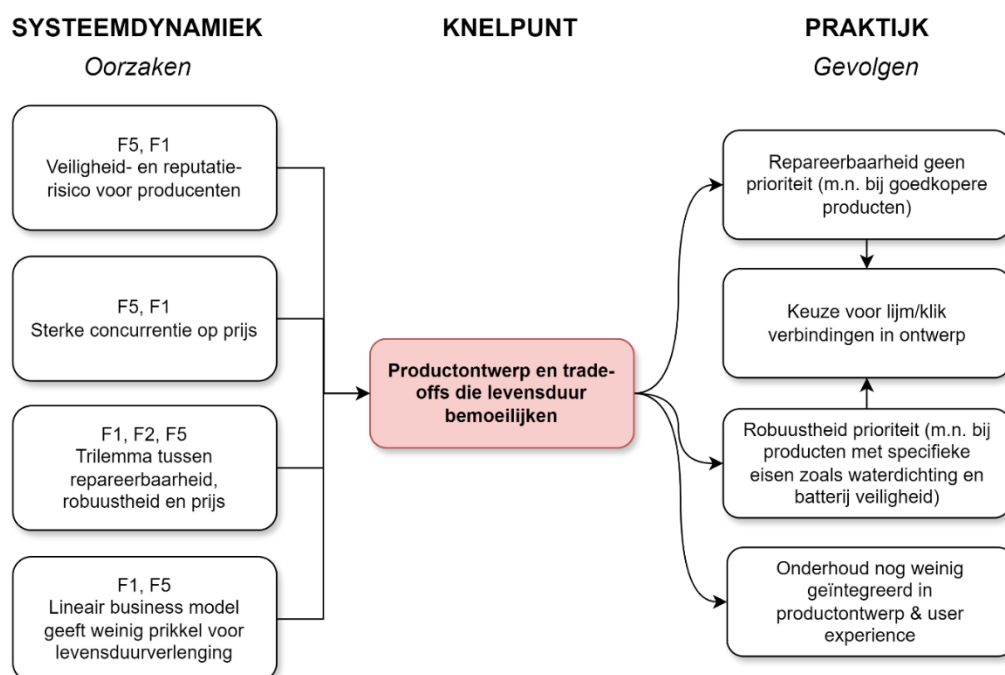
Figuur D.6: Systeemoorzaken knelpunt reparateurs afhankelijk van producenten.

Productontwerp en trade-offs die levensduur bemoeilijken

In productontwerp heeft **repareerbaarheid niet altijd prioriteit**. Met name bij goedkopere producten staat repareerbaarheid binnen sterke concurrentie op prijs regelmatig op gespannen voet met andere eigenschappen, zoals waterdichtheid en voorkomen van blootligging batterijen bij schade (int3,8,9,11). Vaak zijn verbindingen eenvoudiger en goedkoper permanent te verwezenlijken (bijv. verlijming, klikverbindingen) dan hersluitbaar (bijv. schroeven). Ook kan er **uitruil** bestaan tussen **robuustheid en repareerbaarheid**, waarin voor producenten het voorkomen van reputatieschade door vroegtijdige defecten zwaarder weegt (int8). Daarin nemen producenten in ontwerpkeuzes mee of ze het financieel realistisch achten of er überhaupt reparatie zal worden verricht aan het product (int8) – zie ‘Hoge kosten voor reparatie en refurbishment’. Producenten zijn wel bezig met repareerbare ontwerpen voor ook klein huishoudelijk, maar dat blijft nu nog in de marge (int3), terwijl reparatie bij witgoed al tijden gemeengoed is.

Productontwerp zou volgens geïnterviewden nog meer proactief kunnen **aansturen op onderhoud**. Modern witgoed heeft bijvoorbeeld apps die ook meldingen kunnen geven, maar voor lang niet alle EEA wordt onderhoud in de interface opgenomen (int10).

Er zijn ook subtielere vormen van reparatie-bemoeilijkend ontwerp, zoals gebruik van unieke schroefkoppen (int7).



Figuur D.7: Systeemoorzaken knelpunt productontwerp en trade-offs die levensduur bemoeilijken.

Hoge kosten voor reparatie en refurbishment

De vraag of reparatie of vervanging de beste route is, komt zowel binnen als buiten non-conformiteit neer op een **financiële afweging**. Een retailer zal bij aanmelding van een defect een inschatting maken van te verwachte reparatiekosten, of laat deze inschatting maken door de reparateur. Op basis van deze inschatting wordt besloten tussen reparatie of vervanging (int10). Bij non-conformiteit zal de producent deze afweging maken, buiten non-conformiteit zal

de consument deze afweging maken, vaak ook in relatie tot de aantrekkelijkheid van een nieuw product.

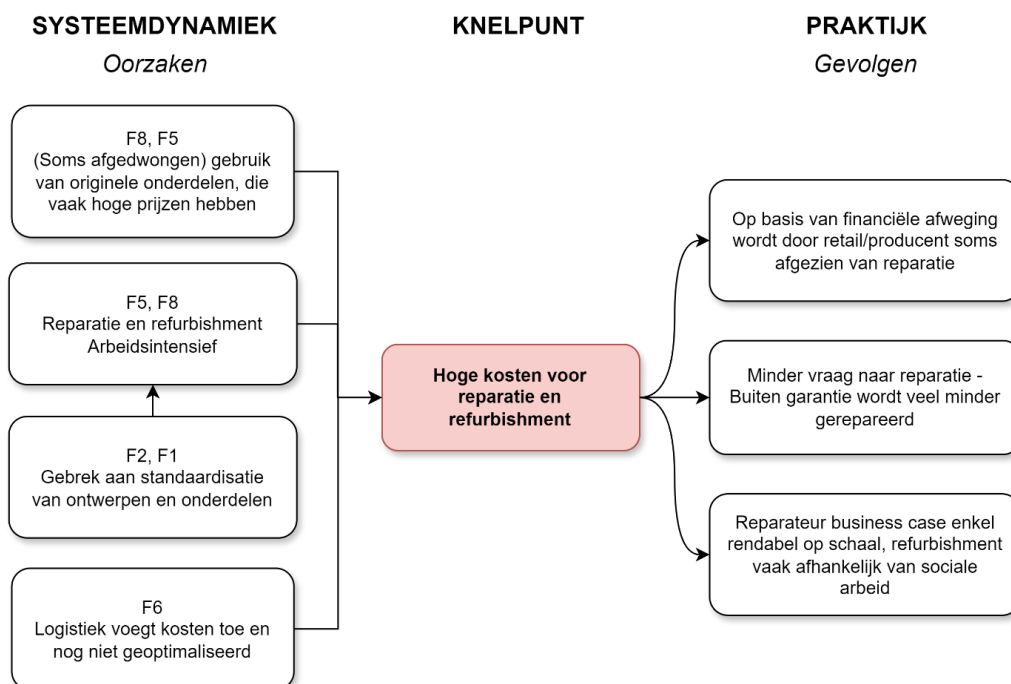
Arbeidskosten zijn in Nederland relatief **hoog**. Reparatie en refurbishment zijn **arbeidsintensief** – er zijn veel handelingen bij betrokken zoals defecten vaststellen, schadevrij openen en sluiten met stof- en waterdichtheidseisen, onderdelen vervangen en tests doorlopen om functioneren te kunnen garanderen. Voor refurbishment geldt dat naarmate het product verder van nieuwstaat verwijderd is, de kosten met sprongen toenemen. Hoe arbeidsintensief reparatie is, hangt sterk af van **schaal en repetitie**. Een stabiele, grote stroom van dezelfde apparaten stelt in staat om geroutineerd en efficiënt te repareren of refurbishen (int3). Mede dankzij schaal, en toegang tot informatie vanuit producenten, apparatuur en onderdelen, weten (vaak geautoriseerde) reparateurs binnen garantie winstgevend te blijven. **Standaardisatie** van ontwerpen en onderdelen speelt een grote rol in efficiëntie van reparatie en revisie (int4,5), maar blijft uit, omdat hierop niet gestuurd wordt en producenten concurreren via eigen ontwerpen (int8).

Er wordt verwacht dat **AI en automatisering** kan helpen bij het verlagen van kosten, door online zoekwerk naar handleidingen, updatesoftware, administratie en advertenties aanmaken uit handen te nemen (int12). Door de hoge arbeidskosten zijn refurbishment en reparatie buiten garantie (zoals verricht wordt in circulaire ambachtscentra), in veel gevallen afhankelijk van sociale arbeid of vrijwilligers.

Producenten bepalen tarieven en voorwaarden voor gecontracteerde reparateurs, vaak een vast bedrag per reparatie, waardoor reparateurs noodzaak zijn om efficiënt te werken (int3, 4, 5) – er is '**geen tijd voor gepuzzel**', zoals huidig wel nodig is voor sortering en revisie van afgedankte EEA en mogelijk wordt gemaakt door inzet van sociale arbeid. (int3)

Logistiek voegt kosten toe aan reparatie en refurbishment. Ook zijn er nog inefficiënties aanwezig, bijvoorbeeld verscheping van een claim tussen reparateurs, omdat de vanuit retail gecontracteerde reparateur dat product niet kan of mag repareren (autorisatie) (int5).

Originele onderdelen worden vaak als **buitenproportioneel duur** ervaren. Het is soms evident maar soms twijfelachtig of er enerzijds sprake is van een kwaliteitsverschil met off-brand (int3,4,5). Zie ook 'Reparateurs afhankelijk van producenten'.



Figuur D.8: Systeemoorzaken knelpunt Hoge kosten voor reparatie en refurbishment.

Onderontwikkelde klantreis en kwaliteitsperceptie

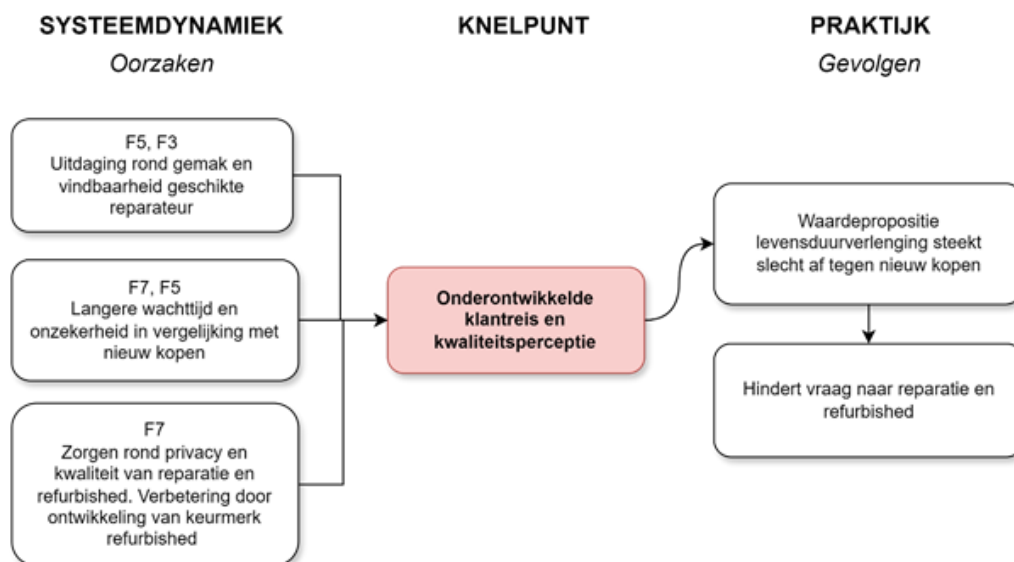
In vergelijking met de klantreis van nieuwe producten is de ervaring van reparatie (buiten garantie) onderontwikkeld, op o.a. de volgende punten:

- › **Vindbaarheid** van geschikte reparateur, hoewel initiatieven zoals de websites van het Nationaal Reparateursregister en Repareer Simpel hier verbetering in proberen te bieden. (int2, 4)
- › Het is vaak **langer wachten** op reparatie, mede dankzij arbeidsintensiteit, diagnose fase, beperkende logistiek en beschikbaarheid van onderdelen. (int2,9)
- › **Onzekerheid** aan de voorkant over reparatiekosten en moeten nadenken over **prijs-kwaliteit afweging** van kwaliteit reserve onderdelen (int4,5)
- › Zorgen rond **privacy** en technisch juiste **werkwijze**. De reparateur 'op de hoek' heeft slecht imago. (int5)

Waarin de klantreis van kleine reparateurs wel voorziet, is het bieden van inruil met korting op een nieuw of refurbished toestel indien het product niet (kosteneffectief) reparabel is (int12).

Bij refurbishing speelt het knelpunt van klantreis veel minder, omdat refurbished producten via webshops als bijvoorbeeld Back Market qua gemak, levensduur en afgeven van garanties zeer dicht in de buurt komen bij nieuwe producten. Voor onderhoud is de klantreis beter dan reparatie, maar alsnog onderontwikkeld net als productontwerp dat onderhoud stimuleert. Naast de klantreis is ook de **kwaliteitsperceptie** en **kwaliteitsgarantie** nog in beweging bij refurbished. Enerzijds speelt hierbij de onduidelijkheid bij consumenten over wat refurbished precies is (van 'alleen uit de verpakking' tot zware revisie), en anderzijds legitieme zorgen over het kwaliteitsniveau van refurbished producten. Om deze zorgen weg te nemen is het Keurmerk Refurbished ontwikkeld door Techniek NL i.s.m. TÜV Nord. Ook geven refurbished retailers vaak een garantie af van bijv. één jaar, om zorgen over kwaliteit te ondervangen. (int5)

Ten slotte zou de **retail** een rol kunnen spelen als ‘hub’ voor levensduurverlenging. In de automotive sector is tweedehands verkoop vanuit retail zeer gebruikelijk. Het van hand wisselen van EEA gebeurt nu vooral via **informele** P2P platforms, waardoor gebrek aan betrouwbaarheid en garantie een hindernis vormt. Retail is vanuit het lineaire model niet gewend om te resellen, terwijl de retail daartoe wel een goede positie heeft met betrekking tot het bereiken van consumenten.



Figuur D.9: Systeemoorzaken knelpunt Onderontwikkelde klantreis en kwaliteitsperceptie.

Versnippering en gebrek opschaling rond refurbishment activiteiten

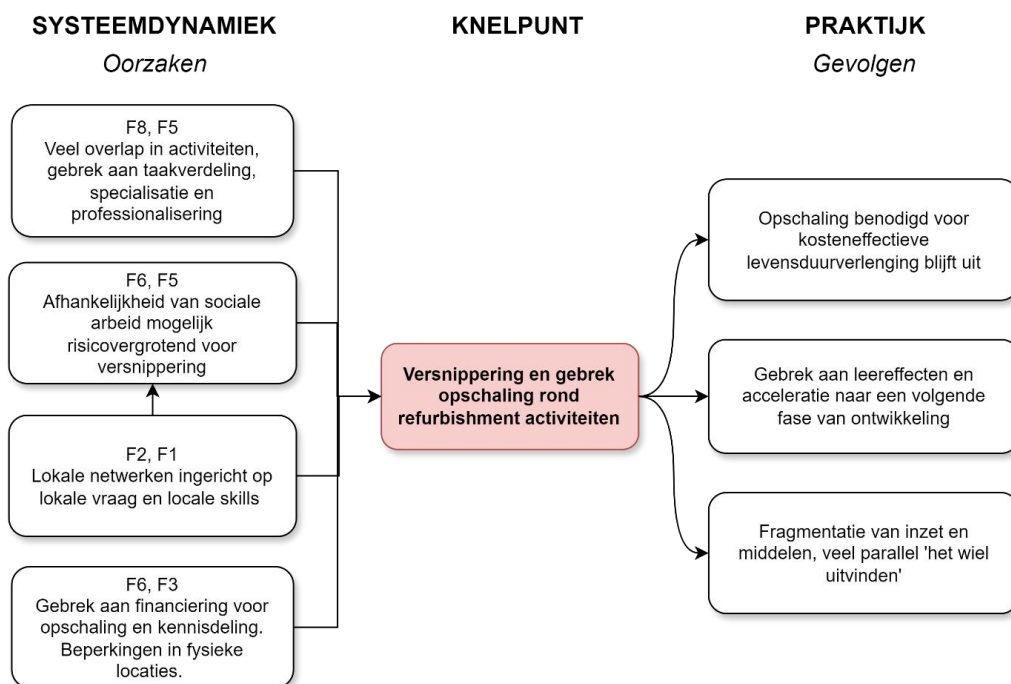
Er is momenteel **veel overlap in activiteiten** tussen milieustraten, kringloopwinkels, circulaire ambachtscentra en refurbishers. Circulaire ambachtscentra (CA) combineren reparatie met onderwijs en begeleiding van mensen met afstand tot de arbeidsmarkt. Vaak heeft een CA ook een winkel, terwijl de ligging vaak niet ideaal is voor consumenten. Kringloopwinkels hebben eveneens vaak een sociaal arbeid karakter en door meer reparatie- en refurbishment handeling steeds meer overlap met CA's. Met name circulaire ambachtscentra zijn in populariteit toegenomen, mede dankzij een icoonproject vanuit Transitieagenda consumptiegoederen (int 6,7). De overlap in activiteiten helpt niet bij de **taakverdeling en opschaling** die nodig is om refurbishment kosteneffectief te maken.

Ook speelt hierbij **beperkingen van fysieke locaties**. Milieustraten hebben te weinig ruimte om gedetailleerd voor te sorteren, terwijl het wenselijk is zo vroeg mogelijk na afdanken goed te sorteren op herbruikbaarheid c.q. specifieke recycling vereisten. Het blijft tot op heden lastig te bepalen waar in de keten het beste moment is om te sorteren en te scheiden (int6).

Ten slotte vormt het **lokale karakter van huidige netwerken** een belemmering. Wanneer bij een milieustraat gesorteerd wordt op hergebruik, wordt dat nu vaak gedaan door of voor een lokale partij die redeneert vanuit **lokale vraag** en **lokale skills**. Hierdoor gaat veel waardevol EEA verloren (int7). Ook de koppeling met arbeid vanuit afstand tot de arbeidsmarkt is vaak van lokale aard, wat mogelijk op gespannen voet staat met opschaling en specialisatie.

Wat ook hinderend werkt is het **gebrek aan serieuze financiering voor publieke partijen**, ondanks dat zij vaak circulaire koploper zijn door intrinsieke motivatie en duurzaamheidsdoelstellingen. Publieke organisaties kunnen **niet meedingen naar**

innovatiesubsidies (int6,7). Vanuit de aanname dat marktpartijen innovatie zouden moeten trekken, wordt financiering gekoppeld aan deelname van bedrijven, bijvoorbeeld in publiek-private samenwerkingen. Echter zijn bestuurders hiervoor huiverig omdat dergelijke samenwerkingen als risicovol worden gezien, o.a. door faillissementen (int7). Ook geven commerciële circulaire partijen aan dat er geen publieke middelen beschikbaar worden gesteld om hun **kennis te delen** in het netwerk. Dit alles **werkt verspreiding en opschaling van best practices** tegen.



Figuur D.10: Systeemoorzaken knelpunt Versnippering en gebrek opschaling rond refurbishment activiteiten.

Beoordeling innovatiesysteemfuncties rond levensduurverlenging

FUNCTIE	PRESTATIE	TOELICHTING
F1 ondernemerschap Activiteit door bedrijven en praktijk experimentatie met nieuwe oplossingen	Reparatie 3,5/5	› Reparatiepraktijk verschilt per productcategorie. › Bij goedkopere ontwerp trilemma tussen robuustheid, repareerbaarheid en prijs.
	Refurbishment X/5	› Standaardisatie door producenten blijft uit. › Verkoop blijft norm door marktvraag en interne structuur bedrijven (F6), enige verschuiving richting extra onderhoud. › Veel initiatieven rond refurbishment. Schaalvergroting reparateurs, afname lokale reparatie. Toename reparatie direct door fabrikant.
F2 kennisontwikkeling Ontwikkeling van kennis, technologie, r&d, onderzoek etc.	Reparatie X/5	› Kennis over levensduurverwachting beperkt door gebrek aan data en complexiteit gebruiksgedrag. Repareerbaarheid index eenvoudiger en breed draagvlak.
	Refurbishment X/5	› Weinig technische beperkingen voor repareerbaarheid. › Lastig voor consument te bepalen wanneer reparatie verstandig is vs. nieuw. › Al belangrijk voor efficiënte sortering op status en potentie om hergebruik en refurbishment rendabel te maken. Enige projecten gaande.
F3 kennisverspreiding Uitwisseling van kennis en know-how in de keten	Reparatie X/5	› Informatie benodigd voor reparatie niet altijd beschikbaar vanuit producenten. Producenten delen bedrijfsgevoelige data niet (m.b.t. levensduur).
	Refurbishment X/5	› Veel coalities en onderzoeksprogramma's. Veel kennis aanwezig bij koplopers (zoals R2W), zij adviseren veel, maar kennis alsnog onvoldoende ontsloten door gebrek aan compensatie en centralisatie. (int6,12) › Gebrek aan bewustzijn rond onderhoud.
F4 directionaleiteit Visie en sturing m.b.t. Uitdagingen en circulaire strategieën	Reparatie X/5	› Geen sturing op verduidelijking open garantiewetgeving, wel pogingen levensduurlijst te updaten.
	Refurbishment X/5	› Consumentenrecht en regresrecht werken niet samen, retail zit klem tussen producent en consument. › De producenten-afhankelijkheid van reparateurs wordt vanuit R2R geadresseerd, middels verplichting toegang tot resources › Weinig sturing en richting op standaardisatie. Trend richting verlijming en integratie, minder reparabel (m.u.v. witgoed). › Sturing op inzameling en verwerking i.p.v. hergebruik. Afvalstatus belemmert refurbishers. 'Cenelec light'

		wordt onderzocht om refurbishing van afvalverwerking te onderscheiden en MKB te ontzien. › Het is vaak nog onduidelijk wat een partij precies wel en niet mag vanuit afvalwetgeving, en verschil van inzicht bestaat tussen ILT en omgevingsdiensten. › Herziening UPV, WEEE directive en Ecodesign in gang gezet. › Perceptie bestaat dat er een tijd lang grote focus was op circulaire ambachtscentra als oplossing (interview 6); risico blikvernuwning op mogelijk oplossingen.
F5 marktformatie selectiecriteria, prikkels, marktvoorkeuren, verdienmodellen, experimentatieruimte	Reparatie X/5 Refurbishment X/5	› Marktprikkels voor producenten vooral op prijs-kwaliteit en robuustheid binnen garantie. Veel laagwaardige producten toegelaten van buiten EU. › Reparatie en refurbishment lopen aan tegen hoge kosten - enkel rendabel op grote schaal met stabiele stromen. › Vraag naar refurbishment verschilt per productcategorie, gemeengoed bij wasmachines, groeiend bij personal devices. › Repareerbaarheid index en fabrieksgarantie labels in ontwikkeling die concurrentieprikkels kunnen vergroten.
F6 mobiliseren van middelen Resources en infrastructuur	Reparatie X/5 Refurbishment X/5	› Reparateurs ervaren gatekeeping vanuit producenten van informatie en onderdelen. producenten prefereren controle over eigen reparatiecircuit omwille van garantie en veiligheid. R2R dwingt beschikbaarheid resources af. Component pairing is nog toegestaan. › Producenten sterk gestructureerd rond verkoop/lineair. Interne infrastructuur en IT versterken lock-in. › Publieke organisaties kunnen niet meedingen naar subsidies (int6). Wel mogelijkheden indien er samengewerkt wordt in PPS, maar bestuurders achten dat vaak te risicovol. › Schaarste aan reparateurs en opleidingen, bedrijven genoodzaakt intern op te leiden. › Onvoldoende compensatie voor koplopers om kennis te kunnen delen. › Logistiek, bundeling (schaalvergroting en specialisatie) en infrastructuur nog onderontwikkeld.
F7 legitimiteit Beeldvorming, routines en cultuur, lobby	Reparatie X/5 Refurbishment X/5	› Belang versterken levensduurverlenging sectorbreed onderschreven. › Nieuw kopen blijft culturele norm. Rationele consument gaat voor vervanging bij defecten. › Taal rond 'afval' hindert transitie naar redeneren vanuit waarde. › Refurbishment gemeengoed bij duurdere producten, zoals wasmachines en ICT, begint normaler te

		worden, maar komt nog niet van de grond bij klein huishoudelijk. › Vrijwillige verhoging fabrieksgarantie en repareerbaarheid index heeft steun producenten. Levensduurlijst weerstand vanuit producenten (complexiteit factor gedrag) en mededingingsrecht.
F8 coördinatie Ketenorganisatie en ketenverhoudingen	Reparatie X/5	› Reparateurs en (kleinere) retail zijn afhankelijk van producenten. › Wetgeving UPV en ketenorganisatie zijn sterk gericht op afvalverwerking, ketenpartijen conformeren maar hebben weinig inspraak.
	Refurbishment X/5	› Veel afstemming in ketentafels e.d., maar producenten minder direct betrokken. › Nog weinig vorming van brancheverenigingen refurbishers › Veel overlap in activiteiten tussen inzameling, kringloop, circulaire ambachtscentra en refurbishers. Veel 'aftasten'.

Mogelijke interventiepunten voor Levensduurverlenging

Fundamenteel is het **verduidelijken van garantiewetgeving** voor alle betrokkenen. Daarbij is wel een overweging om ambitieus te blijven, bijvoorbeeld om een levensduurlijst op te stellen op basis van data, hoewel er ook andere mogelijkheden zijn om concurrentie op levensduur aan te jagen. Om reparatie boven vervanging te plaatsen, is het wenselijk garantiewetgeving te laten sturen op reparatie, en enkel wanneer dit niet mogelijk is, op vervanging. Overweeg ook inspiratie op te doen bij de automotive industrie - waar levensduurverlenging de norm is - hoe daar wordt omgegaan met garantie en aansprakelijkheid rond reparatie, hergebruik en revisie.

ESPR en Right to repair wetgeving zijn eveneens cruciaal om een **reparateurs minder afhankelijk** te maken van producenten, en een volwassener buiten-garantie circuit te ontwikkelen. Echter is ook nodig dat het niveau van **gemak voor reparateurs** buiten autorisatie het niveau van gemak binnen het autorisatiecircuit evenaart - zoals met een systeem dat op basis van serienummer direct de juiste onderdelen kan bestellen. Ook is belangrijk dat ESPR en Right to repair scherp **sturen op repareerbaarheid**, dat **markttoegang voor laagwaardige EEA** wordt bemoedigt, en dat **standaardisatie** waar mogelijk wordt toegepast. Daarbij is een aandachtspunt dat het stellen van kaders innovatie kan versnellen, indien deze kaders met vrijheid kunnen worden ingevuld.

Een ander fundament is het **verbreden van wettelijke doelstellingen** van inzameling en verwerking naar **hergebruik**. Hierbij moet wel goed nagedacht worden over marktvraag naar refurbished goederen - een PRO kan niet verantwoordelijk gesteld worden voor gebrek aan marktvraag. Aangezien de afvalstatus veel belemmeringen opwerpt voor hergebruik, is een mogelijke oplossing om bij inzameling eerst een **andere status** toe te kennen, bijvoorbeeld **'ingezameld voor hergebruik'** en pas na gestandaardiseerde controle op herbruikbaarheid en potentie, over te gaan tot de afvalstatus.

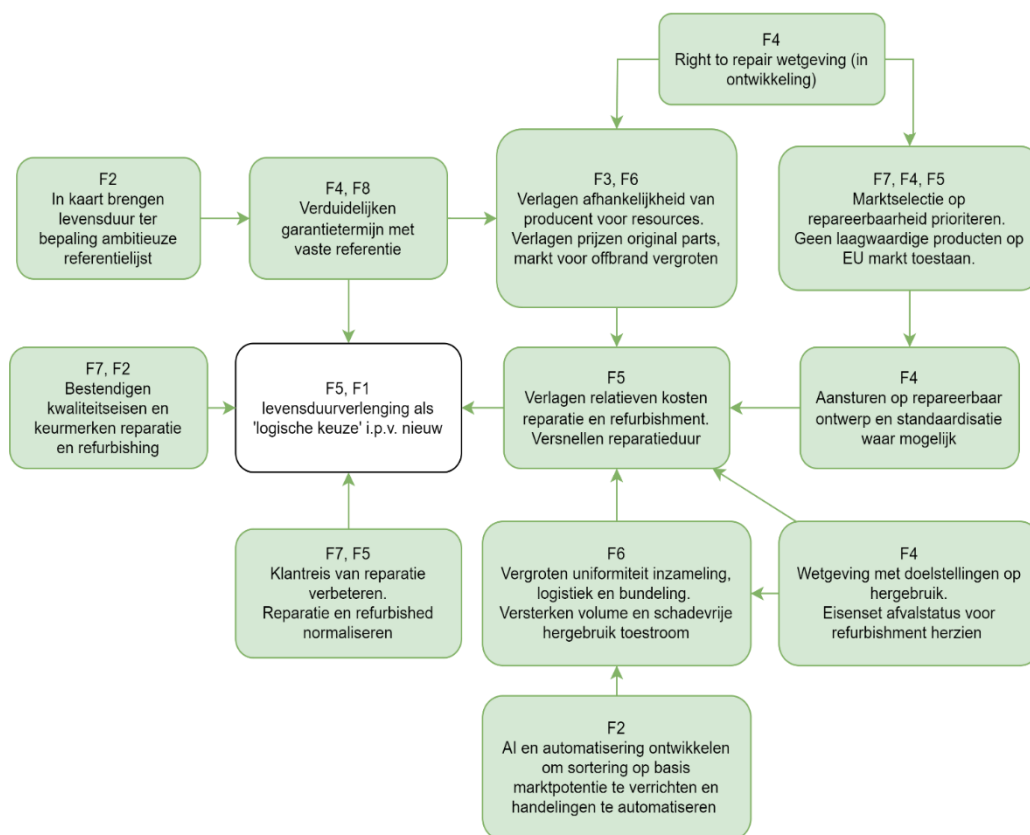
Refurbishers, CA's en kringloopwinkels zijn allen gebaat bij het ontwikkelen van een 'CENELEC light' kader, dat **laagdrempeliger** maakt om handelingen zoals het vervangen van kabels en batterijen *en component mining* etc. uit te voeren.

Als wetgeving meer wordt ingericht op hergebruik in plaats van verwerking, en ook het inzamelcircuit wordt ingericht om in eerste instantie gericht te zijn op (voorbereiding op) hergebruik, zal dit volume en stabiliteit in toestroom bevorderen voor refurbishment. Om efficiëntie en kosteneffectiviteit te vergroten is het belangrijk om **schaalvergroting en taakverdeling** te bewerkstelligen. De huidige keten is nog te veel zoekende naar hun rollen en waar in de fysieke ruimte en in het netwerk handelingen moeten plaatsvinden. Een manier waarop er al wel complementaire taakverdelingen zijn is wanneer een CA op hergebruik sorteert en een refurbisher revisie verricht, en vervolgens een online refurbished verkoper of kringloopwinkel het product weer op de markt zet. Een **combinatie van centralisatie en netwerkstructuur** lijkt het meest kansrijk. Er wordt nog veel vanuit een start-up mindset geredeneerd terwijl coördinatie en regie nodig lijken te zijn. Dit geldt ook voor bundeling en afstemming in logistiek, dat nu veel door individuele partijen in parallel wordt opgetuigd. Ook is een risico dat producenten hun eigen infrastructuur opzetten om circulair te werken, en dat dit veel ruimtebeslag heeft en kansen mist op bundeling en integratie van logistiek en refurbishing praktijken.

Aanvullend is het belangrijk om technologie (**AI, automatisering**) te ontwikkelen die helpt bij **sorteren** op herbruikbaarheid en marktpotentie, aangezien deze stappen wegens hoge arbeidsintensiteit sterk afhankelijk zijn van sociale arbeid. Om refurbishers te ontzien dient wetgeving laagdrempeliger te worden, o.a. voor *component mining*. Modulair ontwerp en standaardisatie hierbij ook een belangrijke ondersteunende factor.

Aan de kant van consumenten speelt de culturele norm van nieuw kopen, en het beeld dat vervanging bij defecten terecht is. Onderdeel van een shift naar reparatie en refurbishment kan zijn om de **klantreis** van levensduurverlenging te **verbeteren**. Het gaat hierbij om toegankelijkheid, vindbaarheid, zekerheid over prijs, duur van reparatie, etc. maar ook over **creatieve oplossingen** die drempels wegnemen, bijvoorbeeld het aanbieden van een leentelefoon. Denk hierbij ook aan een tool die consumenten en reparateurs helpt te bepalen of reparatie nog de moeite waard is, en denk aan de rol die pakketdiensten (kunnen) spelen in reparatielogistiek. Naast de consument hebben ook overheden en bedrijven via **inkoopbeleid** veel invloed op vraag naar reparatie en refurbishment. Naast inkoop is ook het voeren van beleid op **hoogwaardig afdanken**, als toestroom voor refurbishers, erg kansrijk.

Dat reparatie de 'logische keuze' wordt, hangt ook af van **directe prijs**. Het is niet realistisch te verwachten dat zelfs met bovenstaande interventies reparatie altijd goedkoper zal kunnen zijn dan een nieuw product. Bij producten onder een bepaald prijspunt zal, als reparatie wenselijk is, waarschijnlijk ingezet moeten worden op **beprijzing of subsidie-instrumenten**.



Figuur D.11: Samenhang interventiepunten voor levensduurverlenging.

D.3.4 Hoogwaardige verwerking

Onder de circulaire strategie Hoogwaardige verwerking wordt voornamelijk de nadruk gelegd op de circulaire potentie van hoogwaardige verwerking. Daaronder wordt in het bijzonder verstaan de verschuiving naar het recyclen van plastics en CRMs, welke nu in veel gevallen verbrand worden of sneuvelen in de terugwinning van gangbare materialen zoals goud en zilver.

Dynamiek rond Hoogwaardige verwerking

Doelstellingen sturen niet op hoogwaardigheid

De huidige WEEE Directive, en vanuit daar de UPV, stelt **geen eisen aan hoogwaardigheid** van recycling (int1). Aangezien alle financiering en prikkels voor recycling momenteel via de UPV lopen, is dit een groot obstakel voor verbetering van recycling van plastics en CRMs. Wel is vanuit het CMP een **afvalhiërarchie** van nuttigheid opgesteld (zie onderstaande afbeelding) (int1) en kan middels **minimumstandaarden** (zoals 100% recycling) via vergunningsvoorwaarden worden afgedwongen dat er geen verbranding plaatsvindt. Wanneer hier geen scherpe sturing vanuit plaatsvindt, en 'nuttige toepassing' wordt toegestaan, waar verbranding met **warmteterugwinning** toe wordt gerekend, geeft dit prikkels om makkelijker te recyclen materialen te recyclen, en moeilijker te recyclen materialen te verbranden. Momenteel worden geen minimumeisen gesteld aan hoogwaardiger recycling in categorie b en c1 van de afvalhiërarchie.

'**Hoogwaardigheid**' mist nog **duidelijke definitie**, hoewel het CMP hierin een voorzet doet. Een klassiek beeld van hoogwaardigheid betreft het toepassen van het materiaal in hetzelfde product. Echter, zoals eerder beschreven, is recyclaat meestal nog van minder kwaliteit dan het oorspronkelijke product vergt. Het wordt nu bij ketentafels belegd om op productgroep niveau tot goede definities te komen van hoogwaardigheid.

Hoofdingdeling CMP	Trede afvalhiërarchie in het CMP
Geen afval	a. Preventie / hergebruik
Nuttige toepassing van afval	b. Voorbereiding voor hergebruik
	c1. Recycling van het oorspronkelijke materiaal in een gelijke of wat betreft de vereiste kwaliteit van het materiaal vergelijkbare toepassing, waaronder mechanische recycling en chemische recycling in de vorm van 'dissolutie' en 'monomeer chemische recycling' (zoals bijvoorbeeld solvolyse of thermische-drukhydrolyse) maar niet 'chemische recycling via basischemicaliën' (*)
	c2. Recycling van het oorspronkelijke materiaal in een niet gelijke of wat betreft de vereiste kwaliteit van het materiaal niet vergelijkbare toepassing en/of chemische recycling via basischemicaliën (*)
	d. Andere nuttige toepassing, waaronder energietrugwinning
Verwijdering van afval	e1. Verbranden als vorm van verwijdering
	e2. Storten of lozen

(*) Naast deze vormen van recycling kent het CMP ook nog de term 'recyclingstandaard'. Dit is een vorm die in het algemeen valt onder c1 of c2 of bestaat uit een combinatie daarvan, maar die in het betreffende afval- of ketenplan expliciet als 'recyclingstandaard' is aangemerkt. Op de consequenties van het aanmerken van een vorm van verwerking als recyclingstandaard wordt in het onderwerp 'Vormen van recycling beoordelen' verder in gegaan.

Figuur D.12: Afvalhiërarchie uit het CMP.

Momenteel wordt vooral **gestuurd op massa** in kilogrammen in plaats van **waarde van materialen**. Tezamen zorgen deze factoren ervoor dat plastics en CRMs, beiden moeilijker te recyclen en proportioneel minder massa, vanuit huidige sturing weinig beschermd zijn tegen prikkels voor verbranding. Ook geven huidige wettelijke kaders inzamel- en recycling doelstellingen op productcategorie niveau, niet op product niveau. Daardoor wordt veel **over**

één kam geschoren, wat leidt tot mogelijke vertekening van resultaten en gemiste kansen voor specifieke producten (int1).

Gebrek aan markt voor recyclaat

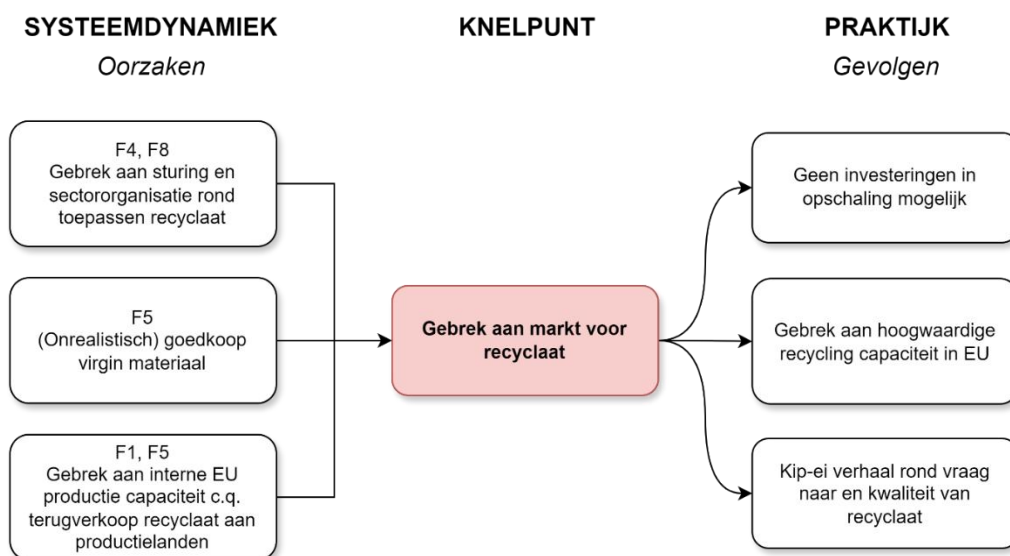
Hoewel er technisch al veel mogelijk is, blijft opschaling van hoogwaardige verwerking momenteel uit, en is er in recente jaren zelfs een golf van faillissementen geweest onder recyclers van plastics.

Aan de basis ligt het **gebrek aan vraag naar recyclaat**. Dit heeft meerdere oorzaken. Primaire materialen zijn momenteel nog erg goedkoop, er wordt gesproken van 'dumping' van goedkoop Chinees plastic op de markt. Voor CRMs geldt ook dat deze nog relatief goedkoop zijn, en dat de kosten van recycling van CRMs proportioneel hoog zijn (zie overige knelpunten Recycling). Producenten geven aan dat er nu geen marktprikkels zijn om recyclaat toe te passen. Er zijn wel initiatieven met recyclaat die hebben geleid tot concrete producten op de markt, dit is echter nog niet gangbaar.

De markt heeft een kip-ei probleem: indien een fabrikant zou besluiten een volledige lijn met recyclaat te willen inrichten, is er niet genoeg aanbod, en niet het specifieke aanbod wat zij nodig hebben; recyclers kunnen dit aanbod niet bieden omdat er te weinig vraag is om te **investeren** in technologie en opzetten van een proces. Voor investeringen is er voor recyclers weliswaar steun in tenders vanuit Stichting OPEN, dit kan echter niet op tegen gebrek aan marktvraag naar recyclaat (int 8,9,11). De Europese ESPR wetgeving gaat naar verwachting **minimaal percentage gerecyclede CRM** vereisen voor EEA (int1).

De vraag die echter opkomt is: **wat doet men met gerecyclede CRMs**? Een onderliggend probleem is het gebrek aan productiecapaciteit binnen de EU. Er zijn belemmeringen in het terug handelen van CRMs naar productielanden. Om een functionerende markt te creëren is het echter belangrijk dat er vraag is naar het aanbod aan recycled CRMs. Dit vergt ofwel een Europese productiecapaciteit, ofwel een prijsbepaling die herwinnen van CRMs lonend maakt en investeringen mogelijk maakt door recyclers. Om CRMs kosteneffectief te recyclen is schaalgrootte nodig en daarmee **interne verplaatsing** binnen de EU van e-waste. Echter werpt Waste Shipment Regulation (WSR) barrières op voor e-waste uitruil binnen de EU.

Waar momenteel wel als een (beperkt) verdienmodel in zit voor recyclers is het verhandelen van teruggewonnen componenten, zoals batterijen en printplaten (int11).



Figuur D.13: Systeemoorzaken knelpunt gebrek aan markt voor recycalaat.

Uitdagingen in inzameling, controle en lekstromen

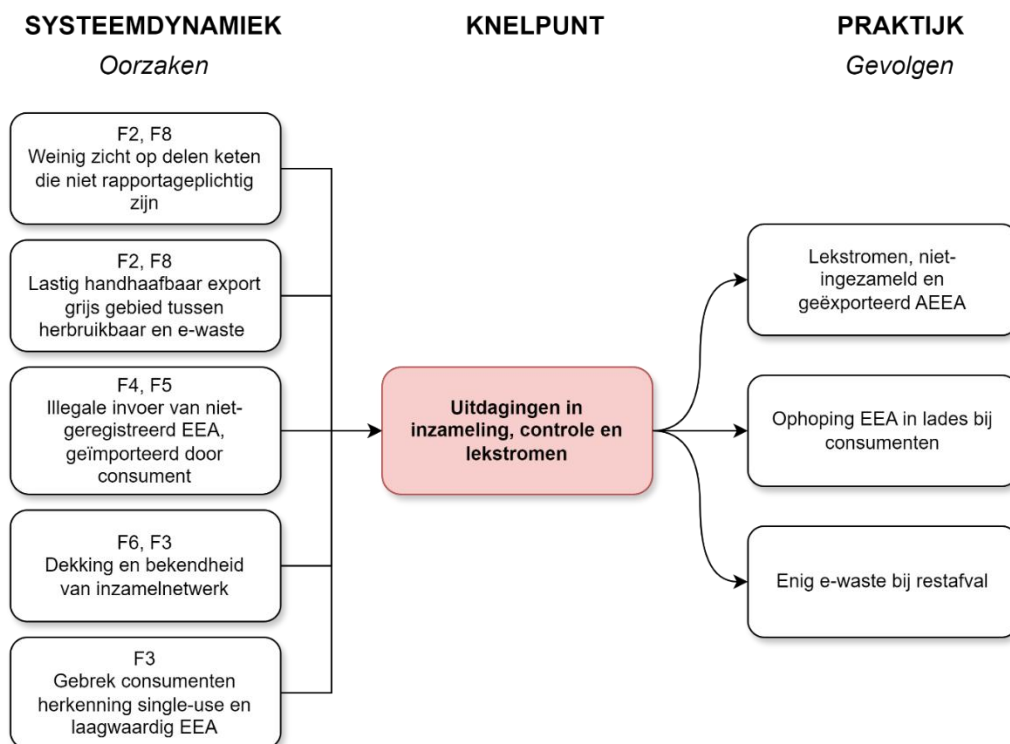
De gestelde inzamel- en verwerkingsdoelstellingen vanuit de WEEE Directive worden nog niet gehaald, hetgeen heeft geleid tot verscherpt toezicht vanuit de ILT op Stichting OPEN, en beantwoord werd met een actieplan met verbeterpunten.

Een probleem rond inzameling van EEA is **registratie van afvalstromen**. Vanuit Stichting OPEN en producenten wordt de UPV soms ervaren als een eenzijdige verantwoordelijkheid, aangezien inzameling en verwerken via correcte kanalen afhangt van het gedrag van inzamelaars (int. 8). Inzamelaars hoeven anders dan afvalverwerkers niet volgens CENELEC te werken en hebben minder rapportageverplichtingen. Daardoor blijft het tot heden lastiger toe te zien op lekstromen bij inzamelaars (int. 11), waardoor het risico groter is dat inzamelaars elektronisch afval verhandelen via onofficiële routes. Ook bedrijven die met EEA werken, zoals installateurs, hebben vaak weinig rapportageverplichting. Om grip te verhogen wordt vanuit Stichting OPEN vanuit actieplan 2025-2030 steeds meer gestuurd op een **afgifteplicht** en CENELEC certificatie van inzamelaars. Strakkere inzameling heeft echter wel als **bijeffect** dat belemmeringen vanuit **afvalstatus** sneller en directer hun intrede doen rond potentieel herbruikbare EEA.

Onder Europese EVOA-wetgeving is **export** van e-waste verboden. Export van herbruikbare goederen is echter niet verboden, waardoor het wil gebeuren dat e-waste onder de noemer van herbruikbare goederen wordt geëxporteerd (int. 1,2). Hierop is lastig te handhaven, omdat dit vereist te testen of goederen daadwerkelijk herbruikbaar zijn. In aankomende EU wetgeving wordt hierom grotere **bewijslast** van herbruikbaarheid neergelegd bij de exporteur (int. 1,2). Technisch gezien geen lekstroom, maar **ophoping** van AEEA bij consumenten in 'de lade' vormt een probleem voor inzameling. Consumenten hebben soms zorgen rond privacy bij het inleveren van personal devices. Wecycle inzamelpunten vormen een vrij dicht netwerk, echter wisselt het wat men bij welk punt wel of niet kan inleveren, en is het bij consumenten nog te onbekend (int. 6).

Een andere onwenselijke route vanuit consumenten betreft het belanden van AEEA bij **restafval**, wat met name gebeurt bij single-use en laagwaardige EEA, die vaak batterijen/accu's bevattend en daardoor (brand)gevaarlijk zijn. Afvalverwerkers worden regelmatig geteisterd door batterijbranden (int9), wat kosten verhoogt. Vanuit Stichting OPEN en gemeentes wordt ingezet op bewustwording van correcte inzameling. Ook zijn er

experimenten met gemeentelijke ophaaldiensten voor (middel)grote AEEA om inzameling te verhogen (int6).



Figuur D.14: Systeemoorzaken knelpunt uitdagingen in inzameling, controle en lekstromen.

Technische complexiteit vanuit ontwerp- en materiaalkeuzes

CRMs zijn vaak slechts in zeer **kleine hoeveelheden** aanwezig in producten. Door **kostenbesparende** materiaalkeuzes nemen deze hoeveelheden steeds verder af. Daarnaast worden printplaten, waarin CRMs vaak voorkomen, steeds verder **geïntegreerd** en daarmee ook moeilijker te scheiden.

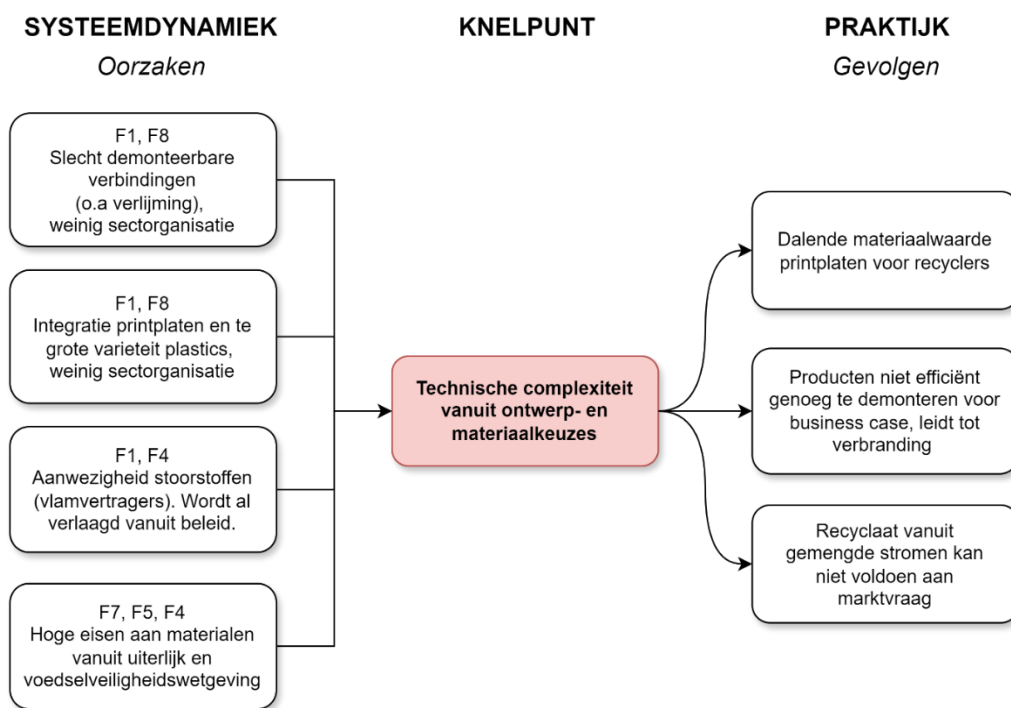
In praktijk komen recyclers trade-offs tegen in de procesinrichting. Vaak is in een smeltprocesgang maar **één specifiek materiaal** terug te winnen (bijvoorbeeld middels een specifieke smelttemperatuur) en wordt de rest van het materiaal **verbrand** (int8,9,11). Dit compliceert met name bij complexe geïntegreerde elektronische producten (printplaten) de terugwinbaarheid van het brede scala aan toegepaste materialen.

Plastic recycling wordt belemmerd door de **grote variëteit aan toegepaste plastics**. Dit geeft uitdagingen voor het goed scheiden van verschillende plastics die andere recycling processen vereisen. Het niet goed scheiden levert een 'mix' op als input, met als output een minder zuiver recyclaat dat **niet altijd voldoet** aan de gevraagde eigenschappen. Er worden namelijk **strengere eisen** gesteld aan materialen voor producten vanuit technisch oogpunt en vanuit verwachtingen van de consument (int1,8,9). Hier komt nog bij dat er ook **voedselveiligheid** wetgeving is die hoge eisen stelt aan plastics in bijvoorbeeld koelkasten of staafmixers – huidig recyclaat voldoet daar niet aan (int8), waardoor alsnog een laag virgin (primaire) plastic moet toegepast. Producenten geven zelf ook aan **scherpere keuzes** te kunnen en moeten maken in diversiteit aan plastics (int8), maar hier is nog te weinig commitment in zichtbaar (int11).

Plastics die **vlamvertragers** (een ZZS) bevatten vormen momenteel een stoorstof in plastic recycling. Deze plastics worden met een 'drijf-test' gescheiden; plastics zonder vlamvertragers blijven doorgaans drijven. Plastics met vlamvertragers bedragen tot wel 25% van de totale plasticmassa die verwerkers binnen krijgen, en worden momenteel verbrand. Er zijn chemische processen in ontwikkeling waarmee dit plastic opgelost wordt en vervolgens ontdaan van vlamvertragers, waarna het wel recyclebaar is (int11).

Recyclers geven aan dat **bovenal prioriteit** gesteld moet worden op het **verbeteren van verbindingen** (int11,12). Verlijming maakt demontage soms onmogelijk, wat bij hoogwaardige verwerking een probleem vormt, omdat waardevolle componenten schadevrij moeten worden gescheiden.

Recyclers geven aan dat in principe veel technisch mogelijk is, maar trade-offs in veel gevallen bestaan omdat het recyclingproces efficiënt ingericht moet worden, d.w.z. **rendabel**. Zie hiervoor ook overige knelpunten.



Figuur D.15: Systeemoorzaken knelpunt technische complexiteit vanuit ontwerp- en materiaalkeuzes.

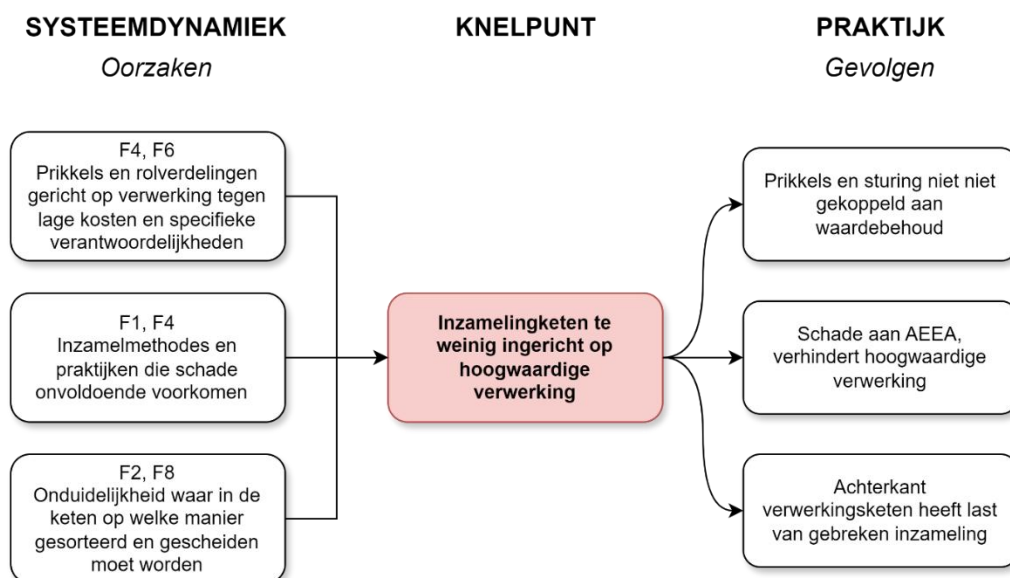
Inzamelingketen te weinig ingericht op waardebehoud

Zorgvuldigheid van inzameling, sortering en scheiding is zeer belangrijk voor hoogwaardige verwerking, omdat hiervoor gerichtere processen nodig zijn op specifiek product en (sub)component niveau.

Hoogwaardige verwerking vereist sorteren en scheiden op het geschikte moment, en **beperken van schade**. Dit vergt grote mate van afstemming tussen ketenpartijen, en van elkaar weten wat nodig is voor goede verwerking. Ketenpartijen worden nu echter verantwoordelijk gesteld en vergoed voor het vervullen van **hun deel in de keten**. Dit leidt ertoe dat bijvoorbeeld een milieustraat enkel sorteert op schadelijke stoffen (bijvoorbeeld in lampen) (int1), en niet op herbruikbaarheid, maar ook niet op andere eigenschappen die voor een verwerker relevant onderscheid geeft. Een inzamelaar heeft weer belang bij efficiënte verplaatsing van AEEA naar een verwerker, maar daardoor vindt veel schade plaats, wat in traditionele afvalverwerking geen problemen geeft, maar bij hoogwaardige verwerking wel.

Nu is de situatie scheef – achteraan de keten is veel professionaliteit nodig om de gebreken in de toestroom goed te kunnen verwerken. De organisatie in de keten is nog te weinig gebaseerd op **eigenaarschap voor waardebehoud**. Wel komen regelmatig milieustraten kijken hoe verwerkers hun processen inrichten, om zo ook professionaliteitsslagen te maken. Het is een complexe puzzel om te bepalen op welk moment in de keten welke handeling nodig is. Bijvoorbeeld, een herbruikbare batterij uit een product halen, kan dat het best bij inzameling, of gebundeld na sortering?

Gebrek aan optimalisatie op hoogwaardige verwerking komt ook voort uit **selectiecriteria in de aansturing**. In België wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van palletboxen voor inzameling, wat schade beperkt maar duurder is. In Nederland worden hierin andere keuzes gemaakt.

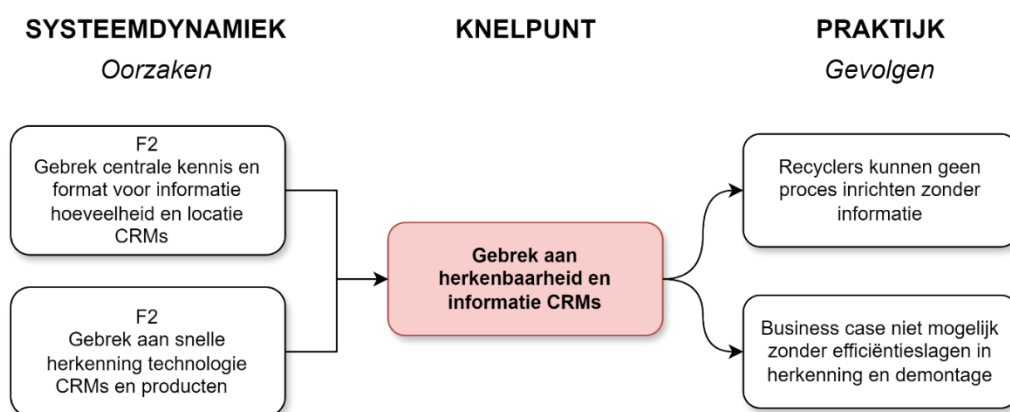


Figuur D.16: Systeemoorzaken knelpunt Inzamelingketen te weinig ingericht op waardebehoud.

Gebrek aan herkenbaarheid en informatie CRMs

Gebrek aan beschikbaarheid van informatie over productsamenstelling vormt een grote belemmering voor hoogwaardige verwerking. Nu hebben sorteerders en verwerkers alleen algemene beelden van welke materialen in welke producten aanwezig zijn. Vooral bij CRMs is het voor een efficiënt proces cruciaal om te weten waar in welk product welke materialen zich bevinden, en hoe deze vrij te spelen zijn. Het **Digitaal Product Paspoort** (DPP) wordt gezien als **onmisbaar** om deze informatie beschikbaar te maken. Hoewel dit proces moeizaam lijkt te verlopen door veelheid aan belangen, staat er druk op - de CRMA gaat verplichten dat permanente magneten apart verwerkt moeten worden en producten labels moeten bevatten met informatie over hoeveelheid en locatie van materialen (int1).

Los van productinformatie is het ook belangrijk om kritieke materialen te kunnen **herkennen** en processen hierop in te richten (bijvoorbeeld met **AI**). Recyclers geven aan dat relatief veel middelen gaan naar theoretisch **onderzoek** dat **beperkt behulpzaam** is in het opzetten van recycling verwerkingsstappen (int9,11).



Figuur D.17 Systeemoorzaken knelpunt gebrek aan herkenbaarheid CRMs in producten.

Beoordeling innovatiesysteemfuncties rond Hoogwaardige verwerking en toepassen recycalaat

FUNCTIE	PRESTATIE	TOELICHTING
F1 ondernemerschap <i>Activiteit door bedrijven en praktijk experimentatie met nieuwe oplossingen</i>	3/5	› Ontwerp bemoeilijkt plastic recycling door grote diversiteit van kunststoffen in producten. › Ontwerp bemoeilijkt CRM recycling door steeds verdere integratie en verkleining van PCBs. › Door schaalgrootte zijn alleen grote recycling partijen levensvatbaar. Deze zijn wel gericht op nieuwe ontwikkelingen maar opschaling blijft lastig. › Nog te weinig standaardisatie in ontwerp, hindert hoogwaardige verwerking. › Enig initiatief producenten rond recycalaat in concrete producten.
F2 kennisontwikkeling <i>Ontwikkeling van kennis, technologie, r&d, onderzoek etc.</i>	3/5	› 'Hoogwaardigheid' mist nog duidelijke definitie, hoewel CMP voorzet doet. Moet op productgroep niveau worden vastgesteld, te gebeuren in ketentafels. › Technologie is al vrij ver ontwikkeld. › DPP in ontwikkeling, ontbreken hiervan echter grote hindernis voor CRMs recycling. › Relatief veel onderzoek, echter wel vaak one-off en hoger theoretisch gehalte, mist toepasbaarheid voor recyclers.
F3 kennisverspreiding <i>Uitwisseling van kennis en know-how in de keten</i>	1/5	› Kennis over hoeveelheden en locatie CRMs wordt nog niet genoeg gedeeld (of bestaat nog niet). › Gebrek aan probleem-oplossing ketenbenadering hindert uitwisseling tussen voorkant en achterkant keten. › Recyclers concurreren op basis van eigen procesontwikkeling, geen uitwisseling van kennis.
F4 directionaliteit <i>Visie en sturing m.b.t. Uitdagingen en circulaire strategieën</i>	2/5	› Onduidelijkheid over definitie 'hoogwaardigheid' recycling binnen EEA context. › Substitutie (met recycalaat) niet vertegenwoordigd in productgroep specifieke NPCE doelen. › Definitie 'afval' op productniveau hindert hergebruik van componenten. › Gebrek aan integratie afwegingskaders, criticaliteit vormt een nieuw criterium dat nog niet 'verrekenbaar' is met de standaard financieel-economische sturing. › Sturing op gewicht onderbelicht plastics en CRMs. › Producenten zien dat R2R eraan komt, en algemene beweging naar levensduurverlenging, waar ze maar beter op kunnen voorsorteren. › Nog te weinig commitment naar versimpelen samenstelling plastics en voorkomen lijmverbindingen (int11)

F5 marktformatie <i>selectiecriteria, prikkels, marktvoorkeuren, verdienmodellen, experimentatieruimte</i>	1/5	› Geen marktprikkels om recycklaat (plastics of CRMs) toe te passen › Hoge materiaal-eisen hinderen toepassing van recycklaat › Recyclers concurreren op prijs, daardoor weinig ruimte voor minder-rendabele materialen of processen.
F6 mobiliseren van middelen <i>Resources en infrastructuur</i>	2/5	› Veel subsidies zijn niet beschikbaar voor overheden, terwijl vaak publieke organisaties de eerste stappen zetten vanuit maatschappelijke doelstelling/missie. › Vanuit Stichting OPEN tenders investeringsgeld beschikbaar – echter is business case vanuit marktvraag veel bepalender. › Recyclers proberen waar mogelijk te investeren in nieuwe technologie voor plastics en CRMs.
F7 legitimiteit <i>Beeldvorming, routines en cultuur, lobby</i>	3/5	› Recycling is stevig gevestigd, breed onderschreven. › Van hoogwaardige verwerking van plastics en CRMs ziet nog niet hele keten meerwaarde. › Vertegenwoordiging van hele keten in beleidsproces is niet altijd gebalanceerd. › Nationaal beleid in afwijking van Europees beleid wordt gezien als weinig effectief.
F8 coördinatie <i>ketenorganisatie, ketenverhoudingen en coördinatie</i>	2/5	› Ketenpartijen ervaren governance van UPV als te gesloten, omdat ketenpartijen soms op ingrijpende wijze werkprocessen aanpassen om te helpen aan de UPV te voldoen, maar geen directe inspraak hebben. (int13) › Nederlands beleid is sterk afhankelijk van Europees beleid. Doorontwikkeling van de UPV hangt af van juridische basis herziening WEEE directive. › Ketenbenadering ontbreekt nog. UPV richt op eindverwerking, producenten nemen geen initiatief om met recyclers in gesprek te gaan over recycklaat (int9)

Mogelijke interventiepunten voor Hoogwaardige verwerking en recycklaat

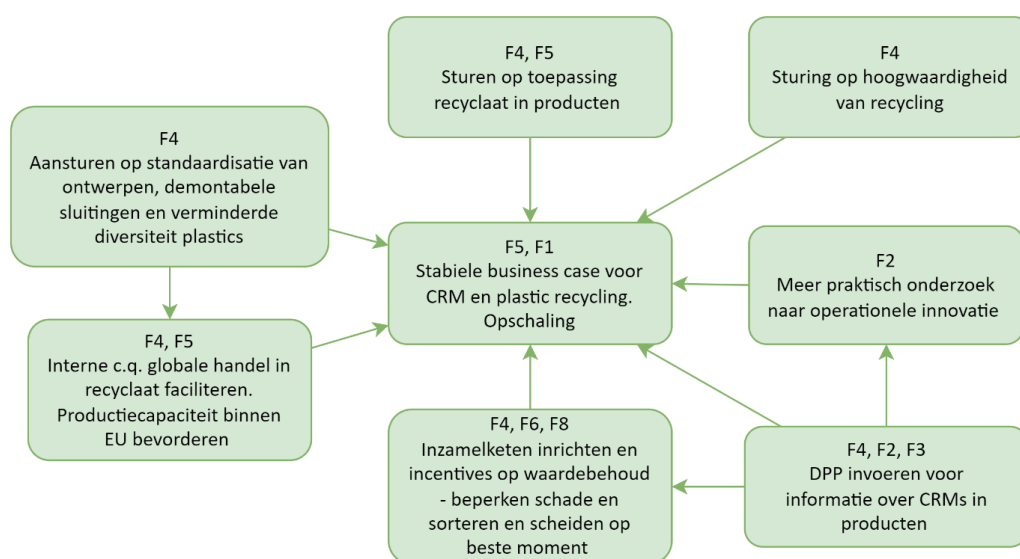
Om een stabiele business case voor recycling van CRMs en plastics te creëren zijn een aantal interventies nodig. Allereerst dient er vraag gecreëerd te worden naar recycklaat. Aangezien primaire materialen te goedkoop zijn, ligt het voor de hand om beprijzing of verplichting in te stellen. Ook dient aan de ontwerpkant in overleg met recyclers: 1) beperkt te worden welke plastics in welke samenstelling toegepast worden, om zo meer hanteerbare stromen te creëren, en 2) gestopt worden met verlijming en toepassing van slecht demontabele verbindingen.

Deze vraag naar recycklaat kan het best samen gaan met koppeling van vraag en aanbod: ofwel het opbouwen van Europese productiecapaciteit in combinatie met facilitatie van EU-interne handel in e-waste, ofwel het faciliteren van handel terug naar productielanden. Vanuit strategische autonomie is vooral de eerste optie logisch sluitend.

Cruciaal voor het inrichten van hoogwaardige verwerking processen is kennis over CRMs in producten – het DPP dient in goede samenwerking met recyclers worden opgesteld om te garanderen dat de geboden informatie aansluit bij behoeften van recyclers. Qua kennisontwikkeling zit ook veel meerwaarde in het ontwikkelen van AI om gerichte sortering te versnellen, en ander operatiegericht onderzoek dat opschaling direct ondersteunt.

Het creëren van markt voor recyclaat is cruciaal, maar ook sturing op hoogwaardigheid in afvalbeleid dient te worden uitgebouwd om minimumeisen en incentives zo neer te leggen dat de afvalhiërarchie van het CMP waar mogelijk wordt gevolgd. Dit vereist weliswaar eerst een gedeeld beeld van wat 'hoogwaardigheid' behelst in context van deze productgroep, en dat hieruit sturende definities worden opgesteld.

Ten slotte is van belang dat de inzamelketen meer wordt ingericht op waardebehoud. Daarvoor is nodig dat de extra inspanningen die hoogwaardige verwerking vergt t.o.v. traditionele recycling ook adequaat gecompenseerd worden en de juiste wettelijke en financiële incentives worden gegeven naar deze geest te handelen. Indien dit goed wordt ingericht zal dit hoogwaardige verwerking sterk ten goede komen door 1) sortering en scheiding op het juiste moment, 2) het voorkomen van afvalfase voor herbruikbare producten, 3) betere terugwinning van waardevolle componenten, en 4) het voorkomen van waardeverlies door schade tijdens handling.



Figuur D.18: Samenhang interventiepunten voor Hoogwaardige Verwerking.

D.4 Overkoepelende interventierichtingen

Aan de basis ligt de missie: de visie en uitgangspunten voor de gewenste toekomst ('wat willen we bereiken') en de spelregels die daaruit volgen. Dit is de cruciale basis, omdat een circulaire economie alleen duurzaam tot stand komt wanneer dit de logische en evolutionaire uitkomst is van ontelbare individuele actoren die vanuit hun eigen rollen en realiteiten handelen op basis van de prikkels en spelregels van het systeem. Het is dus belangrijk dat deze nieuwe spelregels waardebehoud in meetbare vorm centraal stellen. Daarbij zijn integrale beschouwing van waarden en maatstaven een belangrijk middel om onvermijdelijk uitruilen te beslechten tussen bijvoorbeeld energie en materiaal impacts, en tussen conflicterende oplossingen. Momenteel blijven uitruilen te impliciet en ontbreekt soms een integraal verhaal van problemen en oplossingen, waarin ook keuzes gemaakt moeten worden. Kaders dienen ook helder te zijn en spanningen in de keten te voorkomen, door bijvoorbeeld garantiewetgeving te verduidelijken. Ook is het mogelijk dienen huidige definities herzien te worden om woorden te geven aan wat nu grijze gebieden zijn: herbruikbaar afgedankt EEA (nieuw noch afval) en herwinbare componenten. Ook dient in concrete regelgeving ruimte gegeven te worden aan waardebehoudende activiteit. Onmisbaar is ook dat nieuwe taal in de harten van actoren terecht komt – 'afval' geeft een hinderlijke connotatie die plaats zal moeten maken voor een positievere insteek rond 'resources'.

Wanneer de kaders helder staan, is daarop ook een meer circulaire ketenstructuur en -coördinatie te funderen. Producenten dienen directe prikkels en kaders te krijgen om ervoor te zorgen dat waardebehoud in de keten hen **direct iets oplevert**, en waardeverlies in de keten hen **direct iets kost**. Kosten en baten dienen dus bij elkaar gebracht te worden. Een gezonde innovatieomgeving vereist dat risicomijdende controle over reparatie plaats maakt voor een open systeem en volwassen onafhankelijke reparatiemarkt. Opschaling van circulariteit vereist afstemming van taakverdelingen in circulaire activiteit rond inzameling voor hergebruik, sortering en refurbishment. Aangezien circulariteit een publiek probleem is dat niet door de markt zelf wordt opgelost, is het redelijk om te verwachten dat in vergelijking met een lineaire keten, er in een circulaire keten meer publieke taken en coördinatie nodig zullen zijn. Dit kan bijvoorbeeld zitten in logische bundeling en coördinatie van logistiek.

Een erg belangrijk aspect zijn marktprikkels en stimuleren van vraag. Met name recycelaat behoeft duidelijke incentives om gelijk speelveld te hebben met goedkope primaire materialen. Wanneer er duidelijke incentives zijn, zal dit ook weerslag hebben op coördinatie van een ketenaanpak – een producent die recycelaat nodig heeft, zal met een recycler in gesprek gaan over vraagspecificatie en aanbod. Ook zal de keten concrete prikkels en financieringsstructuren moeten krijgen die sturing op waardebehoud, zodat er o.a. minder schade ontstaat aan AEEA bij inzamelaars en sorteersers. Ook consumenten hebben prikkels nodig om meer in te zamelen, en vanuit behoefte aan gemak en zekerheid is het belangrijk om de klantreis van levensduurverlenging sterk te verbeteren. Inkoop- en afdankbeleid kan ook een waardevolle rol spelen in verhogen vraag naar refurbished, sturen op reparatie i.p.v. vervanging, en het voorzien in kwalitatieve en betrouwbare stromen van herbruikbare EEA.

Vanuit duidelijke visie op waardebehoud volgt dat er heldere spelregels zijn voor productontwerp en materiaalkeuzes. Voor repareerbaarheid is standaardisatie (van ontwerpen, componenten en ook beperking van diversiteit aan plastics) een belangrijk kostenverlagend en coördinerend middel. Non-circulaire ontwerppraktijken (zoals verlijming) dienen binnen deze kaders niet mogelijk te zijn. Echter is ook hier wel een integrale afweging van doelmatigheid nodig – sommige producten kunnen mogelijk beter robuust doch niet-reparabel zijn. Cruciaal voor een functionerende circulaire EEA keten is beschikbaarheid en

volledigheid van een digitaal productpaspoort, dat ondersteunt in alle circulaire strategieën: onderhoud, reparatie, revisie, component hergebruik, en hoogwaardige verwerking (van o.a. CRMs en plastics).

Wanneer deze randvoorwaarden staan, zullen circulaire verdienmodellen en waardeproposities een sterke basis hebben. Interventies op dit vlak zitten bijvoorbeeld in het bieden van campagnes en kennis en financiële ondersteuning in aanpassingen van bedrijfsvoeringen, prikkels voor gedragsverandering etc. en het verder helpen opschalen van succesvolle initiatieven. Ook is kennisdeling over *good practices* hierin belangrijk. Denk hierbij ook aan bijvoorbeeld veranderingen in verdienmodel bij retail wanneer er meer wordt ingezet op 'cascadering' van producten zoals bij tweedehands auto's. Dit model wordt bij EEA weliswaar via het tweedehands circuit toegepast, maar vrijwel niet via retail, terwijl de retail daartoe wel een goede positie heeft met betrekking tot het bereiken van consumenten.

Bijlage E

Beleidsinstrumenten

E.1 Vermindering

Verbod op single-use electronics

Een manier om de levensduur van elektronische producten te verlengen is het verbieden van single-use elektronica, zoals wegwerpvapes, goedkope gadgets of producten die niet reparabel zijn. Een dergelijk verbod kan producenten stimuleren om producten te ontwerpen die langer meegaan, reparabel zijn en beter geschikt zijn voor hergebruik of recycling. In Nederland bestaat er reeds een verbod voor wegwerpvapes met een smaakje.¹⁵⁶ Een belangrijk aandachtspunt bij het verbod is de definitie van “single-use” elektronica. Single-use elektronica kan niet altijd eenduidig worden vastgesteld. Sommige producten zijn technisch gezien vervangbaar, maar worden in de praktijk nauwelijks gerepareerd vanwege kosten of ontwerpkeuzes.

Verbod op reclame

Reclame voor EEA kan ertoe leiden dat consumenten nieuwe producten kopen terwijl het oude product nog goed werkt, en kan er ook toe leiden dat consumenten verleid worden tot het kopen van EEA die ze niet nodig hebben. Een verbod op reclame voor nieuwe EEA leidt tot vermindering van de verkoop.

Er is precedent voor verbod op reclames vanuit klimaatoogpunt. Zo verbiedt de gemeente Den Haag fossiele reclame en heeft het daarover een rechtszaak gewonnen, waarna meerdere gemeentes haar voorbeeld hebben gevolgd. In Frankrijk is het ook verboden om reclame te maken voor fossiele brandstoffen. Daarnaast heeft de Franse Senaat ingestemd met wetgeving om reclame voor ultra-fast-fashion (zoals producten van Temu en Shein) te verbieden.¹⁵⁷ Ook kan gedacht worden aan een heffing op reclame voor bepaalde producten.

Verbod op vernietiging van onverkochte elektronica

Een verbod op de vernietiging van onverkochte elektrische en elektronische apparaten (EEA) verplicht producenten en retailers om producten die niet verkocht zijn of geretourneerd worden, niet langer te vernietigen maar een alternatieve bestemming te geven. Dit kan bijvoorbeeld herverkoop, donatie of refurbishment zijn.

De maatregel kan worden ingevoerd via de Ecodesign-richtlijn (ESPR), waarin al een vergelijkbaar verbod voor textiel is opgenomen. Voorafgaand aan een volledig verbod geldt een rapportageplicht: bedrijven moeten inzicht geven in hoeveel producten zij vernietigen en om welke redenen. Dit vergroot transparantie en maakt gerichte handhaving mogelijk.

Recentelijk heeft de Europese Commissie soortgelijke maatregelen getroffen in het kader van de ESPR om de vernietiging van onverkochte kleding, kledingaccessoires en schoenen te voorkomen.¹⁵⁸ Voor textiel is in de ESPR-wetgeving aangenomen die vernietiging van

¹⁵⁶ [Rijksoverheid. \(2025, 12 maart\). Actieplan tegen vapes.](#)

¹⁵⁷ [Reuters. \(2024, 4 maart\). France mulls penalties to rein in ultra-fast fashion brands. Reuters.](#)

¹⁵⁸ [European Commission. \(2026, 9 februari\). New EU rules to stop the destruction of unsold clothes and shoes.](#)

onverkochte producten verbiedt vanaf 19 juli 2026 (grote ondernemingen) en 19 juli 2030 (middelgrote ondernemingen).

Convenant MVOI met bindende afspraken over inkoop van elektronica

Binnen dit convenant kunnen bindende doelstellingen worden vastgesteld over de inkoop van elektronica, waardoor overheden bewuster omgaan met hun consumptie van elektronica. Dit kan verschillende duurzame initiatieven stimuleren, zoals de inzet van dual-simkaarten om de vraag naar nieuwe mobiele telefoons voor de werkomgeving te verminderen. In Frankrijk is het voor overheden bijvoorbeeld vanaf 2024 verplicht om bij de inkoop van mobiele telefoons te kiezen voor minstens 20% refurbished telefoons en daarnaast voor 20% telefoons die gerecyclede onderdelen gebruiken¹⁰⁹. In Denemarken is het voor bepaalde productgroepen vanaf 2022 verplicht om een product met eco-label te kiezen, wanneer er geen significant prijsverschil is.¹⁵⁹

Productbelasting

Een productbelasting op eenmalige elektronica (bijv. wegwerpvapes, goedkope oordopjes, eenvoudige gadgets met korte levensduur) verhoogt de verkoopprijs van producten die ontworpen zijn voor kort gebruik of moeilijk reparabel zijn. Dit ontmoedigt consumptie en stuurt producenten richting duurzamer ontwerp (langere levensduur, repareerbaarheid, modulariteit). Een dergelijke belasting kan worden gedifferentieerd op basis van productkenmerken, zoals verwachte levensduur en de repareerbaarheidsscore of aanwezigheid. Producten met een korte levensduur of lage repareerbaarheid worden belast. Dit creëert een prikkel voor zowel producenten als consumenten. Voorbeelden van productbelastingen bestaan reeds. Zo is er de SUP-heffing (Single-Use Plastics), die gericht is op het terugdringen van wegwerpplastic door de prijs van dergelijke producten te verhogen.

Invoering Europese grondstoffenbelasting

Om reparatie en het gebruik van gerecyclede grondstoffen aantrekkelijker te maken, zou er een productbelasting op basis van gebruikte grondstoffen ingevoerd kunnen worden die het gebruik van primaire grondstoffen duurder maakt, zoals geadviseerd door de SER.¹⁶⁰ Hierbij bestaat wel het risico dat bedrijven zich naar het buitenland te verplaatsen. Daarom zou deze bij voorkeur op Europese schaal ingevoerd worden, waardoor dit risico afneemt. Overblijvend weglekrisico naar buiten Europa zou daarbij ondervangen kunnen worden door een grensheffing. Voor belastingregulering op Europees niveau is wel unanimititeit vereist: één dwarsliggend land kan deze belasting dwarsbomen.

De milieu- en prijseffecten van een grondstoffenbelasting hangen af van de mogelijkheid die producenten hebben om substitutie toe te passen, het aandeel van de grondstofprijzen in het uiteindelijke product en de mogelijkheid kosten door te berekenen. Wanneer de belastinginkomsten terugschuld worden, zullen de weglekeffecten en prijseffecten verkleind worden zonder aan het milieueffect te tornen.

Een dergelijke belasting zou gecombineerd kunnen worden met een uitbreiding van het CBAM-mechanisme. De Europese Commissie heeft in 2025 voorgesteld om CBAM uit te breiden naar zogeheten downstream producten, waaronder bepaalde consumptiegoederen zoals wasmachines.¹⁶¹ Dit betreft echter nog een beleidsvoorstel. De uiteindelijke reikwijdte en

¹⁵⁹ [European Environment Agency \(2024\). Circular economy country profiles 2024.](#)

¹⁶⁰ SER (2022). Evenwichtig sturen op de grondstoffentransitie en de energietransitie voor de brede welvaart.

¹⁶¹ [European Commission. \(2025\). Questions and answers on the Carbon Border Adjustment Mechanism.](#)

toepassing op consumentenelektronica zijn nog onderwerp van besluitvorming en kunnen wijzigen.

Heffing voor geïmporteerde producten

In Nederland wordt op dit moment elektronica geïmporteerd vanuit allerlei landen. De kwaliteit van deze geïmporteerde producten is soms twijfelachtig, waardoor ze in Nederland al snel in de afvalfase belanden. Nederland zou een heffing kunnen invoeren voor deze geïmporteerde producten. Op dit moment geldt er een tijdelijke Europese heffing van €3 op geïmporteerde pakketten met een waarde tot €150.¹⁶² Deze heffing zou in de toekomst kunnen worden verhoogd, en uitgebreid naar andere type pakketten.

Lager BTW-tarief voor deelproducten

Het verlagen van het BTW-tarief op deelproducten, zoals (refurbished) elektronica die via deelplatformen worden aangeboden, kan de prijs van deze alternatieven verlagen ten opzichte van nieuwe producten. Dit kan consumenten stimuleren om vaker gebruik te maken van deelelektronica.

Subsidie voor deelelektronica

Subsidies kunnen worden ingezet om initiatieven rond deelelektronica, zoals verhuur- of deelplatforms, te ondersteunen. Dit kan bijdragen aan schaalvergroting en het verlagen van kosten, waardoor deze modellen aantrekkelijker worden voor zowel aanbieders als gebruikers.

Gedragscampagnes op bewust consumeren

Gedragscampagnes kunnen consumenten bewust maken van de milieu-impact van elektronica en hen stimuleren om producten langer te gebruiken, te repareren of minder vaak nieuwe producten te kopen. De effectiviteit van dergelijke campagnes is vaak beperkt wanneer ze niet worden ondersteund door andere gedragsprikkelers. Gedrag wordt niet alleen bepaald door bewustzijn, maar ook door prijs, gemak en sociale normen. Campagnes kunnen een belangrijke aanvullende rol spelen, bijvoorbeeld in combinatie met beleidsmaatregelen die reparatie of hergebruik aantrekkelijker maken.

¹⁶² [European Commission \(2026\). Guidance and legal text on temporary flat fee on low-value imports which will apply until 1 July 2028.](#)

E.2 Substitutie

Verplichte inzet alternatieve materialen in elektronica bij maatschappelijk verantwoord inkopen door overheden

Overheden spelen een belangrijke rol als inkoper van elektronische apparatuur via het maatschappelijk verantwoord inkopen (MVOI)-beleid. Door eisen te stellen aan de materiaalinzet in elektronica kunnen overheden producenten stimuleren om meer circulaire en minder milieubelastende materialen toe te passen. Hierbij kan worden gedacht aan eisen voor het gebruik van recyclaat, het beperken van gevaarlijke stoffen of, waar technisch haalbaar, het verminderen van het gebruik van kritieke grondstoffen.

Eisen aan inzet van alternatieve materialen in ESPR (vervangen van kritieke en schaarse materialen, en een verplicht aandeel bioplastics/recyclaat)

Binnen de ESPR kunnen eisen worden gesteld aan de materiaalinzet in EEA, bijvoorbeeld gericht op het verminderen van het gebruik van kritieke en strategische grondstoffen (CRMs en SRMs) en het verplicht toepassen van recyclaat en bioplastics. De ESPR biedt hiervoor een juridisch kader via productspecifieke gedelegeerde handelingen. Voorbeelden van dergelijke eisen bestaan al gedeeltelijk binnen Europese regelgeving. Zo bevat de Batterijverordening verplichte minimumaandelen recyclaat voor onder meer kobalt, lood, lithium en nikkel in batterijen. Daarnaast worden binnen de ESPR en de Critical Raw Materials Act (CRMA) mogelijkheden verkend om producteisen op te nemen rond materiaal-efficiëntie, circulariteit en kritieke grondstoffen.

Quotum voor kritieke materialen

Een manier om het gebruik van kritieke materialen in elektronica te verminderen is om er een quotum aan te stellen. In navolging van het Europese emissiehandelssysteem (ETS) kan per jaar een maximum aan kritieke materialen worden vastgesteld dat op de Europese markt verkocht mag worden. Verkopers kunnen rechten onderling verhandelen, zodat het gebruik van kritieke materialen marktefficiënt kan worden afgebouwd. Hier zou een lange aanlooperperiode moeten worden geboden aan de producenten, of een conservatief afbouwpad van het quotum. De kritieke materialen spelen nu nog een belangrijke rol in elektronica, waardoor het apparaat effectief kan functioneren. Een wijziging in de materiaalsoort kan een groot negatief effect hebben op de levensduur en werking van een apparaat.

Belasting op de inzet van kritieke materialen

Een maatregel om het gebruik van kritieke materialen te verminderen is het invoeren van een belasting op de inzet ervan in producten, zoals elektronica. Door het gebruik van deze materialen duurder te maken, ontstaat een prikkel voor producenten om efficiënter met materialen om te gaan, substitutie toe te passen of alternatieve grondstoffen te ontwikkelen. De effectiviteit van deze maatregel hangt af van de beschikbaarheid van alternatieven en de mate waarin producenten kunnen reageren op prijsprikkel. Voor sommige kritieke materialen bestaan nog geen volwaardige substituten, waardoor een belasting kan leiden tot hogere productprijzen zonder dat het materiaalgebruik substantieel afneemt. Daarnaast bestaat het risico op verplaatsing van productie naar landen zonder vergelijkbare belasting.

Hogere tarieven binnen UPV voor elektronica met veel kritieke materialen

Binnen uitgebreide producentenverantwoordelijkheid (UPV) kan differentiatie van tarieven worden ingezet om het gebruik van kritieke materialen te ontmoedigen. Producenten van elektronica betalen een bijdrage voor inzameling en verwerking van afgedankte producten. Door deze bijdrage te verhogen voor producten met een hoog aandeel kritieke materialen ontstaat een prikkel om materiaalgebruik te verminderen of alternatieven toe te passen. De

prijsprikkel van deze maatregel is beperkt, omdat UPV-tarieven alleen de kosten van afvalbeheer dekken. Hierdoor blijven afvalbeheerskosten relatief klein ten opzichte van de totale productkosten.

Innovatiesubsidie voor alternatieven voor kritieke materialen

Een manier om de afhankelijkheid van kritieke materialen te verminderen is het subsidiëren van onderzoek en ontwikkeling naar alternatieve materialen of technologieën. Innovatiesubsidies kunnen bedrijven en kennisinstellingen ondersteunen bij het ontwikkelen van nieuwe oplossingen die minder of geen gebruik maken van schaarse of geopolitiek risicovolle grondstoffen. Deze maatregel kan op de langere termijn bijdragen aan structurele veranderingen in materiaalgebruik en de strategische autonomie vergroten.

E.3 Levensduurverlenging

Pleiten voor strenge producteisen in ESPR

De ESPR kan per productgroep kwaliteitseisen stellen op het gebied van onder andere repareerbaarheid, levensduur van batterijen, robuustheid, en losmaakbaarheid van onderdelen. Daarnaast kunnen in gedelegeerde wetgeving minimumtermijnen worden vastgesteld waarbinnen fabrikanten verplicht reserve-onderdelen moeten leveren en software-updates moeten aanbieden.

Nederland kan zich inzetten voor strenge eisen en kan pleiten voor zoveel mogelijk productgroepen Ecodesign-eisen vast te stellen. De rijksoverheid is hier al mee bezig, bijvoorbeeld door nauwe samenwerking te zoeken met andere Europese landen. Een voorbeeld van een concrete maatregel die zou kunnen worden ingevoerd via de Ecodesign-eisen is een verbod op verlijming.

Nationale implementatie en uitbreiding van Right To Repair (via ESPR)

De overheid heeft tot 31 juli 2026 de tijd om de Richtlijn recht op reparatie te implementeren. Daarbij is het belangrijk dat ze inzet op goede handhaving, zodat consumenten ook verzekerd zullen zijn van hun recht op reparatie. De Richtlijn is momenteel van toepassing op EEA die technisch te repareren zijn, waaronder huishoudelijke apparaten als wasmachines en stofzuigers, elektronica als mobiele telefoons en televisies, en e-bikes. Voorzien is dat de scope zich uitbreidt naar andere apparaten. Zo kunnen laptops, desktop pc's, spelcomputers en ovens vaak gerepareerd worden, maar zijn ze nog niet meegenomen in de scope van de Richtlijn.

Nederland steunt beleid op het gebied van Right to Repair, streeft hoge consumentenbescherming na en kijkt positief naar reparatie. Bovendien is Nederland al actief bezig met de implementatie van de Richtlijn.¹⁶³ Nederland kan dit verder uitdragen door zich in Europees verband in te zetten voor uitbreiding van repareerbaarheidseisen naar nieuwe productgroepen binnen de ESPR. Ook zou Nederland zich kunnen inzetten voor de verdere versterking van het consumentenrecht binnen Europees verband. Hiermee kan het Europese recht op reparatie worden versterkt en verbreed.

Pleiten voor maximumprijs voor onderdelen in ESPR

Hoge kosten voor onderdelen vormen een barrière voor de winstgevendheid van reparaties. Hoewel producenten met Ecodesign-eisen verplicht kunnen worden om reserve-onderdelen tegen een redelijke prijs aan te bieden, wordt geen specifieke prijs genoemd. De overheid kan zich inzetten om in de ESPR wel zulke maximumprijzen op te nemen. Hiervoor zou kunnen worden aangesloten bij het LONGTIME® - label,¹⁶⁴ dat gegeven wordt aan producten waarvan de reserveonderdelen onder een bepaald percentage van de nieuwprijs van het product blijven (gemiddeld 25%).

Hierbij zijn meerdere uitwerkingsopties mogelijk. Ter illustratie, belangenvereniging Right to Repair zet zich in voor een maximumprijs voor onderdelen, en noemt daarbij dat de kosten voor reserveonderdelen onder 15-20% van de productprijs zouden moeten blijven.

¹⁶³ [Rijksoverheid \(2026\). Reparatie elektrische apparaten makkelijker en betaalbaarder voor consumenten.](#)

¹⁶⁴ CE Delft. (2025a). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.

Een verplichte dichtheid van reparatie- en refurbishmentcentra in Nederland

Consumenten hebben er soms moeite mee een reparateur in de omgeving te vinden. Om reparatie toegankelijker te maken, kan er een minimale dichtheid aan reparatie- en refurbishmentcentra worden voorgeschreven, bijvoorbeeld op basis van de bevolkingsdichtheid. Het is juridisch mogelijk producenten hiervoor verantwoordelijk te maken als afvalbeheermaatregel via UPV. Dit ligt echter niet voor de hand, aangezien reparatie voornamelijk de levensduur verlengt van producten die in gebruik zijn, en slechts in mindere mate afgedankte producten een tweede leven geeft.¹⁶⁵ Een andere optie is lokale overheden met een subsidie (SPUK) te stimuleren om bij het opknappen van winkelcentra ruimte te bieden aan reparateurs.

Europese ontwikkelingen

Fabrikanten van EEA zullen overigens vanuit de Right to Repair-richtlijn verplicht worden om ook buiten de garantietermijn reparaties tegen een redelijke prijs aan te bieden of door derden te laten uitvoeren. Dit geldt alleen voor producten waarvoor op EU-niveau repareerbaarheidsvereisten zijn vastgesteld, zoals nu voor mobiele telefoons, wasmachines en stofzuigers het geval is en in de toekomst waarschijnlijk ook voor andere EEA gaat gelden (Richtlijn bevordering reparatie van goederen, art. 1 lid 3 jo. art. 5). De verplichtingen tot repareerbaarheid voor bepaalde producten kunnen met Ecodesign-eisen worden vastgelegd.

Verplicht aandeel tweedehands of refurbished goederen in de retail

Bij deze maatregel worden winkels of producenten verplicht om een vastgesteld deel van hun assortiment of omzet te laten bestaan uit tweedehands of refurbished goederen. Dit kan van toepassing zijn op alle repareerbare goederen of specifiek op elektrische en elektronische apparatuur. Hiermee stijgt de vraag naar tweedehands of refurbished goederen vanuit retailers. Dit creëert een financiële prikkel voor producenten om producten te ontwerpen met een langere levensduur en een hogere repareerbaarheid. Daarnaast hoeven consumenten niet meer specifiek op zoek te gaan naar gerepareerde of refurbished producten, maar kunnen ze duurzame keuzes in elke winkel maken. Het verplichten van tweedehands goederen zal juridisch waarschijnlijk moeten landen in nieuwe wetgeving, en er zal aangetoond moeten worden dat het middel evenredig is (Copper8, 2024). Daarnaast zijn er voor ondernemers hoge kosten en is er lage beschikbaarheid van tweedehands producten van voldoende kwaliteit.¹⁶⁶

Verkopers en fabrikanten verplichten om de wettelijke Nederlandse garantie te communiceren

Sommige bedrijven schetsen de geboden garantie van EEA bewust kleiner dan ze in werkelijkheid is.¹⁶⁷ Zo komt het voor dat bedrijven alleen de commerciële garantie vermelden, of alleen een Europese garantietermijn van twee jaar. Dit betekent dat een product moet functioneren gedurende de periode die de consument daarvan redelijkerwijs mag verwachten.

¹⁶⁵ CE Delft. (2025a). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.

¹⁶⁶ Copper8 (2024). [Verplichting verkoop gebruikte goederen: een verkenning.](#)

¹⁶⁷ Schenderling, P. & Sibbing, L. (2024). [Rapport ervaringen van bedrijven bij aanbieden reparatiediensten EEA. Sufficiency.](#)

Door bedrijven te verplichten de Nederlandse wettelijke garantie duidelijk te communiceren, krijgen consumenten beter inzicht in hun rechten. Daarmee kunnen zij reparatie sterker afdwingen en zich daarbij beroepen op informatie die het bedrijf zelf heeft verstrekt.

Specificering minimale verwachte levensduur en daarmee garantietermijn in wetgeving

In Nederland heeft de consument, naast de verplichte Europese garantie van twee jaar, recht op garantie binnen een termijn waarvan redelijkerwijs verwacht mag worden dat het product functioneert. In de praktijk komen echter ook garantieperiodes die niet in lijn liggen met het Nederlandse garantiestelsel. De consument is vaak niet op de hoogte van de wettelijke garantie, en daarnaast is procederen voor consumenten lastig of niet de moeite waard. Door specifieker te bepalen wat de minimale verwachte levensduur is per product (bijvoorbeeld met een onafhankelijk vastgestelde levensduurtabel), en dit transparant te communiceren kan de onduidelijkheid worden weggenomen bij de consument. Daarnaast is het wenselijk om de minimale wettelijke garantietermijn (en de verwachte levensduur) per product te specificeren in de wetteksten. Dit biedt meer houvast aan de consument bij eventuele procedurele acties.

Verplicht uitsorteren van herbruikbare goederen

Een maatregel om hergebruik te stimuleren is het verplicht stellen van het uitsorteren van herbruikbare goederen uit afvalstromen. Dit houdt in dat bij inzameling van afval expliciet moet worden beoordeeld welke producten of onderdelen nog geschikt zijn voor hergebruik, voordat ze worden ingezameld. Deze maatregel kan bijdragen aan een hoger niveau van circulariteit, doordat hergebruik doorgaans meer waarde behoudt dan recycling. Met name bij producten zoals elektronica, meubels en bouwmaterialen kan uitsortering ervoor zorgen dat functionerende producten of onderdelen opnieuw op de markt komen. Dit vergroot de beschikbaarheid van tweedehands producten en kan de vraag naar primaire grondstoffen verminderen.

Doelstelling voorbereiding voor hergebruik in UPV

Onder voorbereiding voor hergebruik valt het controleren, schoonmaken en/of repareren van (componenten van) producten, zodat ze kunnen worden hergebruikt zonder dat verdere behandeling nodig is. Binnen UPV is er een kwantitatieve inzameldoelstelling, maar niet voor voorbereiding voor hergebruik. Dit verleidt producenten om een lagere R-strategie te kiezen: om hun doelen te halen, kunnen ze producten beter recyclen in plaats van deze te voorbereiden op hergebruik. Wanneer doelstellingen voor voorbereiding voor hergebruik aan de UPV worden toegevoegd, kan dit leiden tot verlenging van de levensduur van producten. Juridisch lijkt een dergelijke doelstelling haalbaar.¹⁶⁸

Voorwaarden om dit effectief in te kunnen richten zijn:

- › Goede inzamelstructuur, waarbij elektronica niet beschadigd wordt
- › Duidelijke en gehandhaafde voorschriften voor activiteiten voor voorbereiding voor hergebruik, bijvoorbeeld door middel van certificering
- › Producten zijn voldoende ontworpen voor hergebruik
- › Fysieke ruimte voor activiteiten ter voorbereiding voor hergebruik

Ook kan worden overwogen om een aparte juridische status tussen gebruiksfase en afvalfase te organiseren: de hergebruik fase. Dit kan nuttig zijn, omdat producten die nog geschikt zijn voor hergebruik of refurbishment in de praktijk vaak al snel juridisch als 'afval' worden aangemerkt zodra zij eerst zijn afgedankt. Zodra producten de afvalstatus krijgen, gelden

¹⁶⁸ [CE Delft. \(2025a\). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.](#)

strengere regels voor transport, opslag, verwerking en export. Dat kan hergebruik onnodig bemoeilijken of duurder maken, terwijl het product technisch nog bruikbaar is.

Meerdere onderdelen kunnen worden gebruikt voor reparaties (met behoud garantietermijn)

Originele onderdelen van de producent zijn soms duur of niet voorhanden. Reparatie met onderdelen van derden kan uitkomst bieden, maar hierbij laten fabrikanten de oorspronkelijke garantie vaak vervallen. Hierdoor kan het bijvoorbeeld voor consumenten niet lonen om hun gebroken telefoonscherm te laten vervangen. Wanneer het fabrikanten verplicht wordt om over de rest van het toestel nog wel garantie te bieden, ook bij gebruik van onderdelen van derden, zullen consumenten vaker kiezen voor reparatie.

Inkopen van gerepareerde elektronica door overheid

Inkoop van gerepareerde of refurbished elektronica door de overheid leidt tot een grote vraagstimulus in de markt voor reparatie van elektronica. Hiermee kan deze markt groeien en mogelijk beter concurreren met primaire elektronica. De overheid zou daarnaast haar ecologische voetafdruk kunnen verkleinen en een voorbeeld kunnen bieden voor consumenten. Op dit moment zet Nederland reeds in op maatschappelijk verantwoord inkopen, via CFIT en het categorieplan voor ICT. Deze inzet zou kunnen worden geïntensiveerd.

In Frankrijk is het voor overheden bijvoorbeeld vanaf 2024 verplicht om bij de inkoop van mobiele telefoons te kiezen voor minstens 20% refurbished telefoons en daarnaast voor 20% telefoons die gerecyclede onderdelen gebruiken.¹⁶⁹ In Denemarken is het voor bepaalde productgroepen vanaf 2022 verplicht om een product met eco-label te kiezen, wanneer er geen significant prijsverschil is. Daarnaast zou de overheid zich ook kunnen inzetten om producten in te kopen met een lange levensduur.

Invoering van statiegeld of retourpremies

Consumenten kunnen geprikkeld worden om elektronica correct in te leveren door het invoeren van statiegeld of retourpremies. Zo kan het aandeel niet gescheiden ingezamelde elektronica evenals lekstromen (naar het buitenland) verminderd worden. Financiële prikkels bij inlevering van producten kunnen via een producentenorganisatie geregeld worden in het kader van UPV.¹⁷⁰ Daarbij moet er zorg voor gedragen worden dat de partij die de elektronica inneemt deze producten zo circulair mogelijk verwerkt.

Lagere tarieven binnen UPV voor elektronische apparaten met lange levensduur, hoge repareerbaarheid, losmaakbaarheid en recycklaat

Producenten zijn verantwoordelijk voor de kosten van hun product over de gehele levensduur door UPV: ze betalen een bijdrage voor afvalverzameling en -verwerking, waarbij ook doelstellingen voor recycling zijn opgenomen. De hoogte van de afvalbijdrage zou gedifferentieerd kunnen worden, waarbij producenten kortingen krijgen wanneer hun producten een langere levensduur, meer recycklaat, hogere repareerbaarheid en/of losmaakbaarheid hebben. Specifiek kan worden aangesloten bij de fabrieksgarantietermijn of bij een reparatie-index. Juridisch lijkt een dergelijke tariefdifferentiatie houdbaar.¹⁷¹

¹⁶⁹ [European Environment Agency \(2024\). Circular economy country profiles 2024.](#)

¹⁷⁰ [CE Delft. \(2025a\). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.](#)

¹⁷¹ [CE Delft. \(2025a\). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.](#)

Deze tariefdifferentiatie kan producenten stimuleren hun producten duurzamer te ontwerpen. Wel geldt dat er een beperkte prikkel uitgaat van UPV-tarieven, aangezien die slechts kostendekkend mogen zijn voor afvalverzameling en -verwerking. Voor producten met een lage verkoopprijs zou dit nog een effectieve prikkel kunnen zijn, maar voor producten van enkele honderden euro's is de verwerking van het afval relatief goedkoop ten opzichte van de verkoopprijs. Voor een sterkere impuls zou een nieuwe belasting opgetuigd kunnen worden, waarin minder duurzame producten hoger belast worden. Hierbij kan ook gedacht worden aan de Europese grondstoffenbelasting die indirect levensduurverlenging stimuleert, aangezien het duurder wordt producten met primaire materialen te maken. Het besluit of er tariefdifferentiatie moet worden toegepast, wordt genomen in het traject om de WEEE Richtlijn te herzien. Uitvoering van hoe hoog de tarieven dan worden is nationaal geregeld.

Gesubsidieerde leerplekken voor technisch personeel

Een maatregel om het tekort aan technisch personeel te verminderen is het subsidiëren van leerplekken, zoals stages, BBL-trajecten en omscholingsprogramma's. Hierbij ontvangen bedrijven een financiële bijdrage om mensen op te leiden in technische beroepen, bijvoorbeeld in reparatie, onderhoud, recycling en circulaire productie. Deze maatregel kan bijdragen aan het versterken van de arbeidsmarkt voor de circulaire economie. Veel circulaire activiteiten, zoals reparatie, refurbishment en hoogwaardige verwerking, zijn arbeidsintensief en vereisen specifieke technische vaardigheden. Door leerplekken te stimuleren wordt de instroom van gekwalificeerd personeel vergroot en kunnen bedrijven sneller opschalen.

Verlaging of vrijstelling van btw voor reparatiediensten (of gerepareerde, refurbished of tweedehands goederen)

Er wordt standaard 21% btw geheven over reparatiediensten en over gerepareerde of refurbished elektronica. Voor elektronica is al een keer btw afgedragen bij de oorspronkelijke aankoop van het product, wat gerepareerde of refurbished elektronica relatief zwaar belast maakt. Voor sommige goederen en diensten geldt momenteel een verlaagd btw-tarief van 9%, zoals voor het repareren van schoeisel en kleding. Dit verlaagde tarief kan worden uitgebreid naar alle reparatiediensten, zoals in Frankrijk vanaf 2026 wordt ingevoerd. Daarnaast zijn bepaalde producten vrijgesteld van btw, waaronder zonnepanelen. Een alternatieve beleids optie is om gerepareerde, refurbished of tweedehands goederen vrij te stellen van btw. Echter blijkt uit onderzoek blijkt dat verlaagde btw-tarieven deels doeltreffend maar niet doelmatig zijn; d.w.z. stimuleren via de btw is effectief maar beperkt en is relatief duur voor de overheid. Meer informatie hierover kunt u lezen in de kamerbrief en bijbehorende bijlagen over financiële prikkels reparatie van 29 juni 2026.¹⁷²

¹⁷² [Eerenberg, E. \(2026\). *Herziening Belastingstelsel \(32140\). Grondstoffenvoorzieningszekerheid \(32852\)*. Brief van de staatssecretaris van Financiën aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal.](#)

Alternatief stimulerend beleid

Wanneer slechts voor een bepaalde productgroep een verlaagd tarief/vrijstelling in de btw wordt toegepast, moet goed gekeken worden of deze productgroep duidelijk kan worden afgebakend. Daarnaast is het mogelijk dat ondernemers de verlaagde btw niet doorberekenen in verlaagde prijzen. Daarom pleiten onderzoekers van de Erasmus Universiteit voor subsidies in plaats van btw-verlaging (EUR, 2025).¹⁷³

Reparatievoucher

Een reparatievoucher kan de financiële drempel voor consumenten verlagen. Deze voucher kan bij gecertificeerde reparateurs gebruikt worden om korting te krijgen. Zo kan ook de kwaliteit van reparaties worden gewaarborgd. Kanttekening hierbij is dat er genoeg reparateurs gecertificeerd moeten zijn. Een reparatievoucher zou kunnen leiden tot 300.000 extra reparaties.¹⁷⁴ De bekostiging van de vouchers zou vanuit verschillende bronnen kunnen komen: de overheid zou dit kunnen betalen, zoals in Oostenrijk en in Saksen gebeurt. Daarnaast zouden producenten dit kunnen bekostigen vanuit UPV, zoals in Frankrijk gebeurt. Aanvullend zouden consumenten een kleine circulaire bijdrage per product kunnen betalen (naar voorbeeld van de verwijderingsbijdrage).¹⁷⁵ Het ministerie van IenW is geïnteresseerd in dit beleidsinstrument en verkent de mogelijkheden.

Subsidie voor het behalen van CENELEC-certificering

Een maatregel om circulaire toepassingen in de elektrotechnische sector te stimuleren is een subsidie voor het behalen van CENELEC-certificering. CENELEC-normen stellen eisen aan de veiligheid, kwaliteit en prestaties van elektrische en elektronische producten binnen Europa. Bedrijven dienen in bezit te zijn van een CENELEC-certificering om handelingen te mogen uitvoeren aan een AEEA. Het behalen van certificering brengt vaak kosten met zich mee, bijvoorbeeld voor testen, documentatie en aanpassingen in het productieproces. Dit kan met name voor kleinere bedrijven een belemmering vormen, bijvoorbeeld voor tweedehandswinkels, omdat ze zelf geen kleine reparaties mogen uitvoeren. Door bedrijven financieel te ondersteunen bij het certificeringsproces kunnen drempels worden verlaagd.

CENELEC-light

Een maatregel om circulaire toepassingen in de elektrotechnische sector te stimuleren is de invoering van een vereenvoudigde vorm van CENELEC-certificering ("CENELEC-light"). Een vereenvoudigde vorm van CENELEC-certificering ("CENELEC-light") kan worden ontwikkeld voor bedrijven die uitsluitend kleinschalige en laag-risico reparatie- en refurbishmentactiviteiten uitvoeren. Hierbij kunnen de eisen aan de locatie en bedrijfsvoering beter worden afgestemd op de daadwerkelijke veiligheidsrisico's van de werkzaamheden. Zo zijn de risico's bij het vervangen van eenvoudige onderdelen of het demonteren van producten voor hergebruik van componenten aanzienlijk lager dan bij activiteiten waarbij bijvoorbeeld batterijen worden geopend of gevaarlijke stoffen vrijkomen. Een lichter certificeringsregime kan de administratieve en financiële lasten voor bedrijven verlagen en daarmee refurbishment en *component mining* eerder in de afdank- en afvalketen stimuleren, waardoor meer onderdelen en producten behouden blijven voor hergebruik.

¹⁷³ [Merkx, M. & Boonstra, J. \(2025\). Waarom btw-verlaging op reparaties niet de oplossing is. Erasmus University Rotterdam.](#)

¹⁷⁴ [CE Delft. \(2025a\). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.](#)

¹⁷⁵ Sinds 1 januari 1999 betaalt de consument bovenop de prijs van een apparaat de verwijderingsbijdrage. De verwijderingsbijdragen komen in een fonds terecht en daaruit worden de kosten om het afval op een milieuverantwoordelijke wijze te verwerken.

Verplichte labeling van verstrekte garantietermijn

Een maatregel om de levensduur van elektrische en elektronische apparatuur te verlengen is het verplicht communiceren van de door producenten verstrekte garantietermijn via een herkenbaar label. Hierbij kan worden aangesloten bij het Europese GARAN-label, dat consumenten informeert over commerciële levensduurgaranties. In verschillende sectoren, zoals de automotive sector (fabrieksgaranties van vijf tot zeven jaar) en bij witgoed (bijvoorbeeld tien jaar garantie op motoren of compressoren), worden langere garantietermijnen al ingezet als signaal van productkwaliteit en betrouwbaarheid. Door dergelijke informatie ook voor elektrische en elektronische apparatuur zichtbaar en vergelijkbaar te maken, kunnen consumenten deze informatie beter meewegen in hun aankoopbeslissing. Bij deze maatregel wordt op het product of verkooppunt duidelijk gecommuniceerd welke garantie de producent of verkoper biedt. Het label vermeldt bijvoorbeeld de duur van de garantie en eventueel welke onderdelen onder de garantie vallen. Hierdoor krijgen consumenten meer inzicht in de verwachte levensduur en betrouwbaarheid van producten.

Sterkere handhaving op EU-vereisten voor producten

Door de groei van online platforms (zoals AliExpress), waarbij geen tussenkomst is van een importeur, komen steeds vaker kwalitatief inferieure EEA op de Nederlandse markt. Deze producten voldoen regelmatig niet aan de Ecodesign-vereisten en dragen soms onterecht een CE-keurmerk, verwarren consumenten met het bijna identiek uitziende China Export-label, of hebben het keurmerk überhaupt niet.¹⁷⁶ Hierdoor ervaren producenten of verkopers die wel aan de Europese vereisten voldoen oneerlijke concurrentie. In de toekomst komen door de ESPR en Right to Repair-richtlijn meer regels die consumenten in bescherming nemen. Sterkere handhaving van de huidige en toekomstige regelgeving draagt bij aan EEA met een langere levensduur en hogere repareerbaarheid, en zorgt voor een gelijk speelveld.

Reparatie-index

Bij invoering van een reparatie-index geven verkopers bij hun product weer hoe reparabel het product is. Zoals de Nutri-Score consumenten helpt gezondere keuzes te maken, ondersteunt een reparatie-index consumenten bij het maken van duurzamere keuzes. Daarnaast stimuleert het producenten makkelijk repareerbare producten aan te bieden, zodat ze beter scoren op de reparatie-index. In Frankrijk is een reparatie-index ingevoerd, waarna meer repareerbare producten werden verkocht.¹⁷⁷ Voor smartphones en tablets is vanaf 20 juni 2025 een reparatie-index op het energielabel verplicht via de Verordening Energie-etikettering. De EU heeft plannen een reparatie-index breder in te voeren. In het 'Working plan 2025-2030' voor de ESPR wordt namelijk genoemd dat er op 2027 gemikt wordt om wetgeving voor een reparatie-index aan te nemen.¹⁷⁸ Nederland kan zich ervoor inzetten dat deze index er daadwerkelijk komt, en dat het voor veel productgroepen zal gelden.

Communicatie en/of gedragscampagne voor onderhoud

Verkopers zouden in het kader van UPV mogelijk verplicht kunnen worden om bij verkoop meer informatie te bieden over onderhoud en reparatie van producten. Daarnaast zouden ze subsidies kunnen krijgen om deze taken uit te voeren. Ook de overheid zou mensen kunnen

¹⁷⁶ [Schenderling, P. & Sibbing, L. \(2024\). Rapport ervaringen van bedrijven bij aanbieden reparatiediensten EEA. Sufficiency.](#)

¹⁷⁷ [European Environment Agency \(2024\). Circular economy country profiles 2024.](#)

¹⁷⁸ [European Commission. \(2025, 16 april\). Ecodesign for sustainable products and energy labelling working plan 2025-2030.](#)

bewegen hun EEA goed te onderhouden met gedragscampagnes. Tot slot, zouden QR-codes ingezet kunnen worden om informatie aan de consument te verstrekken over het onderhoud.¹⁷⁹ Een analyse van de transitieagenda consumptiegoederen laat zien dat een aanzienlijk deel van reparaties voorkomen had kunnen worden: ervaringen met de Franse reparatie-telefoon toont aan dat tot circa 60% van de reparaties voorkomen kan worden door onderhoud en DIY, terwijl dit voor witgoed in Nederland naar schatting rond de 20-25%.¹⁸⁰

Communicatie en/ of gedragscampagne waarde van tweedehands, reparatie of refurbished goederen

Consumenten kunnen via communicatiecampagnes op de hoogte gesteld worden van de mogelijkheden en voordelen van levensduurverlenging. Daarnaast kunnen ze geïnformeerd worden over hun recht op garantie en een goed product. Daarbij kunnen consumenten aangespoord worden tot het maken van duurzame keuzes. Producenten zouden in het kader van UPV deze campagnes kunnen verzorgen, maar ook de overheid zou daar een rol in kunnen spelen.

Sterkere handhaving garantiewetgeving

Volgens de Nederlandse wetgeving moet garantie geboden worden binnen een termijn waarvan redelijkerwijs verwacht mag worden dat het product functioneert. Hier wordt echter onvoldoende op gehandhaafd, waardoor kortere garantietermijnen voorkomen. Daarnaast kunnen discussies ontstaan tussen de verkoper en fabrikant. De consument spreekt doorgaans de verkoper aan op non-conformiteit, terwijl de verkoper de garantieclaim vervolgens moet verhalen op de fabrikant. Dit kan leiden tot frictie in de keten. Ter handhaving zou de overheid bijvoorbeeld kunnen eisen dat de garantie-afspraken tussen verkoper en fabrikant in lijn gebracht worden met de wettelijke garantietermijn.¹⁸¹ Zo neemt de garantietermijn in de praktijk toe. Daardoor worden er meer producten gerepareerd en wordt het voor verkopers en fabrikanten minder aantrekkelijk inferieure producten aan te bieden, die ze dan namelijk later zelf moeten (laten) repareren.

¹⁷⁹ QR-codes op apparaten kunnen bijdragen aan het stimuleren van onderhoudsgedrag. Via een QR-code krijgt de consument toegang tot gerichte onderhoudsinformatie, reminders en – in een volgende stap – digitale ondersteuning, zoals een AI-assistent.

¹⁸⁰ [Rijksoverheid \(2026\). Transitieagenda consumptiegoederen.](#)

¹⁸¹ [Schenderling, P. & Sibbing, L. \(2024\). Rapport ervaringen van bedrijven bij aanbieden reparatiediensten EEA. Sufficiency.](#)

E.4 Hoogwaardige verwerking

Minimumstandaard verhogen voor AEEA binnen het Circulair Materialenplan (CMP)

Een maatregel om hoogwaardige verwerking van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (AEEA) te stimuleren is het verhogen van de minimumstandaard voor AEEA binnen het Circulair Materialenplan (CMP). De minimumstandaard bepaalt welke verwerkingsroute vanuit afvalbeheerperspectief minimaal acceptabel is voor een specifieke afvalstroom. Door hogere eisen te stellen aan de verwerking van AEEA kan beter worden geborgd dat waardevolle producten, componenten en materialen zo lang mogelijk behouden blijven in de economie. Momenteel ligt de nadruk bij de verwerking van AEEA vaak op recycling van materialen. Vanuit het perspectief van hoogwaardige verwerking verdienen echter opties hoger op de R-ladder, zoals hergebruik, reparatie, refurbishment, remanufacturing en componenthergebruik, de voorkeur omdat daarbij meer economische waarde en functionaliteit behouden blijven. Een hogere minimumstandaard zou kunnen voorschrijven dat vóór recycling aantoonbaar wordt onderzocht of producten of onderdelen geschikt zijn voor hergebruik of refurbishment. Ook kan worden geëist dat demontage plaatsvindt op een wijze die hergebruik van componenten faciliteert.

Voorschrijven extra maatregelen UPV

Op dit moment ligt de nadruk in de handhaving op het behalen van inzamel- en recycledoelstellingen. Wanneer de ILT constateert dat een producentenorganisatie (PRO) deze doelstellingen niet haalt, kan zij aanvullende maatregelen voorschrijven, die door de PRO moeten worden uitgevoerd. De Nederlandse overheid zou er ook voor kunnen kiezen om dergelijke maatregelen proactief vast te leggen, bijvoorbeeld door deze te borgen in generiek UPV-beleid. Dit kan bijdragen aan meer voorspelbaarheid en consistentie in de uitvoering, en kan voorkomen dat pas achteraf moet worden ingegrepen wanneer doelstellingen niet worden behaald.

Materiaalspecifieke doelen opnemen in UPV-regeling

De recyclingdoelstellingen die in het kader van UPV zijn gesteld, zien toe op gewichtspercentages. Daarmee wordt het minder aantrekkelijk om lichte materialen of kostbare materialen die slechts in kleine hoeveelheden aanwezig zijn te recyclen. Om ook deze recycling te stimuleren, kunnen materiaalspecifieke doelen worden opgenomen voor plastics en/of voor zeldzame aardmetalen. Hierin zouden ook de CRMA-doelen kunnen worden opgenomen. Op dit moment zijn de doelen vanuit de CRMA nog niet vertaald naar concreet beleid. Hier bestaat dus nog ruimte voor verbetering.

CRMA-doelstellingen

De CRMA stelt doelstellingen voor 2030 vast: de EU zou jaarlijks minstens 10% van haar behoefte aan strategische grondstoffen zelf moeten winnen, 40% zelf verwerken en 25% terugwinnen door recycling. Bovendien mag niet meer dan 65% van het verbruik van een strategische grondstof in elk stadium afhankelijk zijn van één derde-land.

Belasting bij het niet behalen van inzameldoelstellingen

Een maatregel om de inzameling van afgedankte producten te verbeteren is het invoeren van een belasting of boete wanneer de PRO haar inzameldoelstelling niet behaalt. Binnen bestaande UPV-systemen gelden doelstellingen voor inzameling, maar de handhaving en financiële consequenties bij ondermaatse prestaties zijn beperkt.

Door een financiële sanctie te koppelen aan het niet behalen van de inzameldoelen ontstaat een sterkere prikkel om inzamelsystemen te verbeteren, bijvoorbeeld via betere logistiek, consumentencampagnes of samenwerking met gemeenten en retailers. Dit kan leiden tot hogere inzamelpercentages en een grotere beschikbaarheid van secundaire grondstoffen. In Noorwegen bestaat er reeds een vergelijkbare belasting voor verpakkingen.

Exploitatiesubsidie voor circulaire activiteiten

Reparaties van elektronica zijn niet altijd een rendabele businesscase. Zo moesten veel (telefoon)reparatiebedrijven de laatste tijd de deuren sluiten.¹⁸² Refurbishment lijkt ook niet altijd rendabel te zijn, gegeven bijvoorbeeld de weinige apparaten of telefoonmodellen die refurbished te verkrijgen zijn. Ook recycling kent hoge kosten. Een exploitatiesubsidie zou de onrendabele top van deze technieken kunnen subsidiëren, zoals de SDE++ dat voor CO₂-reducerende technieken doet. Deze subsidie zou kunnen worden uitgekeerd vanuit de overheid, zoals de SDE++, of in het kader van UPV via producentenorganisaties geregeld kunnen worden. Met een subsidie wordt het voor alle partijen in de markt aantrekkelijker circulaire diensten aan te bieden of er gebruik van te maken.

Innovatie- en exploitatiesubsidie voor het recyclen van kritieke materialen

Een maatregel om de recycling van kritieke materialen te stimuleren is het verstrekken van een innovatie- en exploitatiesubsidie. Innovatiesubsidies richten zich op de ontwikkeling en opschaling van nieuwe technologieën om kritieke materialen, zoals zeldzame aardmetalen of metalen uit elektronica en batterijen, efficiënter terug te winnen. Exploitatiesubsidies ondersteunen de operationele fase, waarin deze technologieën daadwerkelijk worden toegepast en opgeschaald, maar mogelijk nog niet kostendekkend zijn. Aanvullende subsidie vanuit de Rijksoverheid voor stimuleringsregeling van St. OPEN De stimuleringsregeling van Stichting OPEN is bedoeld om bedrijven te stimuleren om afgedankte elektrische en elektronische apparatuur apart te houden en onbeschadigd aan te bieden aan gecertificeerde verwerkers. Deze stimuleringsregeling werkt goed, maar bij hoge ijzerprijzen treden er nog steeds aanzienlijke lekstromen op. Afvalpartijen shredden dan de AEEA voor de materiaalwaarde. De Nederlandse overheid zou een subsidie kunnen verstrekken aanvullend ten opzichte van de stimuleringsregeling, ten tijde van hoge ijzerprijzen. Hierdoor neemt de prikkel af om AEEA non-conform te verwerken voor de materiaalwaarde.¹⁸³

Sterkere handhaving op elektronisch afval

Doordat een deel van de gebruikte EEA geëxporteerd wordt, is het lastiger om de recycledoelstellingen in Nederland te halen. Vooral de export van afgedankte EEA naar het globale zuiden is een probleem, want daar worden de producten minder goed gerecycled en dragen ze bij aan vuilnisbelten.

Deze afvalexport is bij Nederlandse wet verboden, maar kan worden omzeild. Bij de export van elektrische en elektronische apparatuur is momenteel een stekkertest vereist, waarbij een apparaat als functioneel wordt aangemerkt zodra bij het inpluggen een lampje brandt of een display oplicht. Deze test geeft echter beperkt inzicht in de resterende levensduur van het product.

In de praktijk blijkt dat dergelijke apparatuur vaak slechts korte tijd na export nog bruikbaar is, waarna zij alsnog als afval eindigt. Daarnaast wordt ook afgedankte elektrische en elektronische apparatuur (zonder werkende stekkertest) illegaal geëxporteerd. Aanscherping

¹⁸² [CE Delft. \(2025a\). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.](#)

¹⁸³ [CE Delft. \(2025a\). Levensduurverlenging loont: Effecten van levensduurverlenging elektronische apparatuur op economie en milieu.](#)

van de exporteisen en het besteden van meer middelen aan handhaving kunnen bijdragen aan het behalen van circulaire doelstellingen.

Een ander belangrijk aandachtspunt zijn de lekstromen binnen Nederland. Een deel van het elektronische afval belandt bij non-conforme verwerkers (illegale circuit), waarbij het elektronisch afval niet altijd volgens de juiste kaders wordt verwerkt. Dit risico treedt met name op bij hoge ijzer- en metaalprijzen.¹⁸⁵ We zien hierbij een belangrijke rol voor de implementatie en handhaving van de afgifteplicht. De afgifteplicht vereist dat bedrijven hun AEEA-stromen rechtstreeks inleveren bij gecertificeerde verwerkers.

Pleiten voor dezelfde regels voor bepalen groene lijst afvalstoffen

Eén Europese markt maakt het makkelijker om grotere hoeveelheden elektronica afval te importeren en recycleren. Tegelijkertijd kan Nederland ervoor pleiten dat EU-landen dezelfde regels gebruiken om te bepalen welk afval onder de “groene lijst” valt van niet gevaarlijk elektronisch afval. Dan wordt het makkelijker om dit afval binnen de EU te vervoeren. Daarbij zijn duidelijke richtlijnen nodig voor de instanties die hierover beslissen, om te voorkomen dat landen de regels verschillend uitleggen of uitvoeren.¹⁸⁴

Oorzaken lekstromen elektronica-afval onderzoeken

In 2024 is 32% van het elektronica-afval niet gescheiden ingezameld.¹⁸⁵ Het is nog niet goed in beeld waar deze elektronica precies belandt. Mogelijke lekstromen zijn bijvoorbeeld slechte uitsortering, non-conforme verwerking voor materiaalwaarde en export. Stichting OPEN zou in het kader van UPV verplicht kunnen worden een onderzoek naar de oorzaken van lekstromen op te zetten, zodat met gericht beleid de gescheiden inzameling van elektronica verbeterd zou kunnen worden. Daarnaast zou onderzocht kunnen worden waarom elektronische producten kapot gaan. Inzicht in de meest voorkomende defecten en de onderliggende oorzaken kan helpen om maatregelen te ontwikkelen die de levensduur van producten verlengen, bijvoorbeeld via strengere ontwerpvereisten of betere voorlichting aan consumenten. Dit kan bijdragen aan afvalpreventie, een lagere vraag naar primaire grondstoffen en een vermindering van de hoeveelheid afgedankte elektronica die moet worden ingezameld en verwerkt. In haar actieplan 2025-2030 heeft Stichting OPEN overigens al een aantal onderzoeken aangekondigd. Zo gaat ze onderzoeken hoe lekstromen bij milieustraten verminderd kunnen worden, of EEA uit huisvuil nagescheiden kan worden, en wil ze bijdragen aan een nationaal onderzoek naar export voor hergebruik.¹⁸⁶

Definitie hoogwaardige verwerking opstellen

De huidige WEEE Directive, en vanuit daar de UPV, stelt geen eisen aan hoogwaardigheid van recycling. Momenteel worden geen minimumeisen gesteld aan hoogwaardige verwerking in categorie b en c1 van de afvalhiërarchie. De overheid zou daarom een definitie kunnen opstellen voor hoogwaardige verwerking, om hiermee prikkels binnen de UPV te genereren voor hoogwaardige recycling van plastics en kritieke materialen.

Ambitieuze invulling digitale productpaspoort

Het digitale productpaspoort (DPP) is een kerninstrument binnen de Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR). Het DPP moet productspecifieke informatie beschikbaar maken over de volledige levenscyclus van een product: van productie en materiaalgebruik tot milieu-impact, reparatie, hergebruik, recycling en veilige verwerking aan het einde van de levensduur. Daarmee vergroot het DPP de transparantie in de waardeketen en ondersteunt het de transitie naar een circulaire economie. Voor elektronica is dit bijzonder relevant, omdat producten

¹⁸⁴ [Recycling Europe. \(2026\). EU recyclers' roadmap: For a circular & future-proof e-waste sector.](#)

¹⁸⁵ [EURECO \(2023\). Rapportage Stichting OPEN: E-Waste in het huishoudelijk restafval, jaar 2023.](#)

¹⁸⁶ [Stichting OPEN. \(2024\). Actieplan 2025-2030.](#)

complexe materiaalstromen bevatten en vaak kritieke grondstoffen bevatten die zonder goede productinformatie moeilijk hoogwaardig kunnen worden teruggewonnen. De Nederlandse overheid kan zich daarom inzetten om de vereiste gegevens in het DPP zo ambitieus mogelijk in te vullen. Daarbij zijn ook praktische voorwaarden van belang, bijvoorbeeld voorkomen dat de informatie verloren gaat als deze met een sticker op de producten wordt weergegeven.

Energy & Materials Transition

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
www.tno.nl