

BEOORDELINGSKADER VOOR HET EVALUEREN VAN DE SCHAALBAARHEID VAN HERGEBRUIK VAN GEMEENTELIJK INGEZAMELDE ICT-APPARATUUR

Heeroma, M.J.	Hogeschool Rotterdam (Logistics Management)
Vegter, D.	NHL Stenden (Logistics Management)
Verduijn, T.M.	Hogeschool Rotterdam (lector Haven)

Samenvatting

In de stroom afgedankte elektrische en elektronische apparaten (AEEA of WEEE) die via milieustraten ingezameld wordt zit potentie voor hergebruik. De huidige prestatie-afspraken voor het verantwoord verwerken van deze afvalstroom, worden niet behaald terwijl het een groeiende afvalstroom betreft. In de huidige prestatie-afspraken wordt bovendien geen onderscheid gemaakt in recycling of hergebruik. In de praktijk zijn enkele pilots voor hergebruik van ICT-apparatuur kansrijk gebleken, ook nadat ze op milieustraten zijn ingeleverd. Om dit te kunnen opschalen is er voor betrokken partijen, zoals verwerkers voor hergebruik, behoefte aan duidelijke voorwaarden en inzicht in de kosten- en opbrengsten. Hoewel de literatuur de voordelen van hergebruik ten opzichte van recycling aantoont, zijn de opbrengsten nog niet duidelijk gealloceerd aan de verschillende ketenpartijen. In een KIEM project dat gebaseerd is op een praktijkcasus waarin een verwerker voor hergebruik van laptops en een milieustraat samen werken, wordt onderzocht onder welke voorwaarden opschaling mogelijk is en welke incentivestructuur daarbij past.

Op basis van een Material Flow Analysis-structuur is voor de praktijkcasus een basis gelegd voor een beoordelingskader. Op basis hiervan kunnen de opbrengsten van hergebruik en recycling uit de materiaalstroom gemeten worden. Hiermee kan beoordeeld worden bij welke combinatie van afspraken en voorwaarden er voor alle partijen een positief en werkbaar resultaat is. Ook kan hiermee de schaalbaarheid van de inrichting van het inzamel- en sorteerproces beoordeeld worden.

Introductie

E-waste in Nederland is, volgens Europese afspraken, sinds 2012 georganiseerd onder de AEEA-richtlijn voor Elektrische en elektronische apparaten (EEA). AEEA staat voor Afgedankte Elektrische en Elektronische Apparatuur (WEEE in het Engels) en is ingedeeld in verschillende categorieën waaronder IT- en telecomapparatuur. AEEA is één van de snelst groeiende afvalstromen in Nederland (Inspectie Leefomgeving en Transport, 2023) terwijl het inzamelpercentage van 65% niet behaald wordt (Nationaal (W)EEE Register, 2024). Daarnaast is de huidige recirculatieketen van EEA vooral gericht op recycling, terwijl de oorspronkelijke AEEA-richtlijn ook aanzet tot hergebruik van apparatuur.

Uit enkele praktijkvoorbeelden blijkt dat er uit de AEEA stroom op milieustraten meer te winnen is voor hergebruik dan momenteel gebeurt. Studies naar de belonings- en kostenstructuur van hergebruik vanuit gemeentelijk ingezamelde apparatuur geven onvoldoende houvast voor commerciële partijen om hergebruik rendabel op de markt te zetten. Er is bijvoorbeeld nog weinig duidelijkheid over de kosten- en opbrengstenallocaties van logistieke consequenties van inzamel- en sorteerstrategieën. Zeker voor de groep ICT-apparatuur, waaronder laptops en smartphones, rijst de vraag of de inspanningen voor hergebruik opwegen tegen de lucratieve opbrengsten van recycling, vanwege de waardevolle materialen die deze apparaten bevatten. De inzamelratios van ICT-apparatuur worden momenteel als laag

beschouwd. Dit heeft de aandacht vanwege te terug te winnen materialen. Evengoed kan dit kansen bieden voor meer hergebruik uit deze stroom (European Commission ("Study on Options for Return Schemes of Mobile Phones, Tablets and Other Small Electrical and Electronic Equipment in the EU," 2022)).

In een recent gestart KIEM-onderzoek werken Hogeschool Rotterdam en Hogeschool NHL Stenden samen met betrokken partijen om te komen tot een werkbare incentivestructuur waarmee de potentie voor hergebruik inzichtelijk wordt.

In dit artikel is de verkenning naar deze incentivestructuur besproken. Eerst is de huidige regelgeving en daarop gebaseerde infrastructuur toegelicht. Daarna is er in literatuur gekenken naar case-studies van hergebruik van ICT-apparatuur uit AEEA-stromen en naar incentives van hergebruik in deze keten. Vervolgens is een casus toegelicht waarvoor een incentivestructuur opgesteld is.

1. Huidige situatie AEEA en ICT-apparatuur in gemeentelijke inzameling

Sinds 2012 is in Nederland de AEEA-richtlijn voor afgedankte elektronische en elektrische apparatuur van kracht. De AEEA-richtlijn geeft invulling aan de Uitgebreide Producent Verantwoordelijkheid (UPV) die producenten verantwoordelijk stelt voor het verantwoord verwerken van producten en materialen nadat de consument, de gebruiker, afstand heeft gedaan van dat product.

1.1 Organisatie AEEA in Nederland

In Nederland fungeert Stichting Open als de Producenten Verantwoordelijkheid Organisatie (PRO) om namens de producenten en retailers de AEEA-richtlijn aan te sturen en hiernaar te rapporteren. De huidige doelstelling is dat er jaarlijks 65% van de in de daaraan voorafgaande drie jaar op de marktgebrachte gewicht aan Elektrische en Electronische Apparaten (EEA) gescheiden ingezameld wordt (*Directive - 2012/19 - EN - EUR-Lex*, n.d.). De resultaten over 2023 geven een behaald percentage van 29% (Nationaal (W)EEE register jaarverslag, 2024). Dit percentage is gebaseerd op het totale gewicht aan op de marktgebrachte EEA in de jaren 2020 tot en met 2022. Dit lage percentage is deels te verklaren uit het feit dat in de gemeten termijn de definitie van EEA is uitgebreid; zo zijn bijvoorbeeld zonnepanelen toegevoegd aan deze groep. Daarbij is de levensduur van veel EEA-producten toegenomen. Dit laatste is gecorrigeerd door uit te gaan van het totaal aantal AEEA in 2023 in plaats van het aantal op de markt gebracht product. In dat geval wordt een percentage van 60% behaald, terwijl richtlijnen voor in te zamelen EEA op basis van aangeboden AEEA op 85% ligt.

De afspraken over inzameling worden vanuit Rijkswaterstaat (RWS in een herziene Algemeen Verbindend Verklaring (AVV) per 2026 aangescherpt (*Staatscourant 2021, 7385 N1 | Overheid.nl > Officiële Bekendmakingen*, 2021). In aanloop naar deze herziening geeft Stichting Open aan hergebruik uit AEEA verder te willen verbeteren (Nijenhuis, 2025).

Stichting Open organiseert de verwerking van afgedankt elektronisch afval door gecertificeerde (CENELEC) partijen te contracteren voor inzameling, sortering en product- en materiaalverwerking. Zij faciliteren de verschillende AEEA containers op milieustraten en de Wecycle-containers die in winkels en op milieustraten staan en financieren het transport hiervan naar milieustraten en gecertificeerde verwerkers en de verwerking van materiaal. De financiering hiervan komt uit de verwijderingsbijdrage die de retailer of product af aan Stichting Open.

Alle hergebruikte of gerecyclede AEEA via het huidige netwerk wordt in gewichtsperscentages gerapporteerd aan Stichting Open en dragen daarmee bij aan de behaalde 29% van 2023.

Belangrijke voorwaarde om als inzamelings- of verwerkingspartner in aanmerking te komen voor een vergoeding is dat de partij de producten en materialen verantwoord verwerkt en afvoert. In Europa is dat georganiseerd onder de CENELEC certificering (*European Standards*, n.d.). Hierin wordt gecontroleerd dat apparatuur verantwoord voor milieu en mens wordt vewerkt en dat nog aanwezige data verwijderd wordt. Vooral bij ICT- en telecomapparatuur is het verwantwoord verwijderen van gegevens van groot belang om een betrouwbare hergebruiksketen te handhaven.

1.2 Inzameling en verwerking via milieustraten in Nederland

ICT-apparatuur, zoals laptops en telecommunicatie apparatuur, wordt ingezameld in de containers voor kleine elektrische en ICT-apparaten (KEI). Hierin komen zowel laptops als broodroosters en frituurpannen terecht. Vanuit deze stroom worden apparaten gesorteerd en verkocht aan verwerkers, meestal recyclers. Transport naar de recycler wordt vergoed en recyclers ontvangen een bijdrage per kilogram materiaal, naast de opbrengsten uit de verkoop van herwonnen materialen (Stichting OPEN, 2025). Het transport wisselt daarmee van waardedichtheid, aangezien ICT-apparaten meer waardevolle materialen bevatten dan bijvoorbeeld broodroosters en ("Inzameling En Verwerking Van Afgedankte Elektrische En Elektronische Apparatuur," 2023).

Veel milieustraten in Nederland hebben een aparte container voor kringloopwinkels. Hierin aangeboden producten, waaronder AEEA, worden naar kringloopwinkels vervoerd, daar getest en klaargemaakt voor hergebruik. In een recente pilotstudie (Bouwmans en Teeuw, 2024) is op enkele milieustraten gekeken naar het effect van interventies op het inzamelen van AEEA. Eén van de uitgangspunten hierbij was om het aanbod voor hergebruik te verbeteren. Het voorkomen van onnodig transport van milieustraten naar kringloopwinkels, omdat apparatuur niet verkoopbaar bleek, had hierin ook de aandacht.

Ingezameld materiaal wordt naar kringloopwinkels vervoerd en daar getest en herverkocht. Een risico dat hierbij gelopen wordt is dat er EEA naar kringloopwinkels vervoerd wordt die niet meer bruikbaar is en weer teruggebracht moet worden. Dit levert onnodige transportkosten op. In de pilotstudie is bij twee milieustraten is gekeken wat effect van interventies bij inzamelen is. Hieruit blijkt dat aandacht voor de wijze van inzameling effect heeft op een betere waardedichtheid van transport naar

kringloopwinkels en bovendien een hoger volume aan bruikbare apparatuur oplevert, ook in de KEI categorie.

1.3 ICT-apparatuur via milieustraten in Nederland

Het aandeel ICT-apparaten in de totale AEEA stroom in Nederlands huishoudelijk afval is nog geen 2% in gewicht (Nederlandse vereniging voor afval- en reinigingsdiensten, 2024). Deze stroom, die laptops, monitoren, tablets en andere ict-gerelateerde apparaten bevat, wordt als een waardevolle stroom beschouwd omdat deze kostbare metalen bevat (*Materialen*, n.d.). Recycling van materialen is over het algemeen gericht op ferro-metalen, koper, aluminium, glas en bepaalde kunststoffen (Nederlandse vereniging voor afval- en reinigingsdiensten, 2024).

Momenteel is er één vanuit Stichting Open gecontracteerde partij die laptops uit deze stroom opknaapt en als refurbished doorverkoopt. Ook worden uit deze stroom componenten geoogst die verkoopbaar zijn als tweedehands product.

Cijfers waaruit het precieze aandeel ICT-apparatuur in de KEI-stroom blijkt of de werkelijke materiaalopbrengst uit recycling op basis van ICT-apparatuur zijn niet transparant of specifiek genoeg voor de stroom die via de milieustraat loopt. Ook de verdeling van ICT-apparatuur die via Kringloopwinkels of via de Kringloopcontainer op de milieustraat beschikbaar komt is niet publiek gedocumenteert.

Wel geven de AEEA rapportages aan dat de EEA-stroom groeit terwijl de prestatiedoelen voor het verwerken van AEEA niet behaald worden.

2. Incentives voor hergebruik van ICT-apparatuur

In de literatuur is gezocht naar voorbeelden van hergebruik van ICT-apparatuur uit AEEA. Gekeken is naar de voordelen van hergebruik boven recycling, de huidige obstakels die hierin ervaren worden en naar de incentivestructuren die daarin bestaan. Allereerst is afgekadert hoe hergebruik is opgevat in dit onderzoek.

2.1 Hergebruik versus recycling van AEEA

Hergebruik of *reuse* wordt in de context van dit artikel gezien als het opnieuw op de markt brengen van producten zonder deze te veranderen (*The Circular Economy Glossary*, n.d.). Hergebruik in circulaire business modellen wordt, net als recycling, geschaard onder het herwinnen van waarde (*Circulaire Businessmodel - Wat Moet Er Veranderen En Hoe Doe Je Dat?*, 2024) en betekent over het algemeen dat het product van eigenaar verandert. Vaak is hergebruik gerelateerd aan *refurbish* en *repair*. Bij *refurbish* wordt het afgedankte product opgeknapt zodat het aan gebruikersstandaarden voldoet, bij *repair* gaat het om het in gebruik houden van een product onder dezelfde eigenaar. Deze circulaire concepten worden gezien als circulaire businessmodellen omdat ze economische activiteiten voortbrengen zoals diensten om producten opnieuw te verkopen, op te knappen of te repareren.

Ook componenten die gewonnen worden uit afgedankte producten en opnieuw verkocht worden, vallen onder hergebruik. *Parts harvesting*, zoals dit ook wel genoemd wordt, heeft voor ICT-apparatuur steeds meer aandacht (Richter e.a., 2022) om ICT-apparatuur te kunnen opknappen en repareren. Dit is mede dankzij tekorten op de markt, zoals tijdens de COVID-19 epidemie.

2.2 Motivatie voor hergebruik AEEA

Vanuit de intentie in de Europese AEEA-richtlijn dat hergebruik gestimuleerd dient te worden (*Materialen*, n.d.) is er gekeken naar voorbeelden van hergebruik van ICT-apparatuur uit Europese inzamelsystemen. Uit een bescheiden literatuuronderzoek blijkt dat de meeste AEEA-richtlijnen hergebruik nog niet afdwingen bij de producenten (Rizos & Bryhn, 2022). De huidige infrastructuur voor inzamelen en financiële vergoedingen geven ook weinig ruimte om te profiteren van de voordelen van hergebruik (Rizos ea, 2022) en (Richter et al. 2022). De stimulans om meer eco-design, of *design for circularity*, toe te passen wordt door producenten nog niet als economisch voordelig ervaren en dus nog nauwelijks opgepakt. Bovendien belonen de meeste AEEA-richtlijnen op kilogrammen en is er nog geen transparant systeem waarin producenten die investeren in eco-design profiteren. Vooralsnog worden ook deze producten op kilogrammen afgerekend. (O'Connel, 2012).

De voordelen van hergebruik van elektrisch en elektronische apparatuur zijn door Boldoczki et al. (2019) uitgewerkt op basis van verschillende duurzaamheidscriteria zoals de extractie van mineralen, toxiciteit voor mens- en milieu, energie- en waterverbruik. Voor ICT-apparatuur blijkt uit deze studies dat hergebruik de voorkeur zou moeten hebben boven het recycelen omdat het in zowel de productieketen als in de recyclingketen schade voorkomt, ondanks de lucratieve opbrengsten uit recycling van deze groep.

Nog niet duidelijk hierin is de allocatie van opbrengsten naar betrokken partijen. In een netwerk van inzameling, sorteren en klaarmaken voor hergebruik zijn de genoemde milieueffecten niet direct voelbaar. Deze zijn grotendeels ondergebracht in de regelgeving die voorkomt dat AEEA-verwerking schade voor mens of milieu oplevert.

Wat bovendien opvalt is dat gevonden voorbeelden van hergebruik van ICT-apparatuur in Europese landen meestal Business-to-Business (B2B) constructies betreft waarin commerciële of semi-publieke organisaties direct bij organisaties of bedrijven ICT- en telecomapparatuur verzamelen en dat verwerken voor hergebruik of componenten beschikbaar stellen voor refurbishment of reparatie (Anandh et al., 2021) en (Marchesin en Palladino, 2024).

2.3 Obstakels voor hergebruik van AEEA

Anandh et al. (2021) noemen in hun uitgebreide literatuurstudie naar hergebruik van AEEA de volgende aandachtspunten: Economische structuur, Ecologische impact, Sociale impact, Technische aspecten en Wettelijke regelingen. Voor de economische structuur is er in verschillende studies veel aandacht voor beloningsstructuren in aparte schakels van de keten, maar nog onvoldoende aandacht voor de kwaliteit

van het verwerken. Ecologische impact in de formeel georganiseerde ketens is goed bestudeerd, en in Europa ondergebracht in de CENELEC en AEEA-richtlijnen. De ecologische impact van hergebruik- en reparatie-activiteiten wereldwijd heeft nog nader onderzoek. Sociale aspecten betreffen onder andere het gebruikersgedrag en dat valt in deze studie buiten scope.

De aandachtspunten voor wettelijke regelingen komen overeen met wat er bij de economische aspecten is genoemd. Er zijn duidelijke kaders voor het recycelen, maar er wordt nog onvoldoende bestudeerd hoe onderscheid te maken in de kwaliteitsverschillen van verwerkt materiaal en de verschillen tussen hergebruik en recycling. Voor ICT-apparatuur geldt bovendien dat bij hergebruik van datadragers, de data verwijderd moet worden door een gecertificeerde partij (European Standards, n.d.)

O'Connell (2012) benoemt het kwaliteitsaspect ook; de huidige afdracht voor producenten maakt geen onderscheid in de circulaire intenties van de producent. Een eco-designed product dat goed herbruikbaar of repareerbaar is, wordt op dezelfde manier belast als een apparaat dat daar niet aan voldoet.

Naast waargenomen knelpunten wordt de in Nederland gestelde richtlijn van 65% ter discussie gesteld. Zoals eerder benoemd wordt de prestatienorm aangepast naar een gewichtspercentage op basis van aangeboden AEEA, in plaats van op de markt gebrachte EEA. Daarnaast is de registratie van hergebruikte producten van belang om het verwerkingspercentage goed te kunnen registreren, hoewel de huidige doelstellingen voor inzameling en verwerking daar nog geen aparte norm voor stelt.

Marchesin en Pallandino (2024) hebben de een inventarisatie gedaan op samenwerkingsverbanden in de verwerking van AEEA en EEA in Europa voor verschillende Circulair Economische concepten. Zij onderschrijven dat producenten nog weinig geneigd zijn hun business model aan te passen en dat samenwerkingsverbanden erg afhangen van de geldende richtlijnen voor het verwerken van deze afvalstroom.

2.4 Hergebruik van ICT-apparatuur uit milieustraten

Er zijn buiten Nederland nog weinig tot geen concrete voorbeelden waarbij hergebruik van ICT-apparatuur volgt na inzameling in gemeentelijke milieustraten. Nederland is Europa bovendien uniek in de aanwezigheid van de aparte Kringloop-container op de meeste milieustraten, waardoor ook KEI een weg vindt naar hergebruik. Voor laptops is er momenteel één door de PRO gecontracteerde partij die uit de stroom van ICT-apparaten laptops opknapt en terugbrengt op de markt.

Deze laptops of vergelijkbare ICT-apparatuur, worden vooralsnog niet apart ingezameld, maar geselecteerd uit de ingezamelde stroom die via de KEI-container of Kringloopcontainers worden aangeboden. Uit het eerder genoemde pilotonderzoek (Bouwman en Teeuw, 2024) blijkt dat de wijze van inzameling een hoger rendement voor hergebruik op kan leveren.

Dat de wijze van inzameling een belangrijke rol speelt in het succesvol hergebruiken van AEEA blijkt ook uit de beschouwingen van de AEEA-doelstellingen voor Noorwegen en Zweden van Richter et al (2022). Hierin wordt aanbevolen nader onderzoek te doen naar de impact van extra

inzamelmaatregelen, en daarbij behorende kosten, op de opbrengsten van een hoger ratio voor hergebruik.

Samenvattend geeft de literatuur aan dat hergebruik uit AEEA beter scoort op verschillende duurzaamheidsaspecten dan recycling. Ook onderschrijft de wetgever en de PRO de intentie om hergebruik uit AEEA te stimuleren. Bestudering van de huidige inrichting van de stromen en de literatuur geven aan dat de huidige inzamelstructuur via gemeentelijke milieustraten voornamelijk ingericht is op recycling. Voor hergebruik zijn er aanpassingen nodig in het inzamel- en sorteerproces. De belongingstructuur en de kostenallocaties die daarbij horen zijn nog niet helder of transparant. Voordat er een uitspraak gedaan kan worden over de opschaalbaarheid wordt daarom eerst een basis gelegd voor een incentivestructuur.

3. Incentivestructuur voor hergebruik ICT-apparatuur met MFA

De in Nederland bestaande beloningstructuur voor het verwerken van AEEA en ICT-apparatuur wordt voornamelijk gebaseerd op kilogrammen en gewichtspercentages ((*Staatscourant 2021, 7385 N1 / Overheid.nl* > *Officiële Bekendmakingen*, 2021). De uiteindelijk gerecyclede materialen worden volgens (*Materialen*, n.d.) ingedeeld en kennen een bepaalde marktwaarde.

De huidige structuur maakt slechts globaal onderscheid in volume en potentiële marktwaarde van gerycled of hergebruikt product. Dit maakt vooralsnog de fractie van ICT-apparatuur uit de AEEA stroom lucratief voor recyclers. Het betreft immers kleine producten met een hoge volume-dichtheid en veel waardevolle materialen.

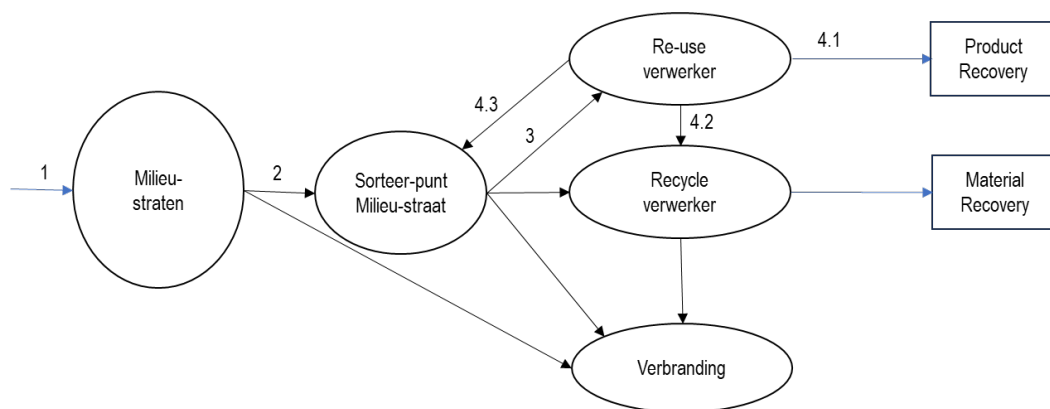
Om de potentie van hergebruik uit de stroom afgedankte ICT-apparatuur goed te kunnen benutten, is het de vraag of de interventies die in het inzamelproces gedaan moeten worden qua kosten en opbrengsten juist ge-allocceerd kunnen worden.

Om de opbrengsten van hergebruik te kunnen waarderen, zijn in de literatuurstudie van Andandh et al. (2021) de *Lifecycle Assessment* (LCA) en de *Material Flow Analysis* (MFA) het meest genoemd. De laatste geeft vooral houvast aan het alloceren van de opbrengsten per verwerkingsschakel.

MFA (Brunner en Rechberger, 2016) ondersteunt het kwantificeren van diverse fracties in de materiaalstroom van retourstromen. Het is nog geen incentivestructuur, maar biedt wel een basis hiervoor. Islam en Huda (2019) hebben een overzicht gemaakt van de toepassingen van Material Flow Analysis op e-waste. Het is een bruikbare tool en dient nader onderzocht te worden voor onder andere de samenwerking tussen partijen in een hergebruik-keten. De output van Material flow analysis is onder andere de *Material Recovery Rate* (MRR) en een *Product Recovery Rate* (PRR). Hiermee is onderscheid te maken tussen materiaalopbrengst uit recycling en productopbrengst uit hergebruik.

4. Casus hergebruik ICT-apparatuur

De casus betreft een samenwerking tussen een verwerker voor hergebruik (Re-use verwerker) en een regionale afvalverwerker met milieustraten. In een eerste pilot is een selectie gemaakt van laptops uit de stroom KEI van verschillende milieustraten en vanuit een centraal sorteerpunt naar de re-use verwerker gebracht voor verdere selectie. In eerste instantie is gekeken naar de materiaal, component of productopbrengst. Wanneer gekeken wordt naar interventies in de inzameling, bijvoorbeeld apart inzamelen van laptops, wordt de logistieke inrichting bepalend voor de opbrengsten en de kosten- en baten voor beide partijen. De situatie is versimpeld weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Ketenstructuur Milieustraat – hergebruik AEEA

In de casus is gekeken naar de opbrengst van herbruikbare laptops en componenten uit AEEA van enkele milieustraten in de daarvoor bestemde KEI-containers (1). De KEI wordt via een centrale milieustraat (2) nader gesorteerd voordat ze naar de verwerkingspartijen vervoerd worden (3). De rol van de kringloop-container wordt hierbij nog buiten beschouwing gelaten. In de casus is een re-use verwerker opgenomen met een specialisatie op laptops. Deze partij selecteert laptops op bruikbaarheid en deelt ze na schoonmaken en testen in naar 'herbruikbaar als product of component' (4.1) of 'recyclebaar' (4.2). De laatste stroom gaat terug naar de milieustraat (4.3) of direct naar de recycle-verwerker (4.2). Restmateriaal wordt uiteindelijk verbrand. Dit kan via verschillende routes en zal binnen scope alleen beschouwd worden vanuit werkelijk vast te stellen restafval uit de stroom voor hergebruik.

De kwaliteit van het sorteerpunt en van de inzamelingssortering bij de milieustraten is bepalend voor de opbrengst voor hergebruik. De huidige inrichting is immers gericht op recycling, waarbij schade aan het gehele product geen rol speelt. Dit is ook uit een pilot gebleken die in deze casus al is uitgevoerd; laptops die schade oplopen door het inleverproces. Voor hergebruik beïnvloedt dit de uiteindelijke mate product recovery voor de re-use verwerker, terwijl de interventie om dit te voorkomen op de milieustraten moet plaatsvinden. Ook de transportstromen tussen de schakels kunnen hierdoor

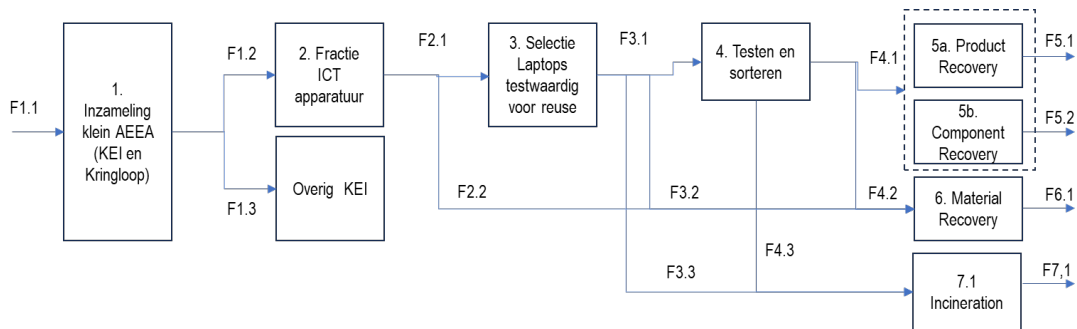
veranderen omdat er bij aparte inzameling op de milieustraten ook apart transport nodig is naar het centrale punt.

In de casus wordt het effect van de inrichting van het inzamelen en sorteren meetbaar gemaakt én de verwerkings- en transportactiviteiten zichtbaar gemaakt. Uitgangspunt is dat er voor een rendabele hergebruikketen duidelijk is bij wie de inzamel-, sorteer- en transportactiviteiten horen en hoe de kosten en opbrengsten verdeeld zijn. Het transport van de milieustraat naar de recycler wordt immers direct vergoed uit de verwijderingsbijdragen door de PRO, terwijl het transport van de Re-use verwerker naar een recycler of terug naar de milieustraat mogelijk anders belast wordt. In de eerste pilot is gekeken naar kleine materiaalstromen. Bij het opschalen naar hogere volumes is de verwachting dat het transport een duidelijkere factor is.

4.1 MFA voor hergebruik van ICT-apparatuur uit huishoudelijke inzameling

Op basis van de casus is een MFA-diagram opgesteld (figuur 2.) om *product recovery* en *material recovery* meetbaar te kunnen maken. De input betreft KEI en de output betreft herbruikbare producten, herbruikbare componenten en gerecyclede materialen. Op basis hiervan is een *Product Recovery Rate* vast te stellen die uitgesplitst kan worden in hele laptops en componenten. Om tot een bepaling van de *product recovery* te komen wordt als input massa de totale hoeveelheid kleine elektrische apparaten op milieustraten bepaald (1. Inzameling Klein AEEA), waarna een sortering plaatsvindt van 2. Fractie ICT-apparatuur en Overig klein AEEA. De Fractie ICT-apparatuur is hier een tussenstap die in de huidige situatie al plaats in de vorm van 'voorbereiding voor recycling' waarna producten vervoerd worden naar 6. Material Recovery verwerkers voor recycling. Voor laptops bestaat er een 3. Selectie van laptops testwaardig voor reuse waarin nog onderscheid gemaakt wordt tussen 'reuse' of 'recycle'. Potentiële laptops voor 'reuse' worden getest en nader verwerkt (4). Hieruit volgt mogelijk alsnog een stroom voor 6. Material Recovery en een voor product recovery. Hierin kan onderscheid gemaakt worden uit 5a. Product Recovery van gehele laptops en 5b. Component Recovery van componenten. Materiaal dat niet hergebruikt noch gerecycled kan worden, wordt uiteindelijk verwerkt in de verbrandingsoven (F7.1). Hierbij opgemerkt dat stap 6. Material Recovery niet altijd in Nederland plaatsvindt en de precieze bestemming van restafval daarmee niet zeker is. Voor deze studie wordt dit buiten beschouwing gelaten. Het model gaat nog steeds uit van massa en massapercentages. Belangrijk is in eerste instantie onderscheid te maken tussen de recycle-fractie (3) en de hergebruik-fractie. Omdat de selectie voor hergebruik (4. Testen en sorteren) en de daaruit volgende stromen van laptops of componenten door één partij uitgevoerd worden, kan er intern een onderverdeling gemaakt worden ten behoeve van inspannings- en opbrengstenallocaties.

De outputstromen die van waarde zijn, zijn uitgedrukt in 'verkoopbaar product', 'component' of 'materiaal'. Of deze ook verkocht worden, wordt hier buiten beschouwing gelaten.



F1.1	afgedankt klein elektrisch milieustraat
F1.2	afgedankt ICT apparatuur uit KEI
F1.3	afgedankt overig KEI
F2.1	ingezameld ICT apparatuur
F3.1	Testwaardig voor reuse (laptops)
F3.2	Gesorteerd voor recycle
F3.3	Gesorteerd voor afval (laptops of componenten)
F4.1	Product geschikt voor reuse (laptops of componenten)
F4.2	Materiaal voor recycling na selectie
F4.3	Afval na testen
F5.1	Verkoopwaardig Product
F5.2	Verkoopwaardig Component
F6.1	Verkoopwaardig Materiaal
F7.1	Afval na verwerking

Figuur 2. MFA-diagram voor beoordelingskader hergebruik ICT-apparaten

4.2 Incentivestructuur voor hergebruik van ICT-apparatuur uit huishoudelijke inzameling

Met behulp van het MFA-diagram, kunnen verschillende ratio's worden gemeten. Hiermee kunnen effecten van interventies in inzameling en/of sortering gemeten worden. Zo kan bij het apart inzamelen van ICT-apparatuur, de *Seperate collection rate* worden bepaald:

$$\text{Seperate collection rate} = F1.2/F1.1$$

Waarna de uiteindelijke *Product recovery rate*, *Component recovery rate* en *Material recovery rate* vastgesteld kunnen worden:

$$\text{Product recovery rate} = F5.1/F2.1$$

$$\text{Component recovery rate} = F5.2/F2.1$$

$$\text{Material recovery rate} = F6.1/F2.1$$

De *material recovery rate* kan ook bepaald worden op basis van de aangeboden stroom na selectiestap 4 (F4.2) en de verkoopbare materialen. Wanneer de re-use verwerker de materialen zelf aan een recycler aanbiedt, is deze data beschikbaar. De aandelen gerecycled materiaal uit F2.2 en F3.2 zijn vooralsnog niet transparant.

Wel laat deze indeling toe dat de verschillende productstromen tussen de schakels inzichtelijk worden. Hieraan kunnen te verwachten transportkosten gekoppeld worden. Ook wanneer deze onder de vergoeding van de PRO valt is het van belang rekening te houden met het sort product dat vervoerd moet worden en de mate waarin het aantal transportstromen toeneemt omdat er eerdere selectie plaatsvindt in de keten.

5. Discussie

De huidige cijfers die beschikbaar zijn over de fractie KEI of ICT-apparatuur zijn onvoldoende specifiek om een uitspraak te doen over precieze materiaalopbrengsten. Dit maakt het lastig om de waarde van uiteindelijk hergebruik goed te vergelijken met de huidige opbrengsten van recycling van deze groep. In de casus is wel te vergelijken wat de opbrengst is van hergebruik ten opzichte van de geselecteerde groep producten waaruit ook recycling volgt.

De casus kijkt naar een nog beperkte scope vanuit milieustraten naar een verwerker voor hergebruik. Om dit verder op te schalen dient ook gekeken te worden naar het effect van inzamelstrategieën op de transportstromen en de financiering vanuit Stichting Open. Deze zullen naar verwachting meer divers zijn omdat er bijvoorbeeld al bij de milieustraat onderscheid gemaakt wordt naar specifieke verwerkingsbestemming. Momenteel draagt Stichting Open de kosten voor deze transportstroom en zijn zij bepalend in de inrichting en financiering van AEEA-verwerking vanuit milieustraten.

Consequenties van meer transparantie in deze verwerkingsstroom zijn een mogelijke herwaardering van afgedankt apparatuur voor de verwerkingsmarkt en een verschuiving van kosten voor verwerking en transport. Wanneer blijkt dat de kosten-baten van hergebruik van bepaalde producten uit de milieustraten gunstig uitpakken, kan zijn dat de marktwaaarde van herbruikbare apparaten anders wordt dan de huidige waarde voor recycling. Daarnaast kan een betere inzameling aan het begin van de keten, huidige sorteerstappen overbodig maken, waarbij ingezamelde productgroepen direct doorverkocht worden aan verwerkers. Een consequentie hiervan kan zijn dat het aandeel van restafval voor die verwerkers toeneemt en daarmee de kosten, ondanks het feit dat het totale aandeel restafval afneemt. Dit is een voordeel voor de gemeentelijke afvalkosten maar een nadeel voor de ondernemers in de verwerkkingsketen.

Wat nog niet is meegenomen in de huidige casus is de inzet van donor-apparatuur. Vaak hebben partijen die ICT-apparatuur verwerken voor reuse een voorraad van niet-verkoopbare apparatuur en van losse componenten. Deze zijn inzetbaar om ICT-apparatuur die van de milieustraten komt op te knappen voor hergebruik. In het opgestelde MFA kan deze groep nog in een F5.3 fractie worden gevat, waarbij de gewichtsverschillen nader verklaard kunnen worden op basis van ingezet donor-materiaal. Daarnaast kan de selectie ook donor-materiaal opleveren in de vorm van de componenten uit stroom F.5.2 en eventueel uit de selectie verworven laptops die niet verkoopbaar zijn maar bewaard worden als donor.

Parts harvesting zoals onder andere benoemd door Richter et al. (2022) krijgt naar verwachting meer aandacht door de aankomende Recht op reparatie-wetgeving (*Recht Op Reparatie: Reparaties Simpel En Aantrekkelijker Voor Consumenten* / *Nieuws / Europees Parlement*, n.d.). Producenten worden dan immers verplicht gesteld producten te repareren waarvoor componenten beschikbaar moeten zijn, ook na de garantieperiode van het product. Hoewel de organisaties die inzetten op hergebruik en refurbishing vaak anders zijn dan die inzetten op reparatie, kan een aantrekkelijke markt in componenten verwacht worden. Bovendien wordt met deze wetgeving ook het hoofd geboden aan een in dit artikel niet nader benoemd obstakel (O'Connell, 2012) van tegenwerking op hergebruik vanuit producenten. Deze uit zich onder andere in het achterblijven in productontwerp voor reparatie of hergebruik en het ontmoedigen van reparaties en refurbishing door de nodige software of mogelijke garanties niet aan te bieden.

6. Conclusie

Hoewel het aandeel EEA toeneemt en daarmee het aandeel AEEA in het huishoudelijk afval, wordt nog weinig ingezet op hergebruik van deze groep. Met name ICT-apparatuur uit deze stroom wordt voornamelijk gerecycled en de huidige logistieke en beloningstructuren zijn daar voornamelijk op ingericht. Uit enkele praktijkvoorbeelden en literatuur blijkt er potentie om uit de ingezamelde producten op milieustraten, die tot nu toe als 'kansloos voor hergebruik' werd beschouwd, een interventie te doen waardoor ICT-apparatuur bruikbaar in te zetten is als product of component.

De huidige kosten- en beloningstructuren die vanuit de AEEA-richtlijnen zijn ingericht, geven onvoldoende zicht om een duidelijke business case op te bouwen voor partijen die kunnen verwerken voor hergebruik. Bovendien blijkt uit literatuur dat de allocatie van de verschillende voordelen van hergebruik, wat hoger in de circulaire hiërarchie ligt dan recycling, toe te kennen aan de betrokken partijen.

Daarnaast is het huidige stelsel ingericht op het meten van gewicht en gewichtspercentages, terwijl bij hergebruik de kwaliteit van het product of het component veel bepalender is voor de opbrengst dan het gewicht. Voor een uit te voeren casus waarbij uit gemeentelijke milieustraten laptops worden geselecteerd voor hergebruik, is een MFA-diagram opgesteld om meer inzicht te krijgen in de verschillende stromen en sorteer-ratio's. Hiermee wordt het mogelijk om de kosten- en opbrengsten van transport, sorteren en verwerken beter te alloceren. Ook biedt dit een basis om verschillende interventies in inzameling- of sorteeractiviteiten te testen en de schaalbaarheid te onderzoeken.

References

- Anandh, G., PrasannaVenkatesan, S., Goh, M., & Mathiyazhagan, K. (2021). Reuse assessment of WEEE: Systematic review of emerging themes and research directions. *Journal of Environmental Management*, 287, 112335. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112335>
- Boldoczki, S., Thorenz, A., & Tuma, A. (2019). The environmental impacts of preparation for reuse: A case study of WEEE reuse in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119736. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119736>
- Bouwman, M., & Teeuw, C. (2024). Rapport inzameling voor hergebruik op de milieustraten. In <https://circulairkennis.nl/onderzoek/inzameling-voor-hergebruik-op-de-milieustraten/>. Stichting Open. <https://circulairkennis.nl/wp-content/uploads/2024/12/Rapport-Inzameling-voor-hergebruik-op-de-milieustraten-2024.pdf>
- Brunner, P. H., & Rechberger, H. (2016). Handbook of Material Flow Analysis. In *CRC Press eBooks*. <https://doi.org/10.1201/9781315313450>
- Circulair businessmodel - wat moet er veranderen en hoe doe je dat? (2024, March 5). Kenniskaarten - Het Groene Brein. <https://kenniskaarten.hetgroenebrein.nl/kenniskaart-circulair-economie/hoe-creer-circulair-businessmodel/>
- European Standards. (n.d.). CEN-CENELEC. <https://www.cenelec.eu/european-standardization/european-standards/> geraadpleegd op 14 februari 2025
- Inzameling en verwerking van afgedankte elektrische en elektronische apparatuur. (2023). In *www.ilent.nl*. Inspectie Leefomgeving en Transport. <https://www.ilent.nl>
- Islam, M. T., & Huda, N. (2019b). Material flow analysis (MFA) as a strategic tool in E-waste management: Applications, trends and future directions. *Journal of Environmental Management*, 244, 344–361. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.062>
- Directive - 2012/19 - EN - EUR-Lex. (n.d.). <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/19/oj>, geraadpleegd op 7-2-2025
- Marchesin, L., & Palladino, G. (2024). *State of the Art, Barriers and Supply chain Collaboration of WEEE Supply chains towards CE: A Multiple case Study* [Master Thesis]. Politecnico di Milano.
- Materialen. (n.d.). Circulair Materialenplan. <https://circulairmaterialenplan.nl/inspraak/materialen/> geraadpleegd op 21 februari
- Nationaal (W)EEE Register. (2024). Nationaal (W)EEE Register, Rapportage 2023. In <https://nationaalweeeregister.nl/rapportage/>. <https://nationaalweeeregister.nl/rapportage/>
- Nederlandse vereniging voor afval- en reinigingsdiensten. (2024, November 26). *Afgedankte elektrische en elektronische apparatuur - NVRD*. NVRD. <https://www.nvrd.nl/dossier/afgedankte->

elektrische-en-elektronische-apparatuur/#accordion, geraadpleegd op 3 februari 2025

- Nijenhuis, M. (2025, January 14). *Speciale aandacht voor 'voorbereiding op hergebruik'* Recycling Magazine Benelux. <https://www.recyclingmagazine.nl/materialen/elektronica-recycling/speciale-aandacht-voor-voorbereiding-op-hergebruik/54584/>
- O'Connell, M. (2012). The sustainability potential of (W)EEE re-use in Ireland; evaluation, implementation, auto-identification and the internet of things (Version 1). University of Limerick. <https://hdl.handle.net/10344/2843>
- Recht op reparatie: reparaties simpeler en aantrekkelijker voor consumenten* / Nieuws / Europees Parlement. (n.d.). <https://www.europarl.europa.eu/news/nl/press-room/20240419IPR20590/recht-op-reparatie-reparaties-simpeler-en-aantrekkelijker-voor-consumenten>. Geraadpleegd op 21 februari 2025
- Richter, J. L., Svensson-Hoglund, S., Dalhammar, C., Russell, J. D., & Thidell, Å. (2022). Taking stock for repair and refurbishing: A review of harvesting of spare parts from electrical and electronic products. *Journal of Industrial Ecology*, 27(3), 868–881. <https://doi.org/10.1111/jiec.13315>
- Rizos, V., & Bryhn, J. (2022). Implementation of circular economy approaches in the electrical and electronic equipment (EEE) sector: Barriers, enablers and policy insights. *Journal of Cleaner Production*, 338, 130617. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130617>
- Staatscourant 2021, 7385 n1* | Overheid.nl > Officiële bekendmakingen. (2021, February 17). <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2021-7385-n1.html>
- Stichting OPEN. (2025, January 30). *Inzamelen met vergoeding: stimuleringsregeling en meer - Stichting OPEN*. <https://www.stichting-open.org/inzamelpartners-retailers/inzamelen-met-vergoeding/> geraadpleegd: 7 februari 2025
- Study on options for return schemes of mobile phones, tablets and other small electrical and electronic equipment in the EU. (2022). In <https://op.europa.eu/en/home>. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2779/237189>
- The circular economy glossary*. (n.d.). <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/glossary>, geraadpleegd 24 februari 2025