

F.9 bijlage 9; Uitvoeren van LCA's i.r.t. het LAP

F.9.1 Achtergrond

Met ingang van LAP3 kent de afvalhiërarchie de mogelijkheid om voor een bepaald materiaal een bepaalde vorm van recycling als hoogwaardiger te beschouwen dan andere vormen van recycling. Deze vorm wordt dan als voorkeursrecycling aangemerkt. Dit wordt beschreven in paragraaf A.4.2. Om deze afweging beleidsmatig te maken zijn twee instrumenten ontwikkeld: een beleidsmatig beslismodel om hoogwaardigheid uit te drukken en een methode op basis van een multi-cyclus LCA (mLCA).

Bij de vaststelling van LAP3 is geconstateerd dat met deze instrumenten veel inzicht is verkregen en dat deze zeker bruikbaar zijn. Toch is er behoefte aan verdere ontwikkeling. Met name bij het beleidsmatig beslismodel lijkt het nog nodig om

- dit op meer cases te toetsen,
- aanvullend aandacht te besteden aan het meenemen van schaarste van materialen, al dan niet via een economische insteek,
- te bezien of uitkomsten van het model ook in andere gevallen dan tot nog toe getest overeenkomen met de uitkomsten van de mLCA, en
- het model verder af te stemmen met marktpartijen.

Er is dan ook voor gekozen om vooralsnog wel het principe van het maken van onderscheid tussen vormen van recycling op te nemen in LAP3, maar dit nog niet concreet te maken voor specifieke afvalstoffen. In plaats daarvan is in een aantal sectorplannen van het LAP opgenomen dat dat interessante afvalstoffen zijn om bij de verdere vervolmaking van de systematiek te betrekken. Pas in een later stadium kan dan daadwerkelijk onderscheid tussen vormen van recycling worden doorgevoerd. Dit zal betekenen dat het LAP tussentijds wordt gewijzigd.

In deze bijlage komt alleen de multi-cyclus LCA aan de orde. De mLCA-methode (met ReCiPe als methode voor de effectbeoordeling) vervangt de LCA-methode (met CML2 als methode voor de effectbeoordeling) zoals gebruikt voor LAP1 en LAP2. Afwijkende vormen van verwerking dienen voor LAP3 dus met een mLCA-methode zoals beschreven in deze bijlage te worden getoetst aan de minimumstandaard.

Wanneer de mogelijkheden van het beleidsmatig beslismodel beter zijn uitgewerkt en wanneer de hele systematiek om onderscheid te maken tussen vormen van recycling breder met marktpartijen is afgestemd, kan deze bijlage worden aangepast of uitgebreid.

F.9.2 Inleiding

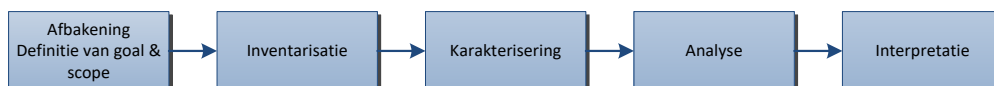
De minimumstandaard beschrijft de wijze waarop een materiaal minimaal verwerkt moet worden. Dit kan zowel een trede van de afvalhiërarchie zijn, als een specifiek benoemde techniek. Hoogwaardiger verwerken volgens een hogere trede dan de minimumstandaard is in de meeste gevallen toegestaan, laagwaardiger niet. Schrijft de minimumstandaard echter een bepaalde techniek voor (bijvoorbeeld thermisch reinigen gevolgd door ...) en wil een verwerker het materiaal op een andere wijze verwerken, dan dient er met een LCA aangetoond worden dat deze andere vorm van verwerking wat betreft milieueffect minimaal gelijkwaardig is aan de minimumstandaard (zie ook hoofdstuk D.2 'Minimumstandaard'). Met ingang van LAP3 moet daarvoor gebruik worden gemaakt van de multi-cyclus LCA zoals beschreven in deze bijlage.

De LCA-methode in deze bijlage wijkt op onderdelen iets af van een klassieke LCA. Daar wordt namelijk onvoldoende rekening gehouden met het waarden van het behoud van materialen, wat een kernbegrip is bij een hoogwaardige recycling en de circulaire economie. Het behoud van materialen en grondstoffen is namelijk niet alleen van belang in de eerstvolgende levenscyclus, maar ook in eventuele levenscycli daarna. Om dit hiaat in de klassieke LCA in te vullen is een multi-cyclus LCA (mLCA) ontwikkeld in het kader van het convenant 'Meer en Betere Recycling'

(VANG), gebaseerd op de beginselen van de klassieke LCA¹¹². De methode is met name geschikt voor het vergelijken van verschillende verwerkingsroutes. Ook is in de mLCA gekozen voor een specifieke aanpak ten aanzien van de selectie van milieueffecten en de onderlinge weging ervan.

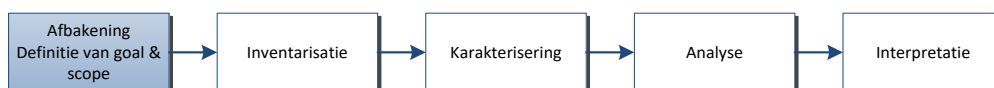
F.9.3 Uitvoeren van de mLCA

De mLCA volgt dezelfde stappen als in een klassieke LCA:



Voor elk van bovenstaande stappen is een paragraaf voorzien waarin wordt beschreven hoe te werk te gaan. Bij elke beschrijving is uitgegaan van kennis van en ervaring met het uitvoeren van LCA's.

F.9.3.1 Afbakening: definitie van doel en scope



Het startpunt van het uitvoeren van een mLCA is het bepalen en vastleggen van de doel en scope van het onderzoek, inclusief het definiëren van de systeemgrenzen. Op basis hiervan wordt duidelijk welk (onderdeel van een) proces onderwerp is van de analyse en hoever de analyse zich uitstrekt.

Voor de afbakening is het belangrijk dat een eerlijke vergelijking opgezet wordt voor de verwerking van een materiaal. Mee te nemen voorbehandelingen, hulpprocessen en/of vervolghandelingen moeten zorgvuldig afgewogen worden.

F.9.3.1.1 Functionele eenheid

De functionele eenheid van de mLCA is:

De verwerking van één ton materiaal, met een zekere kwaliteit, op het moment direct na inzamelen of afdanking, waarbij de vrijkomende secundaire grondstoffen en/of residuen gedurende drie achtereenvolgende cycli worden gevolgd.

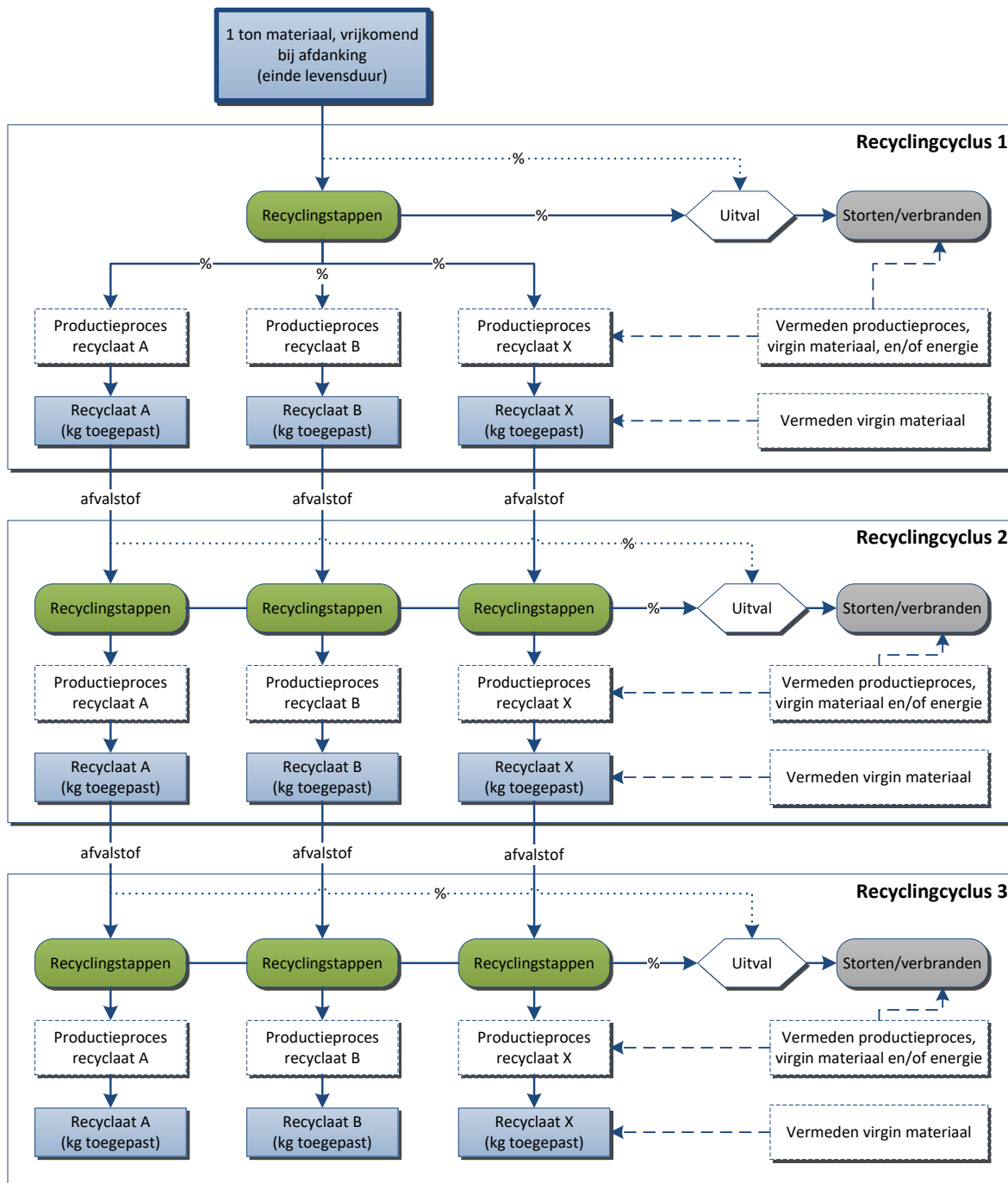
Als secundaire grondstoffen en/of residuen minder dan drie cycli meegaan, dan wordt voor dat deel gemodelleerd tot er geen materiaal in de keten meer over is.

F.9.3.1.2 Systeemgrenzen

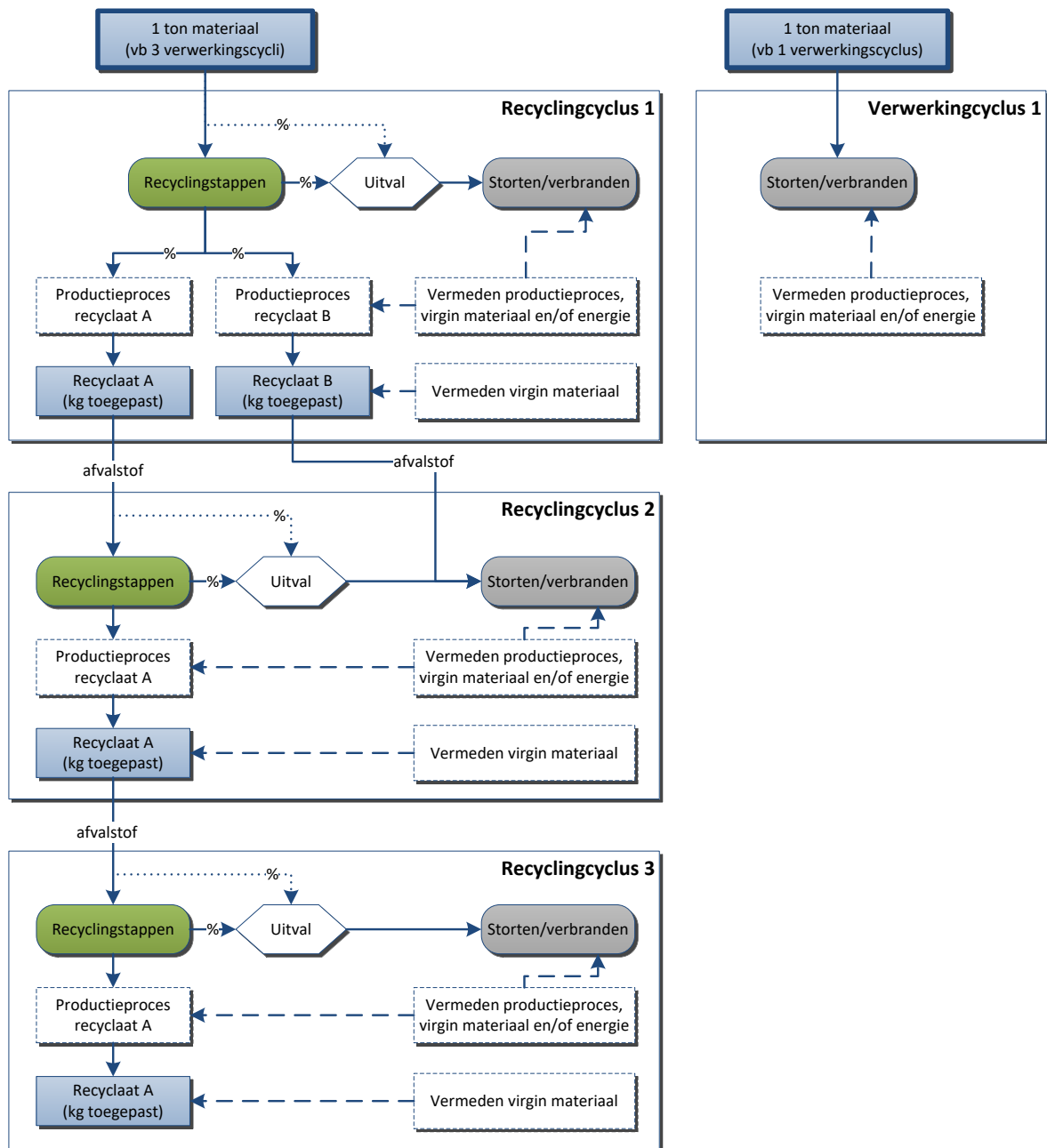
Het goed vastleggen van de systeemgrenzen is een van de belangrijkste aspecten bij een LCA. In de mLCA wordt, in tegenstelling tot een klassieke LCA, de systeemgrens uitgebreid tot maximaal drie cycli voor het verwerken van het materiaal. Op die manier wordt in beschouwing genomen of en hoeveel van bijvoorbeeld gerecycled materiaal na een eerder gebruik nog steeds als materiaal in gebruik blijft, en daarmee een bijdrage levert aan de circulaire economie. Tot en met de derde maal productie en verwerking, valt binnen de gestelde systeemgrenzen.

In het volgende schema, figuur 12, is op hoofdlijnen aangegeven hoe de drie cycli meegenomen moeten worden als bij de verwerking van 1 ton materiaal drie recyclaten ontstaan die elk nog minstens twee maal opnieuw gerecycled kunnen worden. De verliezen die in de verschillende recyclestappen optreden dienen allemaal meegenomen te worden. Net als alle vermeden primaire grondstoffen en productieprocessen.

¹¹² Overigens werd ook met een 'klassieke LCA' in bepaalde gevallen al wel gekeken naar meerdere cycli, dus het betreft hier zeker geen noviteit die puur en alleen ten behoeve van het LAP is bedacht. Het wordt in LAP3 wel tot standaardaanpak verheven.

figuur 12 Weergave van modellering van meer cycli op hoofdlijnen

In de praktijk zijn zowel eenvoudigere als nog complexere verwerkingsschema's mogelijk. De complexiteit is afhankelijk van de mate waarin de verschillende materialen in de keten blijven en dus meerdere cycli mogelijk zijn of niet. Als er minder recycleproducten ontstaan en/of het materiaal direct gestort of verbrand wordt, dan zijn de schema's eenvoudiger zoals aangegeven in de onderstaande voorbeelden, zie figuur 13.

figuur 13 Weergave van modellering van meer cycli bij 2 verwerkingsopties**Opmerkingen bij het bepalen van de systeemgrenzen**

Onderstaande opmerkingen en aanbevelingen refereren op onderdelen aan de stappen en blokken uit de schema's hierboven:

- Het blok 'recyclingstappen' is een verzamelnaam voor alle geassocieerde acties voor recycling: inzameling, sortering, verwerken, etc.
- Bij elke recyclingstap wordt de winning en productie van virgin-materiaal vermeden. Ook is er mogelijk een verschil in de benodigde energie of hulpmiddelen voor de productie van het beoogde product. Vanwege dit mogelijke verschil is het productieproces in de schema's in stippellijn weergegeven. Verschillen moeten in de LCA worden meegenomen.
- Tussen recyclingstappen vindt transport plaats. Dit is niet in het schema opgenomen maar moet bij de inventarisatie (zie paragraaf F.9.3.2) wel in beschouwing worden genomen. Ook input van hulpstoffen en energie alsook emissies bij de recyclingstappen zijn voor de LCA van

belang en moeten worden gemodelleerd.

- De mLCA richt zich op het in kaart brengen van de milieudruk vanaf het moment van afdanking. Eventuele emissies door gebruik of onderhoud van het product zijn om die reden niet inbegrepen. Die ingrepen zijn immers niet gerelateerd aan het bijvoorbeeld al dan niet recycleren van het materiaal.
- Ook wordt verondersteld dat de levensduur¹¹³ en gewicht van producten niet noemenswaardig beïnvloed worden door het recycelaat. Dit aspect hoeft dus niet meegenomen te worden in de mLCA. Indien hier in een specifieke casus twijfel over of aanleiding voor is, is het uitvoeren van een aparte gevoeligheidsanalyse op dit aspect aan te raden.
- Wanneer bij een vergelijking van verwerkingsroutes bepaalde processen in alle routes identiek zijn (en in dezelfde hoeveelheid worden toegepast), kan worden overwogen om deze in alle 'te vergelijken verwerkingsroutes' weg te laten als dit de modellering vereenvoudigt.

Uitgespaarde processen

Zoals in de bovenstaande schema's is aangegeven, wordt bijvoorbeeld bij de recycling van materialen de winning en productie van virgin-materiaal vermeden. Verschillen bij productieprocessen van primair en secundair materiaal ten aanzien van de gebruikte hulpstoffen en/of benodigde energie, dienen verdisconteerd te worden in de mLCA. Een voorbeeld hiervan is de inzet van glasscherven bij de productie van nieuwe glasproducten. Door deze inzet wordt namelijk de benodigde hoeveelheid energie verlaagd. In de mLCA is ook alleen het netto verschil in productie-energie (primaire minus secundaire productie) mee te nemen.

Elke keer dat een product uit recycelaat wordt gemaakt, vermijdt dit het gebruik van virgin-materiaal. Zolang het materiaal in de economie blijft, spaart het dus in elke cyclus opnieuw de winning en productie van virgin-materiaal uit tot een maximum van drie keer (in deze mLCA).

N.B. 1

In deze bijlage wordt er van uitgegaan dat de inzet van recycelaat betekent dat de winning en/of productie van virgin grondstoffen wordt vermeden. De vermeden milieu impact hiervan mag dan in mindering worden gebracht. Er zijn situaties denkbaar dat het ene secundaire materiaal concurreert met het andere. Door de toename van secundaire materialen in de circulaire economie zal dit zich steeds vaker voor kunnen gaan doen. In de meeste gevallen vinden beide recyclaten uiteindelijk een toepassing zodat er sprake blijft van het vermijden van primair materiaal, zelfs al zou in eerste instantie een ander secundair materiaal zijn ingezet wanneer het te onderzoeken materiaal er niet zou zijn geweest. Alleen in die gevallen waarin evident is dat geen sprake is van het besparen van virgin materiaal – denk bijvoorbeeld aan gevallen waarin een toepassing bij gebrek aan secundair materiaal waarschijnlijk helemaal niet zou worden gerealiseerd, ook niet met primair materiaal – kan gemotiveerd worden afgezien van het in toerekenen van vermeden milieu-impact door het uitsparen van primair materiaal.

N.B. 2

In sommige gevallen kan door een nieuwe toepassing een heel ander materiaal worden vermeden dan in de afvalstroom aanwezig. Voorbeeld is kunststof dat in een tweede leven wordt ingezet in een toepassing waar normaal hardhout wordt gebruikt. Dit kan leiden tot het vermijden van impacts die groter zijn dan de impact van het oorspronkelijke materiaal. In deze gevallen is het extra van belang dat er een gedegen motivering onder de vermeden impacts ligt, ofwel dat heel aannemelijk wordt gemaakt dat in de tweede toepassing inderdaad dat andere materiaal wordt vermeden. Betreft het – in dit kunststof/hardhout-voorbeeld – een toepassing die bij afwezigheid van de kunststof in praktijk altijd uitsluitend van hardhout zou zijn vervaardigd en is tevens aannemelijk dat de kunststof ook in die toepassing terecht zal komen, dan is het toerekenen van vermeden hardhout vanzelfsprekend de enige realistische uitwerking. In andere gevallen is het werken met gevoeligheidsanalyses – waaronder doorrekenen van de variant waarin een vermeden virgin materiaal wordt toegerekend dat zo veel mogelijk lijkt op het oorspronkelijke materiaal – noodzakelijk.

¹¹³ De levensduur van het product waarin het recycelaat terecht komt wordt buiten beschouwing gelaten ondanks het feit dat levensduur van producten en kernpunt is in het gedachtengoed van de circulaire economie. Voor de mLCA-berekeningen wordt aangenomen dat er geen causale relatie is tussen de keuze in recycling en de levensduur van producten.

Opzetten van het schema: wat gebeurt er bij tweede en derde keer recyclen?

De mLCA is gericht op het doorrekenen van een bepaalde verwerkingsroute en deze te vergelijken met alternatieve routes of met de minimumstandaard. Voordat met de inventarisatie wordt begonnen, is het aan te raden per te vergelijken verwerkingsroute een schema op te stellen zoals getoond in het begin van deze paragraaf. Dit schema geeft inzicht in wat er met het materiaal gebeurt na de eerste verwerkingsstap (bijvoorbeeld recycling), maar ook wat er mogelijk is bij een tweede en derde keer.

Bij het opzetten van het schema moet één verwerkingsroute centraal staan. Vervolgens moet worden bekeken of het verkregen materiaal wederom kan worden verwerkt volgens deze route. Als dat zo is, dan blijft die verwerkingsroute centraal staan. Als dat niet meer kan, dan gaat het materiaal verder via de meeste logische vervolgstap, namelijk de in de praktijk vaakst toegepaste.

Allocatie van milieueffecten

Voor de allocatie van milieueffecten kent de klassieke LCA meerdere mogelijkheden. In de mLCA wordt bij voorkeur uitgegaan van het concept van vermeden emissies. Het werken met vermeden emissies heeft de voorkeur gekregen boven het werken met bijvoorbeeld de methode van system enlargement omdat de combinatie van system enlargement met drie cycli het modelleren mogelijk onnodig complex maakt.

F.9.3.2 Inventarisatie



F.9.3.2.1 Algemene uitgangspunten

In de inventarisatie worden de milieu-ingrepen gekwantificeerd: dit zijn alle activiteiten die leiden tot een milieu-impact zoals emissies naar lucht, bodem en water, gebruik van grondstoffen, etc. Daarnaast moet ook goed worden geïnventariseerd wat er met het materiaal gebeurt.

Bij de mLCA is het, gegeven de meerdere cycli, verder heel belangrijk de massabalans goed uit te werken. Voor deze massabalans is het voor de verwerking van 1 ton materiaal belangrijk om goed in kaart te brengen:

- welk aandeel van het materiaal wordt ingezameld en/of geselecteerd t.b.v. recycling;
- welke aandelen van het materiaal daadwerkelijk worden gerecycled;
- wat de uitval is van materiaal per verwerkstap bij recycling en wat de bestemming is van deze uitval (storten of verbrand). De totale hoeveelheid gestort materiaal, zoals bepaald in de inventarisatie, wordt in de resultaten apart aangegeven als stortindicator.

Papiervezels kunnen bijvoorbeeld een beperkt aantal keer worden gerecycled. Zo levert 1 ton oud papier en karton niet automatisch 1 ton gerecyclede vezels op. Dit geldt voor vele materialen. De uitval komt onder andere voort uit niet-geselecteerd of gekwalificeerd materiaal.

Om een compleet beeld te krijgen in de inventarisatie is het verder van belang dat ook de volgende aspecten worden geïnventariseerd. Daarbij gaat het om de te verwerken materialen en uitvallen in de drie mogelijke cycli:

- de transportafstanden en -middelen tussen de verschillende verwerkstappen
- de energiebehoefte per verwerkstap
- de benodigde hulpstoffen en waterverbruik per verwerkingsstap
- de directe emissies naar lucht, water en bodem
- het afvalwater per verwerkstap
- de te besparen winning en productie van virgin-materiaal door de inzet van recyclaat en/of opgewekte energie.

Verbranding van materiaal (in een AVI, een BEC, een cementoven, een E-centrale) moet worden gemodelleerd met opwekking van energie (elektriciteit en/of warmte). De opgewekte energie is vermeden conventionele elektriciteit en warmte, waarbij de hoeveelheid opgewekte energie moet

worden berekend

- op basis van de lower heating value van het materiaal,
- de thermische en elektrische efficiëntie van de gemiddelde Nederlandse AVI, BEC, E-centrale en voor een cementoven een voor de verwerking van Nederlands afval representatieve (buitenlandse) installatie, en
- de hoeveelheid verbrand materiaal.

In allerlei recyclingprocessen zijn hulpstoffen nodig om te zorgen dat het recyclaat eigenschappen behoudt en/of terugkrijgt die overeenkomen met de eigenschappen van virgin-materiaal. Deze hulpstof kan bijvoorbeeld het mengen van recyclaat bevorderen, de degradatie van polymeerketens afremmen of veroudering van het materiaal tegengaan. Dergelijke hulpstoffen die specifiek samenhangen met het gebruik van recyclaat moeten worden opgenomen in de inventarisatie.

Het feit dat recyclaat vaak wordt bijgemengd bij virgin-materiaal hoeft niet specifiek gemodelleerd te worden, zolang het recyclaat maar één-op-één virgin-materiaal uitspaart. De inzet van virgin-materiaal wordt dan ook niet als hulpstof bij de recycling beschouwd.

Als een bepaalde verwerkingsroute zich nog niet in de praktijk heeft bewezen, dan zal gerekend moeten worden met de te verwachten uitval, het te verwachten energieverbruik, etc. In deze gevallen is extra aandacht vereist voor de impact van gebruikte schattingen en aannames op het resultaat van de analyse (dus zwaartepunts- en/of gevoeligheidsanalyses).

F.9.3.2.2 [Specifieke bepalingen t.a.v. de inventarisatie](#)

Tijdshorizon

Bij de inventarisatie wordt als uitgangspunt zonder lange termijn emissies gerekend. Wel wordt het effect van het toch meenemen van lange termijn-emissies op de einduitkomst gerapporteerd als gevoeligheidsanalyse.

Als uitgangspunt worden kort cyclische producten, zoals verpakkingen, op eenzelfde manier gemodelleerd als langcyclische, zoals bouwproducten terwijl de tijdshorizon kan variëren van minder dan één tot meer dan honderd jaar. Aan de ermee samenhangende onzekerheid (hoe zijn verwerkingstechnieken over 100 jaar, hoe is de grondstoffen markt over 100 jaar, etc.) dient bij langcyclische producten wel aandacht te worden gegeven.

CO₂

Voor CO₂ geldt dat bij de milieu-ingrepen deze emissies kunnen worden genegeerd voor zover het emissies zijn die behoren tot de "korte CO₂-kringloop". Deze korte kringloop is een omschrijving voor het evenwicht tussen binding in biomassa en oxidatie (rotting / compostering / verbranding). Er wordt vanuit gegaan dat CO₂ uit deze korte kringloop voortdurend ontstaat en weer door de natuur wordt onttrokken en dat dergelijke emissies geen bijdrage leveren aan de versterking van het broeikaseffect. Dit in tegenstelling tot CO₂ uit fossiele brandstoffen dat al miljoenen jaren lang geheel uit deze kringloop is verdwenen en dat er door het verbranden van deze fossiele brandstoffen extra aan wordt toegevoegd. Relevant is tevens dat zowel bij de korte als bij de lange kringloop eventuele vorming van methaan nadrukkelijk bij de inventarisatie moet worden betrokken.

Bij nuttige toepassing van compost moet bovendien rekening gehouden worden met veenvervanging ofwel uitsparing van lang-cyclisch CO₂. Bij het winnen van energie uit afval moet gerekend worden met uitsparing van fossiele brandstoffen, ofwel ook uitsparing van lang-cyclisch CO₂ indien het afval bestaat uit producten waarin geen fossiele energiedragers zijn verwerkt.

Achtergrondprocessen

Standaard wordt uitgegaan van de proceskaarten zoals vastgelegd in de Ecoinvent 3.3-database (of een meer recente versie wanneer die beschikbaar is). Als in afwijking van deze basisregel andere databases gebruikt worden, dan zal inzichtelijk gemaakt moeten worden waarom voor een andere database gekozen is en wat het effect daarvan op de resultaten is. Bij het gebruik van Ecoinvent dient standaard te worden uitgegaan van het system-model 'Cut-Off System Model',

gebaseerd op 'recycled content'. De andere modellen ('Allocation at the Point of Substitution' (APOS), ook wel aangeduid als 'Default', en 'Consequential') kunnen in een gevoeligheidsanalyse worden gehanteerd.

Verder moet voor het modelleren van de verschillende (achtergrond)processen uitgegaan worden van de volgende uitgangspunten:

- Voor de vermeden warmte wordt specifiek gebruik gemaakt van de Ecoinvent proceskaart '*Heat, natural gas, at industrial furnace >100 kW/RER*'.
- Voor de vermeden opgewekte conventionele elektriciteit bij verbranding wordt bij voorkeur uitgegaan van de meest recente gemiddelde Nederlandse elektriciteitsmix op basis van de stroometiketten. De modellering moet gebeuren op basis van energiedrager voor de elektriciteitsmix. Het aandeel elektriciteit opgewekt met kolen moet bijvoorbeeld gemodelleerd worden met '*Electricity, hard coal, at power plant/NL*', etc. Een alternatieve, maar minder gewenste optie, is uitgaan van de gegevens in de Ecoinvent database voor Nederland.
- De 'Lower heating value' van de meeste materialen zijn opgenomen in de proceskaarten voor verbranding van Ecoinvent.
- De meest recente gegevens over de thermische en elektrische efficiëntie van AVI's in Nederland zijn desgewenst op te vragen bij RWS-Leefomgeving.

Uitloging

Voor uitloging wordt onderscheid gemaakt in [1] inzet als bouwstof, [2] het "standaard" storten van afvalstoffen op een stortplaats en [3] het storten van vormgegeven immobilisaten.

Algemeen

- Uitgangspunt is het zoveel als mogelijk hanteren van praktijkgegevens met betrekking tot de feitelijke uitloging (uitloogtesten). Daar waar deze gegevens ontbreken dienen zij gemotiveerd te worden ingeschat en dient men name in deze gevallen met gevoeligheidsanalyses te worden gewerkt. Vervolgens dient een gemotiveerde vertaling van uitlooggegevens op labschaal (kolomtest) naar de meest gebruikelijke praktijkcondities plaats te vinden (zoals bijvoorbeeld de toepassingshoogte en/of de aan- of afwezigheid van een bovenafdichting).
- Daar waar de onderzochte afvalstroom slechts een deel uitmaakt van de toegepaste secundaire grondstof (door stabilisatie of immobilisatie) worden de uitlooggegevens gecorrigeerd voor de opgetreden verdunning.
- Bij de berekening van emissie gedurende de levensduur vanuit de uitlooggegevens op labschaal worden de volgende waarden aangehouden:¹¹⁴

component	k-waarde
As	0,01
Ba	0,17
Cd	0,32
Co	0,13
Cr	0,25
Cu	0,27
Hg	0,14
Mo	0,38
Ni	0,26
Pb	0,18
Sb	0,04
Se	0,16
Sn	0,1
V	0,04
Zn	0,28
Br	0,508
Cl	0,65
CN-complex	0,209
CN-vrij	0,225
F	0,26

¹¹⁴ Bron: Kritische emissiewaarden voor bouwstoffen. Milieuhygiënische onderbouwing en consequenties voor bouwmaterialen; RIVM; 2007; rapportnummer 711701043.

S04	0,33
-----	------

[1] Inzet als bouwstof

Tenzij voor een specifieke situatie gemotiveerd andere waarden representatief zijn wordt voor de vertaling van uitloogtesten naar praktijkemissies uitgegaan van

- een kolomproef met $L/S=10$;
- een gemotiveerde representatieve toepassingshoogte (*). Indien de exacte toepassingshoogte niet bekend is wordt hiervoor een worst-case aanname gehanteerd;
- een infiltratie van 300 mm/jaar (*);
- een tijdshorizon van 100 jaar voor metalen en 1 jaar voor anionen.

(*) Vast aandachtspunt voor zwaartepunts- en gevoeligheidsanalyses.

Met het toepassen van secundaire grondstoffen in werken worden toepassingen van primaire grondstoffen vermeden. Naast de winning en de transport van deze primaire grondstoffen wordt ook de uitloging vanuit deze primaire grondstoffen vermeden. Ten aanzien van de uitloging van zware metalen en anionen aangenomen dat deze niet zal plaatsvinden bij primair materiaal. Uitloging uit de secundaire grondstof wordt dus volledig toegerekend aan de onderzochte afvalstroom zonder een correctie door te voeren voor de "vermeden nul-uitloging".

Voor het bepalen van de immissie van de verschillende componenten wordt, uitgaande van een kolomproef met $L/S=10$ gewerkt met de volgende formule:

$$I_{bodem} = \rho * (E_{L/S=10} - a) * h * \left[\frac{(-\kappa * \left\{ \frac{t^* N_i}{\rho * h} \right\})}{1 - e^{(-\kappa * 10)}} \right]$$

waarbij:

- I_{bodem} : immissie van een component naar de bodem (mg/m^2)¹¹⁵
 ρ : de dichtheid van de afvalstof (kg/m^3)
 $E_{L/S=1}$: uitloogwaarde van een component op basis van een kolomproef (mg/kg)
 a : hiervoor wordt standaard 0 (nul) aangehouden (**)
 h : toepassingshoogte (m)
 κ : k-waarde uit bovenstaande tabel
 t : tijdspanne (jaren)
 N_i : infiltratie (mm/jaar)

(**) De a-waarde is in deze formule bedoeld om de berekende immissie naar de bodem te corrigeren voor een immissie afkomstig van schone grond. In vergelijkende LCA's in het kader van het LAP worden echter alle milieueffecten meegenomen. Emissies naar lucht of water worden niet gecorrigeerd voor achtergrondwaarden en ook niet gecorrigeerd voor geldende normen. Om die reden worden deze correctiefactor voor emissie naar bodem in dit geval ook niet gebruikt en wordt voor de a standaard 0 (nul) aangehouden.

Voor die afvalstromen waarvoor alleen kolomproeven beschikbaar zijn op basis van $L/S=1$ wordt uitgegaan van de formule zoals weergegeven onder 'standaard storten van afvalstoffen'

[2] "standaard" storten van afvalstoffen

Tenzij voor een specifieke situatie gemotiveerd andere waarden representatief zijn wordt voor de vertaling van uitloogtesten naar praktijkemissies uitgegaan van

- een kolomproef met $L/S=1$;
- een storthoogte van 15 meter;
- een infiltratie van 0,5 mm per jaar gedurende 10.000 jaar;

¹¹⁵ Dit geeft een immissie naar de bodem per oppervlak. Op basis van dichtheid van het afval en de hoogte van de inzet zal voor de LCA in het algemeen een terugrekening naar de emissie per functionele eenheid (vaak een ton afval) plaats moeten vinden.

- een percolatie door de onderafdichting (lekverlies naar de bodem) van 0,5 mm per jaar, zowel gedurende de exploitatie als na de exploitatieduur; en
- een opvang en reiniging van het percolaat gedurende de exploitatieduur (15 jaar).
- De tijdshorizon van 100 jaar voor de anionen en 10.000 jaar voor de metalen. Hierbij wordt steeds per component gecontroleerd of er op basis van deze tijdshorizon niet meer uitloopt dan er aanwezig is.

Voor het bepalen van de immissie van de verschillende componenten wordt, uitgaande van een kolomproef met $L/S=1$, gewerkt met de volgende formule:

$$I_{bodem} = \rho * (E_{L/S=1} - a) * h * \left[\frac{(-\kappa * \left\{ \frac{t * N_i}{\rho * h} \right\})}{1 - e^{(-\kappa * 1)}} \right]$$

In deze formules is:

- I_{bodem} : immissie van een component naar de bodem (mg/m^2)¹¹⁵
 ρ : de dichtheid van de afvalstof (kg/m^3)
 $E_{L/S=1}$: uitloogwaarde van een component op basis van een kolomproef (mg/kg)
 a : hiervoor wordt standaard 0 (nul) aangehouden (**)
 h : toepassingshoogte (m)
 κ : k-waarde uit bovenstaande tabel
 t : tijdspanne (jaren)
 N_i : infiltratie (mm/jaar)

- (**) De a-waarde is in deze formule bedoeld om de berekende immissie naar de bodem te corrigeren voor een immissie afkomstig van schone grond. In vergelijkende LCA's in het kader van het LAP worden echter alle milieueffecten meegenomen. Emissies naar lucht of water worden niet gecorrigeerd voor achtergrondwaarden en ook niet gecorrigeerd voor geldende normen. Om die reden worden deze correctiefactor voor emissie naar bodem in dit geval ook niet gebruikt en wordt voor de a standaard 0 (nul) aangehouden.

[3] Storten van vormgegeven immobilisaten

Hierbij wordt uitgegaan van uitloogwaarden op basis van een diffusieproef en wordt voor de vertaling naar emissie in de praktijksituatie het volgende aangehouden:

- een storthoogte van 15 meter;
- een immobilisaat met een standaard afmeting van 1*3*3 meter (*);
- een percolatie door bovenafdichting (na exploitatie) van 0,5 mm per jaar;
- een percolatie door de onderafdichting (lekverlies naar de bodem) van 0,5 mm per jaar, zowel gedurende de exploitatie als na de exploitatieduur;
- een opvang en reiniging van het percolaat gedurende de exploitatieduur (15 jaar); en
- als factor voor de temperatuurcorrectie, veroudering en waterverzadiging, uitgegaan van uitlooggegevens op basis van een standtest van 64 dagen gerekend met 23,2 voor de componenten broom, chloor en sulfaat en met 1,8 voor de overige componenten. Ingeval sprake is van een standtest van een kortere tijd (t dagen) wordt een correctie uitgevoerd op deze factoren met behulp van een factor $(\sqrt{t \text{ dagen}})/(\sqrt{64 \text{ dagen}})$.
- De tijdshorizon van 100 jaar voor de anionen en 10.000 jaar voor de metalen; daarbij is steeds gecontroleerd of er op basis van deze tijdshorizon niet meer uitloopt dan er aanwezig is.

- (*) Als gevoeligheidsanalyse wordt een berekening met een blokvorm van 1*1*1 meter¹¹⁶ aangeraden.

Voor het bepalen van de immissie van de verschillende componenten is, uitgaande van een diffusieproef (na 64 dagen, in (mg/m^2)), rekening gehouden met de volgende formule:

¹¹⁶ Er is in de gevoeligheidsanalyse gekozen voor een kleinere blok omdat daarmee het diffunderend oppervlak per ton afval groter wordt.

$$I_{bodem} = \frac{E_{dif,64} * A_E}{f * A_I}$$

waarbij:

- I_{bodem} : immissie van een component naar de bodem (mg/m²)¹¹⁵
 $E_{dif,64}$: uitloogwaarde van een component op basis van een diffusieproef na 64 dagen (mg/m²)
 A_E : emissie-oppervlakte (m²)
 A_I : immissie-oppervlakte (m²)
 f : factor voor de temperatuurcorrectie, veroudering en waterverzadiging.

F.9.3.3 Karakterisatie volgens ReCiPe



Bij de mLCA vindt de karakterisatie plaats volgens de ReCiPe-methode¹¹⁷. Hierbij worden de bij de inventarisatie bepaalde emissies en verbruikte grondstoffen met behulp van karakteriseringsfactoren vertaald naar een beperktere set aan milieueffecten. De uitstoot van CO₂ en van methaan worden bijvoorbeeld beide omgerekend naar een score voor klimaatverandering, terwijl uitstoot van zwaveldioxide (SO₂) wordt omgerekend naar een bijdrage aan verzuring. In de onderstaande tabel 21 staan de 17 milieueffecten die in de ReCiPe-methode berekend worden.

tabel 21 Impactcategorieën in de ReCiPe-methode en bijbehorende eenheden.

Impactcategorie	Eenheid	Engelse naam
Fijnstof vorming	kg PM 2.5 naar lucht	Particulate matter
Smogvorming (humane gezondheid)	kg NO _x naar lucht	Tropospheric ozone formation, human health
Ioniserende straling	kBq Co-60 naar lucht	Ionizing radiation
Ozonlaagaantasting	kg CFK-11 naar lucht	
Humane toxiciteit, kankerverwekkend	kg 1,4-DCB naar stadslucht	Human toxicity (cancer)
Humane toxiciteit, overig	kg 1,4-DCB naar stadslucht	Human toxicity, non-cancer
Klimaatverandering	kg CO ₂ naar lucht	Climate change / Global warming
Watergebruik	m ³ verbruikt	Water use
Ecotoxiciteit, zoetwater	kg 1,4-DCB naar zoetwater	Freshwater ecotoxicity
Vermesting zoetwater	kg P naar zoetwater	Freshwater eutrophication
Smogvorming (ecosysteem)	kg NO _x naar lucht	Tropospheric ozone (ecosystem)
Ecotoxiciteit, bodem	kg 1,4-DCB naar bodem	Terrestrial ecotoxicity
Verzuring, bodem	kg SO ₂ naar lucht	Terrestrial acidification
Landgebruik	M ² *jr landbouwgrond	Land use/transformation
Ecotoxiciteit, zoutwater	kg 1,4-DCB naar zoutwater	Marine ecotoxicity
Uitputting mineralen/ metalen	kg Cu	Mineral resources
Uitputting, fossiel	Kg olie	Fossil resources

De 17 gekwantificeerde milieueffecten (genaamd midpoint-indicatoren in ReCiPe) worden vervolgens omgerekend naar drie schadecategorieën (genaamd endpoint-indicatoren). Deze endpoint-indicatoren geven aan wat de uiteindelijke schade is op het niveau van humane gezondheid, ecosystemen en grondstoffen uitputting. Met deze omrekening kan de relatieve ernst

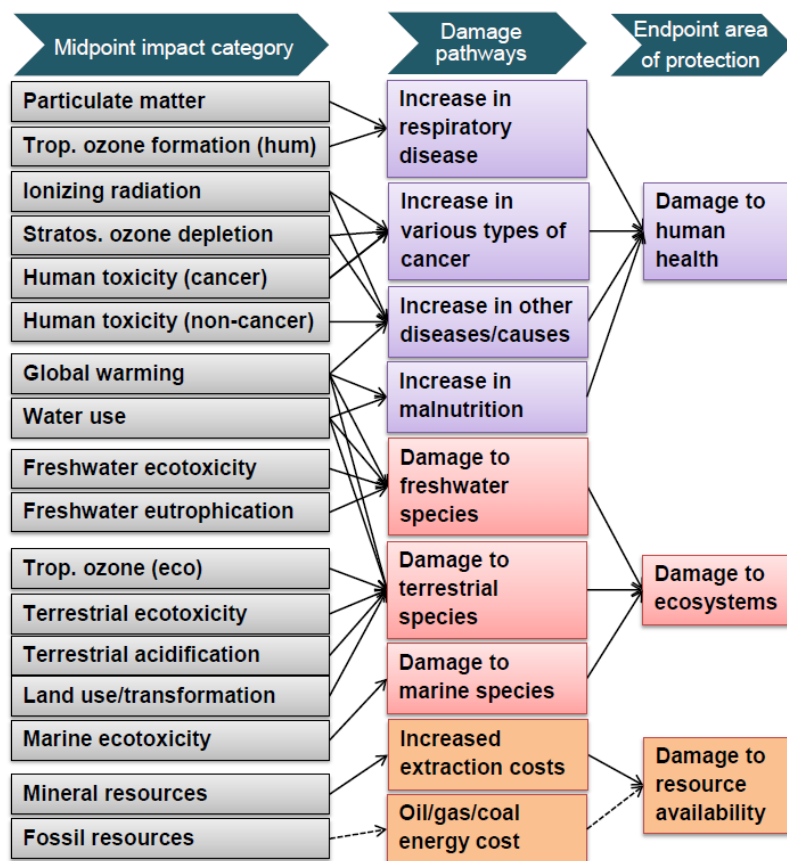
¹¹⁷ Deze methode is ontwikkeld in opdracht van het Ministerie van (toenmalig) VROM, en is internationaal één van de meest toegepaste LCA-methodes. Wetenschappelijke achtergronden en berekeningswijzen voor elk van de milieueffecten zijn te vinden in het ReCiPe rapport (*ReCiPe 2016; A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level, Report I: Characterization, RIVM Report 2016-0104 M.A.J. Huijbregts et al.*).

van verschillende milieueffecten met elkaar vergeleken worden. Tot slot kunnen de drie endpoint-indicatoren gewogen bij elkaar worden opgeteld, om tot een totaalscore te komen (Single Score). De route van milieu-emissies naar LCA-score is schematisch weergegeven in figuur 14.

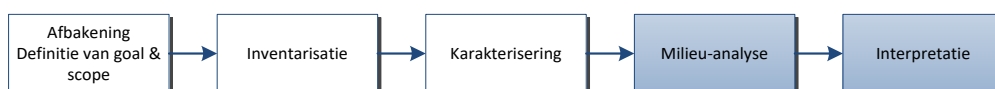
Van belang is dat over de 17 in hoge mate midpoint-indicatoren wetenschappelijke consensus bestaat. Voor de vertaling van deze midpoint-indicatoren naar de drie endpoint-indicatoren is deze consensus al iets minder. Bovendien worden niet alle 17 midpoint-indicatoren bij de vertaling naar de drie endpoint-indicatoren betrokken. Het gebruik van de single score is eigenlijk geen onderdeel van ReCiPe en is feitelijk overgenomen van een andere methode. De wetenschappelijke basis voor deze weging is beperkt. Het is van belang hier rekening mee te houden bij de interpretatie van de resultaten.

Binnen de ReCiPe-methode worden verschillende sets aan karakterisatiefactoren onderscheiden. Deze sets kennen ieder een eigen perspectief ten aanzien van de zekerheid van milieueffecten en de tijdshorizon. In de mLCA wordt uitgegaan van de default-set van de zogenaamde European Hierarchist.

figuur 14 ReCiPe methode: schematische weergave van de relaties tussen de mid- en endpoint-indicatoren (figuur overgenomen uit ReCiPe 2016, methode RIVM, figuur 1.1).



F.9.3.4 Milieuanalyse en interpretatie



In de analyse- en interpretatiefase worden de berekende resultaten geïnterpreteerd, wordt een inschatting gemaakt van de gevoeligheid van de conclusie in relatie tot de belangrijkste aannames en wordt eventueel een weging aan bepaalde aspecten toegekend om de focus op circulariteit

voldoende tot uiting te brengen. Dit resulteert uiteindelijk in een ranking van de milieu-impact van de verschillende te vergelijken verwerkingsroutes.

F.9.3.4.1 [Milieuanalyse en interpretatie](#)

De beoordeling van de verschillende verwerkingsopties vindt, in het kort, plaats in een drie stappen:

1. ReCiPe midpoints en endpoints: Mogelijk komt hieruit al een duidelijke ranking naar voren. Indien dit niet het geval is kan een uitbreiding tot vijf cycli meer inzicht bieden en helpen bij de beoordeling.

Het is lastig te zeggen wanneer sprake is van een duidelijke ranking.

 - *Wanneer alle meegenomen midpoint categorieën tot dezelfde conclusie leiden is het helder. Met 17 categorieën zal dat echter zelden het geval zijn.*
 - *In het geval alle 13 categorieën die in figuur 14 niet zijn gemarkeerd met een rood bolletje tot dezelfde conclusie leiden kan ook worden gesproken van een duidelijke ranking. Ook dit zal niet altijd het geval zijn*
 - *In andere gevallen moeten in ieder geval de midpoints die te maken hebben met ecotoxiciteit (2^e, 7^e, 11^e en 14^e van boven uit de middelste kolom van figuur 14), broeikaseffect (6^e van boven uit de middelste kolom van figuur 14) en uitputting (15^e en 16^e van boven uit de middelste kolom van figuur 14) allen leiden tot dezelfde conclusie en mogen de verschillen de indicatoren die leiden tot een andere conclusie niet extreem groot zijn.*

Is geen van de drie voorgaande situaties aan de orde, dan kan uit de midpoints geen duidelijke ranking worden afgeleid. Nu wordt teruggevallen op de endpoints. Voorwaarde om hier conclusies aan te verbinden is dat de gevonden verschillen substantieel en significant zijn en niet ingrijpend worden beïnvloed door onzekerheden in de uitgangspunten (gevoeligheidsanalyses).
2. Als er op basis van de midpoints en endpoints geen duidelijke conclusies kunnen worden getrokken over welke verwerkingsroutes het best en slechtst zijn, of als de ranking onduidelijk blijft, dan kan de gewogen Single Score gebruikt worden. De resultaten moeten dan worden berekend voor alle vier de weegsets (zie Paragraaf F.9.3.4.4) om te zien of dit nog andere inzichten geeft. Conclusies kunnen alleen getrokken worden als de resultaten duidelijk verschillen en alle weegsets hetzelfde beeld geven.
3. Wanneer ook de Single Score geen eenduidig resultaat geeft (verschillende ranking bij verschillende weegsets) dan is de conclusie dat de milieuprestaties van de verschillende verwerkingsroutes niet duidelijk van elkaar verschillen en dat de één niet hoogwaardiger is dan de ander. De ranking van het Endpoint Resources kan dan nog apart genoemd worden, als ranking voor het aspect 'behoud van grondstoffen' (kernprincipe van de circulaire economie).

Die ranking geeft dan dus niet de hoogwaardigheid van de verwerkingsroutes in zijn geheel aan, maar wel een ranking op uitsluitend de circulariteit.

Daarnaast is het goed om te verklaren welke aspecten van de inventarisatie leiden tot de meeste milieuwinst/impact. Net als in een klassieke LCA is een goede zwaartepuntanalyse van grote waarde voor het inzicht in de oorzaken van milieu-impact. Dan moet dus ook wordt onderzocht of er specifieke aspecten van de verwerkingsroutes zijn die niet lijken te stroken met het resultaat van de vergelijking. Dat kan duiden op fouten in de modellering.

F.9.3.4.2 [Gevoeligheidsanalyses](#)

Net als bij een klassieke LCA moet in de mLCA ook een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd om te bezien of en hoe de belangrijkste aannames de conclusies beïnvloeden. Belangrijke parameters om te controleren zijn:

- het aandeel inzameling en uitval van het materiaal;
- de hoeveelheid en de kwaliteit van het virgin-materiaal dat door het recycleat wordt uitgespaard;
- de beschikbaarheid aan milieugegevens van het uitgespaarde materiaal;
- de prestaties van technieken.

Daarnaast moet in de mLCA ook nagegaan worden wat het effect is van het aantal cycli op de resultaten. Aanvullend dient dan ook onderzocht te worden hoe de resultaten veranderen als er 1

of 2 cycli, en dus niet 3, worden meegenomen. In uitzonderlijke gevallen kan ook onderzocht worden wat het effect is van het toevoegen van meer cycli op de onderlinge resultaten.

F.9.3.4.3 Weergave van resultaten

De resultaten van de verwerkingsroutes worden berekend en in tabellen gepresenteerd op:

- het niveau van midpoint-scores, door alle milieueffecten en indicatoren uit de ReCiPe-methode inzichtelijk te maken
- het niveau van endpoint-scores, door de drie schadecategorieën (human health, ecosystems en resources) inzichtelijk te maken
- het niveau van een ReCiPe-single score.

Daarnaast worden de volgende indicatoren aangegeven:

- Cumulative Energy Demand (MJ), ofwel de hoeveelheid fossiele energie die verbruikt is
- (indien relevant) De stortindicator (kg), ofwel de hoeveelheid materiaal die uiteindelijk gestort wordt.

F.9.3.4.4 Weging

Het toepassen van weegfactoren om bepaalde voorkeuren tot uitdrukking te brengen is niet ongebruikelijk in de LCA-wereld. Om deze zodanig te kiezen dat circulariteit beter tot uitdrukking komt is dan ook mogelijk, zolang de gemaakte keuzes transparant zijn en beargumenteerd worden. ISO14044 staat weging en aggregatie van scores niet toe, maar dat geldt dus evenzeer voor de veel gebruikte ReCiPe single score resultaten als voor zelf aangepaste weegsets. Het betekent dan ook niet dat de resultaten niet bruikbaar zouden zijn. Ze zijn bruikbaar mits goed toegelicht en op de juiste wijze gebruikt. Zo is het legitiem om een thema zwaarder te laten wegen als daar politieke consensus over is. Wel is een goede presentatie van het effect van de gemaakte keuze van belang.

Als het nodig is om te wegen, wordt in de basis de gemiddelde H/A/set gehanteerd zoals weergegeven in tabel 22, ofwel 40%, 40% en 20%. Naast deze basisset aan weegfactoren moeten bij weging ook de drie andere weegsets geanalyseerd worden om het effect van de gehanteerde weegset op de uitkomsten transparant te presenteren. Bij het hanteren van de andere weegsets moet wel rekening gehouden worden met het dan ook hanteren van de andere karakterisatiewaarden die behorende bij die afzonderlijke perspectieven.

tabel 22 Perspectieven in de ReCiPe-methode en de bijbehorende weegfactoren.

Perspectief	Tijdsschaal	Tijdshorizon CO2-effecten	Oplosbaarheid milieuprobleem	Benodigd bewijs milieueffect	Weegfactor (%)		
					Human Health	Eco-systems	Resources
Individualist (I/I)	Korte termijn	20 jaar	Technologie kan problemen voorkomen	Alleen bewezen effecten	55	25	20
Hierarchist (H/H)	Balans korte en lange termijn	100 jaar	Het juiste beleid kan problemen voorkomen	Gebaseerd op consensus	30	40	30
Egalitarian (E/E)	Zeer lange termijn	500 jaar	Problemen kunnen tot catastrofe leiden	Alle mogelijke effecten	30	50	20
Average H/A					40	40	20

F.9.4 Kern van het beleid t.a.v. het uitvoeren van LCA's i.r.t. het LAP

In deze laatste paragraaf zijn de punten samengevat die de kern vormen van het beleid zoals opgenomen in deze bijlage. Overige informatie in deze bijlage is toelichtend. Voor wijziging van onderstaande kern van beleid zal altijd een procedure van openbare inspraak worden gevolgd. Voor wijziging van meer toelichtende delen van dit hoofdstuk zal worden volstaan met bekendmaking.

Voor deze bijlage is – met uitzondering van paragraaf F.9.1 – de hele bijlage onderdeel van de

kern van het beleid.