

LIFE CYCLE ASSESSMENT



Praktijkonderzoek ARTD1
Begeleiding: L. van Oosterhoudt
Vierde jaar- 2e periode

Student: Hein Arts 620716001
T&L Planuitwerking Deeltijd
06-01-2008 (versie 0.1)

BRONVERMELDING

Nr	Titel	Auteur	Datum (versie)	Uitgever/plaats
[1]	Major Realisatie Tuin- en Landschapsarchitectuur pUTD34, 35 en 36	W. van Briemen	30-08-2007 (3)	Hogeschool Larenstein, Velp
[2]	Basisdocument Wat is duurzaam bouwen? Leidraad voor het samenstellen van lesmateriaal voor de bouw, stedenbouw en GWW	ir. Frank Stofberg prof. ir. Kees Duijvestein	maart 2006 (2)	BOOM-SI Delft
[3]	Het Nieuwe Ecologisch Bouwen (collegedictaat)	prof. ir. K. Duijvestein	2002.	TU-Delft, Faculteit Bouwkunde StadsOntwerp & Milieu (SOM)
[4]	Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor GWW		2002	CROW Ede
[5]	Gekwantificeerde milieudoelstellingen voor bouwmaterialen	B. Krutwagen J. Kortman T. Monné	sept. 2004	IVAM Amsterdam
[6]	Afstudeeronderzoek Duurzaam Materiaalgebruik met toekomstperspectief	R.A. Slijkerman C. Vervoort	08-06-2007	Hogeschool Larenstein, Velp
[7]	www.gwwmaterialen.nl	R. Walters	2002-2007	GWWmaterialen.nl

SAMENVATTING

Voor de huidige milieuproblemen als het broeikaseffect zijn systeeminnovaties nodig in de energievoorziening, mobiliteit, landbouw en het grondstofgebruik. De overheid kan dit slechts stimuleren en daarom is betrokkenheid van burgers en bedrijven in de vorm van maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO) essentieel. Voor MVO is het ondermeer belangrijk dat bedrijven zichzelf milieudoelen stellen, milieugegevens registreren en deze uitwisselen met ketenpartners. Met deze milieugegevens kunnen zogenaamde prestatienormen bepaald worden, een score die een burger of bedrijf een zekere vrijheid laat om het resultaat te realiseren. Vanwege deze vrijheid wordt de innovatiekracht bevorderd door het gebruik van prestatienormen in de afspraken tussen bedrijven.

Life Cycle Assessment (LCA) is een methode om alle milieuprestaties van een produkt in kaart te brengen, van de produktie, het gebruik en de afvalfase. Dit is vastgelegd in een internationale ISO-norm. Het is zelfs mogelijk een totaalscore te bepalen, echter dit is omstreden en nog niet opgenomen in normen. Voor toepassing in verschillende sectoren zoals produktontwikkeling en de bouw zijn LCA-programma's beschikbaar. Ook zijn diverse datbestanden ont-wikkeld, echter de gebruiks- en afvalfase zijn hierin nog onderbelicht.

IHOUDSOPGAVE

<i>BRONVERMELDING</i> □	2
<i>SAMENVATTING</i> □	3
<i>1 INLEIDING</i> □	4
1.1 <i>Problematiek</i> □	4
1.2 <i>Relevantie</i> □	5
2.2 <i>Doelstelling/probleemstelling/hypothese</i> □	6
1.3 <i>Randvoorwaarden</i> □	6
1.4 <i>Stappenplan</i> □	7
<i>2 REGELGEVING</i> □	8
□2.1 <i>Internationale verdragen</i> □	8
2.2 <i>Nationaal Beleid</i> □	10
2.2 <i>Nationale wetten</i> □	12
<i>3 Life Cycle Assessment (LCA)</i> □	15
3.1 <i>Wat is Life Cycle Assessment?</i> □	15
3.3 <i>Programma's (DuBo-palet)</i> □	23
3.4 <i>Data</i> □	25
<i>4 CASES</i> □	26
4.1 <i>Verhardingsmaterialen</i> □	26
4.2 <i>Voet-/fietsbrug</i> □	27
<i>5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</i> □	28
5.1 <i>Conclusies</i> □	28
5.2 <i>Aanbevelingen</i> □	29

1 INLEIDING

1.1 Problematiek

1.1.1 Onderbouwing materiaalkeuzes

Aanleiding voor mijn onderzoek is een zinsnede uit een opdrachtschrijving [1, p.13] voor het vak 'Bruggen' (PUTD34) in het derde jaar van de opleiding T&L, afstudeerrichting Realisatie (Planuitwerking):

[...]Stel voor elke constructie een programma van eisen op. [...] Onderbouw [...] materiaalkeuzes naar duurzaamheid (in gebruik, winning en hergebruik) [...]

De ontwerper en techniker dragen gezamenlijke verantwoordelijkheid voor de materiaalkeuze echter de ontwerper zal zich voornamelijk richten op de esthetische onderbouwing en de techniker (o.a) op de kosten en duurzaamheidsaspecten. Deze opgave heb ik opgelost met de 'Consumentenbond-methode' nl. met plussen en minnen:

Materiaal	Winning	Gebruik	Hergebruik	TOTAAL	Motivatie
Hout	+-	-	-	--	Duurzaam geproduceerd hout is moeilijk verkrijgbaar, hout heeft een korte levensduur en nauwelijks restwaarde
Staal	--	--	++	--	Productie is erg milieubelastend, staal vergt veel onderhoud maar heeft hoge restwaarde
Beton	-	++	+	++	De productie is beperkt milieubelastend. maar beton gaat lang mee, vergt weinig onderhoud en heeft goede restwaarde

Ondanks het feit dat de methode een zekere voorspellende waarde heeft, blijft hij onbevredigend:

- Wat houden de begrippen winning/gebruik/hergebruik precies in, m.a.w. hoe score je de individuele plussen en minnen?
- Het optellen van plussen en minnen blijft uiterst dubieus, het suggereert een nauwkeurigheid die niet verantwoord kan worden.

Eigenlijk is de onderbouwing van de materiaalkeuze voor de brug een kwalitatieve methode in de zin dat je bepaalde effecten in de levensloop van het materiaal beschrijft. Echter de behoefte ontstaat om deze effecten kwantitatief te bepalen zodat ze wel opgeteld kunnen worden net zoals dat bij een kostenberekening het geval is.

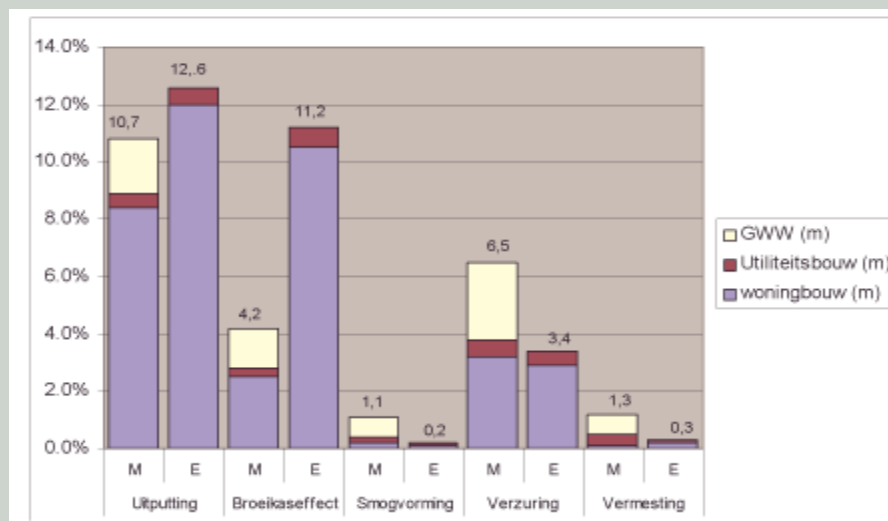
1.1.2. Duurzaamheid en DuBo

Het onderwerp van dit onderzoek is dus duurzaamheid ten aanzien van materiaalkeuzes in het vakgebied van Tuin- en Landschapsinrichting. Een vraag die hierbij direct beantwoord moet worden is: 'Wat is duurzaamheid?'. Voor de beantwoording van deze vraag wordt teruggerepen op [2 p.8]. Hierin wordt de definitie van 'duurzame ontwikkeling' geciteerd uit het rapport 'Our Common Future' van de commissie Brundtland van de Verenigde Naties (1987):

Een ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheid in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien

Hoe is dit te vertalen naar het vakgebied van T&L? Dit vakgebied maakt onderdeel uit van de bouwsector en het onderwerp van duurzaamheid valt hier binnen het begrip DuBo (duurzaam bouwen). Onder de bouwsector valt de woningbouw, utiliteitsbouw en de grond-, weg- en waterbouw (GWW). De meeste raakvlakken met T&L zijn te verwachten in de GWW-sector. In het naslagwerk 'Nationaal Pakket' van DuBo-maatregelen voor de GWW-sector opgesteld door CROW (zie [4]) wordt de volgende definitie voor duurzaam bouwen gehanteerd:

Zodanig plannen, ontwerpen, bouwen, gebruiken, onderhouden en slopen dat in alle fasen van de levenscyclus van een bouwwerk zo min mogelijk negatieve effecten optreden voor mens en milieu binnen technische, functionele en economische randvoorwaarden.



Figuur 1 - Aandeel bouwsector in milieubelasting Nederland 1997

1.2 Relevantie

Nevenstaand diagram (figuur 1) is ontleend aan [5 p.18]. Hierin is voor de milieubelasting ten aanzien van de belangrijkste thema's het aandeel van de bouwsector aangegeven ten opzichte van de totale milieulast op het Nederlands grondgebied. De M-kolommen geven het materiaalgebruik weer en de E-kolommen de benodigde energie in de gebruiksfase. In de GWW-sector is de benodigde energie in de gebruiksfase te verwaarlozen.

Aangenomen dat het materiaalgebruik in de T&L-sector samenhang vertoont met het materiaalgebruik in de genoemde bouwsectoren, is te verwachten dat ook in de T&L-sector de milieubelasting aanzienlijk is. Daarom is het zinvol om te zoeken naar manieren om met duurzamere materiaalkeuze milieubelasting te reduceren.

1.2 Doelstelling/probleemstelling/hypothese

Om het onderwerp van dit rapport zo duidelijk mogelijk te formuleren worden achtereenvolgens een doelstelling, probleemstelling en hypothese geformuleerd:

- De doelstelling geeft aan in welke context de resultaten van dit onderzoek toepasbaar (kunnen) zijn.
- De probleemstelling is de centrale vraag die in dit rapport beantwoord zal worden.
- De hypothese wordt geformuleerd om de probleemstelling nog verder aan te scherpen en zal verworpen of bevestigd worden.

1.2.1 Doelstelling

Het vinden van methoden, technieken en hulpmiddelen om in T&L-projecten materiaalkeuzes te onderbouwen ten aanzien van duurzaamheidsaspecten

1.2.2 Probleemstelling

Op welke wijze kunnen duurzaamheidsaspecten van materialen zoals winning, gebruik en hergebruik op een objectieve manier met elkaar vergeleken worden?

1.2.3 Hypothese

Het is mogelijk om duurzaamheidsaspecten van materialen tegen elkaar af te wegen op de manier zoals materialen onderling vergeleken kunnen worden aan de hand van kostenaspecten.

1.3 Randvoorwaarden

Het tijdsbudget voor dit onderzoek bedraagt 220 uur en is uitgevoerd door 1 student gedurende 1 periode (nov. 2007 t/m jan 2008). De achterliggende reden is dat voor een andere afstudeerrichting reeds een onderzoek van 220 uur is uitgevoerd.

Dit in tegenstelling tot de meeste andere onderzoeken die door 2 studenten gedurende 2 perioden zijn uitgevoerd en dus een tijdsbudget kennen van 880 uur.

Dit onderzoek wordt gepresenteerd op donderdag 31 januari 2008 (14.30-15.10) aan:

- Een externe assessor G. Schoonvelde werkzaam bij SmitsRinsma te Zutphen
- Een interne assessor W. van Briemen docent Civiele Techniek aan de faculteit Tuin- & Landschapsinrichting van Hogeschool Larenstein te Velp
- Medestudenten in het 4e jaar

Dit zijn dus allen vakgenoten, echter zij zijn niet op de hoogte van het onderzoek, behalve de assessoren die vooraf het rapport hebben kunnen doornemen.

1.4 Stappenplan

De huidige (stormachtige) ontwikkelingen op het gebied van duurzaamheid en duurzaam bouwen (DuBo) in het bijzonder zijn een samenspel tussen de overheid en de markt waarin talloze ontwikkelingen tot stand komen. Tuin-&Landschapsinrichting is een relatief kleine markt maar een buitengewoon multi-disciplinair vakgebied waarin het loont om de toepasbaarheid van verworvenheden uit aanpalende disciplines te onderzoeken. Vanuit deze gedachten is onderstaande onderzoeksplan opgesteld.

Nr	Hoofdstap	Nr	Deelstap	Toelichting
1	Regelgeving	1A	Beleid	Het (milieu)beleid geeft weer in welke richting wetgeving zich gaat ontwikkelen en welke visie en ambities de overheid heeft. Dit heeft invloed op ontwikkelingen in de markt omdat deze anticipeert op toekomstige regelgeving. Hiermee kunnen de conclusies van het onderzoek geïnterpreteerd worden nl. in welke richting de ontwikkelingen ten aanzien van het onderzochte onderwerp te verwachten zijn.
		1B	Wetten	De geldende milieuwetten geven de actuele beperkingen weer die gesteld worden aan de toepassing van bouwmaterialen. Deze wetten bevatten hoogst waarschijnlijk ook kwantitatieve criteria omdat wetten getoetst moeten kunnen worden door de rechterlijke macht.
2	DuBo-methoden/technieken	2A	Inventarisatie hele bouwsector	Duurzaamheid is een actueel maatschappelijk thema en ook op gebied van DuBo-methoden/technieken is veel gaande. Er wordt een overzicht gegeven voor de hele bouwsector dus de woningbouw, utiliteitsbouw en de GWW-sector om te kunnen beoordelen welke methoden/technieken voor T&L bruikbaar kunnen zijn.
		2B	Principes van meest geschikte methode(n) voor T&L	Indien een methode naar verwachting geschikt is voor het T&L-vakgebied, worden de achterliggende principes en hulpmiddelen toegelicht om ze uiteindelijk toe te kunnen passen in de cases.
3	Cases	3A	Verhardingen	De resultaten van een eerder uitgevoerd afstudeeronderzoek over duurzaam materiaalgebruik t.a.v. verhardingen (zie [6]) worden getracht te verwerken met de DuBo-techniek om de toepasbaarheid van de DuBo-techniek te kunnen beoordelen.
		3B	Constructies	De in 1.1 genoemde duurzaamheidsafweging t.b.v. een fietsbrug wordt verbeterd met de gekozen DuBo-techniek om de toepasbaarheid van de DuBo-techniek te kunnen beoordelen

2 REGELGEVING

2.1 Internationale verdragen

2.1.1 Klimaatverdrag en Biodiversiteitsverdrag Rio de Janeiro (1992)

Het rapport 'Our common future' (1987) van de VN-commissie Brundtland over duurzame ontwikkeling vormde de basis voor de 'United Nation Conference on Environment and Development' in Rio de Janeiro. Op deze historische top zijn de volgende verdragen gesloten:

UNFCCC (Klimaatverdrag)	United Nations Framework Convention on Climate Change ofwel het Klimaatverdrag van Rio. Doel van dit verdrag is om de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer op zodanig nivo te stabiliseren dat een gevaarlijk menselijke invloed op het klimaat wordt voorkomen
Biodiversiteitsverdrag	Het doel van het verdrag is het behouden van de biologische diversiteit, het duurzame gebruik van de bestanddelen daarvan en de eerlijke en billijke verdeling van opbrengsten die voortvloeien uit het gebruik ervan.
Agenda21	actieprogramma om de afspraken van de conferentie uit te voeren. De agenda bevat uitgangspunten, doelstellingen en uitvoeringsmiddelen.

[www.vrom.nl, dossier Duurzame ontwikkeling]

2.1.2 Kyotoprotocol (1997)

Verenigde Staten	7%	Het Kyoto-protocol werd in 1997 opgesteld als aanvulling op het Klimaatverdrag van 1992. Industrielanden verbinden zich hierin om de uitstoot van broeikasgassen in 2008-2012 met gemiddeld 5% te verminderen ten opzichte van het niveau in 1990. Per land gelden uiteenlopende reductiepercentages. Naast CO ₂ (kooldioxide) dragen ook andere gassen als CH ₄ (methaan), N ₂ O (stikstofmonoxide 'lachgas') en bepaalde fluorkoolwaterstoffen bij aan het broeikasgas. De mate waarin deze gassen bijdragen aan het broeikaseffect wordt uitgedrukt in CO ₂ -equivalenten. Zo heeft methaan CH ₄ een broeikaseffect van 21 CO ₂ -equivalenten d.w.z. 1 kilo CH ₄ methaan veroorzaakt in 100 jaar dezelfde opwarming als 21 kilo CO ₂ .
Japan	6%	
EU	8%	
NL	6%	

In Kyoto is tevens besloten dat industrielanden een deel van hun reductieverplichting via maatregelen in het buitenland mogen realiseren. Daarvoor bevat het Kyoto-protocol drie nieuwe instrumenten: het clean development mechanism (CDM), joint implementation (JI) en emissiehandel.

<i>Clean Development Mechanism</i>	Het belangrijkste kenmerk van CDM is dat emissiereducties gerealiseerd worden in ontwikkelingslanden die zelf geen reductiedoelstelling hebben. Het CDM maakt het voor bedrijven aantrekkelijk om in ontwikkelingslanden in schone technologie te investeren. Zij kunnen de uitgespaarde broeikasgassen verkopen aan industrielanden. De industrielanden kunnen op hun beurt deze 'gekochte' broeikasgassen van hun eigen reductieverplichtingen aftrekken.
<i>Joint Implementation</i>	Joint implementation maakt het industrielanden mogelijk om de uitstoot van broeikasgassen in andere industrielanden te verminderen en de verminderde uitstoot mee te tellen voor de eigen Kyoto-doelstellingen. Joint implementation wordt met name toegepast in Oost-Europa, waar nog veel kosteneffectieve mogelijkheden zijn om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Nederland mag die verminderde uitstoot alleen meetellen voor de eigen Kyoto-doelstellingen, als de uitstoot niet was verminderd zonder het project (dit geldt ook voor CDM). Het is ook mogelijk dat industrielanden de verminderde uitstoot onderling verdelen (credit sharing).
<i>Emissiehandel</i>	CO ₂ -emissiehandel is de handel in CO ₂ -emissierechten. Emissierechten geven bedrijven het recht om een bepaalde hoeveelheid CO ₂ (een emissieplafond of cap) uit te stoten. De overheid wijst bedrijven een hoeveelheid emissierechten toe. De bedrijven ontvangen aan het begin van het jaar rechten. Aan het einde van het jaar moeten ze rechten inleveren overeenkomstig hun werkelijke uitstoot. Tussendoor kunnen zij extra emissie-rechten kopen bij andere bedrijven of hun CO ₂ -uitstoot verminderen en emissierechten evt. verkopen.

[www.vrom.nl, dossier Klimaatverandering, Emissie-handel]

2.1.3 Johannesburg 2002

In september 2002 - tien jaar na Rio - zijn dezelfde landen weer bij elkaar gekomen tijdens de Wereldtop over duurzame ontwikkeling (WSSD, World Summit on Sustainable Development) in Johannesburg. Op deze top bleek dat er sinds Rio veel is gebeurd om duurzame ontwikkeling te bevorderen, maar ook dat veel van de gemaakt afspraken niet zijn nagekomen. Zo is de armoede alleen maar toegenomen en is de achteruitgang van het milieu nog altijd niet gestopt. Bovendien lijkt de aandacht voor duurzame ontwikkeling wereldwijd weg te zakken. 'Johannesburg' was dan ook vooral bedoeld om de uitvoering van Agenda 21 een nieuwe impuls te geven. Tijdens de top in Johannesburg is een groot aantal afspraken gemaakt, één daarvan is dat overheden een 'Actieprogramma Duurzame Ontwikkeling' opstellen.

[www.vrom.nl, dossier Duurzame ontwikkeling/Algemeen5]

2.2 Nationaal Beleid

2.1.1 Vierde nationaal milieubeleidsplan (NMP4, 2001)

Dit milieubeleidsplan kijkt 30 jaar vooruit. De volgende 7 ernstige milieuproblemen zijn te verwachten indien niet tijdig wordt ingegrepen:

<i>Verlies aan biodiversiteit</i>	Biodiversiteit is essentieel voor de luchtkwaliteit, waterkringloop, bodemkwaliteit/voedselvoorziening en het klimaat
<i>Klimaatverandering</i>	Miljoenen mensen in grote steden langs de zee-kusten worden bedreigd door de stijgende zeespiegel
<i>Uitputting natuurlijke hulpbronnen</i>	Vruchtbare bodem, vis en hout/bos: het herstelvermogen neemt af naarmate de levende natuur meer verstoord wordt
<i>Bedreiging gezondheid</i>	Er zijn tienduizenden stoffen in ons leefmilieu waarvan weinig bekend is over de mogelijke gevaren en risico's
<i>Bedreiging externe veiligheid</i>	Langs de belangrijkste transportassen is het vervoer van gevaarlijke stoffen wordt in toenemende mate een probleem
<i>Aantasting leefomgeving</i>	Er zal 20 tot 50% meer ernstige geluidhinder zijn. Ozon en fijn stof zullen gezondheidsproblemen geven.
<i>Onbeheersbare risico's</i>	De oplossingen van vandaag blijken de problemen van de toekomst te zijn.

De 7 grote milieuproblemen kunnen we niet oplossen, omdat er een aantal belemmeringen is dat vooral te maken heeft met de werkwijze van het economische systeem. Duurzame ontwikkeling wordt vooral belemmerd door het kortetermijndenken, door verkokering bij onder andere de overheid, en doordat de milieukosten nauwelijks in de prijzen van goederen en diensten verwerkt zijn. Om deze belemmeringen weg te nemen, is systeeminnovatie nodig. Sommige milieuproblemen zijn zeer complex doordat ze sterk samenhangen met sociaal-economische factoren, die ook vaak op internationale schaal spelen. Voor deze problemen is een maatschappelijk veranderingsproces van lange duur nodig op technologisch, economisch, sociaal-cultureel en institutioneel vlak. Dit noemen we transitie. Het streven naar duurzame ontwikkeling, voorzorg en eigen verantwoordelijkheid zijn hierbij de leidende beginselen. De transities zijn:

Duurzame energiehuishouding	CO ₂ -reductie, zon-/wind-/biomassa-energie, internaliseren van milieukosten (emissie-handel, ecotax)
Duurzaam gebruik van biodiversiteit en natuurlijke hulpbronnen	Meer solidariteit tussen arme en rijke landen, armoedebestrijding, Mondiale Ecologische Hoofdstructuur voor 2020. De verwevenheid van deze materie is groot en de kennis en bewustwording van de problematiek nog beperkt.
Duurzame landbouw	Vanwege verzuring/vermesting en dierenwelzijn wordt de intensieve veehouderij sterk gereguleerd en bij de grondgebonden landbouw wordt gestreefd naar integratie met natuur-/landschapsbeheer, recreatie en wateropvang.
Duurzame mobiliteit	0-emissies, bereikbaarheid, ruimtelijke kwaliteit, veiligheid, zekere energievoorziening t.a.v. voertuigen/brandstoffen.

[www.vrom.nl, dossier NMP4]

2.2.2 Maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO)

MVO ofwel 'duurzaam ondernemen' betekent dat bedrijven naar vermogen bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke en milieuproblemen die met de onderneming samenhangen. Het vereist dat bedrijven zich maatschappelijk verantwoord willen gedragen en daarmee verder willen gaan dan de wet- en regelgeving hen voorschrijft. Elke onderneming kan bepalen hoe ambitieus ze inzet: een multinational kan internationaal de bakens verzetten en een lokaal bedrijf kijkt vooral naar kansen dicht in de buurt. Het VROM-beleid spitst zich toe op de volgende punten:

Internationale samenwerking	Met als doel het verrekenen van milieukosten in de prijzen en openheid over de milieu-gevolgen van hun productie
Convenanten bedrijfstakken	In overleg ontwikkelen van duurzaamheidsdoelstellingen en deze integreren in bestaande milieuconvenanten
Voorbeeldfunctie rijksoverheid	Duurzaam inkopen en de invoering van een intern milieuzorgsysteem
Stimuleren lagere overheden	Wanneer gemeenten duurzaam inkopen worden lokale bedrijven aangezet tot duurzaam ondernemen
Duurzaam consumeren	Duurzaamheidsgerelateerde productinformatie bevordert duurzame consumptie en die zet aan tot duurzaam ondernemen

Het gebruik van onderstaande instrumenten wordt gestimuleerd. Dit zijn instrumenten waarmee het duurzaam ondernemen inhoud gegeven kan worden.

Bedrijfsmilieuplan/-jaarverslag	Hierin worden doelstellingen geformuleerd resp. geëvalueerd. Grote bedrijven communiceren hiermee met de overheid
Bedrijfsintern milieuzorgsysteem	Een systeem dat de milieu-aspecten van ingekochte goederen en diensten en van geproduceerd afval registreert.
Productgerichte milieuzorg	Met ketenpartners (grondstoffen en afval) worden afspraken gemaakt over milieumaatregelen en productverbetering.
Milieumeetinstrumenten	De milieuprestatie van een product kan gemeten worden met een levenscyclusanalyse (LCA) en levert een profiel van maximaal 14 milieu-effecten. Een Eco-indicator herleidt de LCA tot één getal.
Milieukeurmerk	Onafhankelijke partij stelt vast of product voldoet aan heldere/controleerbare eisen opgesteld i.o. produc./consum.

Bij het materialenbeleid gaat het om de winning en het gebruik van vernieuwbare grondstoffen als hout en vis en om niet-vernieuwbare grondstoffen als tin, ijzer en aardolie. Het gebruik van materialen kan leiden tot milieuproblemen. Alle materialen eindigen immers als afval omdat ze niet onbeperkt gerecycled kunnen worden. Bovendien raken grondstoffen uitgeput. Het beleid richt zich vooral op:

Langer en efficiënter gebruik	Door milieugerichte produkt(her)ontwikkeling waarbij naar hele keten gekeken wordt
Verminderen van uitstoot bij productie/consumptie	Grondstoffen duurder maken, productieprocessen efficiënter maken, hergebruik bevorderen
Beschermen van ecosystemen	Dieren en planten in oceanen en oerwouden, efficiëntere winning van vernieuwbare grondstoffen

[www.vrom.nl, dossier Duurzame ontwikkeling

2.2.3 Verantwoord materiaalgebruik

Verantwoord materiaalgebruik is een onderdeel van het beleid voor duurzaam bouwen zoals dat is vastgelegd in het vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP 4). De speerpunten van dit beleid zijn: energiebesparing (vermindering energiegebruik en reductie CO₂-uitstoot), toepassing van milieuverantwoorde materialen en gezond en veilig wonen. Bij milieuverantwoord materiaalgebruik in de bouw denken we aan vermindering van de negatieve milieueffecten tijdens de hele levenscyclus, veelal bepaald op basis van de (milieu)levenscyclusanalyse (LCA).

In de praktijk is het aan de markt om onderling en/of samen met de overheid afspraken te maken over welke milieuprestatie moet worden gerealiseerd. VROM stimuleert het maken van zulke afspraken en de realisatie van milieudoelen. Het maken van onderlinge afspraken heeft de laatste jaren op papier zo'n ontwikkeling doorgemaakt dat hiermee nu ook in de praktijk op grotere schaal ervaring kan worden opgedaan. In samenwerking tussen overheid en marktpartijen is een mijlpaal bereikt met de uitvoering van de Praktijkproef Milieuprestaties in de bouw.

De praktijkproef heeft tot doel ervaring op te doen met het werken met het begrip milieuprestatiebenadering. Dit is te vergelijken met de energieprestatiebenadering d.w.z. er worden geen specifieke energiemaatregelen voorgeschreven, maar wel een prestatie uitgedrukt in een waarde waarbij de keuze van de maatregelen vrij zijn. Bij milieuprestaties gaat het dan om meer dan energiebesparing alleen, b.v. ook materiaalgebruik, waterbesparing en gebruik van (primaire) grondstoffen in de bouw. De praktijkproef Milieuprestaties in de bouw betreft drie verschillende wijzen van aanpak om milieuambities van een project vast te stellen en prestaties te meten: Gemeentelijke Praktijk Richtlijn (GPR Gebouw), GreenCalc+ en 'Toolkit duurzame woningbouw'.

Voor de uitwisseling van milieu relevante produktinformatie (MRPI) op basis van de levensloopbenadering is de standaardisatie op nationaal nivo (NEN) stopgezet vanwege een gebrek aan draagvlak. Op Europees nivo wordt deze echter opgepakt onder de vlag van Environmental Product Declaration (EPD). Het is voor de ontwikkeling van instrumenten van belang dat er niet een te grote verscheidenheid ontstaat in methoden en regelgeving in verband met het gevaar van handelsbelemmeringen.

[www.vrom.nl, dossier Verantwoord materiaalgebruik]

2.2 Nationale wetten

2.2.1 Energielabel

Vanaf 1 januari 2008 moeten eigenaren van woningen en andere gebouwen bij verkoop of verhuur een energielabel overhandigen aan de koper/huurder. Het energielabel voor woningen is te vergelijken met het energielabel voor auto's en witgoed. Het label loopt van A t/m G. Een woning met het A-label is het energiezuinigst en met het G-label het minst zuinig.

2.2.2 Bouwbesluit

De bouwregelgeving heeft naast de vier pijlers veiligheid, gezondheid, bruikbaarheid en energiezuinigheid, een vijfde pijler milieu. Het hoofdstuk Milieu in

het Bouwbesluit is tot nu toe echter nog niet concreet ingevuld. Wel is in de bouwregelgeving vastgelegd dat nieuwe gebouwen moeten voldoen aan minimumeisen op het gebied van de energiezuinigheid. Deze eis wordt uitgedrukt in de EPC, de energieprestatiecoëfficiënt. Hoe lager de EPC, hoe zuiniger het gebouw. Voor nieuwe woningen geldt sinds 1 januari 2006 een EPC-grenswaarde van 0,8. Nieuwe woningen moeten dus energiezuiniger gebouwd worden. In NEN-normen is vastgelegd hoe de energieprestatiecoëfficiënt berekend moet worden.

Gemeenten mogen op grond van de bouwregelgeving geen extra milieueisen stellen voor woningen en andere gebouwen omdat dit in het Bouwbesluit is geregeld. Gemeenten voeren vaak wel een eigen kwaliteitsbeleid voor bouwen door partijen te stimuleren bij de bouw van woningen of kantoren duurzame maatregelen te treffen.

2.2.3 Bouwstoffenbesluit

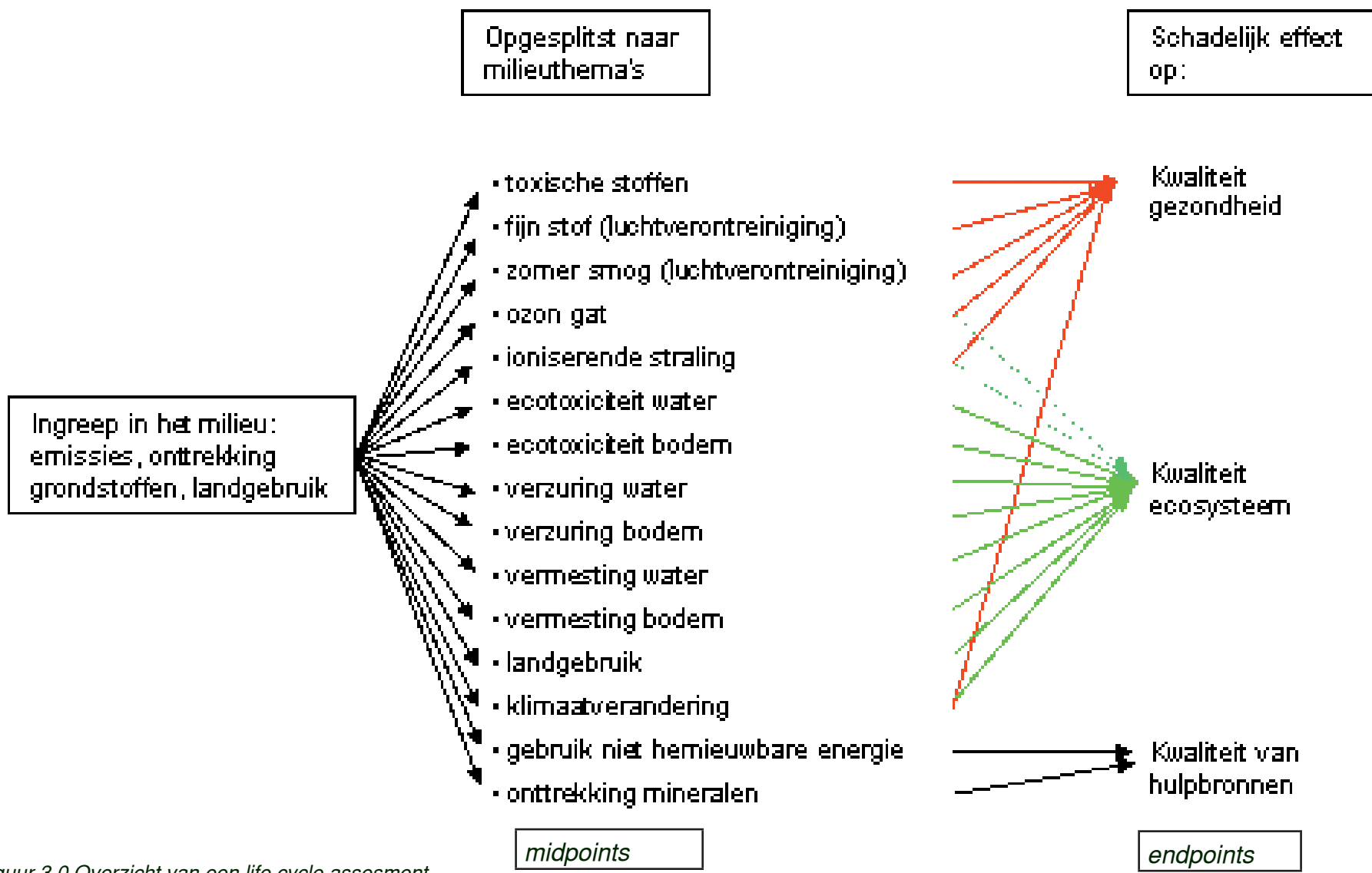
Het Bouwstoffenbesluit stelt regels voor bouwstoffen (grond of steenachtige materialen) die worden toegepast in een werk en in contact kunnen komen met regen-, grond- of oppervlaktewater. Bij toepassingen van bouwstoffen moet worden aangetoond dat ze voldoen aan kwaliteitseisen voor samenstelling en immissie. Het Bouwstoffenbesluit is moeilijk uit te voeren en te handhaven. De administratieve lasten zijn relatief hoog en er is veel discussie over hoe de normen zijn onderbouwd. Daarom treedt het Besluit bodemkwaliteit vanaf 1 januari 2008 fasegewijs in werking.

De samenstellings- en emissiewaarden voor steenachtige bouwstoffen blijven gehandhaafd. De regels voor bouwstoffen gelden voor de hele keten van de producent tot en met de toepasser. De milieukwaliteit van een partij moet worden aangetoond met een milieuhygiënische verklaring. Dit kan een partijkeuring zijn (zoals vanouds) of een erkende kwaliteitsverklaring voor bouwstoffen uit een gecontroleerd productieproces. Een certificerende instelling (Bodem+) houdt toezicht en geeft een productcertificaat af. Voor grond- en baggerspecie krijgen lokale overheden meer mogelijkheden om regelgeving af te stemmen op het ruimtelijk beleid.

[www.vrom.nl, dossiers *Energie label, Energiebewust bouwen en wonen, Bodembescherming*]

2.3 Conclusies

2.1	Om de mondiale milieuproblemen het hoofd te bieden zijn systeeminnovaties nodig. Deze kunnen niet opgelost worden door regelgeving van overheden. Maatschappelijk verantwoord ondernemen d.w.z. de actieve en vrijwillige betrokkenheid van burgers en bedrijven is hierbij onontbeerlijk.
2.2	Maatschappelijk verantwoord ondernemen (MVO) betekent dat bedrijven naar vermogen bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke en milieuproblemen die met de onderneming samenhangen m.a.w. grote bedrijven zijn internationaal en kleine bedrijven lokaal georiënteerd.
2.3	MVO vereist dat de milieueffecten van het productieproces, de grondstoffen en afvalstromen geregistreerd worden. Bovendien moeten met ketenpartners afspraken gemaakt worden over de uitwisseling van milieuinformatie over de geleverde producten.
2.4	Voor woningbouw en utiliteitsbouw experimenteert de overheid met de milieuprestatiebenadering d.w.z. de prestatie wordt gemeten met een totaalscore waarbij de keuze van de specifieke maatregelen vrij is.
2.5	Voor energiezuinigheid van gebouwen zijn in de huidige wetgeving prestatienormen opgenomen, voor bouwwerken en andere milieu-effecten van gebouwen is de wetgeving nog geformuleerd op het nivo van emissies/immissies.



Figuur 3.0 Overzicht van een life cycle assesment

3 Life Cycle Assessment (LCA)

3.1 Wat is Life Cycle Assessment?

In LCA wordt de hele levenscyclus van een product of activiteit bekeken. Van de winning van grondstoffen via productie en (her)gebruik tot en met afvalverwerking. Oftewel: van de wieg tot het graf. Omdat het hierbij gaat om een keten van processen wordt LCA beschouwd als een vorm van ketenanalyse. De uitkomst van een LCA-studie is een milieuprofiel: een scorelijst met milieueffecten. Aan het milieuprofiel is te zien welke milieueffecten de belangrijkste rol spelen in de levenscyclus. In de internationale norm ISO-14040 is vastgelegd uit welke stappen een LCA bestaat (zie figuur 3.0 en onderstaande tabel).

<i>Functionele eenheid</i>	Dit begrip geeft aan dat producten worden beoordeeld per hoeveelheid geleverde prestatie, dus niet per hoeveelheid product. Dat is vooral belangrijk voor vergelijking van productalternatieven. Zo worden twee verschillende typen verf vergeleken op basis van het geverfde oppervlak, dus niet per liter verf. Per liter is dubbeldekkende verf waarschijnlijk slechter voor het milieu dan gewone verf, per hoeveelheid geverfd oppervlak zal dat mogelijk anders liggen. Ook de kwaliteit van de verf kan verschillen, daarom moet de levensduur van de verflaag eveneens worden meegenomen in de beoordeling.	
<i>Inventarisatie milieuingrepen</i>	De milieu-ingrepen worden geïnventariseerd. Het gaat dan meestal vooral om de uitstoot van schadelijke stoffen en om het gebruik van brandstof en grondstoffen. Daarnaast kunnen zaken als ruimtebeslag, geluidhinder en stank aan de orde komen. Het resultaat van de inventarisatie is de ingreep tabel.	
<i>Effectbeoordeling (Impact analysis of damage assessment)</i>	<i>Karakterisatie</i>	De ingrepen worden vermenigvuldigd met de bijbehorende karakterisatiefactoren ^{*)} . Daardoor ontstaat per ingreep een beeld van de bijdrage aan één of meer effectcategorieën. Per effectcategorie kunnen deze bijdragen worden opgeteld. Dat levert voor iedere effectcategorie één effectscore op. De lijst met effectscores geeft een beeld van de milieueffecten van het product. Deze lijst wordt het milieuprofiel van het product genoemd.
	<i>Normalisatie (facultatief)</i>	In de normalisatie wordt iedere effectscore weergegeven als relatieve bijdrage aan de effectscore van alle ingrepen van het hele economische systeem binnen een bepaalde regio. Dat verduidelijkt de betekenis van de effectscores ten opzichte van elkaar.
	<i>Weging (facultatief)</i>	Bij de weging worden de effectscores voor de verschillende effectcategorieën gewogen opgeteld tot één eindscore. Dat maakt het gemakkelijker twee productalternatieven te vergelijken.
<i>Interpretatie</i>	Dit omvat een analyse van het milieuprofiel waarbij bekeken wordt welke ingrepen de grootste bijdragen hebben geleverd. Uiteindelijk wordt het milieuprofiel getoetst aan de onderzoeksvraag.	

^{*)} Karakterisatiefactoren zijn getallen die aangeven hoeveel een standaardhoeveelheid van een stof bijdraagt aan een bepaald milieueffect. De stof methaan heeft bijvoorbeeld een karakterisatiefactor 21 voor het milieueffect 'broeikas effect'. Dat houdt in dat een kilo methaan de aarde 21 keer sterker doet opwarmen dan een kilo koolstofdioxide.

[www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/lca]

3.2 Methoden

In binnen- en buitenland zijn in de loop der jaren vele LCA-methoden ontwikkeld. Het gemeenschappelijke in deze methoden is vastgelegd in (de verplichte onderdelen van) het 4-stappenplan van de ISO-norm 14040. Het nadeel hiervan is echter dat de resultaten van een milieuprofiel lastig te interpreteren zijn en vooral lastig te vergelijken. Daarom ontstond de behoefte om het meervoudige milieuprofiel weer te geven in één scoregetal door weging van verschillende milieueffecten. Dit is ook het meest omstreden onderwerp binnen de LCA-wereld omdat het lastig is om zo'n weging goed te onderbouwen. Hiervoor zijn verschillende technieken ingezet om de weegfactoren te bepalen:

Panelmethode	Een team van specialisten maakt een ranking van verschillende effectcategorieën
Distance-to-target	Op basis van de actuele concentraties van schadelijke stoffen en de door de politiek bepaalde streefwaarden
Milieu-schaduwrijzen 'monetarisering'	De kosten die gemaakt moeten worden om emissiedoelstellingen te realiseren worden berekend, deze methode is geïnspireerd op de emissiehandel van het Kyoto-protocol

Een probleem dat bij de panelmethode speelt is dat de ranking moeilijker wordt naarmate er meer effectcategorieën zijn. Daarom is er onderscheid gemaakt in midpoint- en endpoint categorieën (zie ook figuur 3.0). De oorspronkelijke (ISO-gestandaardiseerde) effectcategorieën ('midpoints') zijn ingedeeld in een beperkt aantal klassen ('endpoints'). Dit maakt de weging een stuk gemakkelijker.

Methode	Effect categorieën	Normalisatie	Weging	Auteur	Opmerkingen
CML-2	midpoint	Nederland, Europa, Wereld	Niet	Centrum voor Milieukunde Universiteit Leiden	Kenniscentrum voor LCA, een van de oudste methodes
Eco-indicator99	endpoint	Europa	Panelmethode	Pré Consultants Amersfoort	Methode waaraan veel gerefereerd wordt, ook vanuit de overheid (VROM)
TWIN2002	endpoint	Niet	Milieuschaduwrijzen	Michiel Haas, NIBE	Er zijn 2 endpoints: gezondheid en milieu

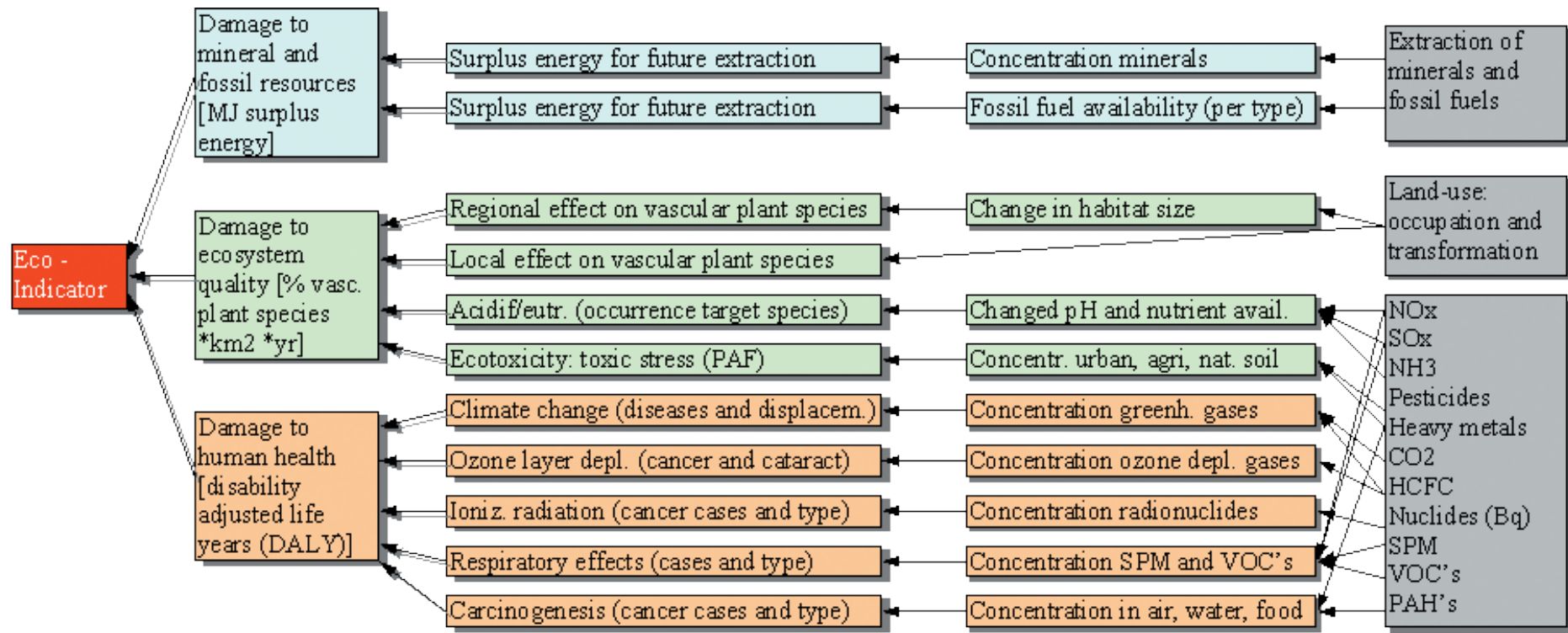
Echter binnen een endpoint-categorie moeten de midpoint-categorieën 'onder één noemer' gebracht worden. Hiervoor worden de midpoint-effectscores vertaald naar eenheden behorende bij de endpoint-categorieën zoals DALY (disability adjusted life years ofwel ziektejaren) en PDF (potentially disappeared fraction ofwel potentieel biodiversiteitsverlies). Dit is ingewikkelde materie waarbij veel verschillende disciplines betrokken zijn. Hierin schuilt ook het geheim van de smid omdat op basis hiervan de enkelvoudige score bepaald wordt. Dit zal nader toegelicht worden aan de hand van de Eco-indicator99 methode omdat hieraan veel gerefereerd wordt.

[www.leidenuniv.nl/cml]

[www.pre.nl/eco-indicator99]

['TWIN-model 2002' uit tijdschrift 'Duurzaam en Gezond Bouwen' april 2002, dr.ir. Michiel Haas, NIBE Nederlands instituut voor Bouwbiologie en ecologie]

WEGING <-EFFECTBEOORDELING (IMPACT ANALYSIS/DAMAGE ASSESSMENT) -> INVENTARISATIE

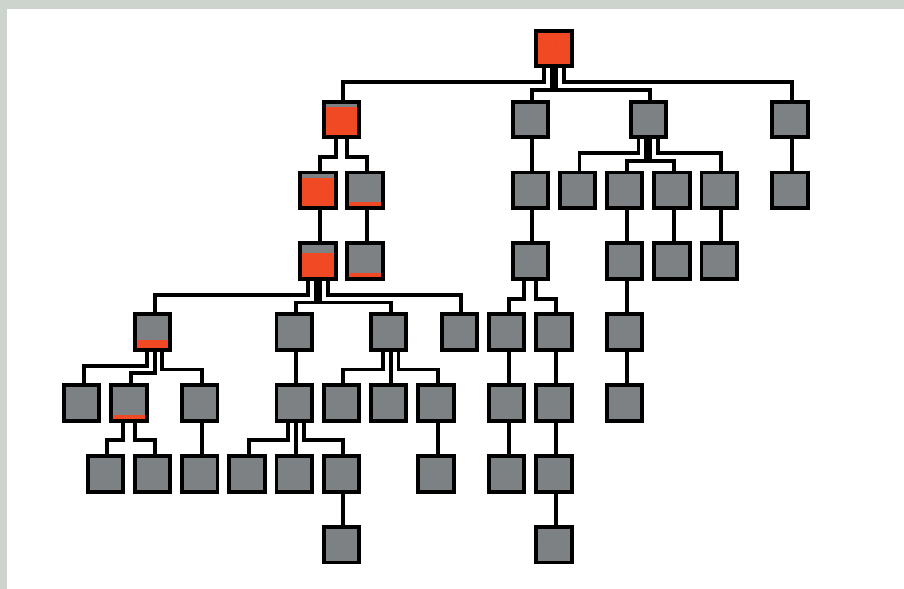


Figuur 3.2 Een overzicht van de Eco-indicator99 methode

Het grijze vlak heeft betrekking op de eerste fase (inventarisatie) en het rode vlak op de laatste fase (weging). De middelste fase (effectbeoordeling) bestaat uit drie onderdelen:

- Effectbeoordeling van emissies op de menselijk gezondheid, eindscore uitgedrukt in DALY (disability life years ofwel ziektejaren)
- Effectbeoordeling van emissies en landgebruik op ecosysteemschade uitgedrukt in PDF (potentially disappeared fraction per kilometer per jaar)
- Effectbeoordeling van grondstofuitputting uitgedrukt MJ surplus (extra megajoules die nodig zijn voor winning van (schaarsere) grondstoffen)

3.2.1 Inventarisatie

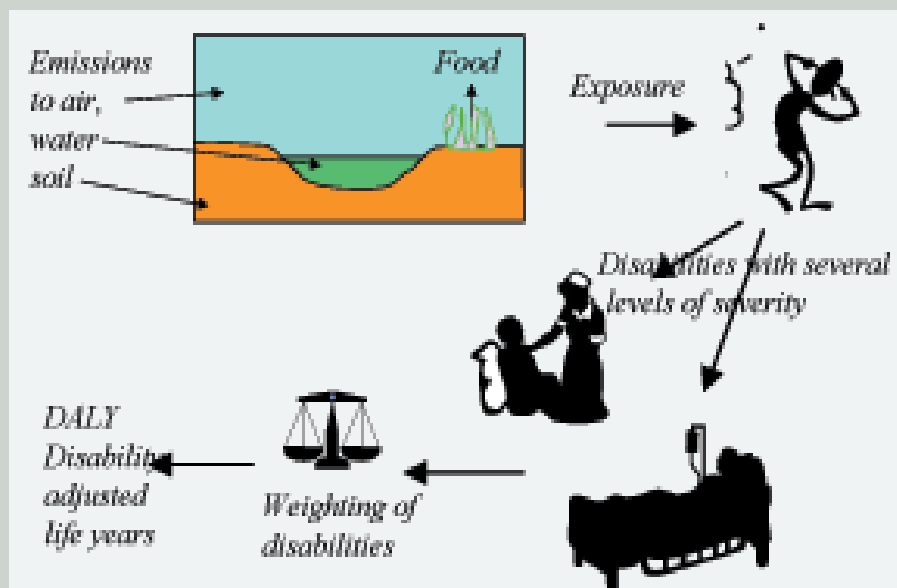


Het doel van een inventarisatie is om alle milieu-ingrepen van de levenscyclus van een produkt in kaart te brengen in termen van emissies, land- en grondstofverbruik. Dit kan gerealiseerd worden met een procesanalyse.

De levenscyclus zelf is een proces grofweg bestaande uit de fasen productie, gebruik en afdanking. Bij de productie kunnen onderdelen en bij het gebruik verbruiksproducten betrokken zijn. Bijvoorbeeld een koffiezetapparaat bestaat uit o.a. een verwarmingselement, een waterreservoir en een kan. Bij het gebruik zijn koffiefilters nodig. Zo kunnen alle deelproducten weergegeven worden in een boomstructuur.

De uitsplitsing gaat net zolang door totdat je bij elementaire processen waarin materialen of grondstoffen geproduceerd worden. Voor deze standaardprocessen zijn databases beschikbaar met gegevens over emissies en grondstofverbruik van deze processen. Door de gegevens alle deelprocessen bij elkaar op te tellen worden de milieu-ingrepen van het geanalyseerde produkt bepaald.

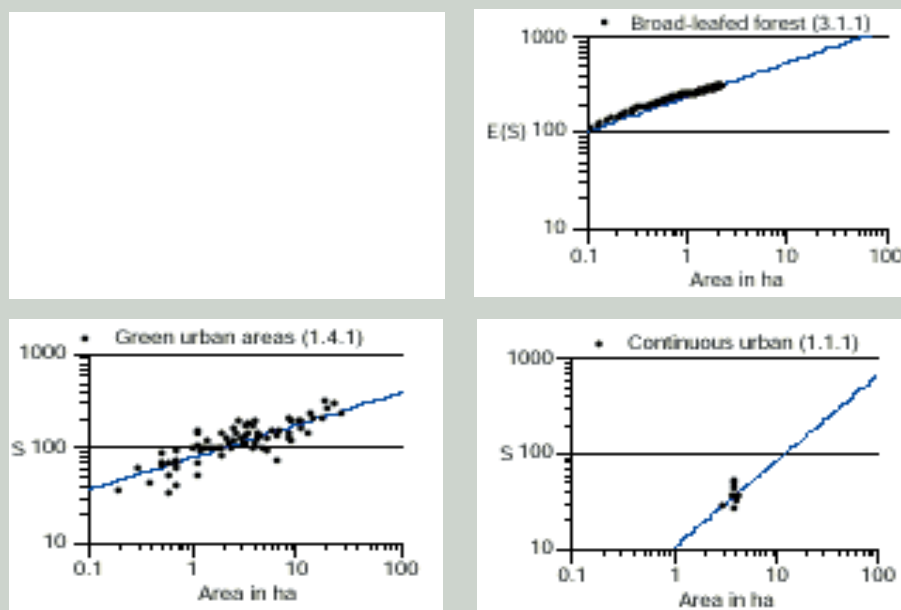
3.2.2 Effectbeoordeling emissies



Het doel van effectbeoordeling van emissies voor de menselijke gezondheid is om het aantal ziektejaren (DALY: disability adjusted life years) te bepalen. Dit gebeurt in 4 stappen:

Analyse	Methode
Fate	Bepaling van de concentraties van opgehoopte schadelijke stoffen in de atmosfeer, oppervlaktewater en bodem
Blootstelling	Bepaling van de hoeveelheid van de schadelijke stoffen die zich ophoopt in organismen
Effect	Bepaling van de aandoeningen die de stof veroorzaakt bij mensen en de effecten op andere organismen
Schade	Op basis van statistische informatie wordt het aantal gemiste levensjaren bepaald. Bij planten en dieren wordt het aantal bepaald dat onder toxische stress leeft.

3.2.3 Effectbeoordeling landgebruik



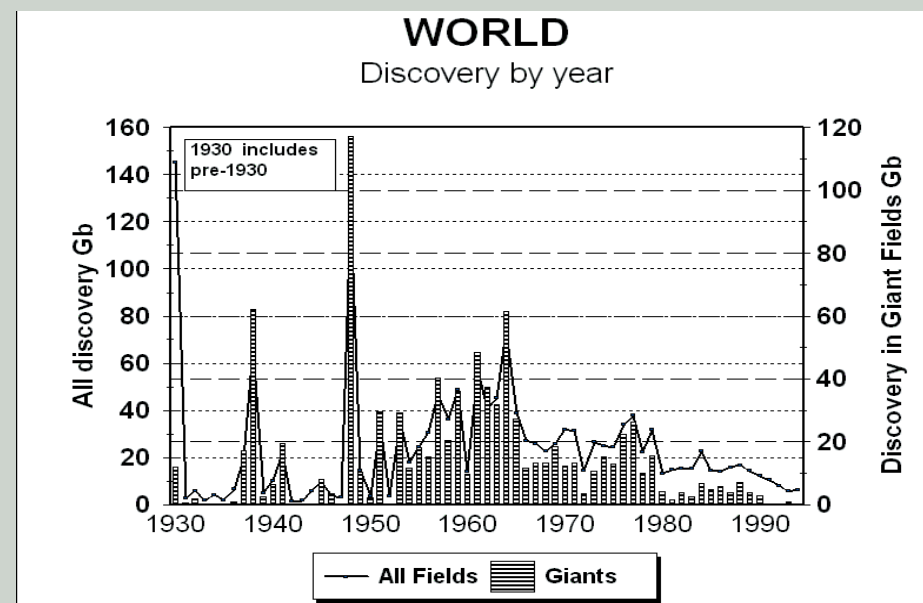
Figuren 3.2.3 Enkele voorbeelden van de empirisch bepaalde relatie tussen de grootte van een gebied, het type gebied (bos, park en stedelijk) en de hoeveelheid voorkomende plantensoorten (S en E(S)). De lijn is de veronderstelde relatie tussen de oppervlakte van het gebied en de soortenrijkdom

Het doel van effectbeoordeling van landgebruik is bepaling van het (potentieel) verdwenen aantal soorten (PDF: potentially disappeared fraction).

Op basis van metingen (zie figuren 3.2.3) is een index gemaakt van de gemiddeld te verwachten soortenrijkdom bij verschillende soorten landgebruik.

Een probleem hierbij is dat de soortenrijkdom van een natuurgebied ook afhangt van de grootte ervan. Bij verschillende vormen van landgebruik wordt niet alleen land aan de natuur onttrokken, maar ook de uitbreiding van natuurgebied belemmerd. Dit regionale effect wordt ook meegenomen.

3.2.4 Effectbeoordeling grondstofuitputting



Figuur 3.2.4 De hoeveelheid vloeibare olie (in giga barrel) die per jaar ontdekt wordt neemt geleidelijk af. Dit komt vooral doordat alle grote olievelden (Giants) al ontdekt zijn. De afgelopen jaren werd ongeveer 6 giga barrel ontdekt en het tienvoudige gewonnen.

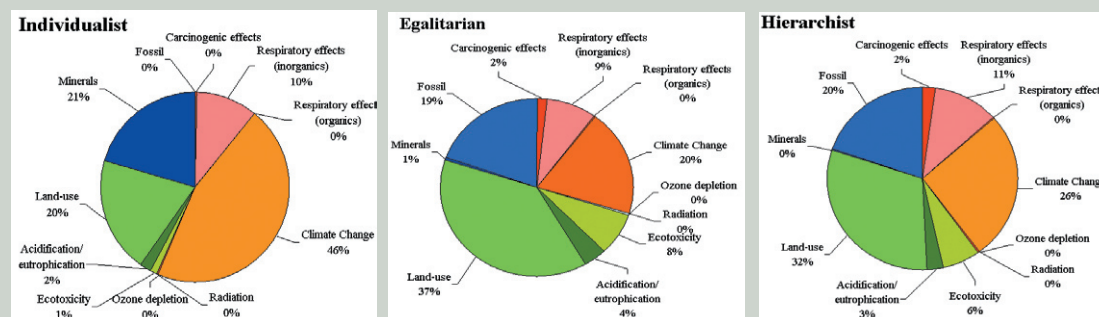
Het doel van de effectbeoordeling van grondstofuitputting is om de extra hoeveelheid energie (in mega joules) uit te rekenen die nodig is om een massa-eenheid van de grondstof te winnen bij een een schaarser wordende grondstof.

Het blijkt bijvoorbeeld dat er op termijn een eind komt aan de gemakkelijk winbare olie. Er zal bijvoorbeeld meer gebruik gemaakt moeten worden van teerzanden. Het gebruik van deze voorraden vergt meer energie.

3.1.5 Weging

Perspective	Time view	Manageability	Level of evidence
Hierarchist	Balance short/long term	Proper policy can avoid many problems	Consensus
Individualist	Short time	Technology can avoid many problems	Only proven effects
Egalitarian	Very long term	Problems can lead to catastrophe	All possible effects

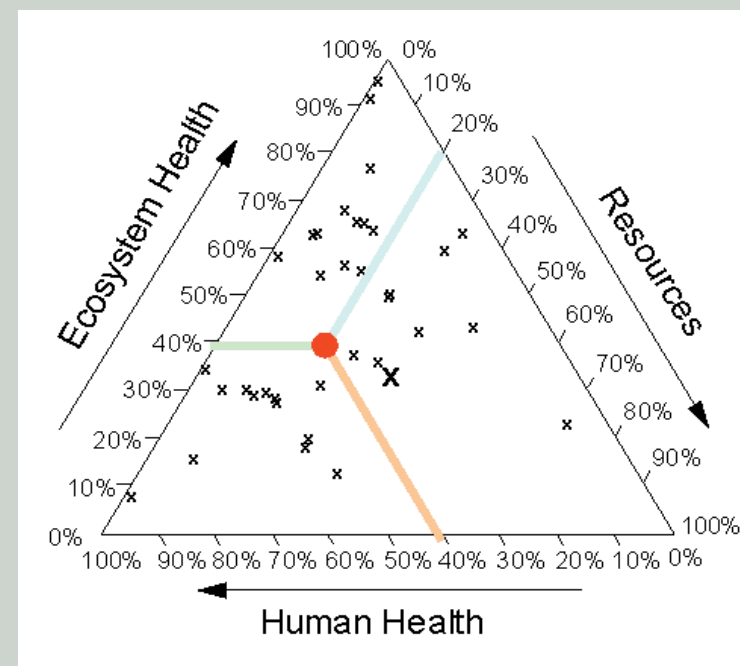
Tabel 3.2.5A Kenmerken van 3 psychologische 'archetypen uit de cultuurtheorie'



Figuur 3.2.5.B Wegingen van de 3 archetypen voor een Eco-indicator99 score van 1

Vanuit psychologisch onderzoek in het kader van de 'cultuur theorie' [Thompson 1990/ Hofstetter 1998] worden gemiddelde wegingspercentages gevonden voor gezondheid en ecosysteemkwaliteit van beide 40%. Het psychologisch onderzoek is gebaseerd op vragenlijsten met een respons van slechts 29 proefpersonen. De proefpersonen stellen de wegingspercentages vast en vullen de vragenlijsten in. Op basis van de respons wordt een relatie gelegd met de kenmerken uit tabel 3.2.5A.

De milieubelasting van een Europeaan in 1 jaar (een *Eco-indicator99 score van 1 punt!*) kan op basis van de archetypen uitgesplitst worden in effectcategorieën (zie figuur 3.2.5B). De rode kleuren geven het belang van gezondheid weer, de groene ecosysteemkwaliteit en de blauwe het belang van grondstofuitputting. De eigenschappen zijn hieruit af te leiden.



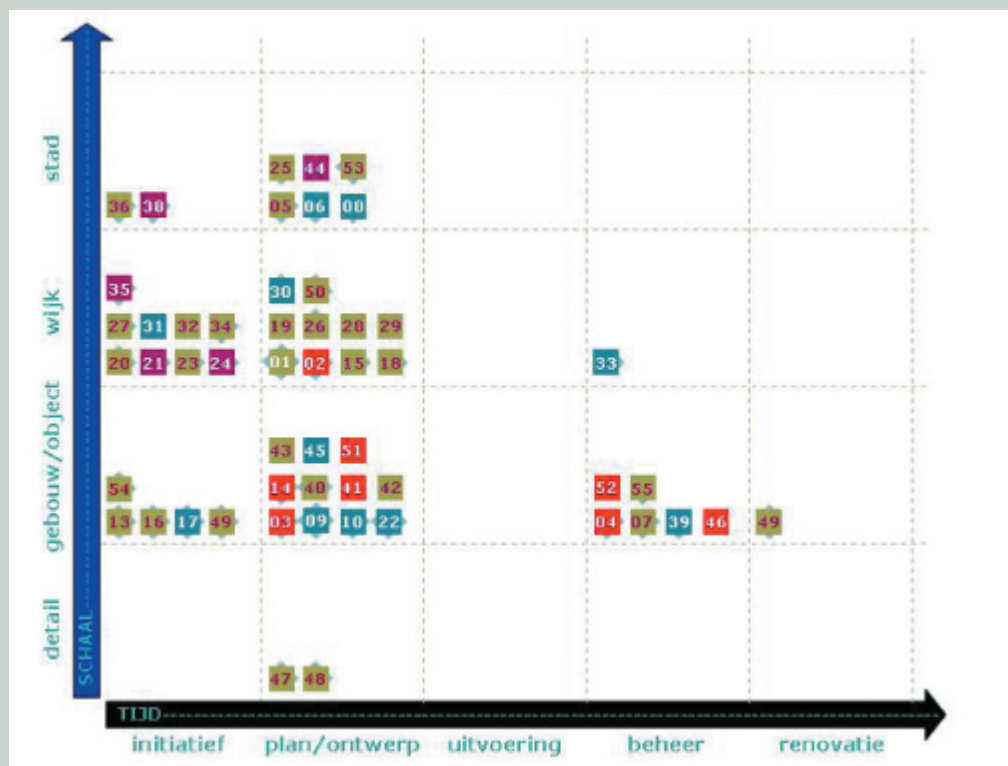
Figuur 3.2.5.C Wegingsdriehoek met daarin het punt dat de wegingspercentages weergeeft van de Eco-indicator99 methode

Op basis van een panel van 65 LCA-experts uit Zwitserland zijn gemiddelde wegingspercentages berekend. Deze bedragen 40% voor zowel gezondheid als ecosysteemkwaliteit. Omdat langs verschillende wegen gelijke resultaten voor de wegingsfactoren bepaald kunnen worden, worden in LCA-berekeningen volgens de Eco-indicator99 methode deze wegingspercentages gehanteerd.

[www.pre.nl, 'The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment Methodology Report' Mark Goedkoop, Reinilde Spriensma 22-06-2001 3e editie]

Nr	Instrument	Objecten	Methode	Milieuaspecten		Leverancier	Geschiktheid T&L	Vrij beschikbaar
9	Greencalc+	Woningen Utilitair Infrastructuur	LCA/TWIN2002	Energie Materialen Water	Mobiliteit	Stichting SUREAC	Misschien	Nee
10	Eco-Quantum	Woningen	LCA	Energie Materialen	Water	IVAM/UvA	Nee	
22	GPR-Gebouw	Woningen Utilitair	Rapportcijfers Ook LCA-data	Energie Materialen Afval	Water Gezondheid Woonkwaliteit	Gemeente Tilburg W/E adviseurs	Nee	
30	URBIS	Gemeente Regio	LCA	Geluid Luchtverontreiniging Stank	Externe veiligheid	TNO	Nee	
45	DuboCalc	GWW	LCA	Energie Materialen		Rijkswaterstaat	Misschien	Nee
	SimaPro	Zelf modelleren	LCA Eco-indicator99	Afhankelijk van be- schikbare gegevens		Pré Consultants	Ja complexe modellen	Demo-versie
	Eco-IT	Zelf modelleren	LCA Eco-indicator99	Afhankelijk van be- schikbare gegevens		Pré Consultants	Ja eenvoudige modellen	Demo-versie

Tabel 3.3 Eigenschappen van kandidaat DuBo-programma's voor T&L



Figuur 3.3 Dubo-palet: overzicht DuBo-instrumenten (Senternovem)

Instrumenttype	Toelichting	Kleur
Communicatie-/ambitie	DuBo-ambities met verschillende partijen af te stemmen	beige
Checklists	Voorkeurlijstjes van kwalitatieve aard	rood
Kapstok	Coördinatie van DuBo-maatregelen	paars
Prestatie	Voor kwantitatieve aspecten	blauw

3.3 Programma's (DuBo-palet)

Senternovem is een agentschap van het ministerie van Economische Zaken dat gericht is op het bevorderen van duurzaamheid en innovatie. Het is de taak van de overheid om ontwikkelingen in de markt te begeleiden, sturen of te faciliteren middels beleid, wetgeving of subsidies. Senternovem is de organisatie die subsidieregelingen faciliteert en kennisuitwisseling tussen bedrijven bevordert.

Eén van de pijlers van Senternovem sinds de jaren '90 van de 20e eeuw is duurzame bouwen (DuBo). In de afgelopen 15 jaar zijn verschillende DuBo-instrumenten ontwikkeld. Deze zijn in figuur 3.3 geordend naar de schaal van het bouwwerk en de levensfase. Aangezien het vakgebied betrekking heeft op de ontwerpfase van objecten/wijken en het onderzoek zich richt op prestatieinstrumenten, moeten de 'blauwe' instrumenten in de bijbehorende vakken nader onderzocht worden op hun bruikbaarheid voor het vakgebied van T&L (zie tabel 3.3 hiernaast met eigenschappen).

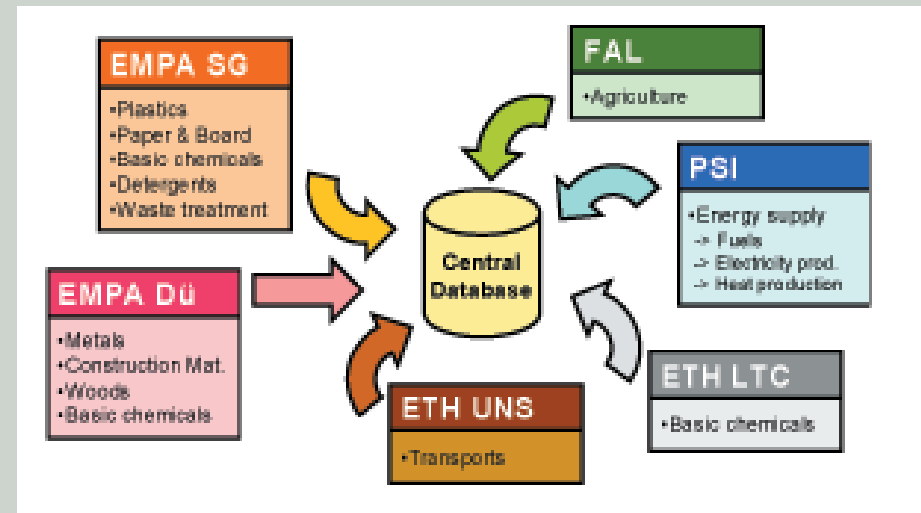
De onderzoeksvraag was om hulpmiddelen te selecteren die voor de kwantitatieve onderbouwing van materiaalkeuzen in het vakgebied van T&L bijvoorbeeld voor verhardingen en constructies (keerwanden, bruggen en daktuinen etc.). Hiervoor zijn mogelijk twee DuBo-programma's geschikt echter omdat deze niet vrij verkrijgbaar zijn konden deze in dit onderzoek niet verder geëvalueerd worden.

Daarom zijn twee algemeen toepasbare LCA-programma's aan de lijst toegevoegd van Pré Consultants. Daarbij is SimaPro een hulpmiddel voor de professionele LCA-adviseur en Eco-IT een sterk vereenvoudigde versie voor de produktontwikkelaar. Dit laatste LCA-programma Eco-IT is geschikt voor het doel dat aan het begin van dit onderzoek gesteld is.

[www.dubocentrum.nl/infobladen/materiaalkeuze]

[www.rws.nl/rws/bwd]

[www.pre.nl]



Figuur 3.4 Overzicht van Eco-invent database

Materiaal	Indicator	Eenheid	Omschrijving
Staal	86	mPt/kg	Blok materiaal met 80% primair ijzer en 20% schroot
Beton (niet versterkt)	3,8	mPt/kg	Beton met een dichtheid van 2200 kg/m ³
Cement	20	mPt/kg	Portland cement
Grind	0,84	mPt/kg	Winning en transport
Hout (massief)	39	mPt/kg	Europees hout (FSC criteria); CO ₂ absorptie in groeistadium niet meegewogen
Keramik	28	mPt/kg	Stenen etc.
Zand	0,82	mPt/kg	Winning en transport
Landgebruik	45	mPt/m ² /jaar	Bezetting van stedelijk gebied per m ² per jaar
Vrachtwagen 16t	34	mPt/tkm	Wegtransport met 40% belading (Europees gemiddelde incl. retourrit)
Recycling ferro metalen	-70	mPt/kg	Recycling van primair materiaal
Verbranding van staal	-32	mPt/kg	40% magnetische scheiding t.b.v. recycling
Verbranden van houtafval	-46	mPt/kg	CO ₂ emissie niet meegewogen (is aan begin levenscyclus vastgelegd)
Storten van baksteen, beton	0,84	mPt/kg	Nagenoeg inert materiaal

Tabel 3.4 Data in ontwerperstool Eco-IT van Pre Consultants

3.4 Data

3.3.1 Eco-IT database

De meeste gegevens (zie tabel 3.4) zijn overgenomen uit van de ETH database 'Ökoinentare für Energiesysteme', derde editie. Deze zeer uitvoerige database neemt voor energiesystemen ook zaken als bijvoorbeeld de exploratie activiteiten (proefboren) en de kapitaalgoederen (bijvoorbeeld beton voor stuwdammen en koper voor het elektriciteitsnet) mee. Ook voor transport worden kapitaalgoederen en infrastructuur (aanleg en onderhoud van wegen, spoorlijnen en havens) meegenomen. Voor materialen worden ze niet meegenomen. Tot slot is het van belang dat voor alle processen en infrastructuur ruimtegebruik wordt mee-genomen.

Op basis van de hierboven beschreven database is door het Zwitserse ministerie BUWAL een verpakkingsmaterialen database ontwikkeld. In deze data zijn echter alle kapitaalgoederen weggelaten. Voor de Eco-indicatoren zijn vooral de afvalverwerkingsgegevens en enkele specifieke verpakkingsmaterialen overgenomen. Bij de afvalgegevens zijn herberekeningen uitgevoerd om ook de zgn. positieve milieueffecten van afvalverbranding (electriciteitsproductie) in rekening te kunnen brengen. Daarnaast is voor de samengestelde scenario's (gemeentelijk en huishoudelijk afval) gebruik gemaakt van gegevens over de gemiddelde percentages die in Europa gerecycled, verbrand en gestort worden.

De eco-indicatoren voor verbranding en storten zijn aangepast op basis van modellen die door TNO-MEP zijn ontwikkeld voor afvalverwerking op een IBC-stort plaats en huisvuilverbranding in de nederlandse situatie.

3.3.2 Eco-invent database

□

Zwitserse milieu-instituten hebben een aantal databases geïntegreerd tot de Eco-invent database (zie figuur 3.4.):

- Bevat gegevens over meer dan 2700 processen
- Er wordt op een consistente wijze met systeemgrenzen en allocatie omgegaan (toerekenen van milieu-effecten bv bij recycling)
- Verrekent standaard kapitaalgoederen
- Wordt jaarlijks geüpdatet.
- Is verkrijgbaar à EUR 1800 bij milieuinstituut IVAM van de UvA.

3.3.3 VLCA-database

Voor producenten kunnen er veel belangen op het spel staan bij de uitvoering van LCAs. Vanuit de zorg voor LCA's van een zo hoog mogelijke kwaliteit hebben de belangrijkste bureaus en instituten die LCA's uitvoeren in de bouw zich verenigd in de 'Vereniging voor LCA's in de Bouw' (VLCA). In het verlengde van deze doelstelling geeft de VLCA een database uit met milieuprofielen voor energie en afvalverwerking (storten/verbranden excl. kapitaalgoederen).

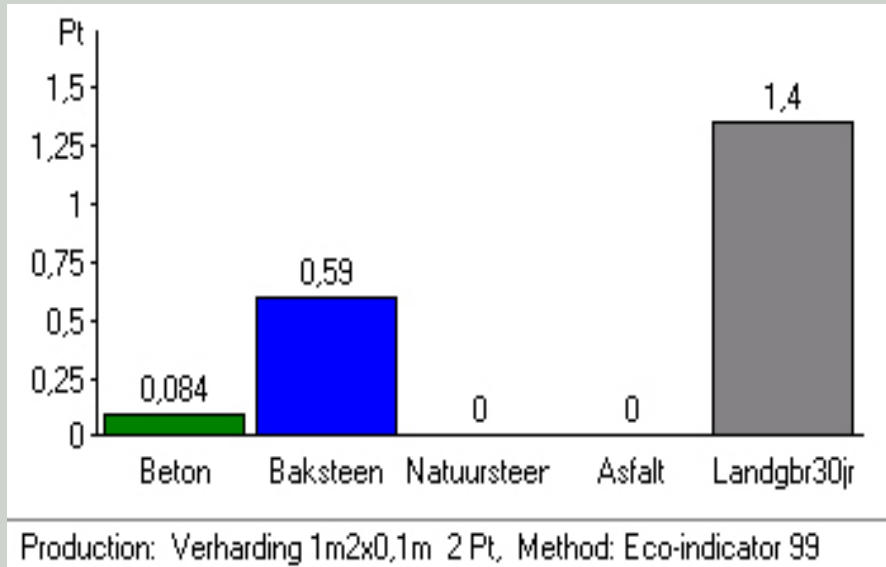
[Eco-indicator 99 Handleiding voor ontwerpers' ministerie VROM Centrale Directie Communicatie, oktober 2000]

[SimaPro 7 Introduction to LCA' Mark Goedkoop Pre Consultants juni 2007]

[www.vlca.nl]

3.5 Conclusies

3.1	Weging van verschillende milieueffectscores tot een totaalscore is geen onderdeel van de ISO-standaard voor LCA en er bestaan geen onomstreden wegingsmethoden. In de praktijk is de totaalscore goed bruikbaar, mits de aannames vermeld worden.
3.2	Door zgn. schadebeoordeling (damage assessment) worden emissies, grondstof- en landgebruik herleid tot gezondheidsschade, biodiversiteitsverlies en grondstofuitputting. Hiermee wordt het aantal effectscores in een LCA teruggebracht worden tot 3. Dan kunnen alternatieve LCA-scores beter onderling vergeleken worden in het ultieme geval met weging tot een totaalscore.
3.3	Greencalc+ en Dubocalc zijn mogelijk (ook) geschikt voor T&L-toepassingen. Echter omdat de programma's niet beschikbaar zijn in het publieke domein is dit lastig te beoordelen.
3.4	De LCA-programma's van Pré Consultants zijn niet gebonden aan een bepaald type produkt. SimaPro is geschikt voor de professionele LCA-adviseur en Eco-IT voor de ontwerper.
3.5	Er zijn databases beschikbaar met LCA-inventarisatiegegevens over energieopwekking, transport en de productie/afvalverwerking van grondstoffen.
3.6	Concurrentie-overwegingen belemmeren de toepassing van LCA in de praktijk.



Figuur 4.1 Verharding 1m2 verharding met landgebruik voor 30 jaar, geen afvalfase

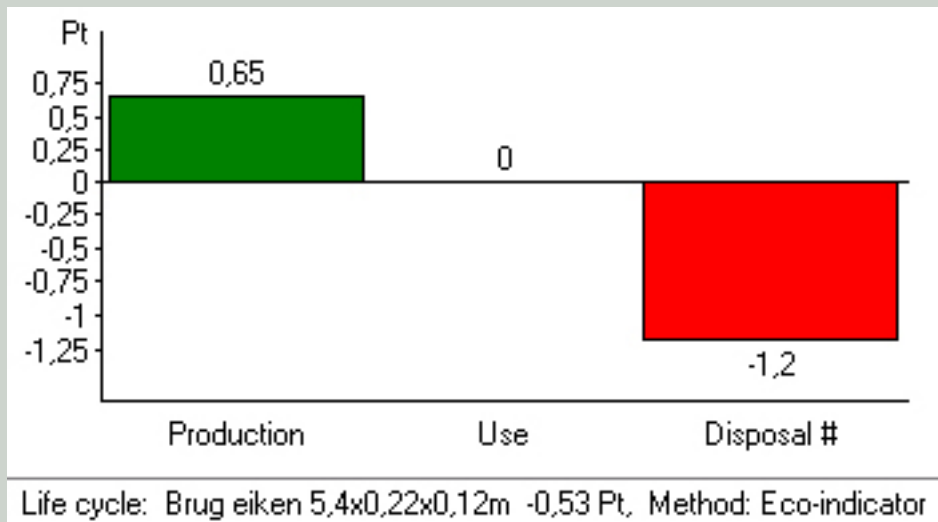
4 CASES

4.1 Verhardingsmaterialen

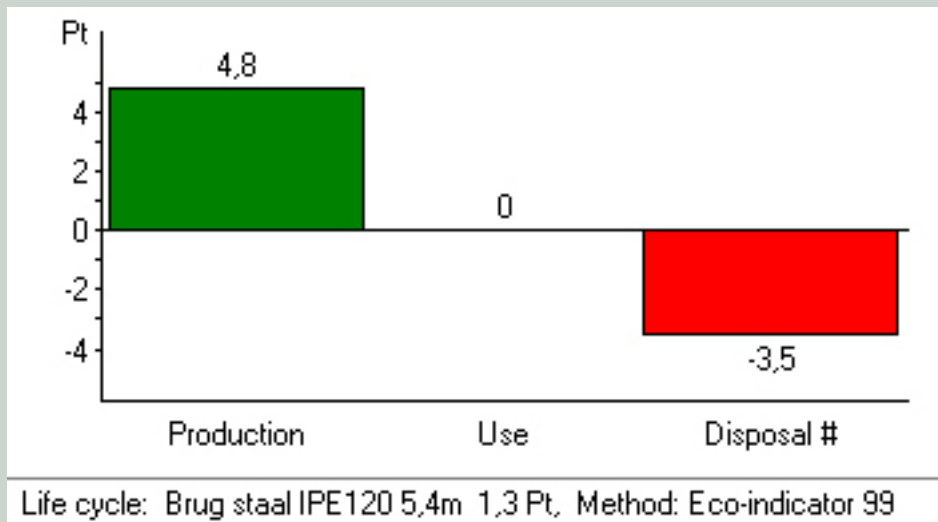
Het doel is de milieubelasting van 1m2 verharding van verschillende verhardingsmaterialen over een periode van 30 jaar te vergelijken.

Het LCA-programma Eco-IT is hiervoor gebruikt. Voor natuursteen en asfalt zijn geen materiaalgegevens in de database beschikbaar, wel in de Ecoinvent-database (niet vrij beschikbaar). In geen van beide databases zijn er data voor het gebruik en recycling van verhardingsmaterialen. De LCA-analyse beperkt zich dus tot de productiegegevens van beton en baksteen en het landgebruik.

Conclusie is dat de milieubelasting van baksteen factoren hoger is dan van beton bij aanleg maar dat deze veel minder is dan de schade van (onnodig) verhard oppervlak. Door het gebrek aan gegevens over recycling zijn de resultaten van een eerder afstudeeronderzoek niet te verwerken in de LCA.



Figuur 4.2 Houten brug 5.4m Verbranding in de afvalfase



Figuur 4.3 Houten brug 5.4m Hergebruik van primair materiaal in de afvalfase

4.2 Voet-/fietsbrug

Doel is de milieubelasting te bepalen van een voet-/fietsbrug met een overspanning van 5,40m te voor verschillende constructiematerialen.

De brug kan uitgevoerd worden met eiken balken van 0,22x0,12m of met een IPE120 profiel ('Vlonders, steigers, bruggen' A. de Gier 2007). De liggers worden verondersteld bepalend te zijn voor de milieueffect van de totale brug.

Een LCA-analyse is uitgevoerd met Eco-IT. Echter voor gewapend beton zijn geen gegevens beschikbaar, wel in de Eco-inventdatabse. Voor het onderhoud en recycling is in geen van beide databases iets te vinden.

Voor de afvalfase is in het geval van de houten brug gekozen voor verbranding en in het geval van de stalen brug voor volledig hergebruik van de oorspronkelijke profielen.

De conclusie is dat de milieubelasting van de houten brug laag is, zelfs negatief. Het zou dan zinvol zijn om bijkomende zaken als overige constructie-elementen en gebruik van machines bij de aanleg mee te nemen in de analyse, deze kunnen dan bepalend worden.

De productie van staal is vele malen goter is dan van hout. Hierbij speelt het verschil in levensduur tussen de beide materialen. De levensduur van een houten brug is vrij kort en van een stalen brug lang. Het is beter om naar de milieubelasting per jaar te kijken.

Een groot nadeel van deze LCA-analyse is dat gegevens over de onderhoudsfase ontbreken. Bij een lange levensduur zoals van de stalen brug, kan dit bepalend worden voor de milieubelasting (ook per jaar).

5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

5.1 Conclusies

5.1.1 *Is de doelstelling gehaald?*

Het vinden van methoden, technieken en hulpmiddelen om in T&L-projecten materiaalkeuzes te onderbouwen ten aanzien van duurzaamheidsaspecten

Ja, de doelstelling is gehaald, er zijn methoden zoals Eco-indicator99 en hulpmiddelen zoals Eco-IT gevonden om de onderbouwing van materiaalkeuzes in T&L-projecten te verbeteren.

5.1.2 *Probleemstelling*

Op welke wijze kunnen duurzaamheidsaspecten van materialen zoals winning, gebruik en hergebruik op een objectieve manier met elkaar vergeleken worden?

Het antwoord is dat met levenscyclusanalyse, resp. damage assessment en weging milieueffectbeoordelingen gecombineerd kunnen worden tot één of meerdere totaalscores. Echter hoe meer de scores gecombineerd worden, hoe moeilijker de objectiviteit is aan te tonen.

5.1.3 *Hypothese*

Het is mogelijk om duurzaamheidsaspecten van materialen tegen elkaar af te wegen op de manier zoals materialen onderling vergeleken kunnen worden aan de hand van kostenaspecten.

De hypothese wordt verworpen. Er zijn op dit moment te weinig gegevens beschikbaar om de milieueffecten te bepalen in de afvalfase en vooral in de gebruiksfase van producten.

5.1.4 *Overige conclusies*

5.1 LCA kan een bijdrage leveren aan de systeeminnovaties die nodig zijn in het kader van de milieuproblematiek. Door een prestatiegerichte benadering krijgt de aannemer meer speelruimte om innovatieve expertise te ontwikkelen.

5.2	Voor de vooruitgang van LCA is het van essentieel belang dat bedrijven hun intern milieuzorgsysteem ontwikkelen en deze gegevens uitwisselen met ketenpartners
5.3	Weinig-omstreden weegmethoden zijn bepalend voor de ontwikkeling van LCA.
5.4	Dat LCA-programma's en databases nog nauwelijks vrij te downloaden zijn van het internet geeft aan dat LCA nog geen hoge vlucht heeft genomen.
5.5	Concurrentie-overwegingen vormen een belemmering voor de ontwikkeling van LCA-standaards en LCA-gegevens.
5.6	Gegevens over de productie- en afvalfase zijn relatief eenvoudig ten opzichte van LCA-gegevens over de gebruiksfase.

5.2 Aanbevelingen

Het programma Eco-IT is het meest geschikte programma voor eenvoudige LCA-analyses. Het is echter op dit moment nog niet zinvol om dit programma in de studie T&L te gebruiken vanwege het gebrek aan beschikbare LCA-gegevens.