



DUURZAME ONTWIKKELING EN DE CRADLE TO CRADLE-BENADERING

Een literatuurverkenning naar de mogelijkheden tot toepassing van de Cradle to Cradle-benadering in de bebouwde omgeving.

BAS VAN DE WESTERLO

UNIVERSITEIT TWENTE.



C2C
EXPO
LAB

Duurzame Ontwikkeling en de Cradle to Cradle[®]-benadering

Een literatuurverkenning naar de mogelijkheden tot toepassing van de Cradle to Cradle[®]-benadering in de bebouwde omgeving

Uitgave

Universiteit Twente, 2011, Enschede

Auteur

Bas van de Westerlo, MSc.

Begeleiding

Prof. dr. ir. J.I.M. Halman (promotor)
Dr. E. Durmisevic (assistent promotor)

Universiteit Twente
Universiteit Twente

Productie

Océ Technologies B.V.
Arbanusweg 43
5914 CA Venlo



Deze publicatie is gedrukt op
het van Gansewinkel OfficePaper
met een Cradle to Cradle® zilver certificaat.

van Gansewinkel 

**ISBN**

978-90-365-3181-8

DOI

10.3990/1.9789036531818

Nadere informatie

C2C ExpoLAB Foundation
t.a.v. Bas van de Westerlo
E: bas@c2c-expolab.eu
T: +31 (0)6 5518 1946
I: www.c2cexpolab.eu



Dit onderzoek wordt ondersteund door de stichting C2C ExpoLAB. Het C2C ExpoLAB geeft vorm en inhoud aan de Cradle to Cradle®¹-ambities van de gemeente Venlo.

Copyright © Bas van de Westerlo, Enschede, Nederland.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Bas van de Westerlo.

¹ Cradle to Cradle® is a registered trademark of McDonough Braungart Design Chemistry, LLC (MBDC). Cradle to Cradle® Certified™ is a certification mark licensed by the Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

Inhoudsopgave

INHOUDSOPGAVE	6
1 INLEIDING	7
1.1 ONDERZOEKSVRAGEN	8
1.2 METHODOLOGIE	8
2 TIJDLIJN DUURZAME ONTWIKKELING	9
3 VAN ECO-EFFICIËNTE NAAR ECO-EFFECTIEVE EN ECO-EFFICIËNTE DUURZAME ONTWIKKELING	13
3.1 DEFINIËRING VAN HET BEGRIJ ECO-EFFICIËNTIE	13
3.2 TRIPLE P	15
3.3 DEFINIËRING VAN HET BEGRIJ ECO-EFFECTIVITEIT	16
3.4 TRIPLE E	17
4 CRADLE TO CRADLE® : UITGANGSPUNTEN EN ONTWERPCRITERIA	19
4.1 UITGANGSPUNT 1: AFVAL = VOEDSEL; ALLES IS EEN VOEDINGSSTOF VOOR IETS ANDERS	19
4.1.1 <i>Continue kringlopen</i>	22
4.2 UITGANGSPUNT 2: BENUT DE ZON; GEBRUIK VOLLEDIG HERNIEUWBARE ENERGIE	22
4.3 UITGANGSPUNT 3: GENIET VAN DIVERSITEIT; SOORTEN, CULTUREEL EN INNOVATIEF	24
4.4 CRADLE TO CRADLE® -ONTWERPCRITERIA	24
5 CRADLE TO CRADLE® : OUDE WIJN IN NIEUWE ZAKKEN?	25
5.1 UITGANGSPUNT 1: AFVAL = VOEDSEL; ALLES IS EEN VOEDINGSSTOF VOOR IETS ANDERS	25
5.2 UITGANGSPUNT 2: BENUT DE ZON; GEBRUIK VOLLEDIG HERNIEUWBARE ENERGIE	27
5.3 UITGANGSPUNT 3: GENIET VAN DIVERSITEIT; SOORTEN, CULTUREEL EN INNOVATIEF	28
6 BELEID TER STIMULERING VAN DUURZAME ONTWIKKELING	29
6.1 STRATEGIEËN VOOR HET BEREIKEN VAN DUURZAME ONTWIKKELING	29
6.1.1 <i>Door de Verenigde Naties bewerkstelligde mondiale strategie</i>	29
6.1.2 <i>Strategie voor het bereiken van duurzame ontwikkeling door de Europese Unie</i>	30
6.1.3 <i>Strategie voor het bereiken van duurzame ontwikkeling in Nederland</i>	30
6.2 DOELSTELLINGEN VOOR EEN DUURZAME ONTWIKKELING	31
6.2.1 <i>Duurzaam Klimaat</i>	31
6.2.2 <i>Duurzame Energie</i>	32
6.2.3 <i>Duurzaam Water</i>	33
6.2.4 <i>Duurzame Mobiliteit</i>	33
6.3 NEDERLANDSE BELEIDSINSTRUMENTEN VOOR EEN DUURZAME BEBOUWDE OMGEVING	34
6.3.1 <i>Energie</i>	34
6.3.2 <i>Materiaal</i>	35
6.3.3 <i>Milieu</i>	35
7 NAAR EEN DUURZAME ONTWIKKELING IN DE BEBOUWDE OMGEVING	36
7.1 ONTWERPEN MET AANDACHT VOOR ZOWEL DE KORTE- ALS DE LANGE TERMIJN	36
7.2 VAN TRIPLE P NAAR QUADRUPLE P	36
7.3 DUURZAAM BOUWEN	37
7.4 INDUSTRIEEL FLEXIBEL & DEMONTABEL (IFD) BOUWEN	38
7.5 BIO-ECOLOGISCH BOUWEN	38
7.6 PASSIEF BOUWEN	39
7.7 CRADLE TO CRADLE®	39
8. NABESCHOUWING	40
8.1 ENERGIE	40
8.2 GRONDSTOFFEN	41
8.3 ONTWERPPROCES	41
8.4 TOT SLOT	42

1 Inleiding

Reeds enkele decennia is er een discussie in de wetenschappelijke literatuur op het gebied van duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving. Tot de dag van vandaag heerst er veel verwarring wat wel en wat niet tot duurzame ontwikkeling behoort en hoe deze ontwikkelingen zich tot elkaar verhouden. Ditzelfde geldt voor de meest recente Cradle to Cradle[®]-benadering. Het doel van deze review is te voorzien in een literatuuroverzicht op het gebied van duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving en het onderscheiden van de belangrijkste uitgangspunten.

De literatuurverkenning bevat informatie uit gepubliceerde artikelen in wetenschappelijke en professionele vakbladen, gezocht via ScienceDirect, Google Scholar en de 3TU catalogus. De review heeft zich gefocust op de periode van 1962 tot en met 2010. In 1962 maakte Rachel Carson door middel van een belangrijke wetenschappelijke bijdrage, haar bezorgdheid kenbaar over de toenemende vervuiling van het milieu.

Deze review voorziet in een literatuuroverzicht van de duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving, inclusief bijbehorende begrippenkader en uitgangspunten van de verschillende stromingen. Specifiek zal worden ingegaan op de meest recente Cradle to Cradle[®]-benadering. De benadering vormt een belangrijke stap naar een transitie van een lineair- naar cyclisch systeem, zonder schadelijk effect voor het milieu.

Dit literatuuronderzoek heeft plaatsgevonden binnen het kader van het onderzoekprogramma Construction Management and Engineering aan de Universiteit Twente. Dit onderzoekprogramma kenmerkt zich door een interdisciplinaire benadering, met het doel op het ontwikkelen van innovatieve oplossingen voor de bouw. Aandacht voor duurzame ontwikkeling in de bouw vormt een essentieel onderdeel van het onderzoekprogramma. De ontwerpgerichte aanpak, nauwe samenwerking met de praktijk en de nadruk op de integratie van disciplines zijn belangrijke onderscheidende kenmerken van dit onderzoeksprogramma om de prestaties van de bouwsector te verbeteren.

1.1 Onderzoeksvragen

Deze literatuurstudie is uitgevoerd aan de hand van de navolgende onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de meest belangrijke stromingen op het gebied van duurzame ontwikkeling van de afgelopen vijftig jaar?
2. Wat zijn de uitgangspunten en het begrippenkader behorende bij het nastreven van een efficiënte duurzame ontwikkeling?
3. Wat zijn de uitgangspunten en het begrippenkader behorende bij het nastreven van een effectieve duurzame ontwikkeling?
4. Wat is de essentie van de Cradle to Cradle[®]-benadering?
5. Welke beleidsinitiatieven ter stimulering van een duurzame samenleving zijn er door respectievelijk de Verenigde Naties, de Europese Unie en de Nederlandse overheid in de afgelopen vijftig jaar genomen?
6. Welke methoden, technieken en beleidsinstrumenten gericht op het realiseren van een duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving zijn er inmiddels voorhanden?
7. Wat zijn de wetenschappelijke uitdagingen tot het realiseren van een efficiënte en effectieve duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving?

1.2 Methodologie

In de eerste fase wordt een literatuuronderzoek verricht naar de meest belangrijke stromingen op het gebied van duurzame ontwikkeling. Onderzoek naar een duurzame ontwikkeling heeft in de laatste decennia veelvuldig plaatsgevonden. Belangrijke ontwikkelingen zijn vastgelegd in uitgaven van Carson (1962), Meadows (1972), WCED (1987), Johnson (1993), Greadel (1995), Elkington (1998), Hawkens et al (1999), Braungart & McDonough (2002) en Gore (2006).

De keywords die de bronnen uit het literatuuronderzoek moet bevatten zijn: duurzame ontwikkeling, duurzaamheid, Eco-Efficiëntie en milieuprobleem binnen een periode van 1962 tot en met medio 2010.

Ten tweede zal een literatuuronderzoek worden uitgevoerd naar welke beleidsinitiatieven ter stimulering van een duurzame samenleving door respectievelijk de Verenigde Naties, Europese Unie en Nederlandse overheid zijn genomen. Tevens zal een literatuuronderzoek plaatsvinden welke methoden, technieken en beleidsinstrumenten naar een duurzame bebouwde omgeving voorhanden zijn .

De keywords die de bronnen uit het literatuuronderzoek moet bevatten zijn: Duurzame ontwikkeling, duurzaamheid, beleid en bebouwde omgeving binnen een periode tot en met 2010.

Ten derde wordt een literatuuronderzoek verricht naar de essentie van de Cradle to Cradle[®]-benadering. Betreffend literatuuronderzoek wordt verricht vanuit relevante uitgaven, publicaties en gerelateerde conferentieverlagen. Belangrijke Cradle to Cradle[®]-ontwikkelingen zijn vastgelegd in de uitgaven van Braungart & McDonough (1992; 2002 & 2007).

Met het verrichte literatuuronderzoek kunnen de uitgangspunten en het begrippenkader van de Cradle to Cradle[®]-benadering worden onderzocht. De keywords die de bronnen uit het literatuuronderzoek moet bevatten zijn: Cradle to Cradle[®], wieg tot wieg, Eco-Effectiviteit, bebouwde omgeving binnen een periode van 1992, uitgave van de Hannover Principes, tot en met medio 2010.

De bevindingen vanuit deze literatuurverkenning leiden tot een overzicht van de duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving. Tot slot zal dit literatuuroverzicht worden geanalyseerd. Deze analyse zal leiden tot wetenschappelijke uitdagingen voor implementatie en ontwikkeling van de cyclische benadering in de bebouwde omgeving.

2 Tijdljn duurzame ontwikkeling

Vanaf de jaren '60 zijn vanuit wetenschappelijke studies over de hele wereld waarschuwingen uitgegaan over de achteruitgang van het milieu. Mede op basis van deze waarschuwingen zijn vanaf de jaren '80 talrijke voorstellen gedaan voor een wereldwijde aanpak van bestaande en voorziene milieuproblemen. De eerste voorbeelden hiervan zijn de World Conservation Strategy van de "International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN)" in 1980 en het Brundtland-rapport uit 1987 van de "World Commission on Environment and Development (WCED)". In beide rapporten wordt een pleidooi gehouden om af te stappen van niet-duurzame consumptie en -productie en over te gaan op duurzame ontwikkeling. Het Brundtland-rapport definieert duurzame ontwikkeling als een ontwikkeling die voorziet in de behoefte van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien. Gesteld kan worden dat de bewustwording over de mondiale milieuproblematiek sindsdien wereldwijd is toegenomen. Dit heeft er mede toe geleid dat er diverse stromingen zijn ontstaan met als doel een bijdrage te leveren aan het reduceren en idealiter het volledig elimineren van milieuproblemen.

Dit hoofdstuk geeft aan de hand van een tijdlijn (zie figuur 2.1.) een chronologisch overzicht van de belangrijkste stromingen op het gebied van duurzame ontwikkeling. De tijdlijn verwijst tevens naar grote milieurampen in dezelfde periode.

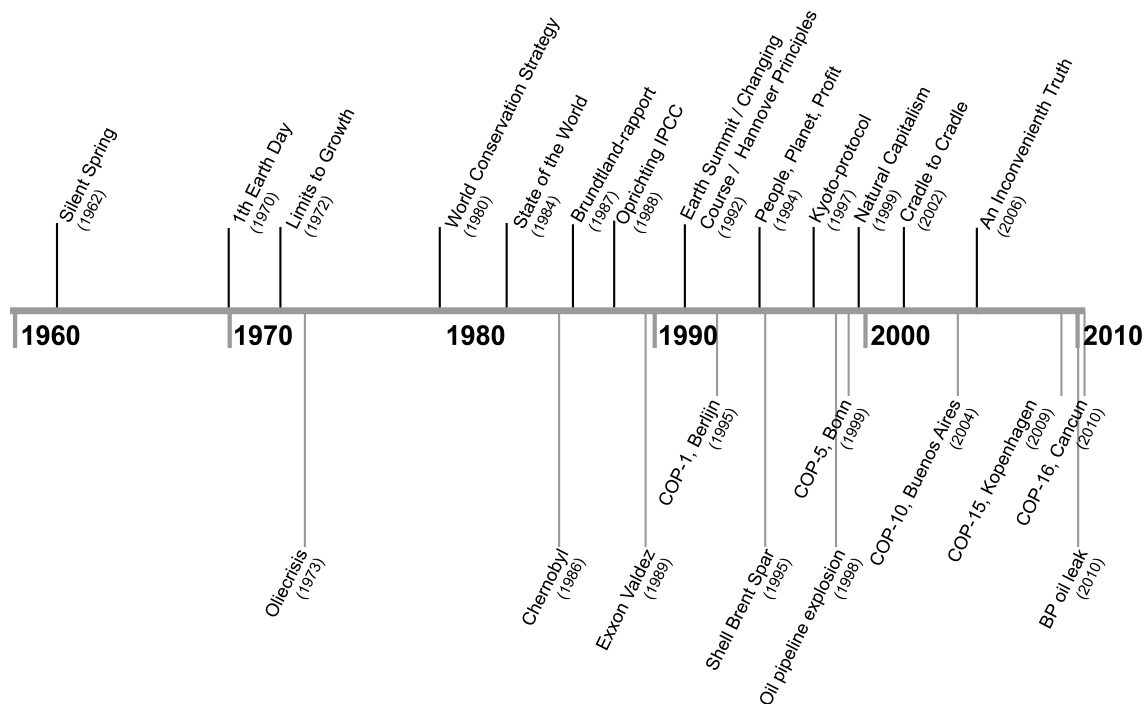


Fig. 2.1. Overzicht van de belangrijkste stromingen op het gebied van duurzame ontwikkeling.

1962 Silent Spring – Rachel Carson.

De uitgave *Silent Spring* heeft een belangrijke wetenschappelijke bijdrage geleverd aan de publieke bezorgdheid over de vervuiling - met name door het gebruik van pesticiden - van het milieu. Het boek beschrijft en documenteert de schadelijke effecten van pesticiden voor het milieu (Carson, 1962).

1970 1th Earth Day – Gaylord Nelson.

Voormalig senator van de Verenigde Staten Gaylord Nelson, startte het idee om de wereldbevolking bewust te laten worden van het eigen consumentengedrag en de hiermee gepaard gaande gevolgen voor het milieu. Sinds 1970 vindt jaarlijks in meer dan 175 landen op 22 april 'de dag van de aarde' plaats (World Resources Institute, 2010).

1972 Limits to Growth - Club van Rome.

De publicatie, in opdracht van de Club van Rome, over de grenzen aan de groei brengt onder andere de uitputtingsproblematiek van de aarde onder de aandacht. De studie is gebaseerd op gegevens uit de periode 1900 tot en met 1970 en maakt de gevolgen van groeitrends in onder andere bevolkingomvang, vervuiling, industrialisatie, voedselproductie en uitputting van fossiele brandstoffen inzichtelijk. Grenzen aan de groei stelt dat met de huidige groeitrends de aarde rond 2100 niet meer kan voorzien in de gewenste natuurlijke behoeften (Meadows, 1972).

1980 World Conservation Strategy (WCS) - International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN).

Het doel van de WCS is 'het bereiken van een duurzame ontwikkeling door het in stand houden van levende rijkdommen'. Het concept van duurzaamheid is in de context van visserij en bosbouw ontstaan. Het concept is uiteindelijk door de IUCN voor het eerst tijdens een internationaal forum geïntroduceerd als 'duurzame ontwikkeling'. (IUCN, 1980).

1984 State of the World – World Watch Institute.

Jaarlijks publiceert het World Watch Institute de *State of the World*. Het World Watch Institute is een gerenommeerd interdisciplinair onderzoeksinstituut en rapporteert jaarlijks de staat van het milieu (Starke, 1984).

1987 Brundtland-rapport – Verenigde Naties.

De VN-commissie bracht, onder voorzitterschap van toenmalig Noorse premier Gro Harlem Brundtland, in 1987 *Our Common Future* uit. *Our Common Future* is beter bekend als het Brundtland-rapport. In het rapport wordt de volgende definitie van duurzame ontwikkeling gegeven (WCED, 1987):

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

1988 Oprichting IPCC – Verenigde Naties.

In 1988 is door de Verenigde Naties de *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) opgericht om de risico's van klimaatverandering te evalueren en op basis van wetenschappelijke gegevens, deze zonder partijdigheid, te publiceren. Uitgebrachte rapporten gelden als referentiewerk voor beleidsmakers, wetenschappers, specialisten en onderzoekers (IPCC, 1990).

1992 Earth Summit – Verenigde Naties.

In juni 1992 vond in Rio de Janeiro de *United Nations Conference on Environment and Development* (UNCED) plaats. De *Earth Summit* resulteerde in het klimaat- en biodiversiteitsverdrag. Tevens werden tijdens de eerste *Earth Summit* - in mindere mate bindend - de *Forest Principles*, *Rio Declaration on Environment and Development* en *Agenda 21* opgesteld. In *Agenda 21* zijn internationale acties opgenomen om in de 21^e eeuw te komen tot een duurzame ontwikkeling. Het belangrijkste besluitvormende orgaan binnen het klimaatverdrag is de *Conference of Parties* (COP) waarin alle partijen bij de conventie jaarlijks overleggen over de voortgang (Johnson, 1993).

1992 Changing Course – Stephan Schmidheiny.

Naar aanleiding van de *Earth Summit* in Rio de Janeiro rees de vraag wat de mogelijke bijdrage vanuit het bedrijfsleven zou kunnen zijn tot het realiseren van een duurzame ontwikkeling. Het boek *Changing Course*, van Stephan Schmidheiny in samenwerking met de *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), reikt het begrip eco-efficiëntie aan. Vaak worden ecologie en economie bekeken als elkaars tegenpolen. Zo worden dikwijls beslissingen genomen die de economie en de werkgelegenheid ten goede komen, maar erg milieuonvriendelijk zijn. Het tegengestelde is ook waar: soms worden maatregelen naar voren geschoven die het milieu moeten verbeteren, maar geen rekening

houden met de kostprijs of waarbij geen rekening gehouden wordt met economisch betere alternatieven. Eco-efficiëntie tracht dan ook milieu en economie met elkaar te verzoenen door met minimale ingrepen toch goedkoper en milieuvriendelijker te werken (Schmidheiny, 1992).

1992 Hannover Principles – Braungart & McDonough.

De *Hannover Principles of Design: Design for Sustainability* werden in 1992 door Michael Braungart en William McDonough geformuleerd als ontwikkelingsrichtlijnen voor de wereldtentoonstelling in 2000 in Hannover. Het zijn richtlijnen voor het ontwerpen van de gebouwde omgeving met in achtneming van de toekomstige effecten voor het milieu, de maatschappij en de duurzame groei tot op de lange termijn (McDonough & Braungart, 1992).

1994 People, Planet, Profit - John Elkington.

John Elkington introduceerde in 1994 de *Triple Bottom Line (TBL)*, met een gelijkwaardige samenhang tussen een sociaal, ecologisch en economisch niveau. De niveaus zijn beter bekend in de termen: *People, Planet, Profit* (Elkington, 1998).

Deze drie invalshoeken zijn door veel bedrijven geadopteerd als richtlijn voor maatschappelijk verantwoord ondernemen. Voor de Wereldtop over duurzame ontwikkeling te Johannesburg (2002) werd de P van *Profit* veranderd in *Prosperity* (welvaart), om naast economische winst ook de maatschappelijke winst in afwegingen te betrekken.

1997 Kyoto Protocol -United Nations.

In navolging van de eerste *Earth Summit* is in Japan, gedurende COP-3, door 179 landen het Kyoto Protocol opgesteld. Hiervoor zijn tijdens COP-1 (1995 in Berlijn) voorbereidingen getroffen voor verdere uitwerking en werd tijdens COP-2 (1996 in Genève) de wetenschappelijke basis gelegd voor het protocol door middel van een tweede IPCC-rapport. Het protocol is onderdeel van het klimaatverdrag, waarin het doel van de verdere terugdringing van de broeikasgassenuitstoot is geregeld (United Nations, 1998).

1999 Natural Capitalism – Hawken, Lovins & Lovins.

In *Natural Capitalism, creating the Next Industrial Revolution* benadrukken de auteurs de onderlinge verbondenheid van de ecologie en de economie. Volgens *Natural Capitalism* kan alleen door erkenning van de essentiële relatie tussen ecologie en economie de aarde goed blijven functioneren. Ecologische economie is een academisch onderzoeksgebied dat zich bezighoudt met het onderzoeken van de invloed en de onderlinge verbondenheid van ecologie en economie. Een belangrijke wetenschappelijke uitdaging binnen de ecologische economie betreft de vraag hoe een werkende economie op te bouwen in een bepaald ecosysteem zonder dit ecosysteem te schaden (Hawken *et al*, 1999).

2002 Cradle to Cradle® – William McDonough & Michael Braungart.

In het boek *Cradle to Cradle®*, *Remaking the Way We Make Things* introduceren de auteurs een benadering 'van wieg tot wieg'. Een benadering waarmee biologische- en technologische kringlopen worden gesloten, zonder schadelijke effecten voor het milieu. Reststoffen worden grondstoffen voor een volgende cyclus. Daarvoor benut de Cradle to Cradle®-benadering de volgende principes:

1. Afval is Voedsel, alles is een voedingstof voor iets anders;
2. Benut de zon, gebruik volledig hernieuwbare energie;
3. Geniet van diversiteit, in soorten, cultuur en innovatie.

In de benadering wordt het begrip eco-effectiviteit geïntroduceerd om de tekortkomingen van eco-efficiëntie te ondervangen. Eco-efficiëntie is gericht op het zoveel mogelijk reduceren en compenseren van de schadelijke effecten voor het milieu. Eco-effectiviteit streeft een ontwikkeling na zonder schadelijke effecten voor het milieu. Het doel van de Cradle to Cradle®-benadering van Braungart en McDonough (2002) is: 'Een plezierig diverse, veilige,

gezonde en rechtvaardige wereld, met schone lucht, water, bodem en energie – waarin economie, gelijkwaardigheid en ecologie harmonieus worden genoten’.

2006 An Inconvenient Truth – Al Gore.

An Inconvenient Truth is de gefilmde presentatie waarmee voormalig vicepresident Al Gore van de Verenigde Staten de wereld rondtrok om zijn ongerustheid te ventileren over klimaatverandering en het bagatelliseren van de risico's hiervan door politici. Hij gebruikt daarvoor indringende beelden van gevolgen van orkanen, gletsjers die in zee storten en effecten van verdroging en verwoestijning. Met een kaart laat hij zien dat ongeveer de helft van Nederland onder water zou verdwijnen als gevolg van de opwarming van de aarde. Gore schreef ook een boek met dezelfde titel. Het boek en de film hebben de heersende klimaatcrisis en klimaatverandering bij een groot publiek onder de aandacht gebracht (Gore, 2006).

2009 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) – United Nations

In navolging van de eerste *Earth Summit* en navolgende COP's heeft in 2009 in Kopenhagen COP-15 plaatsgevonden om te komen tot een nieuw internationaal klimaatverdrag. Het doel van de UNFCCC is het komen tot bindende afspraken tot een nieuw internationaal klimaatverdrag vanaf 2012, het moment waarop bindende afspraken uit het Kyoto-protocol verlopen. De conferentie is door 192 landen bijgewoond, zonder bindende afspraken als resultaat (UNFCCC, 2009).

2010 United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) – United Nations

Na de mislukte onderhandelingen gedurende de klimaattop in Kopenhagen (2009) zijn de besprekingen voor een nieuw internationaal klimaatverdrag voortgezet in de Mexicaanse stad Cancun. Op de VN-klimaattop in Cancun is door 190 landen een akkoord bereikt voor nieuwe afspraken tegen klimaatverandering. De belangrijkste afspraken betreffen maatregelen tegen ontbossing en het oprichten van een groenfonds voor de strijd tegen klimaatverandering door arme landen. Ook zijn er nieuwe afspraken gemaakt over het terugdringen van de uitstoot van CO₂. De overeenkomst moet de basis worden voor een definitief akkoord dat volgend jaar in het Zuid-Afrikaanse Durban moet worden gesloten (UNFCCC, 2010).

3 Van eco-efficiënte naar eco-effectieve en eco-efficiënte duurzame ontwikkeling

Naar aanleiding van de *Earth Summit* in Rio de Janeiro rees de vraag wat de mogelijke bijdrage vanuit het bedrijfsleven zou kunnen zijn tot het realiseren van een duurzame ontwikkeling. *Eco-efficiëntie* tracht milieu en economie met elkaar te verzoenen door met minimale ingrepen toch goedkoper en milieuvriendelijker te werken. De kern van eco-efficiëntie kan worden opgevat als: *get more from less*. Meer producten of diensten met minder afval, minder gebruik van hulpbronnen en minder schadelijke emissies. In dit hoofdstuk zal verder worden ingaan op de uitgangspunten en het begrippenkader van een efficiënte en effectieve duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving.

3.1 Definiëring van het begrip Eco-Efficiëntie

In navolging van de *Earth Summit* in Rio de Janeiro (1992), analyseerden vijftig van de grotere bedrijven in de wereld de toepasbaarheid van het begrip duurzame ontwikkeling. In de uitgave *Changing Course* werd door deze bedrijven een strategie geïntroduceerd om te komen tot die duurzame ontwikkeling. Een strategie volgens een eco-efficiënte benadering, gedefinieerd als: 'bedrijven die continu meer bruikbare producten en diensten creëren – die waarde toevoegen – waarbij de consumptie van bronnen en uitstoot van emissies ook continu worden gereduceerd' (Schmidheiny, 1992).

In lijn met bovenstaande definitie heeft de *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) de toepassing van eco-efficiëntie binnen het bedrijfsleven onderzocht en kwam tot de navolgende definitie: '*Eco-efficiency is achieved by the delivery of competitively-priced goods and services that satisfy human needs and bring quality of life, while progressively reducing ecological impacts and resource intensity throughout the life-cycle to a level at least in line with the earth's estimated carrying capacity*' (WBCSD, 2000). Vanuit de strategie van eco-efficiëntie zijn innovatieve strategieën ontwikkeld, gericht op reductie en compensatie van schadelijke effecten op het milieu.

Eco-efficiëntie is door diverse overheden en bedrijven opgepakt als leidende strategie. In tabel 3.1 worden van enkele van deze instanties de gehanteerde definities van (eco-) efficiëntie gegeven:

Tabel 3.1. Definities Eco-Efficiëntie.

Bron	Definitie
<i>Australian Government *</i>	<i>Eco-Efficiency is a management process that is designed to “produce more from less”. Eco-efficiency can be achieved by increasing mineral recovery, using fewer inputs such as energy and water, recycling more and reducing emissions.</i>
<i>European Environmental Agency*</i>	<i>Eco-Efficiency is the amount of ‘environment’ used per unit of economic activity.</i>
<i>Global Development Research Center*</i>	<i>The relationship between economic output (product, service, activity) and environmental impact added caused by production, consumption and disposal.</i>
<i>Joseph Fiksel*</i>	<i>The ability of a managed entity to simultaneously meet cost, quality, and performance goals, reduce environmental impacts, and conserve valuable resources.</i>
<i>Klaus North*</i>	<i>Eco-Efficiency, cleaner production and lean production are based on a common philosophy: to reduce ‘waste’ in all steps of a production process. Eliminating waste will lead to improvements in eco-efficiency and thus contributes to: less energy consumption, less waste materials, less materials handling, and less intermediate storage.</i>
<i>Laurent Grimal*</i>	<i>This strategy induces the integration of cleaner production technology into the production process, aiming at a reduction in materials and energy consumption and thus at a decrease in pollution.</i>
<i>LEAN Advisors*</i>	<i>The means by which more and better goods and services are created using fewer resources and minimizing waste and pollution. In practice, eco-efficiency has three core objectives: increasing product or service values,</i>

	<i>optimizing the use of resources, and reducing environmental impact.</i>
<i>Nokia*</i>	<i>Eco-Efficiency means producing better results from less material and energy. For us this means: minimizing energy intensity, minimizing the material intensity of goods and services, extending product durability, increasing the efficiency of processes, minimizing toxic dispersion, promoting recycling, and maximizing the use of renewable resources.</i>
<i>PrintNet*</i>	<i>Eco-Efficiency is a concept that links environmental and financial performance. It does this by focusing on the development, production and delivery of products and services that meet human needs while progressively reducing their environmental impact throughout their lifecycles. Eco-efficiency essentially means doing more with less-using environmental resources more efficiently in economic processes. The application of eco-efficiency is undertaken, but not limited, by approaches and tools such as cleaner production and environmental management systems.</i>
<i>Toshiba Group*</i>	<i>Eco-Efficiency is calculated by dividing the value of a product by the product's 'environmental impact'. The smaller the environmental impact and the higher the value of the product, the greater the eco-efficiency. The value of a product is calculated based on its functions and performance, taking the voice of customer into consideration. The environmental impact is calculated, taking into consideration various environmental impacts throughout its life cycle.</i>
<i>WMC Resources Ltd.*</i>	<i>Maximizing efficiency of production processes while minimizing impact on the environment. Eco-efficiency can be achieved by using new technology, using fewer inputs per unit of product such as energy and water, recycling more and reducing toxic emissions. In summary doing more with less.</i>
* Bron: Braungart & McDonough, 2006	

Critici reageren op eco-efficiëntie door een oproep tot effectieve, in plaats van efficiënte keuzemogelijkheden. Eco-efficiëntie voorziet volgens hen in een ontwikkeling met kortetermijn oplossingen. WBCSD erkent dat effectiviteit verder gaat dan het verbeteren van bestaande systemen. Het concept eco-efficiëntie is volgens WBCSD dan ook niet bedoeld als een allesomvattend panacee. Des te belangrijker om te benadrukken wat eco-efficiëntie volgens de WBCSD niet is. Zie figuur 3.1.

- What eco-efficiency is not:**
- *Not a take-it-or-leave-it approach*
 - *Not an either-or (but much more a both-and-and) approach*
 - *Not a solution to all the problems on the way to sustainability*
 - *Not a rigid framework*
 - *Not anyone's single strategy*
 - *Not a management system*
 - *Not a certifiable standard*
 - *Not a reporting format*
 - *Not a cook-book with recipes*
 - *Not something one can buy off the shelf*
 - *Not an assurance against failure.*

Fig. 3.1 Wat eco-efficiëntie niet is (WBCSD, 2000).

Efficiëntie kan beslist waardevol zijn als het als instrument wordt geïmplementeerd in een doeltreffend systeem dat is bedoeld om op verschillende gebieden een positief effect te creëren. Efficiëntie is eveneens waardevol als het wordt ingezet als overgangsstrategie om huidige voor het milieu schadelijke systemen zodanig te vertragen dat ze tot verandering kunnen leiden. Steelcase (2001) gebruikt de *Environmental Strategies Scale* als hulpmiddel om praktijkoplossingen in het kader van de algemene vooruitgang in de richting van duurzaamheid te kunnen classificeren.

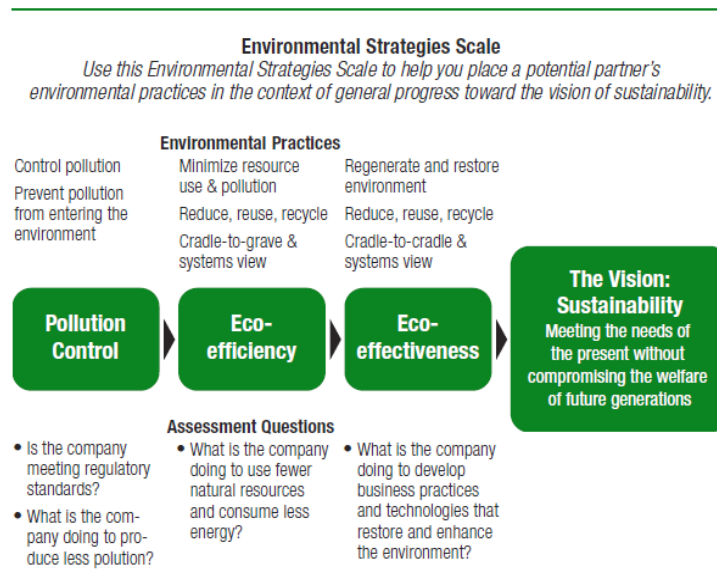


Fig. 3.2. Environmental Strategies Scale (Steelcase, 2001).

3.2 Triple P

In 1994 introduceerde John Elkington de strategie van de *Triple Bottom Line (TBL)*, beter bekend als *People, Planet en Profit (Triple P)*:

- *People*: mensen binnen en buiten de onderneming;
- *Planet*: de gevolgen voor het (leef)milieu;
- *Profit*: de voortbrenging en economische effecten van goederen en diensten.

Daarmee reageerde de auteur op het Brundtland-rapport en het begrip duurzame ontwikkeling. In de ogen van Elkington zouden de ecologische, economische en sociale factoren in directe en evenwichtige relatie tot elkaar moeten worden gebracht om te komen tot een duurzame ontwikkeling. In augustus 2002 werd tijdens een wereldtop op het gebied van duurzame ontwikkeling in Johannesburg de P van *Profit* vervangen door de P van *Prosperity*; van winst naar welvaart.

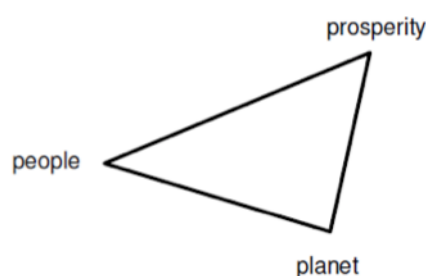


Fig. 3.3. De samenhang van People, Planet, Profit / Prosperity (Elkington, 1994).

Duurzame ontwikkeling is, volgens Elkington, een vaag concept dat vaak onjuist wordt geïnterpreteerd. De *Triple P* focust op economische groei, ecologische kwaliteiten en, de term die tijdens *Earth Summit* volgens Elkington deels over het hoofd werd gezien, sociale rechtvaardigheid. Geen van deze termen zijn nieuw in de duurzame ontwikkeling. In *Our Common Future* staat namelijk duidelijk dat de factor sociale rechtvaardigheid opgenomen is in de duurzaamheidsagenda (WCED, 1987). Gedurende het verdrag van Rio de Janeiro bleek weinig duidelijk over de logica van deze drie factoren naar een duurzame ontwikkeling (Johnson, 1993). De bedrijven die sinds de *Earth Summit* het verdrag in de praktijk brengen, richten zich op efficiënte bedrijfshandelingen en gereduceerde onkosten. De onderliggende boodschap van eco-efficiëntie verzekert, volgens Elkington, nooit een volledige duurzame ontwikkeling (Elkington, 1998).

3.3 Definiëring van het begrip Eco-Effectiviteit

Uit bezorgdheid over het gebrek aan compleetheit van het begrip eco-efficiëntie zijn William McDonough en Michael Braungart met een reactie gekomen. Zij introduceerden in 2002 het begrip eco-effectiviteit. Eco-efficiëntie vertraagt de milieuverontreiniging en de uitputting van natuurlijke bronnen. Met een eco-efficiënte benadering kan het gebruik van bijvoorbeeld fossiele brandstoffen worden geminimaliseerd, maar het verbruik van fossiele brandstoffen zal daarmee nooit worden geëlimineerd. Om een probleem volledig op te lossen is hiervoor een ander paradigma vereist. Door problemen slechts te reduceren zal het gehele probleem niet worden opgelost en beperkt dit in handelingsvrijheden en groeimogelijkheden. Eco-effectiviteit is gebaseerd op een cyclische benadering waarbij de gebruikte materialen op zodanige wijze worden toegepast in nieuwe producten, processen en objecten, dat ze voor 100% weer kunnen worden hergebruikt of gerecycled en waarbij de energie voor alle activiteiten hernieuwbare energie moet zijn. Met eco-effectiviteit ontstaan geen nadelige effecten op het gebied van duurzaamheid.

Eco-effectiviteit is door diverse bedrijven opgepakt. In tabel 3.2 worden van enkele bedrijven de definities van (eco-)effectiviteit gegeven:

Tabel 3.2. Definities Eco-Effectiviteit.

Bron	Definitie
Van Dale woordenboek	ef·fec·tief bn, bw 1 werkelijk; (Belg, jur) onvoorwaardelijk: drie jaar ~ 2 doeltreffend.
<i>Oxford References</i>	effective adjective; 1 successful in producing a desired or intended result : effective solutions to environmental problems. • (esp. of a law or policy) operative : the agreements will be effective from November. 2 [attrib.] fulfilling a specified function in fact, though not formally acknowledged as such : the companies were under effective Soviet control. • assessed according to actual rather than face value : an effective price of \$176 million. • impressive; striking : an effective finale.
<i>Steelcase</i>	All the products and materials manufactured by industry must after each useful life provide nourishment for something new.
<i>Van Gansewinkel</i>	Eco-Efficiëntie gaat over minder slecht doen, dus minder vervuilen. Maar minder slecht is niet noodzakelijk goed! Cradle to Cradle® gaat over eco-effectiviteit en dus goed doen, zoals helemaal niet vervuilen. Dit zonder in te boeten op economische, ecologische en maatschappelijke waarde.
<i>DSM</i>	Cradle to Cradle® draait om eco-effectiviteit. Efficiency is een prachtig middel om systemen te optimaliseren – maar dan moet zo'n systeem eerst effectief zijn, en dan pas geoptimaliseerd worden, anders krijg je perfect geoptimaliseerde maar verkeerde (destructieve) systemen.
<i>Océ</i>	Met de term eco-effectief geeft Océ aan dat het bedrijf uiteindelijk wil komen tot een gesloten circuit voor industriële producten. De gebruikte materialen moeten op een zodanige manier ontwikkeld worden dat ze voor 100% kunnen worden hergebruikt of gerecycled en de energie voor alle activiteiten moet duurzame energie zijn. Op de weg daarheen werkt Océ aan eco-efficiency. Met deze term geeft Océ aan dat het onwenselijke effecten van de producten op het milieu wil minimaliseren.
<i>Shaw</i>	We are committed to being an industry leader in creating eco-effective ways

	<i>to produce carpet – it's the right thing to do for our business and the environment. Through eco-effective technology, we will continuously redesign our products, our processes and our corporation.</i>
<i>Desso</i>	<i>At DESSO all polypropylene waste is recycled back into other industrial processes.</i>
<i>E-commerce</i>	<i>It leads to an industry which is regenerative and not destroying, which means products shall be reused rather than thrown away (recycling).</i>
<i>Herman Miller</i>	<i>Eco-effectiveness is modeled on nature, where nothing goes to waste. One organism's waste is another's food. Because the "take-use-dispose" (or cradle to grave") approach to products has been predominant, most products and the processes used to create them have not been designed with end-of-life considerations in mind.</i>
<i>Giancarlo Barbiroli</i>	<i>Eco-effectiveness is the degree of natural resources rational utilization in any economy, that can be measured through a loss function that measures the distance between the real state (material and energy intensity to GDP or per-capita) and the ideal state (or state of Bliss).</i>

Om effect te bereiken op het gebied van duurzaamheid is een eco-effectieve aanpak essentieel om op verschillende gebieden een positief effect te bereiken. In een doeltreffend systeem kan een mate van eco-efficiëntie ook beslist waardevol zijn. Ook kan eco-efficiëntie waardevol zijn als overgangsstrategie naar een doeltreffend systeem.

3.4 Triple E

Geïnspireerd door de *Triple P* benadering van Elkington, introduceerden Braungart en McDonough (2002) de strategie van de *Triple Top Line (TTL)*, beter bekend als *Economy, Ecology and Equity (Triple E)*.

- *Economy*: de voortbrenging en economische effecten van goederen en diensten;
- *Ecology*: het (leef)milieu;
- *Equity*: gelijkwaardigheid tussen mensen, dieren en planten;

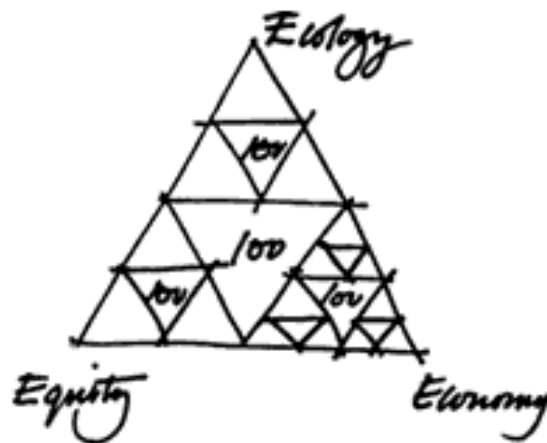


Fig. 3.4. Ecology, Economy and Equity (EEE) fractal (Braungart, 2007).

Beide benaderingen brengen ecologische, economische en sociale factoren in directe en evenwichtige relatie tot elkaar. Een belangrijk verschil tussen beide benaderingen zit in de begrippen *People* en *Equity*. Met de *Triple E* strategie gaat het niet alleen om de mens, maar om gelijkwaardigheid tussen mensen, planten en dieren.

Duurzame ontwikkeling is, volgens Braungart en McDonough, een concept dat in de huidige situatie vanuit de strategie van eco-efficiëntie wordt geïnterpreteerd. De boodschap van eco-efficiëntie verzekert, ook volgens Braungart en McDonough, nooit een volledige duurzame ontwikkeling. Als reactie hierop hebben zij in 2002 het begrip eco-effectiviteit geïntroduceerd. De TTL-benadering, met de bovenstaande *fractal*, streeft een ontwikkeling na zonder schadelijke effecten voor het milieu (Braungart & McDonough, 2006).

4 Cradle to Cradle®: uitgangspunten en ontwerpcriteria

In 2002 is de uitgave van Braungart en McDonough, *Cradle to Cradle® - Remaking the Way We Make Things*, verschenen. In 2006 en 2007 presenteerde VPRO in het programma 'Tegenlicht' op de Nederlandse televisie de documentaire 'Afval is Voedsel', wat in Nederland een golf van reacties teweeg heeft gebracht (Hattum, 2006 & 2007). In 2007 is aansluitend de Nederlandse vertaling van de originele uitgave van Cradle to Cradle® verschenen, genaamd 'Cradle to Cradle®, Afval = Voedsel' (Braungart & McDonough, 2007). In dit hoofdstuk wordt de essentie van de Cradle to Cradle®-benadering weergegeven.

4.1 Uitgangspunt 1: afval = voedsel; alles is een voedingsstof voor iets anders

De natuur werkt volgens continue kringlopen waarin afval niet bestaat. Het cyclische, biologische systeem van wieg tot wieg heeft miljoenen jaren een goed gedijende planeet van een gevarieerde overvloed aan voedsel voorzien. Elk wezen op de planeet maakte er deel van uit, waarin groei goed was. Het evenwichtige natuurlijke systeem van grondstoffen op de planeet is veranderd. Grondstoffen worden uit de aardkorst gehaald en geconcentreerd, veranderd en gesynthetiseerd tot uiteindelijk onbegrensde hoeveelheden afval. Met dit proces gaan kostbare grondstoffen verloren (Cohen, 2007).

Voorbeeld 4.1 Earth natural wealth: an audit

To get a feel for the scale of the problem, we have turned to data from the US Geological Survey's annual reports and UN statistics on global population. This has allowed us to estimate the effect that increases in living standards will have on the time it will take for key minerals to run out. How many years, for instance, would these minerals last if every human on the planet were to consume them at just half the rate of an average US resident today? The calculations are crude - they don't take into account any increase in demand due to new technologies, and also assume that current production equals consumption. Yet even based on these assumptions, they point to some alarming conclusions. Without more recycling, antimony, which is used to make flame retardant materials, will run out in 15 years, silver in 10 and indium in under five. In a more sophisticated analysis, Reller has included the effects of new technologies, and projects how many years we have left for some key metals. He estimates that zinc could be used up by 2037, both indium and hafnium - which is increasingly important in computer chips - could be gone by 2017, and terbium - used to make the green phosphors in fluorescent light bulbs - could run out before 2012. It all puts our present rate of consumption into frightening perspective (zie figuur 4.1) (Cohen, 2007).

De afname van voorradige grondstoffen op wereldniveau is zorgwekkend. Volgens schattingen van de Europese Commissie (2010), kan de vraag naar grondstoffen in de komende twintig jaar meer dan verdriedubbelen. Bijkomend is het feit dat de meeste grondstoffen slechts in een beperkt aantal landen te vinden zijn, zoals grafiet in China, kobalt in Congo en lithium in Chili. Kobalt en lithium zijn bijvoorbeeld onontbeerlijk voor de huidige elektrische auto's. Bij een explosieve stijging van de vraag naar lithium kan de voorraad over ruim 40 jaar zijn uitgeput. De lithiumschaarste hangt daarbij tevens af van de afhankelijkheid van de exporterende landen. Van het hoogglanzende metaal indium, dat een bijproduct is van lood en zink, wordt jaarlijks circa 568 ton verwerkt in zonnepanelen en LCD schermen. Over twintig jaar kan dat meer dan 1.700 ton zijn, het drievoudige van wat er nu elk jaar uit mijnen wordt gewonnen. Het metaal indium kan met een groei in consumptie in 14 jaar zijn uitgeput. Nikkel, dat onder andere gebruikt wordt voor het maken van rotorbladen van windturbines, zal met een verdere uitbreiding van de vraag over ruim 40 jaar niet meer voorradig zijn. Als de vraag groeit kan de bron hafnium, dat onder andere wordt gebruikt voor de productie van computerchips, in minder dan 10 jaar zijn uitgeput (Cohen, 2007; Europese Commissie, 2010; Centre for Strategic Studies, 2010). Deze grondstoffen zijn voor de technologische industrie van belang om een transitie naar duurzame toepassingen met de huidige techniek mogelijk te maken.

Met de Cradle to Cradle[®]-benadering worden materiaalstromen in twee cycli verdeeld: een biologische en technologische kringloop. De biologische producten zijn nuttig voor de biosfeer, terwijl technologische materialen nuttig zijn voor de technosfeer.

Technologische producten die volledig aan het einde van hun levenscyclus zijn kunnen met de huidige strategieën en toepassingen niet oneindig worden hergebruikt. Ook al bestaat het product nog uit waardevolle technologische grondstoffen, gebeurt daar niets mee en gaan de grondstoffen verloren als afval (downcycling). Dit komt omdat de producten in een lineair proces niet zijn ontworpen voor oneindig hergebruik (recycling). Sterker nog, industrieën vervaardigen producten met ingebouwde veroudering. Dat wil zeggen dat producten vrijwel exact meegaan tot het moment waarop klanten het product meestal willen vervangen. Idealiter zouden de grondstoffen een bron kunnen vormen voor nieuwe hoogwaardige toepassingen in een cyclisch proces (upcycling).

De hoeveelheid afval is in de laatste decennia fors gestegen (CBS, 2009). Dat is zorgwekkend, maar toch is de hoeveelheid afval en de ruimte die het beslaat niet het grootste probleem van het cradle-to-grave ontwerpen. Van veel grotere zorg zijn de vervuilde, verspilde of verloren gegane grondstoffen. Deze grondstoffen zouden met een Cradle to Cradle[®]-benadering in een technologische- of biologische kringloop kunnen worden opgenomen.

Voorbeeld 4.2

Tussen San Francisco en Hawaï drijft een serie vreemde objecten in de Stille Oceaan, die samen een oppervlakte vormen die minstens zo groot is als Frankrijk, Spanje en Portugal samen. Door de draaiing van de aarde en de passaatwinden komt plastic, wat als zwerfafval achterblijft bij de stranden, samen. Een enorme maalstroom waarmee potentiële grondstoffen verloren gaan, maar die ook de lokale flora en fauna, als vogels en vissen, op een negatieve manier beïnvloeden (Volkskrant, 2008).

Een bijkomende reden waarom de producten niet worden hergebruikt is het feit dat er geen adequate systemen zijn om de grondstoffen terug te winnen. Daar het vaak hybride producten zijn, combinaties van zowel technologische als biologische materialen, die niet kunnen worden gescheiden om uiteindelijk te worden hergebruikt.

Voorbeeld 4.3

Een voorbeeld van vermenging van stromen is het sanitaire afval. Tot de 19^e eeuw dumpten mensen hun sanitaire afval buiten, soms zelfs stroomopwaarts ten opzichte van hun eigen drinkwaterbronnen. Aan het eind van de 19^e eeuw legde men het verband tussen hygiëne en volksgezondheid. Ingenieurs zagen in de afvoer van regenwater naar rivieren via buizen ook een kans voor de afvoer van sanitair afval. Deze oplossing loste het probleem echter ook nog niet op. Door het lozen van het sanitaire afvalwater in rivieren werd de stank ondraaglijk, bijvoorbeeld tijdens de Grote Stank in London in 1858. Uiteindelijk besloot men het regenwater en afvalwater te bundelen en met grote buizen naar grote rioolwaterzuiveringinstallaties te lozen. Op kleine schaal was dit te overzien op basis van microbiële en bacteriële afbraak. Maar door de toename van het afvalwater kon slechts met behulp van chemische behandelingen het proces worden beheerd. In dezelfde periode kwamen nieuwe producten voor huishoudelijk gebruik op de markt, die nooit waren ontworpen met rioolwaterzuiveringinstallaties in gedachten. Hierdoor belandden er zelfs bleekmiddel, chemicaliën, verf en zelfs antibiotica en oestrogenen in het afvalwater! Voeg daar tegenwoordig diverse soorten afval uit de industrie aan toe en er is een zeer complexe combinatie van chemische en biologische stoffen (Braungart & McDonough, 2002).

4.1.1 Continue kringlopen

Het overkoepelende stelsel waarin we leven, bestaat uit twee essentiële onderdelen: massa (de aarde) en energie (de zon). Wat mensen ook maken, het 'verdwijnt' niet, 'weg' is nooit weg.

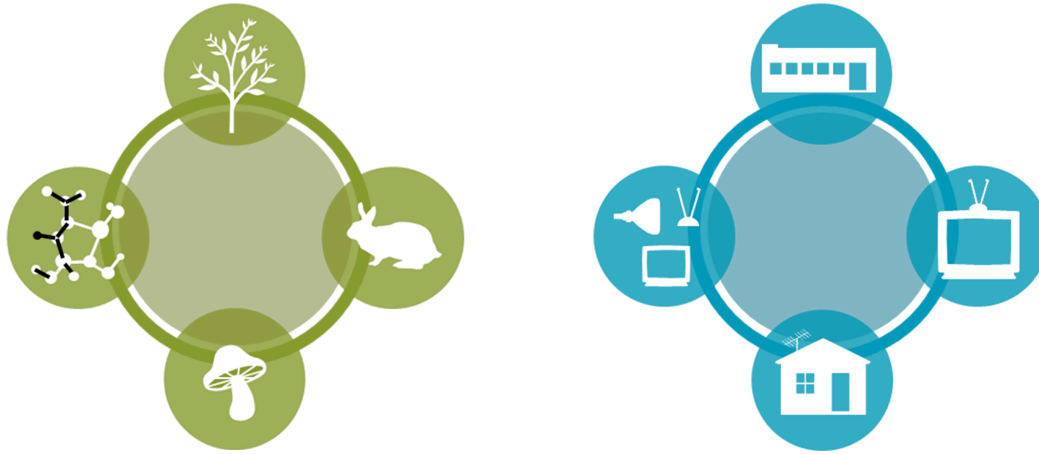


Fig. 4.2. Schematische weergave kringloop in de biosfeer (biologische kringloop) en de technosfeer (technologische kringloop) (Braungart, 2006).

Er bestaan twee afzonderlijke typen kringlopen. De eerste zijn de biologische kringlopen, ofwel de biosfeer, de kringlopen van de natuur. De tweede zijn de technologische kringlopen, ofwel de technosfeer, de kringlopen van de industrie (zie figuur 4.2.). Om te werken in een kringloop zal de natuur moeten worden nagebootst, ook wel bekend als *biomimicry*. Het afvalconcept elimineren betekent dat objecten en producten vanaf het eerste begin ontworpen worden vanuit het principe dat de gebruikte materialen uiteindelijk niet mogen komen op de afvalhoop. Het gaat dan niet meer over *downcycling* maar over *recycling* of *upcycling*, waar grondstof- en materiaalkwaliteiten minimaal blijven behouden of zelfs kunnen worden verbeterd.

4.2 Uitgangspunt 2: Benut de zon; gebruik volledig hernieuwbare energie

Diversiteit maakt een ecosysteem veerkrachtiger, waardoor het beter in staat is om goed op veranderingen te reageren. Door decentraal de energievoorziening op te wekken ontstaat ook een stabiel systeem met meer veerkracht. Kerncentrales en andere grootschalige energieleveranciers verstoren vaak het omringende ecosysteem en geven enorme hoeveelheden warmte-energie af die niet worden benut. Waarom afhankelijk willen blijven van grootschalige nutsbedrijven die de energieprijzen bij piekbelasting extreem hoog houden? Waarom niet-hernieuwbare energiebronnen als gas, steenkool en olie verbruiken en uitputten? Bronnen die met het huidige consumptiepatroon op korte termijn verloren gaan.

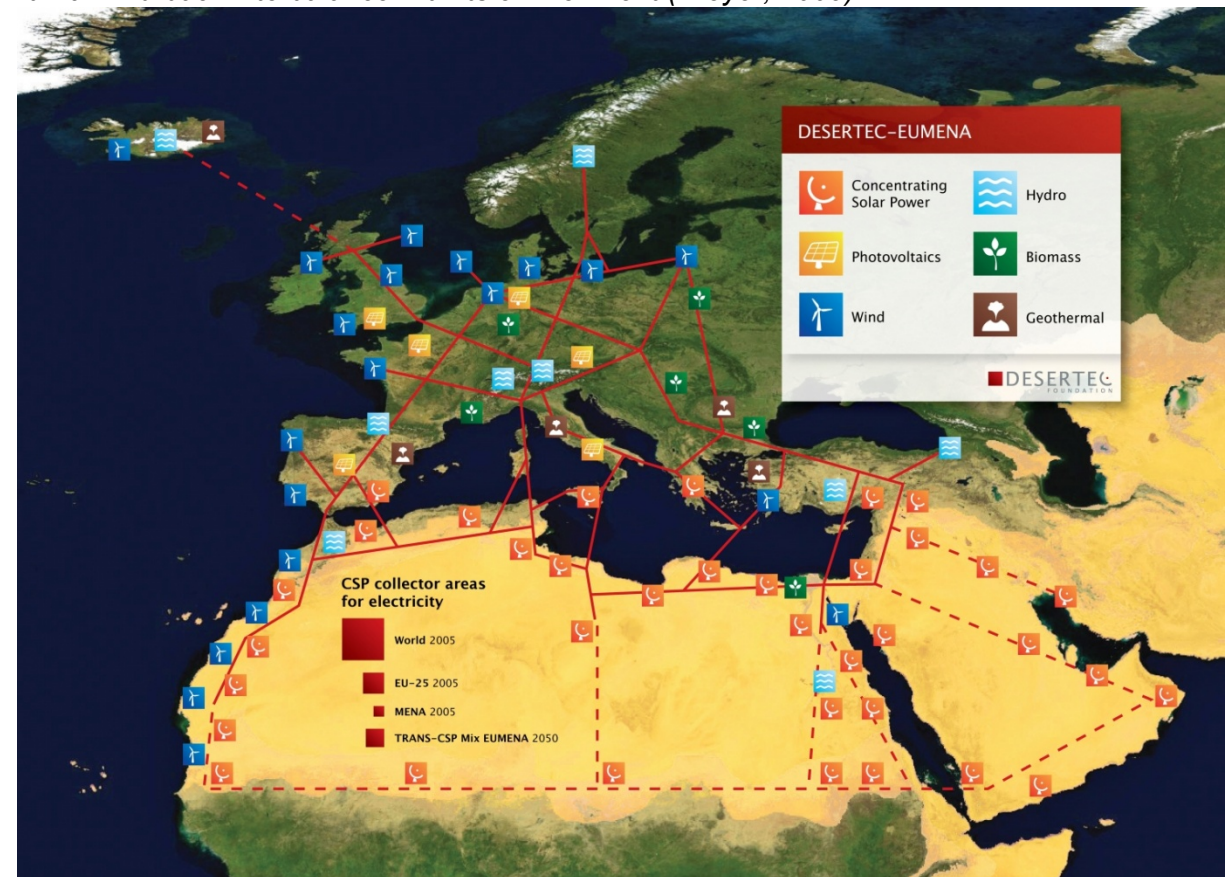
In de Cradle to Cradle[®]-zienswijze zou men zoveel mogelijk gebruik moeten maken van hernieuwbare energievoorzieningen op basis van onuitputbare bronnen (zoals water, wind, zon en geothermie). Ook wordt aanbevolen om de vrijkomende afvalwarmte als energiebron in te zetten. Dat levert veel gemak en financieel voordeel op.

Hernieuwbare energiebronnen hebben de potentie om duizenden malen meer energie te leveren dan het huidige verbruik op aarde (Breyer, 2009). Hierin kan worden voorzien met lokale energiebronnen, bijvoorbeeld op niveau van een woning, maar ook op landelijk niveau. Onderzoeken hebben aangetoond dat bij een samenwerking tussen Afrikaanse en Europese landen in het Desertec-model (zie voorbeeld 4.4) een totale oppervlakte van 280x280 kilometer voldoende zou zijn om negentig procent van de aarde te voorzien in de huidige energievraag (Breyer, 2009). Dit biedt voldoende mogelijkheden om onafhankelijk te worden van niet-hernieuwbare energiebronnen.

Voorbeeld 4.4

Global energy supply potential of concentrating solar power (Desertec Model)

Based on global datasets for direct normal irradiance and population density the energy supply potential of concentrating solar power (CSP) was estimated. There are clear indications that 90% of world population connectable per grid to deserts could be supplied only by CSP via high voltage direct current (HVDC) power lines not longer than 3,000 km. Less than 0.4% and 2.8% of the electricity potential of worldwide potential CSP areas would be required for electric and non-electric energy needs, respectively, on the today's European energy consumption level. Therefore, only a small fraction of 0.4% to 2.8% of global CSP energy supply potential would be needed to cover global energy demand. In reality an even smaller fraction will be needed due to the energy supply contribution of all locally installed renewable energy technologies and energy efficiency improvements. The DESERTEC concept for the EUMENA region is close to become a real interregional project for energy, water and climate security and might act as a blueprint for other regions in the world, to bring humankind back into balance with its environment (Breyer, 2009).



4.3 Uitgangspunt 3: Geniet van diversiteit; soorten, cultureel en innovatief

De vitaliteit van ecosystemen is afhankelijk van relaties tussen soorten, hun gebruik en de uitwisseling van materialen en energie op een bepaalde plek. In een setting met voldoende verscheidenheid betekent diversiteit kracht en monocultuur zwakte. Diversiteit betekent een gezonde en veilige omgeving, een *healthy and healing environment*. Maar als de diversiteit afneemt, wordt het ecosysteem minder stabiel. Hoe meer diversiteit er is, hoe meer productieve functies er worden uitgevoerd, zowel voor het ecosysteem als voor de planeet. In een ecosysteem is elke inwoner in meer of mindere mate afhankelijk van de andere. Sommige mensen, zoals aanhangers van het Gaia-principe van James Lovelock (1978; 2000), beschouwen de wereld zelfs als één reusachtig organisme.

Biodiversiteit is immers één aspect van diversiteit. Omgevingen die diversiteit respecteren, werken met lokale soorten, materialen en energiestromen en met lokale culturele, sociale, ecologische en economische krachten en innovatie.

4.4 Cradle to Cradle®-ontwerpcriteria

Op basis van de Cradle to Cradle®-benadering en de creatie van een dual kringlooppincipe, kunnen er voor het creëren van nieuwe producten, processen en objecten ontwerpcriteria worden afgeleid. De navolgende tien ontwerpcriteria worden in dit verband als cruciaal gezien (vrij naar Agentschap NL, 2010):

1. Ontwerp alle producten, processen en objecten zodanig dat na gebruik alle materialen volledig hergebruikt kunnen worden in een biologische of technologische kringloop. Voorkom daarbij hybride materiaalstromen die zeer moeilijk te scheiden zijn. Definieer de materialen en het bijbehorende beoogde gebruikspad.
2. Zorg ervoor dat tijdens het productieproces en tijdens de gebruiksfase van het product of object geen schadelijke dan wel toxische stoffen vrijkomen of zijn verwerkt.
3. Zorg ervoor dat het productieproces en het gebruik van het product of object een toegevoegde waarde creëert voor de stakeholders.
4. Ontwerp vanuit een Triple E (Economy, Ecology and Equity) benadering.
5. Maak gebruik van hernieuwbare energiebronnen zoals zon, wind en (grond)water.
6. Respecteer diversiteit van plaats, soorten, innovatie en cultuur.
7. Bescherm en behoud de kwaliteit van watervoorraden.
8. Laat het productieproces plaatsvinden op een sociaal verantwoorde wijze. Dit wil zeggen geen kinderarbeid, geen gedwongen arbeid, geen ongezonde werkplekken, geen discriminatie en in vrijheid van vereniging.
9. Ga voor het productieproces uit van een lokale insteek.
10. Maak intenties inzichtelijk en vertaal deze naar meetbare doelstellingen. Om te komen tot concrete doelstellingen is het mogelijk mijlpalen op te nemen in een uit te zetten roadmap.

A Cradle to Cradle® building adds value and celebrates innovation and enjoyment by; measurably enhancing the quality of materials, biodiversity, air and water; using current solar income; being deconstructable and recyclable, and performing diverse practical and life enhancing functions for its stakeholders.

–Douglas Mulhall, Congres Cradle to Cradle® 2.0 Apeldoorn.

5 Cradle to Cradle®: oude wijn in nieuwe zakken?

Vanuit zowel de wetenschappelijke wereld als de praktijk is een veelvuldig gehoord kritiekpunt op de Cradle to Cradle®-benadering dat het om 'oude wijn in nieuwe zakken' gaat. In dit hoofdstuk worden de voorlopers van de binnen de Cradle to Cradle®-benadering geformuleerde uitgangspunten besproken. Duidelijk wordt dat de Cradle to Cradle®-uitgangspunten inderdaad niet kunnen worden aangemerkt als nieuw, maar dat het gaat om een synthese van al eerder beschreven en toegepaste concepten en zienswijzen op het gebied van duurzaamheid.

5.1 Uitgangspunt 1: Afval = Voedsel; alles is een voedingsstof voor iets anders

Een voorloper van het denken in kringlopen is Industrial Ecology (IE):

...In so doing, the now conventional cradle-to-grave approach to product design, development and analysis is replaced by a renewing cycle of Cradle to Cradle® analysis, transforming the industrial capitalism model for linear thinking to a closed loop system. This thinking resonates with early principles put forward by proponents of Industrial Ecology and Natural Capitalism (Young, 2006).

Het belangrijkste doel van *Industrial Ecology* is het elimineren van het begrip afval, waarbij afval gezien wordt als onbruikbare en waardeloze materialen. In de natuur wordt niets weggegooid, maar worden alle materialen hergebruikt, met grote efficiëntie en effectiviteit (Graedel, 1995). Graedel en Allenby stellen hiertoe een industrieel en biologisch metabolisme voor, waarbij beide metabolismen zoveel mogelijk gescheiden van elkaar moeten zijn (zie figuur 5.1.).

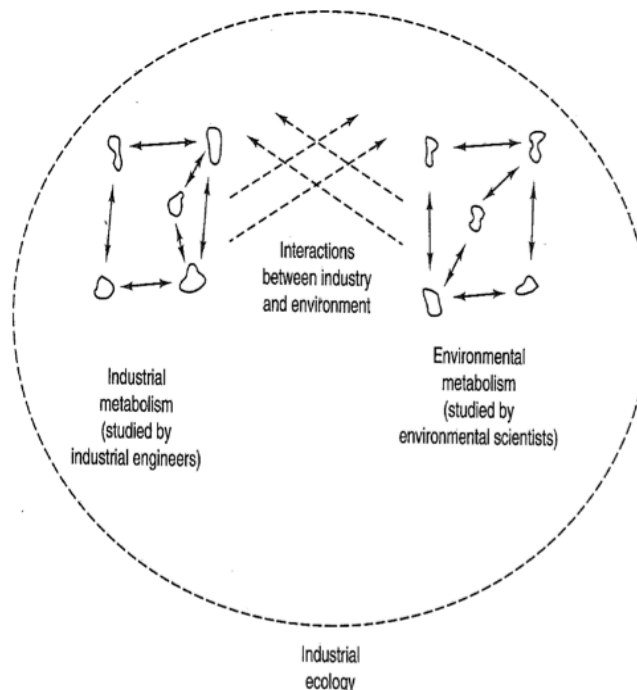


Fig. 5.1. De elementen van Industrial Ecology, Industrial metabolism en Environmental metabolism (Graedel, 1995).

De auteurs definiëren het begrip ecologie als *'the scientific study of the interactions that determine the distribution and abundance of organisms'*. Type III in figuur 5.2. is volgens

Industrial Ecology de optimale situatie, waar alleen de zon als externe bron wordt benut. Bij Type I & II worden externe bronnen omgezet tot een, al dan niet geminimaliseerde, hoeveelheid afval.

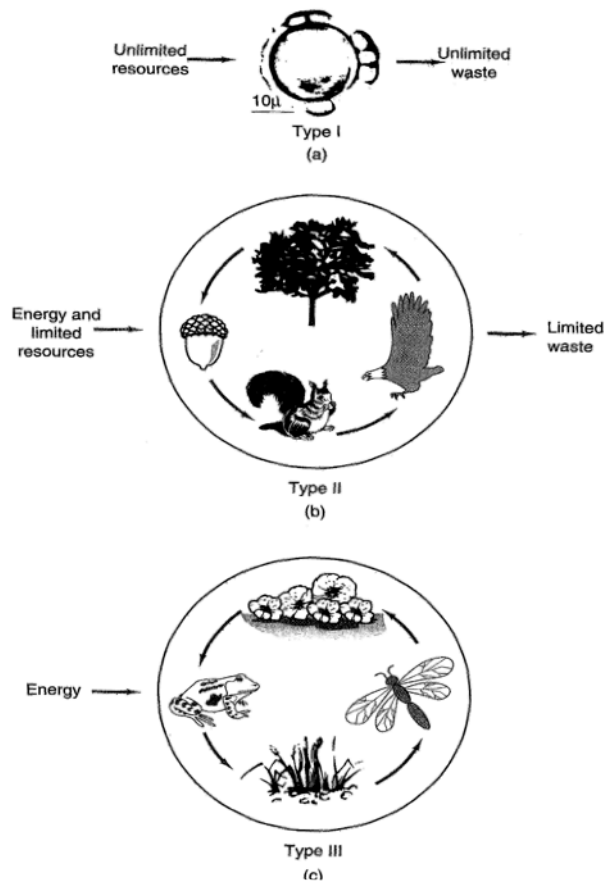


Fig. 5.2. (a) Lineaire materialenstroom. (b) Quasi cyclische materialenstroom. (c) Cyclische materialenstroom (Graedel, 1995).

Het conceptueel model van *Industrial Ecology* ontstaat naar aanleiding van het artikel *Strategies for Manufacturing* in de *Scientific American* door Robert Frosch en Nicholas Gallopoulos in 1989. Het artikel kende als ondertitel: *Waste from one industrial process can serve as the raw materials for another, thereby reducing the impact of industry on the environment.*

De auteurs zien het systeem als volgt: *...The traditional model of industrial activity should be transformed into a more integrated model: an industrial ecosystem. In such a system the consumption of energy and materials is optimized, waste generation is minimized and the effluents of one process serve as the raw material for another process* (Frosch, 1989).

Op het moment dat de ontwerpers de eindsituatie van het product niet in ogenschouw nemen, kan het product zo gecompliceerd, arbeidsintensief of gevaarlijk bij demontage/hergebruik zijn dat het automatisch afval wordt (Harper & Graedel, 2003).

Anderen zien de natuur als grootste voorbeeld, waarin afval niet bestaat. Benyus geeft in haar boek *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* aan dat er in de natuur meer te ontdekken is dan uit te vinden.

Biomimics are fascinating people, working at the edges of their disciplines, in the fertile crests between intellectual habitats. Where ecology meets agriculture, medicine, materials science, energy, computing and commerce they are learning that there is more to discover than to invent. They know that nature, imaginative by necessity, has already solved the problems we are struggling to solve. Our challenge is to take these time-tested ideas and echo them in our own lives (Benyus, 1997).

5.2 Uitgangspunt 2: Benut de zon; gebruik volledig hernieuwbare energie

In 1839 ontdekte Edmond Becquerel dat metaalplaatjes in een geleidende vloeistof onder belichting een spanning en een stroom leveren: het fotovoltaïsch effect. Op basis van dit door Becquerel ontdekte fenomeen, ontwikkelde Charles Fritts in 1883 de eerste echte zonnecel, met een rendement van 1 procent. In 1941 kwam de eerste 'moderne' zonnecel op de markt, ontwikkeld door Russell Ohl. Deze zonnecel had in 1954 nog maar een rendement van 4% (ECN, g.d.). Na de eerste oliecrisis in de jaren '70, van de vorige eeuw, heeft het onderzoek naar de mogelijkheden om het rendement van zonnecellen aanzienlijk te verhogen en hiermee de commerciële applicatie van zonnecellen mogelijk te maken een enorme vlucht genomen (Weingart, 1974). Recent maakten onderzoekers van het Duitse Fraunhofer instituut voor zonne-energie bekend dat ze een zonnecel hadden ontwikkeld met een rendement van 41,1% (Guter et al, 2009).

De potentie van hernieuwbare zonne-energie is door Gommans (2009) onderzocht ten opzichte van de huidige energieconsumptie. In figuur 5.3 vormt de buitenste kubus de totale ingestraalde energie per jaar op aarde. Tevens is aangetoond dat jaarlijks 90 procent van de wereldbevolking in principe zou kunnen worden voorzien van geconcentreerde zonne-energie met een totaal oppervlaktegebruik van 280x280 kilometer (Breyer, 2009; Gommans, 2009; Labyrinth, 2010). De potentie van de zon als een op wereldschaal toepasbare hernieuwbare bron van energievoorziening is daarmee aangetoond.

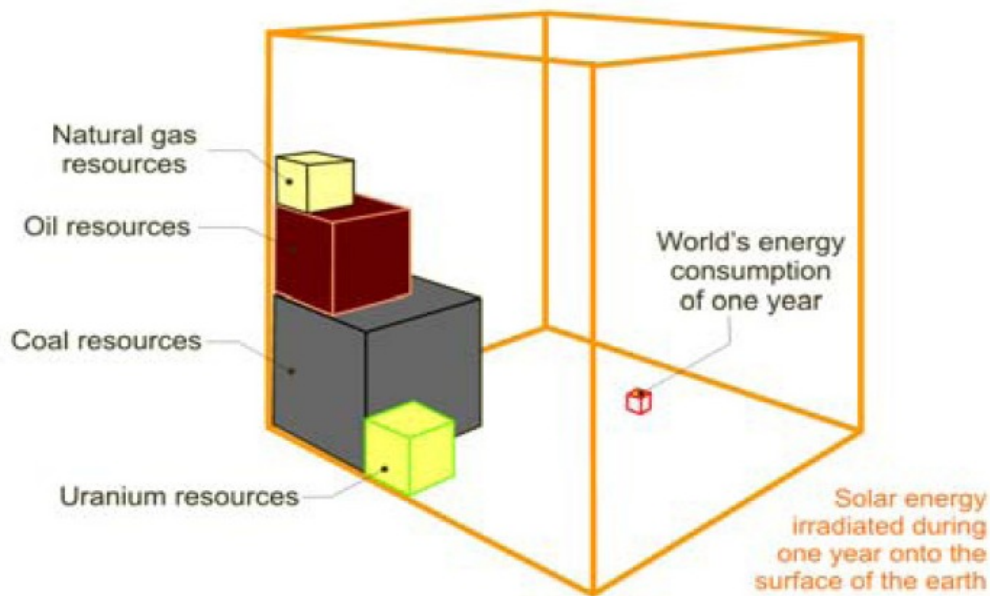


Fig. 5.3. Jaarlijkse energieconsumptie in relatie tot alle fossiele brandstoffen en inval van zonne-energie op de aarde (Gommans, 2009).

5.3 Uitgangspunt 3: Geniet van diversiteit; soorten, cultureel en innovatief

Paul Hawken (1992) beschrijft biodiversiteit in zijn boek *The Ecology of Commerce*, waarin hij biodiversiteit ziet als de bron van alle welvaart. De auteur voorspelt ook dat in de komende 20 jaar na het verschijnen van het boek er vele soorten gaan verdwijnen als de mens op dezelfde voet blijft omgaan met de natuur.

In 1992 is in Rio de Janeiro het biodiversiteitsverdrag getekend. Het doel van het biodiversiteitsverdrag wordt als volgt beschreven: *the objectives of this Convention, to be pursued in accordance with its relevant provisions, are the conservation of biological diversity, the sustainable use of its components and the fair and equitable sharing of the benefits arising out of the utilization of genetic resources, including by appropriate access to genetic resources and by appropriate transfer of relevant Technologies, taking into account all rights over those resources and to Technologies, and by appropriate funding* (Johnson, 1993).

Biodiversiteit is echter één aspect van diversiteit (zie ook figuur 5.4.). Industrieën en bevolking die diversiteit respecteren, werken met lokale materialen en energiestromen en met lokale maatschappelijke, culturele en economische krachten (Braungart & McDonough, 2002).

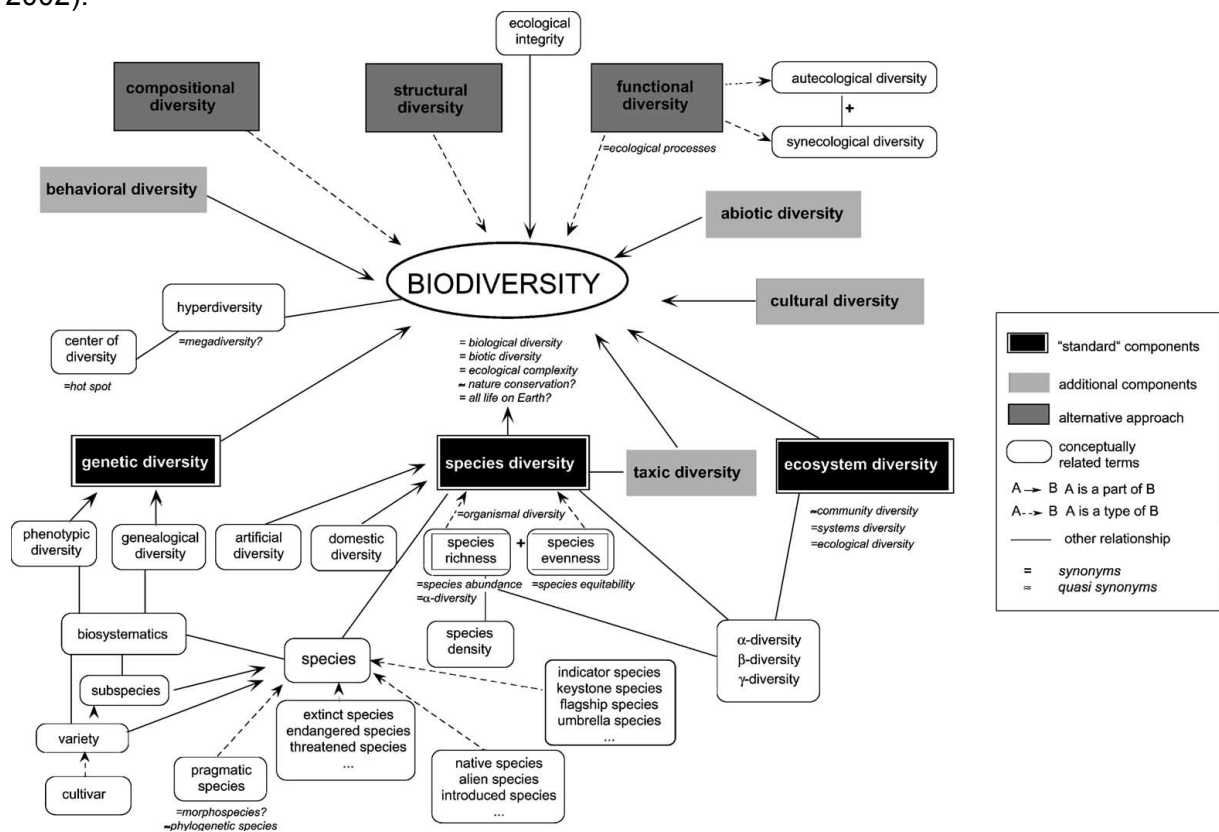


Fig. 5.4. Domein van biodiversiteit op basis van 125 tekstdocumenten. Het concept biodiversiteit wordt door auteurs gevarieerd gedefinieerd (Duelli & Obrist, 2003).

6 Beleid ter stimulering van duurzame ontwikkeling

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van het door de Verenigde Naties, de Europese Unie en de Nederlandse overheid ontwikkelde en vigerende beleid op het gebied van duurzame ontwikkeling. Ook zullen de bijbehorende doelen van voorhanden instrumenten voor het vigerende beleid worden besproken.

6.1 Strategieën voor het bereiken van duurzame ontwikkeling

6.1.1 Door de Verenigde Naties bewerkstelligde mondiale strategie

In 1992 werd onder verantwoordelijkheid van de Verenigde Naties tijdens de *Earth Summit* in Rio de Janeiro het eerste klimaatverdrag afgesloten. Doel van het verdrag is om de emissies van broeikasgassen te reduceren en daarmee ongewenste gevolgen van klimaatverandering te voorkomen. Het klimaatverdrag trad in werking op 21 maart 1994. Sinds die tijd hebben 192 landen, waaronder Nederland, het verdrag ondertekend en bekrachtigd. *Agenda 21* is een uitvoerig actieplan ter uitvoering van het in Rio de Janeiro afgesloten klimaatverdrag. Dit actieplan moet worden nageleefd door alle landen die het klimaatverdrag van Rio de Janeiro hebben ondertekend. Het getal 21 in *Agenda 21* verwijst naar de 21^e eeuw.

Verenigde Naties: Agenda 21

Agenda 21 addresses the pressing problems of today and also aims at preparing the world for the challenges of the next century. The developmental and environmental objectives of Agenda 21 will require a substantial flow of new and additional financial resources to developing countries, in order to cover the incremental costs for the actions they have to undertake to deal with global environmental problems and to accelerate sustainable development. Financial resources are also required for strengthening the capacity of international institutions for the implementation of Agenda 21. An indicative order-of-magnitude assessment of costs is included in each of the program areas. This assessment will need to be examined and refined by the relevant implementing agencies and organizations.

The program areas that constitute Agenda 21 are described in terms of the basis for action, objectives, activities and means of implementation. Agenda 21 is a dynamic program. It will be carried out by the various actors according to the different situations, capacities and priorities of countries and regions in full respect of all the principles contained in the Rio Declaration on Environment and Development. It could evolve over time in the light of changing needs and circumstances. This process marks the beginning of a new global partnership for sustainable development (Verenigde Naties, 1994).

Het belangrijkste besluitvormende orgaan binnen het kader van het gesloten klimaatverdrag is de *Conference of Parties* (COP). Alle partijen die het klimaatverdrag hebben ondertekend, overleggen jaarlijks over de voortgang van de gemaakte afspraken. De COP is verantwoordelijk voor het op stoom houden van de internationale activiteiten om de ongewenste gevolgen van klimaatverandering te voorkomen. Een belangrijke taak van de COP is om de rapportages van de partijen over de voortgang van de implementatie van de gemaakte afspraken te laten beoordelen door een groep van onafhankelijke experts. Tijdens de in 1997 in Japan gehouden COP werd het zogenaamde *Kyoto protocol* overeengekomen. Binnen het kader van dit Kyoto protocol is afgesproken om de uitstoot van broeikasgassen - o.a. koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en een aantal fluorverbindingen (CFK's, PFK's en zwavelhexafluoride (SF₆)) - in de periode 2008-2012 met gemiddeld 5,2% te verminderen ten opzichte van het niveau in 1990. De reductiepercentages verschillen van land tot land, economisch zwakkere landen krijgen lagere reductiepercentages.

6.1.2 Strategie voor het bereiken van duurzame ontwikkeling door de Europese Unie

Het in 1992 in Rio de Janeiro gesloten klimaatverdrag is door de Europese Unie volledig onderschreven. Met het Verdrag van Amsterdam, dat in 1997 werd ondertekend, werd duurzame ontwikkeling een van de kerndoelstellingen van de Europese Unie. In 2001 keurde de Europese Unie in Göteborg haar eigen strategie voor duurzame ontwikkeling goed. Tijdens de in Göteborg gehouden Europese Raad werd in 2001 een milieudimensie toegevoegd aan de door de Europese Raad in Lissabon afgesproken strategie voor werkgelegenheid, economische hervorming en sociale samenhang. De strategie voorziet in een jaarlijkse evaluatie tijdens de Europese voorjaarstoppen. De te evalueren acties gericht op duurzame ontwikkeling bevatten aandachtspunten voor klimaat, energie, transport, consumptie en productie, natuurlijke hulpbronnen, volksgezondheid, sociale insluiting, demografische ontwikkeling, migratie en armoede.

European Union: Strategy of Sustainable Development

This strategy provides an EU-wide policy framework to deliver sustainable development, i.e. to meet the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. Member States must draw up national strategies and regularly review progress accomplished. They must carry out impact assessment before adopting their policies or committing public funds. All the instruments available to the public authorities must be used to contribute to sustainable development. This includes regulations, but also incentives or market based instruments. The Commission evaluates the implementation of the strategy once every two years on the basis of sustainable development indicators that it has adopted and, where necessary, updated. This evaluation forms the basis of another, carried out once every two years by the December European Council. Other bodies and institutions also examine what has been achieved and establish links with Member States and the public if required. The strategy must also be comprehensively reviewed at the beginning of each new Commission's term of office (European Union, 2001).

6.1.3 Strategie voor het bereiken van duurzame ontwikkeling in Nederland

In Nederland is op basis van de strategie van de Europese Unie door het kabinet Balkenende IV het beleidsprogramma 'Duurzaam moet je doen' vastgesteld.

Nederland: Duurzaam moet je doen! (Beleidsprogramma Balkenende IV)

Duurzame ontwikkeling vraagt om een samenhangende inzet op de ontwikkeling van economie, sociale ontwikkeling en een zorgvuldige omgang met de aarde. Duurzame ontwikkeling staat ook voor rekening houden met de ontwikkelingen op de langere termijn en de gevolgen van ons handelen daarop. Veel maatschappelijke opgaven vragen om een 'duurzame aanpak' en voor elke beleidsinzet leidt dit tot een specifieke uitdaging. Het kabinet heeft met de uitwerking van het beleidsprogramma invulling gegeven aan de ambitie om een flinke stap te zetten op de weg van de duurzame ontwikkeling. Een innovatieve economie, de kwaliteit van de leefomgeving, de sociale participatie en samenhang, een goed functionerende rechtsstaat en bestuur, in Nederland en in het buitenland, vormen samen de dragers van duurzame ontwikkeling. Het kabinet zal deze samenhang bij de uitvoering van het beleidsprogramma bewaken en periodiek rapporteren over wapenfeiten.

Naast deze vertaling van duurzaamheid in het beleid zal ook de bedrijfsvoering van de overheid zelf duurzamer worden. Het gaat hierbij niet alleen om Duurzaam Inkopen, maar bijvoorbeeld ook om energiebesparing, mobiliteitsbeleid van werknemers, duurzaam bouwen en een evenwichtig personeelsbeleid gericht op diversiteit en tegen discriminatie en uitsluiting op de arbeidsmarkt (Ministerie van VROM, 2008).

In het in oktober 2010 gesloten regeerakkoord tussen VVD en CDA, zijn de Europese doelen voor een duurzame energievoorziening als leidend geformuleerd. Dit betekent 20% CO₂-reductie en 14% duurzame energie. Om de CO₂-reductie te realiseren en minder afhankelijk te worden bij energievoorziening, streeft het nieuwe kabinet naar meer kernenergie. Het nieuwe kabinet beoogt verder een "Green Deal" met de samenleving te sluiten door voortzetting en versterking van de nationale aanpak van energiebesparing. De financiering van duurzame energie zal voortaan gaan conform het Duitse model door een opslag op de energierekening. In Duitsland heeft deze vorm van financiering tot forse stijging van het aandeel van duurzame energie geleid (Rijksoverheid, 2010).

6.2 Doelstellingen voor een duurzame ontwikkeling

Duurzame ontwikkeling kan van strategie ook in concrete doelstellingen worden vertaald. Hoofdzakelijk vertaalt dit zich in doelstellingen betreffende het klimaat, de wijze van energievoorziening, waterconsumptie en mobiliteit. In deze paragraaf wordt ingegaan op de door de Verenigde Naties, de Europese Unie en de in Nederland geformuleerde doelstellingen voor een duurzame ontwikkeling.

6.2.1 Duurzaam Klimaat

De Verenigde Naties

Diverse wetenschappelijke studies hebben aangetoond dat - met een zekerheid van 90% - de uitstoot van broeikasgassen, als gevolg van menselijk handelen, het milieu merkbaar beïnvloedt met klimaatverandering als gevolg (zie o.a. Metz *et al*, 2007). Om deze ongewenste klimaatverandering tegen te gaan zijn er volgens de Verenigde Naties zowel maatregelen nodig om de uitstoot van broeikasgassen terug te dringen (mitigatie), als maatregelen om de gevolgen van het veranderende klimaat op te kunnen vangen (adaptatie).

Het eerder besproken klimaatverdrag *Earth Summit* heeft als doel om de emissies van broeikasgassen te reduceren en daarmee ongewenste gevolgen van klimaatverandering te voorkomen. De concrete doelstelling van het verdrag is het stabiliseren van de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer op een zodanig niveau, dat een bedreigende invloed op het klimaat wordt voorkomen (Johnson, 1993).

De Europese Unie

Vanaf 2001 vormt duurzame ontwikkeling een overkoepelende doelstelling binnen het Europees beleid. In december 2008 hebben de EU-leiders hun goedkeuring gegeven aan een omvangrijk pakket maatregelen om de emissie van broeikasgassen te beperken. Volgens dit plan moet de uitstoot van broeikasgassen in de Europese Unie in 2020 met minstens 20% zijn verminderd ten opzichte van 1990. Voorts moet het aandeel duurzame energie zijn verhoogd tot 20% en moet het totale energieverbruik met 20% zijn verlaagd ten opzichte van de geprojecteerde trend (Europese Unie, g.d.).

De Nederlandse overheid

De Nederlandse overheid zet zich in om de klimaatdoelstellingen in 2020 te bewerkstelligen in de vorm van mitigatie. Op het gebied van waterveiligheid is door de klimaatverandering noodgedwongen gestart met het ophogen van dijken en het verbeteren van afwatering uit steden. Het klimaatbestendig maken van gebouwen blijft daarbij nog achter.

In het werkprogramma 'Schoon en Zuinig' van het kabinet Balkenende IV zijn de concrete beleidsmaatregelen beschreven. Specifiek voor de bebouwde omgeving is de ambitie om in 2020 voor de gehele bebouwde omgeving een forse CO₂-reductie te bewerkstelligen. Dit zal geschieden aan de hand van twee belangrijke pijlers: het behalen van de doelstellingen uit het convenant 'Meer met Minder' en een aanscherping van de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) (CE Delft, 2008).

Zoals eerder gesteld heeft het kabinet Rutte de Europese doelen voor een duurzame energievoorziening onderschreven.

6.2.2 Duurzame Energie

Energie speelt een centrale rol in ons leven. We hebben energie nodig voor ons vervoer, om onze huizen te verwarmen en te koelen en om onze fabrieken, boerderijen en kantoren draaiende te houden. Uit diverse onderzoeken blijkt dat de voorraden fossiele brandstoffen eindig zijn (Gommans, 2009). Bovendien zijn deze fossiele brandstoffen mede verantwoordelijk voor de opwarming van de aarde. Het is dus niet langer vanzelfsprekend dat deze bronnen in onze energiebehoefte voorzien.

De Verenigde Naties

We moeten een geïntegreerd energie- en milieubeleid gaan voeren dat gebaseerd is op duidelijke doelstellingen, zo stellen de Verenigde Naties (Verenigde Naties, 1994). Er zijn echter binnen de VN geen bindende doelstellingen afgesproken op het gebied van energie. Er is zelfs geen entiteit die verantwoordelijk is voor de energieproblematiek. Vandaar dat de *World Summit on Sustainable Development* is opgericht met als doel op grote schaal samenwerking te promoten op gebied van duurzame energieopwekking (Verenigde Naties, 1994). Agenda 21 geldt hierin als drijvende kracht.

De Europese Unie

Meer dan 50% van de energie die de Europese Unie gebruikt, is afkomstig van landen buiten de EU. De EU bereidt zich daarom voor op een toekomstige energieschaarste. Topprioriteit is het klaarmaken van het energienetwerk voor duurzame energiebronnen en efficiënter energiegebruik. Doelstelling voor 2020 is de energiebehoefte voor 20% met hernieuwbare energie te voorzien en het totale energieverbruik met 20% te verlagen (Europese unie, g.d.).

De Nederlandse overheid

De Nederlandse overheid voert het beleid volgens de Trias Energetica (zie kader). De Trias Energetica is ontwikkeld door SenterNovem om in drie stappen klimaat- en energieneutraal te worden (VROM, g.d.).

De Trias Energetica:

- 1: Gebruik zo min mogelijk energie;
- 2: Gebruik duurzame energie, zoals zonne-energie of windenergie;
- 3: Gebruik energie van bronnen die op kunnen raken (aardgas, kolen) zo slim mogelijk.

De eerste stap in de Trias Energetica is het reduceren van het energieverbruik. Door een goed ontwerp kan energie worden bespaard, mede door een goede oriëntatie en isolatie van de bebouwing. De tweede stap in deze benadering is het benutten van hernieuwbare bronnen, energie die niet afkomstig is uit fossiele brandstoffen maar uit schone, onuitputtelijke bronnen zoals zon en wind. De inzet van duurzame energie in Nederland neemt jaarlijks gestaag toe: in 2008 was 3,4 procent van het totale energieverbruik duurzaam, een jaar eerder was dat nog 2,9 procent (CBS, 2006).

De derde stap is het zo slim en efficiënt mogelijk benutten van fossiele, niet-hernieuwbare energiebronnen. De doelstelling van het kabinet is een reductie van het energieverbruik van 2% per jaar met een totaal aandeel duurzame energie van 20% in 2020.

6.2.3 Duurzaam Water

De Verenigde Naties

Tijdens de *Earth Summits* zijn afspraken gemaakt omtrent het water- en sanitatieprogramma. De hoogste prioriteit heeft het voor iedereen beschikbaar stellen van veilig water en het verbeteren van sanitaire voorzieningen. Gedurende de COP-6 in 2000 is het volgende doel gesteld: *'reduce by half the proportion of people without sustainable access to safe drinking water by 2015'*. Gedurende de COP-8 in 2002 is daaraan het volgende doel toegevoegd: *'to halve by 2015, the proportion of people who do not have access to basic sanitation'*. Meer dan 830 miljoen mensen rondom de Aziatische Pacific hadden in 2000 geen toegang tot veilig drinkwater en meer dan 2 miljard mensen konden niet beschikken over sanitaire voorzieningen (Verenigde Naties, 2009).

De Nederlandse overheid

Een belangrijk initiatief van de Nederlandse overheid is het stimuleren van een rationeler en zuiniger gebruik van schoon (drink)water. Het huidige waterverbruik van de gemiddelde Nederlander bedraagt 127,5 liter per dag per persoon. Het percentage van dit waterverbruik dat moet voldoen aan drinkwaterkwaliteit is marginaal ($\pm 3,5$ liter p.p.p.d.). Het overgrote deel van het verbruik zou dus kunnen volstaan met water van mindere kwaliteit. Met hetzelfde doel wordt gestimuleerd het distributie- en wateronttrekkingsysteem te verbeteren en meer hemelwater te benutten voor doeleinden die minder schoon water vereisen.

Een tweede initiatief van de Nederlandse overheid is het "Nationaal Bestuursakkoord Water". Dit akkoord werd noodzakelijk door de veranderende klimatologische omstandigheden, met steeds extremere periodes van droogte en neerslag. Schommelingen in de rivierwaterstanden nemen toe en de zeespiegel stijgt. Het akkoord probeert water niet per definitie weg te pompen (naar rivieren/zee), maar vast te houden of te bergen in het gebied. (VROM, 2003).

6.2.4 Duurzame Mobiliteit

De Verenigde Naties

Een volgend aandachtspunt in het (inter-)nationaal beleid ten aanzien van duurzaamheid heeft betrekking op mobiliteit. Mobiliteit is in ontwikkelde landen de grootste en een van de snelst groeiende eindgebruikers van energie. Efficiënte en effectieve transportsystemen zijn van cruciaal belang voor de toegang tot markten, de werkgelegenheid, het onderwijs en de basisdiensten voor armoedebestrijding. Hiervoor zijn dringend maatregelen noodzakelijk, variërend van de bevordering van een geïntegreerd beleid, versnelde uitfasering van gelode benzine tot de ontwikkeling van partnerschappen op (inter)nationaal niveau (Verenigde Naties, g.d.).

De Europese Unie

Personen en goederen snel, efficiënt en goedkoop vervoeren is onmisbaar voor het streven naar een dynamische economie en maatschappelijke samenhang binnen landen. De vervoersector zorgt binnen de EU, uitgedrukt in bruto binnenlands product (BBP), voor 10% van de welvaart en biedt werk aan meer dan 10 miljoen mensen. De Europese Commissie heeft in 2001 een tienjarenplan voor de transportsector gepresenteerd. In een tussentijdse evaluatie in 2006 werd gesteld dat het accent bij dit actieplan moest liggen op het concurrerend maken van de spoorwegen, de invoering van een havenbeleid, de ontwikkeling van intelligente transportsystemen, de invoering van heffingen voor het gebruik van de infrastructuur, de productie van meer biobrandstoffen en de oplossing van de fileproblemen in steden (Europese Unie, g.d.).

De Nederlandse overheid

De Nederlandse regering heeft in haar beleid een subsidieprogramma gelanceerd voor 'proeftuinen voor duurzame mobiliteit'. Deze subsidieregeling richt zich op een aantal terreinen, zoals het rijden op elektriciteit, hybride, (aard- en) biogas en waterstof. Aandachtspunten voor de projectvoorstellen zijn gebaseerd op begrippen als CO₂-

reductiepotentieel, energiebesparing en transitiepaden. Het eerste tracé is gericht op elektrisch en hybride rijden (Verkeer en Waterstaat, g.d.).

Het kabinet Rutte wil de huidige fiscale stimulering van de aanschaf en het leasen van milieuvriendelijke auto's voortzetten met een meer transparante tariefstelling en toespitsing op absolute milieuprestaties. Een negatief effect op het milieu heeft de in de regeringsplannen van het kabinet Rutte beoogde verhoging van de maximumsnelheid op autosnelwegen van 120 km/h naar 130 km/h. Volgens CE Delft zullen door deze verhoging twee effecten optreden. Auto's gaan per kilometer meer CO₂ uitstoten. Verder zal de auto door deze maatregel aantrekkelijker worden waardoor er op langere termijn meer met de auto gereden wordt. In totaal zal dit naar schatting leiden tot een extra CO₂-uitstoot van 0,3 Mton. Dit is een toename van 1,3% ten opzichte van de huidige emissies door personenauto's. Bij de berekening heeft CE Delft rekening gehouden met het feit dat het alleen om 120 km snelwegen gaat en dat niet altijd mogelijk is om de maximum snelheid te halen (o.a. niet in de spits).

6.3 Nederlandse beleidsinstrumenten voor een duurzame bebouwde omgeving

In Nederland zijn de laatste jaren vanuit de overheid initiatieven gekomen om een duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving te stimuleren. Hiervoor hanteert de overheid meerdere instrumenten. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de veelvuldig toegepaste instrumenten, inclusief het bijbehorende doel dat met de inzet van deze instrumenten wordt nagestreefd.

6.3.1 Energie

Sinds enkele jaren wordt er vanuit de overheid flink ingezet op energiebesparing, zoals in de instrumenten: bouwbesluit, Energieprestatienorm (EPN), Milieu-actieplan (MAP), Regulerende energiebelasting (REB), Energielabel, convenant Duurzaam Bouwen en lokaal klimaatbeleid. Enkele van deze instrumenten zullen hieronder worden besproken.

Via het bouwbesluit worden eisen gesteld aan de minimale energetische kwaliteit van nieuwbouwwoningen. Tot 1995 werden via het bouwbesluit eisen gesteld aan onder meer de minimale warmteweerstand van de gebouwschil (Rc-waarde voor muur, dak, vloer en gevel en U-waarde voor glas). Met ingang van 1995 is de EPN ingevoerd met als voornaamste oogmerk kostenoptimalisatie bij een bepaalde energie prestatie. De aan nieuwbouwwoningen gestelde eisen via het bouwbesluit zijn aangescherpt in 1991. In de EPN staat de energieprestatiecoëfficiënt (hierna EPC) omschreven (Jeeninga, 2002).

Sinds 1 januari 1995 wordt de EPC ingezet binnen het Nederlandse klimaatbeleid. Door energiebesparing, -efficiëntie en toepassing van duurzame energie wordt de verbranding van fossiele brandstoffen beperkt, waarmee de uitstoot van CO₂ wordt verminderd. Vanaf 1 januari 2006 moeten nieuwe woningen voldoen aan een EPC van 0,8, vanaf 2011 zal de EPC naar 0,6 worden verlaagd. Het doel van de EPC is om het energiegebruik van nieuwe woningen en andere gebouwen in 2015 met 50% te reduceren ten opzichte van 2008 (Menkveld, 2002).

In Nederland zijn verkopers en verhuurders van woningen sinds 1 januari 2008 verplicht te beschikken over een 'energieprestatiecertificaat voor woningen en gebouwen', beter bekend als het energielabel. Het energielabel classificeert de energiekwaliteit van woningen. Het energieverbruik van de woning wordt vergeleken met andere soortgelijke woningen, waarna wordt bepaald hoe zuinig of onzuinig de woning is ten opzichte van hetzelfde woningtype en of het voldoet aan de energieprestatienorm (EPN). Het label moedigt aan tot energiebesparing (Meijer, 2009). Woningen met een bouwvergunning die niet ouder zijn dan 10 jaar kunnen in plaats van een energielabel ook een EPC overhandigen.

6.3.2 Materiaal

Voor het in kaart brengen van de invloed van producten en menselijke activiteiten op het gebied van milieu is de levenscyclusanalyse (hierna LCA) ontwikkeld. In de LCA wordt de levenscyclus van een product of activiteit geanalyseerd. Een onderzoek vanaf de winning van grondstoffen, productie en (her)gebruik tot en met afvalverwerking van het product, kortom van de wieg tot het graf. De uitkomst van een levenscyclusanalyse is een 'scorelijst' met milieueffecten en bijbehorende consequenties. De LCA wordt door de doelgroep, van consument tot beleidsmaker, voor diverse doeleinden gebruikt (RIVM, 2010):

- Productvergelijking: welk productalternatief is het milieuvriendelijkst?
- Milieukeurmerk: voldoet een product aan de minimum milieueisen?
- Productontwerp: hoe kan een product zo worden ontworpen dat de milieubelasting gedurende de levenscyclus zo laag mogelijk is?
- Productverbetering: hoe kan de milieubelasting van een product efficiënt worden verminderd?
- Milieubeleid: hoe kunnen beleidsmaatregelen worden uitgevoerd?
- Aanpassing aan de Europese regelgeving: wat moet een bedrijf doen om aan de nieuwe milieuregels te voldoen?

6.3.3 Milieu

Op 1 maart 1993 is in Nederland de 'Hinderwet' vervangen door de Wet Milieubeheer (hierna Wm). Op basis van de Wm worden milieuvergunningen afgegeven. Het oogmerk van de Wm is niet enkel het voorkomen van hinder, maar de bescherming van het milieu. Om te kunnen overstappen naar een duurzaam functionerende samenleving zijn ingrijpende maatschappelijke veranderingen en maatregelen nodig. In het vierde Nationale Milieubeleidsplan (NMP4) staan zeven grote milieuproblemen die tijdig moeten worden aangepakt (SER, 2001):

- Verlies aan biodiversiteit;
- Klimaatverandering;
- Overexploitatie van natuurlijke hulpbronnen;
- Bedreigingen van de gezondheid;
- Bedreigingen van de externe veiligheid;
- Aantasting van de leefomgeving;
- Mogelijke onbeheersbare risico's.

7 Naar een duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving

In de afgelopen decennia zijn er diverse initiatieven geweest gericht tot het realiseren van een duurzame bebouwde omgeving. In dit hoofdstuk worden een aantal belangrijke ontwikkelingen besproken.

7.1 Ontwerpen met aandacht voor zowel de korte- als de lange termijn

De geschiedenis van de bouw leert ons dat transformaties van bebouwing altijd gepaard gaan met sloop en afval. Dit soort traditionele bouwprocessen hebben gevolgen voor alle verwante systemen. De traditionele focus in een bouwproject ligt op de beheersing van drie belangrijke beheersaspecten: kosten, kwaliteit en tijd. Over het algemeen visualiseren architecten, bouwers en ontwikkelaars gebouwen als statische en permanente objecten en houden zij geen of onvoldoende rekening met mogelijke, in de toekomst gewenste, transformaties. In een duurzame ontwikkelingsbenadering zal er naast aandacht voor de op korte termijn te realiseren projectdoelstellingen ook aandacht moeten zijn voor de mogelijk te verwachten effecten op langere termijn. Hierbij spelen aspecten zoals het milieu (emissie en biodiversiteit), het economische klimaat en sociaal-culturele voorzieningen een belangrijke rol (Durmisevic, 2006). Zie figuur 7.1.

Tackara (2005) heeft erop gewezen dat tachtig procent van de uiteindelijke negatieve effecten van een ontwerp op het milieu ontstaan door verkeerde beslissingen, die genomen zijn tijdens de ontwerpfase van een gebouw. Het gaat daarbij niet alleen om de realisatie van het object, maar ook de gebruikfase en de uiteindelijke sloop van een gebouw.

Het is daarom van belang dat er vanaf de initiatieffase van een bouwproject al rekening wordt gehouden met zowel de realisatie, het gebruik en de mogelijke sloop van het bouwwerk.

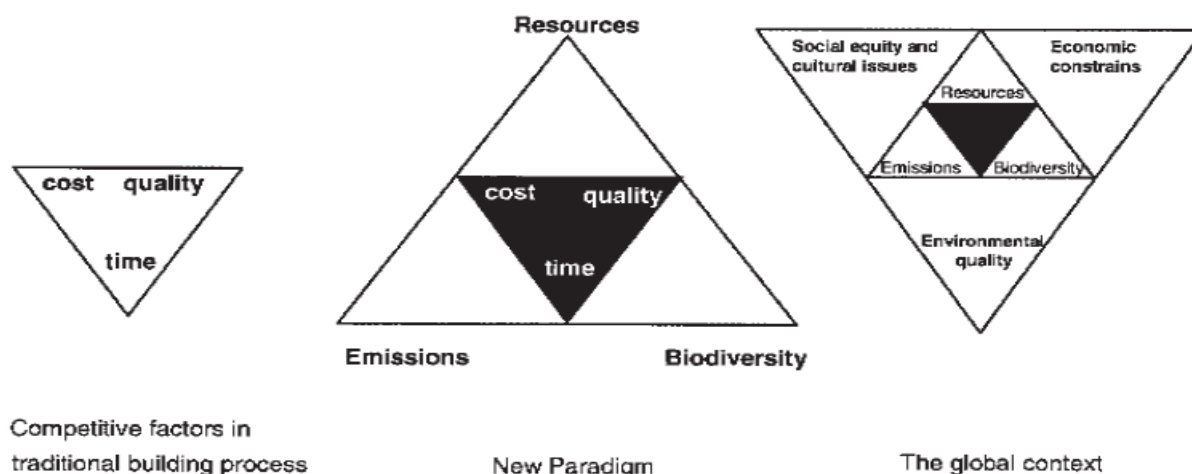


Fig. 7.1. Ontwikkeling naar een duurzame benadering in de bouw (Durmisevic, 2006) .

7.2 Van Triple P naar Quadruple P

Ook Duijvestein (1993) heeft gewezen op de noodzaak om bij het nemen van ontwerpbeslissingen ook de effecten voor de lange-termijn mee te nemen. Duurzaam Bouwen (DuBo) is gebaseerd op de definitie van duurzame ontwikkeling uit het Brundtland-rapport. De drie P's, *People, Planet, Profit (Prosperity)*, staan binnen de duurzame ontwikkeling voor sociale, ecologische en economische kwaliteiten. Bij Duurzaam Bouwen wordt daaraan door Kees Duijvestein de P van Project, van ruimtelijke kwaliteit, toegevoegd. Bij ruimtelijke kwaliteit horen begrippen als schoonheid, stevigheid, (bio)diversiteit en de relatie door de schalen heen (zie ook figuur 7.2.).

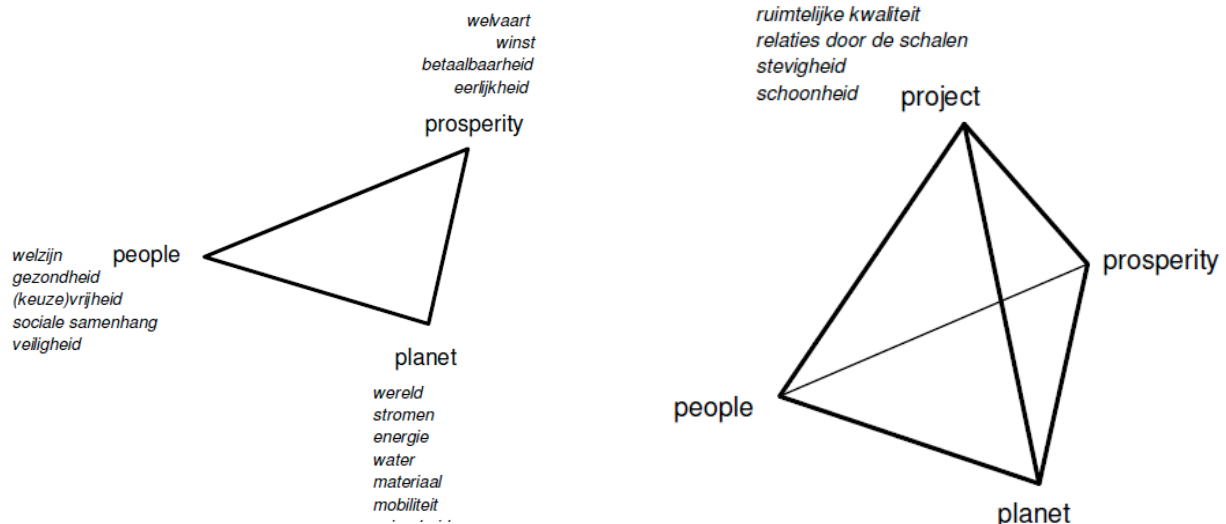


Fig. 7.2. Ontwikkeling van de Triple P (People, Planet, Prosperity) naar de tetraëder van Quadruple P (People, Planet, Prosperity, Project).

7.3 Duurzaam bouwen

In de benadering van Duurzaam Bouwen (DuBo) wordt ernaar gestreefd om tijdens de realisatie, het gebruik, de renovatie en de eventuele sloop van gebouwen het milieu zo min mogelijk te belasten. Hiermee moet DuBo bijdragen aan de vermindering van het milieuprobleem. DuBo betekent meer dan energie besparen door te kiezen voor de minst milieubelastende maatregelen, hiervoor hanteert DuBo enkele criteria (VROM, g.d.):

- Bouw gezonde, veilige en comfortabele gebouwen en wiken die wensen van gebruikers en veranderingen in de tijd moeiteloos kunnen verwerken.
- Stem het ontwerp en de materiaalkeuze af op zowel de functie als de gewenste levensduur van het gebouw. Houd bij gebouwen met een beoogde lange levensduur rekening met mogelijkheden voor verandering van functie en gebruik.
- Kies voor energiebesparende maatregelen en duurzame energiebronnen en stem dit af op het beheer van het gebouw.
- Kies voor materialen / producten die weinig milieubelastend zijn (vervuiling van lucht, water en bodem) en die in de gebruik- en afvalfase zo weinig mogelijk problemen opleveren.

Deze ontwikkeling van duurzaam bouwen heeft internationaal een vervolg gevonden in "Green Buildings". Green Buildings biedt een integrale benadering van bestaande praktijken en technieken om gevolgen op het milieu en de menselijke gezondheid te reduceren en uiteindelijk de effecten te elimineren. Hiervoor hanteert Green Buildings enkele criteria (U.S. Environmental Protection Agency, 2010):

- Efficiently using energy, water, and other resources;
- Protecting occupant health and improving employee productivity;
- Reducing waste, pollution and environmental degradation.

7.4. Industrieel Flexibel & Demontabel (IFD) bouwen

IFD-Bouwen is een manier van ontwerpen, ontwikkelen en bouwen, waarin via een geïntegreerde benadering industriële, flexibele en demontabele aspecten gezamenlijk een rol spelen. IFD richt zich op het verminderen van de milieulasten bij het fysieke gebouw en eveneens op de verkorting van het bouwproces en de organisatie hieromheen. IFD-Bouwen heeft hiervoor een checklist opgesteld waarmee een systeem en/of bouwwijze in aanmerking komt voor een IFD-predicaat. Het predicaat kan worden toegekend in het geval dat maximaal twee van onderstaande vragen met 'Nee' worden beantwoord (SEV, 2007):

- ✓ Industrieel bouwen: Bouwen wordt monteren.
 - Meer dan 80% van het systeem wordt in de fabriek geproduceerd;
 - Het systeem is van continue kwaliteit;
 - Het productieproces is beheersbaar;
 - De bouwtijd is relatief kort;
 - De producent biedt fabrieksgarantie;
- ✓ Flexibel bouwen: verbouwen wordt verplaatsen.
 - Het systeem biedt een grote mate van ontwerp vrijheid;
 - De oplossing is zowel permanent als tijdelijk te gebruiken;
 - Het volume is eenvoudig aan te passen;
 - De indeling is eenvoudig aan te passen;
 - De oplossing is verplaatsbaar;
- ✓ Demontabel bouwen: verbouwen wordt verplaatsen.
 - De oplossing is eenvoudig te demonteren;
 - De complete oplossing is herbruikbaar;
 - De componenten zijn herbruikbaar;
 - De technische levensduur kan afgestemd worden op de gebruiksduur.

Een groot gedeelte van het realisatieproces moet volgens de IFD benadering in de fabriek plaatsvinden, waardoor inzet van mensen, materialen en machines worden gereduceerd. De aanleiding tot industriële bouw is tweeledig, enerzijds het gebrek aan arbeidskrachten en anderzijds de continu verhoogde Arbo-eisen. Dit met als doel het verbeteren van de prijs, kwaliteit en snelheid (in tijd) van de bouw.

Het belangrijk uitgangspunt van flexibel bouwen is dat het gebouw en zijn onderdelen dusdanig ontworpen en gerealiseerd zijn dat er zowel gedurende de huidige- als komende gebruiksduur aanpassingen mogelijk zijn. Hierbij gaat het om de technische flexibiliteit en niet om de financiële en organisatorische flexibiliteit.

Het belangrijk uitgangspunt van demontabel bouwen is dat alle verbindingen tussen de componenten demontabel ontworpen en gerealiseerd zijn. Door de ontkoppeling van componenten leidt dit tot minder bouw- en sloopafval en met de bevordering van hergebruik van materialen draagt het rechtstreeks bij aan de reductie van primair grondstofgebruik.

IFD bouwen vermindert de milieubelasting door de levensduur van materialen en componenten te verlengen, waardoor ze minder snel afval worden. Bij industriële productie onder geconditioneerde omstandigheden ontstaat circa 30% minder bouwafval dan bij traditioneel bouwen. Door de flexibiliteit en het demontabel zijn is gemiddeld 80% van de materialen en componenten geschikt voor hergebruik.

7.5. Bio-Ecologisch bouwen

Bio-Ecologisch bouwen is een strategie die erop gericht is om energie- en waterbesparend te bouwen met zo weinig mogelijk chemische en schadelijke materialen en stoffen. Hierbij wordt rekening gehouden met de draagkracht van de aarde en met de gerechtvaardigde behoeftes van huidige en toekomstige generaties wereldwijd. Bio-Ecologisch bouwen werkt met lokale en onuitputtelijke natuurlijke grondstoffen om te komen tot een gezonde leefomgeving voor de gebruiker. De term 'ecologisch' heeft vaak de betekenis: 'met respect voor het natuurlijk evenwicht'.

Een Bio-Ecologisch gebouw is compact, met een optimale oriëntatie en buffering, goed geïsoleerd en geventileerd en wordt vervaardigd met natuurlijke bouwmaterialen met hoge milieu- en gezondheidsscores. In het gebouw worden op het gebied van energie en water zuinige en besparende installaties en technieken benut om de schadelijke gevolgen te reduceren. Bij voorkeur worden de gebouwen in een compact bebouwde omgeving geplaatst om het gemotoriseerd individueel verkeer te beperken (Weterings, g.d.). Een meer uitvoerige beschrijving van de principes van Bio-Ecologisch bouwen en het verkrijgen van een Vibe-keurmerk zijn terug te vinden op de website van VIBE (Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch bouwen), www.vibe.be.

7.6. Passief bouwen

Met een passief huis wordt beoogd een thermisch comfortabel en kwalitatief binnenklimaat te creëren met een hoge mate van energiereductie door het benutten van de gebouwmassa binnen een extra geïsoleerde omhulling. Er wordt gebruik gemaakt van zonne-energie en restwarmte zodat het gebruik van energie voor verwarming en koeling tot een minimum beperkt kan blijven. Passief bouwen heeft hiervoor enkele stelregels:

- Optimale isolatie;
- Benut de gebouwmassa binnen de geïsoleerde schil;
- Een ventilatie-installatie brengt verse lucht in en zuigt vuile lucht af;
- Oriëntatie op het zuiden;
- Bewuste interne zonering;
- Integraal ontwerp.

Optimale benutting van de zon begint bij de oriëntatie in de stedenbouwkundige setting, waarna zeer integraal en zorgvuldig ontworpen en gebouwd moet worden. In het meest optimale geval kan het benodigde energiegebruik met 80 procent dalen. Het energieverbruik van een huidige nieuwbouwwoning en een passief huis bedraagt respectievelijk 120 en 15 kWh per vierkante meter. In geval van een renovatie is dit respectievelijk 130 en 25 kWh per vierkante meter. Passief bouwen levert comfort met een minimaal energieverbruik. Bijzonder hoge kierdichting is van belang om te komen tot een hoge isolatiewaarde. Een mechanisch ventilatiesysteem voorziet in de aan- en afvoer van lucht (Kaan, 2007).

7.7. Cradle to Cradle®

De principes van Cradle to Cradle® worden inmiddels op beperkte schaal toegepast in de bebouwde omgeving. De Cradle to Cradle®-benadering beoogt niet slechts de negatieve ecologische effecten te minimaliseren, maar de eerste stap naar een transitie van een lineair- naar een cyclisch systeem zonder schadelijke effecten voor het milieu. Met de Cradle to Cradle®-principes zijn al enkele voorbeeldprojecten in de bouw gerealiseerd.

Eén van de voorbeelden is het oude, vervuilde fabrieksterrein River Rouge van autoproducent Ford in Dearborn, Michigan (United States of America). Het fabrieksterrein is door Braungart en McDonough volledig schoon en vriendelijk voor zijn omgeving omgevormd. Een tweede voorbeeld is het Nike European Headquarters in Hilversum (Nederland). Het kantoorcomplex is door William McDonough ontworpen vanuit het C2C-concept 'imagine a tree'. Het Oberlin College in Ohio (United States of America) is door McDonough + Partners ontworpen vanuit ecologisch en sociale gezondheid. Een onderwijsinstelling voor milieukunde is een doorgaand groen experiment, het gebouw produceert meer energie dan het gebruikt en zuivert het afvalwater.

Ondanks de voorbeeldprojecten verloopt het toepassen van de kringloopprincipes van Cradle to Cradle® in de bebouwde omgeving maar zeer moeizaam.

8. Nabeschuwing

In de voorgaande hoofdstukken is een ontwikkeling geschetst van de toenemende aandacht voor het milieu, zowel vanuit de praktijk als de wetenschap.

Enkele decennia lang zijn er wetenschappelijke waarschuwingen uitgegaan over de achteruitgang van het milieu (Carson, 1962; Meadows, 1972; IPCC, 1990; Gore, 2006). Uit diverse wetenschappelijke studies is inmiddels duidelijk dat - met een zekerheid van 90% - de uitstoot van broeikasgassen als gevolg van het menselijk handelen het milieu merkbaar in negatieve zin beïnvloedt (zie o.a. Metz et al, 2007). Als reactie op deze waarschuwingen zijn er wereldwijd vele initiatieven ontstaan tot het bewerkstelligen van een duurzaam ontwikkeling.

Voor wat betreft de bebouwde omgeving richten de initiatieven zich vooral op het vinden van alternatieve oplossingen voor de wijze van energieopwekking en energieverbruik, de selectie en het gebruik van grondstoffen en materialen en de ontwikkeling en implementatie van alternatieve principes bij het ontwerpen van gebouwen. In dit hoofdstuk wordt op basis van de genoemde oplossingsrichtingen een beschouwing gegeven over noodzakelijke initiatieven tot het realiseren van de gewenste duurzame bebouwde omgeving.

8.1. Energie

Het gebruik van fossiele brandstoffen heeft een groot aandeel in de uitstoot van broeikasgassen en draagt daarmee bij aan de opwarming van de aarde. Met het gebruik van volledig hernieuwbare energie kan de uitstoot van broeikasgassen worden teruggedrongen. Hernieuwbare energie is afkomstig uit schone, onuitputtelijke bronnen zoals zonne-, wind-, geothermische-, bio-energie of energie uit water of menselijke lichaamskracht.

In het *Alternative Policy Scenario (APS)* krijgt het aandeel hernieuwbare energie een belangrijk aandeel toebedeeld. Volgens het streven van het *APS* zal het aandeel hernieuwbare energie in 2030 in de OECD-landen minimaal stijgen tot 38% van de dan geldende totale energievraag (IEA, 2007).

In totaal werd er in 2004 13,1% van de totale energievraag in de wereld voorzien met hernieuwbare energie, met een aandeel hernieuwbare energie van 49% in Afrika, 5,7% in de OECD-landen, 15,4% in China en 31,8% in Azië. Het aandeel hernieuwbare energie is in Afrika met name hoog door het aandeel hernieuwbare energie uit biomassa. Dit aandeel kan drastisch veranderen bij een stijgende energievraag en een transitie naar niet-hernieuwbare energiebronnen.

Binnen Europa, loopt Nederland ver achter met een aandeel hernieuwbare energie van slechts 2,0% (Roubanis, 2010). In Japan bedraagt het aandeel hernieuwbare energie 3,2% in de Verenigde Staten 4,2%, en in Rusland 2,9% (IEA, 2007).

Het Nederlandse beleid is, met onder andere de EPC en het energielabel als instrumenten, tot nu toe vooral gericht op reductie en efficiëntieverhoging van het energiegebruik en veel minder op het realiseren van de gewenste transitie. Dit in tegenstelling tot ontwikkelingen in het buitenland waar veel van de ontwikkelde landen gericht werken aan een transitie naar hernieuwbare vormen van energietoepassing.

Wanneer ingezette ontwikkelingen doorzetten, is de verwachting dat de inzet hernieuwbare energie de komende decennia fors zal stijgen. Er is echter door de economische groei in landen zoals China, India en Brazilië, ook een enorme toename te verwachten in het totale energiegebruik. Dit noodzaakt niet alleen tot een verdergaande efficiëntere aanwending van (hernieuwbare) energie maar ook tot een herbezinning over de wijze waarop schaarser wordende grondstoffen al dan niet duurzaam kunnen worden ingezet in het economische proces.

8.2. Grondstoffen

Volgens schattingen van de Europese Commissie (2010), kan de vraag naar grondstoffen in de komende twintig jaar meer dan verdriedubbelen. Bijkomend is het feit dat de meeste grondstoffen slechts in een beperkt aantal landen te vinden zijn, zoals grafiet in China, kobalt in Congo en lithium in Chili. Deze grondstoffen zijn voor de technologische industrie juist belangrijk om met de huidige technieken de transitie naar een duurzame ontwikkeling te maken.

Willen ook toekomstige generaties gebruik kunnen blijven maken van de schaarse grondstoffen, dan is het noodzakelijk om niet alleen gericht onderzoek te starten naar het verkennen van mogelijkheden tot een drastische beperking in het verbruik van deze grondstoffen, maar vooral ook naar het onderzoeken van mogelijkheden tot het volledig hergebruik van de eerder aangewende grondstoffen. Daarnaast is het gewenst om de aanwending van alternatieve, veel minder schaars voorradige grondstoffen te onderzoeken.

De principes van Cradle to Cradle[®] en Industrial Ecology zoals uiteengezet in eerdere hoofdstukken van dit rapport, beogen biologische- en technologische kringlopen te sluiten. Met het volledig sluiten van kringlopen, door middel van re- en upcycling, kan het begrip afval worden geëlimineerd en zullen reststoffen dienen als grondstof voor een volgende cyclus. Het volledig gescheiden kunnen ontbinden van producten en objecten is een voorwaarde om residuen terug te brengen in een gesloten biologische- of technologische kringloop.

Voor wat de gebouwde omgeving betreft, zal het noodzakelijk zijn dat gebouw(elementen) zodanig kunnen worden gedemonteerd dat deze weer kunnen worden ingezet in de beoogde kringloop waarbij gebouwtransformaties worden gerealiseerd zonder sloopafval.

Binnen de samenleving is men zich in toenemende mate bewust van het belang van de gesloten kringloop en zijn er wereldwijd niet alleen wetenschappelijke studies, maar ook concrete experimenten en toepassingen van het kringloopprincipe gaande.

Duidelijk is dat de toepassing van het kringloopprincipe, al in een zo vroeg mogelijk stadium van het ontwerpen van nieuwe producten, processen en objecten als uitgangspunt moet worden meegenomen.

8.3. Ontwerpproces

Het toepassen van het kringloopprincipe in het ontwerpproces betekent dat men binnen de focus van de te realiseren projectdoelstellingen van het product, proces of object, als uitgangspunt ook een adequate oplossing zal moeten stellen voor het kunnen hergebruiken van de toe te passen materialen. Voor het ontwerpproces betekent dit dat de opzet zodanig dient te zijn dat op basis van het ontwerp er een transformatie en/of demontage van het product, proces of object kan plaatsvinden met volledig hergebruik van de toegepaste materialen.

In het toepassen van dit kringloopprincipe, zijn er in de productindustrie de afgelopen jaren belangrijke vorderingen gemaakt. Het ontwerpproces van Steelcase kantoorinterieur is zodanig vormgegeven dat producten na de terugname eenvoudig demonteerbaar zijn. Door de mogelijkheid tot demontage en bewust grondstoffengebruik is het product tot 99% herbruikbaar (Steelcase, 2010). De Herman Miller Mirra bureaustoel is tot op moleculair niveau te scheiden en voor 96% herbruikbaar. Tapijtproducent Desso beschouwt tapijt als een grondstof, producten worden gemaakt van materialen die opnieuw kunnen worden gebruikt in de technische cyclus (Desso, 2010). De Trigema T-shirts zijn volledig biologisch afbreekbaar (Trigema, 2010).

Vanuit de overheid heeft regelgeving ervoor gezorgd dat de industrie het kringloopprincipe ook vanuit economisch eigenbelang is gaan toepassen. De Nederlandse overheid stimuleert en integreert de gesloten kringloopprincipes in bestaand afval- en innovatiebeleid en het programma Duurzaam Inkopen. Duurzaamheidsaspecten wegen in het programma Duurzaam Inkopen mee bij inkoop- en aanbestedingsbeslissingen (Agentschap NL, 2010).

De industrie biedt leaseconstructies aan. Afhankelijk van de vooraf bepaalde consumentbehoefte worden producten door de producent ingenomen. Desso introduceert een internationaal terugnamesysteem waarin gebruikte tapijten worden ingenomen en gerecycled. Dit geldt voor alle soorten tapijt, onafhankelijk van merk of type, met uitzondering van PVC-houdende tapijten (Desso, 2010).

8.4. Tot slot

In de bouw verloopt de toepassing van het kringloopprincipe nog maar zeer moeizaam. Een belangrijke reden hiervoor is in de eerste plaats het ontbrekende beleid vanuit de overheid om toepassing in gesloten kringlopen, zonder schadelijke effecten voor het milieu, te stimuleren. Ook blijkt er in de bouw nog steeds sprake te zijn van een gebrek aan ecologisch en/of economisch besef (zie o.a. Europese Commissie, 2010). Dit zijn belangrijk voorwaarden voor het succesvol implementeren van het kringloopprincipe in de bouw. Een derde betreft het ontbreken aan ontwerp-kennis, ontwerpervaring en mogelijk ook de wil in de bouw hoe vanuit de vraagstelling van een opdrachtgever een gebouw te ontwerpen dat voldoet aan de eisen van een Cradle to Cradle[®] gebouw. Dat wil zeggen een gebouw dat op termijn kan worden aangepast of gedemonteerd met volledig hergebruik van de vrijkomende materialen en grondstoffen en waarbij de energievoorziening is gebaseerd op hernieuwbare energie.

Om deze gewenste aanpassing in de bouw te bewerkstelligen is een verandering in de *mindset* van ontwerpers de meest belangrijke vereiste. William McDonough zegt hierover: *“We need to take the filters from our pipes and put them in our designers’ heads”* (McLennan, 2004).

Geraadpleegde bronnen

- Agentschap NL** (2010). Hoe kan een overheid via duurzaam inkopen Cradle to Cradle stimuleren? Als het gaat om milieu en leefomgeving. Agentschap NL. URL bezocht op 21-3-2010.
- Asmild, M., Paradi, J.C., Reese, D.N. & Tam, F.** (2006). Measuring overall efficiency and effectiveness using DEA. *European journal of operational research* 178, p.p. 305-312.
- Benyus, J.M.** (1997). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. New York, Perennial.
- Blauwhof, G & Verbaan, W.** (2009). *Wolk777, over crisis, krimp en duurzaamheid*. Wageningen, Blauwdruk.
- Braungart, M. & McDonough, W.** (1992). *The Hannover Principles, Design for Sustainability*. Charlottesville, McDonough & Partners.
- Braungart, M. & McDonough, W.** (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*. New York, North Point Press.
- Braungart, M. & McDonough, W.** (2006). Cradle to Cradle design: creating healthy emissions – a strategy for eco-effective product and system design. *Journal of Cleaner Production*, jrg. 2006. pp. 1-12.
- Braungart, M. & McDonough, W.** (2007). *Cradle to Cradle - Afval = voedsel*. Amersfoort, Wilco.
- Braungart, M & Mulhall, D.** (2010). *Cradle to Cradle Criteria for The Built Environment*.
- Breyer, C. & Knies, G.** (2009). Global energy supply potential of concentrating solar power. *Proceedings Solar Paces 2009*, pp 15-18.
- Carson, R.** (1962). *Silent Spring*. New York, Houghton Mufflin.
- CE Delft** (2008). "Relatie tussen mitigatie en adaptatie op gebouwniveau". SenterNovem. URL bezocht op 16-4-2010.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)** (2009). *Gemeentelijke afvalstoffen; hoeveelheden*. CBS, Den Haag / Heerlen.
- Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)** (2006). *Duurzame Energie in Nederland 2005*. Voorburg, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- Cohen, D.** (2007). Earth's natural wealth: an audit. *Science*. URL bezocht op 16-4-2010.
- Dak+Bouw**, (2009). Op den duur maar een echte vervanging voor energie uit fossiele brandstoffen: de zon. *Dak+Bouw*. Nr 2. pp 8 – 13.
- Daly, H.** (1991). *Sustainable Development: From concept and theory towards operational principles*. H.E. Daily, *Steady-state Economics: 2nd Edition with new essays*. Washington, DC, Island Press.
- Desso** (2009). *Cradle to Cradle Vier Seizoenen*. ElcaMedia.
- Drucker, P.F.** (2000). *The Effective Decision*. Harvard, Harvard Business School Publishing.
- Duelli, P. & Obrist M.K.** (2003). *Biodiversity indicators: the choice of values and measures*. Elsevier Science B.V.
- Duijvestein, K.** (1993). *Ecologisch bouwen*. Sittard, drukkerij Pasklaar.
- Durmisevic, E** (2006). *Transformable Building Structures. Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction*. Delft, Credris M&CC.
- Energy research Centre of the Netherlands (ECN)** (g.d.). ECN. URL bezocht op: 28-3-2010.
- Elkington, J.** (1998). *Cannibals with forks – The triple bottom line of 21th century business*. Gabriola Island, New Society Publishers.
- Elkington, J.** (2004). "Enter the Triple Bottom Line". Elkington. URL bezocht op 16-4-2010.
- European Union** (2001). 'A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development'. Gothenburg European Council.

Europese Commissie (2010). Critical raw materials for the EU - Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. European Commission Enterprise and Industry.

Europese Unie (g.d.). "Duurzame Ontwikkeling, Strategie voor duurzame ontwikkeling". Europa. URL bezocht op 16-4-2010.

Frosch, R.A. & Gallopoulos, N.E. (1989). Strategies for Manufacturing – Waste from one industrial process can serve as the raw materials for another, thereby reducing the impact of industry on the environment. Scientific American.

Gassel, F.J.M. van (2003). Experiences with the Design and Production of an Industrial, Flexible and Demountable (IFD) Building system. NIST Special Publication SP, 167-172.

Gommans, L.J.J.H.M. (2009). The use of materials, space and energy from an exergetic perspective. Delft, SASBE'09.

Gore, A. (2006). An Inconvenient Truth, The planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It. New York, Rodale Press.

Graedel, T.E. & Allenby, B.R. (1995). Industrial Ecology. New Jersey, Prentice Hall.

Guter, W., Schöne, J., Philipps, S.P., Steiner, M., Siefer, G., Wekkeli, A., Welsler, E., Oliva, E., Bett, A.W., en Dimroth, F. (2009) Current-matched triple junction solar cell reaching 41,1% conversion efficiency under concentrated sunlight, Applied Physics letters, 94, 223504, pp. 94-94.

Habraken, N.J. (1972). Supports: an alternative to mass housing. London, Architectural Press.

Habraken, N.J. (1985). Draggers en de mensen, het einde van de massawoningbouw. Tilburg, Drukkerij Regeer BV.

Harper, E.M. & Graedel, T.E. (2003). Industrial ecology: a teenager's progress. New Haven, Yale University.

Hattum, van R. (2006). Afval is Voedsel. VPRO Tegenlicht. VPRO. URL bezocht op 7-1-2010.

Hattum, van R. (2007). Afval is Voedsel, Een revolutie in Nederland. VPRO Tegenlicht. VPRO. URL bezocht op 7-1-2010.

Hawken, P. (1992). The ecology of Commerce. London, Scott London.

Hawken, P., Lovins, A.B. & Lovins, L.H. (1999). Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution. London, Earth scan.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1990). IPCC assessment report. Cambridge, Cambridge University Press.

IEA – International Energy Agency (2007). Renewables in global energy supply. OECD.

International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) (1980). World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development. Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, United Nations Environment Program and World Wildlife Funds.

Jeeninga, H. et al (2002). Effect van energie- en milieubeleid op broeikasgasemissies in de periode 1990-2000, ECN.

Johnson, S.P. (1993). The Earth Summit, the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). Dordrecht, Kluwer Academic.

Kaan, H. (2007). Passiefhuizen in internationaal perspectief, fors potentieel energiebesparing passief bouwen. ECN.

Labyrint (2010). "Labyrint, Energie Zat, grondstoffen tekort". VPRO-tegenlicht. URL bezocht op 30-3-2010.

Lele, S.M. (1991). Sustainable Development: A Critical Review. World Development, vol .19, No. 6, pp 607-621. Pergamon Press plc.

Lichtenberg, J. (2005). Slimbouwen. Boxtel, Aeneas Boxtel.

- Lichtenberg, J.** (2010). "Devaluatie van begrippen". SUPporter II Maart 2010. Eindhoven, Technical University of Eindhoven.
- Lovelock, J.** (1979, 3rd edition ed. 2000) "Gaia: A new look at life on earth, Oxford University Press, Oxford.
- MBDC** (2007). Cradle to Cradle Certification Program, version 2.1.1. Charlottesville, MBDC.
- McDonough, W. & Braungart, M.** (1998). The Next Industrial Revolution. The Atlantic.
- McDonough, W. & Braungart M.** (2002). Design for the Triple Top Line: New Tools for Sustainable Commerce. Elsevier Science.
- McLennan, J.F.** (2004). The philosophy of sustainable design. ECOtone publishing company.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens, W.W.** (1972). The Limits to Growth. New York, Universe Books.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens, W.W.** (1992). Beyond the Limits. London, Earth scan Publications.
- Meijer, F. & Visscher, H.** (2009). Duurzame Nederlandse woningvoorraad: recente beleidsontwikkelingen. VROM.
- Menkveld, M, et al** (2002). Effect op CO2-emissies van beleid in voorbereiding. ECS Beleidstudies RIVM Milieu- en natuurplanbureau. ECN.
- Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, L.A. & Meyer** (eds). (2007). Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)** (2003). "Nationaal Bestuursakkoord Water". VROM. URL bezocht op 14-3-2010.
- Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)** (2008). Kabinetsbrede aanpak duurzame ontwikkeling. Ministerie van VROM. URL bezocht op 12-3-2010.
- Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)** (g.d.). "Duurzaam bouwen en verbouwen, Strategieën". URL bezocht op 8-4-1020.
- Mouzas, S.** (2005). Efficiency versus effectiveness in business networks. Lancaster University, Management School.
- Morgan, J.** (2010). "Unfinished Business on Earth Day's 40th Anniversary". *World Resource Institute*. URL bezocht op 21-4-2010.
- Norman, W. & MacDonald, C** (2003). Getting to the Bottom of "Triple Bottom Line". In Press, Business Ethics Quarterly.
- Postma, M.** (2010). "Michael Braungart wil open register". INSnet.
- Rakhorst, A-M.** (2007). Duurzaam ontwikkelen...Een wereldkans. Schiedam, Scriptum uitgeverij.
- Rakhorst, A-M.** (2008). De winst van duurzaam bouwen. Schiedam, Scriptum uitgeverij.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)** (2010). Levenscyclusanalyse (LCA). RIVM. URL bezocht op 9-4-2010.
- Rijksoverheid** (2010). Vrijheid en verantwoordelijkheid, regeerakkoord VVD-CDA. 30 september 2010. URL bezocht op 29-12-2010.
- Roubanis, N.** (2010). Environment and Energy – Renewable Energy Indicators. Eurostat.
- Sarja, A** (1998). Open and industrialised building. London; New York, E & FN Spon.
- Schmidheiny, S.** (1992), Changing Course: a global business perspective on development and the environment. London, MIT Press.
- SER** (2001), Nationaal Milieubeleidsplan 4. Den Haag, Sociaal-Economische Raad.

- SEV** (2007). Leren door te demonstreren, de oogst van zeven jaar Industrieel, Flexibel en Demontabel Bouwen. Bostel, Line-Up Media services.
- Smart Group** (2009). Congres Cradle to Cradle 2 juli 2009, Duurzaam innoveren in Brabant en Limburg. Eindhoven, Technical University of Eindhoven.
- Starke, L.** (1984). State of the World: a World Watch Institute report on progress towards a sustainable society. London, Norton.
- Steelcase**, (2001). The Search for 'Green' Partners, An approach to assessing environmental effectiveness. Steelcase.
- Steelcase** (2010). Recyclen, tweedeleven, hergebruik, opknappen of donatie om zodoende afval te minimaliseren. URL bezocht op 19-8-2010.
- Tackara, J.** (2005). In the Bubble: Designing in a complex world. The MIT Press.
- Trigema** (2010). Kompostierbare TRIGEMA-shirts. URL bezocht op 19-8-2010.
- United Nations** (1998). Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. URL bezocht op 11-3-2010.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)** (2009). Framework Convention on Climate Change. URL bezocht op 29-12-2010.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)** (2010). UN Climate Change Conference in Cancun, COP-16 / CMP-6, 29 November to 10 December 2010. URL bezocht op 29-12-2010.
- U.S. Environmental Protection Agency** (2010). Green Building, Basic Information. <http://www.epa.gov/greenbuilding/index.htm>. URL bezocht op 14-01-2010.
- Verenigde Naties** (1994). Agenda 21, the earth summit strategy to save our planet. Earth press.
- Verenigde Naties** (2009). "Millenium Development Goals". Verenigde Naties. URL bezocht op 26-4-2010.
- Verenigde Naties** (g.d.). Verenigde Naties. URL bezocht op 26-4-2010.
- Verenigde Naties Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)** (g.d). UNFCCC. URL bezocht op 8-4-2010.
- Verkeer en Waterstaat** (g.d.). "Proeftuinen voor duurzame mobiliteit". SenterNovem. URL bezocht op 11-3-2010.
- Volkskrant**, (2008). "Oceanen vol plastic troep". Volkskrant. URL bezocht op 04-05-2010.
- Weingart, J.M.** (1974). Global aspects of sunlight as a major energy source. Energy.
- Werf, v.d. M.** (2009). Cradle to Cradle in bedrijf. Schiedam, Scriptum uitgeverij.
- Weytjens, L.** (2009). Analysis of the impact of sustainability related design parameters in the architectural design process. A case study research. SASBE'09, University of Delft.
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)** (2000), Eco-efficiency, Creating more value with less impact. Switzerland, World Business Council for Sustainable Development.
- World Commission on Environment and Development (WCED)** (1987). Our Common Future. Oxford, Oxford University Press.
- World Resource Institute (WRI)** (2010). "Unfinished Business on Earth Day's 40th Anniversary". URL bezocht op 8-4-2010.
- World Watch Institute (WWI)** (diverse jaargangen). State of the World. New York, Norton.
- Young, W. & Tilley, F.** (2006). Can Businesses move beyond efficiency? The shift toward effectiveness and equity in the Corporate Sustainability Debate. Leeds, University of Leeds.

Reeds enkele decennia is er een discussie in de wetenschappelijke literatuur op het gebied van duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving. Tot de dag van vandaag heerst er veel verwarring wat wel en wat niet tot duurzame ontwikkeling behoort en hoe deze ontwikkelingen zich tot elkaar verhouden. Ditzelfde geldt voor de meest recente Cradle to Cradle-benadering. Het doel van deze review is te voorzien in een literatuuroverzicht op het gebied van duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving en het onderscheiden van de belangrijkste uitgangspunten.

De literatuurverkenning bevat informatie uit gepubliceerde artikelen in wetenschappelijke en professionele vakbladen. De review heeft zich gefocust op de periode van 1962 tot en met 2010. In 1962 maakte Rachel Carson door middel van een belangrijke wetenschappelijke bijdrage, haar bezorgdheid kenbaar over de toenemende vervuiling van het milieu.

Deze review voorziet in een literatuuroverzicht van de duurzame ontwikkeling in de bebouwde omgeving, inclusief bijbehorende begrippenkader en uitgangspunten van de verschillende stromingen. Specifiek zal worden ingegaan op de meest recente Cradle to Cradle-benadering. De benadering vormt een belangrijke stap naar een transitie van een lineair- naar cyclisch systeem, zonder schadelijk effect voor het milieu.

In het boek *Cradle to Cradle, Remaking the Way We Make Things* introduceren de William McDonough en Michael Braungart een benadering 'van wieg tot wieg'. Een benadering waarmee biologische- en technologische kringlopen worden gesloten, zonder schadelijke effecten voor het milieu. Reststoffen worden grondstoffen voor een volgende cyclus. Daarvoor benut de Cradle to Cradle-benadering de volgende principes:

1. Afval is Voedsel, alles is een voedingstof voor iets anders;
2. Benut de zon, gebruik volledig hernieuwbare energie;
3. Geniet van diversiteit, in soorten, cultuur en innovatie.

In de benadering wordt het begrip eco-effectiviteit geïntroduceerd om de tekortkomingen van eco-efficiëntie te ondervangen. Eco-efficiëntie is gericht op het zoveel mogelijk reduceren en compenseren van de schadelijke effecten voor het milieu. Eco-effectiviteit streeft een ontwikkeling na zonder schadelijke effecten voor het milieu. Het doel van de Cradle to Cradle-benadering is: 'Een plezierig diverse, veilige, gezonde en rechtvaardige wereld, met schone lucht, water, bodem en energie – waarin economie, gelijkwaardigheid en ecologie harmonieus worden genoten'.

ISBN: 978-90-365-3181-8
