

Ecokosten, een kijkje in de keuken

Rekenen met ecokosten in de productiefase van een gebouw

Tim de Jonge

Elk gebouw heeft milieueffecten gedurende zijn hele levenscyclus. In dit artikel wordt uiteengezet op welke manier je met gebruik van de Ecokosten/Waarde Ratio de milieueffecten uit de productiefase van een gebouw kunt bepalen. In het volgende nummer van dit blad wordt ingegaan op de bepaling van de milieueffecten in de gebruiksfase. Beide uiteenzettingen worden geïllustreerd aan de hand van een bouwproject van eengezinswoningen te Oudenbosch.

Klimaatverandering en zeespiegelstijging staan weer volop in de belangstelling. Dat de uitstoot van CO₂ en andere broeikasgassen daar een bijdrage aan leveren, wordt alom als een feit geaccepteerd. Ook is bekend dat de bouw voor een aanzienlijk deel van de genoemde uitstoot verantwoordelijk is. Om nog maar te zwijgen over de gebouwenvoorraad die ten gevolge van onderhoudsmaatregelen en vooral ten gevolge van verwarming en koeling met behulp van fossiele brandstoffen jaarlijks een enorme CO₂-uitstoot en andere emissies veroorzaakt.

De TU Delft is al langer bezig met onderzoek naar de milieueffecten van bouwen en gebouwen. In dat kader is onderzocht hoe de milieubelasting van gebouwen op een eenvoudige manier kan worden gekwantificeerd, zodat bij de voorbereiding van bouwprojecten de milieugevolgen van verschillende planalternatieven met elkaar kunnen worden vergeleken (1).

Ecokosten

In dit onderzoek wordt milieubelasting uitgedrukt in ecokosten. Zoals ieder product draagt een bouwproject en het daaruit resulterende gebouw in meer of mindere mate bij aan de vervuiling van het milieu en de uitputting van grondstoffen. De ecokosten van een product zijn de kosten van technische maatregelen die deze vervuiling en uitputting tegengaan tot een niveau dat voldoende is om de samenleving duurzaam te maken. Het gaat daarbij om maatregelen die op dit moment technisch mogelijk zijn, tegen de kosten die daarvoor op dit moment gemaakt moeten worden.

Als je verschillende producten met elkaar wilt vergelijken ten aanzien van hun milieulast (ecokosten), kun je dat doen door de ecokosten af te zetten tegen de waarde van die producten. Je kunt dat goed zichtbaar maken door producten een verhoudingsgetal ecokosten/waarde te geven (2). Een dergelijk verhoudingsgetal wordt (in het Engels) Eco-costs/Value Ratio genoemd: EVR. Een lage EVR geeft aan dat een product geschikt is voor gebruik in een toekomstige duurzame samenleving. Als in de toekomst producenten de kosten van de milieubelasting van hun producten moeten betalen en dus in hun prijzen moeten doorberekenen, is er voor producten met een hoge EVR geen markt meer.

Productiefase

Milieueffecten van een gebouw kunnen worden onderscheiden in effecten van de productie, effecten van het gebruik en effecten van de sloop en recycling van het gebouw. Bij de berekening van de EVR kan dat onderscheid ook worden gemaakt. Zoals gezegd, gaat dit artikel in op de berekening van de EVR in de productiefase.

Elementenbegrotingen

Een belangrijke eigenschap van bouwprojecten is dat ieder project bestaat uit een combinatie van halfproducten die op de bouwplaats worden samengevoegd. Daarom kunnen we ervan uitgaan dat de milieubelasting van een bouwproject (dat is een gebouw in de productiefase) bestaat uit de milieubelasting van de halfproducten plus de milieubelasting van de assemblageactiviteiten, inclusief alle bijkomende werkzaamheden zoals werkvoorbereiding, bouwplaatsinrichting en management.

dr. ir. Tim de Jonge,
Winket voor de Bouw



Als we de milieubelasting uitdrukken in eekosten, kunnen we in principe dus de eekosten van een gebouw in de productiefase begroten op basis van 'eco-eenheidsprijzen' van bouwkundige elementen. Dat betekent dat het maken van een eekostenbegroting van een bouwproject praktisch zonder extra inspanningen kan gebeuren, als je een elementenbegroting gemaakt hebt voor de bepaling van de 'traditioneel' economische bouwkosten van dat project. Je moet dan natuurlijk wel beschikken over een database met 'eco-eenheidsprijzen' van de bouwkundige elementen die in het project voorkomen. Het probleem van het bepalen van de eekosten van een bouwproject is hiermee verlegd naar het bepalen van de eekosten van elementen.

LCA

Zoals gezegd, zijn de eekosten van een product de kosten van technische maatregelen die vervuiling en uitputting tegengaan. Het vaststellen van eekosten begint dus bij de bepaling van de hoeveelheid vervuiling en de mate van uitputting van grondstoffen, die een product met zich mee draagt. De best uitgewerkte methode voor die bepaling is de Levenscyclusanalyse (LCA) van het CML te Leiden (3).

Tabel 1.
Marginale preventiekosten voor de verschillende emissie-
klassen.
Prijspeil 1-1-2006
(exclusief BTW)

Emissieklasse	Marginale preventiekosten [€/kg]
Verzuring	6,75 SO _x equivalent
Eutrofiëring	3,20 PO ₄ equivalent
Zomersmog	3,15 VOC equivalent
Wintersmog	12,90 fijnstof
Zware metalen	714,00 Zn equivalent
Carcinogenen	12,90 PAH equivalent
Broeikaseffect	0,12 CO ₂ equivalent

Een groot nadeel van de LCA-methode is dat deze erg gecompliceerd is, alleen door specialisten kan worden uitgevoerd en veel tijd kost. Bovendien bestaat de uitkomst van een LCA behalve uit gegevens betreffende de uitputting van grondstoffen, uit een grote hoeveelheid gegevens betreffende allerlei soorten emissies, die bij het productieproces vrijkomen en die niet zonder meer met elkaar vergelijkbaar zijn.

Marginale preventiekosten

Er zijn verschillende methoden ontwikkeld om de uitkomsten van LCA-onderzoek beter hanterbaar te maken voor besluitvorming aangaande milieuvriendelijke productie. Voor de bouw in Nederland zijn op dit gebied behalve de EVR ook Eco-Quantum (4) en Green-Calc (5) beschikbaar. Deze methoden benaderen het probleem van het vergelijkbaar maken van emissies van verschillende producten in twee stappen:

- Eerst worden emissies die hetzelfde soort effect hebben bij elkaar gevoegd in klassen. Binnen een dergelijke klasse wordt vastgesteld welk gewicht elk van de erin voorkomende emissies heeft. Voor iedere klasse leidt dit tot een gewichtsequivalent uitgedrukt in de hoeveelheid van de belangrijkste vervuilende stof in die klasse. Alle emissies die bijdragen aan het 'broeikaseffect' worden bijvoorbeeld bij elkaar geteld en dan uitgedrukt in kg CO₂. Doorgaans worden voor deze classificatie van emissies de 7 verschillende klassen onderscheiden, die weergegeven zijn in tabel 1.
- De tweede stap bestaat uit het vinden van een wegingsprincipe, waarmee de verschillende klassen bij elkaar opgeteld kunnen worden. De EVR-methode maakt de verschillende klassen vergelijkbaar door voor elke klasse de 'marginale preventiekosten' vast te stellen. Deze marginale preventiekosten zijn gedefinieerd als de laatste en duurste maatregel, waarvan wordt aangenomen dat die nodig en voldoende is om een duurzame situatie te bereiken in een bepaalde regio. 'Als we deze maatregel nu hadden getroffen, hadden we naar verwachting een duurzame situatie gehad.'

Een uiteenzetting over de maatregelen achter de marginale preventiekosten voor de verschillende emissieklassen is te vinden in het proefschrift van Joost Vogtländer (2). In dit artikel wil ik volstaan met het overzicht van tabel 1, waarin de marginale preventiekosten voor de verschillende klassen worden vermeld.



Materialen, arbeid, materieel

Voor een groot aantal basismaterialen die in de industrie geproduceerd worden, zijn LCA's vastgesteld. In de Nederlandse bouwnijverheid moet je dan denken aan materialen, zoals baksteen, beton, staal, diverse houtsoorten, aluminium, PVC, polyurethaan, polystyreen enzovoort.

De LCA-uitkomsten van veel van die materialen zijn verzameld in databases zoals *Idemat* (6) en *Simapro* (7). In deze databases worden de verschillende emissies (ook) verzameld per klasse weergegeven. Het is daardoor voor de meeste basisbouwstoffen betrekkelijk eenvoudig de marginale preventiekosten (per emissieklasse en als totaal) vast te stellen. Ook de uitputting van grondstoffen is op basis van de gegevens uit de genoemde databases eenvoudig te kwantificeren.

Een praktisch probleem daarbij is dat in LCA's de hoeveelheid van alle stoffen wordt uitgedrukt in kilogrammen. Je zult dus om de ecokosten van bijvoorbeeld een dakplaat te kunnen bepalen niet alleen moeten weten uit welke basismaterialen die is samengesteld, maar ook hoeveel kilogram van elk van die basismaterialen erin verwerkt is. Bovendien moet je een inschatting maken van de milieu-effecten van de benodigde arbeid en het in te zetten materieel voor de samenstelling van de platen in de fabriek, het transport naar de bouwplaats en de verwerking van de platen op de bouwplaats; alles uiteraard uitgedrukt in ecokosten.

In de database van de *Winket Referentieprojecten Methode* (8) is op deze manier voor alle daarin voorkomende materialen, materieelinzet, onderaannemingsposten en arbeid een ecokosten-norm vastgesteld. In principe kan elke elementbegroting van de 'traditioneel' economische bouwkosten die met deze database gemaakt is, dus omgezet worden in een ecokostenbegroting.

EVR in de productiefase

Om een dergelijk project wat betreft zijn milieulast vergelijkbaar te maken met andere projecten, moet – zoals gezegd – ook de EVR, de ecokosten/waarde verhouding, bepaald worden.

Bij werkelijk uitgevoerde bouwprojecten wordt de EVR gegeven door het quotiënt van ecokosten en bouwkosten. Bij die projecten mag je er namelijk van uitgaan dat de kosten praktisch gelijk zijn aan de waarde van het resulterende bouwwerk. Als de waarde en de kosten van een project niet met elkaar overeenkomen, komt het project immers niet tot stand. Op basis van een elementbegroting met de *Winket Referentieprojecten Methode* kan dus direct de EVR van het begrote werk in de productiefase bepaald worden.

Projectanalyses

Het komende jaar zal in TBH en in verschillende andere vaktijdschriften aandacht besteed worden aan de presentatie van EVR-gegevens van gerealiseerde bouwprojecten. De bedoeling daarvan is (in betrekkelijk korte tijd) een refe-

Projectgegevens Eengezinswoningen Centrumplan Oudenbosch	
Opdrachtgever	Bernardus Wonen te Oudenbosch
Architect	Sturm Architecten te Roosendaal
Aannemer	Hoendervangers te Oud Gastel
Bouwperiode	2004 - 2005
Projectgrootte	34 woningen
Aantal bouwlagen	2 lagen (plus in sommige woningen een vliering)
Gebruiksoppervlakte per woning	115 m ² GBO (NEN 2580)
Bruto vloeroppervlakte per woning	158 m ² BVO (NEN 2580)
Bruto inhoud per woning	407 m ³ BI (NEN 2580)
ALGEMEEN	Een woningbouwproject in het kader van herstructurering in het centrum van Oudenbosch (NB). Het onderzochte project is de zogenaamde fase 1 en omvat 34 woningen. De gepresenteerde gegevens hebben betrekking op deelplan A, 16 woningen. Hoeveelheden en kosten per woning.
FUNDERING	Mortelschroefpalen.
SKELET	Begane grondvloer: ribcassette, verdiepingsvloer: kanaalplaat, bouwmuren: kalkzandsteen lijmelementen.
DAKEN	Prefab-dakelementen R _c =3,0 met betonnen dakpannen.
GEVELS	Baksteen, glaswol spouwplaten R _c =3,0, hardhouten kozijnen met HR++ glas.
BINNENWANDEN	Gipsblokken, op zolder volle wandspant, gezet stalen binnenkozijnen met opdekdeuren en schuifdeur.
VLOEREN	Cementdekvloer en vloertegels.
TRAPPEN	Dichte houten trap naar 1e verdieping, naar vliering vliezotrap.
PLAFONDS	Spuitwerk, binnenzijde kap: basisafwerking van dakplaat.
W-INSTALLATIES	CV ketel HR-107 CW3, Mechanische afzuiging CMLe gelijkstroom.
E-INSTALLATIES	Verlichting, 1-fase laagspanning NEN 1010: 2003.
T-INSTALLATIES	N.v.t.
INRICHTING	Eenvoudig keukenblok, standaard sanitair.
TERREIN	Buitenriolering, tegelbestrating, gaashekken.

Tabel 2.
Projectgegevens
Eengezinswoningen
Centrumplan
Oudenbosch

rentiekader op te bouwen, waarmee beslissers in nieuwbouw- en renovatieprojecten op verschillende niveaus in de besluitvorming de milieueffecten van de plannen in hun overwegingen kunnen betrekken.

In dit nummer wordt de serie geopend met een projectanalyse van de nieuwbouw van eengezinswoningen in het Centrumplan (1e fase) te Oudenbosch, zie tabel 2. Dit plan omvat 34 eengezinswoningen en is uitgevoerd in de periode eind 2004 – medio 2005. Inmiddels is in 2006 ook de 2e fase van het plan in uitvoering genomen. Dat omvat nog eens 15 eengezinswoningen en 18 appartementen.

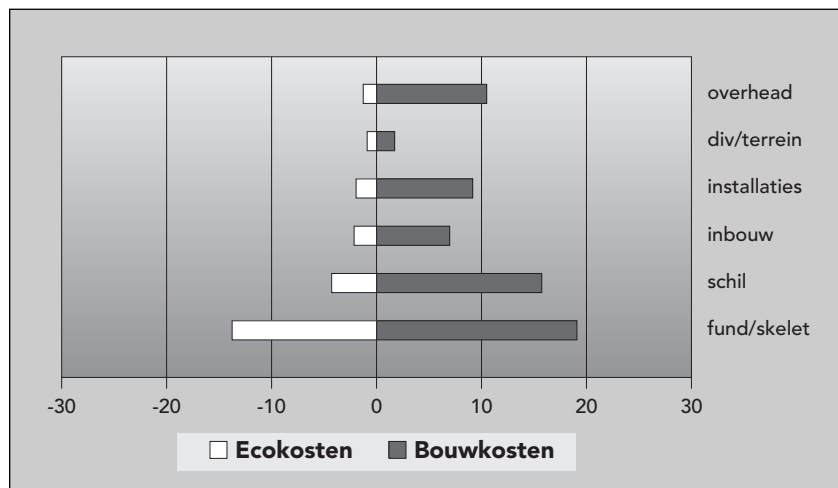
De analyse van de bouw- en ecokosten van het project in de productiefase is als volgt uitgevoerd.

Eerst is het bouwplan geanalyseerd in hoeveelheden elementen op niveau 4 van NEN 2634, de zogenaamde technische oplossingen. Ook de hoe-

veelheden op niveau 2 en 3 van NEN 2634 zijn bepaald. Vervolgens zijn de bouwkosten volgens de inschrijfbegroting waarop de gunning van het werk gebaseerd is, nauwkeurig toegedeeld aan de onderscheiden elementen op niveau 4.

Daarna is met de database van de *Winket Referentieprojecten Methode* een zogenaamde spiegelbegroting opgesteld. In principe mag deze begroting ten aanzien van de directe bouwkosten geen grote afwijkingen vertonen ten opzichte van de inschrijfbegroting. In het in deze TBH geanalyseerde project is de afwijking op het niveau van de directe bouwkosten – na correctie voor het prijspeil – minder dan 1%.

Ten slotte is de database met bouwkosten in de spiegelbegroting van het project vervangen door de database met ecokosten. Zo zijn de ecokosten van het project geraamd. Alle gegevens betreffende bouwkosten en ecokosten zijn vervolgens, uitgedrukt als kosten per (gemiddelde) woning



Grafiek 1.
Ecokosten versus bouwkosten

Tabel 3.

Eensgezinswoningen Centrumplan Oudenbosch

Eengezinswoningen Centrumplan Oudenbosch		Bouwkosten	Ecokosten	EVR	
Tabel naar NEN 2634 niveau 3					
BOUWKOSTEN EXCLUSIEF BTW		per 01-01-2006			
	Bouwkosten per m ² GBO	115 m ²	872	334	38%
	Bouwkosten per m ² BVO	158 m ²	635	243	38%
	Bouwkosten per m ³ BI	407 m ³	246	94	38%
2	BOUWKUNDIGE WERKEN				
2A	FUNDERING				
(11)	bodemvoorzieningen	68 m ²	1.644	359	22%
(13)	vloeren op grondslag	6 m ²	308	416	135%
(16)	funderingsconstructies	68 m ²	4.033	3.459	86%
(17)	paalfunderingen	68 m ²	1.744	432	25%
			7.729	4.666	60%
2B	SKELET				
(21)	buitenwanden (constructief)	65 m ²	4.496	1.111	25%
(22)	binnenwanden (constructief)	61 m ²	4.963	1.505	30%
(23)	vloeren (constructief)	142 m ²	8.438	12.033	143%
(27)	daken (constructief)	80 m ²	4.597	2.400	52%
(28)	hoofddraagconstructies	158 m ²	-	-	--
			22.494	17.049	76%
2C	DAKEN				
(27)	dakafbouwconstructies	80 m ²	3.395	1.448	43%
(37)	dakopeningen	1 m ²	234	123	53%
(47)	dakafwerkingen	80 m ²	2.055	701	34%
			5.684	2.272	40%
2D	GEVELS				
(21)	buitenwandafbouwconstructies	71 m ²	8.741	1.560	18%
(31)	buitenwandopeningen	23 m ²	10.468	2.943	28%
(41)	buitenwandafwerkingen	71 m ²	-	-	--
			19.209	4.503	23%

Eengezinswoningen Centrumplan Oudenbosch (vervolg)			Bouwkosten	Ecokosten	EVR
2E	BINNENWANDEN				
(22)	binnenwandafbouwconstructies	52 m ²	2.255	401	18%
(32)	binnenwandopeningen	23 m ²	2.013	657	33%
(42)	binnenwandafwerkingen	292 m ²	2.080	578	28%
			6.348	1.636	26%
2F	VLOEREN				
(23)	vloerafbouwconstructies	- m ²	-	-	--
(33)	vloeropeningen	3 m ²	154	142	92%
(43)	vloerafwerkingen	148 m ²	2.213	718	32%
			2.367	860	36%
2G	TRAPPEN, HELLINGEN, BALUSTRADES				
(24)	trappen en hellingconstructies	2 st	899	356	40%
(34)	balustrades en leuningen	9 m	453	340	75%
(44)	trap- en hellingafwerkingen	2 st	-	-	--
			1.352	696	51%
2H	PLAFONDS				
(45)	plafondafwerkingen	160 m ²	966	154	16%
			966	154	16%
					--
3	INSTALLATIES				
3A	W-INSTALLATIES				
(51)	bouwkundige voorzieningen	- m ²	-	-	--
(52)	afvoeren	158 m ²	1.568	258	16%
(53)	water	158 m ²	1.484	401	27%
(54)	gassen	158 m ²	662	61	9%
(55)	klimaatinstallatie: koeling	- m ²	-	-	--
(56)	klimaatinstallatie: verwarming	158 m ²	4.441	681	15%
(57)	klimaatinstallatie: luchtbehandeling	158 m ²	1.068	399	37%
(58)	klimaatinstallatie: regeling	- m ²	-	-	--
			9.223	1.800	20%
3B	E-INSTALLATIES				
(61)	electra algemeen	- m ²	-	-	18%
(62)	krachtstroom	- m ²	-	-	--
(63)	verlichting	158 m ²	3.048	778	26%
(64)	communicatie	158 m ²	324	55	17%
(65)	beveiliging	158 m ²	145	29	20%
(67)	gebouwbeheersvoorzieningen	- m ²	-	-	--
			3.517	862	25%
3C	T-INSTALLATIES				
(66)	lift en transport	- st	-	-	--
			-	-	--
4	VASTE INRICHTINGEN				
4A	(7-) vaste inrichtingen	158 m ²	1.864	394	21%
			1.864	394	21%
5	TERREIN				
5A	(90) terrein	50 m ²	2.688	1.444	54%
			2.688	1.444	54%
	TOTAAL DIRECTE BOUWKOSTEN		83.441	36.336	44%
6	(0-) ALGEMENE BOUWKOSTEN (bouwproject)		6.675	1.148	17%
	ALGEMENE BEDRIJFSKOSTEN (bouwbedrijf)		6.308	883	14%
	WINST EN RISICO (bouwbedrijf)		3.857	-	0%
	TOTAAL BOUWKOSTEN EXCLUSIEF BTW		100.281	38.367	38%

van deelplan A, gepresenteerd in de elemententabel op niveau 3 van NEN 2634, zie tabel 3. Daarin zijn ook de waarden van de EVR per element en van het totaal aangegeven. In de grafiek wordt de grote lijn nog eens in beeld gebracht, zodat een snel overzicht van het geheel verkregen wordt.

FSC-hout in Centrumplan Oudenbosch

De analyse van (het deelplan van) Centrumplan Oudenbosch laat een in grote lijnen een 'normale' bouwkostenverdeling zien voor het type woningen dat hier gebouwd is.

De opdrachtgever, Bernardus Wonen, heeft in dit project uitdrukkelijk gekozen voor kozijnen met een FSC-keurmerk. FSC staat voor Forest Stewardship Council (Raad voor Goed Bosbeheer). Deze organisatie geeft producenten van duurzame houtproducten een keurmerk (8). Zo kunnen afnemers zien dat de producten duurzaam geproduceerd zijn. Voor hardhouten kozijnen betekent dit o.a. dat het hout geproduceerd is op plantages en niet uit het (wilde) tropische regenwoud afkomstig is.

De keuze voor het FSC-keurmerk heeft naar schatting een meerprijs van € 825 per woning gekost. Aan besparing op ecokosten heeft het ruim € 4.250 opgeleverd. Dat bedrag vertegenwoordigt de preventiemaatregelen die gemoeid zijn met de uitputting van grondstoffen door niet-gecertificeerd tropisch hardhout; dat wil zeggen verwoesting van het regenwoud.

Op het niveau van de totale bouwkosten zou het niet toepassen van het FSC-keurmerk een verhoging van de EVR van 38% naar 43% hebben veroorzaakt. De toepassing kan dus aangemerkt worden als een maatregel met een substantiële bijdrage aan de beperking van de milieulast van het bouwen van dit type woningen.

Kijken we naar grafiek 1, dan valt direct op dat het overgrote deel van de ecokosten veroorzaakt wordt door de fundering en het skelet van de woningen. In de elemententabel zien we dat in het bijzonder de elementen (16) *funderingsconstructies* en (23) *vloeren* een forse bijdrage aan de ecokosten leveren, zie tabel 3. Nader onderzoek van dit gegeven heeft uitgewezen dat de ecokosten hier vooral samenhangen met de toepassing van beton. Een van de ingrediënten van beton is namelijk cement. En bij de productie van cement komen in de meeste gevallen grote hoeveelheden fijnstof in de lucht.

In Limburg heeft bijvoorbeeld de ENCI in 2002 al maatregelen genomen om de uitstoot van fijnstof bij de productie van cement terug te dringen (door elektromagnetische stofvangers). Als opdrachtgevers van bouwprojecten ertoe zouden overgaan 'fijnstof-vrije' cement en beton voor te schrijven, zou voor het milieu veel gewonnen kunnen worden. Voor de onderzochte woningen zou de reductie van door een dergelijke maatregel kunnen oplopen tot wel € 10.000 per woning! Daarmee zou in één klap de EVR voor het totaal van de bouwkosten voor deze woningen naar ongeveer 28% kunnen dalen.

De hele levenscyclus

Tot zover het kijkje in de keuken van het rekenen met ecokosten in de productiefase. In dit geval van woningen in Oudenbosch. Al eerder is aangegeven dat we er daarmee niet zijn. In het volgende nummer van dit blad vindt u dan ook nog een artikel over ecokosten in de gebruiksfase.

Referenties

1. Jonge, T. de. *Cost effectiveness of sustainable housing investments*. Delft: SUA, 2005.
2. Vogtländer, J. *The model of the Eco-costs/ Value Ratio*. Delft: DUP, 2001.
3. ISO 14041: *Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analyses*. ISO 1998.
4. IVAM, W/E adviseurs duurzaam bouwen. *Eco-Quantum*. Rotterdam: SBR, 1999.
5. Linden, K. van der, e.a. *Green-Calc*. Stichting Sureac, 2002.
6. Idemat.
Zie: www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat
7. Simapro.
Zie: www.pre.nl
8. FSC-keurmerk.
Zie: www.fscnl.org