

De milieu-impact van de Belgische tapijtketen

Rapport
Delft, maart 2010

Opgesteld door:
M.M. (Marijn) Bijleveld
M.N. (Maartje) Sevenster



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

M.N. (Marijn) Bijleveld, M.N. (Maartje) Sevenster
De milieu-impact van de Belgische tapijtketen
Delft, CE Delft, maart 2010

Milieu / Effecten / Vloerbedekking / Grondstoffen / Ketenbeheer / Afvalverwerking

Publicatienummer: 10.7882.23

Opdrachtgever: OVAM (Openbare Vlaamse Afvalstoffen Maatschappij).
Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Maartje Sevenster.

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.



Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
2	Afbakening	9
2.1	Algemene opzet	9
2.2	Aannames/scenario's/kentallen	10
3	Uitkomsten onderzoek	19
3.1	Poolmaterialen	19
3.2	Verwerkingsopties einde levensduur	22
3.3	Schakels van de tapijtketen	29
	Literatuur	35





Samenvatting

In opdracht van OVAM is een beknopte LCA-studie van de Belgische tapijtketen uitgevoerd, om informatie te bieden ter ondersteuning van ketensamenwerking in de tapijtsector. Hierbij is gebruik gemaakt van gegevens uit eerdere studies en literatuur. Daarnaast heeft overleg plaatsgevonden met Centexbel (Technisch en Wetenschappelijk Centrum voor de Belgische Textielnijverheid) en Fedustria (branchevereniging textiel-, hout- en meubelindustrie) over de tapijtopbouw. Gezien de doorlooptijd van het project is geen data vergaard via direct contact met de industrie. Het LCA-softwareprogramma Simapro is gebruikt om de diverse ketenstappen te modelleren en vervolgens de milieu-impact te bepalen. Vanwege de beperkte inventarisatie is de analyse beperkt tot klimaatimpact en energieverbruik, met uitzondering van de analyse van poolmaterialen.

Poolmaterialen

De materialen zijn beschikbaar in de Ecoinvent database, wat inventarisatie van een grotere range aan milieueffecten veroorzaakt. Wol heeft verreweg de grootste totale impact. Katoen heeft een hogere impact dan de kunststoffen, mede vanwege het landgebruik. Waterbehoefte is geen onderdeel van de vergelijking, maar speelt zeker een rol bij katoenproductie. Tussen de polymeren onderling is verschil te bemerken tussen het relatief eenvoudige polymeer PP en het wat complexere PA. Klimaatimpact en uitputting van fossiele bronnen zijn de twee voornaamste milieueffecten van kunststof.

Verwerkingsscenario's

Vershillende verwerkingsopties van zowel PP als PA6 zijn vergeleken op klimaatimpact en energieverbruik. Er is een verschil in rangvolgorde van verwerkingsscenario's volgens PP en volgens PA. Niet alle scenario's leveren milieuwinst op. Bij beide materialen levert verbranden van het gehele tapijt in de cementoven een relatief grote winst op. Feedstock recycling van PA scoort beter dan chemisch recyclen van PP. Twee scenario's voor mechanisch recyclen (terug tot granulaat) zijn onderzocht. In het algemeen levert het meest realistische scenario niet in alle gevallen milieuwinst op en is soms zelfs de minst preferabele optie in de huidige situatie. Er moet worden opgemerkt dat gegevens voor de recyclemethoden soms beperkt zijn, dat wellicht effectievere methodes bestaan en methodes verbeterd kunnen worden in de toekomst.

Keten

Grondstoffen leveren verreweg de grootste bijdrage aan de milieu-impact (klimaatimpact en energieverbruik), hier valt de grootste milieuwinst te behalen. Onderhoud is een niet te onderschatten factor, zeker bij lange levensduur, maar is uiteraard te prefereren boven vroegtijdige vervanging van het tapijt. Het verwerkingsscenario kan een significante bijdrage leveren aan het verminderen van de impacts. Productie draagt relatief weinig bij aan het geheel, waarbij (keuze van het) verfproces een grote invloed heeft. Er wordt soms veel lijm gebruikt bij het plaatsen. Optimalisatie ligt hier in een combinatie van hoge kleefkracht en lage milieu-impact.



Interpretatie van de resultaten

De resultaten volgen uit een beknopt LCA-onderzoek: er is gewerkt met beschikbare, maar niet altijd uitgebreide procesgegevens. Voor het trekken van stellige conclusies zijn meer gedetailleerde procesgegevens nodig, die direct afkomstig zijn van de industrie. Extra onderzoek is daarvoor nodig; dit was niet mogelijk in de tijdsspanne van dit onderzoek.

De resultaten geven een indicatie en zijn van toepassing op een gekozen standaardtapijt en enkele gekozen scenario's. Dit moet men in gedachten houden bij het beschouwen van de resultaten.



1 Inleiding

In het kader van het project ‘Ketensamenwerking tapijt’ is CE Delft door OVAM gevraagd om een aanvullend onderzoek te doen naar de milieu-impact van tapijt, toegespitst op de Belgische tapijtketen.

Er is gevraagd inzicht te geven in:

1. De milieu-impact van de verschillende schakels in de tapijtketen.
2. De milieu-impact van de verschillende componenten en grondstoffen van tapijt.
3. De milieu-impact van de lijm, benodigd voor de plaatsing van tapijt.
4. De milieu-impact van diverse opties voor verwerking van het tapijt.

Hiertoe is een beknopte LCA-studie uitgevoerd, waarbij gebruik is gemaakt van gegevens uit literatuurstudie en een eerder uitgevoerde studie (CE, 2008). De uitkomsten dienen ter inzicht, discussiemiddel en input voor het opstellen van actielijnen.

Methode en opzet

De studie bestaat uit een inventarisatie en analyse van gegevens uit de literatuur, die deels bestaan uit data op niveau van ingrepen (emissies, elektriciteitsgebruik) maar deels ook uit data op niveau van effecten, dus reeds gekarakteriseerde scores zoals klimaatimpact of cumulatief energiegebruik. In hoofdstuk 2 wordt de afbakening en de gebruikte gegevens besproken; in hoofdstuk 3 komt de uitkomst van het onderzoek en de bespreking daarvan aan bod.

Naast alom gebruikte poolmaterialen zijn doorgaans minder vaak gebruikte materialen, inclusief PLA, van biologische oorsprong, meegenomen bij het vergelijken van poolmaterialen. Lijm is ook beschouwd als een materiaal en toegevoegd aan de vergelijking tussen poolmaterialen.

Om de verschillende ketenstappen te kunnen vergelijken zijn scenario's opgesteld per ketenstap, waarvan het meest waarschijnlijke scenario is uitgekozen. Een uitzondering zijn de afvalverwerkingsscenario's die zowel onderling als toegepast op het standaardtapijt worden besproken.





2 Afbakening

Om de milieu-impact van de tapijtketen, het tapijt zelf en de additieven te bepalen wordt gebruik gemaakt van levenscyclusanalyse (LCA). In dit hoofdstuk wordt de algemene opzet van het onderzoek en de inventarisatie van gegevens besproken. In het erop volgende hoofdstuk wordt de analyse van de milieu-impact behandeld.

2.1 Algemene opzet

De analyse van de milieu-impact van tapijt is drieledig:

- tapijtmaterialen;
- de tapijtketen;
- verwerkingsopties van tapijt bij einde levensduur.

Inventarisatie

Allereerst wordt relevante informatie verzameld en gebruikt om alle materialen, scenario's en ketenstappen op te stellen in het LCA-softwareprogramma Simapro. Voor zover beschikbaar wordt gebruik gemaakt van de Ecoinvent database, waar nodig aangevuld met data uit andere bronnen.

Voor de analyse van de drie onderdelen is een standaardopbouw van een tapijt gedefinieerd dat als basis dient bij het vergelijken van verschillende materialen, ketenschakels en scenario's.

De volgende ketenschakels worden onderscheiden:

- winning van grondstof en verwerking tot halffabricaat;
- productieprocessen voor fabricage van tapijt;
- het plaatsen van tapijt met lijm;
- onderhoud;
- verwerking bij einde levensduur;
- transport.

Tussen de schakels van de keten vindt transport plaats. De transportroutes worden samengenomen en als één schakel in de keten beschouwd, om de impact van transport te kunnen vergelijken met overige ketenstappen.

Uitzonderingen zijn:

- transport van ruwe grondstoffen tot halffabricaten (dit wordt door Simapro automatisch meegenomen in de productie daarvan);
- het transport van lijm voor het leggen van tapijt zit inbegrepen bij de impact van de lijm zelf.

Impactanalyse

Na de inventarisatie volgt de impactanalyse. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van verscheidene methodes die beschikbaar zijn in Simapro. Waar mogelijk wordt de milieu-impact uitgedrukt in verscheidene effectcategorieën (ReCiPe-end-points), waarbij de relatieve impact van deze categorieën wordt besproken. Daarnaast worden de klimaatimpact (Global Warming Potential 100a (CO₂-eq.) IPCC, 2007) en energieverbruik (Cumulative Energy Demand) als 'single indicator' uitgelicht. In sommige gevallen is het, wegens gebrek aan gedifferentieerde data (en dus onvolledigheid van uitkomst), niet wenselijk de



milieu-impact in alle effectcategorieën uit te drukken. In dat geval is slechts gebruik gemaakt van klimaatimpact en energieverbruik als indicator van de milieu-impact.

2.2 Aannames/scenario's/kentallen

2.2.1 Opbouw van het tapijt

Om een inventarisatie te maken van materialen in tapijt en een vergelijking te maken van schakels in de keten is een keuze nodig voor een bepaalde opbouw als referentie.

Er is keuze tussen:

Type tapijt: getuft tapijt, naaldvilttapijt, geweven broadloom

Rugopties: synthetisch materiaal/jute/vilt, PE/PES

Vorm: kamerbreed tapijt, tapijttegel

Additieven: met of zonder brandvertrager

Wegens compleetheid van aanwezige gegevens is gekozen voor getuft tapijt met een pool van PA6.6 met brandvertrager. De globale opbouw van dit tapijt is ontleend aan het GUT-rapport (2009); middels extra bronnen is een gedetailleerde opbouw samengesteld. Uitgangspunt voor de opbouw is een vast tapijt (in tegenstelling tot tapijttegels of tapijt met een vaste maat (niet kamerbreed)) uit de middelste comfortklasse LC3.

Tabel 1 Comfortklassen

Comfortklassen (EN 1307)					
Klasse	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5
Poolgewicht (g/m ²)	<400	≥400	≥600	≥800	≥1.000

Tabel 2 Opbouw van het tapijt, als voorbeeld gebruikt in deze studie

Tapijtonderdeel	Verdeling GUT LC3 tapijt		Verdeling met extra gegevens		Percentage van totaal	Bron extra gegevens
Poolmateriaal	PA6.6	876,0 g	PA6.6	876,0 g	40,8%	GUT & IBU (2009)
Tuftdoek	PP/PES	107,4 g	PP (90%)	96,6 g	4,5%	Verhouding: Centexbel
			PES (10%)	10,7 g	0,5%	
Voorstrijk	AL(OH)3 SBR-Latex	560,4 g	AL(OH)3 (78,9%)	442,1 g	20,6%	Verhouding: patent, geverifieerd door Fedustria
			SBR Latex (21,1%)	118,2 g	5,5%	
Verbindingslaag	CaCO3 SBR-Latex	538,9 g	CaCO3 (65,6%)	353,5 g	16,5%	Verhouding: CE (2008)
			SBR Latex (34,4%)	185,4 g	8,6%	
Rugafwerking	PP/PES	64,4 g	PP (90%)	58,0 g	2,7%	Verhouding: aanname, zie verhouding tuftdoek
			PES (10%)	6,4 g	0,3%	
Totaal		2.147,0 g		2.147,0 g	100,0%	



Tabel 3 Het totale aandeel materialen

Totale aandeel materialen (gewichtsperscentage)	
Pool	40,8%
PP	7,2%
PES	0,8%
SBR Latex	14,1%
CaCO ₃	16,5%
Al(OH) ₃	20,6%

Deze opbouw moet gezien worden als een mogelijke opbouw. Centexbel geeft een andere rugopbouw aan dan het GUT-rapport (2009), deze is echter buiten beschouwing gelaten wegens gebrek aan gewichtspersentages. Bij het beschouwen van het onderzoek moet men in het achterhoofd houden dat dit onderzoek gebaseerd is op het gekozen type tapijt en dat waarden voor andersoortige tapijten verschillen.

De verhouding Al(OH)₃ is een aanname, geverifieerd door Centexbel, met als kanttekening dat in de praktijk andere verhoudingen mogelijk zijn. Al(OH)₃ wordt als brandvertrager toegevoegd, waarbij het CaCO₃ deels vervangt. Tapijten zonder brandvertrager (met massapercentage volledig CaCO₃ in plaats van Al(OH)₃) zijn ook verkrijgbaar.

Gegevens over milieu-impact van grondstoffen zijn afkomstig uit de Ecoinvent database.

2.2.2 Onderzochte poolmaterialen

Alom gebruikte poolmaterialen zijn PA6 (nylon 6), PA6.6 (nylon 6.6), PP (polypropyleen) en wol. Daarnaast zijn doorgaans minder vaak gebruikte materialen als PET (polyethyleentereftalaat), katoen en het biopolymeer PLA meegenomen bij het vergelijken van poolmaterialen.

Bij het vergelijken van de poolmaterialen is aangenomen dat tapijt met alternatieve poolmateriaal dezelfde gewichtsverhoudingen heeft als PA6.6 (Tabel 2) aangezien deze gebaseerd is op comfortklasse. PA6.6 wordt dus 1 op 1 vervangen door het alternatieve materiaal.

2.2.3 Productieprocessen voor fabricage van het tapijt

Voor het bepalen van de milieu-impact van de productie van tapijt wordt gebruik gemaakt van de LCA-data (eindresultaten) van het GUT-rapport (2009), aangezien dit de enige bron van data over tapijtproductie is.

LCA-data in dit rapport zijn eveneens op basis van Ecoinvent-data.

Het rapport onderscheidt drie productiestappen voor getuft tapijt: kleuren, tuften en samenvoegen van onderdelen.

- Het tuften geschiedt door middel van een machine waarbij een groot aantal naast elkaar geplaatste naalden de draad heen en terug door het tuftdoek halen. Daarbij worden lussen gevormd die al dan niet worden doorgesneden.
- Er bestaan verscheidene kleurmethoden, welke in de LCA allen naar aandeel zijn meegenomen. Onderscheid wordt gemaakt:
 - direct toevoegen van pigmenten aan kunststofgranulaat;
 - kleuren op waterbasis:
 - kleuren van de draad (voor tuften);
 - kleuren van het gehele tapijt (na tuften).
- Het samenvoegen van de onderdelen bevat het opstrijken van de voorstrijk met brandvertrager om de getufte polen te verzekeren. Daarna wordt de verbindingslaag en rugafwerking opgebracht.



Voor het stroomgebruik van de productieprocessen is de Belgische electriciteitsmix gebruikt, zoals beschikbaar in de Ecoinvent database: 'electricity, low voltage, at grid/BE'.

Gevoeligheid

Er is gebruik gemaakt van eindresultaten van een bestaande LCA (benodigde energie voor de processen). De exacte inputs zijn niet bekend: niet inbegrepen is invoer van verf/kleurstof. Om deze redenen is het niet mogelijk een gedetailleerde impactanalyse uit te voeren: er zullen emissies ontbreken.

2.2.4 Plaatsen en leggen van tapijt

Het leggen van tapijt kan op verschillende manieren: geheel verlijmen, randen vastzetten met dubbelzijdig tape, los leggen (zonder toevoegingen).

Het GUT-rapport baseert de waarde voor het plaatsen en leggen op het volgende:

- het los leggen van tapijt, fixeren (200 g/m²) en verlijmen (400 g/m²) worden elk voor een derde deel meegenomen;
- lijm is van de minst laagste emissieklasse (EC1, zeer emissiearm);
- transport lijm: 700 km met 14-20 ton truck.

Aangezien deze data ook het los leggen van tapijt meenemen, de opbouw van de lijm onbekend is en de transportafstand toegespitst is op de Duitse praktijk, hebben wij ook zelf een inschatting gemaakt van de impact van het leggen van tapijt. Hierbij is uitgegaan van:

- Ecoinvent-data: 'acrylic binder (34% in H₂O)';
- transport lijm: 41 km met 'lorry >16t, fleet average';
- lijmgebruik: er is gewerkt met een ondergrens (200g/m²) en bovengrens (500 g/m²).

De keuze voor acrylic binder en transportafstand is gemaakt aan de hand van datasheets van een algemeen gebruikte tapijtljm:

Naam	Solvix (900)
Merknaam	Sader
Type	Acrylaatlijm
Fabrikant	Bostik (Be)
Verbruik	300-500 g/m ²
Dichtheid	1,4 kg/l
Droge rest	76,5%
Solvent	<5%

In beide gevallen is eventueel gebruik van ondertapijt is niet in beschouwing genomen.



2.2.5 Transport

Als einddoel voor halfproducten voor tapijtproductie is Waregem gekozen. Hier is een grote tapijtfabrikant gevestigd. De producent van de gekozen lijm heeft productiefaciliteiten in zowel in Gent als Brussel.

Tabel 4 Inbegrepen transportroutes en afstanden

Product	Van	Tot	Afstand	Vervoersmiddel (Ecoinvent)	Herkomst getal
Granulaten en halfproducten	Fabriek EU	België	308 km	Lorry, 16-32 ton, Euro-3	Berekening op basis van locaties fabrieken (EU) en hun afstand tot België (gemiddeld 616 km)
			308 km	Freight, rail	
Katoenen garen	China	België	185.200 km	Transoceanic freight ship	Berekening havenafstanden Hong Kong-Antwerpen
			86 km	Lorry, 16-32 ton, Euro-3	Antwerpen-Waregem
Lijm	Fabriek België (Gent/Brussel)	Klant	41,4	Lorry, >16 ton, Euro-3	Gewogen gemiddelde gebaseerd op de tien grootste Belgische steden, hun inwonertal en de kortste afstand naar Gent ofwel Brussel
Tapijt	Fabriek België (Waregem)	Klant	93,9	Lorry, 1-32 ton, Euro-3	Gewogen gemiddelde gebaseerd op de tien grootste Belgische steden, hun inwonertal en afstand tot Waregem
Tapijt	Afval-inzamelaar	AVI	75	Lorry, 7,5-16 ton, Euro-3	CE, 2008 (Nederlandse waarde)

2.2.6 Onderhoud

Onderhoud van het tapijt hangt af van het reinigingsmiddel (stofzuiger, nat reinigen, intensief reinigen), frequentie van reinigen, de vuilheid van het tapijt en daarmee de reinigingsduur.

Het GUT-rapport gaat uit van een mix van reinigingsmiddelen en -scenario's. Fedustria geeft aan dat 80% van de verkochte tapijten bestemd is voor huishoudelijke markt, waar het tapijt over het algemeen alleen wordt gestofzuigd. Naar aanleiding van deze informatie hebben wij twee onderhoudscenario's opgesteld gebaseerd op stofzuigen alleen.



Tabel 5 Uitgangspunten onderhoudscenario's

Variabele	Waarde	Gebaseerd op
Vermogen	1.500-2.700 W	Meest voorkomende vermogens bij stofzuigers (vergelijk.nl)
Tijdsduur	15 s/m ²	
Frequentie	3 keer per week tot 1 keer per maand	Arbitrair gekozen

Onderhoudscenario's

- energieverbruik per jaar, gebaseerd op het gemiddelde van deze variabelen;
- energieverbruik per jaar, gebaseerd op deze variabelen, maar met vaste frequentie: 1x per week.

2.2.7 Verwerking van afval na inzameling

Een viertal verwerkingmethoden worden onderling vergeleken:

- verbranding van het gehele tapijt in een cementoven;
- verbranding van het gehele tapijt in een afvalverbrandingsinstallatie (AVI);
- mechanische recycling (terug naar granulaat);
- chemische/feedstock recycling (terug naar bouwsteen van het kunststof).

Mechanische recycling wordt opgesplitst in twee delen; er worden twee scenario's vergeleken:

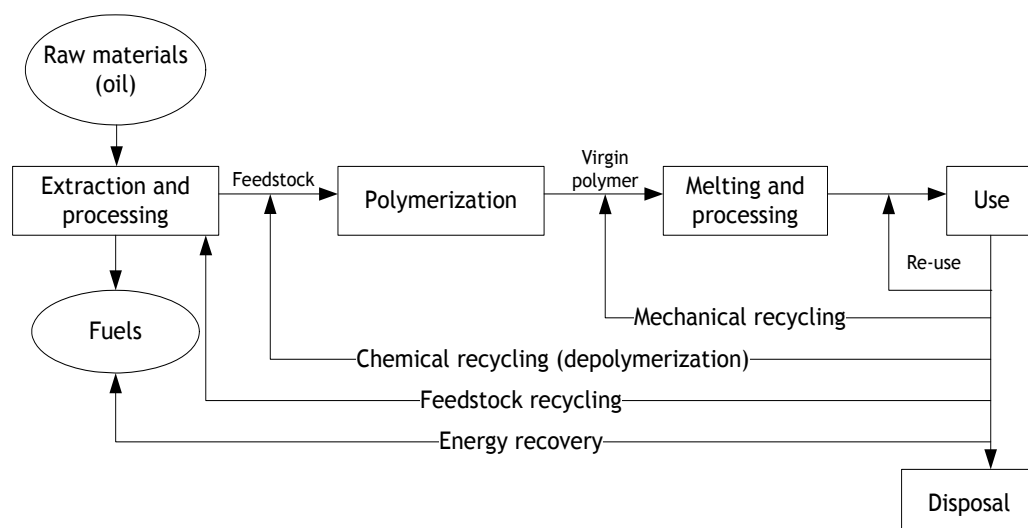
- mechanische recycling van (het te scheiden deel van) het poolmateriaal, waarbij het verkregen materiaal laagwaardig wordt ingezet; de rest van het tapijt wordt verbrand in een AVI;
- mechanische recycling van (het te scheiden deel van) het poolmateriaal, waarbij het verkregen materiaal hoogwaardig wordt ingezet; de rest van het tapijt wordt verbrand in een cementoven.

In de praktijk wordt ingezameld kunststof vaak als mix verwerkt (laagwaardig, eerste scenario). Vanwege complexiteit (en bijkomende hogere kosten) wordt het tweede scenario, het hoogwaardig inzetten van kunststof, in de praktijk minder toegepast.

Figuur 1 beeldt de relatie tussen verschillende verwerkingsopties en productie van kunststof producten uit.



Figuur 1 Relatie tussen verschillende verwerkingsopties



Bron: Perugini et al.

Aangezien PP en PA de meest voorkomende materialen in tapijt zijn, zijn verwerkingsscenario's opgesteld specifiek voor deze poolmaterialen. Voor de rug wordt de opbouw gebruikt zoals aangegeven in Tabel 2. Daarnaast wordt kort ingegaan op verwerking van PLA en wol.

Transport wordt niet meegenomen in de vergelijking van de verwerkings-scenario's vanwege omdat ook nog niet in de praktijk (in België) toegepaste verwerkingsmethoden worden beschouwd.

Stookwaarde

Bij verbranding van tapijt is de stookwaarde (lower heating value) van belang. Dit is de hoeveelheid energie die is opgeslagen in het materiaal en vrijkomt door verbranding en nuttig kan worden gebruikt. In dit rapport is uitgegaan van de volgende stookwaarden.

Tabel 6 Stookwaarden van onderzochte materialen

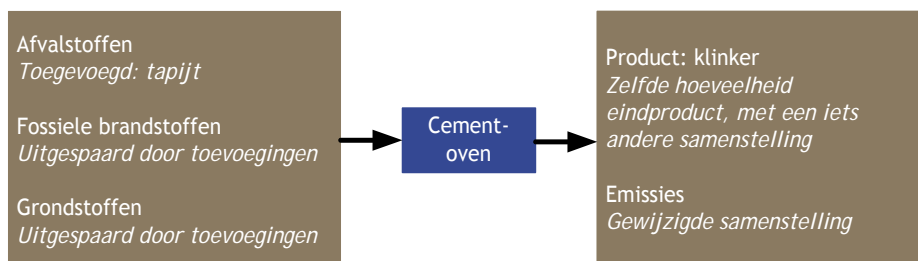
	Stookwaarde (LHV)		Bron
PP	41,01	MJ/kg	ECN (Phyllis database)
PA6	30,33	MJ/kg	ECN (Phyllis database)
PA6.6	30,33	MJ/kg	ECN (Phyllis database)
PA (gemiddeld)	30,33	MJ/kg	ECN (Phyllis database)
PET	22,95	MJ/kg	Ecoinvent database
PLA	17,9	MJ/kg	Patel et al., 2002
Wol	23	MJ/kg	Rapport Zwitserse textielfederatie
Katoen	17	MJ/kg	Rapport Zwitserse textielfederatie
Latex	39,66	MJ/kg	CE, 2008
CaCO3	-1,79	MJ/kg	CE, 2008
Al(OH)3	1,04E-03	MJ/kg	Ecoinvent



Verbranding in een cementoven

Een deel van het tapijtafval wordt ingezet als alternatieve brandstof in cementovens bij de bereiding van klinker, hoofdbestanddeel van Portland cement. Het gehele tapijt wordt in de oven verbrand. Cementovens worden voornamelijk gestookt op steenkool; de toevoeging van tapijt spaart dus steenkool uit.

Figuur 2 Invloed van tapijt op input/output cementoven



Figuur aangepast naar De Vos et al., 2007.

Bij de berekening van de hoeveelheid uitgespaard steenkool wordt uitgegaan van de stookwaarden (lower heating value) van de toegevoegde materialen. Bij verbranding van tapijtmateriaal met een stookwaarde van a MJ wordt een hoeveelheid steenkool met een stookwaarde van a MJ uitgespaard (CE, 2008). Specifiek wordt voor de opzet van dit verwerkingsscenario gebruikt:

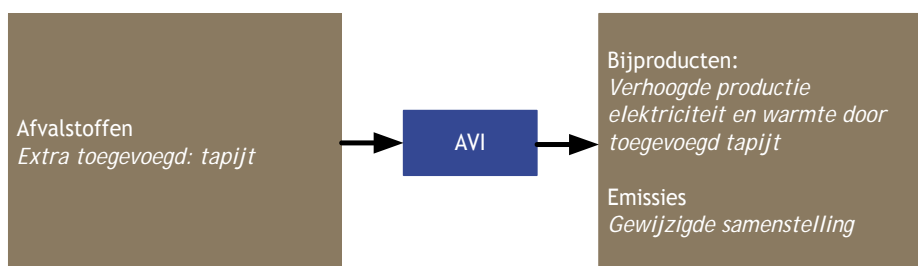
- Ecoinvent: 'hard coal supply mix/BE'.

Het grootste deel van tapijtafval wordt verbrand in ofwel cementovens als AVI's.

Verbranding in een AVI

In een AVI wordt allerhande afval verbrand, waarbij elektriciteit wordt opgewekt en vrijkomende warmte nuttig kan worden gebruikt (AEB, 2008).

Figuur 3 Invloed van tapijt op input/output AVI



Figuur aangepast naar De Vos et al., 2007.

Bij het berekenen van opgewekte elektriciteit en nuttig te besteden warmte wordt uitgegaan van de stookwaarden van de materialen in tapijt en de gemiddelde rendementen elektriciteitopwekking (22%) en warmteopwekking (7%). Bij verbranding van tapijt met een stookwaarde van b MJ wordt de productie van $0,22 \cdot b$ MJ elektriciteit en $0,07 \cdot b$ MJ hitte uitgespaard (CE, 2008).

Specifiek wordt voor de opzet van dit verwerkingsscenario gebruikt:

- Ecoinvent: 'electricity, low voltage, at grid/BE';
- Ecoinvent: 'Natural gas, burned in industrial furnace, low NO_x >100 kW'.

Mechanische recycling

Het mechanisch recyclen van tapijt is in het verleden onderzocht door CE Delft. Er is gebruik gemaakt van gegevens van een bedrijf (anoniem, CE, 2008) dat post consumer tapijt verwerkt. Volgens gegevens van dit bedrijf wordt per kg tapijtafval 850 g recycalaat verkregen. Er is dus sprake van materiaalverlies (85%). Energiebehoefte van het gehele proces is 0,85 kWh/kg. Het teruggewonnen kunststof is doorgaans een mix van kunststoffen en wordt op een lagerwaardige manier ingezet, bijvoorbeeld als straatpaaltjes of beschoeiing. Voor zowel mechanische recycling van PP als PA met laagwaardig hergebruik wordt dit kwaliteitsverlies tot uitdrukking gebracht met een kwaliteitsfactor van 75%. De laagwaardige inzet leidt niet tot uitsparing van virgin PA; dit materiaal wordt niet gebruikt in deze toepassingen. Ook bij het laagwaardig recyclen van PA wordt dus PP uitgespaard.

Bij het hoogwaardig hergebruik wordt wel het virgin materiaal uitgespaard. Voor het hoogwaardig hergebruiken van kunststof is uitgegaan van dezelfde data van het bedrijf (anoniem, CE, 2008) wat betreft materiaalverlies en energiebehoefte. Er zijn geen data achterhaald van hoogwaardig hergebruik in de praktijk. Daarom moet dit proces beschouwd worden als een fictief proces. Het is bijvoorbeeld goed mogelijk dat het complexe proces in werkelijkheid meer energie verbruikt.

Chemische/feedstock recycling

De verwerking van PA verschilt van de verwerking van PP, daarom zijn twee afzonderlijke scenario's opgesteld. Het scenario van PA is een voorbeeld van chemische recycling, het scenario van PP is een voorbeeld van feedstock recycling. Beide processen leveren een eindproduct dat gebruikt kan worden voor productie van hoogwaardig kunststof; er is dus geen sprake van kwaliteitsverlies van het materiaal.

Scenario PP

Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het gedeelte PP (70%) dat mechanisch gerecycled zou worden, in plaats hiervan wordt ingezet voor chemische recycling. De pool met tuftdoek wordt van de rug gescheiden, welke niet wordt gerecycled maar wordt verbrand in een AVI.

Er zijn meerdere mogelijke manieren om PP hoogwaardig te recyclen. LCA-gegevens (input-output) zijn beschikbaar over het Veba combi cracking (hydrocracking) proces (Perugini et al., 2005). Met dit feedstock recycling proces kan een mix van kunststoffen (polyolefinen (kunststoffen uitsluitend op basis van koolstof en waterstof) en PVC (<10%)) worden verwerkt tot ruwe grondstoffen voor nieuwe kunststoffen.



Tabel 7 Input en output van het Veba-proces

Input (oa)	Output (oa)	Equivalent (uitgespaard product)
Polyolefinen	1 kg Syncrude	0,822 kg Ruwe olie
Gas (natuurlijk)	4,62 MJ Gas fraction	0,09 kg Gas (natuurlijk)
Elektriciteit	0,96 MJ HCl	0,032 kg HCl
Stoom	0,112 MJ	

Scenario PA

PA wordt geproduceerd uit caprolactam. In Amerika wordt al op grote schaal caprolactam uit nylon tapijtafval teruggewonnen. Initiatieven in Europa om polyamide op grote schaal te recyclen, zoals in het RECAM-project en de PA2000-fabriek in Premnitz hebben het om economische redenen niet gered; enerzijds vanwege een tekort aan toevoer van polyamide tapijtafval, anderzijds omdat het destijds goedkoper was om te storten (CE, 2008)

Er zijn meerdere methoden voor het recyclen van PA6 en PA6.6. Ondanks de grootschalige toepassing bleek het niet mogelijk gekwantificeerde inputs en outputs van recycling van nylon tapijtafval te achterhalen. Met behulp van twee bronnen is een inschatting gemaakt:

1. Gedetailleerde beschrijving van het proces zoals uitgevoerd in Premnitz in 2000 (Schut, 2002).
2. Een indicatie van energieverbruik (65 MJ/kg) voor de winning van caprolactam uit nylon tapijtafval door SenterNovem (SenterNovem, energiezuinige productontwikkeling).

De achterliggende gegevens voor de berekening van chemische recycling zijn niet compleet en zeker, daarom moet de berekening beschouwd worden als een indicatie.

Voor het proces van de PA2000-fabriek in Premnitz wordt het tapijt in zijn geheel vermalen waarna de afzonderlijke materialen via bezinking van elkaar worden gescheiden. Hierbij wordt ook latex en hydroxides teruggewonnen voor gebruik als talc en wordt het PP uit de rug teruggewonnen om als (laagwaardig) vulmiddel voor vezelversterkt beton. Het PA wordt door middel van hydrocracking teruggebracht tot 99,9% pure caprolactam (Schut, 2002). Omdat teruggewonnen latex, hydroxides en PP op een lagerwaardige manier worden ingezet, wordt in dit rapport uitgegaan van een kwaliteitsverlies van 50%.

De verwerking van PA6 en PA6.6 geschiedt op gelijke wijze, maar de twee materialen kunnen niet samen verwerkt worden: de stromen moeten gescheiden blijven.



3 Uitkomsten onderzoek

3.1 Poolmaterialen

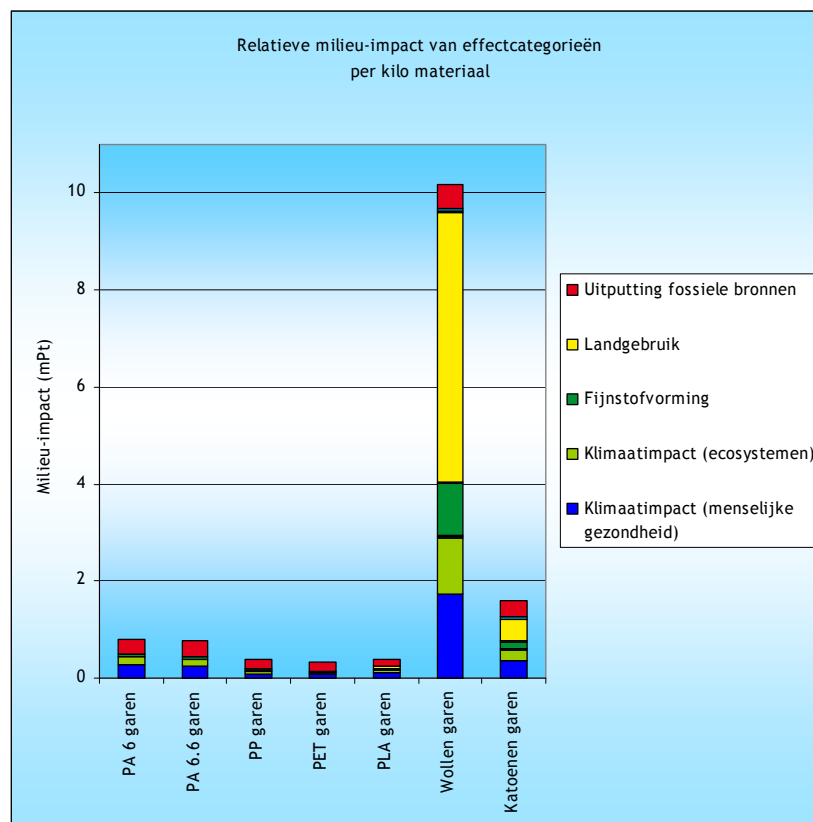
3.1.1 Vergelijking van materialen

Allereerst is de milieu-impact van poolmaterialen onderling vergeleken. Uitgangspunt is virgin materiaal, met de productie van draad inbegrepen. Bij wol en katoen is daarnaast het bewerken van draad (bleken, wassen, drogen) inbegrepen; de impact van draadproductie van katoen en wol is aangepast en vereenvoudigd (3 kWh/kg).

Inbegrepen in de Ecoinvent-data is de hoeveelheid opgenomen CO₂ door groei van maïs voor PLA, katoen. Deze komt weer vrij bij verbranding. (1,35 kgCO₂/kg PLA, 1,48 kgCO₂/kg katoen, 1,43 kgCO₂/kg wol)
De Ecoinvent-gegevens zijn gebaseerd op Amerikaanse wolproductie.

Figuur 4 toont de bijdrage van een 16-tal effectcategorieën aan de totale milieu-impact van een aantal materialen die als pool worden gebruikt (methode: ReCiPe-end-points). De milieu-impact wordt gedomineerd door een gelimiteerd aantal effectcategorieën: de meeste impacts zijn zo klein dat ze (bijna) wegvallen in Figuur 4. Alleen de vijf grootste impacts zijn weergegeven in de legenda.

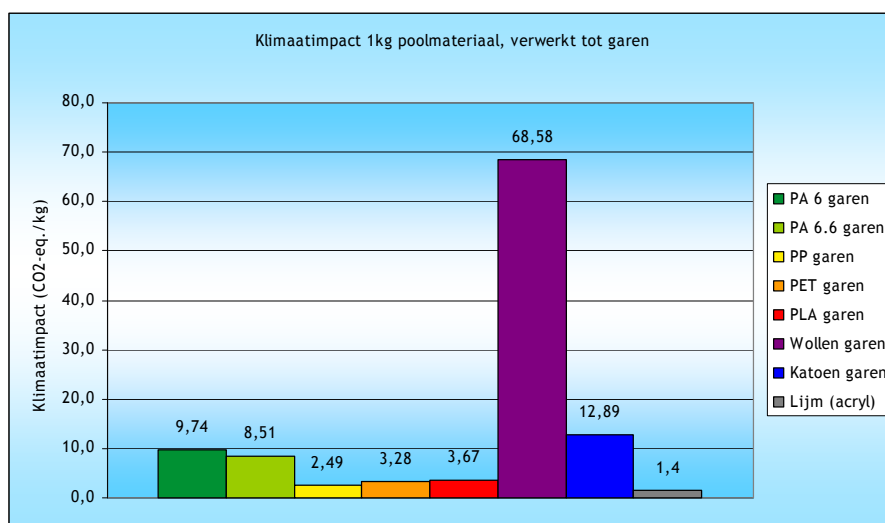
Figuur 4 Relatieve milieu-impact materialen



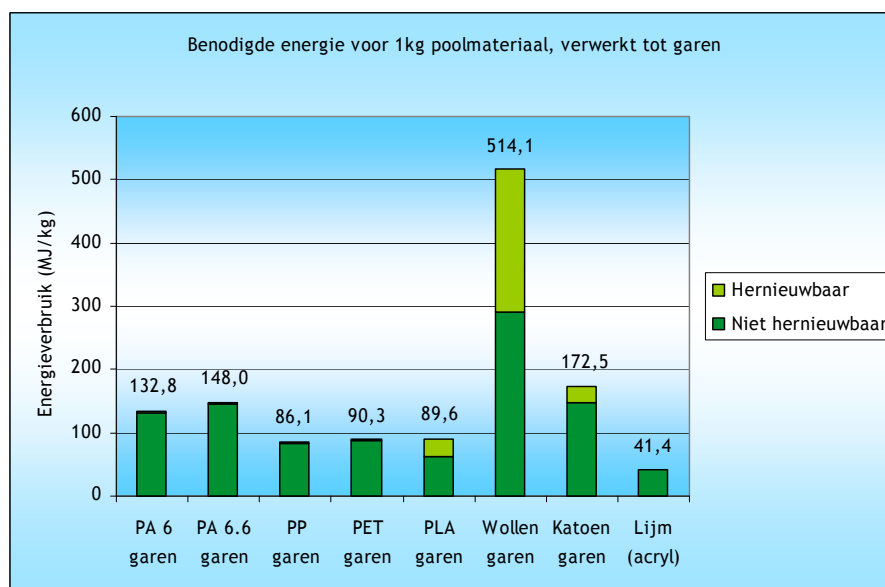
Klimaatimpact en uitputting van fossiele bronnen spelen een rol bij alle typen materialen. Daarnaast is landgebruik een effect dat een behoorlijke bijdrage kan leveren. Klimaatimpact wordt vaak gebruikt als maat voor de milieupact. Bij het vergelijken van de poolmaterialen onderling verschuift de rangvolgorde van materialen niet als ingezoomd wordt op de klimaatimpact. De klimaatimpact (IPCC 2007, GWP100) en de benodigde energie (Cumulative Energy Demand) voor productie van het materiaal, worden in deze paragraaf nader bekeken.

De lage bijdrage van landgebruik bij PLA is onverwacht; de Ecoinvent database geeft een lager landgebruik dan eerdere studies op basis van directe data van NatureWorks.

Figuur 5 Klimaatimpact poolmaterialen



Figuur 6 Energieverbruik poolmaterialen



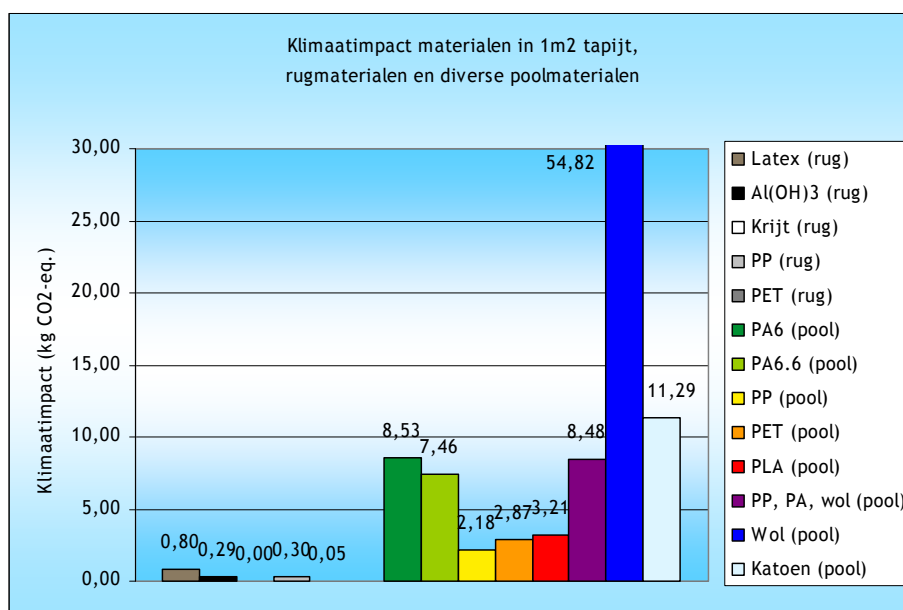
Wat direct opvalt, zijn de hoge waarden van wol. Voor wol zijn Ecoinvent-data gebruikt; de enige beschikbare gegevens zijn voor wol van Amerikaanse bodem. Omdat wol een dierlijk product is dragen heel andere factoren bij aan de milieu-impact dan bij de overige poolmaterialen. Een schaap levert 4,2 kg wol per jaar, maar moet daarvoor onderhouden worden en daarbij spelen factoren een rol als benodigd voer¹, uitstoot van gassen door vertering van dat voer. Dit draagt bij aan de hoge score voor klimaatimpact. Het grote aandeel hernieuwbare energie is voornamelijk toe te rekenen aan het voer, de niet-hernieuwbare energie aan het gebruik van stallen en de verwerking van wol.

Twee effecten, die echter wel van invloed zijn, komen bij deze analyse niet naar voren:

1. Indirect landgebruik. Dit speelt vooral bij PLA omdat de productie van PLA concurreert met voedselproductie: als de productie van PLA stijgt zal meer land in gebruik moeten worden genomen voor de verbouwing van maïs voor voedsel en zal er sprake zijn van verschuiving in landgebruik. Het in gebruiknemen van land brengt een extra CO₂-emissie met zich mee omdat land in natuurlijke staat veel meer CO₂ vastlegt dan gebruikland. Vooral het regelmatig omploegen van landbouwgrond zorgt voor een veel lagere opslag van koolstof dan in natuurlijke grond (CE, 2008).
2. Waterverbruik. Katoen is een zeer waterbehoevend gewas. Dit kan lokaal tot problemen leiden: inefficiënte irrigatie leidt bij de katoenteelt niet zelden tot ernstige verdroging van droge en kwetsbare gebieden (Milieu Centraal).

3.1.2 Vergelijking van tapijtopbouw

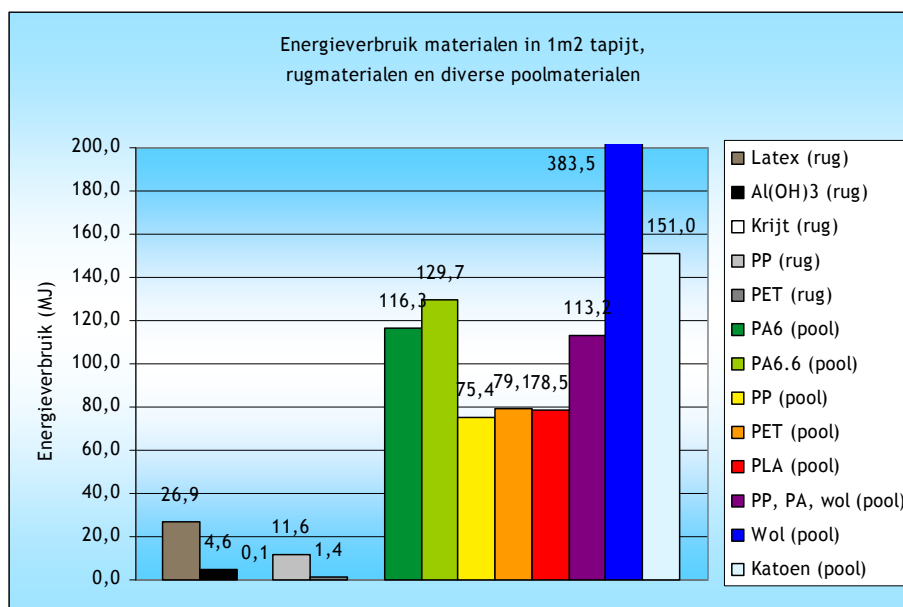
Figuur 7 Klimaatimpact van de backing en mogelijke poolmaterialen



¹ Soja en maïs; de Ecoinvent database gaat uit van schapenteelt in de VS die tamelijk intensief is.



Figuur 8 Energieverbruik van de backing en mogelijke poolmaterialen



Uit zowel klimaatimpact als energieverbruik blijkt dat het poolmateriaal een grotere bijdrage levert aan de totale impact van 1 m² tapijt dan de rugmaterialen latex en vulmateriaal. De bijdragen van Al(OH)₃ en krijt zijn gering en het verschil tussen het wel of niet toevoegen van brandvertrager (ter vervanging van krijt) heeft een verwaarloosbare invloed op klimaatimpact en energieverbruik.

Merk op dat deze waarden gebaseerd zijn op het standaardtapijt als gedefinieerd in paragraaf 2.2.1, met een poolgewicht van 876 g. De milieu-impact van een lichtere of zwaardere pool zal uiteraard verschillen van dit voorbeeld.

Consequenties andere opbouw backing door het gebruik van brandvertraging zijn miniem.

Tabel 8 Verschil tussen tapijt met en zonder brandvertrager

Impact	1 m ² tapijt, PA6.6 pool zonder brandvertrager (alles CaCO ₃)	1m ² tapijt, PA6.6 pool met brandvertrager
Klimaatimpact (CO ₂ -eq.)	8,69	8,97
Benodigde energie	171,2	175,7

3.2 Verwerkingsopties einde levensduur

Het onderzoeken van de verwerkingsopties van tapijt is zowel inclusief methoden die op grote schaal worden toegepast als methoden die potentieel toegepast kunnen worden, ongeacht of implementatie al plaatsvindt. Zoals eerder genoemd wordt mechanisch recyclen met hoogwaardig hergebruik in de praktijk minder toegepast dan recyclen met laagwaardig hergebruik.

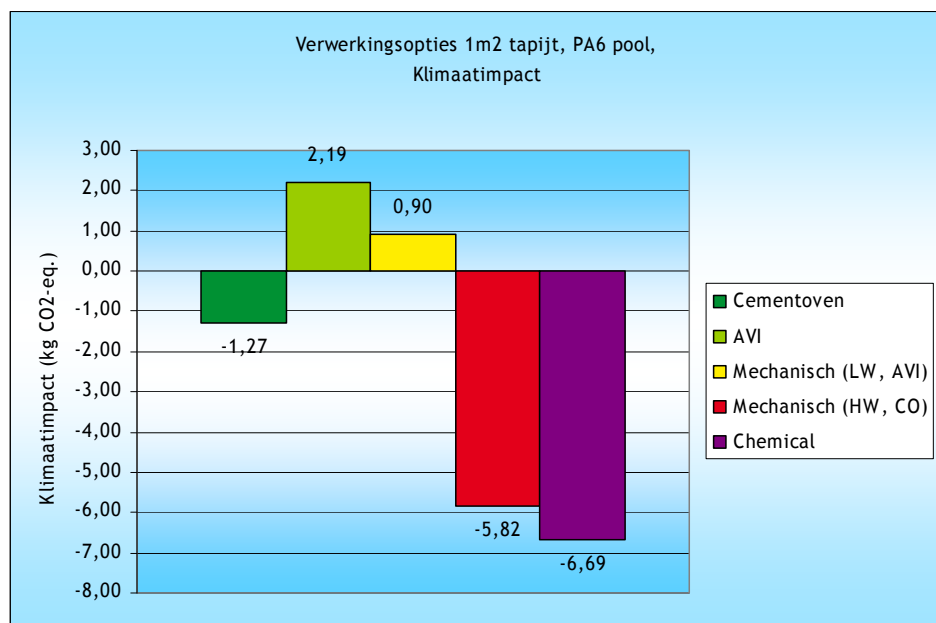


Er is onderscheid gemaakt tussen het verwerken van PA en PP aangezien deze de meest gebruikte poolmaterialen vertegenwoordigen en de methoden van recyclen verschillen. Een bijkomend voordeel van het apart behandelen van PA en PP is dat verschillen inzichtelijk worden tussen de twee kunststoffen, die qua productie en energie-intensiteit van elkaar verschillen: PA heeft een lagere stookwaarde dan PP en de productie van PA is relatief energie-intensief. PP daarentegen heeft een relatief hoge stookwaarde en de productie van PP is minder veelomvattend en energie-intensief dan de meeste kunststoffen.

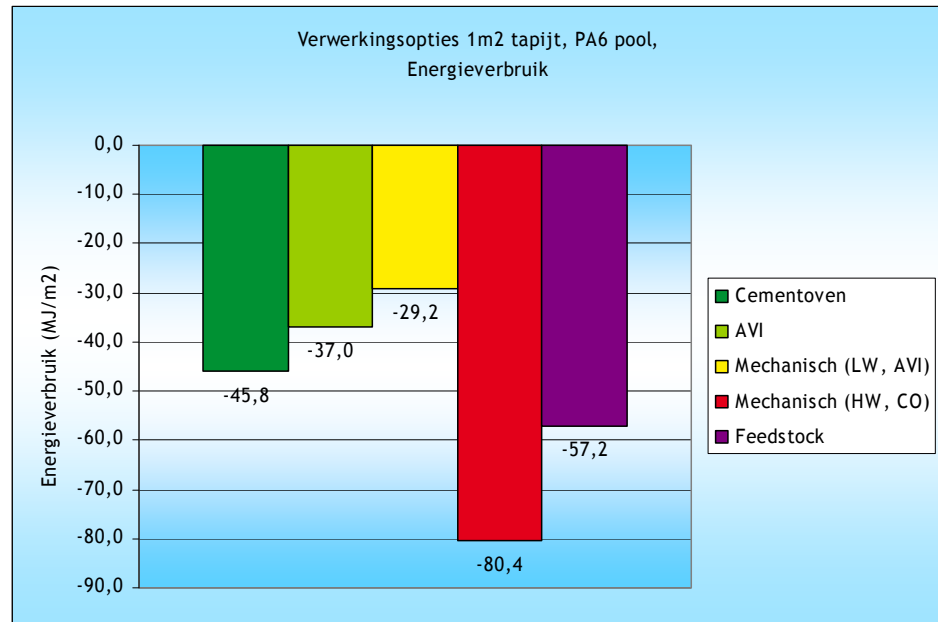
3.2.1 PA

De verwerking van PA is toegespitst op het verwerken van 1 m² tapijt, volgens de opbouw beschreven in Tabel 2, maar met een PA6 pool (in plaats van het eerder gebruikte PA6.6) omdat het chemische recyclingproces dat model staat voor het onderzoek alleen van toepassing is op PA6.

Figuur 9 Klimaatimpact verwerkingsopties PA6



Figuur 10 Energieverbruik verwerkingsopties PA6



Bij het beschouwen van de figuren blijkt:

- mechanisch recyclen met hoogwaardig hergebruik, verbranding van de rest in cementoven en feedstock recyclen komen het best uit de bus;
- verbranden in de cementoven scoort beter dan verbranden in de AVI;
- mechanisch recyclen met laagwaardig hergebruik en verbranding van de rest in de AVI scoort relatief slecht;
- wat betreft klimaatimpact is in sommige gevallen geen sprake van winst (geen uitgespaarde emissies): verbranding of recycling levert soms een extra emissie op.

Vergelijking cementoven en AVI

De figuren tonen dat verbranding in de cementoven te verkiezen is boven verbranden in de AVI, zowel energetisch als wat betreft emissies.

Qua klimaatimpact valt voor de cementoven de balans net gunstig uit, maar bij verbranding in de AVI zijn er meer emissies door het verbranden van het tapijt dan uitgespaarde emissies energieopwekking. Dit is te wijten aan het rendement van elektriciteitsopwekking (22%). Het uitsparen van steenkool (cementoven) is effectiever voor het besparen van emissies dan energieopwekking.

Een kanttekening: bij de berekening is uitgegaan van Nederlandse rendementgegevens maar van uitsparing van Belgische energie. De uitkomst is direct afhankelijk van het rendement, dus mocht het rendement van Belgische AVI's verschillen van de Nederlandse, dan verandert de verhouding cementoven/AVI ook.

Mechanische recycling, laagwaardig versus hoogwaardig

Voor beide processen geldt dat slechts een deel van het PA effectief gescheiden kan worden. Het verbranden in een AVI of cementoven draagt bij aan de (positieve of negatieve) belasting.

Laagwaardig hergebruik van kunststof, verbranding van rest in AVI:

Deze optie levert een positieve klimaatimpact op: het recyclen op deze manier brengt een extra impact met zich mee. Uitgespaarde emissies door

uitgespaard materiaal en opgewekte energie wegen niet op tegen de impact van scheiding- en recycleprocessen plus de emissies door verbranding. Energetisch biedt deze recyclingoptie wel voordeel, maar het minst van alle verwerkingsopties.

Dit komt door:

- Het verbranden in de AVI levert geen winst in klimaatimpact op.
- Er wordt geen PA uitgespaard, maar PP. PP heeft een lagere energie-intensiteit dan PA: het is met minder energie te produceren. Dit heeft zijn weerslag op de klimaatimpact: er wordt minder impact vermeden door uit sparen van PP dan wanneer PA zou worden uitgespaard.

Hoogwaardig hergebruik van kunststof, verbranding van rest in cementoven: Deze optie levert een duidelijke winst op, zowel qua klimaatimpact als energieverbruik. Het verbranden in de cementoven levert hier een bijdrage aan. Daarnaast is PA een complexer polymeer, met een complexer productieproces, dan PP: door PA uit te sparen worden er meer emissies en energie uitgespaard.

Zoals eerder aangegeven betreft het hier echter een fictief proces: de gegevens van mechanische recycling met laagwaardig hergebruik liggen er aan ten grondslag, maar daarbij is er van uitgegaan dat het PA hoogwaardig kan worden gebruikt. In werkelijkheid zal dit proces gecompliceerder zijn en waarschijnlijk meer energie verbruiken. Maar ook in dit geval is het waarschijnlijk dat deze optie beter zal scoren dan recycling met laagwaardig hergebruik.

Dit onderzoek geeft slechts een indicatie. Uitkomsten van dit onderzoek zouden beschouwd kunnen worden als een realistische en een best case scenario. Om stellig te kunnen concluderen dat mechanische recycling op hoogwaardige manier een significante winst op klimaatimpact en energieverbruik oplevert zijn industriedata nodig van een daadwerkelijk proces.

Feedstock recycling

Voor dit onderzoek is uitgegaan van beschikbare data, die zich beperkt tot een lijst met inputs en outputs en een indicatie van het energieverbruik. Daarnaast wordt door gelimiteerde achterliggende gegevens de waarde voor feedstock recycling ietwat gunstiger weergegeven dan in werkelijkheid: om werkelijkheid wordt caprolactam uitgespaard, maar hier is uitgegaan van het direct uitsparen van PA6. Caprolactam is de bouwsteen van PA6 en het eindproduct van het feedstock recyclingproces, daarom is het deze stof die in werkelijkheid wordt uitgespaard door recycling. Echter, caprolactam is niet beschikbaar in de Ecoinvent database, net zo min als de impact van polymerisatie. Als uitgespaard product is bij deze berekening uitgegaan van PA6 zelf en daardoor zal in werkelijkheid de waarde voor feedstock recycling dus minder gunstig uitvallen: de impact benodigd voor polymerisatie van caprolactam mist in de berekening. Er wordt verwacht dat dit slechts een kleine invloed heeft op het eindresultaat.

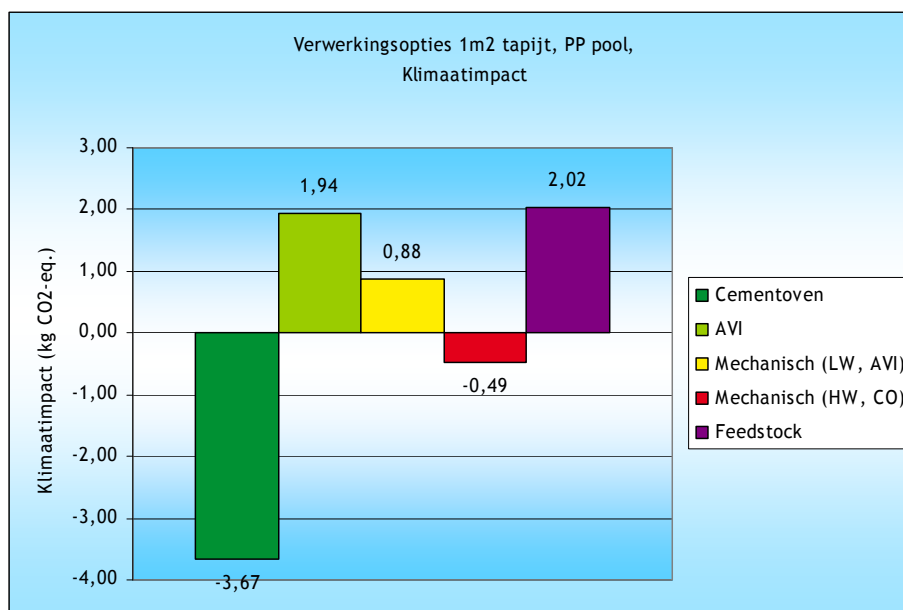
Ook hier geldt dat de waarde als indicatie moet worden beschouwd. Het is goed mogelijk dat feedstock recycling van PA leidt tot winst op het gebied van klimaatimpact en energieverbruik vergeleken met het produceren van virgin PA. Om echter stellig te kunnen concluderen dat feedstock recycling een significante winst op klimaatimpact en energieverbruik oplevert zijn industriedata nodig van een daadwerkelijk proces.

Uiteraard is het voordeel van beide recyclingopties wel dat uitputting en afhankelijkheid van fossiele grondstoffen wordt voorkomen.

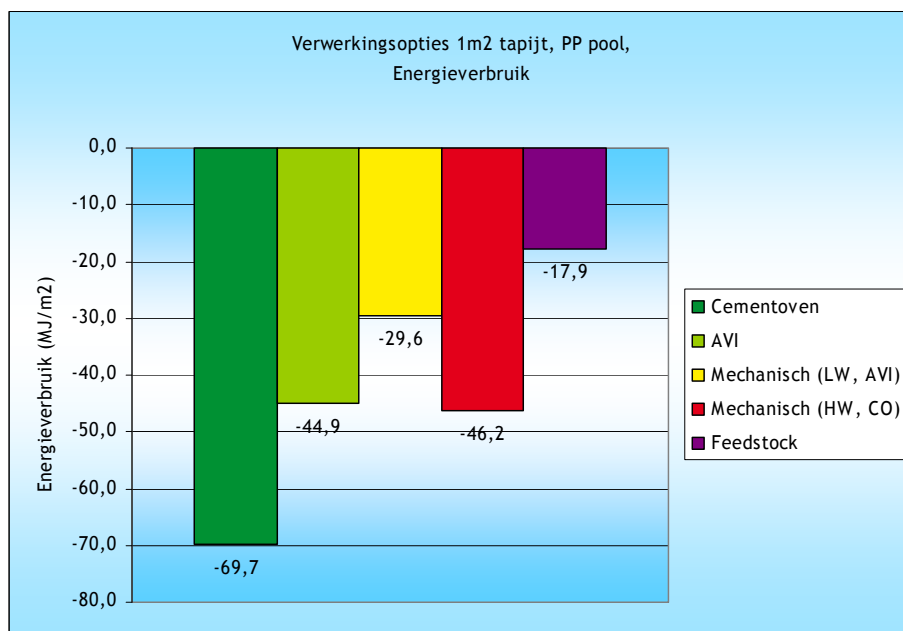


3.2.2 PP

Figuur 11 Klimaatimpact verwerkingsopties PP



Figuur 12 Energieverbruik verwerkingsopties PP



- Bij het beschouwen van Figuur 11 en Figuur 12 vallen de volgende punten op:
- het verbranden van het tapijt in de cementoven komt het best uit de bus;
 - mechanische recycling (zowel laag- als hoogwaardig) is te verkiezen boven feedstock recycling;
 - feedstock recycling scoort het slechtst;
 - drie van de verwerkingsopties leveren geen winst op wat betreft klimaatimpact;

- de rangvolgorde van verwerkingsopties van PP verschilt aanzienlijk van die van PA (zie ook Tabel 9 voor de uitkomsten van PP en PA op een rij).

De uitkomst van de analyse van verwerkingsopties van PP en de verschillen tussen PP en PA zijn voornamelijk te verklaren door het type kunststof: PP is een relatief eenvoudig kunststof (polyolefine, louter opgebouwd uit C en H) in vergelijking met PA, waar bij productie meer stappen voor nodig zijn (dit uit zich bijvoorbeeld ook in Figuur 4). PP heeft een relatief lage energie-intensiteit en een relatief hoge stookwaarde.

De hoge stookwaarde van PP ligt ten grondslag aan de hoge negatieve waarden van verbranden in de cementoven. De hoge stookwaarde heeft ook een gunstige invloed op het verbranden in de AVI, hoewel net als bij PA geldt dat vanwege het rendement van elektriciteitopwekking (22%) de milieuwinst door uitsparing beperkt blijft en wat betreft klimaatimpact geen winst oplevert.

De relatief lage energie-intensiteit van PP ligt ten grondslag aan de lage score van feedstock recycling ten opzichte van de andere verwerkingsopties (ook in vergelijking met het chemisch recyclen van PA). Voor het hydrocracken zijn relatief veel productiestappen nodig en het eindresultaat is synthetische olie (ruwe olie wordt uitgespaard) in plaats van een directe bouwsteen voor PP. Dit wordt verduidelijkt wanneer men Figuur 1 nogmaals bekijkt: het terugkeren naar een fase die ver afstaat van het eindproduct is voor een eenvoudig kunststof als PP een niet-effectieve methode. Vergeleken met het winnen van virgin PP uit ruwe olie leveren de processen om terug te keren van PP naar synthetische olie meer emissies en energieverbruik op. Dit verklaart waarom zoveel minder energie wordt bespaard door chemisch recyclen van PP dan door feedstock recyclen van PA.

Net als bij PA is er een verschil tussen de twee typen mechanisch recyclen. Ook hier kunnen de processen beschouwd worden als een realistisch proces en een best case proces.

Opvallend is dat verbranden in de cementoven te prefereren blijft boven het recyclen. Men zou hieruit kunnen concluderen dat alle tapijten met PP pool dus het liefst verbrand worden in de cementoven. Dit moet echter in perspectief worden gezien:

- Het aantal cementovens is toegespitst op de cementproductie. Extra cementovens bouwen om alle tapijten te kunnen verwerken heeft geen zin.
- Recyclingprocessen zijn onderhevig aan veranderingen, terwijl het verbranden van tapijt hetzelfde zal blijven opleveren qua emissies en energie. De recyclingprocessen zullen worden verbeterd door toepassing van nieuwe technieken. Het is goed mogelijk dat er op dit moment al betere processen zijn dan gebruikt zijn in deze studie. Extra onderzoek zou kunnen worden gedaan naar ontwikkelingen en state-of-the-art methoden en de milieueffecten daarvan.

Tabel 9 Verwerkingsopties vergeleken

Verwerkingsoptie	PA6	PP	PA6	PP
	Klimaatimpact (CO ₂ -eq.)	Klimaatimpact (CO ₂ -eq.)	Energieverbruik (MJ)	Energieverbruik (MJ)
Cementoven	-1,27	-3,67	-45,8	-69,7
AVI	2,19	1,94	-37,0	-44,9
Mechanisch (LW/AVI)	-0,90	0,88	-29,2	-29,6
Mechanisch (HW/CO)	-5,82	-0,49	-80,4	-46,2
Feedstock/chemisch	-6,69	2,02	-57,2	-17,9

3.2.3 Toekomstige ontwikkelingen

Naast dat recyclemethoden zelf in de toekomst zullen veranderen heeft de verandering van energiehuishouding invloed op de milieu-impact van verwerkingsscenario's. In deze studie is uitgegaan van de huidige Belgische stroommix. Wanneer in de toekomst energie uit hernieuwbare bronnen een grotere rol zou gaan spelen verandert de klimaatimpact door energieverbruik.

3.2.4 Specifieke verwerking van andere poolmaterialen

PLA

Wereldwijd de grootste producent van PLA, NatureWorks, geeft een overzicht van de mogelijkheden voor PLA bij einde levensduur (de precieze milieu-impacts zijn niet berekend):

- Composteren. PLA is biologisch afbreekbaar, maar alleen onder de juiste omstandigheden en in composteerfaciliteiten. Door middel van vocht en warmte wordt het PLA afgebroken tot kortere polymeren en zijn bouwsteen melkzuur, waarna het wordt gecomposteerd door micro-organismen (NatureWorks). PLA met keurmerk kan samen met GFT-afval worden verwerkt tot compost (NatureWorks, Milieu Centraal).
- Verbranding met energiewinst. De stookwaarde van PLA is 17,9 MJ/kg, wat lager ligt dan plastics (zie Tabel 6). Energetisch is verbranding een betere optie dan composteren (laagwaardig eindproduct).
- Recycling. Bij recycling is het van belang dat PLA kan worden geïdentificeerd uit een stroom van allerhande typen plastic, waarna het kan worden verwerkt. Meerdere technieken zijn mogelijk, maar worden in de praktijk nog niet toegepast (NatureWorks).
- Feedstock recycling. Door middel van hydrolyse kan PLA teruggebracht worden tot melkzuur, waar weer hoogwaardig PLA van kan worden gemaakt. Dit wordt in Amerika toegepast door NatureWorks en in België wordt door Galactic, in samenwerking met NatureWorks, een grootschalige faciliteit gebouwd gericht op inzameling van PLA-producten en feedstock recycling van PLA (NatureWorks).

Voor recycling van PLA is het noodzakelijk dat het PLA puur kan worden verwerkt. De huidige terugname en feedstock recycling richt zich dan ook vooral op producten zoals verpakkingsmateriaal en flessen. In het geval van tapijt is het noodzakelijk dat de PLA pool gescheiden kan worden van de rug en tuftdoek. De traditionele opbouw van tapijt is hiervoor niet ideaal.

Wol

DSM geeft aan dat wol uit tapijtafval kan worden toegepast in 'non-wovens': matten die kunnen worden toegepast als isolerende matten en ondertapijt.



3.3 Schakels van de tapijtketen

De milieu-impact van de verschillende schakels van de tapijtketen wordt onderling vergeleken. Hierbij wordt uitgegaan van 1 m² tapijt van middelste comfortklasse (LC3) met een levensduur van 20 jaar. Dit is conform de indicatie van Milieu Centraal die de levensduur op maximaal 20 jaar stelt. De opbouw van het tapijt is volgens Tabel 2 (met PA6.6 pool, totaal gewicht 2,15 kg).

3.3.1 Gekozen scenario's

Lijm

Tabel 10 Klimaatimpact en energieverbruik van verschillende lijmscenario's

Bron	Toepassing	Klimaatimpact	Energieverbruik, primair (MJ)
GUT LCA	200-400 g/m ²	0,29	3,1
Eigen berekening toegespitst op België	200 g/m ² ondergrens	0,29	8,3
	500 g/m ² bovengrens	0,72	20,7
	350 g/m ² (gemiddeld)	0,51	14,5

Zoals te zien is in Tabel 10 liggen de waarden van het GUT-rapport en de eigen berekening nogal ver uit elkaar. Omdat de inhoud van de lijm nogal onzeker is zou men hier de GUT-waarde kunnen beschouwen als het *best case* scenario en de eigen berekening (500 g/m²) als *worst case* scenario. Bij het vergelijken van de schakels in de tapijtketen is gekozen voor de eigen berekening omdat deze is toegespitst op de Belgische praktijk (transport en type lijm) en omdat de eigen berekening in opzet meer transparantie biedt. Voor het vergelijken van de schakels in de tapijtketen is de gemiddelde waarde genomen.

Onderhoud

De drie onderhoudsscenario's leveren het volgende energieverbruik.

Tabel 11 Energieverbruik van verschillende onderhoudsscenario's

Bron	Scenario	Energieverbruik, primair (MJ)
GUT LCA	Mix van onderhoudsscenario's en -middelen	4,4 MJ
Eigen berekening	Stofzuigen, gemiddelde waarde van 1.500-2.700 W, 15 s/m ² , 3 keer/week tot 1 keer/maand	6,0 MJ
	Stofzuigen, gemiddelde waarde van 1.500-2.700 W, 15 s/m ² , 1 keer/week	5,1 MJ

Bij het berekenen van het energieverbruik door onderhoud wordt uitgegaan van de standaard stroommix die men in België thuis geleverd krijgt. Voor de vergelijking van ketenstappen wordt gekozen voor de eigen berekening, om de redenen:

- Fedustria heeft aangegeven dat 80% van de tapijten voor de thuismarkt is bestemd waar stofzuigen vrijwel het enige onderhoud is;
- transparantie: bij de eigen berekening is het helder hoe deze tot stand is gekomen.



Er wordt gekozen voor het scenario '1 keer in de week' omdat dat het gemiddelde van de drie scenario's benadert. De analyse van de ketenstappen zodoende toegespitst op tapijt dat voor de thuismarkt is bestemd. Bij tapijt dat niet bestemd is voor de thuismarkt zullen levensduur en onderhoud verschillen van het gekozen scenario.

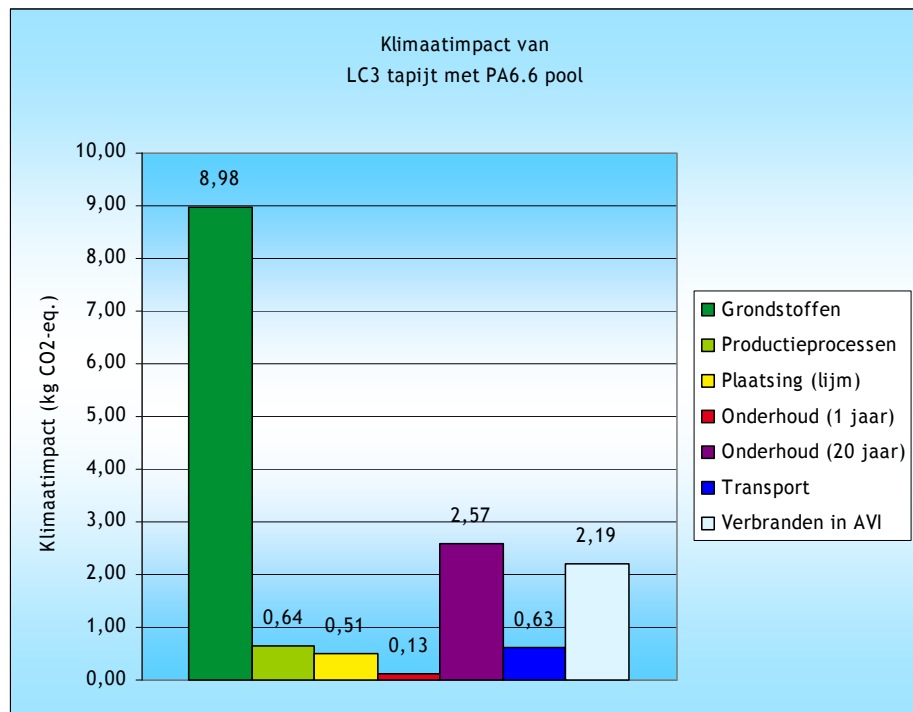
Verwerking

Bij het vergelijken van de schakels in de tapijtketen is uitgegaan van het verbranden van het gehele tapijt in de AVI, wat de tegenwoordig de meest toegepaste verwerkingsmethode is.

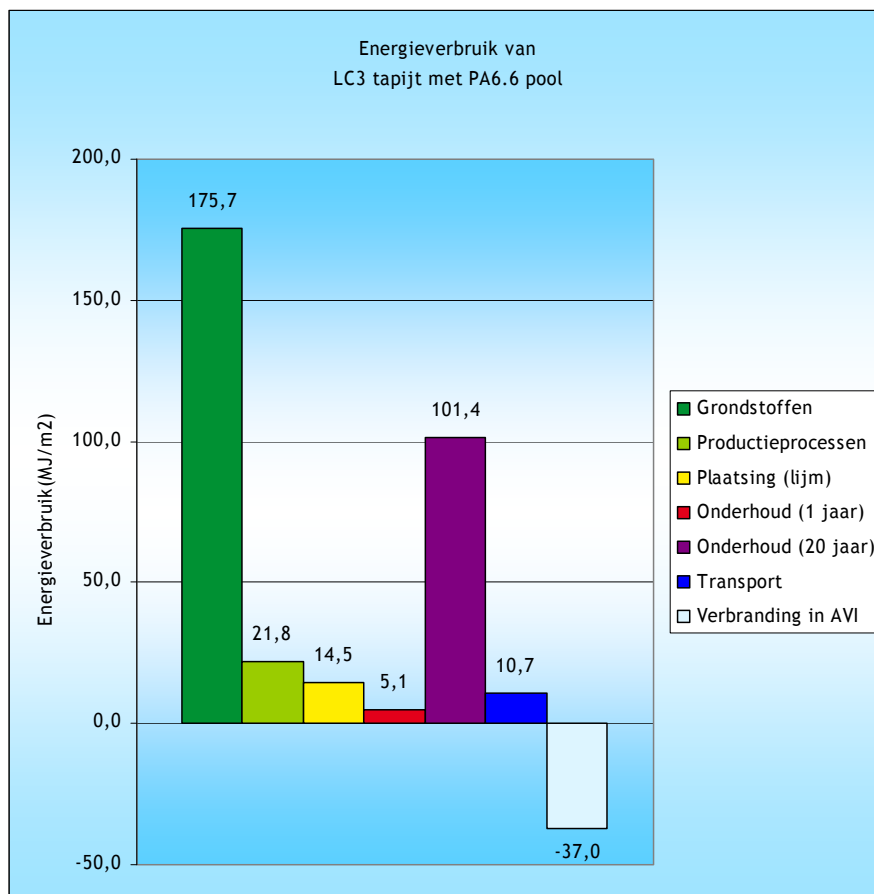
3.3.2 Milieu-impact van de tapijtketen en voorlopige conclusies

Omdat gedetailleerde impactanalyse niet mogelijk is vanwege het ontbreken van emissies door het gebruik van eindresultaten van een bestaande LCA worden de ketenstappen onderling slechts vergeleken op klimaatimpact en energieverbruik.

Figuur 13 Klimaatimpact ketenstappen



Figuur 14 Energieverbruik ketenstappen



Voor zowel klimaatimpact als energieverbruik geldt dat de grondstoffen verreweg de hoogste bijdrage leveren. Het onderhoud heeft een aanzienlijke bijdrage. Een milieu-impact door (noodzakelijk) onderhoud is echter te prefereren boven vroegtijdige vervanging van het tapijt. Transport heeft een relatief klein aandeel in de totale milieu-impact.

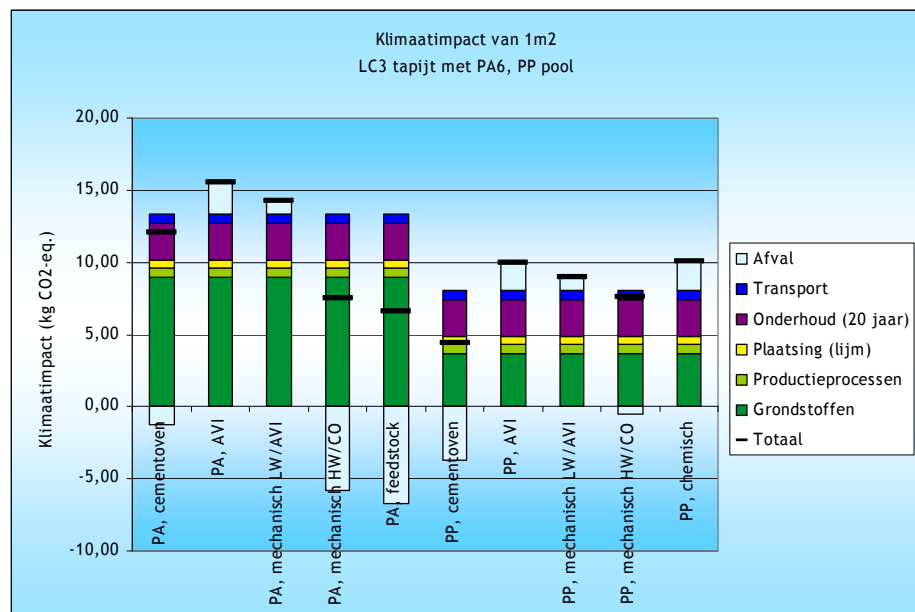
De beste optie om de milieu-impact terug te dringen is het verminderen van de impact door grondstoffen. Bij deze analyse is uitgegaan van virgin materiaal als grondstof. Uit de vergelijkingen van afvalverwerkingsscenario's wordt duidelijk dat het vervangen van virgin materiaal door gerecycled materiaal niet in alle gevallen leidt tot een winst qua klimaatimpact. Alleen door gebruik van chemisch gerecycled PA is de klimaatimpact te verminderen. Energetisch gezien is het gebruik van gerecycled materiaal wel winstgevend.

Het kleurproces vergt de meeste energie van de drie productieprocessen (tuften, kleuren, samenvoegen). Van de mogelijke manieren om tapijt te verven is het verven van het hele getufte deel in verwarmd bad dan drogen het meest energie-intensief. Verwacht wordt dat het verven van de draad voor tuften minder energie kost omdat daar een kleiner verfbad voor nodig is en dus minder vloeistof hoeft te worden verwarmd. Minst belastende optie (alleen voor kunststoffen) is het toevoegen van kleurstof direct aan het granulaat.

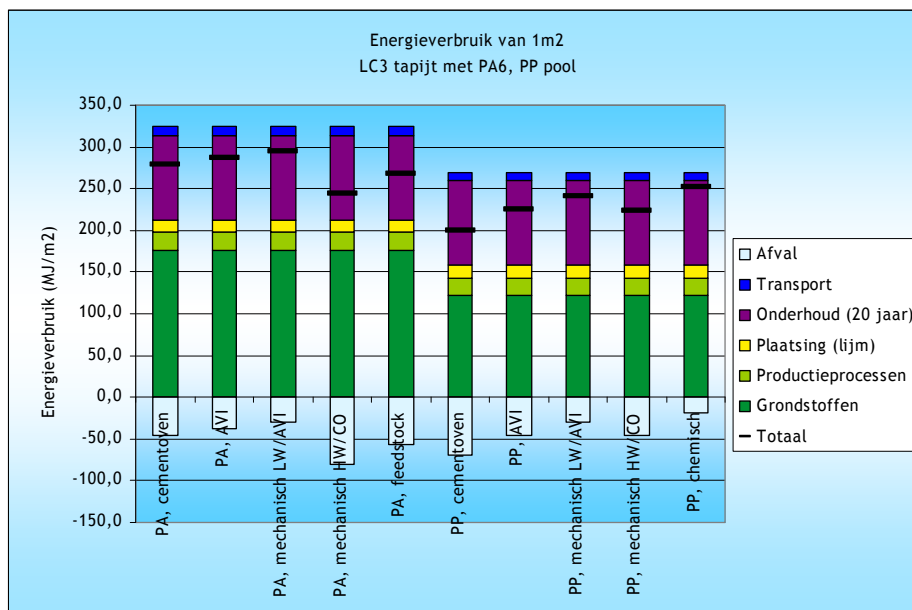
Eerder is aangegeven dat de resultaten van het gebruik van lijm niet eenduidig zijn. De milieu-impactorde van de lijm is aangegeven in orde van grootte. Het gebruik van de lijm, de toepassing per m², is een factor waar met zekerheid over te zeggen is dat deze van direct belang is voor de milieu-impact. Zo zou het kunnen dat een krachtige lijm met relatief hoge milieu-impact een lagere totale milieu-impact heeft dan een lijm met lagere milieu-impact, maar tevens ook lagere kleefkracht zodat meer gebruikt moet worden. Er is meer gedetailleerde informatie over lijmopbouw nodig om uitspraak te kunnen doen over dit soort vragen alsmede de precieze impact van vluchtige stoffen ten opzichte van impact van lijmopbouw.

In Figuur 15 en Figuur 16 worden de impacts van verwerkingsopties van PA en PP met elkaar vergeleken.

Figuur 15 Vergelijking klimaatimpact ketenstappen van zowel PP als PA pool, met verschillende verwerkingsopties



Figuur 16 Vergelijking energieverbruik van ketenstappen van PP en PA pool, met verschillende verwerkingsopties



Wat betreft totale milieu-impact is PP, gerecycled of virgin, een betere keuze dan PA als poolmateriaal, met als uitzondering het feedstock gerecyclede PA en het 'best case scenario' mechanisch recyclen.

Het kiezen voor een materiaal met een lage milieu-impact per kilogram heeft grote invloed op het verlagen van de milieu-impact van het tapijt. Volgens deze analyse levert het gebruikmaken van feedstock gerecycled materiaal voor PA ook een grote bijdrage aan verlagings van de milieu-impact. Wederom wordt hier duidelijk dat recycling van PP betrekkelijk weinig directe milieuvordelen heeft ten opzichte van verbranding, omdat PP een hoge energie-inhoud heeft en een relatief lage toegevoegde energie bij productie. Dit betekent dat bij recyclage al snel meer energie gebruikt wordt dan in het virgin proces en dat bij verbranding per kg relatief veel directe fossiele energie wordt 'uitgespaard'. De uitkomst geldt niet alleen voor klimaatimpact, maar ook voor uitputting van fossiele grondstoffen, omdat zowel PP zelf (feedstock) als de toegevoegde grotendeels energie fossiel zijn. Dit kan echter in de toekomst worden beïnvloed door het gebruik van andere energiebronnen dan de bronnen die ten grondslag liggen aan de huidige Belgische energiemix die is gebruikt in deze studie. In hoeverre duurzame bronnen een verandering teweegbrengen is onderwerp van andere studies.



Literatuur

AEB, 2008

Maximaal rendement uit afval

Amsterdam Gemeente Amsterdam Afval Energie Bedrijf (AEB), 2008

Beschikbaar op: <http://www.afvalenergiebedrijf.nl/home.aspx>

CE, 2008 (vertrouwelijk)

M.N. Sevenster, M.B.J. Otten

Hergebruik Tapijt : VT-VNTF rekenvoorbeelden recycling

Delft : CE Delft, 2008

GUT & IBU, 2009

Umwelt - Productdeklaration Textiler Bodenbelag - Getuftete Nuttschicht 100% PA6.6

Aachen ; Königswinter : Gemeinschaft Umweltfreundlicher Teppichboden e.V. (GUT); Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU), 2009

Patel et al., 2002

M. Patel, C. Bastioli, L. Marini, E. Würdinge

Life cycle assessment of biobased polymers and natural fiber composites

Chapter in the encyclopedia 'Biopolymers', vol. 10, Wiley-VCH, 2003,

p. 409-452

Perugini et al., 2005

F. Perugini, M.L. Mastellone, U. Arena

A Life Cycle Assessment of Mechanical and Feedstock Recycling Options for Management of Plastic Packaging Wastes

Napels : Department of Environmental Sciences, University of Napels, 2005

Schut, 2002

J.H. Schut

Nylon recycling process - Close-Up On Technology - Recycling

In : Plastics Technology online

Beschikbaar op: <http://www.ptonline.com/articles/200205cu2.html>

De Vos et al., 2007

Suzanne de Vos, Jochen Görtzen, Evert Mulder, Tom Ligthart en Wilfrid Hesseling (TNO Industrie en Techniek)

Aanpak van industrieel afval

Cementovens vergeleken met verbrandingsovens - Een milieuvergelijking

Beschikbaar op:

<http://www.coprocessing.info/nl/afvalbehandeling/index.htm>

Websites

DSM

Gezamenlijk persbericht van DSM, EniChem, GUT en TFI, 26 april 1999

Europees kringloopsysteem voor recycling van 1 miljoen ton tapijtafval haalbaar

http://www3.dsm.com/newsarchive/1999/-nl/g_recam01_nl.htm



ECN (Phyllis)
Phyllis database for biomass and waste
<http://www.ecn.nl/phyllis>
Petten : Energy research Centre of the Netherlands (ECN)

Milieu Centraal
Verpakkingssymbolen
<http://www.milieucentraal.nl/pagina.aspx?onderwerp=Verpakkingssymbolen>

Milieu Centraal
Vloeren en vloerbedekking
<http://www.milieucentraal.nl/pagina.aspx?onderwerp=Vloerbedekking>

NatureWorks
Verwerkingsopties PLA
<http://www.natureworkslc.com/the-ingeo-journey/end-of-life-options.aspx>

SenterNovem
Energiezuinige productontwikkeling, energiewinst door ReCap® gerecyclede caprolactam
http://www.senternovem.nl/mmfiles/ee28%20-%20Energiezuinige%20productontwikkeling_tcm24-272972.pdf

