



## Milieu-informatie textiel



**CE Delft**

Committed to the Environment

## Milieu-informatie textiel

CE Delft, augustus 2015

**Het rapport is geschreven door:**

M.M. (Marijn) Bijleveld

G.C. (Geert) Bergsma

Delft, 31 augustus 2015

Publicatienummer: 15.2F45.35

Textiel / LCA / Ketenbeheer / Katoen / Milieufactoren / Transport / Hergebruik

Opdrachtgever: Milieu Centraal

Alle openbare CE-publicaties zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Marijn Bijleveld.

© copyright, CE Delft, Delft

**CE Delft**

**Committed to the Environment**

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving.

Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.

# Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
1.1	Dit rapport	3
1.2	De textielketen	3
1.3	Aanpak milieuanalyse	4
<b>2</b>	<b>Milieuanalyse, ranking</b>	<b>9</b>
2.1	Inleiding	9
2.2	Resultaten en ranking	9
2.3	Vergelijking met de Higgs-index	16
2.4	Made-By	18
2.5	Details, bespreking van afzonderlijke vezeltypen	20
2.6	Consumentenkeuzes door Anton Luiken	33
<b>3</b>	<b>Andere ketenaspecten</b>	<b>35</b>
3.1	De bijdrage van transport	35
3.2	Recycling van vezels	36
3.3	Bijdrage aan de <i>plastic soup</i>	38
<b>4</b>	<b>Specifieke producten</b>	<b>45</b>
<b>5</b>	<b>Samenvatting: conclusies op een rij</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografie</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage A</b>	<b>Tabellen milieu-impact</b>	<b>54</b>
A.1	Milieuresultaten	54
A.2	Higgs-index	55
<b>Bijlage B</b>	<b>Overzicht vezels en productietechnieken</b>	<b>56</b>
<b>Bijlage C</b>	<b>Transportscenario's</b>	<b>58</b>
C.1	Transport vanuit USA	58
C.2	Transport vanuit Turkije	59
<b>Bijlage D</b>	<b>Toelichting op de ReCiPe-methode</b>	<b>60</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Dit rapport

Dit rapport dient als naslagwerk voor Milieu Centraal, ter gebruik bij consumentenvoorlichting over de milieu-impact van textiel. De kern van het rapport wordt gevormd door de milieu-impact van textielvezels, op het niveau van textieldoek en een ranking op basis van de milieu-impact. Deze ranking wordt vervolgens vergeleken met twee andere bestaande rankings, die van de Higgs-index en van Made-By.

**Hoofdstuk 2** In het rapport wordt een aantal vezeltypen eruit gelicht en nader besproken, bijvoorbeeld omdat er varianten zijn (biokatoen versus conventioneel katoen) of omdat er discussie is over de milieu-impact. Als gevoeligheidsanalyse wordt de impact van verandering in productieprocessen besproken, zoals dikte van de draad en weven versus breien.

**Hoofdstuk 3** Na bespreking van ranking en de vezeltypen gaan we in op drie onderwerpen die ook van belang zijn voor de milieu-impact van textiel, maar van toepassing zijn op andere fasen in de textielketen:

- de bijdrage van transport door de keten heen;
- het recyclen van textiel tot nieuwe textielvezel;
- het uitwassen van microvezels bij wassen/drogen.

**Hoofdstuk 4** Ook wordt de impact van een aantal specifieke textielproducten en varianten onderzocht. Hiervoor heeft Milieu Centraal kledingstukken gewogen.

**Hoofdstuk 5** Door het rapport heen doen we constatering en trekken we conclusies die Milieu Centraal kan gebruiken in haar communicatie naar de consument. In het afsluitende hoofdstuk worden de belangrijkste constatering en conclusies op een rij gezet, als overzicht en samenvatting.

## 1.2 De textielketen

Elk product kent in zijn levenscyclus de stappen: grondstofwinning, productieprocessen, gebruik en afvalverwerking. De textielketen wordt gekenmerkt door een veelheid aan productieprocessen die samen van de vezel een textielproduct maken. In Tabel 1 staat een overzicht van stappen die in de textielketen voorkomen en veel worden toegepast<sup>1</sup>. Niet alle deelstappen worden altijd toegepast, of er is variatie. Zo kan een product geweven of gebreed worden. Vezels verschillen qua type grondstofwinning en draad-productie: vezels van hernieuwbare oorsprong (biobased) worden geteeld waarna behandelingsstappen volgen, kunststofvezels kennen chemisch productieproces.

---

<sup>1</sup> Er is geen volledigheid nagestreefd; het bevat veel toegepaste processen in de textielproductie.



Tabel 1 Veelvoorkomende stappen van grondstofwinning tot textielproduct

Productiestap	Deelstappen: variaties, opties
Grondstofwinning	Teelt van hernieuwbare (biobased) vezelgrondstoffen
	Raffinage, productie van kunststof granulaten
Productie van garen	Extrusie
	Spinnen
Voorbehandeling	Wassen
	Verven van draad
	Sterken
	Twijnen
Doekproductie	Drogen
	Breien
(Na)behandeling	Weven
	Ontsterken
Kleuren van het doek	Bleken
	Verven
Afwerking/nabehandeling	Bedrukken
	Afbranden van vezels
	Merceriseren
Textielproduct	Drogen
	Naaien
	Toevoegen van ritsen, knopen, e.d.

Lang niet alle processen gebeuren op dezelfde locatie. Vezels, garen, doeken worden vaak getransporteerd naar de volgende producent en uiteraard vindt ook het product zelf zijn weg naar de klant via transport naar de overslagstations en eventueel een winkel.

Tijdens gebruik van een textielproduct treedt ook milieu-impact op, door wassen, eventueel gebruik van een droogtrommel en strijken. De impact hangt af van de levensduur, die weer afhangt van het type textielproduct en eigenschappen zoals slijtvastheid.

Er zijn meerdere opties voor verwerking van een textielproduct na afdanking. Soms kan het worden hergebruikt en krijgt het een tweede leven, recycling van textiel is in opkomst, maar vaak wordt textiel nog weggegooid in het restafval waarna het wordt verbrand.

Voor dit onderzoek worden vezels vergeleken tot en met productie van het doek. Stappen die specifiek zijn voor het textielproduct (naaien, gebruik en afdanking) vallen buiten de scope.

### 1.3 Aanpak milieuanalyse

#### 1.3.1 Analyse op doekniveau

In dit rapport stellen we een ranking van vezels op, op het niveau van doek. Er is gekozen voor ranking op doekniveau omdat zo productieprocessen op een vergelijkbare manier in de analyse worden meegenomen. In LCA-termen: de systeemafbakening is zodanig dat de functionele eenheid van alle producten gelijk is. Deze afbakening houdt de analyse ook behapbaar.

Een vergelijking op productniveau is de niet-gekozen optie. Eigenlijk vindt de enige echt eerlijke vergelijking van textiel plaats op productniveau.



Elk textielproduct is anders, dat maakt het lastig om een oordeel op doekniveau te vellen. Hoe een vezel echt scoort hangt namelijk af van de toepassing. Een linnen broek weegt bijvoorbeeld vaak minder dan een spijkerbroek; een 1-op-1 vergelijking van kilogram linnen met denim (katoen) gaat dan niet op. Als op productniveau wordt vergeleken, spelen ook gebruikaspecten een rol: hoe slijtvast is het product? Is het een product dat je vaak wast of juist niet? Moet men het strijken? Wat is de impact bij verbranding? Etcetera.

Er zijn veel verschillende producten, met veel verschillende functies, wat een vergelijkende studie op productniveau niet geschikt maakt voor het doel dat Milieu Centraal heeft: op hoofdlijnen over de milieu-impact van textiel communiceren.

Er is gekozen voor een vergelijking per kilogram doek. Een vergelijking per m<sup>2</sup> lijkt wellicht logischer, maar heeft als groot nadeel dat de impact van 1 kg doek dan nog moet worden omgerekend naar 1 m<sup>2</sup>. Deze stap brengt een extra onzekerheid met zich mee: er moet een keus worden gemaakt over de dichtheid van het doek (g/m<sup>2</sup>). Die kan enorm verschillen door draaddikte, dichtheid van weven/breien, etc.

Uit de ranking van de vezels op doekniveau kan een aantal algemene conclusies worden getrokken. Ook vormen de gegevens een opmaat voor vergelijking op productniveau. In Hoofdstuk 4 wordt de impact van een aantal varianten van specifieke textielproducten (T-shirt, broek, e.d.) berekend en vergeleken.

#### **Niet berekend: mengvezels**

Veel textielproducten worden geproduceerd uit een gemengde vezel, zoals 50% katoen/50% polyester. Het product wordt gemaakt uit een garen dat uit beide vezeltypen bestaat. Omdat de opties voor mengen van vezels eindeloos zijn, worden mengvezels buiten beschouwing gelaten. De impact van mengvezels kan worden bepaald met de resultaten per vezeltype, door de resultaten van twee of meer vezels te combineren.

#### **Buiten de scope: transport**

Zoveel textielproducten, zoveel transportroutes. Daarom is transport niet inbegrepen in de impact en ranking van de vezels (doeken). Transport wordt als los element in de textielketen onderzocht in Paragraaf 3.1.

### **1.3.2 Bronnen en modellering**

CE Delft heeft voor veel vezeltypen milieu-informatie beschikbaar in het LCA-softwareprogramma SimaPro, zodat milieuresultaten berekend kunnen worden. Sommige vezels zijn beschikbaar in de Ecoinvent-database<sup>2</sup>, andere vezels heeft CE Delft gemodelleerd op basis van openbare bronnen. In een eerder project voor Modint heeft CE Delft de Modint Ecotool ontwikkeld, een LCA-tool voor textiel van wieg tot graf (CE Delft, 2010). Mede door dit project hebben we onze database met vezels opgebouwd.

In Tabel 2 worden de gehanteerde bronnen voor de vezels weergegeven. De vezels vormen de basis voor de modellering van doeken. In de tabel is ook te zien wat het uitgangsmateriaal (granulaat, gekeerde biotische vezel) is

---

<sup>2</sup> De Ecoinvent-database is een zeer grote database, beschikbaar in SimaPro, met milieu-informatie van vele grondstoffen, productieprocessen, transportmiddelen, etcetera.



voordat textielproductieprocessen worden toegepast. Als de vezel niet in de Ecoinvent-database beschikbaar was, hebben we in wetenschappelijke vakbladen gezocht naar LCA-studies over de vezel. Zo zijn de modelleringen van hennep, tencel, viscose en linnen tot stand gekomen.

Voor katoen heeft Ecoinvent twee varianten beschikbaar: katoen uit China en de VS, terwijl dit niet de voornaamste productielanden zijn. Voor de Modint Ecotool hebben we, op basis van teeltgegevens van landen/regio's, katoen uit India, Egypte en Turkije gemodelleerd.

De milieuresultaten van de vezels acryl en elastaan zijn indicatief. Er zijn geen milieugegevens beschikbaar in de bij CE Delft beschikbare databases, maar er zijn wel milieugegevens beschikbaar van de stoffen waaruit acryl en elastaan scheikundig zijn opgebouwd. De twee vezels zijn gemodelleerd uit hun precursors, aan de hand van de scheikundige reactievergelijking voor de synthese plus een inschatting van de energiebehoefte voor productie.

Leer en zijde zijn speciaal voor deze studie toegevoegd. In Paragraaf 2.5 worden deze twee vezeltypen en de bronnen nader besproken.

Tabel 2 Vezels: omschrijving en gehanteerde bron

Materiaal	Basis	Bron van vezel
Acryl	Polyacryl granulaat	Opgebouwd via reactievergelijking uit basischemicaliën, m.b.v. (Ecoinvent, 2013)
Katoen (geweven)	Gekaard katoen	Gewogen gemiddelde vezel opgebouwd mbv Ecoinvent + eigen modellering (CE Delft, 2010)
Katoen (gebreid)	Gekaard katoen	Gewogen gemiddelde vezel opgebouwd mbv (Ecoinvent, 2013) + eigen modellering (CE Delft, 2010)
Hennep	Hennepvezels	Eigen model op basis van (Turunen & Werf, 2006)
Wol	Gekaarde wol	Ecoinvent
Nylon	Nylon granulaat (PA6)	Ecoinvent (Plastics Europe)
Elastaan	Elastaan basischemicaliën	Opgebouwd via reactievergelijking uit basischemicaliën, m.b.v. (Ecoinvent, 2013)
Bioplastic (PLA)	PLA granulaat	Ecoinvent (NatureWorks)
Tencel	Tencel vezel	Eigen model op basis van (Shen & Patel, 2010)
PVC	PVC en DINP (weekmaker)	(Ecoinvent, 2013)
Polyester, virgin	PET granulaat	(Ecoinvent, 2013)
Polyester, gerecycled	(r)PET granulaat	Eigen model (CE Delft 2011)
Viscose	Viscose vezel	(Shen & Patel, 2010)
Linnen (geweven)	Vlasvezels	Eigen model op basis van (Turunen & Werf, 2006)
Linnen (gebreid)	Vlasvezels	Eigen model op basis (Turunen & Werf, 2006)
Leer	Geloooid leer	ESU Services
Zijde	Gesponnen zijdedraad	(Vollrath, et al., 2011)



De doeken worden gemodelleerd in Simapro door aan de vezel een reeks van productieprocessen toe te voegen. De combinatie van processen per vezeltype is afgestemd met Anton Luiken, expert op het gebied van textielproductie-processen. In Bijlage B is per vezeltype aangegeven welke productieprocessen zijn gehanteerd. De milieugegevens van de diverse productieprocessen zijn in een eerder project voor branchevereniging Modint (CE Delft, 2010) door ons geïnventariseerd op basis van openbare bronnen, of aangeleverd door Anton Luiken op basis van industriegegevens.

Bij de modellering van doeken is rekening gehouden met uitval van materiaal door productieprocessen en snijden: 8% bij productie van vezel; 2% bij productie van doek (bronnen: (CE Delft, 2010) en expert opinion Anton Luiken).

### 1.3.3 Kortcyclisch CO<sub>2</sub>

Kortcyclisch CO<sub>2</sub> is de naam voor CO<sub>2</sub> uit de lucht, die door biobased materialen wordt opgenomen, als zij groeien, en wordt vastgelegd in het materiaal als koolstof (C). Het heet kortcyclisch, omdat de CO<sub>2</sub> is zeer recentelijk is vastgelegd, anders dan bij fossiele grondstoffen (op oliebasis), waarbij het CO<sub>2</sub> al zeer lang geleden is opgenomen als koolstof.

Nu is de kwestie of je de opgenomen CO<sub>2</sub> mag meerekenen in de carbon footprint (CO<sub>2</sub>-impact) van een stof. Voor de fossiele stoffen is dit duidelijk: nee. De onttrekking van CO<sub>2</sub> aan de atmosfeer vond immers zeer lang geleden plaats. Voor biobased is er wat voor te zeggen om het opgenomen CO<sub>2</sub> wel mee te nemen: biobased materialen hebben immers recentelijk CO<sub>2</sub> onttrokken aan de atmosfeer. Maar LCA-technisch is besloten (ISO) om deze opname van CO<sub>2</sub> niet mee te nemen, omdat deze ook weer zal worden uitgestoten, soms heel snel (verpakkingen), soms na wat langere tijd (bouwmaterialen). In LCA wordt daarom bij de verbranding van biobased materialen de CO<sub>2</sub>-uitstoot niet inbegrepen, maar bij fossiele grondstoffen wel.

### 1.3.4 Analysemethoden voor impactanalyse

Voor het uitdrukken van de milieuresultaten gebruiken we twee methodes: de ReCiPe single score en de klimaatimpact.

De klimaatimpact, uitgedrukt in de emissie van CO<sub>2</sub>-equivalenten, is het milieueffect waar maatschappelijk de meeste nadruk op ligt. Klimaatimpact is ook een milieueffect waar consumenten (een beetje) een beeld bij hebben. In praktisch elke LCA-studie wordt de klimaatimpact berekend. Het is dus mogelijk om resultaten van andere LCA-studies te gebruiken, zoals voor zijde het geval is, of rangvolgordes te vergelijken die op de klimaatimpact zijn gebaseerd.

De ReCiPe single score is een gewogen milieuscore, genoemd naar de milieuanalysemethode ReCiPe, waarbij een 18-tal milieueffecten wordt omgerekend naar 1 gewogen milieu-impactscore<sup>3</sup>. Dit wordt gedaan door eerst de milieueffecten uit te drukken in schade menselijke gezondheid, ecosystemen en uitputting van grondstoffen, en deze drie schadecategorieën

---

<sup>3</sup> Van de 18 milieueffecten worden er 2 niet in schade uitgedrukt (waterverbruik en vermist van zeewater) en dragen dus niet bij aan de single score. Klimaatimpact heeft een bijdrage aan zowel menselijke gezondheid als schade aan ecosystemen. Zo dragen er 17 effecten bij aan de single score, zoals te zien is in (bijvoorbeeld) Tabel 3.





vervolgens te wegen tot 1 milieuscore. Zie Bijlage D voor meer toelichting op de ReCiPe single score.

Deze single score is gekozen om de resultaten uit te drukken omdat het niet alleen kijkt naar 1 milieueffect, maar allerlei belangrijke milieueffecten meeneemt, bijvoorbeeld de effecten van landgebruik. Dit is zeker bij vergelijking van fossiele (synthetische) vezels en hernieuwbare (biobased) vezels van belang. Dat is een groot voordeel van de ReCiPe single score.

Een nadeel van de ReCiPe single score is dat er een 18-tal milieueffecten moet worden berekend, om te kunnen wegen tot 1 enkele score. Dit is een nadeel wanneer we werken met bestaande LCA-resultaten van vezels. Voor zijde kan er bijvoorbeeld geen ReCiPe single score worden berekend omdat we werken met een bestaande LCA die maar twee milieueffecten rapporteert.

In de bijlage worden ook de resultaten voor landgebruik en primaire energiebehoefte weergegeven per vezeltype.



# 2 Milieuanalyse, ranking

## 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het resultaat van de analyse, de ranking van de diverse vezeltypen (op doekniveau), getoond en besproken. We kijken hier zowel naar de gewogen ReCiPe-score, als naar de klimaatimpact. De ranking wordt ook vergeleken met twee andere bestaande rankings, die van de Higgs-index en van Made-By. Daarna worden enkele vezeltypen nader besproken: katoen, zijde, leer, bamboevezel en viscose, en wol. Deze vezeltypen worden nader besproken omdat er diversiteit is in productie en milieu-impact in verschillende regio's, of omdat er discussie is over de bronnen voor milieu-informatie. Zo gaan we bijvoorbeeld in op katoen dat op biologische wijze is geteeld.

Aan het eind van het hoofdstuk gaan we in op drie aspecten van kleding die zichtbaar zijn voor de consument en op basis waarvan de consument een beste keus kan maken, of bepaalde kledingstukken kan vermijden.

Bij de bespreking van de resultaten worden ook conclusies getrokken, die Milieu Centraal kan gebruiken in haar communicatie naar de consument. In Hoofdstuk 5 zetten we de conclusies uit het hele rapport nog eens op een rij.

Bij dit hoofdstuk hoort een aantal bijlagen, met meer informatie:

Bijlage A.1 Milieuresultaten in tabelvorm

Bijlage A.2 Resultaten en ranking volgens de Higgs-index

## 2.2 Resultaten en ranking

### 2.2.1 Ranking hoofdresultaten

De milieuresultaten en ranking van de diverse typen doek per kg is te zien in Figuur 1 (de gewogen milieuscore ReCiPe single score) en Figuur 2 (klimaatimpact). De resultaten komen voort uit de modellering beschreven in Paragraaf 1.3 en in Bijlage B. In Bijlage A.1 zijn de resultaten in tabelvorm te vinden. Daar staan ook de resultaten voor primair energiegebruik en landgebruik.

Doeken kunnen worden geweven of gebreid. Als basisconstructie is hier geweven doek gekozen, met als uitzondering acryl; deze vezel wordt gebruikt voor tricot of t-shirtstof en wordt doorgaans gebreid. In kleur is aangegeven of het gaat om een vezel van hernieuwbare oorsprong ('biobased', groen) of om een synthetische vezel (op fossiele basis, blauw). PVC wordt onder andere gebruikt voor regenkleding.

Bij viscose en katoen is een variatie te zien. De variatie komt voort uit verschil in milieu-informatie (bronnen) voor de vezel. Het zwarte streepje geeft de boven- en ondergrens aan. Voor katoen is er één andere bron die milieu-informatie biedt op wereldschaal (gewogen gemiddelde van de grootste katoenproducerende landen). Deze bron levert een iets lagere score dan door CE Delft berekend; deze lagere score wordt aangegeven met het variatiebalkje.

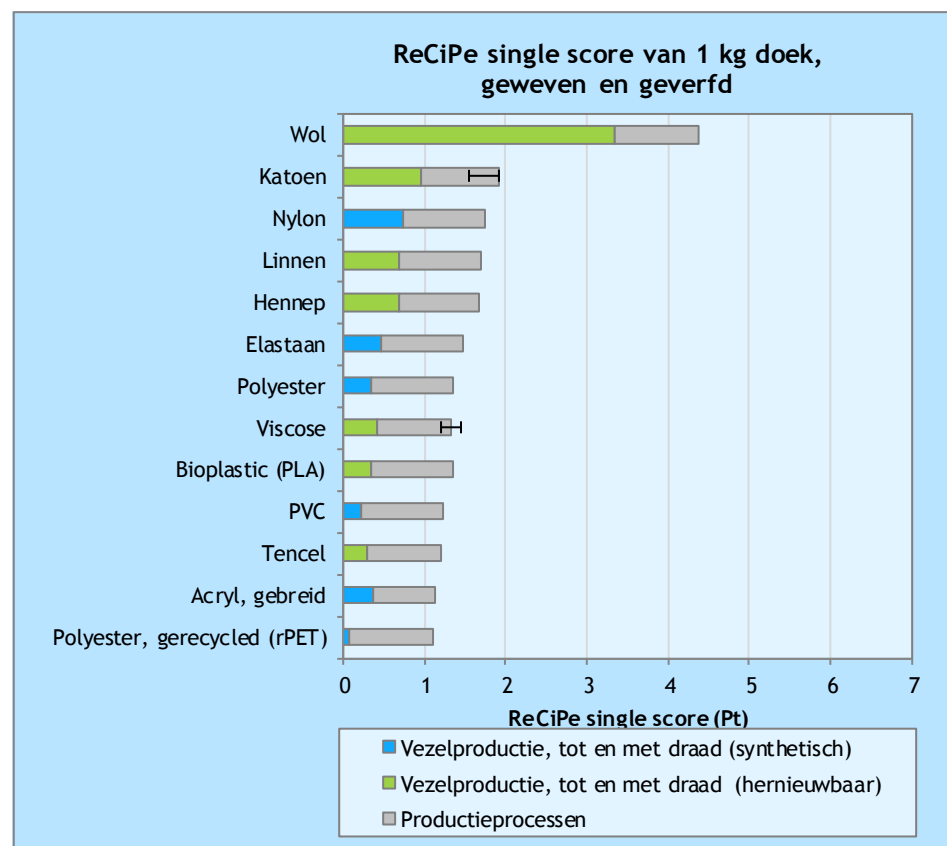


Katoen, zijde, viscose en wol worden in detail besproken in Paragraaf 2.5. Hier is ook meer informatie te vinden over de variatie in resultaten. Ook wordt leer besproken (hier niet getoond, vanwege grote onzekerheid en variatie in de resultaten).

Bij de klimaatimpact (Figuur 2) kan ook een range voor wol worden toegevoegd, op basis van een recente LCA-studie (Wiedeman, et al., 2015). Aspecten die vooral bijdragen aan de hoge klimaatimpact van wol zijn pensfermentatie (methaanuitstoot door de schapen) en energiegebruik voor schapenhouderij. De variatie komt voort uit vier studies naar wolproductie met verschillende allocatiefactoren (economische allocatie) naar wol en vlees. De laagste score werd berekend met slechts 4% allocatie naar wol; deze schapenhouderij is vooral gericht op vleesproductie, met wol als bijproduct. Voor wolproductie op grote schaal, voor de textielindustrie, is dit een onrealistisch scenario. Toch leidt ook zo'n lage allocatiefactor tot een relatief hoge score en komt wol hoog in de ranking uit.

In onderstaande figuur komt de fase 'vezelproductie, tot en met draad' overeen met de stappen grondstofwinning + productie van garens + voorbehandeling uit Tabel 1.

Figuur 1 ReCiPe single score (gewogen milieuscore) per kg geveerd doek, diverse vezeltypen

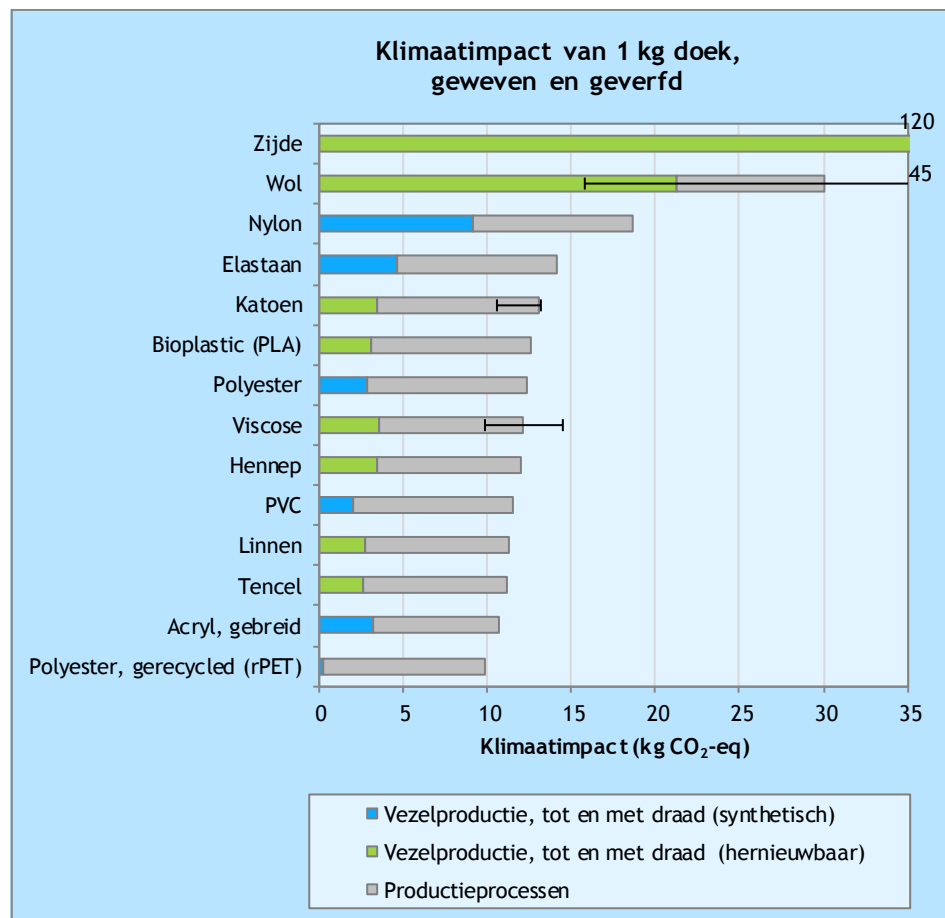


NB: Voor zijde kan geen ReCiPe single score worden berekend, omdat voor zijde alleen resultaten bekend zijn voor de klimaatimpact en energiegebruik.

NB: Voor katoen is er één andere bron die milieu-informatie biedt op wereldschaal (gewogen gemiddelde van de grootste katoenproducerende landen). Deze bron levert een iets lagere score dan door CE Delft berekend; deze lagere score wordt aangegeven met het variatiebalkje.



Figuur 2 Klimaatimpact per kg geverfd doek, diverse vezeltypen



NB: Voor katoen is er één andere bron die milieu-informatie biedt op wereldschaal (gewogen gemiddelde van de grootste katoenproducerende landen). Deze bron levert een iets lagere score dan door CE Delft berekend; deze lagere score wordt aangegeven met het variatiebalkje.

### Bespreking van de resultaten

Voor de meeste doeken geldt dat de textielproductieprocessen samen (inclusief verf- en veredelingsprocessen) een hogere impact opleveren dan productie van de vezel. Er zijn nog wel verschillen tussen de doeken te zien, maar de verschillen die voortkomen uit vezelproductie worden relatief kleiner, als we kijken op doekniveau. Ook wereldschaal wordt enorm veel textiel geproduceerd. Doekproductie is een gegeven feit, dit gebeurt toch, ongeacht het vezeltype. Keuze voor vezels met lage impact, of vermijden van vezels met hoogste impact, heeft dus zeker zin.

De resultaten van een de meeste doeken liggen dicht bij elkaar: tussen 1 en 2 Pt (ReCiPe single score) en tussen 10 en 15 kg CO<sub>2</sub>-eq. (klimaat-impact). Voor deze vezels geldt dat verschillen in productiestappen een groter verschil kunnen opleveren dan het verschil tussen de diverse vezels. Zo is er verschil tussen breien en weven, en heeft vezeldikte invloed (zie ook de bespreking hiervan, verderop).

Twee vezeltypen springen er duidelijk uit: wol en zijde.

Zijde heeft een zeer hoge score, die voornamelijk voortkomt uit het inefficiënte productieproces. Zijderupsen eten moerbeibladjes, die speciaal worden geteeld voor de zijderupsen. Energiegebruik voor de teelt (met name voor irrigatie) is een belangrijke factor in de milieu-impact. Als de rupsen een cocon hebben gesponnen wordt deze gekookt, waarvoor energie nodig is en emissies vrijkomen. Zijdeproducten zijn licht in gewicht, vergeleken met vergelijkbare kledingstukken van ander materiaal. Deze resultaten wijzen erop dat de zijde wel 10x lichter moet zijn, wil het milieukundig concurreren met een ander materiaal. Zie voor een uitgebreider bespreking Paragraaf 2.5.2.

Wol heeft een duidelijk hogere impact dan de andere vezels. De kans dat wol, geproduceerd voor de textielindustrie, de laagste score heeft in de getoonde range (de zwarte streep) is klein. De impact komt door de methaanuitstoot van schapen en door de schapenhouderij, zoals landgebruik, teelt van additioneel voer en energiegebruik. Voor de consument geldt: als een vergelijkbaar product van een andere vezel ongeveer evenveel weegt als het wollen product, dan zal het wollen product een hogere impact hebben.

Aan de onderkant van de ranking valt rPET op. Dit doek, van gerecycled materiaal, heeft een zeer lage milieubelasting voor de vezel zelf. Het onderstreept het belang van inzameling en recycling van materiaal (niet alleen van textiel): de impact van recyclede materialen is vrijwel altijd lager dan van virgin productie van materiaal. Zie ook Paragraaf 3.2.

Omdat de resultaten van de meeste doeken zo dicht bij elkaar liggen, zijn er verder weinig harde conclusies te trekken over de vezels op doekniveau. Verschil komt eerder voort uit karakteristieken van het doek (vezeldikte, combinatie van productietechnieken) en je zou naar het specifieke textielproduct moeten kijken (gewicht, functie) om te kunnen oordelen welke variant de laagste impact heeft. Voor de consument ligt bij de vezelkeuze echter wel het meest duidelijke handelingsperspectief: hier heeft de consument wat te kiezen.

Voor enkele vezeltypen zijn conclusies te trekken over verschillen binnen het vezeltype. Zo heeft biokatoen duidelijk voordelen ten opzichte van conventioneel katoen. Katoen wordt nader besproken in Paragraaf 2.5.

Een aantal vezeltypen lijkt synthetisch wat betreft 'look & feel', maar is van hernieuwbare oorsprong, bijvoorbeeld viscose en tencel (uit hout). Impact van de vezel komt daar voornamelijk voort uit het productieproces: energie- en chemicaliëngebruik voor het bewerken van het hout levert de impact. Deze is echter niet hoger dan impact voor productie van de meeste andere materialen.

Synthetische vezels zijn gemaakt uit fossiele grondstoffen (aardolie) en de impact komt dan ook voornamelijk voort uit energiegebruik voor grondstofwinning, raffinage en opwerking tot kunststof(vezel). Van de synthetische vezels heeft nylon de hoogste impact voor productie. De synthetische vezels zullen bij verbranding na afdanking een hogere impact hebben dan de (CO<sub>2</sub>-neutrale) hernieuwbare vezels. Dit is niet inbegrepen bij de milieuscore (ligt buiten de scope), maar is wel relevant voor de impact over de gehele levenscyclus van een textielproduct. Voor de synthetische vezels geldt dus des te meer dat hergebruik of recycling belangrijk is (zie ook Paragraaf 3.2).



### ReCiPe single score (versus klimaatimpact)

Bij de ReCiPe single score is te zien dat de biotische materialen in de ranking naar boven opschuiven (=hogere impact) ten opzichte van niet-hernieuwbare vezels, in vergelijking met de klimaatimpact-ranking. Landgebruik heeft een groot aandeel hierin, zoals te zien is in Tabel 3. Vooral bij katoen, wol en linnen is het aandeel landgebruik hoog. Productie van de vezel heeft doorgaans een iets groter aandeel in de score, dan bij de klimaatimpact.

Als we kijken wat de bijdrage is van de afzonderlijke milieueffecten aan de ReCiPe single score, zien we dat een aantal milieueffecten de grootste bijdrage heeft:

- klimaatimpact (zowel menselijke gezondheid als ecosystemen);
- uitputting van fossiele bronnen, vooral voor de kunststofvezels;
- landgebruik, vooral voor de biovezels;
- fijnstofvorming en toxiciteit (menselijke gezondheid) in iets mindere mate.

Een aantal milieueffecten, zoals ecotoxiciteit, vermisting en verzuring, draagt vrijwel niets bij. Dit betekent niet dat ze geen milieuscore hebben maar dat de scores zodanig laag zijn dat ze tot relatief lage schade leiden (volgens de ReCiPe-methode). Emissies naar de bodem door kunstmest-gebruik zijn wel gemodelleerd, maar dragen dus weinig bij aan de schadecategorie 'ecosystemen'. De impact van de productie van verfstoffen en chemicaliën is inbegrepen, maar eventuele emissies naar water of bodem door slecht management van verf en andere chemicaliën zijn niet inbegrepen in de analyse.

Tabel 3 Bijdrage van gewogen score van milieueffecten aan de ReCiPe single score, geweven doeken

	Katoen (gewogen gemiddelde, (Ecoinvent, 2013) + eigen bronnen)	Wollen doek	Viscose doek (Lenzing, gemiddelde EU/Azië)	Polyester doek (virgin)	Polyester doek (rPET)	Linnen	Elastaan
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Climate change Human Health	18%	18%	25%	25%	25%	18%	26%
Ozone depletion	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Human toxicity	3%	1%	4%	6%	6%	3%	5%
Photochemical oxidant formation	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Particulate matter formation	6%	10%	4%	6%	6%	6%	7%
Ionising radiation	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Climate change Ecosystems	12%	12%	16%	16%	16%	11%	17%
Terrestrial acidification	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Freshwater eutrophication	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Terrestrial ecotoxicity	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Freshwater ecotoxicity	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Marine ecotoxicity	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Agricultural land occupation	32%	43%	11%	1%	1%	35%	1%
Urban land occupation	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Natural land transformation	5%	5%	8%	8%	9%	7%	7%
Metal depletion	1%	1%	1%	2%	1%	1%	1%
Fossil depletion	21%	9%	30%	36%	35%	20%	36%



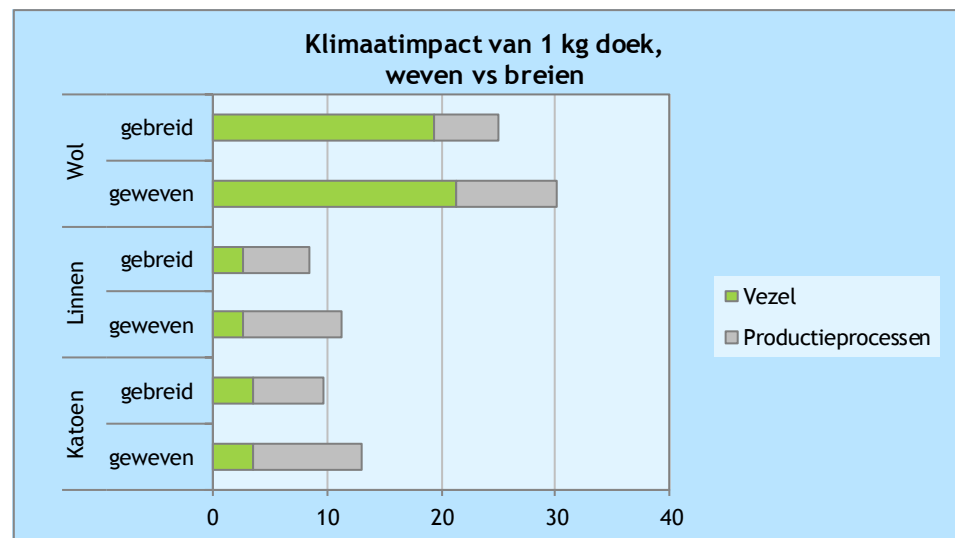
### 2.2.2 Verschil tussen weven en breien

Het verschil per toepassing of het doek wordt gemaakt door middel van weven of breien. Zo zijn broeken vooral geweven en shirts vaak gebreid (tricotstof, t-shirtstof). Wol wordt vaak gebreid voor truien en geweven (en vervilt) voor jassen. Het breien maakt de stof rekbaar.

Er is milieukundig verschil tussen het weven en breien van doek. Weven heeft een hogere milieuscore. Het weven zelf vergt iets meer energie, maar het verschil komt vooral doordat bij weven extra processtappen nodig zijn. De garens moeten worden gesterkt om ze slijtvaster te maken, zodat ze niet breken tijdens het weven. Na het weefproces wordt het garen weer ontsterkt en worden de vezeltjes die uitsteken afgebrand.

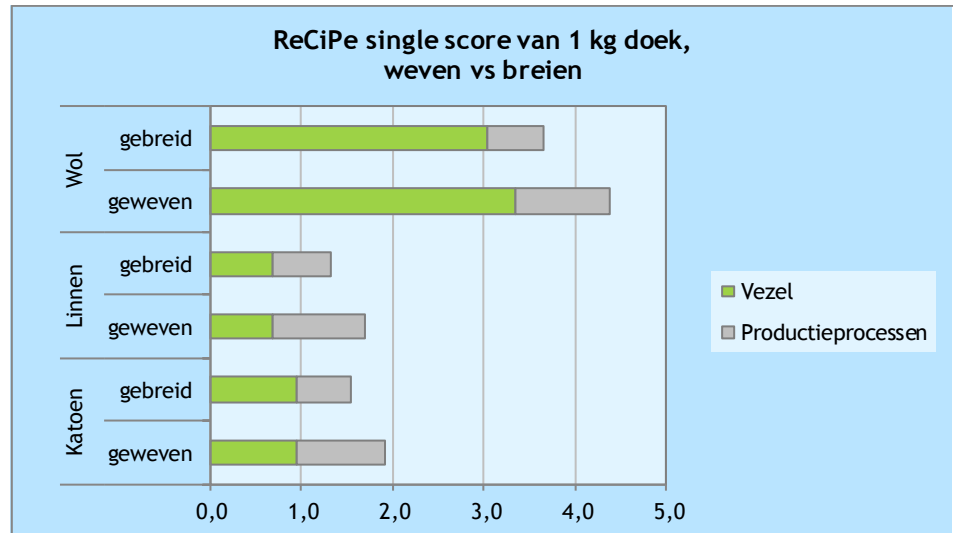
Om het verschil tussen weven en breien te zien, zijn beide methoden berekend voor katoen, wol en linnen (zie Figuur 3). De score van de geweven variant is 3 kg CO<sub>2</sub> per kg doek hoger. Op de totale klimaatimpact gezien is dat een 17% (wol) tot 25% (katoen en linnen) lagere score.

Figuur 3 Klimaatimpact, verschil tussen weven en breien



Het verschil tussen weven en breien is ook in de ReCiPe single score zichtbaar. De score voor van een vergelijkbaar gebreid doek is ongeveer 0,4 Pt lager. Vergeleken met geweven stof, heeft gebreide stof een 16% (wol) tot 22% (katoen, linnen) lagere ReCiPe single score.

Figuur 4 ReCiPe single score, verschil tussen weven en breien

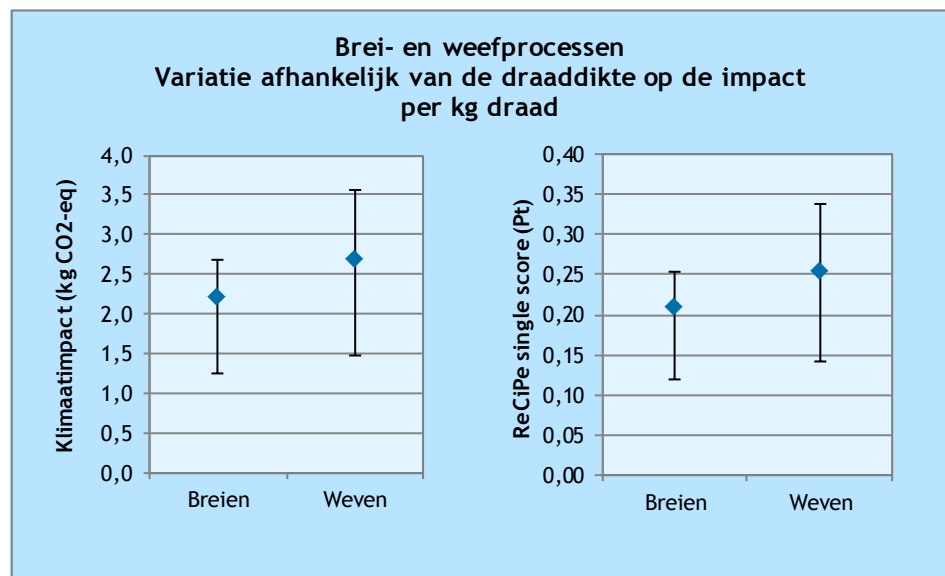


Het hangt van de toepassing af en van de functie van het product welke vezel(mix) wordt gebruikt en of die vezel(mix) wordt geweven of gebreed. Omdat verschillende producten totaal andere functies hebben is het niet mogelijk om de consument te adviseren gebreide stoffen te verkiezen boven geweven stoffen.

### 2.2.3 Effect van draaddikte

De dikte van het draad is van invloed op de energie voor productie: hoe dunner de draad, des te meer energie nodig is per kg materiaal, voor het extruderen, spinnen, weven en/of breien. Het verschil tussen een dikke (>25 tex) en een dunne (<17 tex) draad kan oplopen tot 2 kg CO<sub>2</sub>-eq. per kg draad bij weven.

Figuur 5 Variatie in de klimaatimpact en ReCiPe single score door draaddikte, bij weven en breien





Deze resultaten worden getoond om te demonstreren dat verschil in productie meer kan uitmaken dan de vezelkeuze. Het ondersteunt de conclusie dat er geen oordeel gemaakt kan worden op vezeltype, voor de vezels die qua impact dicht bij elkaar liggen: dit zijn alle vezeltypen met uitzondering van wol en zijde.

Ook al is er nogal verschil, voor consumenten is er geen duidelijk handelingsperspectief. Immers, producten die zijn gemaakt met een dunnere vezel zijn vaak ook lichter (dunnere stof), wat de hogere impact weer compenseert omdat er minder grondstof nodig is. De consument kan dus in de winkel weinig met dit gegeven.

### 2.3 Vergelijking met de Higgs-index

De Higgs-index<sup>4</sup> levert een rangschikking van vezels, ook op doekniveau (fabric). Higgs onderscheidt vier categorieën: chemicaliëngebruik, energie en GHG, water en landgebruik, en afval. Het doek heeft een score voor elke categorie. De score is geen LCA-resultaat, maar een score op een schaal en die schaal verschilt per categorie. Zo kan bijvoorbeeld voor energie/GHG maximaal 11 punten worden gescoord, maar voor afval 17 punten, waarbij geldt hoog=goed. De scores van de vier afzonderlijke categorieën worden opgeteld tot een totaalscore.

We concluderen dat onze ranking van doeken alleen te vergelijken is met de ranking van de Higgs-index in de categorie 'energie en GHG'. De ranking op totale Higgs-score is niet vergelijkbaar met onze ranking, omdat de deelscores van de Higgs-score niet allemaal op LCA gebaseerd zijn. Ook vinden we de volgende keuzes vreemd en sluiten zaken soms niet aan bij de Europese situatie:

- De landgebruiksscore is slechts gebaseerd op de opbrengst per hectare: hoe hoger de opbrengst, hoe hoger de score (=beter). Vreemd is het dat niet-hernieuwbare materialen 0 scoren (=slechtst), alsof zij heel veel land zouden gebruiken of verantwoordelijk zijn voor het verdwijnen van natuurlijk land. Het thema land & water is daarmee niet te vergelijken met agricultural land use (ReCiPe).
- De categorie 'afval' sluit niet aan bij LCA: er wordt gekeken naar de hoeveelheid afval die vrijkomt en via diverse routes wordt verwerkt, niet naar de impact van afvalverwerking. Daar komt bij dat de afvalverwerking niet toegespitst is op de Nederlandse situatie. De Higgs-index is opgezet door Nike en afvalverwerking is toegespitst op de VS, waar nog een groot aandeel afval gestort wordt en een klein aandeel verbrand. In Nederland is dat andersom.

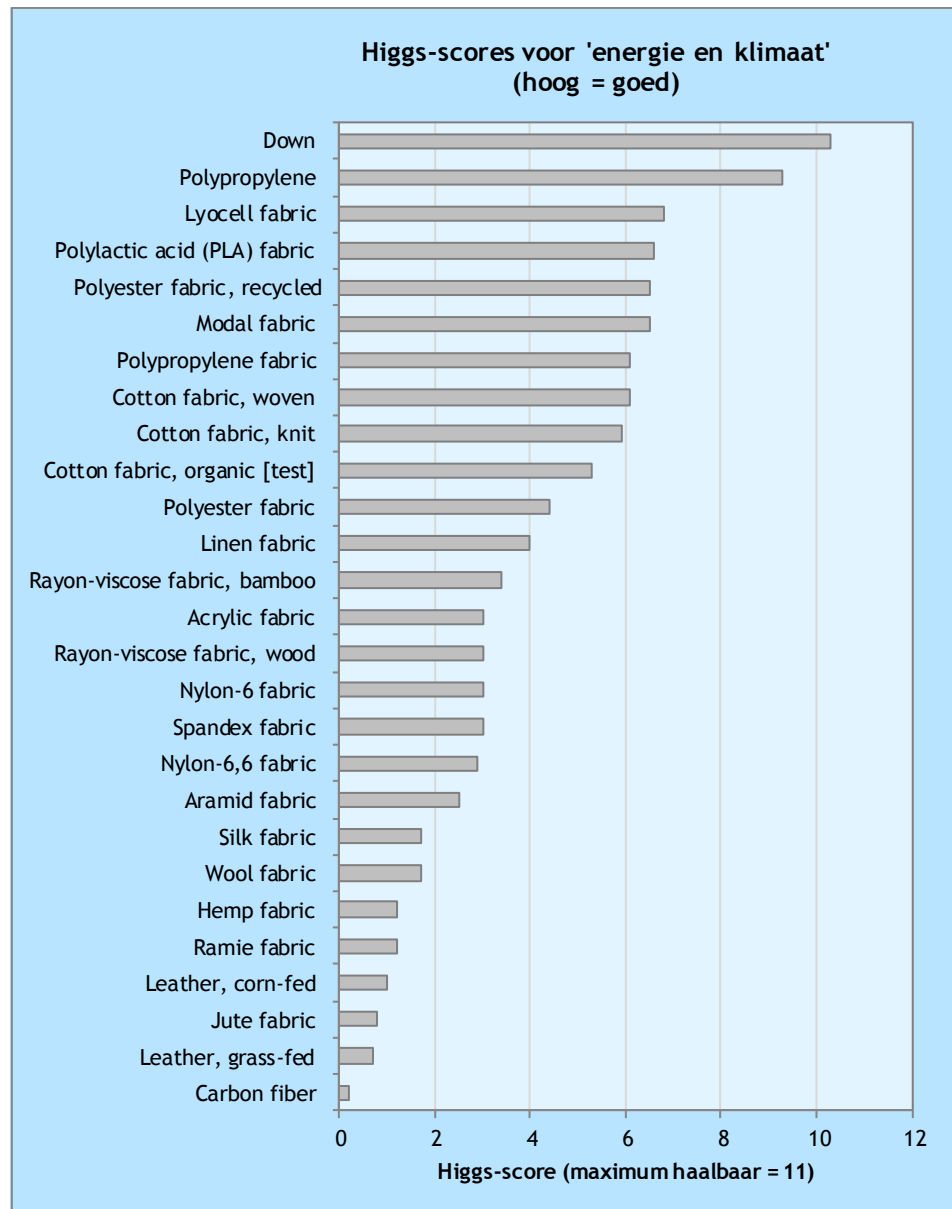
---

<sup>4</sup> Zie: [www.msi.apparelcoalition.org/#/materials](http://www.msi.apparelcoalition.org/#/materials)



### 2.3.1 Ranking op basis van Higgs-score voor 'energie en klimaat'

Figuur 6 Ranking van vezels (doeken) volgens de Higgs-index, onderdeel 'energie en klimaat'



NB: In deze ranking is de benaming van Higgs aangehouden.

Bron: [www.msi.apparelcoalition.org/#/materials](http://www.msi.apparelcoalition.org/#/materials)

### 2.3.2 Higgs-index: voornaamste verschillen en overeenkomsten

In de tabellen hieronder vergelijken we de resultaten van de ranking in dit onderzoek met de Higgs-score van de categorie 'energie en GHG'.

Tabel 4 Verschillen in de ranking volgens dit rapport en de Higgs-ranking

Verschillen		Reden
Zijde	Heeft in onze ranking verreweg de hoogste impact; bij Higgs scoort zijde slecht, maar niet het allerslechtst.	Higgs gebruikt andere bronnen. De datakwaliteit wordt aangegeven als 'laag' en de Higgs-website verwijst naar Indiase websites/bronnen die niet meer beschikbaar zijn.
Wol	Bij Higgs scoort wol slecht, maar niet verreweg het slechtst.	Higgs gaat uit van de LCA over merinowol uit Nieuw Zeeland (Barber & Pellow, 2006), in plaats van de LCA van wol uit de USA (Ecoinvent, 2013). Deze studie beschouwen we als niet geschikt: zie de bespreking in Paragraaf 2.5.5).
Hennep	Scoort in de Higgs-ranking relatief slecht.	Onduidelijk. Higgs gaat onder andere van dezelfde bron uit als wij.
Leer	Zie voor gegevens van leer Paragraaf 2.5.3. Bij Higgs scoort leer zeer slecht. Dit conflicteert met het resultaat volgens ESU-services, waarbij leer heel goed scoort maar komt overeen met resultaten uit andere bronnen.	Higgs gebruikt een andere bron: een bekende, maar oude LCA-studie naar runderen die ook CE Delft in het verleden wel heeft gebruikt voor onderzoek.

Tabel 5 Overeenkomsten in de ranking volgens dit rapport en de Higgs-ranking

Overeenkomsten	
Nylon en elastaan (spandex)	Hebben een hogere impact dan polyester (PET): een simpel kunststof heeft een lagere impact dan een ingewikkelder kunststof
Biokatoen	Beter dan conventioneel katoen
Weven vs. breien	Geweven stof scoort slechter dan gebreid stof, vanwege de hogere energiebehoefte en de noodzaak om de vezel te sterken voor het weven en weer te ontsterken na het weven
Gerecyclede vezel	Scoort goed

## 2.4 Made-By

Made-By heeft een benchmark voor vezels<sup>5</sup>. Er is een ranking van vezeltypen, onderverdeeld in 5 klassen, A t/m E, waarbij A de beste categorie is. In deze vergelijking is alleen gekeken naar impact van de vezel: productieprocessen en (functie van) het textielproduct zijn niet inbegrepen.

De ranking is gebaseerd op een gewogen score van de milieukundige resultaten van klimaatimpact, ecotoxiciteit en toxiciteit menselijke gezondheid (weegfactor ieder 20%) en energie-, water- en landgebruik (ieder 13,3%). Productieprocessen voor doekproductie zijn niet inbegrepen.

<sup>5</sup> [www.made-by.org/consultancy/tools/environmental/](http://www.made-by.org/consultancy/tools/environmental/)



De exacte bronnen voor de milieugegevens laat Made-By niet zien in hun beknopte methodologierapport (Made-by, 2013).

Figuur 7 Indeling vezels in klassen door Made-By

MADE-BY ENVIRONMENTAL BENCHMARK FOR FIBRES					
CLASS A	CLASS B	CLASS C	CLASS D	CLASS E	UNCLASSIFIED
Mechanically Recycled Nylon	Chemically Recycled Nylon	Conventional Flax (Linen)	Modal® (Lenzing Viscose Product)	Bamboo Viscose	Acetate
Mechanically Recycled Polyester	Chemically Recycled Polyester	Conventional Hemp	Poly-acrylic	Conventional Cotton	Alpaca Wool
Organic Flax (Linen)	CRAILAR® Flax	PLA	Virgin Polyester	Cuprammonium Rayon	Cashmere Wool
Organic Hemp	In Conversion Cotton	Ramie		Generic Viscose	Leather
Recycled Cotton	Monocel® (Bamboo Lyocell Product)			Rayon	Mohair Wool
Recycled Wool	Organic Cotton			Spandex (Elastane)	Natural Bamboo
	TENCEL® (Lenzing Lyocell Product)			Virgin Nylon	Organic Wool
				Wool	Silk
More Sustainable				Less Sustainable	

MADE-BY Benchmarks cannot be printed, circulated or copied without the accompanying MADE-BY logo and website.

**bwe** This Benchmark was made in cooperation with Brown and Wilmanns Environmental, LLC. For further information on this Benchmark see [www.made-by.org/benchmarks](http://www.made-by.org/benchmarks)

Er zijn meer overeenkomsten tussen deze ranking van Made-By en de ranking in dit rapport, dan er zijn tussen de ranking in dit rapport en de Higgs-ranking. Door de oogharen heen komt de ranking van Made By overeen met de ranking in dit rapport:

- Gerecyclede vezel is het meest gunstig;
- Wol, virgin nylon en elastaan (onze top 3, excl. zijde) komen er het slechtst uit;
- Katoen heeft een slechte beoordeling. Dit is waarschijnlijk gebaseerd op het katoen uit de Ecoinvent-database en komt waarschijnlijk voort uit de nadruk bij Made-By op toxiciteit: deze nadruk is hoger dan bij de weging van ReCiPe, die wij in deze studie hanteren.
- Bamboevezel van Lenzing ('Monocel - bamboe Lyocell product') wordt als milieuvriendelijker ingedeeld dan bamboeviscose in het algemeen.

Biokatoen wordt volgens deze ranking als goed beoordeeld en is ingedeeld in de een na beste klasse (B). Volgens ons onderzoek komt biokatoen niet als zeer goede vezel naar voren, wel als beter dan conventioneel katoen (zie de bespreking van biokatoen in Paragraaf 2.5.1). Het verschil met onze studie komt waarschijnlijk door het type weging die Made-By heeft toegepast.

Enkele vezeltypen die in ons onderzoek lastig blijken, zoals leer en zijde, zijn ook hier niet geclassificeerd. De reden waarom is onbekend, maar gebrek aan gegevens zal zeker meespelen.

Apart om te zien is dat Lenzing viscose slechter scoort dan Lenzing tencel. Volgens onze gegevens is dit precies andersom, als we uitgaan van viscose geproduceerd in Europa. Wellicht is Made-By uitgegaan van Lenzing viscose uit Azië, dat wat slechter scoort.

## 2.5 Details, bespreking van afzonderlijke vezeltypen

### 2.5.1 Katoen

Katoen wordt in vele landen verbouwd. Er zijn meerdere bronnen voor de milieu-impact van katoenvezels, maar niet van alle landen zijn milieugegevens beschikbaar. De bij ons beschikbare bronnen (gemodelleerde milieugegevens) zijn:

- Ecoinvent-database: katoen uit China;
- Ecoinvent-database: katoen uit USA;
- Eigen modellering van katoen uit Egypte, Turkije en India, op basis van opbrengst- en teeltgegevens<sup>6</sup>.

Voor de doeken hebben we een gewogen gemiddelde katoenmix opgesteld, op basis van de katoenproductie per land per jaar. De resultaten van deze gewogen mix zijn gebruikt in de ranking in Paragraaf 2.2. Samen dekken de bij ons bekende landen 66% van de katoenteelt: China (26%), India (25%), USA (12%), Turkije (3%) en Egypte (0,5%). China, India en USA vormen de top 3. Ontbrekende landen met hoge katoenproductie zijn Pakistan (9%), Brazilië (6%) en Oezbekistan (4%). Bron: FAOSTAT, 2013.

Daarnaast zijn er twee recente studies uitgebracht met milieuresultaten (milieu-impact) van katoenteelt, met focus op de grootste katoenproducerende landen. Deze studies leveren gewogen gemiddelde milieuresultaten voor katoenteelt:

- LCA of cotton fibre and fabric (Cotton Inc., 2012);
- LCA of organic cotton fibre - a global average - summary of findings (Textile Exchange, 2014).

Beide studies zijn uitgevoerd door PE International, volgens ISO-standaarden voor LCA. Helaas is landgebruik niet meegenomen in de analyse. Ter vergelijking hebben we de milieuresultaten opgenomen in SimaPro en aangevuld met landgebruik<sup>7</sup>, zie Figuur 10. De resultaten voor de ReCiPe single score en klimaatimpact zijn te zien in Figuur 8 en Figuur 9.

In de volgende grafieken zijn ook gegevens opgenomen voor biokatoen. De resultaten voor biokatoen versus conventioneel katoen worden verderop in deze paragraaf besproken.

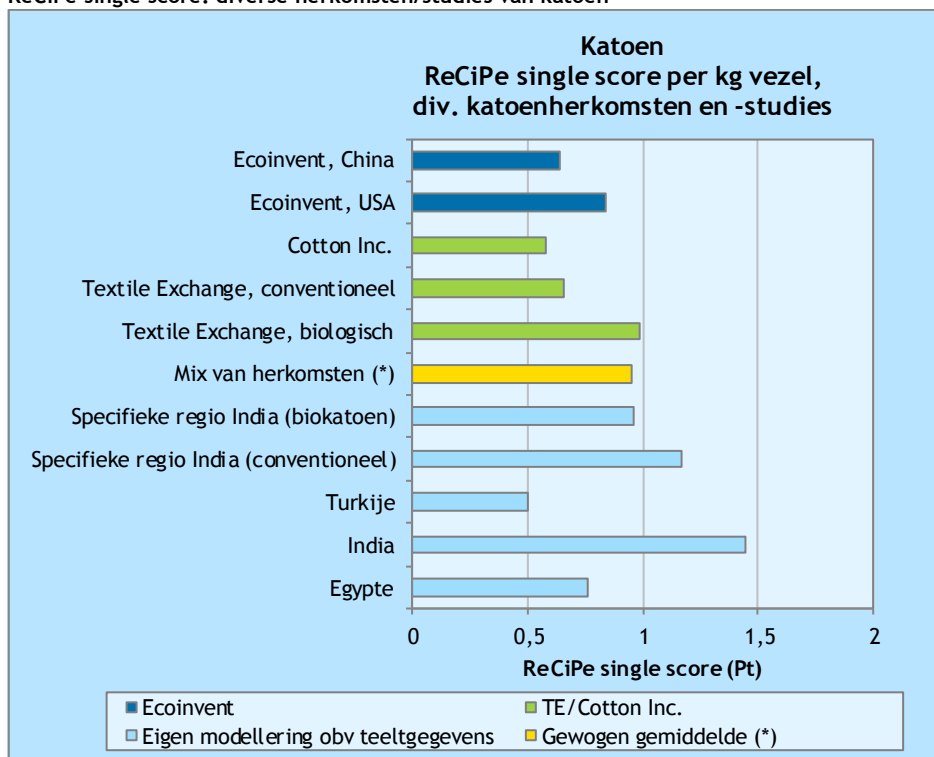
---

<sup>6</sup> Bronnen uit project Modint Ecotool (CE Delft, 2013). Onder andere zijn dit FAOstat, (Yilmaz, et al., 2005) en (Kooistra & Termorshuizen, 2006).

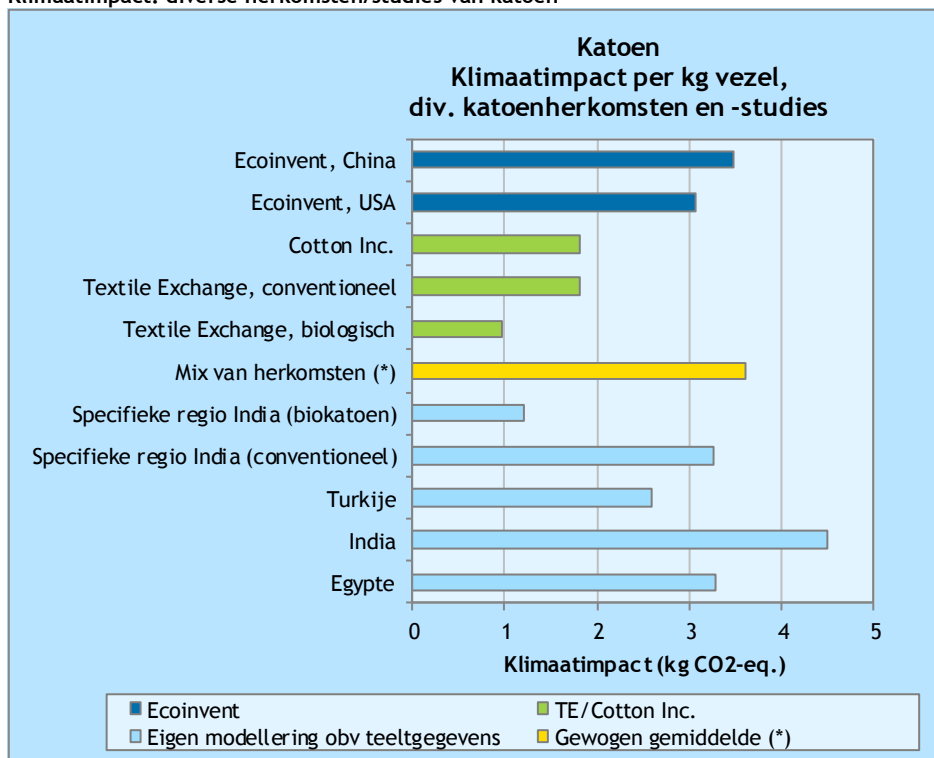
<sup>7</sup> Op basis van 'Organic cotton, a production system' (ICAC, 2012).



Figuur 8 ReCiPe single score: diverse herkomsten/studies van katoen



Figuur 9 Klimaatimpact: diverse herkomsten/studies van katoen



(\*) Gewogen gemiddelde, gebruikt in de ranking, op basis van Ecoinvent en eigen modellering Turkije, India en Egypte.



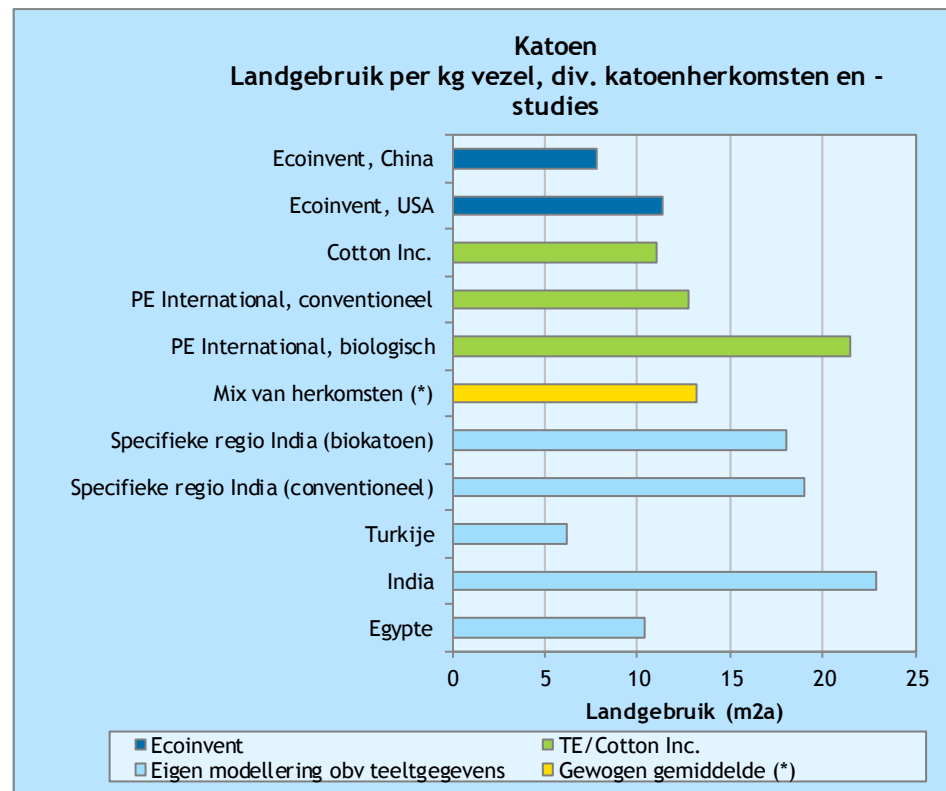
Cotton Inc (2012) en Textile Exchange (2014) berekenen voor de klimaat-impact lagere milieuscores dan 'onze' gewogen gemiddelde mix, die gebaseerd is op de - wat oudere - modelleringen van Ecoinvent en de specifieke modelleringen van CE Delft.

We zien grote verschillen in de impact van katoen, afhankelijk van de regio. De variaties tussen landen komen vooral door verschil in input van kunstmest, energiegebruik voor landbewerking en de opbrengst per hectare (die mede afhankelijk is van de inputs).

Het zou goed zijn als de kledingindustrie transparant zou zijn over hun supply chain, omdat er grote verschillen zijn in impact tussen katoenvezels uit verschillende landen.

De overall conclusie, gezien de ranking van vezels, blijft dat katoen niet beter of slechter scoort dan de meeste andere vezels.

Figuur 10 Landgebruik, diverse herkomsten/studies van katoen



(\*) Gewogen gemiddelde, gebruikt in de ranking, op basis van Ecoinvent en eigen modellering Turkije, India en Egypte.



## Biokatoen

Ondanks de hoofdconclusie dat katoen is niet beter of slechter scoort dan de meeste andere vezels, zorgt katoenteelt voor milieuproblemen, vooral op lokaal niveau. Enkele voorbeelden van problemen, die internationaal worden onderkend, zijn:

- Verschraving van de bodem en afname van de biodiversiteit door eenzijdige teelt (monocultuur) en pesticidengebruik.
- Toevoer van grote hoeveelheden meststoffen om toch te kunnen telen.
- Hoog pesticidegebruik: meer pesticiden worden gebruikt voor katoenteelt dan voor welk ander gewas dan ook. De pesticiden worden vaak op manieren toegepast die schadelijk zijn voor de menselijke gezondheid.
- Bijdrage aan waterschaarste door (inefficiënte) irrigatie. De katoenplant heeft veel water nodig om katoen te produceren.

Als respons op deze problemen wordt ingezet op biologische teelt van katoen. Enkele voordelen ten opzichte van conventionele teelt zijn:

- Er mogen geen chemische bestrijdingsmiddelen gebruikt worden.
- Er mag geen kunstmest worden gebruikt (wel dierlijke/organische mest).
- Waterverspilling wordt getracht te voorkomen. Boeren hebben betere kennis van (biologische) productie van katoen en leren efficiënter te irrigeren.

In de figuren 8 t/m 10 is een tweetal resultaten voor biokatoen opgenomen. Deze komen uit twee afzonderlijke bronnen:

- Resultaten uit van ‘LCA of organic cotton fibre - summary of findings’ (Textile Exchange, 2014), aangevuld met landgebruik (ICAC, 2012). Deze bron berekent de impact van biokatoen wereldwijd; de resultaten representeren een gewogen gemiddelde van biokatoen ter wereld.
- Biokatoen uit een specifieke regio in India, eigen modellering op basis van een vergelijkende studie van teelt- en opbrengstgegevens. De resultaten zijn alleen van toepassing op die specifieke regio.

Het rapport van Textile Exchange (2014) concludeert:

*“Textile Exchange (TE) has released the results of an international Life Cycle Assessment into organic fibre production. The study highlights the benefits of organic cotton in terms of reducing global warming potential, soil erosion, water usage and energy demand.*

*Compared to two independent studies of conventional cotton, organic was found to have:*

- *46% reduced global warming potential*
- *70% less acidification potential*
- *26% reduced eutrophication potential (soil erosion)*
- *91% reduced blue water consumption (water withdrawn from groundwater or surface water bodies).”*

Positieve lokale effecten worden ook onderschreven door de meta-studie ‘Biodiversity and organic farming’ (Rahmann, 2011), die 766 studies is nagegaan en concludeert dat de kwaliteit van de bodem beter is bij biologische teelt dan bij conventionele teelt.





FAO<sup>8</sup> geeft als belangrijk voordeel van biologische teelt dat het duurzamer is op lange termijn, omdat bij biologische teelt expliciet aandacht is voor effecten op de bodem (voorkoming van verschraling) en effecten van pesticidengebruik op midden en lange termijn.

Biokatoen zoals gemodelleerd in (Textile Exchange, 2014) scoort milieukundig beter op het gebied van CO<sub>2</sub> (en op de andere milieueffecten die Textile Exchange noemt, zie de quote hierboven).

Een nadeel van biologische katoenteelt is dat de opbrengst per hectare nog achterblijft bij die van conventionele katoenteelt. Gemiddeld gezien is er meer land nodig per kg katoen. Bij weging van milieueffecten die Textile Exchange berekent plus landgebruik, volgens de ReCiPe-methode, weegt het landgebruik zwaar mee en heeft biokatoen een iets slechtere score dan conventioneel katoen. Deze vergelijking is gebaseerd op mondiale gemiddelden, wat een bepaalde onzekerheid met zich meebrengt. De FAO verwacht dat de opbrengst van biokatoen voor verbetering vatbaar is.

Dat de vergelijking biokatoen vs. conventioneel katoen per locatie kan verschillen, is te zien in de resultaten voor de specifieke regio in India. In deze regio scoort biokatoen beter op het klimaat effect en vergelijkbaar qua landgebruik. In dit geval komt ook de gewogen ReCiPe-score van biokatoen beter uit dan van conventioneel katoen. Op termijn is het dus goed mogelijk dat biokatoen ook mondiaal gemiddeld beter zal scoren dan conventioneel katoen, zelfs als bepaalde voordelen (bijvoorbeeld waterschaarste) niet in de berekening worden opgenomen.

De ReCiPe single score is een handige analyse methode om veel verschillende milieueffecten te kunnen aggregeren. In de analyse van katoen komen echter beperkingen van de ReCiPe single score aan het licht:

- De schade aan ecosystemen wordt door de ReCiPe single score op mondiaal niveau beoordeeld. Milieueffecten die meer lokaal spelen, vermisting en verzuring, worden als mondiaal minder ernstig beoordeeld, in tegenstelling tot bijvoorbeeld CO<sub>2</sub>-emissies, terwijl er lokaal wel grenswaarden kunnen worden overschreden.
- Waterschaarste is niet inbegrepen. Dit kan de LCA-uitvoerder als los milieueffect berekenen. Methodieken voor het kwantificeren van waterschaarste in LCA zijn pas sinds kort toegevoegd aan LCA-software. Helaas zijn deze nog niet geïntegreerd in de ReCiPe-methodiek.

Daarnaast gelden bij de vergelijking biokatoen versus conventioneel katoen ook beperkingen van LCA-modellering in het algemeen:

- Risico's voor menselijke gezondheid kunnen niet goed worden gekwantificeerd (bijvoorbeeld effecten door pesticidengebruik).
- Aspecten waarin lokale omstandigheden een belangrijke rol spelen kunnen niet worden meegenomen in een mondiale beoordeling, zoals blootstelling van arbeiders aan toxische stoffen, de lokale waterkwaliteit en management van afval en afvalwater.

---

<sup>8</sup> [www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/en/](http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/en/)



### Biokatoen vs. conventioneel katoen: conclusie

Bij een totaaloordeel over biokatoen denken wij dat het niet alleen belangrijk is om te kijken naar de huidige praktijk, maar ook naar de toekomst. Om de score van biokatoen verder te verbeteren is het belangrijk dat hierin geïnvesteerd wordt en de vraag en het aanbod blijven groeien.

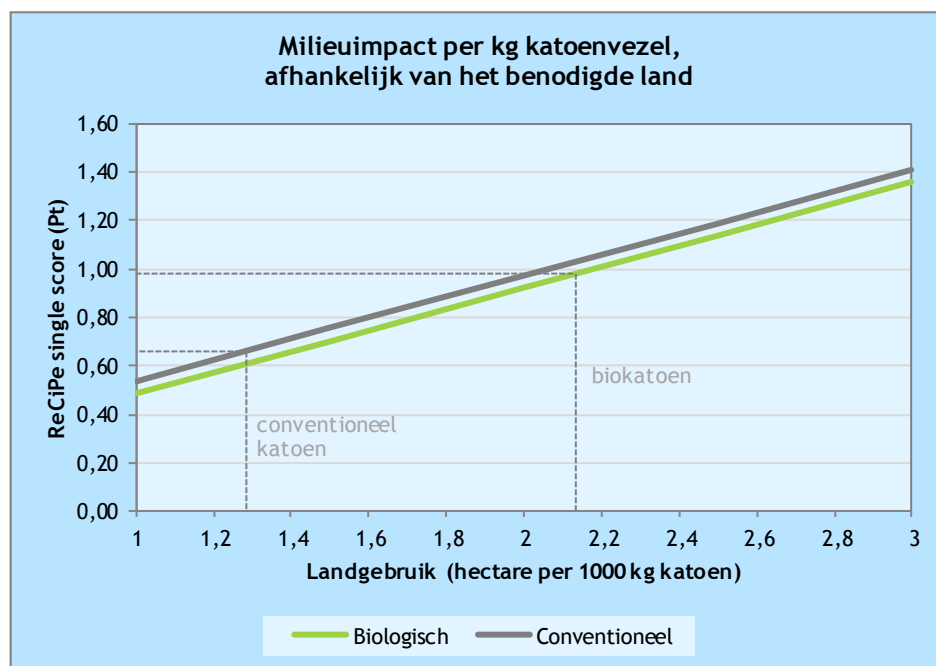
Wij beschouwen biokatoen als een milieukundig betere keuze dan conventioneel katoen. Dit gezien de duidelijke voordelen van biokatoen: zowel lokale effecten die niet in LCA-resultaten worden uitgedrukt als de diverse milieueffectscores in Textile Exchange (2014). Landgebruik is het enige aspect waarop biokatoen achterblijft. De verwachting is echter dat de opbrengsten van biokatoen blijven groeien en dat daarmee de score op dit thema in de toekomst verbetert.

Hiermee sluiten we ons aan bij het standpunt van Made-By en Textile Exchange.

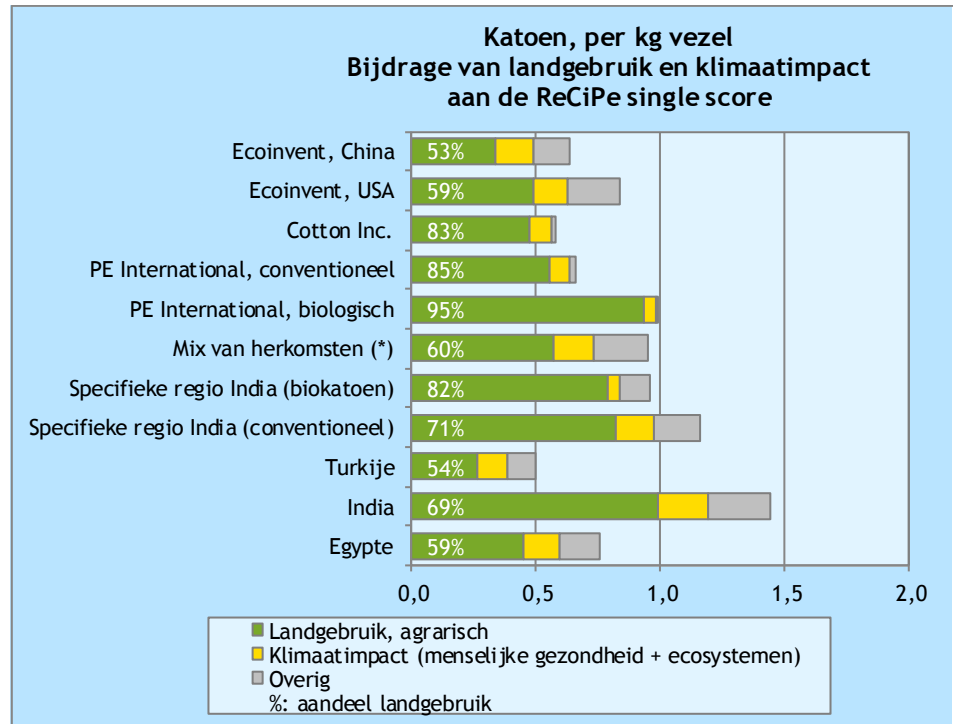
### Relatie landgebruik en ReCiPe-score

De huidige gemiddelde opbrengst wereldwijd ligt op 466 kg/ha voor biokatoen en 783 kg/ha voor conventioneel katoen (ICAC, 2012). Dat betekent dat er voor 1.000 kg katoen 2,15 ha land nodig is voor biokatoen en 1,3 ha voor conventioneel katoen. Dit is de voornaamste reden waarom de ReCiPe single score hoger is voor biokatoen dan voor conventioneel katoen. Dat de score hoger is, is te zien in Figuur 11. Dat dit verschil in score vooral komt door landgebruik is te zien in Figuur 12 ('PE International biologisch' en 'PE International conventioneel').

Figuur 11 Milieu-impact (ReCiPe single score) van 1 kg katoen, variatie in hoeveelheid benodigd land



Figuur 12 Aandeel landgebruik aan de ReCiPe single score van katoenvezel



Het is opvallend dat landgebruik zo'n enorm aandeel in de ReCiPe single score heeft. Het hoge aandeel komt hoogstwaarschijnlijk ook omdat Textile Exchange (2014) een paar milieueffecten berekent en niet alle 18 die in de ReCiPe single score worden meegewogen. Zo mist uitputting van fossiele stoffen, een indicator die vaak een significante bijdrage heeft aan de ReCiPe single score. Zie Bijlage D voor uitleg bij de ReCiPe-methode.

### Katoen en water

Voor katoenproductie is veel water nodig. Het hangt van de regio af hoeveel regen er valt en hoeveel irrigatie er daarnaast nodig is. In sommige landen is waterschaarste een probleem, in andere landen veel minder. Voor de 10 grootste katoenproducerende landen hebben we gekeken naar het verbruik van irrigatiewater voor katoen gerelateerd aan de waterschaarste in dat land.

Dit hebben we gedaan op de volgende manier:

1. FAO-Stat biedt gegevens over de hoeveelheid geproduceerd katoen per land.
2. Hoekstra biedt gegevens over irrigatiewaterverbruik (*blue water use*) per land per gewas.
3. Er is een waterschaarsteindicator ontwikkeld, die de relatieve ernst van waterverbruik aangeeft per land. Het is een vermenigvuldigingsfactor voor waterverbruik.

De resultaten van het onderzoek zijn te zien in Tabel 6.

Tabel 6 Waterschaarste-scores voor de top 10 katoenproducerende landen

	Aandeel in katoenproductie ter wereld	Blauwe water footprint van katoenvezel (= irrigatiewater, m3/ton)	WSI van het landland (m3/m3)	Gewogen waterschaarste-score (m3-eq./ton)
China	26%	558	0,48	267
India	25%	4222	0,97	4084
Verenigde Staten	12%	2043	0,50	1020
Pakistan	9%	4876	0,97	4715
Brazilië	5%	40	0,07	3
Oezbekistan	4%	7556	0,98	7443
Australië	4%	4132	0,40	1663
Turkije	3%	5271	0,78	4104
Griekenland	1%	2682	0,71	1907
Turkmenistan	1%	10740	1,00	10686

De waterschaarstescores hoger dan 500 zijn aangegeven in het rood. Dit betekent dat er per ton gewas een relatief hoge bijdrage is aan waterschaarste. Te zien is dat in 8 van de top-10-landen sprake is van een grote bijdrage aan de waterschaarste. In deze landen is zowel de hoeveelheid irrigatiewater als de waterschaarste-index (WSI) hoog. Deze indicator loopt van 0 tot 1; sommige landen hebben een zeer hoge WSI.

Brazilië is een uitzondering, zowel wat betreft irrigatie als WSI, maar daar spelen uiteraard weer andere zaken bij katoenteelt, zoals ontbossing.

Binnen de landen verschillen kunnen optreden, maar dit komt in deze analyse niet tot uitdrukking. De landen zijn vaak erg groot en de waterschaarste kan van regio tot regio binnen een land verschillen. China heeft een wat lagere gewogen waterschaarste-score dan de meeste landen, maar we kunnen ons voorstellen dat er regio's binnen China zijn waar waterschaarste een probleem is. Ook de mate van irrigatie zal niet overal gelijk zijn. Dit hebben we nu niet in detail onderzocht.

In eerder onderzoek door CE Delft is dezelfde aanpak gebruikt voor diverse groente- en fruitsoorten. Voor groente en fruit zijn de waterschaarstescores lang niet zo hoog als voor katoen, zie Figuur 13. Scores boven de 500 zijn aangegeven in rood; boven de 100 in donkerrood. Zulke hoge scores zijn bij groente en fruit uitzonderingen. De VS, India en Pakistan zijn ook hier landen met relatief hoge scores.

Figuur 13 Resultaten voor gewogen waterschaarste, diverse groente- en fruitsoorten

Gewas	Argentinië	België	Brazilië	Canada	Chili	China	Colombia	Costa Rica	Egypte	Ethiopië	Frankrijk	Duitsland	Griekenland	India	Indonesië	Israël	Italië	Kenia	Mexico	Marokko	Nederland	Nieuw Zeeland	Pakistan	Peru	Polen	Portugal	Rusland	Senegal	Servië	Zuid Afrika	Spanje	Thailand	Turkije	Verenigd Koninkrijk	U.S.A	
Aardappelen	18	0	1		77	3			282	27	3	1	68	35		103	13		85	27	1		126	119	0,1	112	0,3		3	47	55		59	5	44	
Asperge	203	12		146	311	14	5				69	21	893			100	105	1	539	862	6	10		343	1							160	488	41	648	
Sla		3		0,3	249	3	0,4			162	1	3	0,1	72	18		132	11	0,2	37	23	2	0,5	1038	53	0,03	30				89	52	7	50	2	21
Spinazie		2		0,5		3	1		229		2	0,1	113			19	78	8	0,1	74		2	2	136	59	0		1				82		40	18	
Tomaten	12	0,3	1		3	1	0	1	145	28	2	1	16	56	1	26	8	0,3	64	43	0,1	0,4	358	46	0,2	9	4	17	2	33	16	27	44	0,4	37	
Pompoen	9			0,2	103	1	0,1		179		1		49	5	1	77	5		20	6	0,4	0,3	77	15		23	0,3	1		64	23	3	33		15	
Komkoker		1			1	1	0,3		200	2	1	1	17	78	4	38	9	1	24	52	0,02		143	94	0,1	31	2		2	115	23	3	43	0,1	71	
Aubergine		1			2	0,3			283		5		116	19	9	64	12		27	16	0,1		158	62		73		3			78	20	59		46	
Bonen	22	3		1	346	3			259	1	4	0,1	93	25	6	272	14	0,1	53	17	2	1	105	123	0,01	34		5	4	171	63	15	62	2	67	
Wortelen	19	2			10	2	1		265	37	4	2	79	48	1	74	9	1	37	171	1	0,1	93	47	0,01	41	0,2	11	0,4	63	65		6	0,03	10	
Bananen	130		3		7	1	1		461	98			192	165		281	28	0,3	137	167			100		30		7		296	95	275	49		157		
Sinaasappelen	12	0,1	0,2		188	21	0,3	1	501	118	5		68	2		209	11	1	164	249		1	614	285		111	0	76		111	114	48	90		29	
Manderijnen	10	0,1	0,2		15	0,2			433	164	7		97			421	12		151	241		1	814	188		114				117	129	48	134		42	
Appels	60	0,3	0,01	10	69	14	0,4		673		5	0,1	101	407		355	12		303	494	1	0,2	471	279	0,1	40	0		0,5	137	140		55	1	122	
Peren	59	0,4		13	119	13	0,4		423		8	0,1	124	329		497	20		324	583	1	0,2	319	375	0,2	44	0		1	153	143		117	1	94	
Abrikozen	139			25	162	17			928		15	10	148	516		958	31		497	934		1	386	855	0,2	57	0		0,4	276	358		137		268	
Aardbeien	84	8	24	14	105	40	1	0,3	289		13	6	119			145	14	7	68	104	5	1	321	12	100	20		25	296	79		194	11	27		
Frambozen		4		34							17	1				17		215	919	5	1				0,3			0,4		178			3	113		
Druiven	87	0,3	2		3	0					1		87			404	9						837	2		0,02		27	0		0,3	108	96		0	105
Mango's	291		7		24	1			201	6			52			628			323	1020			515	333			19		478		315			436		
Avocado's	113		3		395	15	0,3	2		3	26		198			895		0,2	201	189		8		244		242			331	146		189		299		
Ananas	2		0,2		2	0,01	0,1		18				30			253		0,02	18					47		6				65		7			2	
Kiwi				22	292						17		94			408	23						2				49				122		100		243	

### 2.5.2 Zijde

Milieugegevens van zijde zijn niet beschikbaar in milieudatabases, zoals de Ecoinvent database. In de LCA-wereld staat zijde erom bekend dat er vrijwel geen LCA-gegevens van beschikbaar zijn. Voor zijde vonden we slechts één geschikte LCA-studie, van een Britse vakgroep van de universiteit van Oxford op het gebied van zijdeproductie, waarin de zijdeproductie van 20 producenten in India is geanalyseerd (Vollrath, et al., 2011). India is de op een na grootste zijdeproducent ter wereld en de geanalyseerde regio is de belangrijkste zijdeproducerende regio van India. De resultaten voor klimaatimpact en primaire energiebehoefte zijn berekend in deze studie en komen erg hoog uit in vergelijking met de andere vezels.

Zijde kent een inefficiënt productieproces. Zijderupsen eten moerbeiblaadjes, die specifiek worden geteeld voor de zijderupsen. Als de rupsen een cocon hebben gesponnen wordt deze gekookt, waarvoor energie nodig is en emissies vrijkomen.

De hoge scores voor energie en klimaat hebben volgens de onderzoekers als oorzaken:

- Houtgebruik en de verbranding van het hout voor het koken van de cocons. Dit draagt vooral bij aan de primaire energiebehoefte, niet aan de klimaatimpact (hout is CO<sub>2</sub>-neutraal, wat verbranding betreft).
- Veel mesttoevoer en een hoog elektriciteitsgebruik bij landbewerking (irrigatie) van de planten die als voer dienen voor de zijderupsen.

Naast de milieukundige aspecten is er discussie over de diervriendelijkheid van zijde: de cocons worden gekookt met de rups er nog in, voordat hij is uitgevlogen. Dit omdat de rups een gat in de cocon maakt als hij uitvliegt als mot, waardoor de zijdedraden niet meer intact zijn.



De resultaten in de genoemde LCA zijn een stuk hoger dan in twee andere bronnen die zijde noemen: De Higgs-index en de studie IMPRO - Environmental improvement potential of textiles (EC, 2014). De achterliggende bronnen voor zijde zijn echter ofwel niet meer beschikbaar (Higgs; niet-bestaande links naar websites), of gebaseerd op een extrapolatie van katoen en vlas (EC, 2014).

De studie van Vollrath (2011) is de eerste LCA-studie van zijde. De Oxford silk group (Vollrath, et al., 2011) geeft aan dat in andere landen de impact lager zou kunnen zijn. Wij denken bijvoorbeeld door andere teelt-karakteristieken (geen of efficiënte irrigatie, mest, energie) en andere manieren van koken van de cocons.

Echter, zijde is erg licht en de benodigde inputs voor zijde blijven hoog per kg zijde, vanwege de inefficiënte productie van zijde (blaadjes, rups, cocon, koken, spinnen).

Met de huidige resultaten moet zijde wel 10x lichter zijn, wil het milieukundig concurreren met een ander materiaal. Mocht zijdeproductie in andere landen een 2x lagere impact hebben, dan nog moet zijde 5x lichter zijn dan vergelijkbare producten, wil het milieukundig concurreren.

Milieu Centraal kan aan consumenten laten weten dat zijdeproductie een inefficiënt (en dieronvriendelijk) proces is en dat het zijden product een hoge milieuscore heeft ten opzichte van een vergelijkbaar product, ook als dat andere product een aantal keer zwaarder is.

### 2.5.3 Leer

Leer is niet getoond in de resultaten, vanwege de grote onzekerheid en range aan resultaten. Voor leer zijn weinig LCA-studies beschikbaar. LCA-resultaten zijn tegen betaling beschikbaar via het onderzoeksbureau ESU Services. De resultaten zijn echter zodanig laag dat wij twijfels hebben bij de accuraatheid ervan.

Bij de milieu-impact van leer hangt het af van welk dier het leer afkomstig is en welk deel van de impact van het dier wordt gealloceerd aan de huid. Als wij zelf rekenen met gemiddelde milieugegevens van runderen<sup>9</sup> en allocatiefactoren die genoemd worden op het LCA-discussieforum<sup>10</sup>, dan komen we uit op een range van:

ReCiPe single score:	1,3 tot 6,5 Pt per kg leer
Klimaatimpact:	6,5 tot 21 kg CO <sub>2</sub> -eq. per kg leer

Dit is nog zonder bewerkingen van het leer.

Per kg gelooid leer komen de resultaten van ESU-services uit op 2,9 kg CO<sub>2</sub>-eq. en 0,4 ReCiPe-punten. Daarmee zou leer de laagste scores hebben van alle doeken. We kunnen niet inzien hoe de resultaten precies tot stand zijn gekomen, maar we hebben nagevraagd welke allocatie is aangehouden en van welk productiesysteem is uitgegaan. Het gaat om Zwitsers rond en een lage allocatiefactor op basis van Zwitserse verkoopgegevens.

---

<sup>9</sup> Impact van rund (live weight): 14 kg CO<sub>2</sub>-eq./kg (Blonk Consultants, 2014).

<sup>10</sup> Hier worden de volgende gegevens genoemd: de huid vormt 10-15% van het gewicht van de koe en levert 7-15% van de inkomsten op. De berekende impactrange komt voort uit de impact van het rund, toebedeeld aan leer volgens deze range aan percentages.



Een oudere bron (Canals, et al., 2002) berekent 19,8 kg CO<sub>2</sub>-eq. per kg gelooid leer. Dit is dus weer een stuk hoger.

Momenteel is er een Europese ontwikkeling die in de toekomst zal leiden tot gestandaardiseerde LCA's voor leer. Dit is het traject 'Product Environmental Footprint' (PEF), met als doel het ontwikkelen van 'category rules' (PEFCR) voor het berekenen van de milieu-impact van specifieke productgroepen. Leer is een van die productgroepen en momenteel worden de PEFCR's opgesteld en getest met daadwerkelijke LCA's. Rondom de allocatiefactoren van leer wordt een discussie gevoerd, blijkt uit het online LCA-discussieforum. We verwachten dat in 2016 resultaten openbaar worden.

Rondom leer spelen meer milieukundige issues dan alleen de impact van de huidproductie. Er worden veel chemicaliën gebruikt bij het looien en kleuren, zoals chroom bij het looien, en als dat niet goed gereguleerd wordt kan dat leiden tot giftige emissies naar bodem en water, en gezondheids-schade voor de werknemers. In Europa en de VS zijn de regels streng, maar in veel delen van de wereld is geen regelgeving voor omgang met de chemicaliën.

Enkele voorbeelden, uit online artikelen:

*“Chromium (VI) is the most persistent toxin used by the leather industry. It is a known carcinogen with the following documented human health effects (...).*

*Because of these, most tanneries have switched to chromium (III), which is considerably less toxic. However, chromium (III) commonly oxidizes into chromium (VI) during the tanning process. As a result, the finished leather and the tanneries' effluent often contain chromium (VI).”*

[www.organicleather.com/organic\\_leather\\_white\\_paper.pdf](http://www.organicleather.com/organic_leather_white_paper.pdf)

*“Ninety percent of the world's tanneries use chromium, a toxic chemical, to tan cheaply and efficiently. Chromium leaves the water a pale blue color, known in the industry as 'wet blue.' Widespread since the 1890s, chromium softens the leather in a matter of hours. In countries with little to no environmental regulations, where much of the global leather is produced (China and India), the highly toxic effluent water is often dumped directly into rivers— it harms both tannery workers and local communities.”*

[www.eco-chick.com/2013/05/28295/is-leather-sustainable-textile-test-serie/](http://www.eco-chick.com/2013/05/28295/is-leather-sustainable-textile-test-serie/)

Er zijn ook voorbeelden van gecontroleerde leerproductie, zoals het productieproces van Lanxess:

*“Sustainability is becoming an increasingly important issue in the leather industry. With its 'Sustainable Leather Management' initiative, LANXESS is placing the focus firmly on environmentally compatible and future-oriented leather production.”*

[www.sustainableleathermanagement.com/en/about-slm/](http://www.sustainableleathermanagement.com/en/about-slm/)

In oktober 2015 zal de eerste 'Sustainable leather award' worden uitgereikt, een initiatief van onder andere MVO Nederland<sup>11</sup>, aan een initiatief in de leerketen dat rekening houdt met milieu- en sociale aspecten.

---

<sup>11</sup> [www.mvonderland.nl/sustainable-leather-award](http://www.mvonderland.nl/sustainable-leather-award)



## Conclusie

Of het leer dus een lage of hoge milieu-impact heeft hangt af van de huidproductie en methode van LCA-berekening voor de huid zelf, maar zeker ook van verantwoorde manier van verwerking.

De consument kan nu niet zien wat de herkomst van een leren product is en hoe het is geproduceerd. Kledingproducenten zouden meer inzicht kunnen geven in de herkomst en vooral een garantie moeten geven voor verantwoorde productie, zodat de consument een keus heeft.

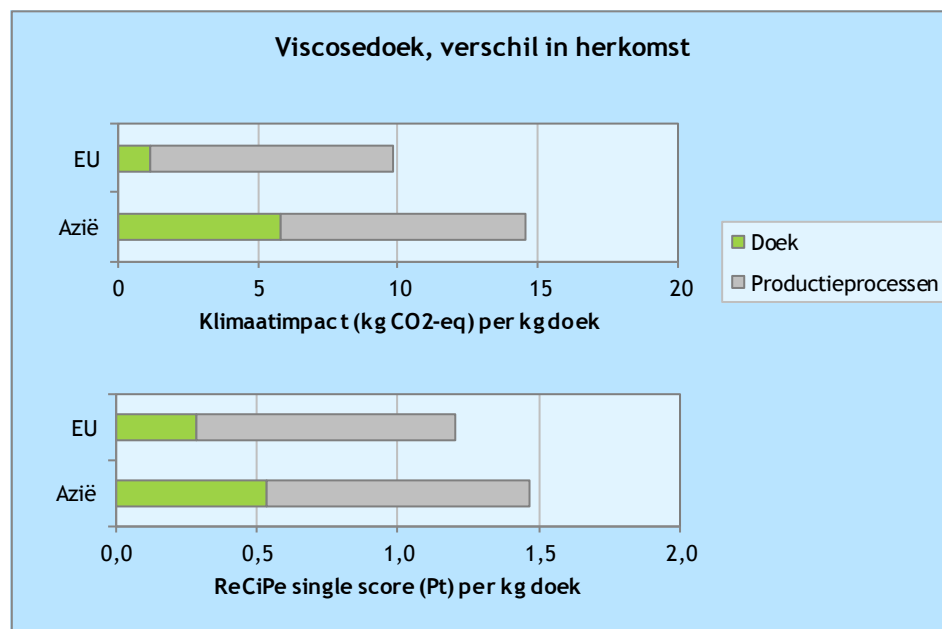
### 2.5.4 Bamboevezel en viscose

Bamboevezel is niet apart opgenomen in de ranking. Dit komt omdat er geen LCA's beschikbaar zijn voor bamboevezel. Bamboetextiel is in feite viscose, maar in plaats van uit bomen (loof- of hardhout) wordt het gemaakt uit bamboe. Omdat de productieprocessen vergelijkbaar zijn is het daarom wel mogelijk om een inschatting te maken van bamboevezel. De impact zal vergelijkbaar zijn met viscose zoals geproduceerd in Azië, omdat bamboe vooral in Azië wordt geproduceerd.

Milieugegevens van viscose zijn niet beschikbaar in de Ecoinvent-database. Goed bruikbare milieugegevens zijn beschikbaar via producent Lenzing, de grootste producent ter wereld (marktaandeel 17%), die zowel in Europa als in Azië viscose produceert. De resultaten worden getoond in Figuur 14. In de ranking tonen we de gemiddelde impact van EU en Azië, met de variatie (hoog=Azië, laag=Europa).

In Azië bestaat het risico dat het oplosmiddel CS<sub>2</sub>, dat wordt gebruikt voor het winnen van de vezels, niet wordt teruggewonnen als er geen gesloten systeem is. Als het giftige CS<sub>2</sub> in de natuur terecht komt heeft dit ecologische consequenties. Dit risico is niet meegenomen in de indicatie voor viscose uit Azië/bamboevezel.

Figuur 14 Viscose, verschil in impact afhankelijk van productielocatie





### **Resultaten viscose vergeleken met eerdere analyse van viscose**

In de eerdere studie van CE Delft, 'Milieuanalyses textiel', voor het (toenmalige) ministerie van VROM, zijn ook milieueffecten berekend van textielvezels. Viscose had toen een relatief hoge milieu-impact in vergelijking met andere vezels; nu bevindt viscose zich in de middenmoot. Een verklaring is dat in de eerdere studie wel LCA-gegevens van Lenzing zijn gebruikt, maar deze dateerden uit 2001. In 2010 heeft een update plaatsgevonden (Shen & Patel, 2010). De resultaten op basis van de nieuwe studie vallen lager uit. Zo was de ReCiPe single score per kg vezel 0,9 Pt, nu is deze verlaagd naar 0,3 Pt voor EU en 0,5 voor Azië. Dit substantiële verschil komt waarschijnlijk door verbeteringen in het proces (ander oplosmiddel en een gesloten systeem) en wellicht ook door de nieuw toegevoegde differentiatie tussen productie in Europa en productie in Azië.

#### **2.5.5 Wol**

Wol wordt op vele plekken ter wereld geproduceerd. De milieu-informatie die beschikbaar is in de Ecoinvent-database gaat uit van een studie over wol uit de VS. Deze studie komt uit op hoge milieuscores in vergelijking met de andere vezeltypen.

Bij de Higgs index en in de studie 'IMPRO - Environmental improvement potential of textiles' (EC, 2014) wordt uitgegaan van een andere studie (Barber & Pellow, 2006) over wol van het Merinoschaap, uit Nieuw Zeeland. Deze studie komt op een veel lagere klimaatimpact: 2,3 in plaats van 19 kg CO<sub>2</sub>-eq. per kg wolvezel. Het blijkt dat deze studie vooral is gericht op energiegebruik en dat methaanemissies niet zijn meegenomen. De resultaten van Higgs beschouwen we als niet geschikt voor gebruik.

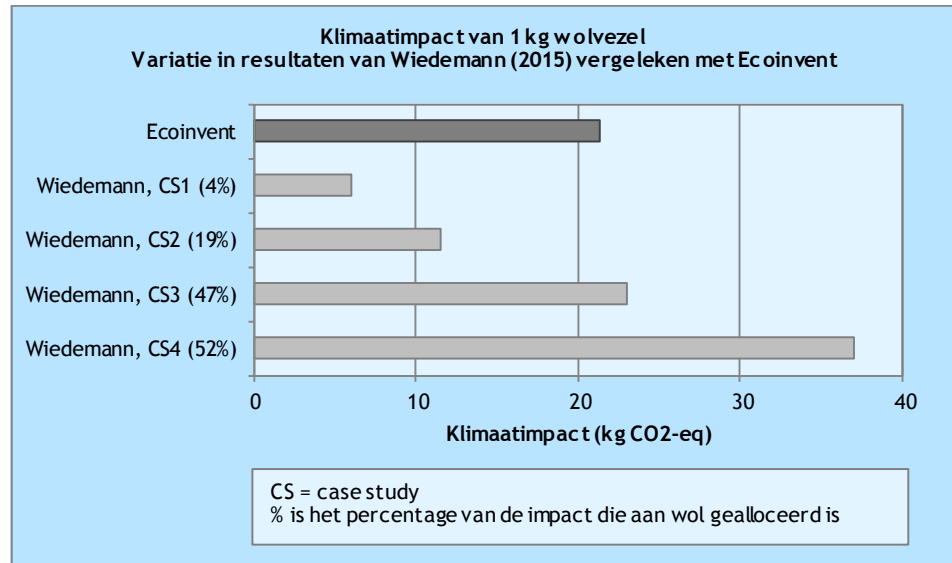
Methodologische keuzes zijn belangrijk voor de uitkomsten. Belangrijk is hoe landgebruik wordt meegerekend, of pensfermentatie (uitstoot van methaan door voedselvertering van het schaap) is inbegrepen en welke allocatiemethode en -factoren worden gebruikt voor toerekening van de impact naar wol en vlees.

Er geen reden om te twijfelen aan de validiteit van de data over Amerikaans wol in Ecoinvent: er is economische allocatie toegepast, landgebruik en pensfermentatie zijn inbegrepen. Wel is het bestaan van een zodanig andere bron (Barber & Pellow, 2006) een aanleiding om verder in de milieu-impact van wol te duiken.

Recentelijk werd een studie gepubliceerd in het International Journal for LCA (Wiedeman, et al., 2015). Hierin wordt de klimaatimpact van vier wolproductiesystemen geanalyseerd, in Australië, Nieuw Zeeland en de UK. Landgebruik en de emissies van schapen en schapenhouderij (teelt van additioneel voer, energiegebruik) zijn inbegrepen en er is speciale aandacht voor variatie in allocatie. In Figuur 15 worden de resultaten van de vier productiesystemen vergeleken met het resultaat uit Ecoinvent. In alle cases is economische allocatie toegepast, maar verschillen de allocatiefactoren.



Figuur 15 Variatie in klimaatimpact op basis van de casestudies uit (Wiedeman, et al., 2015)



Te zien is dat er behoorlijke variatie in resultaten kan optreden tussen productiesystemen, ook al zijn deze volgens dezelfde methodiek berekend (systeemgrenzen, economische allocatie). De laagste score wordt alleen behaald doordat bij de schapenhouderij nadruk ligt op vleesproductie en wol dus een bijproduct is. Ondanks dat is ook de laagste score voor de klimaatimpact relatief hoog in vergelijking met de score van andere vezels.

In Wiedemann et al. (2015) staat dat landgebruik zeer verschilt tussen de productiesystemen, zowel gebruik van weidegrond als niet-agrarisch land, afhankelijk van hoe intensief de schapenhouderij is. De range is 0,05 m<sup>2</sup> tot 6,9 m<sup>2</sup> per kg wol (economische allocatie toegepast). We kunnen de ReCiPe single score niet berekenen van de wolproductie uit Wiedemann et al. (2015), maar gezien de range in zowel klimaatimpact als landgebruik zal ook de ReCiPe single score een range kennen.

Concluderend stellen we:

De impact van wol ligt hoger dan gemiddelde vezel. Dit geldt in elk geval voor de klimaatimpact en vermoedelijk ook voor de ReCiPe single score, gezien de nadruk op klimaatimpact en landgebruik in de ReCiPe-methode.

## 2.6 Consumentenkeuzes door Anton Luiken

Anton Luiken is expert op het gebied van textielproductie. Hij heeft een eigen adviesbureau op dit gebied en is betrokken bij onderzoek en ontwikkeling rondom textielrecycling via Texperium. Hij geeft een drietal aspecten aan<sup>12</sup> die zichtbaar zijn voor de consument en waar de consument een milieuvriendelijker keuze kan maken.

<sup>12</sup> Persoonlijke communicatie met Anton Luiken.

### 1. Overbodige bewerkingen

Spijkerstof wordt standaard (zeer) donkerblauw gekleurd. Spijkerkleding die dus valer is, is gebleekt en/of gewassen. Behandelingen op spijkerkleding zijn goed zichtbaar voor de consument: lichtgekleurde en stonewashed jeans hebben extra behandelingen ondergaan, vaak met extra chemicaliën.

Het zandstralen (sandblasting) van spijkerstof wordt met de hand gedaan en is zeer schadelijk voor de werknemers. Het sandblasten is verboden in de VS en Europa en Turkije, maar vindt nog steeds plaats in andere textielproducerende landen. Het effect ervan op menselijke gezondheid is in de LCA niet inbegrepen. Het is een groot sociaal issue, waarbij de consument een keuze heeft. Zie ook:

[www.nytimes.com/2011/11/01/health/silicosis-from-work-on-blue-jeans-killed-workers-study-says.html](http://www.nytimes.com/2011/11/01/health/silicosis-from-work-on-blue-jeans-killed-workers-study-says.html)

en

[www.mercurynews.com/business/ci\\_24407198/retailer-sandblasting-bans-have-changed-little-garment-industry](http://www.mercurynews.com/business/ci_24407198/retailer-sandblasting-bans-have-changed-little-garment-industry)

### 2. Donker/licht en hoeveelheid verf

Hoe donkerder de stof, hoe meer verf er nodig is. Zwart en donkerblauw vergen de meeste verfstoffen, soms tot 4% van het gewicht van de stof. Lichte kleuren vergen veel minder kleurstof, tot 1% van het gewicht van de stof.

De bijdrage van het verfproces aan de totale ReCiPe single score van een doorsnee spijkerdoek is ongeveer 15%, waarvan een kwart (jet dyeing) tot de helft (yarn dyeing) verfstoffen en de rest energie. Het toepassen van meer of minder verf heeft dus wel invloed op de impact van het textielproduct.

Aan de andere kant worden volledig witte producten, zowel kleding als stoffen voor hygiënische toepassingen (handdoeken, doktersjassen) wel weer vaker gewassen dan (licht) gekleurde producten. Dit heft enig milieuvoordeel snel op. Lichtgekleurde producten die niet vaker dan gemiddeld gewassen worden zijn de beste keus.

### 3. Vezeldikte, grofheid

Hoe fijner de vezel, hoe meer energie er nodig is voor de productie-stappen spinnen, weven en breien. Wel is minder stof nodig, dus dat kan de balans weer positief door laten slaan. Dit punt is uitgezocht in Paragraaf 2.2.3.



# 3 Andere ketenaspecten

## 3.1 De bijdrage van transport

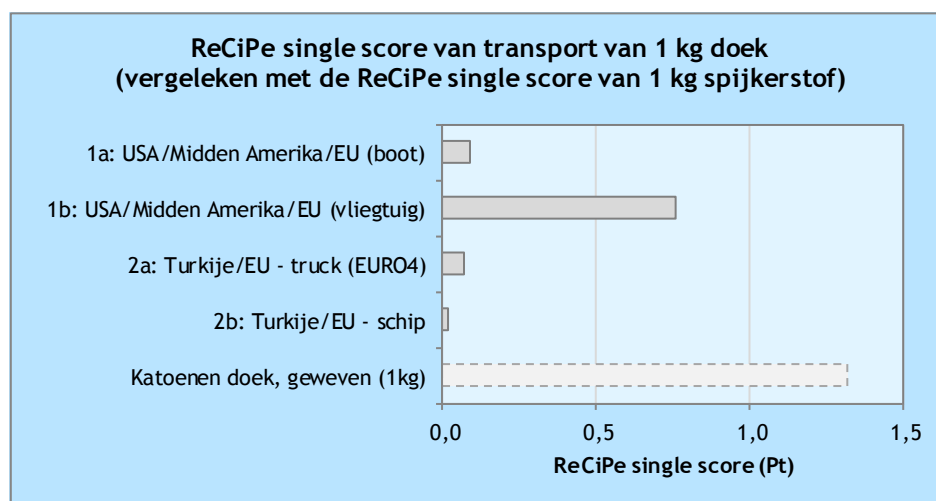
Het verminderen van transport per vliegtuig wordt in de studie 'IMPRO - Environmental improvement potential of textiles' (EC, 2014) genoemd als verbetermaatregel. In eerder onderzoek voor Modint zagen we dat textiel soms enorme afstanden aflegt van teelt/winning van de vezel tot aan de eindgebruiker. In deze paragraaf bekijken we twee scenario's voor transport met elk twee variaties erop. In alle gevallen bevindt de eindgebruiker zich in Nederland. Zie Bijlage C voor uitgebreide beschrijving van de routes.

Tabel 7 Transportroutes

Scenario	Beschrijving van route
1A	Bestaand transportscenario van Levi-jeans. Katoenteelt in North Carolina (USA); productie in midden Amerika (2 locaties: Dominicaanse Republiek en Haïti); opslag in Georgia (USA); per schip naar Europa. Van en naar havens vindt het transport plaats per vrachtwagen.
1B	Bestaand transportscenario van Levi-jeans. Katoenteelt in USA; productie in midden Amerika (2 locaties); opslag in Georgia (USA); per vliegtuig naar Europa. Van en naar havens vindt het transport plaats per vrachtwagen.
2A	Fictief transportscenario. Katoenproductie in het zuidoosten van Turkije; textielproductie in mid-zuiden van Turkije (havenstad); transport per vrachtwagen naar Europa.
2B	Fictief transportscenario. Katoenproductie in het zuidoosten van Turkije; textielproductie in mid-zuiden van Turkije (havenstad); transport per vrachtschip naar Europa.

Het doel is om te zien hoe de impact van transport zich verhoudt tot de impact van de productie van textiel. Als voorbeeld is geweven katoenen doek (jeans) gekozen. Het resultaat voor de ReCiPe single score is te zien in Figuur 16.

Figuur 16 Impact van transport, diverse scenario's



Te zien is dat de impact van het doek hoger is dan alle scenariovarianten. Ook als het doek per vliegtuig wordt vervoerd, overstijgt het de impact van het doek niet. Vervoer per vliegtuig heeft wel een stuk hogere impact dan alle andere scenariovarianten: als met het vliegtuig wordt vervoerd, stijgt de impact enorm: van 1 tot 4% (truck, boot) tot 33% van de katoenen doek. Het verschil tussen het gematigde transportsценario vanuit Turkije en het langere transportsценario per boot, is relatief klein.

De resultaten onderschrijven het nut om transport per vliegtuig te vermijden (EC, 2014). De consument kan echter niet zien of het textiel per vliegtuig is vervoerd. Meer transparantie vanuit modefabrikanten zou de consument een keuze kunnen bieden.

### 3.2 Recycling van vezels

Meer en meer leeft in Nederland het inzicht, ook onder consumenten, dat het belangrijk is om waardevolle grondstoffen te behouden voor hergebruik/recycling. Dit zowel vanuit milieukundig als economisch oogpunt, aangezien Nederland weinig grondstoffen zelf produceert.

Gescheiden inzameling van textiel uit huishoudens ten behoeve van hergebruik of recycling gebeurt in Nederland via bakken op straat en inzamelacties aan de deur (zakken). Ook nemen sommige winkelketens gebruikte kleding in. Ondanks de inzamelmogelijkheden komt veel textiel terecht in het huishoudelijk restafval. Volgens onderzoek in opdracht van Rijkswaterstaat werd in 2012 90 kton gescheiden ingezameld en werd 135 kton via het restafval verbrand (Custers, et al., 2014). Textielinzameling blijft daarmee achter vergeleken met gescheiden inzameling van glas en papier.

Dat is zonde, want ook textiel dat niet meer kan worden hergebruikt, kan worden gerecycled: het wordt dan vervezeld en weer gesponnen tot vezel. Dit gebeurt echter nog maar op kleine schaal. De milieu-impact van gerecyclede vezels ligt vele malen lager dan virgin vezels.

Via het project voor Modint (CE Delft, 2013) hebben we milieugegevens beschikbaar van het inzamelen en vervezelen zoals dat gebeurt bij VAR-Frankenhuis<sup>13</sup>. Daar worden kleding en snijresten van de industrie vervezeld tot diverse typen doek: producten zijn gerecyclede katoen-, PE-, PP-, acryl-, nylon- en wolvezels.

Naast wat transport is alleen energie nodig voor het snijden, voor de walsen waarmee het vervezelen plaatsvindt en voor het persen tot balen. Daarna kunnen de vezels worden gebruikt voor isolatiemateriaal, of weer worden gesponnen tot draad, dat vervolgens weer kan worden geleverd en gebruikt voor nieuwe textielproducten.

Grote batches van spijkerbroeken, snijafval of uniformen (bijv. KLM) leveren homogene garens op.

---

<sup>13</sup> [www.varfrankenhuis.nl/nl/var|frankenhuis/over+ons.html](http://www.varfrankenhuis.nl/nl/var|frankenhuis/over+ons.html)





Bron: [www.texperium.eu/nl/products/6/garens+uit+gerecyclede+vezels](http://www.texperium.eu/nl/products/6/garens+uit+gerecyclede+vezels)

In vergelijking met virgin katoenvezels (dus nog geen doek) is de impact van gerecycled katoen minstens 10x lager:

Tabel 8 Milieu-impact gerecycled katoen versus virgin katoen

Milieu-effect of -indicator	Gerecyclede katoenvezel (*)	Virgin katoenvezel (**)	Eenheid	Factor verschil
Klimaatimpact	0,324	3,6	Kg CO <sub>2</sub> -eq.	11
Landgebruik	0,004	13,2	M2a	3015
Primaire energiebehoefte	6,8	70,2	MJ	10
ReCiPe single score	0,031	1,0	Pt	31

\* Bron: gemiddelde katoenmix, zoals opgesteld in deze studie

\*\* Bron: Modint (CE Delft, 2013)

Voor recycling van ander typen vezels hebben we geen gegevens. Daarom bespreken we hier niet verder de recycling van polyester kleding en andere synthetische vezels. Fleece is een gerecycled materiaal, maar de vezel is niet afkomstig van oud textiel, maar van oude PET-producten, zoals PET-flessen. De ReCiPe single score van rPET uit gerecyclede PET-producten is ruim 4x lager dan die van virgin PET; de klimaatimpact zo'n 10x.

Wel zijn natuurlijk wederom textielproductieprocessen nodig om van de gerecyclede vezel weer een nieuw textielproduct te maken. Dat verkleint het percentuele verschil met virgin doek weer. Als de kleding in Nederland wordt gerecycled is transportafstand voor gerecycled kleding is wel (veel) lager dan die van virgin kleding.

### Conclusie

Een handelingsperspectief voor de consument is om ervoor te zorgen dat hij zijn kleding na gebruik inlevert zodat het kan worden hergebruikt of gerecycled. Het is hierbij belangrijk dat de consument weet dat ook beschadigde kleding en huishoudtextiel, mits schoon en droog, mag worden ingeleverd.

Dat de consument nog weinig recyclet komt volgens ons slechts deels door onbekendheid (niet iedereen weet dat er textielinzameling mogelijk is of men weet geen inzamelbak te staan). De consument kan beter geïnformeerd worden over de mogelijkheden van recycling en wat men in mag leveren in textielbakken. Via de Green Deal textielinzameling wordt ook al aandacht besteed aan het verbeteren van de communicatie over textielinzameling en recycling.

De informatievoorziening naar de consument over recycling is echter soms nog misleidend: op bakken en zakken staat vaak aangegeven dat alleen schone en onbeschadigde kleding mag worden ingeleverd. Inzamelacties zijn vaak alleen gericht op hergebruik, niet op recycling. Recycling van vezel is relatief nieuw, technieken zijn in ontwikkeling, dus is het nodig om ook de informatievoorziening aan te passen.

### 3.3 Bijdrage aan de *plastic soup*

In deze paragraaf gaan we in op het uitspoelen van kunststof microvezels bij het wassen. De paragraaf is wat anders van opbouw dan een klassiek onderzoeksrapport: we hebben allerlei bronnen geraadpleegd en bieden een overzicht van wat er bekend en onbekend is aan de hand van quotes uit en links naar die bronnen. De links zijn bedoeld om Milieu Centraal snelle toegang te geven naar meer informatie.

De indruk die wij hebben gekregen is dat uitspoeling van kunststof microvezels uit textiel op grote schaal gebeurt en mogelijk een (groot) ecologisch probleem kan vormen. Wel is duidelijk dat er nog meer onderzoek nodig is om de omvang van het probleem te kunnen duiden. Het lijkt ons goed dat er naar preventieve maatregelen wordt gezocht.

Nu ook nog onbekend is of de manier van wassen effect heeft op het loslaten van de vezels. Het zou interessant zijn om te weten of temperatuur invloed heeft, of het zin heeft om wasbeurten te beperken, korte wasprogramma's te kiezen en of het toerental voor centrifugeren een rol speelt.

#### Het onderwerp

Bij het wassen van kleding spoelen korte vezels uit, zoals in meerdere tests en onderzoeken wordt aangetoond<sup>14</sup>. De kleine vezels komen in het afvalwater terecht, omdat ze klein genoeg zijn om door de filters heen te gaan. De biotische vezels (katoen, linnen, e.d.) zijn biologisch afbreekbaar, maar de kunststof microvezels vormen mogelijk een probleem, omdat zij niet afbreken en zich ophopen in het ecosysteem (water, sedimenten, organismen). Microplastics, dus ook microvezels, breken vervolgens verder af tot nog kleinere deeltjes. Vooral van deze kleinste deeltjes is nog onbekend wat voor schade ze aanrichten.

---

<sup>14</sup> Onder andere in Browne et al., 2011 en in het onderzoek voor Kassa Groen: [www.kassa.vara.nl/tv/afspeelpagina/fragment/plastic-in-je-wasmachine/speel/1/](http://www.kassa.vara.nl/tv/afspeelpagina/fragment/plastic-in-je-wasmachine/speel/1/)



In 2011 werd het onderwerp microvezels aangekaart en als probleem gesignaleerd, in de studie 'Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks'. (Browne, et al., 2011). Browne vond dat: *"85% of the human-made material found on the shoreline were microfibers, and matched the types of material, such as nylon and acrylic, used in clothing."*

[www.theguardian.com/sustainable-business/2014/oct/27/toxic-plastic-synthetic-microscopic-oceans-microbeads-microfibers-food-chain](http://www.theguardian.com/sustainable-business/2014/oct/27/toxic-plastic-synthetic-microscopic-oceans-microbeads-microfibers-food-chain)

Sindsdien is ook in Nederland meer onderzoek uitgevoerd naar microplastics, met ook aandacht voor microvezels. Twee nuttige Nederlandse studies zijn:

- (IVM, 2013): 'Microplastic survey of the Dutch environment - Novel data set of microplastics in North Sea sediments, treated wastewater effluents and marine biota'.
- STOWA heeft onderzoek laten uitvoeren door Deltares en IVM: 'Potential risk of microplastics in the fresh water environment' (STOWA, 2014).  
[www.stowa.nl/upload/publicaties/Inventarisatie%20risico%20microplastics%20engels.pdf](http://www.stowa.nl/upload/publicaties/Inventarisatie%20risico%20microplastics%20engels.pdf)

### Impact, is het een probleem?

De impact van microvezels kan nog niet mee worden genomen in LCA-berekeningen. Dit heeft twee redenen:

- het modelleren van kunststof deeltjes naar water en bodem is nu niet mogelijk;
- er is geen analysemethode die berekent wat het milieueffect is op bodem, organismen en water van microvezels.

Microplastics vormen echter zeker wel een probleem, zo wordt ook onderkend door overheden. Het is alleen een ander probleem dan macroplastics in zee, en ook niet zo zichtbaar. Het voornaamste nadelige effect dat wordt genoemd is dat de vezels schadelijk zijn voor kleine organismen die in de zee leven. Via de kleine organismen reizen de microplastics omhoog in de voedselketen. Daarnaast gaat het om veel vezels: ze worden overal in sedimenten, water en organismen aangetroffen.

Bij de microplastics uit huishoudens is een van de problemen dat drijvende deeltjes moeilijk te filteren zijn. STOWA geeft aan:

*"At the moment little is known about the removal efficiency of microplastics in an sewage treatment plant. Because of the low density a substantial part of the plastic particles will remain floating on the water surface. Sedimentation tanks are not designed to remove light particles as polyethylene and nylon, whenever these particles are not captured in the flakes produced by the activated sludge or will end up in the drift layer."*

[www.stowa.nl/upload/publicaties/Inventarisatie%20risico%20microplastics%20engels.pdf](http://www.stowa.nl/upload/publicaties/Inventarisatie%20risico%20microplastics%20engels.pdf)

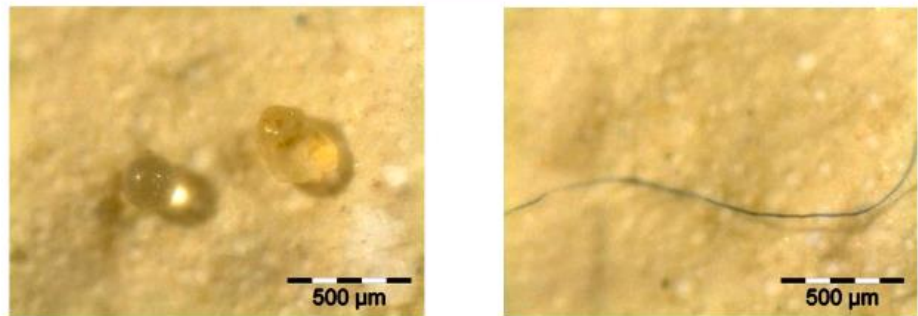
In studies en berichten over microplastics worden vezels vaak specifiek genoemd. Zoals ook in [www.unep.org/gpa/news/MicroplasticBan.asp](http://www.unep.org/gpa/news/MicroplasticBan.asp): *"There are two types of microplastics. Primary microplastics - also known as microbeads - are included in industrial abrasives, exfoliants, cosmetics, and pre-production plastic beads, the latter being one of the main components of marine debris. Secondary microplastics are produced by the degradation of plastic debris. Another important source of microplastics comes from synthetic fibers produced during our laundry."*

Door IVM is onderzoek gedaan naar microplastics in het sediment langs de Nederlandse kust, in gezuiverd afvalwater uit RWZI's en in zeeorganismen.





Er werd gekeken naar zeer kleine deeltjes (1-300 µm) en kleine deeltjes (300-5.000 µm). In sediment werden de hoogste concentraties gemeten in de Rijndelta: meer dan 3.000 deeltjes per kg sediment. In gezuiverd afvalwater werden gemiddeld 52 deeltjes per liter gemeten.



*Figure 4.1 Examples of microplastics detected in North Sea marine sediments.*

Bron: 'Microplastic survey of the Dutch environment' (IVM, 2013).

In zeeorganismen (mossel, krab, oester, e.d.) werd als maximum 105 microdeeltjes per gram drooggewicht gemeten (het merendeel was zeer kleine deeltjes). Ook vezels werden in de zeeorganismen aangetroffen:



*Figure 4.5 Examples of fibres detected in extracts from marine biota.*

Bron: 'Microplastic survey of the Dutch environment' (IVM, 2013).

In de bijbehorende presentatie 'Macroplastics, microplastics and environment impact' (Leslie, 2014) wordt een aantal voorbeelden gegeven en studies aangehaald. Zie voor verspreiding van microplastics p.13-15 en voor milieukundige problemen door microplastics p.18-22:

[www.rsc.org/images/Leslie\\_tcm18-239910.PDF](http://www.rsc.org/images/Leslie_tcm18-239910.PDF)

Ook de EC en UNEP zien microplastics, waaronder vezels, als ecologisch probleem:

In de EU Green Paper on a "European Strategy on Plastic Waste in the Environment", 2013, staat: "These micro-plastics and the chemical additives they contain, if ingested in large quantities by marine fauna may have a high potential for contaminating the food chain through predator-prey interaction."

[www.unep.org/yearbook/2013/pdf/Microplastic\\_english.pdf](http://www.unep.org/yearbook/2013/pdf/Microplastic_english.pdf)

[www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0123&from=EN](http://www.eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0123&from=EN)

Er zijn aanwijzingen dat microvezels schadelijker kunnen zijn dan microkorrels (microbeads):

[www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us](http://www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us)

*“Ominously, the fibres seem to be getting stuck inside fish in ways that other microplastics aren’t. Microbeads and fragments that fish eat typically pass through their bodies and are excreted. But fibres are becoming enmeshed in gastrointestinal tracts of some fish. Mason and her students have examined. They also found fibres inside a double-crested cormorant, a fish-eating bird.”*

En in: [www.marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/mdp\\_ingestion.pdf](http://www.marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/mdp_ingestion.pdf)

*“Murray and Cowie (2011) noted that when lobsters ingested rope fibers contained in fish, they could not excrete the fibers.”*

In januari 2015 heeft Nederland samen met België, Oostenrijk, Luxemburg en Zweden, een ban op microplastics in huishoudelijke producten geïntroduceerd:

[www.unep.org/newscentre/Default.aspx?DocumentID=2817&ArticleID=11120&I=en](http://www.unep.org/newscentre/Default.aspx?DocumentID=2817&ArticleID=11120&I=en) En: [www.unep.org/gpa/news/MicroplasticBan.asp](http://www.unep.org/gpa/news/MicroplasticBan.asp)

*“The Netherlands, Austria, Luxembourg, Belgium and Sweden have issued a joint call to ban the microplastics used in personal care products, saying the measure will protect marine ecosystems - and seafood such as mussels - from contamination.”*

## Hoeveelheden

In diverse bronnen worden hoeveelheden microvezels genoemd. Browne noemt een getal van 1.900 vezels per kledingstuk per wasbeurt. IVM/Deltares noemt tot 200.000 per wasbeurt (een volle wastrommel zal geen 100 kledingstukken bevatten, dus dit is meer dan 1900/kledingstuk). Een deel van de vezels wordt in de afvalwaterzuivering eruit gefilterd, maar de echt kleine deeltjes niet. In onderzoek uitgevoerd door Deltares, voor de STOWA, wordt ingeschat dat per jaar 100 miljoen deeltjes in het Nederlandse oppervlaktewater terecht komen. Dit zijn wel zowel microvezels als andere microplastics.

Hoewel de hoeveelheden erg verschillen (100 miljoen deeltjes zou slechts 2.000 wasbeurten zijn), lijkt het ons dat het gaat om significante hoeveelheden.

Browne geeft cijfers over de hoeveelheid vezels in sediment:

*“The abundance of microplastic per sample ranged from 2 (Australia) to 31 (Portugal, U.K.) fibers per 250 mL of sediment, consisting of polyester (56%), acrylic (23%), polypropylene (7%), polyethylene (6%), and polyamide fibers (3%).”*

In onderzoek over vezels in de Amerikaanse Great Lakes wordt de omvang van vezels geïdentificeerd:

[www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us](http://www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us)

*“Microfibres have received comparatively little attention. They have accounted for about 4% of the plastic litter that Mason and her students have collected from the Great Lakes. The group drags finely meshed netting along the lake surfaces, harvesting tens of thousands of particles per square*



mile, and studies them with microscopes. About three-quarters of the bits they have found are fragments of larger items such as bottles. Smaller portions consist of microbeads, Styrofoam and other materials.”

### Bronnen van microvezels

Het wassen van textiel is niet de enige mogelijke bron van microvezels. Ook (degradatie van) visnetten en grotere stukken textiel is een mogelijke bron.

IVM (2013) geeft aan: “Pinpointing the origin or source of field-collected, microplastic fragments is for the most part impossible to do accurately.”

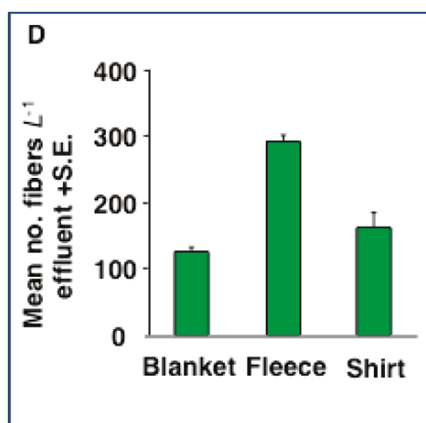
In het rapport ‘Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know’ (Wagner, 2014) staat:

*“To date, the sources of marine microplastics are still not very well characterized. A rough estimation predicts that 70% to 80% of marine litter, most of it plastics, originate from inland sources and are emitted by rivers to the oceans. Potential sources include wastewater treatment plants (WWTPs), beach litter, fishery, cargo shipping, and harbors. Although data is so far unavailable, runoff from industrial plastic production sites may be an additional source. Taken together, most marine studies tentatively refer to inland waters as relevant sources (indeed they are rather transport pathways), while actual data is still scarce.”*

(Browne, et al., 2011):

*“An important source of microplastic appears to be through sewage contaminated by fibers from washing clothes. Forensic evaluation of microplastic from sediments showed that the proportions of polyester and acrylic fibers used in clothing resembled those found in habitats that receive sewage-discharges and sewage-effluent itself.”<sup>15</sup>*

Browne laat zien dat de gevonden vezels qua verdeling overeenkomen met het vezelgebruik in textiel. Polyester komt verreweg het meest voor. Browne heeft van diverse textiele producten gecheckt hoeveel vezels er uitwassen en het bleek dat het polyester van fleecce het meest loslaat:



Figuur uit Browne (2011): Number of polystester fibers discharged into wastewater from using washing-machines with blankets, fleeces, and shirts (all polyester).

<sup>15</sup> (Browne, et al., 2011).

Het is niet onderzocht of gerecyclede vezel (rPET ofwel fleecce) meer vezels loslaat dan kleding van virgin PET-vezels (fleecce). Ook wordt niet onderzocht hoe het vezelverlies is van gemengde vezel (bijvoorbeeld 50% katoen/50% polyester).

### **Oplossingen**

In de diverse eerdergenoemde bronnen worden logische oplossingsrichtingen aangedragen.

Browne (2011): *“To tackle this problem, designers of clothing and washing machines should consider the need to reduce the release of fibers into wastewater, and research is needed to develop methods for removing microplastic from sewage.”*

We spraken Cora Uijtterlinde, van de STOWA. Zij deelt onze conclusie dat microplastics negatieve ecologisch effecten heeft, maar dat het onduidelijk is hoe groot het probleem is. De STOWA is aan het verkennen wat de mogelijkheden zijn bij RWZI's, waarbij ze niet specifiek naar microvezels kijken, maar naar alle microplastics.

Het standpunt van Deltares (onderzoeker Dick Vethaak) is: *“It is a good thing that a special filter is being developed to clean up water from washing machines before it enters the drain. A filter of this kind can remove microplastics released from synthetic clothing during washing from the water before it gets to the sea.”*

[www.deltares.nl/en/news/extra-filter-washing-machines-welcomed/](http://www.deltares.nl/en/news/extra-filter-washing-machines-welcomed/)

[www.kassa.vara.nl/tv/afspeelpagina/fragment/plastic-in-je-wasmachine/speel/1/](http://www.kassa.vara.nl/tv/afspeelpagina/fragment/plastic-in-je-wasmachine/speel/1/)

*“We moeten de industrie bewegen om sterkere vezels te produceren die niet loslaten.”*

Het veranderen van koopgedrag is lastig:

[www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us](http://www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us)

*“Because microfibres are used so widely, there’s no obvious solution, Mason said. Persuading people to stop wearing synthetic clothes would probably be a tougher sell than the idea of switching facial scrubs.”*

In sommige media wordt op basis van de resultaten van Browne geopperd om fleecce te vermijden, als consument. Maar wij vragen ons zeer af hoeveel zin dit heeft. Zolang er nog geen technologische oplossingen zijn, lijkt het ons een druppel op de gloeiende plaat. Het kan alleen werken als er grootschalig gehoor aan wordt gegeven en als het alle synthetische materialen betreft. Het lijkt ons dat dit alleen zin heeft om te adviseren als is gebleken dat er geen technologische oplossingen zijn.

Browne stelt voor dat textiel/modebedrijven meebetalen aan aanvullend onderzoek: *“I think [clothing companies] have all put a lot of marketing money into environmental programs, but I’ve not seen evidence that they’ve put much money into research, says Browne.”*



Nog onbekend is of (de manier van) wassen en drogen invloed heeft op de hoeveelheid vezels die loslaten. Dit soort onderzoek levert waarschijnlijk wel goede consumentenadviezen op. Misschien is het beter om:

- zo min mogelijk te wassen (of laten er dan alsnog extra veel vezels los?);
- drogen te vermijden;
- een kort programma te kiezen;
- op laag toerental te centrifugeren;
- op lage (of juist hoge) temperatuur te wassen.



## 4 Specifieke producten

Zoals genoemd in Hoofdstuk 1, is het vergelijken van vezeltypen per kg doek niet helemaal eerlijk. Immers, doeken verschillen in gewicht per oppervlakte ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). Hoe zwaar het doek is hangt af van de draaddikte en dichtheid van weven/breien, wat weer per toepassing kan verschillen. Katoenvezel kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor een zowel lichtgewicht T-shirt als een stevige broek.

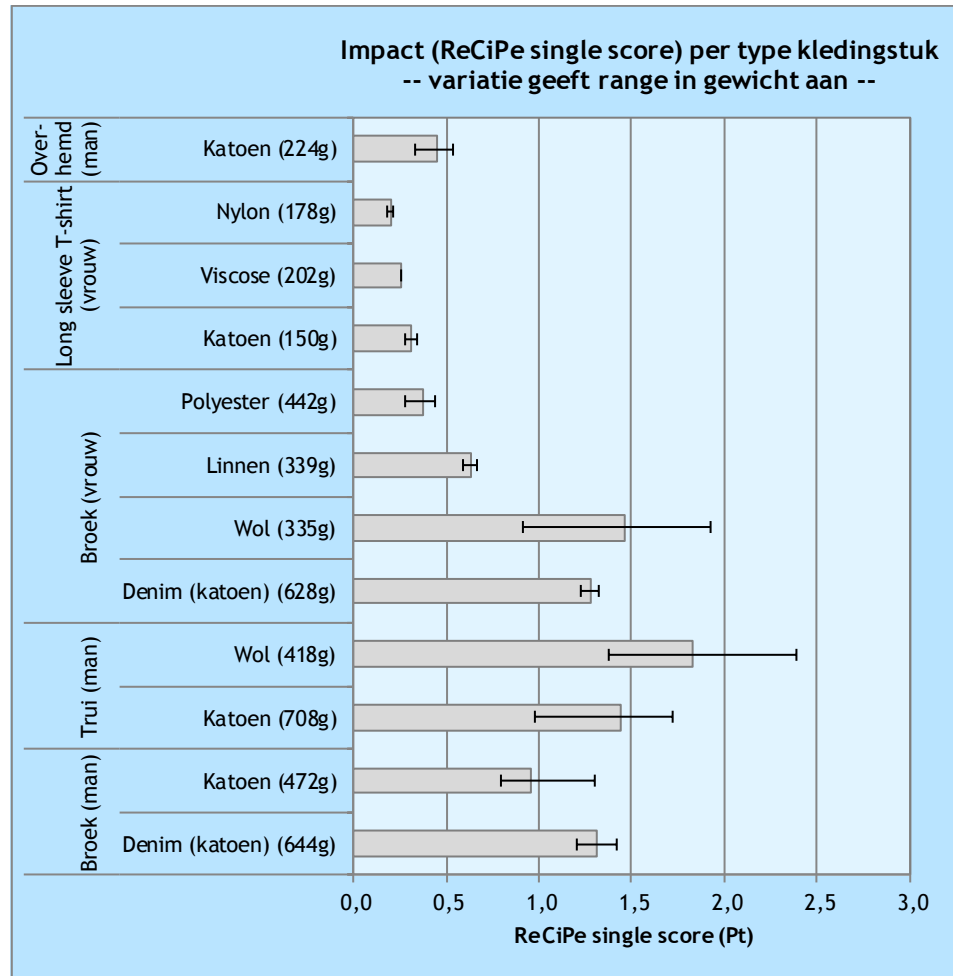
Om niet alleen per kg doek te vergelijken, wordt in dit hoofdstuk de impact van een aantal specifieke producten, en varianten daarbinnen, berekend en vergeleken. Eventueel verschil in levensduur en gebruikaspecten (lichte kleur = vaker wassen) zijn niet meegenomen. Milieu Centraal heeft kledingstukken gewogen: truien (m), T-shirts (v), broeken (m en v), en overhemden (m). Zie Tabel 9 voor een overzicht van gewogen kledingstukken en de gemeten range aan gewichten per variant.

Tabel 9 Weegresultaten kledingstukken

	Aantal gewogen kledingstukken	Gemiddeld gewicht (g)	Laagst gemeten gewicht (g)	Hoogst gemeten gewicht (g)
Denim, mannenbroek	5	644	592	698
Katoen, mannenbroek	8	472	390	639
Mannentruï, katoen	6	708	481	847
Mannentruï, wol	3	418	314	547
Denim, vrouwenbroek	2	628	602	653
Wol, vrouwenbroek	5	335	209	439
Linnen, vrouwenbroek	2	339	319	358
(Deels) synthetisch, vrouwenbroek	3	442	325	522
Dames t-shirt lange mouw, katoen	6	150	135	167
Dames t-shirt lange mouw, bamboeviscose	2	202	202	202
Dames t-shirt lange mouw, polyamide	4	178	164	186
Overhemd, katoen	9	224	165	264

De gewichten zijn gekoppeld aan de milieuresultaten (ReCiPe single score) per kg doek, zie de resultaten in Figuur 17. De range in resultaten komt voort uit de gewichtsrage van het kledingstuk, zoals gewogen door Milieu Centraal. De laagste waarde correspondeert met het laagst gemeten gewicht; de hoogste waarde correspondeert met het hoogst gemeten gewicht.

Figuur 17 ReCiPe single score voor een aantal typen kledingstuk



Te zien is dat denim katoen relatief zwaar is ten opzichte van varianten uit niet-denim katoen, wol en linnen. Dit zorgt ervoor dat het denim een relatief hoge impact heeft, in vergelijking met de ranking op basis van kg. Wel zien we dat het wollen product in de meeste gevallen de hoogste impact heeft (consistent met de plek in de ranking), ook al is het gewicht van het product lager dan de denim variant. Er zijn uitzonderingen: de lichtste wollen vrouwenbroek heeft een lagere impact dan de denim broek.

Het valt ons op dat de longsleeve T-shirts uit nylon en bamboeviscose zwaarder zijn dan de katoenen varianten. De milieuresultaten liggen voor de T-shirts zo dicht bij elkaar dat ook hier de conclusie geldt dat we niet kunnen zeggen dat de ene vezel beter of slechter is dan de ander en dat ook synthetisch vs. hernieuwbaar geen duidelijk handelingsperspectief biedt.

Los van de milieuresultaten blijft een handelingsperspectief dat de consument kleding koopt die geschikt is voor de functie, zodat lange levensduur gegarandeerd is.

# 5 Samenvatting: conclusies op een rij

## Vergelijking op doekniveau

In deze studie is ervoor gekozen om de impact van vezels te bepalen op doekniveau, per kilogram doek. Dit heeft als voordeel:

- de systeemgrenzen zijn gelijk: de doeken zijn onderling volledig vergelijkbaar;
- productieprocessen zijn inbegrepen;
- de studie blijft behapbaar.

Nadeel is echter dat textielproducten zelf buiten beeld blijven en dus ook verschillen in gewicht van varianten van producten.

## Ranking en oordeel vezels (op doekniveau)

De resultaten van de meeste vezeltypen op doekniveau, per kg doek, liggen dicht bij elkaar: tussen 1 en 2 Pt (ReCiPe single score) en tussen 10 en 15 kg CO<sub>2</sub>-eq. (klimaatimpact). Voor deze vezels geldt dat verschillen in productie-stappen en draaddikte een groter verschil kunnen opleveren dan het verschil tussen de diverse vezels. Uitzonderingen zijn zijde, wol en gerecyclede vezel.

Voor zijde zou een boodschap naar de consument kunnen zijn dat zijde-productie een inefficiënt (en dieronvriendelijk) proces is, waardoor een zijden product een slechte milieuscore heeft ten opzichte van een vergelijkbaar product, ook als dat andere product een aantal keer zwaarder is.

De impact van wol ligt hoger dan die van de gemiddelde vezel. Ook bij een iets lager gewicht zal het wollen product een hogere impact hebben dan een vergelijkend product uit andere vezel, met uitzondering van zijde.

Voor leer bestaat een dusdanige grote en onzekere range, dat hier geen conclusies over kunnen worden getrokken. Of het leer dus een lage milieu-impact heeft hangt, naast de (onzekere) aannames die gemaakt worden met betrekking tot allocatie van de milieu-impact naar de verschillende producten van het dier, af van of het leer op een verantwoorde manier is verwerkt. De consument heeft daar momenteel geen inzicht in. Het lopende EU-traject 'Product Environmental Footprint' (PEF) zal gestandaardiseerde uitvoer van LCA voor leer en LCA-resultaten opleveren, naar verwachting in 2016.

## Gerecyclede vezels en recycling

De milieu-impact van gerecyclede vezels is vele malen lager dan die van virgin vezels. rPET (polyester: fleece) heeft een 4x lagere ReCiPe single score op vezelniveau dan virgin polyester en wordt al jarenlang ingezet in kleding (fleece). Op doekniveau heeft rPET de laagste impact van de gangbare vezels. Gerecyclede katoenen vezels hebben zelfs op vezelniveau een 10x lagere milieubelasting dan nieuwe katoenen vezels. Of er gerecycled materiaal gebruikt is in het produceren van het kledingstuk wordt





aangegeven op de labels. Consumenten kunnen hier dus voor kiezen, of producten erom vragen als het niet het geval is.

Recycling van katoen tot vezel, via vervezeling en spinnen, is in opkomst. Recycling van wollen vezels is in onderzoek. Voor niet meer herbruikbaar textiel is recycling een veel betere optie dan verbranding, via weggooien bij het restafval. Voor de consument is een handelingsperspectief om ervoor te zorgen dat hij zijn textiel (niet alleen kleding, maar ook huishoudtextiel) na gebruik inlevert, zodat dit kan worden hergebruikt of gerecycled. Het is hierbij belangrijk dat de consument weet dat ook beschadigde textiel mag worden ingeleverd. Dat is nu nog lang niet altijd duidelijk, vaak staat ook op bakken en zakken dat het niet mag. Via de Green Deal textielinzameling wordt ook al aandacht besteed aan het verbeteren van de communicatie over textiel-inzameling en recycling.

### **Synthetische vezels**

De milieu-impact van de meeste vezels ligt dicht bij elkaar. Daarbij scoren virgin synthetische vezels niet duidelijk beter of slechter dan de hernieuwbare vezels. Waar de impact van hernieuwbare vezels voortkomt uit teelt en vezelproductie, komt de impact van synthetische vezels voort uit grondstofwinning en raffinage.

Synthetische vezels verschillen qua milieu-impact echter wel van hernieuwbare vezels in andere fasen van de textielketen:

- Afvalverwerking. Bij verbranding na afdanking komt het (fossiele) CO<sub>2</sub> vrij, terwijl de hernieuwbare vezels CO<sub>2</sub>-neutraal zijn.
- Gebruik: uitspoeling van synthetische microvezels bij het wassen is potentieel een milieukundig probleem. De synthetische vezels zijn niet biologisch afbreekbaar en hopen zich op in het oppervlaktewater en in sedimenten.

Het is lastig een consumentenadvies hiervoor op te stellen. Bij gelijkwaardige textielproducten qua gewicht en productiemethoden, zou de consument de voorkeur kunnen geven aan de hernieuwbare variant, om bovenstaande redenen.

De consument heeft er meer aan als er meer duidelijkheid ontstaat over de microvezels. Wellicht komt er een filter op de markt voor de wasmachine, of is er advies over reiniging te geven (frequentie, type wasprogramma), dat uitspoeling vermindert.

### **Biokatoen vs. conventioneel katoen**

Biokatoen scoort op alle (LCA-)fronten beter dan conventioneel katoen, met uitzondering van landgebruik. Volgens de ReCiPe single score, scoort conventioneel katoen beter dan biokatoen (mondiaal gemiddeld). Dit komt uitsluitend door het verschil in opbrengst, dus een hoger landgebruik voor biokatoen. De opbrengst van biokatoen is voor verbetering vatbaar, zo wordt ook verwacht door de FAO. In bepaalde regio's heeft biokatoen een betere ReCiPe single score dan het conventionele katoen uit dezelfde regio.

Ook heeft biokatoen duidelijk lokale voordelen ten opzichte van conventioneel katoen, die ofwel niet in de ReCiPe single score zijn inbegrepen, of voor een mondiaal gemiddelde niet te kwantificeren zijn met levenscyclusanalyse. Voorbeelden zijn (bijdrage aan) waterschaarste, verschraving van de bodem en blootstelling aan toxische stoffen.



Wij beschouwen biokatoen als een milieukundig betere keuze dan conventioneel katoen. Hiermee sluiten we ons aan bij het standpunt van Made-By en Textile Exchange.

Bij dit oordeel speelt mee dat wij vinden dat het niet alleen belangrijk is om te kijken naar de huidige praktijk, maar ook naar de toekomst. Om de score van biokatoen verder te verbeteren is het belangrijk dat hierin geïnvesteerd wordt en de vraag en het aanbod blijven groeien.

### **Productieprocessen en draaddikte**

Van het spinnen van de vezel tot het naaien van het eindproduct: een textielproduct doorloopt tot wel 10 verschillende productieprocessen. Variatie in deze productieprocessen hebben invloed op de impact van het doek. Het vezeltype is dus niet het enige aspect dat de impact bepaalt. Twee aspecten die de consument kan zien en die verschil maken in impact is draaddikte - hoe dunner hoe meer impact per kg - en of het product geweven of gebreid is.

De consument heeft hier echter weinig boodschap aan, omdat er vele factoren zijn die de impact van een product beïnvloeden en omdat het gewicht van het product is doorslaggevend voor de impact ervan dan de productiemethode. Het zou dus misleidend zijn om te adviseren geweven stof van dun draad links te laten liggen. Het verduurzamen van doekproductie is een handelingsperspectief voor de textielproducenten.

Waar de consument wel een keuze heeft is overbodige nabehandelingen. Textielproducten worden soms na productie nabewerkt om ze een gebruikte uitstraling te geven. Deze behandelingen zijn overbodig en soms erg schadelijk. Het gaat bijvoorbeeld om stonewashing en sandblasting. Het sandblasting (zandstralen) van kleding is zeer schadelijk voor de werknemer. In Europa, de VS en Turkije is sandblasting verboden, maar dit gebeurt in andere regio's en landen nog wel. Sommige modeketens hebben zich uitgesproken tegen sandblasting en verkopen geen kleding meer dat met sandblasting is bewerkt.

De consument kan een bewuste keuze maken door producten die zichtbaar zo zijn behandeld, niet te kopen.

Het toepassen van meer of minder verf heeft invloed op de milieu impact van het textielproduct. Hoe donkerder de stof, hoe meer verf er nodig is. Zwart en donkerblauw vergen de meeste verfstoffen, soms tot 4% van het gewicht van de stof. Lichte kleuren vergen veel minder kleurstof, tot 1% van het gewicht van de stof. Aan de andere kant worden volledig witte producten, zowel kleding als stoffen voor hygiënische toepassingen (handdoeken, doktersjassen) wel weer vaker gewassen dan (licht) gekleurde producten. Dit heft enig milieuvoordeel snel op. Lichtgekleurde producten die niet vaker dan gemiddeld gewassen worden, zijn de beste keus.

### **Transport**

Transport per boot en truck levert een relatief lage impact op ten opzichte van de productie van het textielproduct, ook bij lange, inefficiënte routes. Vliegtuigvervoer heeft wel een duidelijk hoge belasting, hoger dan de impact van het product zelf. Transport per vliegtuig zou moeten worden vermeden, zo stelt ook de IMPRO-studie (EC, 2014). De consument kan echter niet zien of het textiel per vliegtuig is vervoerd. Meer transparantie vanuit mode- en textielproducenten zou de consument een keuze kunnen bieden.



## Beschouwing: consument, producent en kennis over verduurzaming

In dit project bleek dat het lastig is om de consument duidelijke handvatten te geven als het gaat om de milieu-impact van textielproducten. Dit komt mede doordat informatie op doekniveau niet doorslaggevend is voor concrete handelingsperspectieven op productniveau. Op vezelniveau zijn er wel keuzemogelijkheden voor de consument, maar de verschillen verkleinen wanneer wordt gekeken op het niveau van doek. Daarom zijn er alleen uitspraken gedaan over de vezels met duidelijk hoge of lage impact en over varianten binnen vezeltypen.

De consument heeft idealiter milieukundige informatie over een specifiek product nodig om de beste milieukundige keuze te maken. Producenten kunnen veel betekenen, door het ontsluiten van informatie die de consument helpt over het maken van een milieuvriendelijker (en socialere) keuze. Druk van consumenten en NGO's kan bedrijven bewegen om de beslissing te nemen te verduurzamen, en transparant te zijn over hun duurzaamheidsprestaties.

De nadruk ligt vaak op de sociale kant van textielproductie. Dat is natuurlijk prima, maar transparantie over de milieukundige kant van textielproductie kan verbeterd worden. Er gebeurt al wel wat op het gebied van verduurzaming in de textielketen. Er zijn *best practices* (sustainable leather award, biokatoen) en er is aandacht voor het vermijden *bad practice*, zoals van schadelijke productieprocessen en slechte werkomstandigheden. Made-By heeft scorecards voor modemerken, waar aandacht wordt geschonken aan gebruik van vezeltype, aandeel biokatoen, gerecyclede vezels en sociale aspecten<sup>16</sup>. Keurmerken, zoals de keurmerken die Milieu Centraal haar website beoordeelt, bieden enige houvast bij een betere keuze.

De consument kan aan een specifiek product echter niet zien wat de producent voor maatregelen treft, of er goede stappen ter verduurzaming worden genomen, of vliegtuigvervoer is vermeden, laat staan wat de impact van het product is of hoe de keten er eigenlijk uit ziet.

Milieu Centraal zou een rol kunnen spelen in het betrekken van producenten en ontsluiten van relevante informatie over het textielproduct, met haar kennis van zowel milieu-impact van textiel als consumentenvoorlichting.

---

<sup>16</sup> Modemerken moeten zich wel hiervoor aanmelden, willen zij ook opgenomen worden in deze mode tracker. Grote modemerken die niet specifiek een milieubewuste doelgroep bedienen zullen minder geneigd zijn zich bij Made-By aan te sluiten.



## 6 Bibliografie

- Barber, A. & Pellow, G., 2006. *Life cycle Assessment : New Zealand Merino Industry Merino Wool Total Energy Use and Carbon Dioxide*, Pukekohe: The AgriBusiness Group.
- Blonk Consultants, 2014. *Blonk Agri-Footprint database : description of data v1.0*, Gouda: Blonk Consultants.
- Browne, M. A. et al., 2011. Accumulation of Microplastic on Shorelines Worldwide: Sources and Sinks. *Environmental Science and Technology*, 45(21), pp. 9175-9179.
- Camp, S., Clark, G., Duane, L. & Haight, A., 2010. *LCA and sustainability report : Levi Strauss & Co- Jeans*. [Online] Available at: <http://www.uvm.edu/~shali/Levi.pdf> [Geopend 2015].
- Canals, M. i. et al., 2002. Use of Life Cycle Assessment in the Procedure for Establishment of Environmental Criteria in the Catalan Eco-label of Leather. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(1), pp. 39-46.
- CE Delft, 2010. *Milieuanalysis textiel : ten behoeve van prioritaire stromen ketengericht afvalbeleid*, Delft: CE Delft.
- CE Delft, 2013. *Modint Ecotool Version 2 : User Manual and Background Documentation*, Delft: CE Delft.
- Cotton Inc., 2012. *Life Cycle Assessment of cotton fibre and fabric ; full report*, sl: Cotton Incorporated ; PE International.
- Custers, F., Hopstaken, C. & Maesen, M. v. d., 2014. *Massabalans van in Nederland ingezameld en geïmporteerd textiel*, Delft: Ffact; Rijkswaterstaat.
- EC, 2014. *Environmental improvement potential of textiles (IMPRO-Textiles)*, Seville: European Commission (EC), Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies.
- Ecoinvent, 2013. *Eco database, version 2.2*, Dübendorf: Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- ICAC, 2012. *Organic Cotton : A Production System*, Washington DC: International Cotton Advisory Committee (ICAC)/ Textile Exchange.
- IVM, 2013. *Microplastic survey of the Dutch environment - Novel data set of microplastics in North Sea sediments, treated wastewater effluents and marine biota*, Amsterdam: IVM Institute for Environmental Studies.
- Kooistra, K. & Termorshuizen, A., 2006. *The sustainability of cotton : Consequences for man and environment*, Wageningen: Biological Farming Systems, Wageningen University.



Leslie, H., 2014. *Macroplastics, microplastics and environment impact (presentation)*. [Online]  
Available at: [http://www.rsc.org/images/Leslie\\_tcm18-239910.PDF](http://www.rsc.org/images/Leslie_tcm18-239910.PDF)  
[Geopend 2015].

Made-by, 2013. *Made-by Environmental Benchmark for Fibres*. [Online]  
Available at: [http://www.made-by.org/wp-content/uploads/2014/03/benchmark\\_environmental\\_condensed\\_16\\_12\\_2013\\_pdf\\_16845.pdf](http://www.made-by.org/wp-content/uploads/2014/03/benchmark_environmental_condensed_16_12_2013_pdf_16845.pdf)  
[Geopend 2015].

Shen, L. & Patel, M., 2010. *Life Cycle Assessment of man-made cellulosic fibres*. [Online]  
Available at:  
[http://www.lenzing.com/fileadmin/template/pdf/konzern/lenzinger\\_berichte/ausgabe\\_88\\_2010/LB\\_88\\_2010\\_paper\\_1.pdf](http://www.lenzing.com/fileadmin/template/pdf/konzern/lenzinger_berichte/ausgabe_88_2010/LB_88_2010_paper_1.pdf)  
[Geopend 2015].

STOWA, 2014. *Microplastics in het zoetwater milieu : een inventarisatie van mogelijke risico's voor waterschappen*, sl: Deltares, Instituut voor Milieuvraagstukken, TU Delft.

Textile Exchange, 2014. *LCA of organic cotton fibre : A global average, summary of findings*, sl: PE International for Textile Exchange.

Turunen, L. & Werf, H. v. d., 2006. *Life cycle analysis of hemp textile yarn : Comparison of three hemp fibre processing scenarios and a flax scenario*, Paris: Institut National de la Recherche Agronomique.

Vollrath, F. et al., 2011. *LCA of raw silk (presentation)*, Oxford: Oxford Silk Group ; Oxford University.

Wagner, M. e. a., 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Sciences Europe* 2014, 26(12).

Wiedeman, S. et al., 2015. Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Volume 20, pp. 463-476.

Yilmaz, I., Akcaoz, H. & Ozkan , B., 2005. *An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey*, Antalya: University of Akdeniz, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture.

## Websites

### Higgs-index

Resultaten en toelichting

[www.msi.apparelcoalition.org/#/materials](http://www.msi.apparelcoalition.org/#/materials)

### FAOSTAT 2013

Cotton lint; Production quantity; World list; 2013



**FAO**

Milieukundige voordelen van biologische teelt

[www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/en/](http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq6/en/)

**MVO Nederland**

Sustainable leather award

[www.mvonederland.nl/sustainable-leather-award](http://www.mvonederland.nl/sustainable-leather-award)

**Pré LCA discussie-forum**

Discussie over allocatiefactoren bij LCA van leer

[www.pre-sustainability.com/lca-discussion-list](http://www.pre-sustainability.com/lca-discussion-list)

**Textielrecycling.nl**

Gescheiden inzameling van textiel en textiel in het huishoudelijk restafval

[www.textielrecycling.nl/uploads/Bestanden/Eureco%20rapport%20versie%203%20120810.pdf](http://www.textielrecycling.nl/uploads/Bestanden/Eureco%20rapport%20versie%203%20120810.pdf)

**Texperium**

Overzicht van ontwikkelingen op het gebied van gerecyclede garens

[www.texperium.eu/nl/products/6/garens+uit+gerecyclede+vezels](http://www.texperium.eu/nl/products/6/garens+uit+gerecyclede+vezels)

**Bronnen voor microplastics en -vezels:**

[www.unep.org/gpa/news/MicroplasticBan.asp](http://www.unep.org/gpa/news/MicroplasticBan.asp)

[www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us](http://www.theguardian.com/environment/2015/jan/09/great-lakes-plastic-microfibre-pollution-us)

[www.deltares.nl/en/news/extra-filter-washing-machines-welcomed/](http://www.deltares.nl/en/news/extra-filter-washing-machines-welcomed/)

[www.kassa.vara.nl/tv/afspeelpagina/fragment/plastic-in-je-wasmachine/speel/1/](http://www.kassa.vara.nl/tv/afspeelpagina/fragment/plastic-in-je-wasmachine/speel/1/)

[www.marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/mdp\\_ingestion.pdf](http://www.marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/mdp_ingestion.pdf)



# Bijlage A Tabellen milieu-impact

## A.1 Milieuresultaten

	Klimaat- impact	Landgebruik (agrarisch)	ReCiPe single score	Cumulative Energy Demand
Eenheid	kg CO <sub>2</sub> -eq.	m <sup>2</sup> a	Pt	MJ <sub>primaire</sub>
Wollen doek - gebreid en geveerd	26,2	59,1	4,0	242
Viscose doek, Lenzing Austria	10,0	7,8	1,2	194
Tencel doek, Lenzing Austria	11,7	2,9	1,3	225
PVC doek, geweven en geveerd	11,9	0,5	1,3	264
Polyester doek (virgin PET), geweven en geveerd	12,8	0,6	1,4	281
Polyester doek (rPET), geweven en geveerd	10,0	0,5	1,1	229
PA doek, geweven en geveerd	19,9	0,5	1,9	331
Linnen doek - gebreid en geveerd	8,9	11,2	1,4	145
Hennep doek - gebreid en geveerd	10,0	10,0	1,4	157
Elastaan doek, geweven en geveerd	14,7	0,5	1,6	309
Bioplastic doek (PLA), geweven en geveerd	13,1	1,7	1,4	283
Acryl doek, gebreid en geveerd	9,2	0,1	1,0	205
leather, tanned, at plant/RER System S	2,9	0,6	0,4	68
Katoenen doek - gebreid en geveerd (Ecoinvent, 2013)+ eigen model)	10,2	14,6	1,6	197
Katoenen doek - gebreid en geveerd (Cotton Inc., 2012)	8,2	12,2	1,2	136
Katoenen doek - gebreid en geveerd (Bio, (Textile Exchange, 2014))	7,3	23,7	1,7	126
Katoenen doek - gebreid en geveerd (conventioneel., (Textile Exchange, 2014)	8,2	14,1	1,3	136
Katoenen doek - geweven en geveerd (spijkerstof) (Ecoinvent, 2013)+ eigen model)	13,6	14,8	2,0	253
Katoenen doek - geweven en geveerd (spijkerstof) (Cotton Inc., 2012)	11,6	12,3	1,6	192
Katoenen doek - geweven en geveerd (spijkerstof) (Bio, (Textile Exchange, 2014)	10,7	23,9	2,1	182



## A.2 Higgs-index

Doektype	Totale Higgs score (max = 50)	Chemistry (max = 9)	Energy/GHG (max = 11)	Water/land (max = 13)	Waste (max = 17)
Carbon fiber	14,9	5,9	0,2	0,8	8
Leather, grass-fed	25,1	5	0,7	6,3	13,1
Jute fabric	17,2	2,1	0,8	2,6	11,7
Leather, corn-fed	20,2	1,7	1	4,2	13,1
Ramie fabric	21	2,2	1,2	5,9	11,7
Hemp fabric	22,5	5,9	1,2	3,6	11,7
Wool fabric	18,8	1,9	1,7	3,1	12,1
Silk fabric	29,7	6,7	1,7	6,9	14,4
Aramid fabric	17,6	2,8	2,5	1,4	10,9
Nylon-6,6 fabric	18,6	3,1	2,9	1,6	11
Spandex fabric	13,9	3,1	3	2,6	5,3
Nylon-6 fabric	16,4	3,2	3	4	6,3
Rayon-viscose fabric, wood	17,3	2,4	3	5,6	6,3
Acrylic fabric	19,7	2,8	3	4,2	9,7
Rayon-viscose fabric, bamboo	18,3	2,4	3,4	6,1	6,3
Linen fabric	22,6	2,8	4	4	11,7
Polyester fabric	23,3	3,2	4,4	5,2	10,5
Cotton fabric, organic [test]	28,2	5,6	5,3	3,7	13,6
Cotton fabric, knit	26,6	6,2	5,9	3,4	11,1
Cotton fabric, woven	20,4	2,9	6,1	3,4	8
Polypropylene fabric	32,5	6	6,1	7,9	12,4
Modal fabric	21	3,7	6,5	4,5	6,3
Polyester fabric, recycled	28,7	3	6,5	5,8	13,4
Polylactic acid (PLA) fabric	25,7	3,2	6,6	8,4	7,4
Lyocell fabric	30,2	4,1	6,8	7,8	11,4
Polypropylene	36	6	9,3	8,2	12,5
Down	37,5	5,1	10,3	7,8	14,3





# Bijlage B Overzicht vezels en productietechnieken

Een kruisje geeft aan dat het betreffende proces van toepassing is en is opgenomen in de modellering. De draaddikte wordt uitgedrukt in tex: het gewicht per 1.000 m draad.

Tabel 10 Geselecteerde productieprocessen per vezeltype

	Extrusie	Rotor/ open-eind- spinnen	Frictie- spinnen	Afsnijden en sterken	Weven (tex)	Breien (tex)	Ontsterken en vezeltjes afbranden	Spoelen en bleken	Drogen (droog- cilinder)	Verven (jet dyeing)	Verven en spoelen van draad	Droogmachine (drying stenter)
Acryl			x (*)			x (17-25 tex)		x	x		x	
Katoen (geweven)			x	x	x (>25 tex)		x	x	x	x		x
Katoen (gebreid)			x			x (>25 tex)		x	x	x		x
Hennep			x		x (>25 tex)		x	x	x	x		x
Wol			x			x (>25 tex)		x	x	X		x
Nylon	x	x		x	x (17-25 tex)		x	x	x		x	
Elastaan	x (*)	x (**)		x	x (17-25 tex)		x	x	x		x	
Bioplastic (PLA)	x	x		x	x (17-25 tex)		x	x	x		x	
Tencel				x	x (17-25 tex)		x	x	x		x	



# Bijlage C Transportscenario's

## C.1 Transport vanuit USA

Tabel 11 Scenario 1A

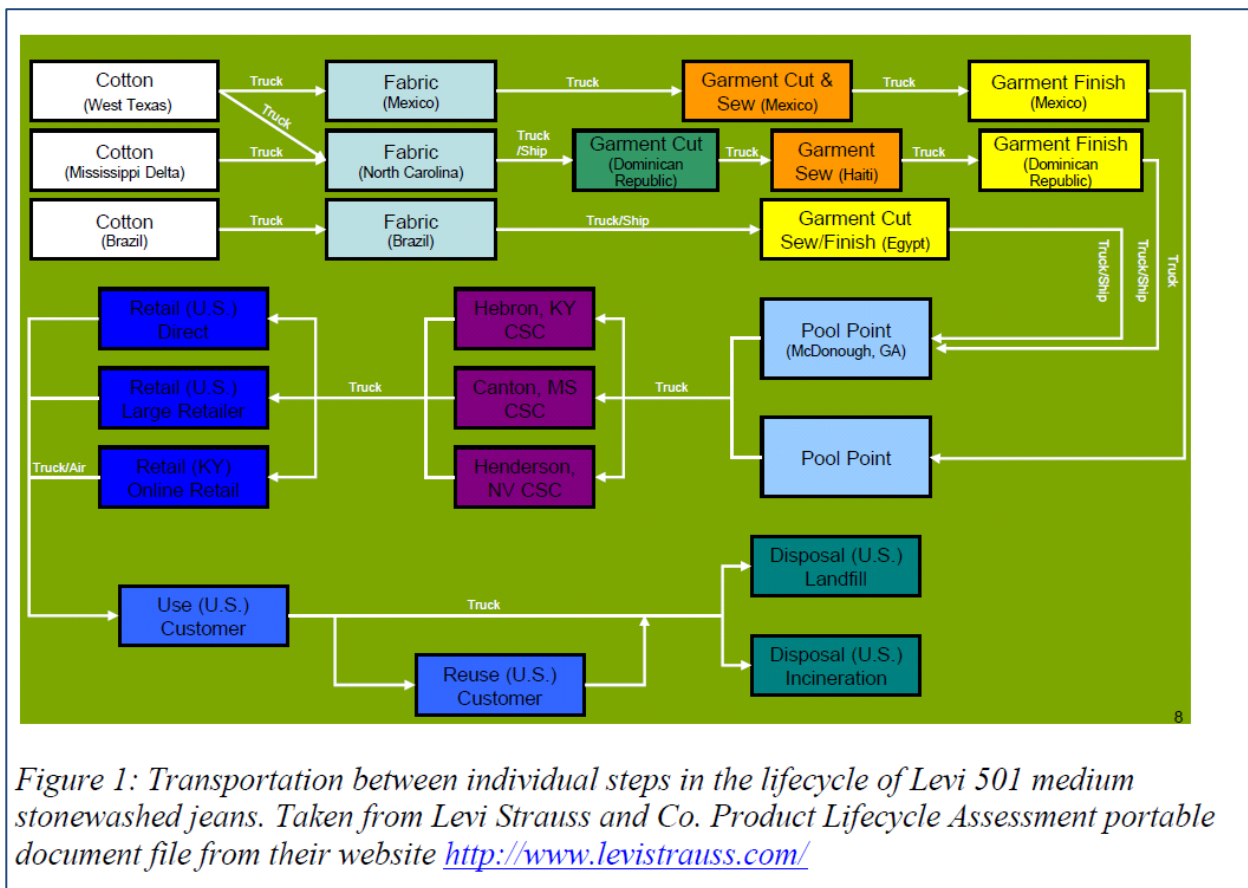
Van - Naar	km	Transportmiddel
Teelt in Texas		
Weven in North Carolina	2.000	Truck
Naar haven (Wilmington, North Carolina)	250	Truck
Snijden in Dominicaanse republiek	2.300	Schip
Naaien in Haïti	450	Truck
Afwerken in Dominicaanse republiek	450	Truck
Naar USA, haven Savannah, Georgia	1.800	Schip
Opslag in McDonough, Georgia	350	Truck
Online retailer in Hebron, Kentucky	800	Truck
Europa per vliegtuig, Schiphol	6.500	Vliegtuig
Naar gebruiker	200	Truck

Tabel 12 Scenario 1B

Van - Naar	km	Transportmiddel
Teelt in Texas		
Weven in North Carolina	2.000	Truck
Naar haven (Wilmington, North Carolina)	250	Truck
Snijden in Dominicaanse republiek	2.300	Schip
Naaien in Haïti	450	Truck
Afwerken in Dominicaanse republiek	450	Truck
Naar USA, haven Savannah, Georgia	1.800	Schip
Opslag in McDonough, Georgia	350	Truck
Naar haven Savannah, Georgia	350	Truck
Naar Rotterdam	7.125	Schip
Naar gebruiker	200	Truck

In het volgende schema, afkomstig van Levi staan transportroutes en variaties erop weergegeven (Camp, et al., 2010).





## C.2 Transport vanuit Turkije

Tabel 13 Scenario 2A

Van - Naar	km	Transportmiddel
Teelt in zuidoost Anatolië		
Naar Antalya voor alle textielmaakprocessen	500	Truck
Naar Nederland per vrachtwagen	3.700	Truck
Naar gebruiker	100	Truck

Tabel 14 Scenario 2B

Van - Naar	km	Transportmiddel
Teelt in zuidoost Anatolië		
Naar Antalya voor alle textielmaakprocessen	500	Truck
Naar Nederland per schip	5.900	Schip
Naar gebruiker	100	Truck

# Bijlage D Toelichting op de ReCiPe-methode

De ReCiPe-methode is een analysemethode voor levenscyclusanalyse. Wanneer in de LCA-onderzoek de inventarisatie compleet is en de modellering is voltooid, wordt de milieu-impact berekend. In eerste instantie levert de berekening een lange lijst op met emissies, ruwe grondstoffen en andere onderwerpen (zie de linker kolom van Tabel 15). Deze lijst heeft echter interpretatie en hiertoe zijn analysemethoden beschikbaar. Een van de beschikbare methoden is de ReCiPe-methode, die in deze studie is gebruikt. Het is een veelgebruikte methode en de opvolger van de vroegere EcolIndicator99- en CML2-methoden.

## Niveaus van analyse

De ReCiPe-methode zet de lange lijst met primaire resultaten om in beter te interpreteren indicatoren. De methode biedt drie niveaus van impactanalyse (zie ook Tabel 15).

1. Midpointniveau ofwel milieueffectniveau. Dit niveau is een directe vertaalslag is van stof/emissie naar milieueffect. Het midpointniveau geeft inzicht in de afzonderlijke milieueffecten en kenmerkt zich door een hoog niveau van transparantie. Het gevolg van deze score, de daadwerkelijke milieuschade, is er echter niet aan af te zien. Hiervoor zijn de drie endpoints (niveau 2) geschikter.
2. Endpointniveau. Op dit niveau worden de milieueffecten genormaliseerd en omgerekend naar schade. Zo heeft bijvoorbeeld een score voor ecotoxiciteit gevolgen voor hoeveelheid dier- en plantensoorten (afname daarvan). Er worden drie schadecategorieën onderscheiden:
  - schade aan menselijke gezondheid (uitgedrukt in DALY's: disability adjusted lifeyears);
  - schade aan ecosystemen (uitgedrukt in verlies van soorten per jaar);
  - schade aan grondstofbeschikbaarheid (monetair uitgedrukt (\$)).
3. Een enkele eindindicator. Elke schadecategorie krijgt een waarderingsfactor; zo wordt een gewogen eindscore verkregen.



Tabel 15 Schematisch overzicht van de relatie tussen Midpoints, Endpoints en de enkele indicator

LCI resultaat	Midpoint Milieueffecten (niveau 1)	Omrekening naar	Endpoint Schade-categorieën (niveau 2)	Single Score Enkele indicator (niveau 3)
Lange lijst van emissies en stoffen: Ruwe grondstoffen Landgebruik CO <sub>2</sub> VOS P SO <sub>2</sub> NO <sub>x</sub> CFC Cd DDT, etc.	Ozonlaagaantasting	DALY	Schade aan menselijke gezondheid (DALY)	Enkele indicator, verkregen door weging van de drie endpoints (Pt)
	Humane toxiciteit	DALY		
	Ioniserende straling	DALY		
	Smogvorming	DALY		
	Fijnstofvorming	DALY	Schade aan ecosystemen (species*yr)	
	Klimaatimpact	Human Health: DALY		
		Ecosystems: species*yr		
	Verzuring, bodem	species*yr		
	Ecotoxiciteit, bodem	species*yr		
	Landgebruik, urbaan	species*yr		
	Landgebruik, agrarisch	species*yr		
	Ecotoxiciteit, zoutwater	species*yr		
	Vermesting, zoetwater	species*yr		
	Ecotoxiciteit, zoetwater	species*yr		
	Uitputting, mineralen/metalen	\$	Schade aan grondstof-beschikbaarheid (\$)	
Uitputting, fossiel	\$			
Vermesting, zoutwater	-	-	-	
Water, depletie	-	-	-	

Voor deze studie is worden de klimaatimpact en agrarisch landgebruik los getoond (midpointniveau) en is de gewogen eindscore berekend.

### Transparantie en onzekerheid

Hoe verder naar rechts wordt gegaan in de tabel, des te lager de transparantie wordt en des te hoger de onzekerheid. Dit komt door de stappen die nodig zijn: een normalisatiestap, berekeningsstap naar schade en tenslotte weging. Methodes voor normalisatie per milieueffect zijn constant in ontwikkeling en niet voor elk milieueffect is de methode even robuust. Voor weging zijn meerdere mogelijkheden: de weegfactoren naar enkele indicator verschillen al naar gelang er meer belang wordt gehecht aan een van de drie endpoints.

In deze studie wordt gebruik gemaakt van normalisatie op Europees niveau en weging op gemiddeld hiërarchisch perspectief ('Europe, H/A').