

Miljöbedömning Cefibra

Referensmiljöer för framtidens produkter

2012-11-16

FÖRFATTARE: Lena Stig

VI HAR FÅTT STÖD AV

**TILLVÄXT
VERKET**

En investering för framtiden



EUROPEISKA
UNIONEN
Europeiska
regionala
utvecklingsfonden

Jegrelius 

EN DEL AV REGIONFÖRBUNDET JÄMTLANDS LÄN

Sammanfattning

Med projektet *Referensmiljöer för framtidens produkter* arbetar Jegreliusinstitutet för att stödja små och medelstora företag med att nå de konkurrensfördelar som miljödrivna marknader erbjuder. Ett av momenten för att nå detta är att erbjuda varje deltagande företag individuell rådgivning gällande marknad och kommunikation av den egna produktens miljöprestanda. I den här rapporten ger vi därför en enkel omvärldsbeskrivning men framförallt en bedömning av miljöprestanda för produkten Cefibra som saluförs av företaget Re8 Bioplastics.

Produkten Cefibra är en biokomposit av bomullsfiberförstärkt polypropen (PP).

Vi har utfört en miljöbedömning av Cefibra i förhållande till träfiberförstärkt PP, glasfiberförstärkt PP samt bomullsfiberförstärkt polymjölksyra (PLA) genom att belysa och bedöma dessa utifrån tre olika perspektiv:

- Miljöpåverkan under produkternas livscykel
- Ett generellt hållbarhetsperspektiv
- Ingående kemikalier i produkterna

Tanken var att jämföra kompositerna med ett specifikt användningsområde för Cefibra, men miljöbedömningen begränsades till en mer generell jämförelse mellan material med liknande egenskaper. En tänkt tillämpning är inredning i fordon, men kompositerna används även i hög grad inom byggsektorn.

Det som skiljer kompositerna från varandra är typ av fiber; glasfiber, bomull eller trä samt typ av plast; bioplast PLA eller termoplast PP. Skillnaderna innebär därmed olika råvaror och produktionsmetoder samt skilda avfallsalternativ. Vid en jämförande LCA Screening har 1kg komposit med minst 3GPa i elasticitetsmodul valts som funktionell enhet.

- Den jämförande LCA'n visar att den samlade miljöbelastning blir högst för glasfiberkompositen medan de tre biokompositerna uppvisar ungefär samma miljöbelastning. Klimatpåverkan utgör klart den största delen följt av uttag av fossila resurser.
- Från ett hållbarhetsperspektiv är PLA-kompositen, med störst andel förnyelsebar råvara bäst medan glasfiberkompositen med lägst andel bedöms vara sämst.
- Sett från ett kemikalieperspektiv är glasfibrer, med arbetsmiljörisker och bomullsfibrer av konventionell bomull sämst. Träfiberkompositen bedöms vara bäst ur kemikalieperspektiv. Avgörande för alla kompositerna är val av fiberbehandling innan blandning med matris görs.

Miljöbedömningen visar att Cefibra är ett bra miljöalternativ och framförallt att det finns en stor förbättringspotential. Den största miljöbelastningen, hela 84 %, för Cefibra ligger i dag utifrån livscykeldata på tillverkningen av polypropengranulat. Genom att välja återvunnen polypropen eller polypropen tillverkad från mer förnyelsebara råvaror skulle miljöbelastningen minska avsevärt. Att reducera andelen farliga ämnen i biofibern genom att använda ekologiskt odlad bomull skulle även ge produkten en bättre hållbarhets- och kemikalieprofil.

Sammanfattning	i
1 Inledning.....	1
1.1 Om Jegrelius - Institutet för tillämpad Grön kemi	1
1.2 Projektet Referensmiljöer för framtidens produkter	1
1.3 Rapportens syfte och användning	1
1.4 Omfattning och begränsningar	1
1.5 Några centrala begrepp och förkortningar	2
2 Omvärldsbeskrivning	4
2.1 Kompositerna	4
2.2 Matrisen.....	5
2.3 Fibrerna	9
2.4 Om Cefibra.....	13
2.5 Återvinning av kompositerna.....	13
2.5 Trender /Vad är på gång?	16
3 Metod	16
3.1 Jegreliusmodellen.....	16
3.2 Funktionell enhet.....	17
3.3 Livscykelperspektiv	18
3.4 Hållbarhetsanalys	20
3.5 Kemikaliebedömning	21
4 Miljöbedömning	22
4.1 Jämförande förenklad livscykelanalys	22
4.2 Andra LCA studier på kompositerna, fibrer och plaster	25
4.3 Hållbarhetsresonemang	26
4.4 Kemikaliebedömning	29
4.5 Samlad miljöbedömning	31
5 Diskussion och rekommendationer	33

1 Inledning

1.1 Om Jegrelius - Institutet för tillämpad Grön kemi

Jegrelius - institutet för tillämpad Grön kemi är en oberoende aktör utan vinstintressen som arbetar tillsammans med konsumenter, företag och offentlig sektor för att stimulera efterfrågan och produktion av giftfria produkter. Visionen är att bidra till tryggare miljöer i människors vardag. Jegreliusinstitutet handleder företag i kemikaliefrågor, driver projekt och stöttar kommuner och landsting i innovationsupphandlingar. Jegreliusinstitutet är en utvecklingsenhet inom Regionförbundet Jämtlands län.

1.2 Projektet Referensmiljöer för framtidens produkter

Projektet Referensmiljöer för framtidens produkter drivs av Jegrelius – institutet för tillämpad Grön kemi och löper under tre år. Projektet startade 1 juli 2010. Avsikten med projektet är att stödja små och medelstora företag med att nå de konkurrensfördelar som de miljödrivna marknaderna erbjuder och samtidigt underlätta för landsting och kommuner att i större utsträckning köpa miljöanpassade produkter.

Projektet finansieras av Europeiska regionala utvecklingsfonden, Tillväxtverket (Miljödrivna marknader), Länsstyrelsen Jämtlands län och Regionförbundet Jämtlands län.

I projektet gör Jegreliusinstitutet, som en oberoende aktör, en granskning av de deltagande företagens produkter. Produkternas miljöpåverkan jämförs med utvalda konkurrerande funktionslösningar utifrån Jegreliusinstitutets modell för miljöbedömningar, vilken beskrivs under avsnitt 3.1 Metod.

1.3 Rapportens syfte och användning

Syftet med denna rapport är att på ett överskådligt sätt redogöra för Cefibras påverkan på miljön jämfört med alternativ på marknaden. Rapporten ska hjälpa Re8 Bioplastics AB att bli tryggare och mer korrekt i sina miljöargument gällande aktuell produkt och då Re8 Bioplastics AB finner det lämpligt vara ett komplement i sin kommunikation med kund.

1.4 Omfattning och begränsningar

Miljöbedömningen jämför en biokomposit av bomullsförstärkt polypropen med tre andra kompositer.

- 1) Bomullsfiber i polypropen (PP)
- 2) Träfiber i polypropen
- 3) Glasfiber i polypropen
- 4) Bomullsfiber i polymjölksyra (PLA)

En tänkt tillämpning är bilinredning, men jämförelsen görs på materialnivå. Kolfiberkomposit har valts bort då den är ett betydligt dyrare och inte konkurrerar vid den tänkta tillämpningen.

Glasfiberkompositer kan bestå av ett flertal olika matriser, men för en mer förenklad och rättvis jämförelse har polypropen valts.

1.5 Några centrala begrepp och förkortningar

Komposit Ett blandmaterial av minst två olika material, exempel en matris förstärkt med partiklar eller fibrer. Matrisen kan bestå av keramik, metall eller polymer.

Biokomposit Vanligtvis är matrisen en polymer, som förstärkts med en biofiber

Glasfiber tillverkas av kiselsilikater, glas och hjälpkemikalier

GFRP Glass Fibre Reinforced Polymer

Kolfiber tillverkas huvudsakligen från polyakrylnitril eller från kolkälla som kåda, koltjära eller olja.

CFRP Carbon Fibre Reinforced Polymer

Växtfibrer De sex vanligaste växtfibrerna i komposit, även kallade biofibrer är sockerrörsbagasse, bambu, jute, Kenaf, gräs och Flax.¹

WPC Wood Plastic Composite

EU-ekologisk om produktionen är certifierad enligt EG 834/2007, dvs Rådets förordning om ekologisk produktion av och märkning av ekologiska produkter.

Konstgödsel Syntetiska handelsgödselmedel

Växtskydd är medel som skyddar växterna mot angrepp av insekter, svampar och andra skadegörare

GMO Genmodifierade organismer

Naturliga fibrer kommer från växter och djur som silke, ull, jute, bomullscellulosa

Konstfibrer som akryl, polyester, polyuretan och polyamid är av fossilt ursprung

LCA Life Cycle Assessment, Life Cycle Analysis

LCI Life Cycle Inventory

Polymer kommer från grekiskan och betyder ”många delar”. En polymer består av repeterande enheter vilka beror på vilka molekyler, monomerer, den tillverkas av. Textilfibrer är i regel polymerer. Polymeren kan vara syntetisk eller naturlig.

Naturlig polymer Protein, stärkelse och cellulosa är exempel på naturliga polymerer. Bomull består liksom viskos av Cellulosa.

Plast består av en eller flera polymerer, sampolymer, och oftast tillsatser.

Sampolymer Polymer uppbyggd av flera monomerer. Ex ABS akrylnitril, butadien, styren

Bioplast definieras i de flesta fall som en polymer tillverkad från förnyelsebara naturresurser, men det finns även en definition om att det är en plast som ska vara biologiskt nedbrytbar. I bästa fall är båda kriterierna uppfyllda.

PLA Poly Lactid Acid, plast av polymjölksyra, polylaktid

Bionedbrytbar En plast är biologiskt nedbrytbar om den bryts ner av mikroorganismer. Vanligtvis blir slutprodukterna vatten, koldioxid och/eller metan och ny biomassa. I Europa hänvisas till EN 13432 där det står att materialet måste ha en förmåga att omvandlas till

¹ Faruk, O et al, *Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010*, Progress in Polymer Science 37 (2012) 1552-1596

koldioxid med hjälp av mikroorganismer. Det mäts med testmetoden EN 14046 även publicerad som ISO 14855.

Komposterbart Vid kompostering sker nedbrytningen med hjälp av mikroorganismer och vid närvaro av syre. Enligt den standard som finns för att bedöma komposterbarheten för ett material skall nedbrytningen ske på mellan 6 och 12 veckor. För att definieras som komposterbar behöver dock inte materialet vara från förnyelsebar källa, dvs av biologisk ursprung. Kriterier enligt ASTM D6400, ASTM6868-03 för USA. I Europa regleras komposterbarhet av EN 13432. Internationell standard för komposterbar plast är ISO 17088²

Förnyelsebara resurser naturresurser som kan förnyas, gäller både energi och biologiskt material

Förnyelsebar råvara innebär att den är förnybar och i praktiken är det material från växtriket

Återanvändning, återbruk särskiljs ofta från återvinning och betyder att produkten kan användas igen utan att processas.

Återvinningsbar Ett material kan återvinnas både i form av materia och som energi. Ibland redovisas de åtskilda och ibland tillsammans.

Energiåtervinning innebär i praktiken förbränning där energin omhändertas

Bluesign³ arbetar med nätverk och kriterier för miljö, hälsa och hållbarhet inom textilbranschen. Ett standardiserat system för kontroll av leverantörskedjan med avseende på produkt- och processkemi, kemisk produktsäkerhet samt miljö och arbetsmiljö i produktionsledet.

STWI Swedish Textile Water Initiative

ETAD Ecological and Toxicological Association of Dyes and Organic Pigment

IMO The institute for Market ecology certifierar ekologisk bomull enl EU 2092/91

Öko-Tex 100⁴ Främst en hälsomärkning som garanterar att inga farliga ämnen för användaren finns i produkten. Oeko-Tex® Standard 100 certifiering innebär att förbjudna ämnen, ämnen med fastställda gränsvärden enligt lag och ämnen som vetenskapligt bevisats eller misstänks vara hälsovådliga får finnas i ett certifierat tyg.

IFOAM International Council of Organic Agriculture Movements

IBS IFOAM Basic Standards

GOTS Global Organic Textile Standard <http://www.global-standard.org/>

BCI Best Cotton Initiative

EuPC European Plastic Converters

EuCIA European Composites Industry Association

ECRC European Composites Service Company

SV Systemvillkor

² ISO 17088 Specifications for compostable plastics

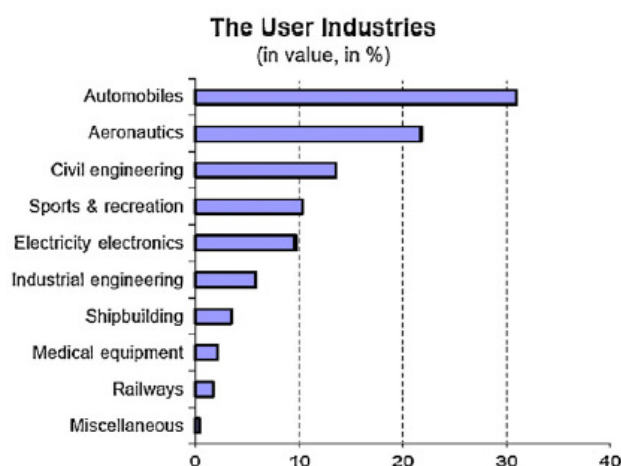
³ www.bluesign.com

⁴ <http://www.oeko-tex.com>,

2 Omvärldsbeskrivning

2.1 Kompositer

Kompositer består av minst två olika material, en matris med en förstärkande tillsats. Matrisen kan bestå av keramik, metall eller en polymer. Kommersiellt är plaster som polypropen, polyester eller epoxidplast vanliga matriser. Tillsatsen⁵ kan vara en fiber av både fossilt eller förnyelsebart ursprung. När fibern kommer från växtriket, från en förnyelsebar källa, benämns kompositen för biokomposit. Exempel på biofibrer är trä, bomull, hampa och lin. Om även matrisen kommer från en förnyelsebar källa benämns biokompositerna ibland som gröna kompositer. Fiberförstärkta kompositer har en stor potential inom bygg, transport och energisektorn på grund av hållbarhet, lätt vikt och formbarhet.⁶



Figur 1. Applications of composites⁷

Biokompositer används som ersättning av trä vid möbeltillverkning, men i högre grad inom byggsektorn.⁸ Fönsterlister, paneler, tak är några produkter som nämns. Biokompositer används av de flesta biltillverkare i Tyskland (Daimler, Chrysler, Mercedes, Volkswagen, Audi Group, BMW, Ford and Opel).⁹

Glasfiberförstärkta kompositer är i dag vanligast om man räknar i volym. Räknar man däremot i ekonomiskt värde är även kolfiberförstärkta kompositer vanliga. Jungfruliga kolfibrer betingar ett värde tio gånger högre än vad glasfiber gör. Marknadsandelen för biokompositer är liten, men efterfrågan ökar allt mer inom exempelvis fordonsindustrin.

Ett exempel på tillämpning då det är en fördel med termoplastbaserade kompositer är att den kan användas för lagning av skepp och flygplansstrukturer av komposit eller metall.¹⁰

Anledningen är dels att biokompositer generellt är lättare och en lägre vikt ger vinster både ekonomiskt och miljömässigt. Exempelvis ger ett lättare fordon lägre kostnader både vad gäller transporter vid produktion och för bränsle vid användning. En ökad möjlighet att återvinna kompositerna är en annan anledning till att biokompositerna är intressanta. Effekt av båda exemplen blir förutom en lägre kostnad även en lägre miljöbelastning. Biofibrerna kan

⁵ Kalciumkarbonat, talk, Kaolin, Mica, kisel, PET, PVA och Aramid är andra exempel

⁶ Job Stella, Composite Recycling, Sept 2010, Knowledge Transfer Network

⁷ Yang et al *Recycling of composites* Chem Eng Process 2011

⁸ M.J.John, S. Thomas *Review Biofibres and biocomposites*, Carbohydrate Polymers 71 2008343-364

⁹ Se ref ovan

¹⁰ Patching it up, Reinforced plastics July/August 2004

eftersom de ofta är restprodukter också mycket billiga, Enligt en ny översikt¹¹ förbrukar biokompositer 20-40% mindre energi vid produktion.

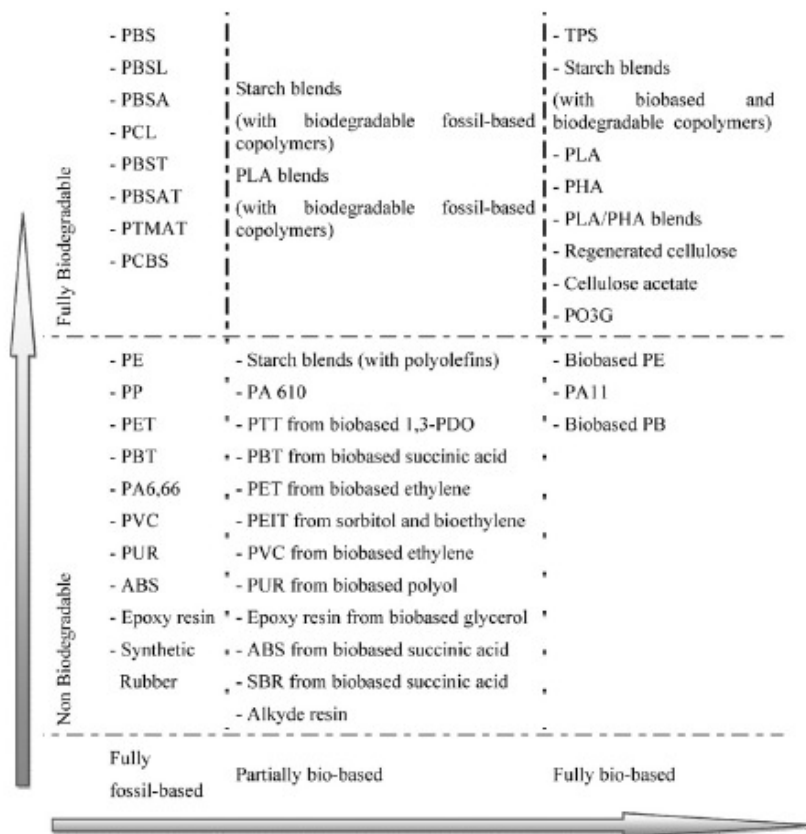
En nackdel med naturfibrer jämfört med oorganiska fibrer som glasull är att de absorberar fukt. Naturfibrerna behandlas därför ofta innan de används för att minska fuktabsorptionen.

Marknaden för biokompositer i EU uppskattas enligt Hobson & Carus¹² till 830 000 ton år 2020 medan den totala marknaden för kompositer uppskattas till 3000 000 ton, dvs andelen biokompositer 28%. År 2010 uppskattades andelen vara 13%.

Råvaran för plasttillverkning har historiskt varit av fossilt ursprung, från råolja, men bioplaster, plaster baserade på förnyelsebara källor är på frammarsch. PLA dvs polymjölksyrplast med ursprung från majs är en sådan bioplast. En annan plast görs av stärkelse från potatis. Det pågår arbete¹³ med att ta fram biokompositer enbart kommer från förnyelsebara källor. En sådan komposit skulle kunna vara baserad på PLA och en växtfiber.

2.2 Matrisen

Det finns ett flertal matriser att välja bland. Bilden nedan illustrerar de val som finns att göra med tanke på förnyelsebara råvaror och nedbrytbarhet.



Figur 2. Befintliga och kommande plaster map bionedbrytbarhet¹⁴

¹¹ Dittenber et al, *Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure Composites: Part A* **2012** 1419-1429

¹² Hobson&Carus 2011

¹³ Mantia, *Green Composites: A brief review*, *Composites: Part A* **42** **2011** 579-588

¹⁴ Faruk et al *Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010* *Progress in Polymer Science* **37**(2012) 1552-1596

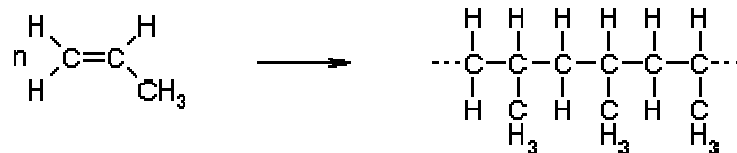
Tabell 1. Exempel på matriser som förekommer i kompositter

Materialtyp		Repeterande enhet	
Termoplast	Polypropen	PP	
Härdplast eller Termoplast	Polyester		$-\text{[OC-R-CO-O-R'-O]}_n-$
Termoplast, delkristallin	Polyetentereftalat, en typ av polyester	PET	
Härdplast	Epoxiplast	EP	
	Vanliga utgångsmaterial är epiklorhydrin och bisfenolA		
Bioplast, termoplast	Mjölksocker, laktat	PLA	
Härdplast, elastomer	Polyuretan	PU/PUR	

Om polypropen

Polypropen är en termoplastisk polymer dvs den kan formas med värme. Dess höga smältpunkt gör att produkter som exempelvis sprutor kan ångsteriliseras.

Den tillverkas genom så kallad koordinationspolymerisation i gasfas eller slurry med Ziegler-Natta-katalysatorer.



Propen

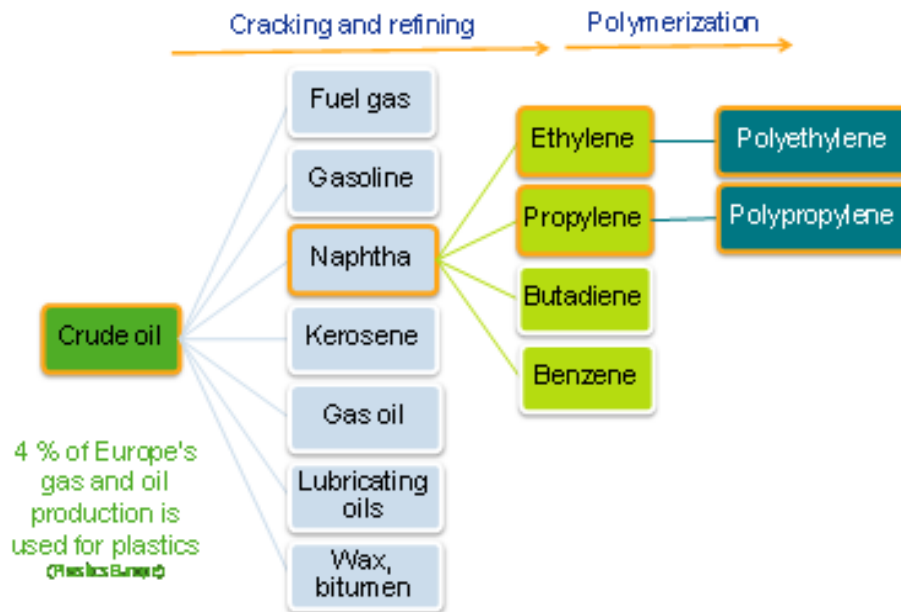
Polypropylen

Beroende på hur metylgrupperna sitter i kedjan förekommer tre olika sorters strukturer.

Vanligast är den isotaktiska då grupperna sitter på samma sida i kedjan. Densiteten är låg 0,9g/cm³.

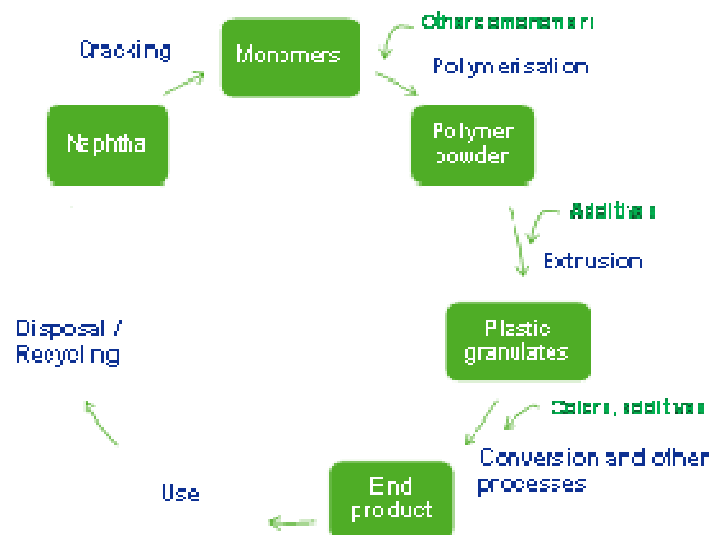
Polypropen används bland annat till fordonskomponenter, rör, rep och snören, livsmedelsförpackningar och hushållsprodukter.

From oil to polyolefins



Figur 3. Produktion av polyolefiner som polypropen¹⁵.

Lifecycle of polyolefins



Figur 4. Enkel beskrivning av livscykel för termoplaster.¹⁶

¹⁵ Bilden erhållen från James Stern på Borealis

¹⁶ Se ref ovan

Om epoxi

Epoxi är en härdplast som tillverkas genom kondensation mellan epiklorhydrin och bisfenol A eller annan förening med två hydroxylgrupper samt en härdare i form av diamin.

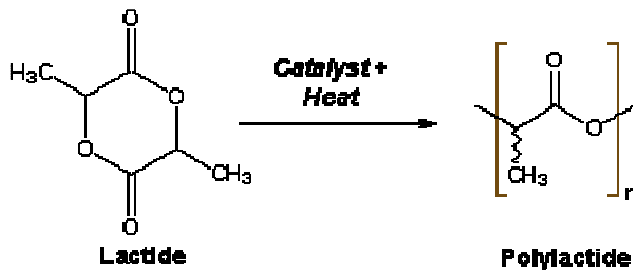
Epiklorhydrin tillverkas från propen och klor. Bisfenol erhålls från Aceton och fenol.

Vanlig användning är tillsammans med kolfiber eller glasfiber till en komposit. Flygplanet JAS består till exempel av 30% kolfiberarmerad epoxiplast.¹⁷

I den här bedömningen tar vi inte med härdplastkompositer i jämförelsen. Enligt litteraturen vet vi att de belastar miljön i högre grad än termoplasterna.¹⁸

Om PLA

Vid tillverkning av PLA utgår man från majs exempelvis odlad i USA. Ej genmodifierad majs kan väljas om man väljer producenten NatureWorks¹⁹. Majs fermenteras till mjölksocker och konverteras till PLA.



Beroende på användningsområde kan sedan PLA blandas/komponderas med annan plast. En bioplast som PLA tillsammans med en biofiber benämns som gröna kompositer. En produkt från en bioplast kan förutom att återvinnas även vara bionedbrytbar eller ”triggered” bionedbrytbara dvs den ska inte brytas ned under användningsfasen utan först vid produktens slutskede.

PLA med ett stort antal olika fiber har undersökt; Kenaf, Lin, Abaca, Coir, bambu och cellulosa. Försök finns även med återvunnet tidningspapper som förstärkning.

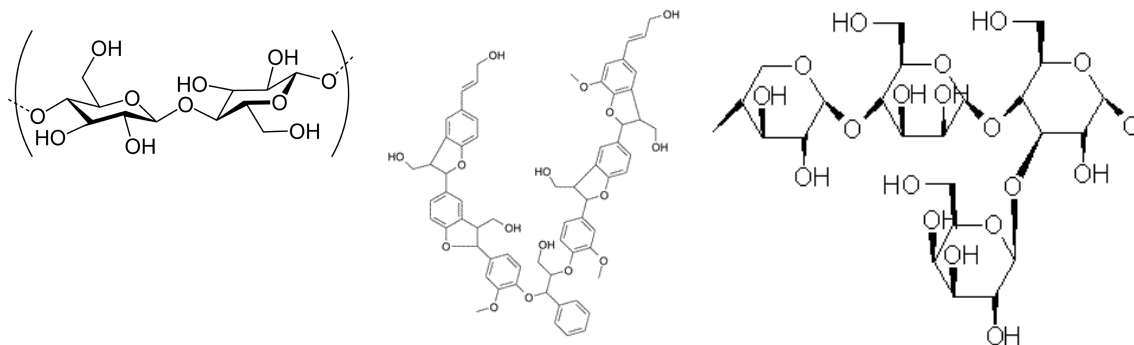
¹⁷ Albertsson, Introduktion till Polymerteknologi, KTH

¹⁸ Faruk et al, *Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010*, Progress in Polymer Science 37 **2012**, 1552-1596

¹⁹ <http://www.natureworkslc.com/>

2.3 Fibrerna

Glasfiber är vanligast och billigast är den med korta glasfibrer i polyester. Kolfiber används mindre i volym räknat, men i ekonomiskt värde är även den en storsäljare. De tio vanligaste växtfibrerna för kommersiell användning i kompositer är sockerrör, bagasse, Bambu, Jute, Kenaf, gräs, lin, Sisal, Hampa, Coir, och Rami.²⁰ Bomull och trä tillför alltså inte de vanligaste. Cellulosa, lignin, hemicellulosa och pektin är de uppbyggda av.



Cellulosa

Lignin

Hemicellulosa

Figur 5. Fiberstrukturer

Tabell 2. Fibrer som förekommer i kompositer

Materialtyp	Namn	Huvudbeståndsdel
Oorganisk fiber	Glasfiber	kiseldioxid
Oorganisk fiber	Kolfiber	grafit
Växtfiber/Biofiber	Bagasse, fiber från Sockerrör	cellulosa
Växtfiber/Biofiber	Bambu	
Växtfiber/Biofiber	Lin	
Växtfiber/Biofiber	Jute	
Växtfiber/Biofiber	Kenaf, Hibiscus cannabinus	
Växtfiber/Biofiber	Hampa	
Växtfiber/Biofiber	Sisal, från Agave Sisalana	
Växtfiber/Biofiber	Coir, från kokosnöt	Lignin och cellulosa
Växtfiber/Biofiber	Rami, Kinagräs, Boehmeria nivea	
Växtfiber/Biofiber	Abaca/ Manilla hampa från bananpalmen, Musa textilis	
Växtfiber/Biofiber	Träfiber, sågspån	cellulosa
Växtfiber/Biofiber	Bomull, konventionellt odlad	cellulosa
Växtfiber/Biofiber	Bomull, ekologiskt	cellulosa

Innan en fiber blandas med matrismaterial kan de behandlas för att bli starkare eller för att kompatibiliteten med vald matris ska öka. Orsaken kan även vara att minska fiberns förmåga

²⁰ Faruk, Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010, Progress in Polymer Science 37, 2012 1552-1596

att absorbera fukt. Behandlingen kan göras på fysikalisk eller kemisk sätt. Exempel på fysiska metoder är med plasma, corona eller mekanisk bearbetning. Exempel på kemiska metoder är silanbehandling, alkalisk behandling, acetylering, enzymatisk behandling och maleatkoppling.

Vanligast är att ytmodifiera fibrerna med silan eller maleatkoppling med Maleinsyraanhydrid.²¹ Vissa fibrer och tillämpningar gör att efterbehandling inte erfordras. Hampa är en sådan fiber som nämns.

De mekaniska egenskaperna hos kompositen beror på vilken fiber man väljer och hur den efterbehandlas, samt naturligtvis på val av matris.

Om Bomullsfibrer

Bomull tillhör släktet *Gossypium* och svarar för cirka 50 % av den globala textilfiberkonsumtionen.

Vid tillverkning skiljer man fröhår från frön i frökapseln. Fröhåren ger bomullsfibrerna som kan förädlas vidare till tråd och garn eller användas obearbetad som vadd. Ur fröna kan sedan olja för livsmedel eller djurfoder pressas. Bomullsfibern består av cellulosa i form av spiralformade fibriller.

I fibrernas ytskikt och i de närmast underliggande cellskikten finns vax som skyddar fibern mot väta. Vaxet underlättar spinningen och gör fibern smidig, men måste tas bort före behandling som blekning, färgning och annan beredning där vatten eller vattenånga ingår. Vaxet avlägsnas eftersom dess funktion är att hindra vattnet från att tränga in i fibern.

Efter skörd packas råbomullen packas i balar och levereras till spinnerier där fröskal och skräp rensas bort. Vadden kardas, valsas och kammars. De kortare fibrerna kan användas till papperstillverkning och cellulosaderivat. Av de långa fibrerna spinner man kamgarn.

Betingelserna vid odling varierar väldigt mycket exempelvis är vattenåtgången mellan 7 000 och 29 000 liter per kg bomull.²² Energiåtgången per ton producerad bomull varierar mellan 5 600 och 48 000 MJ.²³

Om man vill producera bomull mer hållbart finns det mycket att tänka på. Det finns en korrelation mellan gödselanvändning och energibehov som kan optimeras och sidoprodukter som frön som bör tas tillvara effektivt.

Den ekologiska bomullen, som benämns ”organic cotton” på engelska, odlas utan konstgödsel, kemiska bekämpningsmedel och genmanipulerade organismer representerar endast 0,76% av den globala bomullsproduktionen²⁴.

Kriterierna för ekologisk bomull utfärdas av IFOAM²⁵. Inom EU definieras en produkt som ekologisk enligt EG 834/2007. Regler för ekologisk odling finns väl beskrivna med exempel på tillåtna organiska gödsel och växtskydd på Kravs hemsida.²⁶

²¹ Faruk et al, *Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2012*, Progress in Polymer Science 37 (2012) 1552-1596

²² Dahllöf L *Life Cycle Assessment(LCA) applied in the Textile Sector: the Usefulness, Limitations and Metodological Problems – A Literature Review* (2004)

²³ Matlock M *Energy Use Life Cycle Assessment for Global Cotton Practices* (2008)

²⁴ www.ota.com/organic/mt/organic_cotton.html

²⁵ International Council of Agriculture Movements

²⁶ www.krav.se/KravsRegler/4 ex 4.3.5.1 och 4.4.5

Vid ekologisk odling av bomull nämns Neem cake och Castor cake som både gödsel och växtskydd. Neemfröolja kommer växten *Azadirachata Indica*. Castor är en energigröda som odlas integrerat med bomull. Castor cake är en torr blandning av pressad Castor och neemfröolja.

Om träfiber

Vid processen görs först ett urval av spån som torkas, finfördelas och blandas med plast. Det trä som används är torkat och som exempel nämns sågspån med en fukthalt på 2%.

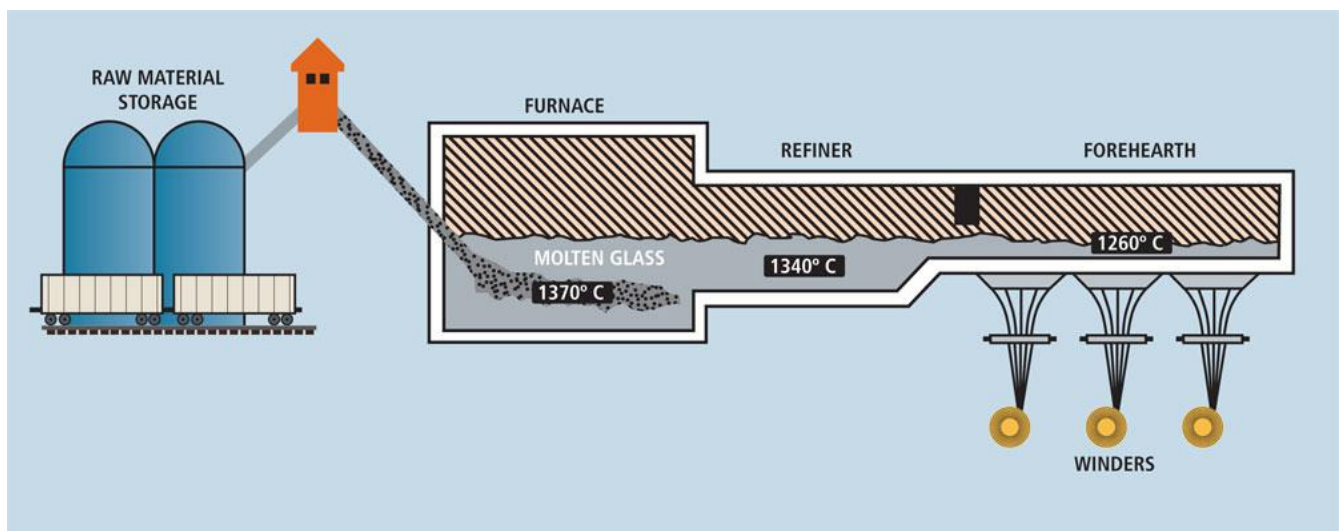
En fördel med träfiberkomposit jämfört med vanligt trä är att den är formstabil, dvs varken sväller eller torkar utan behåller sin form. Beroende på tillämpning sägs det finnas behov av tillsats av biocid för att förhindra svamptillväxt. Exemplet som nämns gäller utomhusanvändning i södra USA.²⁷ Träkomposit anses då som gott alternativ till träskydd. Se ytterligare alternativ i miljöbedömning av träskyddsmedlet OrganoWood.²⁸

Andra tillsatser som kan tillföras träkomposit är smörjmedel, pigment, stabiliseringsmedel, kopplingsmedel och oorganiska fyllmedel. Träkompositen Woodfiber Inject innehåller endast maleinsyraanhydrid som tillsats. Träfiberkomposit används inom byggsektorn, möbeltillverkning, infrastruktur och liksom andra biokomposit inom bilindustrin. De matriser som träfibern blandas med är polyeten, polypropen eller polyvinylklorid.

Om Glasfiber

Glasfibrer har tillverkats sedan 50-talet.²⁹ Glasfiber består av glas som formats till fibrer med tjocklek på 0,001- 0,1 mm.

Glasfiber tillverkas i tre huvudsteg: blandning av råvarorna och smältning till glas under hög temperatur, bearbetning till fibrer under hög temperatur (1370°C) och slutbearbetning till färdig produkt. Råvaror är silikatsand med varierande inblandning av returglas.



Figur 6. Tillverkning av glasfiber

²⁷ Suttie, Ed An update on Wood plastic Composites, Briefing note for Forestry Commission June 2007

²⁸ Miljöbedömning OrganoWood 2011

²⁹ US2925620 Glasfiber production 1960

Huvudråvaran innehåller kiseldioxid och man kan således utgå från sand, sten, lera eller kvarts. Det behövs även andra ämnen som aluminiumoxid och boroxid. Se slutsammansättning i tabell 3 nedan. Fibrerna efterbehandlas med kemikalier för att få ett yttre skikt "Coating". Skiktet väljs för att vara kompatibelt med den matris som fibern ska blandas med. I en vanlig glasfiberkomposit används polyester som matris och då kan glasfiber täckas med en polymer. I databasen ecoinvent som används för LCA'n anges en tillsats av 28,3 g Nylon 6 till kg glasfiber. Vid produktionen anges i samma databas 0,19 kg vattenfri borsyra som ingrediens för att erhålla 1kg glasfiber.

Mineralolja kan användas för att binda damm och skydda mot fukt. Fenol-formaldehyd som bindemedel används för att forma produkten.

De kan användas i en glasfiberväv och bstryks då med en härdplast. När de används som komposit kan de blandas med olika matriser både härdplaster och termoplaster. Polyester av härdplasttyp är vanligast.

Tabell 3. Sammansättning av oorganiska ämnen i olika glasfibertyper.³⁰

Composition of Selected Glass Fiber Types by Weight						
	E-glass w/Boron	E-glass w/o Boron	ECR- glass	S-2 glass	R-glass	Quartz
SiO ₂	52-56%	59%	54-62%	64-66%	60-65%	99.9999%
Al ₂ O ₃	12-16%	12.1-13.2%	9-15%	24-26%	17-24%	-
B ₂ O ₃	5-10%	-	-	-	-	-
CaO	16-25%	22-23%	17-25%	-	5-11%	-
MgO	0-5%	3.1-3.4%	0-5%	8-12%	6-12%	-
ZnO	-	-	2.9%	-	-	-
Na ₂ O	0-1%	0.6-0.9%	1.0%	0-0.1%	0-2%	-
K ₂ O	trace	0-0.2%	0.2%	-	0-2%	-
TiO ₂	0.2-0.5%	0.5-1.5%	2.5%	-	-	-
Zr ₂ O ₃	-	-	-	0-1%	-	-
Li ₂ O	-	-	-	-	-	-
Fe ₂ O ₃	0.2-0.4%	0.2%	0.1%	0-0.1%	-	-
F ₂	0.2-0.7%	0-0.1%	trace	-	-	-

Glasfiber av E-glass typ är vanligast för användning i kompositer.

Om Kolfiber

Kolfibrer kallas även grafitfiber, Carbon Graphite (CF) och har tillverkats sedan 1970-talet.³¹ Kolfiber är mycket energikrävande att tillverka och därmed dyrt, 10 gånger dyrare än glasfiber. I de två vanligaste tillverkningsprocesserna utgår man från antingen en kolkälla

³⁰ Gardiner, G, *The making of glass fiber* Composites Technology April2009

³¹ US3532466 Production of Carbon fibres 1970

som tjära, kåda, petroleum eller från polyakrylnitril (PAN). Den globala kapaciteten för den första metoden uppskattas till 3,500 ton per år³²

Den globala användningen av de PAN-baserade kolfibrerna ökar, men produktionskapaciteten möter inte efterfrågan. De PAN-baserade kolfibrerna är dyrare att tillverka och därför begränsas användningen till exempel flygindustrin och sportutrustningar.

Den vanligaste matrisen för kolfibrer är härdplast som epoxiplast.

Lovande studier pekar på möjligheten att tillverka kolfiber från lignin från träindustrin.³³

2.4 Om Cefibra

Den biofiber som Re8 Bioplastics använder är bomull. Bomullfibern erhålls huvudsakligen från upprivna klipprester från textilindustrin, dvs räknas som avfall. Fibern utgör 20-40% av kompositen. Plasten som används är en polypropen eller en polyeten och en kopplingskemikalie används med upp till 2%.

Beskrivning av Cefibras livscykel

Bomullsspillet kommer i dag från Turkiet nära Istanbul, men på sikt är målet att ta spill från närmare håll exempelvis textilavfall från Tyska återvinningsanläggningar.

Från Istanbul hamn skeppas bomullen i form av balar i containrar till Göteborgs hamn och därefter med lastbil till fiktiv fabrik i Göteborg.

Polypropen och Polyeten tillverkas i Europa. Till exempel har Borealis som producerar BH345MO tillverkning av Polyeten i Belgien, Österrike och Tyskland. Råvaror tillverkas bland annat Finland.

Produktionen sker i Göteborg där fibrerna behandlas och blandas med vald termoplast.

Kompositen kan materialåtervinnas eller energiåtervinnas.

2.5 Återvinning av komposit

Vad gäller komposit strävar både miljölagstiftning och avfallshantering efter en ökad återanvändning av slutskecksprodukterna som bilar, vindturbiner och flygplan. Återvinning sparar både energi och resurser. Komposit måste bli enklare att återvinna och separationstekniker samt rening av kompositerna måste också bli bättre. Produktionstekniker för att återvinna fibrer bör också bli effektivare.³⁴ Design, tillverkning och avfallshantering måste beaktas för att underlätta återvinning. Termoplasterna har en stor fördel jämfört med härdplasterna som ofta kräver mer energi och andra processer.³⁵ De tre olika sätten att ta hand om biokomposit av termoplast är att

- 1) Att smälta och omforma. Ofta behövs ingen separation av fiber och matris. Vissa fibrer klarar dock inte högre smälttemperaturer utan bryts då ned till korta fibrer varvid den återvunna biokompositens egenskaper försämras.

³² <http://www.utsi.edu/research/carbonfiber/CF.htm>

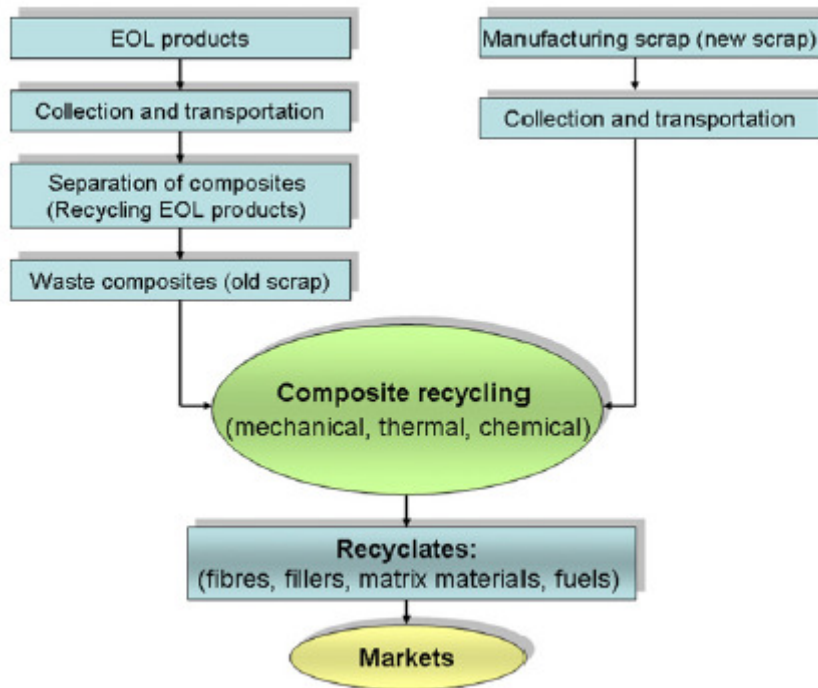
³³ <http://www.paperprovince.com/2012/04/genombrott-i-forskning-om-kolfiber-fran-lignin/>

³⁴ Y. Yang et al, Recycling of composite material Chem Eng Process 2011

³⁵ Henshaw et al *Recycling and disposal of polymer-matrix matrices*, ASM Handbook 2001, 1006-1012

- 2) Kemisk återvinning är det andra alternativet och då löses matrisen upp. Det kan även det innebära att fibrerna bryts och egenskaperna försämrats.
- 3) Termisk återvinning, dvs förbränning är det tredje alternativet.

Ett stort bekymmer i dag är att det saknas köpare/användare av återvunnet material. Kostnad för återvunnet material är ofta högre än för ursprungligt material. Lönsamheten måste alltså öka för kompositerna. Biofiber med termoplast är där lovande sett ur återvinningsperspektiv.



Figur 7. Återvinningssystem av kompositer³⁶

Enligt ASTM³⁷ D-5033-90 definieras återvinning i fyra typer:

Primär: Återvinning i produktionsanläggningen

Sekundär: Produktionsavfall bearbetas till nya produkter med ”sämre” egenskaper alternativt mekanisk återvinning av insamlat plastavfall

Tertiär: Depolymerisering som ger tillbaka monomeren, ex PET

Kvartenär: Energiutvinning efter förbränning

Avfallshantering inom EU prioriteras högt och de stegvisa val som nämns är att förebygga redan vid råvarukällan, återbruk, återanvändning av material, förbränning med både material och energiutbyte och som sista utväg deponi.

Olika processer lämpade för glasfiber och kolfiber finns beskrivna i rapport från 2010.³⁸

³⁶ Yang et al *Recycling of composite materials* Chem Eng Process **2011**

³⁷ American Standard of Testing and Measurement

³⁸ Job, S Composite Recycling, Summary of recent research and development, Sept 2010.

Mekanisk bearbetning, pyrolys, solvolys, cementugn och fluidiserande bädd nämns. Härdplaster som polyuretan kan konverteras till ursprungsmonomererna, men för de vanligare matriserna av polyester eller epoxi är det svårt.³⁹ Härdplaster är tvärbundna och kan därför inte omformas som termoplasterna.

Alla termoplaster som kan formsprutas kan som regel återvinnas med primär typ. Polypropen liksom polyeten är termoplastiska polymerer. Kompositerna som består av termoplastiska polymerer som polypropen är teoretiskt sett enklare att återvinna än härdplaster. Biofiber kan oftast konkurrera med glasfiber vad gäller styvhet, hårdhet och belastning och beroende av matris kan de designas för att vara stabila eller bionedbrytbara. Ett problem som kan uppstå är att vid mekanisk återvinning vid högre temperaturer kan fibrerna brytas ned.⁴⁰

Polyester är en typ av polymer som bland annat används som konstfiber i textilier. En vanlig polyester är polyetylentereftalat (PET) som finns som PET-flaskor. År 2007 återvanns 3,6 miljoner ton av 4,5 miljoner ton insamlade PET-flaskor.⁴¹ Den polyester som är vanligast att blanda med glasfiber för att få en komposit är en härdplast. I praktiken är alltså glasfiberkompositerna svår att återvinna.

Polyesterfiber började tillverkas för allmänheten i början på 1950-talet. PET tillverkas av tereftalsyra och etylenglykol.

Vid återvinning av PET behöver ingen nämnbar kvalitetsförsämring jämfört med jungfrulig PET ske. Ungefär 85% av materialet kan återvinnas till ny PET i dag enligt EcoInvents databas. Naturligtvis beror det på skicket, bland annat resthalt av metaller i PET, på hur miljöbelastningen blir. Det japanska företaget Teijin har utvecklat en metod att återvinna polyester utan att materialkvaliteten försämras. Det innebär att polyester kan återvinnas upprepade gånger.⁴² Metoden används av återvinningsprojektet Eco Circle™ och är ett slutet återvinningssystem.

Tyskland har sedan 2005 infört ett förbud att deponera glasfiberkompositerna. Den vanligaste avfallshandlingen av kompositerna är förbränning och andelen aska som återstår är högre för oorganiskt material jämfört med växtfibrer. Askorna från förbränning av glasfiberkompositerna kan förorena luften med korta glasfiberrester.

³⁹ Pickering *Recycling technologies for thermoset composite material* Composites:Part A 37**2006** 1206-1215

⁴⁰ Conroy et al, *Composites-*. Part A **2006** p1216-1222

⁴¹ Thiele, 2009

⁴² <http://www.teijinfiber.com/english/products/specifics/eco-circle.html>

2.5 Trender /Vad är på gång?

Intresset för biokompositer är stort av både ekonomiska och miljömässiga skäl.⁴³

Det pågår projekt som strävar efter kompositer som är helt tillverkade av förnyelsebara råvaror dvs då även matrisen består av förnyelsebar plast.⁴⁴

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut driver ett projekt ”Nya eko-effektiva och beständiga biokompositer för utomhusanvändning (EcoComp) tillsammans med SP Trätek, IFP, Sicomp, KTH och partners från både polymer- och trärelaterad industri.

EU direktivet⁴⁵ om ”End-of-Life” för fordon sätter press på fordonsindustrin att minska avfall, vilket i sin tur ställer krav för kompositer ämnade för fordon. Direktivet kräver att från 1 januari 2015 att minst 95vikt% av ett fordon ska återanvändas eller återvinnas. Biltillverkarna bör alltså designa bilar för att återlämna återvinning.

I dag begränsas användning av återvunna produkter i flera instanser. Det är önskvärt med ett bedömningssystem för att ge en klassificering som bygger på egenskapskriterier.⁴⁶

Det finns en utvidgning av LCA, ett begrepp kallat Life Cycle Evaluation som innebär att man införlivar ekonomisk utvärdering av miljöbelastningen i LCA'n.⁴⁷ Det finns även varianter av LCI steget som kallas hybrid LCI analys metod.⁴⁸

3 Metod

3.1 Jegreliusmodellen

För att utföra en bedömning av produktens miljöprestanda har vi arbetat utefter *Jegreliusmodellen* som definierar och beskriver vilka värderingar vi har samt vilka metoder och verktyg som vi kan använda (**Figur 8**). Vi gör här en samlad miljöbedömning baserat på livscykelanalys (LCA), en generell hållbarhetsanalys samt en riskbedömning av ingående kemikalier. Med en LCA får vi bild av produktens miljöpåverkan under hela dess livscykel men det ger också data och kunskap om produkten som också användas vid hållbarhetsbedömning och riskbedömning av ingående kemikalier. Kvantitativa livscykelanalyser fungerar ofta bra för CO₂-, energi- och andra resursdata, men är inte konklusiva för kemikalier, toxicitet, biologisk mångfald, m.m.⁴⁹. En livscykelanalys speglar också bara den aktuella situationen, och inte möjliga förändringar över tid. Att komplettera livscykelanalysen med hållbarhets resonemang och kemikalieperspektiv är därför ofta nödvändigt för att ge en bra bild av en produkts miljöbelastning.

⁴³ Mohanty et al *Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunatities and Challenges in the Green Materials World Journal of Pol and th Env* **2002**

⁴⁴ La Mantia *Green composites: A brief review*Composites: Part A **42** **2011** 579-588

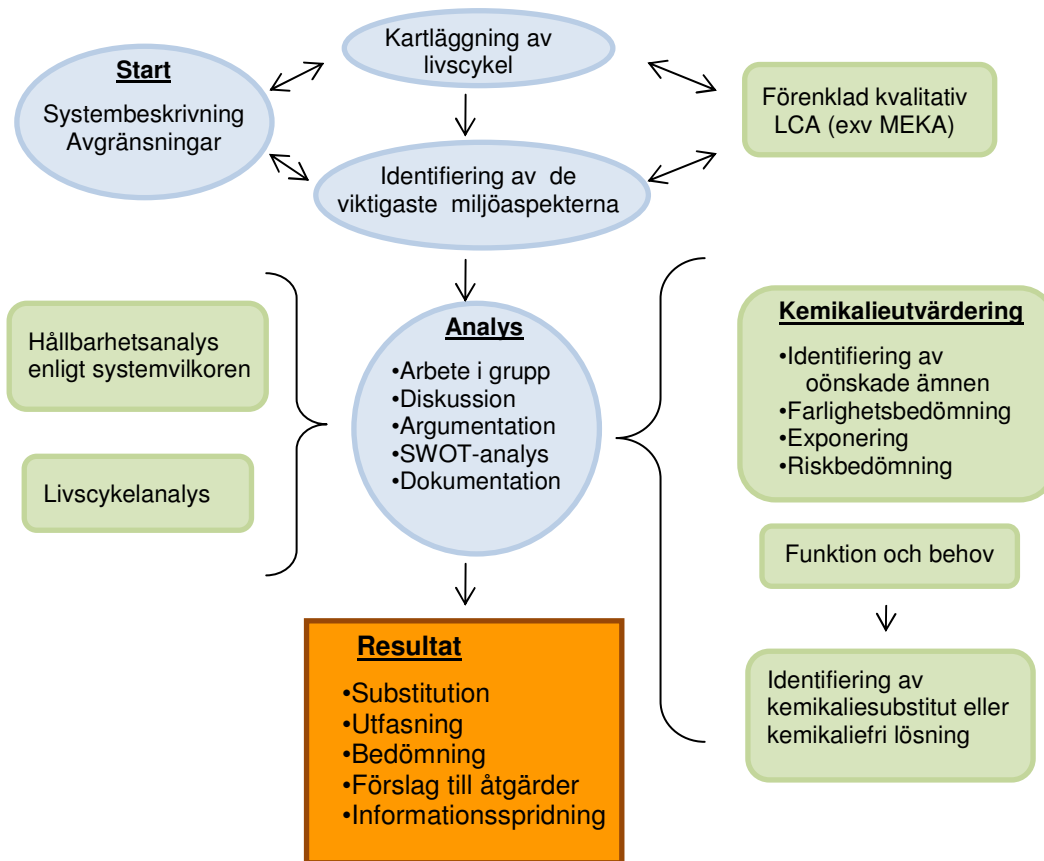
⁴⁵ Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000on end-of life vehicles

⁴⁶ Conroy et al *Composites: PartA* **37** **2006** 1216-1222

⁴⁷ Craighill, L A *Lifecycle assessment and economic evaluation of recycling: a case study*Resources, Conservation and Recycling **17** (1996) 75-96

⁴⁸ Crawford R H Validation of a hybrid life-cycle inventory analysis method, *Journal of Environmental Management* **88** (2008), 496-506

⁴⁹ Rossi, M. (2004). Reaching the Limits of Quantitative Life Cycle Assessment".



Figur 8: Jegerlius arbetsmetod för att arbeta med bedömning av hälso- och miljöprestanda i olika typer av analyser, utredningar och substitutionsarbete.

3.2 Funktionell enhet

För att bedöma Cefibras miljöprestanda i förhållande till konkurrerande produkter utgår vi från funktion. För att korrelera funktion mot miljöprestanda för olika produkter används måttet funktionell enhet. Till kompositernas tillämpningar är styrkan och smidigheten avgörande för funktionen. I en tidigare livscykelstudie⁵⁰ av kompositerna har man använt volym material av specifik styrka som funktionell enhet. Termen har benämnts ”material service density” och innebär att en specifik volym av ett material ska klara av en given mekanisk belastning.

I den här studien kommer vi eftersom vi jämför på materialnivå att använda oss av en enklare funktionell enhet. Beroende på tillämpning krävs olika materialegenskaper. Eftersom en tänkt tillämpning är inredning i fordon så har och styrka och styvhet betydelse. Draghållfasthet mätt i MPa och Elasticitetsmodul i GPa är värden som kan beaktas.

1 kg komposit med en hållfasthet på minst 3 GPa i elasticitetsmodul väljes som funktionell enhet. Elasticitetsmodul mäter styvhet hos ett elastiskt material.⁵¹ Vi har inga exakta värden på de material vi jämför, men har valt 30% fiber och 70% matris för att styrkan ska vara tillräcklig teoretiskt. I praktiken kommer även densiteten vara av betydelse eftersom ett lättare material har stora fördelar vid många tillämpningar.

⁵⁰ Journal of materials processing technology 198 (2008) 168-177

⁵¹ Elasticitets modul, E-modul, enligt SS-EN ISO 527

I tabellen⁵² nedan kan densitet och E-modul läsas för glasfiber och bomullsfibrer utan matris.

Table I. Modulus Comparison of E-Glass and Some Important Natural Fibers

Fiber Type	Density (g/cm ³)	E-modulus (GPa)	Specific Modulus (E-Modulus/Density)
E-glass	2.55	73	29
Hemp	1.48	70	47
Flax	1.4	60–80	43–57
Jute	1.46	10–30	7–21
Sisal	1.33	38	29
Coir	1.25	6	5
Cotton	1.51	12	8

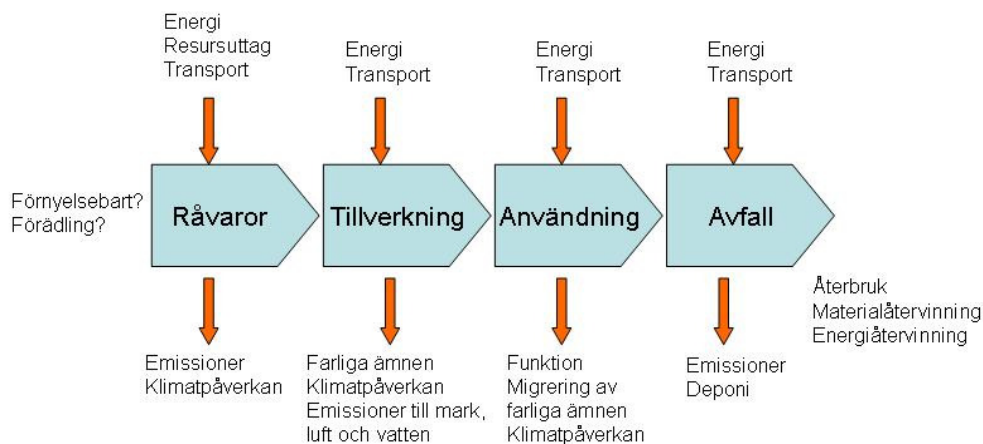
Exempel på uppmätta värdena för matris där PP resp PLA är förstärkt med cellulosa kan utläsas i nedanstående tabell

Tabell 5.

Matris	Tensile E-modulus (GPa)	Tensile Strength (MPa)	Tensile elongation-at break (%)
PLA	5,8	92	1,9
PP	3,7	72	3,5

3.3 Livscykelperspektiv

En bedömning av produktens miljöbelastandeegenskaper ur ett livscykelperspektiv med en förenklad jämförande livscykelbedömning; råvara, produktion och avfall har utförts. För att bedöma miljöbelastningen under hela livscykeln för produktens och konkurrerande produkter har generella livscykeldata inhämtats från forskningslitteratur, LCA-rapporter, LCI-databaser och produktdatablad.



Figur 9: De fyra stegen i en översiktlig livscykel

⁵² Mohanty et al, Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunaties and Challenges in the Green materials World. Journal of Polymers and the environment, Vol 10 Nos.1/2 April 2002.

På uppdrag⁵³ från Jegrelius med underlag från den initiala litteratursökningen har konsult företaget Miljögiraff utfört en Life Cycle Assessment screening där Cefibra jämförts med materialalternativ.⁵⁴ Kompositsammansättningen 70 % matris och 30 % fiber har valts.

Alternativen är

- polypropen + bomullsfiber från textilspill
- polypropen + träfiber i form av sågspån
- polypropen + glasfiber
- polymjölksyrplast + bomullsfiber från textilspill

Det som skiljer de olika kompositerna åt är att de förstärks av olika fibrer, oorganiska eller från växtriket samt att matrisen utgörs av en förnyelsebar råvara eller fossil. Därmed skiljer sig de olika tillverkningsprocesserna åt samt råvaruuttag och avfallshantering.

Miljöbelastningen i användarfas antas vara densamma eftersom LCA'n sker på materialnivå.

Analysen görs från råvara till färdig komposit inklusive End of Life.

I praktiken innebär det att LCA görs för 1. Bomullsförstärkt PP

2. Träfiberförstärkt PP

3. Glasfiberförstärkt PP

4. Bomullsförstärkt PLA

Miljögiraff har använt sig av LCA mjukvaran SimaPro⁵⁵ med LCI data från databasen EcoInvent⁵⁶ med ReCiPe⁵⁷ som utvärderingsmetod. ReCiPe är en utvärderingsmetod som sammanfattar miljöbelastningen av 18 olika kategorier. Miljöeffektkategorierna för ReCiPe finns beskrivna i bilaga 1 samt i LCA-rapporten.⁵⁸

Polypropen antas produceras i Tyskland och transporteras 500km med lastbil till Göteborg.

PLA antas transporteras från Nebraska i USA eftersom en av de största tillverkarna av PLA finns där. Transport sker via lastbil och båt.

Sågspån antas transporteras 300km med lastbil.

Bomullspill antas transporteras med båt från Istanbul.

Glasfiber antas produceras i Tyskland och data i ecoinvent bygger på data från 12 produktionsenheter i Europa.

Avfallsscenarioet som man utgått från avser Sverige och baseras på rapport om svenskt avfall 2010.⁵⁹ Biokompositerna definieras som plast och då bedöms 26% gå till materialåtervinning, 18% till energiåtervinning. För glasfiber är pyrolys en metod som används för att separera fibrerna från matrisen, men data för det finns ej i databasen.

⁵³ Offerförfrågan 4 okt 2012, Del av Dnr 2011-287, med bilagt underlag

⁵⁴ Life Cycle Screening 1 kg Biocomposite, Rapport nr 48 2012-10-26, Miljögiraff

⁵⁵ www.pre.nl/content/simapro-Ica-software

⁵⁶ www.ecoinvent.ch

⁵⁷ www.pre.nl/download/misc/ReCiPe_main_report_final_27-02-2009_web.pdf

⁵⁸ Life Cycle Screening 1 kg Biocomposite, Rapport nr 40 2012-10-26, Miljögiraff

⁵⁹ Avfalls i Sverige 2010, Naturvårdsverket, Rapport 6520 October 2012, ISBN 978-91-620-6520-1, <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6520-1.pdf>

3.4 Hållbarhetsanalys

Magnus Hedenmark från Ecoprofits har tidigare på uppdrag från Jegrelius utfört begränsade relativa hållbarhetsanalyser på plaster⁶⁰, isolering⁶¹ respektive textilier⁶² och resultat har återanvänts i den här miljöbedömningen. Ytterligare om hur en hållbarhetsanalys görs finns beskrivet i de rapporterna och ytterligare litteratur finns om ämnet.^{63, 64}

Vid miljöbedömning och substitution är det viktigt att fråga sig om det är ett steg mot hållbarhet och om det är en flexibel plattform för ytterligare förbättring. De systemvillkor som måste uppfyllas för att nå ett hållbart samhälle har beskrivits av Holmberg 1995⁶⁵ och 1998⁶⁶ enligt följande:

I ett hållbart samhälle förstörs inte naturens funktion och mångfald genom:

1. Systematiskt ökande koncentration av ämnen från berggrunden (SV1⁶⁷)
2. Systematiskt ökande koncentration av ämnen från samhällets produktion (SV2)
3. Systematiskt överuttag, undanträngning och manipulation av ekosystemens förmåga att skapa nyttigheter. (SV3)
4. I ett hållbart samhälle är hushållningen med resurser så effektiv och rättvis att de mänskliga behoven tillgodoses överallt (SV4)

De fyra villkoren ovan ger en ram som en tänkt målbild måste rymmas inom, för att kunna vidmakthålla värderingen om att framtida generationer ska ha samma förutsättningar som vi.

Vid en hållbarhetsanalys granskas en produkt utifrån dess avsedda funktion och ovanstående systemvillkor avseende dess potential att nå hållbarhet.

Angreppssättet är generellt och brett, dvs fokuserar mer på de inneboende förutsättningarna än specifika förhållanden som kan gälla vid en fabrik.

Analysen är kvalitativ och resonerande, snarare än kvantitativ och definitiv. Den identifierar i första hand de kritiska flödena och föreslår prioriteringar för närmare detaljgranskning, och går inte längre ner i detaljer än det behövs för att få fram de kritiska utmaningarna och möjligheterna som finns för att kunna beskriva produkten som en lösning att nå hållbarhet.

Vid en relativ hållbarhetsanalys granskas produkten i förhållande till konkurrerande lösningar, för att nå samma avsedda effekt.

⁶⁰ Miljöbedömning GreenCover 2011-05-27

⁶¹ Miljöbedömning Termoträ 2011-05-07

⁶² Miljöbedömning Bilskirner 2011-11-18

⁶³ Holmberg J, Robe`rt K-H. Backcasting from non-overlapping sustainability principles — a framework for strategic planning. Int J of Sust Dev and World Ecol 2000;7:1–18.

⁶⁴ Robe`rt K-H. Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a framework for sustainable development, and to each other? The Journal of Cleaner Production 2000;8(3):243–54

⁶⁵ Holmberg (1995) Socio-Ecological Principles and Indicators for Sustainability. Chalmers Universitet, Göteborg

⁶⁶ Holmberg (1998) Lättare att förstå – svårare att misstolka. Tidsskriften Det Naturliga Steget. Nr. 2:98

⁶⁷ SV = Systemvillkor

Skillnad och likhet mellan hållbarhets- och livscykelanalys

En hållbarhetsanalys handlar om bedömning av en dynamisk process som är föränderlig med tiden, dvs från nutid fram till tidpunkten för när ett önskvärt tillstånd ska inträda. En LCA bedömer normalt bara miljöprestanda i nutid, utan att ta hänsyn till variabla faktorer som t.ex. att en industri snabbt kan skifta elektricitetskvalitet eller byta transportsätt. Vanligtvis bygger dessutom en LCA bara på kvantifierbara data, och blir därmed ytterligare begränsad vad gäller en rad icke kvantifierbara aspekter såsom biologisk mångfald, kemiska risker och sociala missförhållanden. En LCA bör därför kompletteras med en hållbarhetsanalys.

3.5 Kemikaliebedömning

Det finns ett stort antal kemikalier som vi är övertygade om att de bör fasas ut från vårt samhälle. Många av dessa ämnen är uppmärksammade och upptagna på olika listor över prioriterade ämnen. Exempel på några sådana listor är till exempel ChemSec's SINLIST⁶⁸, ECHA's kandidatlista⁶⁹ över särskilt farliga ämnen (Substances of Very High Concern, SVHC) och Kemikalieinspektionens PRIO-databas⁷⁰ med utfasningsämnen och riskminskningsämnen. I de fall som en aktuell kemikalie inte finns upptagen på dessa listor baserar vi vår värdering om hur farlig en kemikalie vid motsvarande kriterier.

Vi på Jegrelius anser att det vid många tillfällen är nödvändigt och i vissa fall en skyldighet att använda sig av försiktighetsprincipen. Vilket vi vill uttrycka på följande sätt: *Om vetenskapligt grundad misstanke finns för allvarlig effekt av kemikalie A, men inte för kemikalie B så bör substitution genomföras under förutsättning att funktionen i övrigt är tillfredsställande.*

Databasen Kemiska ämnen från Prevent har använts för att söka klassificering av enskilda kemikalier.

Vid tillverkning av kompositer kan kemikalier utgöras av råvaror, processkemikalier och användas vid odling av bomull och majs.

Eftersom produkterna består av olika material är det mest relevant att jämföra de kemikalier som används vid tillverkning och innebär risk för emissioner till mark, luft och vatten samt de fall där det finns risk för emissioner vid användning och i avfallsledet. Ämnen kan exempelvis frigöras vid förbränning, deponi eller kompostering. Migrering från produkterna vid användning har varit svårt att bedöma, men antas vara låg.

I screening LCA'n finns fyra miljöpåverkans effekter som kan användas som underlag. Det är Human toxicity, Terrestrial ecotoxicity, Freshwater ecotoxicity och Marine ecotoxicity.

Kemikaliebedömningen är begränsad eftersom kopplingskemikalier inte är kända för glasfiberkomposit med polypropen. Koppling med maleinsyraanhydrid av cellulosa finns beskrivet i artikel från i år.⁷¹

⁶⁸ ChemSecs SINLIST <http://www.sinlist.org/>

⁶⁹ ECHAs kandidatlista över SVHC

http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp

⁷⁰ Databasen Prio http://www.kemi.se/templates/PRIOframes_4045.aspx

⁷¹ Avsnittet 4.1.6, Kabir et al. Composites B 43 2012 p2888-2889

4 Miljöbedömning

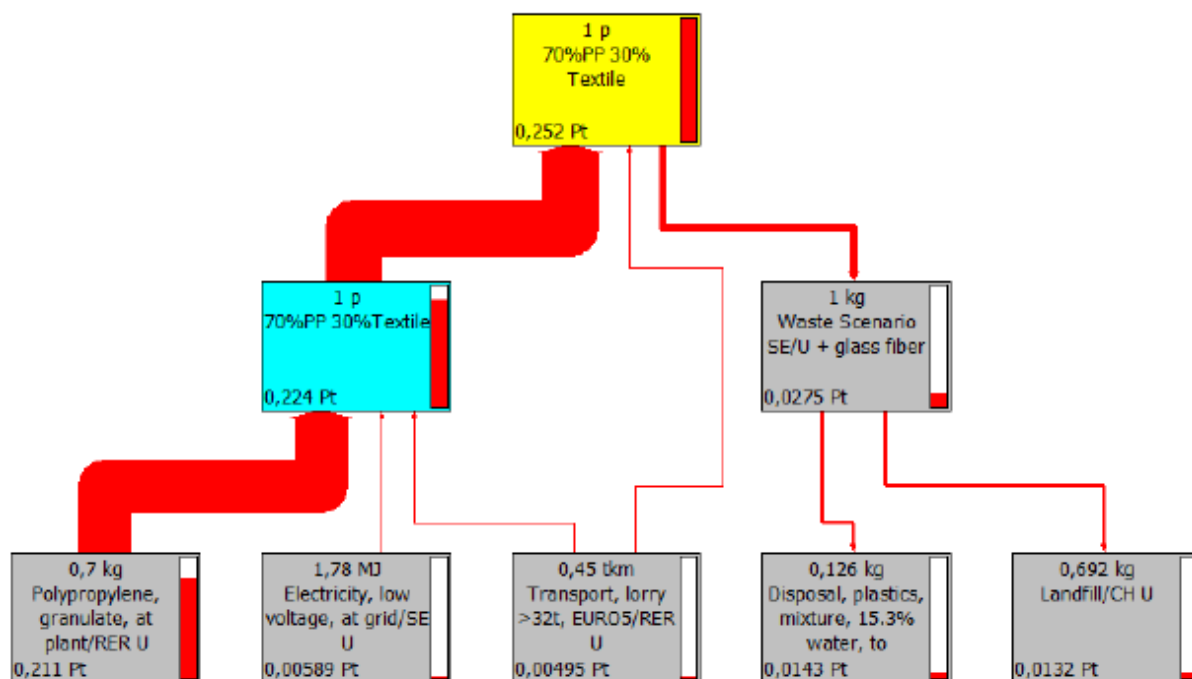
4.1 Jämförande förenklad livscykelanalys

Förutsättningar och antaganden för LCA screening finns beskrivna i metoddelen sektion 3.2 respektive 3.3 i den här rapporten samt utförligare i rapport från Miljögiraff⁷².

ReCiPe är en utvärderingsmetod som sammanfattar miljöbelastningen av 18 olika kategorier. Miljöeffektkategorierna för ReCiPe finns beskrivna i bilaga 1.

Resultat

Det framgår tydligt att för Cefibra ligger den största miljöbelastning i råvarufasen, dvs produktion av polypropenen.

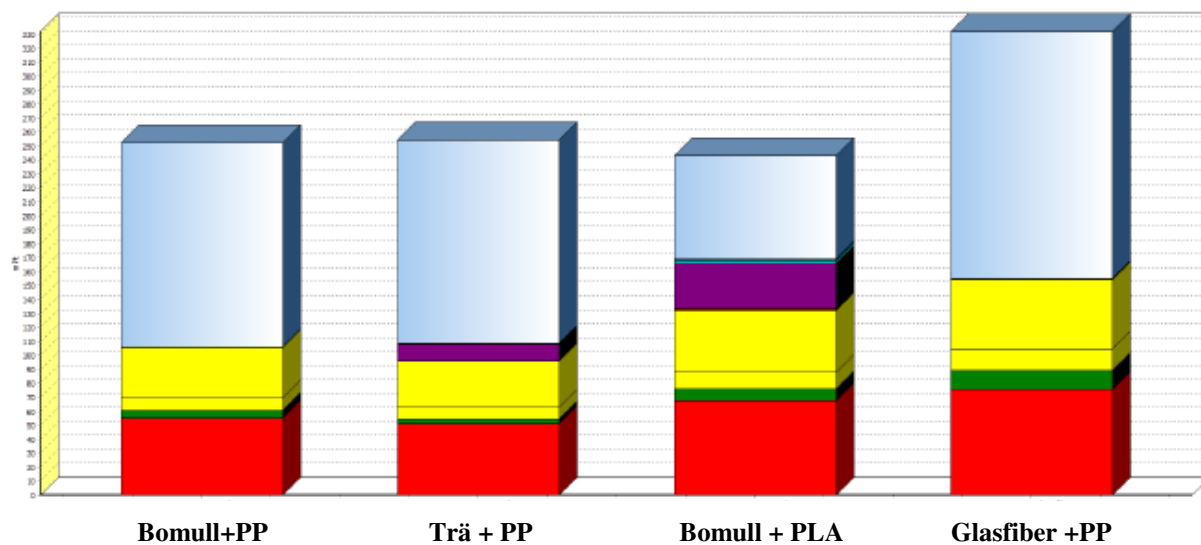


Figur 10. Flödet av miljöbelastningen för bomullsförstärkt PP

Den utgör 84%, vilket beror på att polypropenen i dag inte produceras av förnyelsebara råvaror. Avfallsledet utgör med det här scenariot för 11%.

Den totala klimatpåverkan räknat för koldioxidekvivalenter är 2 kg för Cefibra.

⁷² Life Cycle Screening Biocomposite, Rapport nr 48 2012-10-26, Miljögiraff



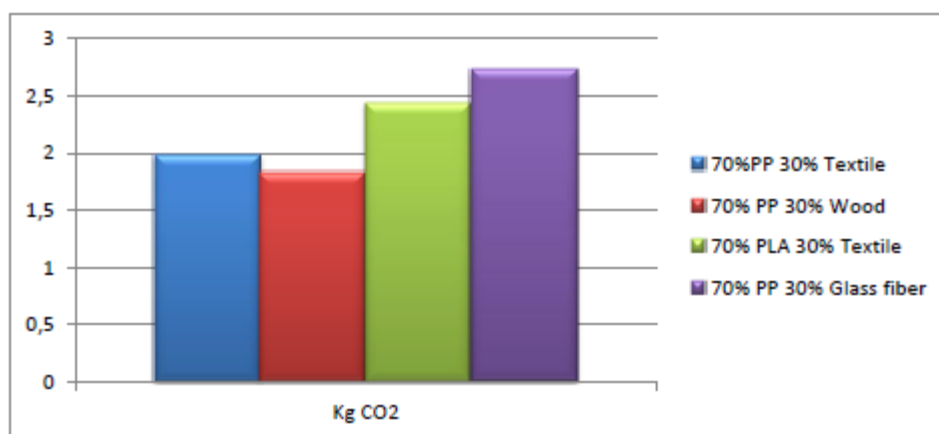
Figur 11. Jämförelse mellan kompositerna för hela livscykeln med resultat fördelade på påverkanskategorier .

Figuren ovan visar att den totala miljöbelastningen är högst för glasfiberkompositen, medan de tre biokompositerna är på samma nivå.

Den ljusblå andelen motsvarar förbrukning av fossila ämnen. Den röda avser "klimatförändringar hälsa" och den gula "klimatförändringar ekosystem". Den gröna avser "Human toxicity" och den lila "Agricultural land occupation" dvs användning av jordbruksmark.

Förbrukning av fossila resurser speglar produktion av PP och glasfiber. Eftersom PLA utgår från majs blir således användning av odlad mark störst med PLA jämfört med PP.

Klimatpåverkan och förbrukning av fossila resurser är alltså de största belastningarna.



Figur 12. Klimatpåverkan i form av utsläpp växthusgaser, Koldioxid ekvivalenter.

Träkompositen uppvisar lägst klimatpåverkan följt av Cefibra och PLAkompositen.

Det antagna avfallsscenariot kan skilja sig från det verkliga eftersom de data som använts är för plast. Skillnaden mellan glasfiberkomposit och biokomposit kommer även att bli större vid tillämpning då vikten har betydelse eftersom glasfibrer har högre densitet än biofibrer.

Alla inkluderade påverkanskategorier finns förklarade i bilaga 1 och de specifika talen finns i tabell nedan .

Tabell 6. Påverkanskategorier för de fyra kompositerna

Impact category	Unit	70%PP 30% Textile	70%PP 30% Wood	70%PLA 30% Textile	70% PP 30% Glass fiber
Total	Pt	0,252	0,254	0,243	0,332
Climate change Human Health	Pt	0,055	0,050	0,067	0,075
Ozone depletion	Pt	9,78E-7	9,45E-7	1,18E-5	4,45E-6
Human toxicity	Pt	0,005	0,003	0,008	0,013
Photochemical oxidant formation	Pt	4,89E-6	4,63E-6	5,43E-6	6,95E-6
Particulate matter formation	Pt	0,008	0,008	0,011	0,015
Ionizing radiation	Pt	0,0001	0,0001	0,0001	8,033E-5
Climate change Ecosystems	Pt	0,036	0,033	0,044	0,049
Terrestrial acidification	Pt	6,47E-5	5,94E-5	0,0001	0,0001
Freshwater eutrophication	Pt	9,94E-6	9,35E-6	4,74E-5	3,67E-5
Terrestrial ecotoxicity	Pt	5,07E-5	5,02E-5	0,001	5,11E-5
Freshwater ecotoxicity	Pt	2,05E-5	1,66E-5	2,18E-5	2,23E-5
Marine ecotoxicity	Pt	5,49E-8	4,42E-8	3,91E-8	6,08E-8
Agricultural land occupation	Pt	0,0002	0,011	0,032	0,0001
Urban land occupation	Pt	0,0001	0,0004	0,001	0,0003
Natural land transformation	Pt	7,37E-6	0,0002	0,001	0,0003
Metal depletion	Pt	9,63E-6	9,87E-6	6,09E-5	3,08E-5
Fossil depletion	Pt	0,146	0,145	0,073	0,176

4.2 Andra LCA studier på kompositer, fibrer och plaster

I en fallstudie med återvunnen PP&HDPE förstärkt med risskal eller bomull jämfört med jungfrulig dvs ej återvunnen PP/HDPE uppvisar den med återvunnet material en signifikant lägre miljöbelastning.⁷³ Det som påverkar negativt är konstgödselanvändning vid odling av ris samt att kompondering förbrukar elektricitet.

I en annan LCA jämförs biokomposit med rent trä/timmer och med EPS dvs Expandable Polystyren för tillämpning utomhus som flotte.⁷⁴ Biokompositen består även här av HDPE/PP med risskal och bomullsavfall. Fyra olika impaktkategorier används och för alla förutom global uppvärmning ger biokompositen lägst miljöbelastning.

I en litteraturoversikt över LCA för kompositer beskrivs flera faktorer som kan påverka resultatet, exempelvis var växtfibern odlas är viktigt.⁷⁵ Vattenåtgång, gödselkonsumtion och bekämpningsmedel varierar mellan odlingar. Hur man gör allokeringar har också av stor betydelse, dvs delning av in- och utflöden av material och energi i produktionsprocesserna. Exempelvis kan en skörd av 2,4 kg bomull ge 1 kg bomullsfibrer, men även sidoprodukter. Om man tar hänsyn till sidoprodukterna eller inte har stor betydelse på resultatet.

Det finns en studie från England där man jämfört återanvändning/återvinning av textilavfall jämfört med jungfruligt material.⁷⁶ LCA'n visar att energi kan sparas om man använder återvunnet material av bomull och polyester.

En studie⁷⁷ av både miljöbelastning och ekologisk hållbarhet utförd på 10 olika textilfibrer resulterar i att ekologisk bomull är att föredra medan akryl räknas som den sämsta fibern.

Joshi et al⁷⁸ listar i sin generella jämförelse mellan glasfiberkompositer och biokompositer flera fördelar till förmån för biofibrerna. Miljöbelastningen i produktionssteget är lägre pga lägre energiförbrukning och mindre emissioner. Biokompositerna kan även oftast ersätta större andel av matrisen vilket ger lägre fossilförbrukning.

I användningsfasen blir även emissionerna reducerade pga lägre vikt både direkt och indirekt. Som en fjärde resonemang anger Joshi även att vid eventuell förbränning är koldioxidemissionen teoretiskt ungefär densamma som vad plantan konsumerade när den växte.

⁷³ Vidal et al, Int J Life Cycle Assessment (2009) 14, 73-82

⁷⁴ Martinez et al, LCA of biocomposites versus conventional products

⁷⁵ Shen, I *Environmental impact assessment of man-made cellulose fibres* Resource, Conservation and Recycling 55 (2010) 260-274

⁷⁶ Woolridge A C *Life Cycle assessment for reuse/recycling of donated waste textiles compared to use of virgin material* Resources, Conservation & Recycling 46 (2006) 94-103

⁷⁷ Muthu S S, *Quantification of environmental impact and ecological sustainability for textile fibres* Ecological Indicators (2011)

⁷⁸ Joshi et al, Are natural fibres composites environmental superior to glass fiber inforced composites? Compos Part A 2004; 35, 371-361

4.3 Hållbarhetsresonemang

Cefibra består till av polyeten och spill från bomullsproduktion, dvs 70% fossil råvara och 30 % förnyelsebar råvara. De konkurrerande produkterna består av 0-100 % fossil råvara, där PLA-kompositen består av 100% förnyelsebara råvaror och glasfiberkompositen av 100% fossil råvara. Materialsammansättningen för träfiberkompositen är densamma som för Cefibra.

Att material är baserat på förnyelsebar råvara innebär inte per automatik att det är ett hållbart alternativ. Det är viktigt att beakta att råvaruttag, produktion och avfallshantering sker på ett hållbart sätt.

- Att odla, skörda och samla in råvarorna på ett hållbart sätt
- Att sträva efter en tillverkning efter Grön kemis 12 principer⁷⁹
- Att sträva efter ett kretsloppstänkande där plagget antingen innehåller en hög andel återvunnet material och är anpassad för att kunna återvinnas, eller är bionedbrytbart på säkert sätt till organiskt användbart material.

De två hållbara livscyklarna är antingen tekniska eller biologiska enligt de principer som presenteras i Cradle to Cradle⁸⁰. Ett produkt kan bestå av material som tillhör de bägge livscyklarna så länge de är tydligt och enkelt separerbara från varandra.

Om fossilbaserade polymerer ingår i en komposit krävs att de ingår i ”closed loop recycling” med återtagningologistik och kan återvinnas utan att systematiskt tappa kvalitet, för att ge en hållbar produkt som inte bidrar till brott mot SV1. Alternativt innehåller produkten förnybara cellulosafibrer och kan återvinnas/komposteras/förbrännas. Konstgödsel används inte vid ekologisk odling.

SVHC-ämnen får inte förekomma i produktens livscykel, utan bryter då mot SV2, i viss mån SV1 (tungmetaller och ovanliga grundämnena) samt SV4 (starkt hälsofarliga).

För att inte bryta mot SV3 får uttaget av förnybara råvaror inte bygga på ansvarslös GMO-teknik, skogsskövling eller extrema färskvattenuttag.

Socialt oacceptabla förhållanden under tillverkning eller avfallshantering ger ett brott mot SV4.

Kvalitativa bedömningar av plaster

Den hittills mest vetenskapligt meriterade rangordningen⁸¹ har utförts av forskare på Göteborgs universitet. Rangordningen har utgått i huvudsak från klassificerade ingående monomerer och andra ämnen. Det motiveras av, helt riktigt, att monomerer alltid ger mer eller mindre exponering i olika delar av livscykeln, även restmonomerer i plaster kan finnas upp till 4% av plasten. Ju lägre värde desto farligare plast.

⁷⁹ Anastas, P. T.; Warner, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press: New York, 1998, p.30.

⁸⁰ Cradle to Cradle, Vagga till Vagga, http://www.mcdonough.com/cradle_to_cradle.htm

⁸¹ D. Lithner et al. / Science of the Total Environment 409 (2011) 3309–3324

I den här miljöbedömningen jämförs egentligen bara två plaster PP och PLA, men eftersom epoxi eller polyestermatris används tillsammans med glasfiber nämns även de.

PET är bättre än annan polyester och polypropen räknas alltså som minst farligt av de rangordnade polymererna. PLA är inte med, men bedöms pga dess monomer som minst farlig.

Tabell 7 . Rangordning av plastpolymerer baserad på ingående monomerer ⁸² (Lithner et al. 2011)

Rang- ordning	Polymer	Monomerer
8	Epoxi	Bisfenol A (45%), Epiklorhydrin (37%), 4,4'-metylendiamin(18%)
12, 13	Andra epoximatriser	
18	Omättad polyester	Propylenglykol (18%), Malein syraanhydrid (21%), Ftalsyraanhydrid (31%), Metylmetakrylat (tvärbindare)
20	Omättad polyester	Som ovan, men med styren som tvärbindare
36	Polyetentereftalat (PET)	Etylenglykol (37%) , Tereftalsyra (63%)
37	Polypropen (PP)	Propylen
Ej klassad	Polymjölksyra (PLA)	Mjölksyra

Mer allmänna resonemang, som ändå är transparenta och tydligt motiverade finns också i en dansk sammanställning av Borch-Pedersen ⁸³. Plasterna klassas in i fyra klasser, 1-4 där 4 är sämsta plasten ur hållbarhetssynpunkt

Bomull

Bomull är en naturfiber, som mycket väl kan ingå i ett biologiskt eller ett tekniskt kretslopp. Det finns ”cradle to cradle”⁸⁴ certifierade produkter som innehåller bomull som blandats med andra naturfibrer som t.ex. ramifiber, för att lättare kunna komposteras. Däremot finns en rad utmaningar för bomullsproduktionen som en ekologisk produktion till stor del hanterar, t.ex. frånvaron av konstgödsel och syntetiska bekämpningsmedel som strider mot SV 1 och 2. En av de stora återstående utmaningarna är dock färskvattenhanteringen. Det finns bomullsodlingar som ligger i vattenkritiska regioner och utnyttjar konstbevattning på ett ohållbart sätt. Den vidare textiltillberedningen innebär också stora utmaningar med infärgning osv, men det problemet delas i stort med även konstfibertillverkningen.

Glasfiber

Produktionen sker utifrån oorganiska ämnen med främst kiseldioxidinnehåll och oorganiska tillsatser. Glasfibrerna efterbehandlas sedan för att bli kompatibla med dem matris de ska användas i. Råvaran är inte förnybar, men det är ingen bristvara och bryter därför inte mot systemvillkor 1. Utvinningen däremot kan tränga undan ekosystem och därmed bryta mot

⁸² D. Lithner et al. / Science of the Total Environment 409 (2011) 3309–3324

⁸³ Pedersen, L.B. (1999). Plast og Miljø, Teknisk Forlag, 1999

⁸⁴ Cradle to Cradle , Vagga till Vagga, http://www.mcdonough.com/cradle_to_cradle.htm

systemvillkor 3. Vid tillverkning av glasull används ungefär 75% återvunnet glas⁸⁵ men huruvida återvunnet glas används vid tillverkning av glasfiberkompositen är ej känt. Enligt svensk glasåteranvändning sparas 20% energi på återvunnet glas i förhållande till nyproduktion med sand, kalk eller soda.

Träfiber

Sågspån kommer från förnyelsebar råvara men är för den skull per automatik inte hållbar. Ett överuttag bryter mot systemvillkor 3 och kan minska biologisk mångfald. Cellulosan bearbetas i en värdekedja och för att vara en hållbar process med obefintligt utsläpp av koldioxid och miljömärkt elektricitet. Skogsråvaran bör komma från ett hållbart skogsbruk och det närmaste man kan komma i Sverige är FSC-certifierad skog.

Sågspån i sig räknas delvis som restprodukt, men har en mycket högre förädlingspotential än bomullsspill. Sågspån används exempelvis till spånskivor. Den kemikalie som används till komposit är maleinsyraanhydrid.

Sammanfattande bedömning avseende hållbarhet

En biokomposit med förnyelsebar råvara som PLA och bomull eller träfibrer har störst potential att nå hållbarhet.

Glasfiberkompositen har sämst förutsättningar med sitt innehåll av oorganisk glasfiber. Alla alternativen har dock stor förbättringspotential. Återvinningsmöjligheterna har stor betydelse för om kompositerna kan räknas som hållbara alternativ. Vid återvinning av glasfiberkomposit kan man med pyrolys separera fibrerna separera matrisen..Beroende på vad biokompositen ska användas behöver inte fibrerna separeras.

Att använda spill från bomullsproduktion är ett mycket bra sätt att minska resursförbrukningen. Det skulle ytterligare förbättra hållbarheten om man använde spill från ekologiskt odlad bomull

Om man ser på kompositerna från ett hållbarhetsperspektiv är PLA-kompositen att föredra. Valet av slutskedscenarios är viktigt för utfallet både vad gäller livscykelperspektiv och hållbarhet.⁸⁶

⁸⁵ Miljöbedömning Termoträ Standard 2001-05-07

⁸⁶ Journal of Cleaner Production 17 (2009) 1183-1194

4.4 Kemikaliebedömning

Farliga ämnen kan påverka miljön och hälsan vid odling och tillverkning av produkterna, vid användning av produkterna, samt vid produktens slutskede. Valet av efterbehandling av kompositerna är också avgörande för resultatet av en miljöbedömning, men då detaljerade data saknas för konkurrerande förs endast resonemang generellt.

Ozonedbrytande kemikalier, tungmetaller, bekämpningsmedelsrester, fungicider som dimetylformat, formaldehyd med mera ska enkelt skrivet vara lättnedbrytbara och inte klassade som PBT eller allergena. Med PBT avses persistenta, bioackumulerande eller toxiska.

Enligt GOTS⁸⁷ är aromatiska och halogenerade lösningsmedel förbjudna liksom fluorkarboner, formaldehyd, tungmetaller, nanopartiklar, hormonstörande ämnen, klorfenoler, komplexbildande och ytaktiva ämnen som EDTA och nonylfenol.

En allmän bild om vilka typer av kemikalier som används vid beredning av textilier kan erhållas från kriterierna för bra miljöval för textil.⁸⁸

Exempel på förbjudna ämnen enligt Oeko-Tex® Standard 100 är azo-färgämnen, cancerogena och allergena färgämnen, ftalater, formaldehyd, pesticider, tungmetaller, vissa klororganiska och tennorganiska föreningar, biologiskt aktiva produkter och flamskyddsmedel. Produkter delas in i klasser där en jacka skulle tillhöra produktklass 3 dvs produkter som inte alls eller till en mindre del kommer i kontakt med huden.

Kemikalier från textilier av konventionellt odlad bomull

Kemikalier i form av gödsel och bekämpningsmedel används i stora mängder. Ungefär 25% av världens insektsmedel och mer än 10% av pesticiderna används till bomullsodling.⁸⁹ Enligt USDA förbrukar bara majs och sojabönor mer pesticider än vad bomull med sina 4,8kg/hektar gör.⁹⁰

Konstgödselanvändningen i USA var år 2000 hela 159 kg/hektar odlad bomull.⁹¹ Bland de 15 vanligaste finns cancerogena ämnen som acephate, dichloropropene, diuron, fluometuron, pendimethalin, tribufos, and trifluralin.

I Life Cycle Inventory data från tidigare LCA screening kan utläsas 24 olika utgångsprodukter däribland ospecificerade pesticider. Åtta joner/ämnen listas som emitteras till vatten; Zink, Bly, Koppar, Krom, Kadmium, Nickel, fosfor, fosfat och nitrat. Emissionslistan på ämnen som kan överföras till jorden innehåller 78 ämnen däribland Paraquat, 1,1'-dimetyl-4,4'-bipyridium, som är en av de giftigaste bekämpningsmedlen vid odling.

Trifluralin, Malathion, Cyanazine och Parathion [56-38-3] är andra exempel på farligabekämpningsmedel som används.

En klar minskning av kemikalieexponering vore att övergå till spill från ekologisk bomullsproduktion alternativt annan ekologisk växtfiber.

⁸⁷ GOTS version 3 01March 2011

⁸⁸ Bra Miljöval för textil, Svenska Naturskyddsföreningen 1996.

⁸⁹ Allen Woodburn

⁹⁰ Omräknat från 4.3 pounds/acre och gäller USA 2003

⁹¹ USDA

Ekologiskt odlad bomull.

De ämnen som kan används är urea/urinämne samt botaniska pesticid av Castor och Neem. Konstgödsel och klassade bekämpningsmedel är ej tillåtna vid ekologisk odling

Träfiber

I säkerhetsdatablad för WoodFiber Inject⁹² anges användning av Maleinsyraanhydrid som kopplingsagent i halter under 1%. I andra träfiberkompositerna kan tillsatserna vara betydligt fler.

Glasfiber

Vid produktionen finns i dag arbetsmiljörisker. Glasfiber misstänks vara cancerogen vid inandning.⁹³ Tillsatserna av ex reproduktionsstörande borsyra Korta fibrer kan även spridas vid förbränning.

Tabell 8. Översikt Råvaror / Potentiella restkemikalier /Klassning

Material	Kemikalier	Cas	Klassning
Glasfiber			Misstänkt cancerogen vid inandning
	Ev.Borsyra	10043-35-3	Reproduktionsstörande
	Träfiber 40%	9004-34-6	
	Cellulosa		
WPC/ träfiberkomposit	Polypropen <60%	9003-07-0	
	Maleinsyraanhydrid <1%	108-31-6	H302 Skadligt vid förtäring H314 Orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon. H317 Kan orsaka allergisk hudreaktion. H334 Kan orsaka allergi- eller astmasymptom eller andningssvårigheter vid inandning
	Polypropen	9003-07-0	Acumulerbarhet BCF 13, 18
Polypropen	Propen, Propylen		H220 Extremt brandfarlig gas
PLA	Majs		
	Bisfenol A	80-05-7	H317 Kan orsaka allergisk hudreaktion H318 Orsakar allvarliga ögonskador H335 Kan orsaka irritation i luftvägarna H361f Misstänks kunna skada fertiliteten
Epoxiplast	Epiklorhydrin	106-89-8	H226 Brandfarlig vätska och ånga H301 Giftig vid förtäring, H311 Giftig vid hudkontakt

⁹² Varuinformationsblad Woodfiber Inject 183, 6 April 2010, utg 1.

⁹³ Report on Carcinogens, Twelfth Edition (2011), Certain Glass Wool Fibers, p 207-214, National Toxicology Program, Dep of Health and Human Services.

	4,4'- dimetylenia nilin	101-77-9	H314 Orsakar allvarliga frätskador på hud och ögon H317 Kan orsaka allergisk hudreaktion H331 Giftig vid inandning H350 Kan orsaka cancer H317 Kan orsaka allergisk hudreaktion H341 Misstänks kunna orsaka genetiska defekter H350 Kan orsaka cancer H370 Orsakar organskador H373 Kan orsaka organskador genom lång eller upprepad exponering. H411 Giftigt för vattenlevande organismer med långtidseffekter
Ekologisk bomull	Neem och Castor		Växtskydd tillåtna vid ekologisk odling . Ej klassade som farliga.
Konventionell bomull	Ett flertal bekämpnings medel		Cancerogena, hormonstörande
	Paraquat	4685-14-17	Giftig vid förtäring och hudkontakt.

4.5 Samlad miljöbedömning

Vi vill först summera resultaten från de tre perspektiven var för sig.

- Miljöpåverkan under produkternas livscykel

Vid en rangordning blir bomullsförstärkt PLA bäst, tätt följt av trä- och bomullsförstärkt PP. Sämst blir glasfiberförstärkt PP.

Den valda funktionella enheten är 1 kg, men vid en senare tillämpning av kompositen skulle volym vara mer relevant. Biokompositers lägre densitet jämfört med glasfiberkompositerna medför att miljöbelastningen skulle minska ytterligare för biokompositerna.

Miljöbelastningen är störst under produktion av matris.

- Se på produkterna utifrån ett hållbarhetsperspektiv

En biokomposit med förnyelsebar råvara som PLA har störst potential att nå hållbarhet med en förnyelsebar råvara och minimal giftnvändning. Glasfiberkompositen har klart sämst förutsättningar med sitt innehåll av en oorganisk glasfiber. Alla alternativen har dock stor förbättringspotential. Återvinningsmöjligheterna har stor betydelse för om kompositerna kan räknas som hållbara alternativ och där ser det sämst ut för glasfiberkompositerna.

Att använda spill från bomullsproduktion är ett mycket bra sätt att minska resursförbrukningen.

Om man ser på kompositerna från ett hållbarhetsperspektiv är den som är helt av förnyelsebara råvaror, d v s bomullsförstärkt PLA att föredra. Valet av slutskedscenarios är viktigt för utfallet både vad gäller livscykelperspektiv och hållbarhet.⁹⁴

- Bedöma den hälso- och miljörisk som produkternas ingående ämnen utgör.

Vid tillverkning av glasfiber finns arbetsmiljörisker och även LCA visar att glasfiberkompositen har högst värde för "Human toxicity". Vid förbränning av glasfiber kan även emission farliga gaser och korta glasfibrer till luft ske.

Vid tillverkning av konventionellt odlad bomull förekommer ett stort antal farliga ämnen som ger emissioner till framförallt till vatten och jord. Stora risker finns även att restämnen finns kvar i det tygrester som används.

Ur kemikalieperspektiv är träfiberkompositen bäst följt av bomullsfiberkompositerna och sist glasfiberkomposit. Avgörande är efterbehandling av fibern samt möjlighet till god återvinning.

Samlad miljöbedömning

Det som skiljer produkterna från varandra är materialsammansättning vilket i sin tur innebär olika produktionsmetoder och olika avfallsscenarios. Bedömningen av miljöprestanda grundar sig därför främst på tillverkning samt End of Life.

Den största miljöbelastningen för Cefibra är vid tillverkning av polypropylengranulat. Att övergå till återvunnen polypropylen eller propylen från förnyelsebara råvaror skulle minska miljöbelastningen avsevärt.

Miljöbedömningen visar att från både hållbarhets- och kemikalieperspektiv är en biokomposit det klart bästa alternativet. Avgörande är hur majs som används till PLA och hur bomull till fibern odlas. Odling bör ske på ett hållbart sätt och utan kemikalier.

Kompositer med glasfiber är i dag inget bra alternativ eftersom det finns arbetsmiljörisker och det är svårare att återvinna glasfiberkompositer. Glasfibers högre densitet är även det en nackdel.

Den totala miljöbedömningen visar att Cefibra är ett bra val jämfört med en glasfiberkomposit och att Cefibra uppvisar ungefär samma miljöprofil som biokompositerna.

⁹⁴ Journal of Cleaner Production 17 (2009) 1183-1194

5 Diskussion och rekommendationer

Miljöbelastningen hos kompositer beror till stor del på vilken tillämpning som den används. Om kompositen används där vikten har betydelse exempelvis inom bilindustrin är fördelarna med biokompositer jämfört med glasfiberkompositer större än vad den här miljöbedömningen visar. Miljöbelastningen blir lägre i både tillverkningsfasen och användningsfasen med en lägre vikt. Volym som funktionell enhet ger en mer rättvis bild i en LCA.

Om matrisen består av en termoplast ökar möjligheten till återvinning.

Om kompositen förbränns erhålls även mindre aska när du använder biofibrer jämfört med glasfibrer.

Kolfiberkompositer innehåller oftast härdplatser som är mer komplicerade att återvinna. Epoxiplast som matris i en komposit är det material som ger störst miljö och hälsorisker vid både produktion och avfallsled. Epoxiplast kan användas tillsammans med glasfiber, men polyester är den vanligaste matrisen för glasfiberkomposit.

Viktigt är att komma ihåg att livscykelanalysen inte bygger på ett komplett underlag och endast ger indikationer om ingående material. Exempelvis bygger resultaten på en produktion och betingelserna kan skilja från verkliga förhållanden. Avfallsscenarioet är även det ett generellt antagande för Sverige och plast.

Eftersom bomullsspill räknas som avfall ger det ingen miljöbelastning i LCA'n. Exponeringen av kemikalier till luft, vatten, jord och människor beaktas i stället från hållbarhet och kemikalieinnehåll.

En hållbarhetsaspekt handlar om återvinningsbarhet och då bör termoplast väljas samt att produkten bör vara så ren från farliga ämnen som möjligt.

Classification, weighting and characterization

Summary of all environmental impacts evaluated with ReCiPe methodology.

There are several valid methodologies available to calculate, estimate and grade one environmental impact with another. The process of doing this is called weighting.

ReCiPe LCIA Methodology was chosen for weighting of the overall environmental impact. It is the most recently updated the most comprehensive and best adapted to the environmental effects that are relevant in the area.

The primary objective of the ReCiPe method is to transform the long list of inventory results, into a limited number of indicator scores. These indicator scores express the relative severity on an environmental impact category.

ReCiPe arranges inventory results in 18 different categories. These categories can be seen in the table below.

In the end all the categories is weighted to give an overall estimation on how serious the environmental impact is of the analyzed life cycle.

The unit of ReCiPe is Endpoints.

Impact category name	Indicator name	Unit
Climate change CC	infra-red radiative forcing	kg (CO ₂ to air)
Ozone depletion OD	stratospheric ozone concentration	kg (CFC-115 to air)
Terrestrial acidification TA	base saturation	kg (SO ₂ to air)
Freshwater eutrophication FE	phosphorus concentration	kg (P to freshwater)
Marine eutrophication ME	nitrogen concentration	kg (N to freshwater)
Human toxicity HT	hazard-weighted dose	kg (14DCB to urban air)
Photochemical oxidant formation POF	Photochemical ozone concentration	kg (NMVOC ₆ to air)
Particulate matter formation PMF	PM ₁₀ intake	kg (PM ₁₀ to air)
Terrestrial ecotoxicity TET	hazard-weighted concentration	kg (14DCB to industrial soil)
Freshwater ecotoxicity FET	hazard-weighted concentration	kg (14DCB to freshwater)
Marine ecotoxicity MET	hazard-weighted concentration	kg (14-DCB ₇ to marine water)
Ionising radiation IR	absorbed dose	kg (U ₂₃₅ to air)
Agricultural land occupation ALO	Occupation	m ² ×yr (agricultural land)
Urban land occupation ULO	Occupation	m ² ×yr (urban land)
Natural land transformation NLT	Transformation	m ² (natural land)
Water depletion WD	amount of water	m ³ (water)
Mineral resource depletion MRD	grade decrease	kg (Fe)
Fossil resource depletion FD	upper heating value	kg (oil)

Table, Impact category name with connecting unit in ReCiPe

At the endpoint level, most of these midpoint impact categories are further converted and aggregated into the following three endpoint categories:

1. Damage to human health (HH)
2. Damage to ecosystem diversity (ED)
3. Damage to resource availability (RA)

A summary of the 18 environmental effect categories in ReCiPe:

Climate change: Climate change causes a number of environmental mechanisms that affect both the endpoint human health and ecosystem health. Climate change models are in general developed to assess the future environmental impact of different policy scenarios. For ReCiPe 2008, we are interested in the marginal effect of adding a relatively small amount of CO₂ or other greenhouse gasses, and not the impact of all emissions.

Ozone layer: The characterization factor for ozone layer depletion accounts for the destruction of the stratospheric ozone layer by anthropogenic emissions of ozone depleting substances (ODS). These are recalcitrant chemicals that contain chlorine or bromine atoms. Because of their long atmospheric lifetime they are the source of Cl and Br reaching the stratosphere. Chlorine atoms in chlorofluorocarbons (CFC) and bromine atoms in halons are effective in degrading ozone due to heterogeneous catalysis, which leads to a slow depletion of stratospheric ozone around the globe.

Acidification: Atmospheric deposition of inorganic substances, such as sulfates, nitrates, and phosphates, cause a change in acidity in the soil. For almost all plant species there is a clearly defined optimum of acidity. A serious deviation from this optimum is harmful for that specific kind of species and is referred to as acidification. As a result, changes in levels of acidity will cause shifts in species occurrence (Goedkoop and Spriensma, 1999, Hayashi et al. 2004). Major acidifying emissions are NO_x, NH₃, and SO₂

Eutrophication: Aquatic eutrophication can be defined as nutrient enrichment of the aquatic environment. Eutrophication in inland waters as a result of human activities is one of the major factors that determine its ecological quality. On the European continent it generally ranks higher in severity of water pollution than the emission of toxic substances. Aquatic eutrophication can be caused by emissions to air, water and soil. In practice the relevant substances include phosphorus and nitrogen compounds emitted to water and soil as well as ammonia (NH₃) and nitrogen oxide (NO_x) emitted to air.

Toxicity: The characterization factor of human toxicity and ecotoxicity accounts for the environmental persistence (fate) and accumulation in the human food chain (exposure), and toxicity (effect) of a chemical. Fate and exposure factors can be calculated by means of 'evaluative' multimedia fate and exposure models, while effect factors can be derived from toxicity data on human beings and laboratory animals (Hertwich et al., 1998; Huijbregts et al., 2000).

Particulate matter formation: Fine Particulate Matter with a diameter of less than 10 µm (PM₁₀) represents a complex mixture of organic and inorganic substances. PM₁₀ causes health problems as it reaches the upper part of the airways and lungs when inhaled. Secondary PM₁₀ aerosols are formed in air from emissions of sulfur dioxide (SO₂), ammonia (NH₃), and nitrogen oxides (NO_x) among others (World Health Organization, 2003). Inhalation of different particulate sizes can cause different health problems.

Land occupation: The land use impact category reflects the damage to ecosystems due to the effects of occupation and transformation of land. Although there are many links between the

way land is used and the loss of biodiversity, this category concentrates on the following mechanisms:

1. Occupation of a certain area of land during a certain time;
2. Transformation of a certain area of land.

Both mechanisms can be combined, often occupation follows a transformation, but often occupation occurs in an area that has already been converted (transformed). In such cases the transformation impact is not allocated to the production system that occupies an area.

Ionizing radiation: This describes the damage to Human Health related to the routine releases of radioactive material to the environment.

Water depletion: Water is a scarce resource in many parts of the world, but also a very abundant resource in other parts of the world. Unlike other resources there is no global market that ensures a global distribution. The market does not really work over big distances as transport costs are too high. Extracting water in a dry area can cause very significant damages to ecosystems and human health.

Fossil depletion: The term fossil fuel refers to a group of resources that contain hydrocarbons. The group ranges from volatile materials (like methane), to liquid petrol, to non-volatile materials (like coal).

There is a highly politicized debate on the availability of conventional (liquid) oil, and this makes it difficult to obtain reliable unbiased data. The spectrum of views ranges from the Peak-oil movement (www.aspo.org or peak-oil.com) to international organizations like the International Energy Agency (IEA), or commercial organizations like the Cambridge Energy Research Agency (CERA). Therefore it is hard to determine the seriousness of the depletion of oil, and which model to use, for this category the IEA model is used.

JEGRELIUS – INSTITUTET FÖR TILLÄMPAD GRÖN KEMI

Studiegången 3 • 831 40 Östersund
WWW.JEGRELIUS.SE

Vi är en utvecklingsenhet inom Regionförbundet Jämtlands län och sitter på Campus i Östersund.