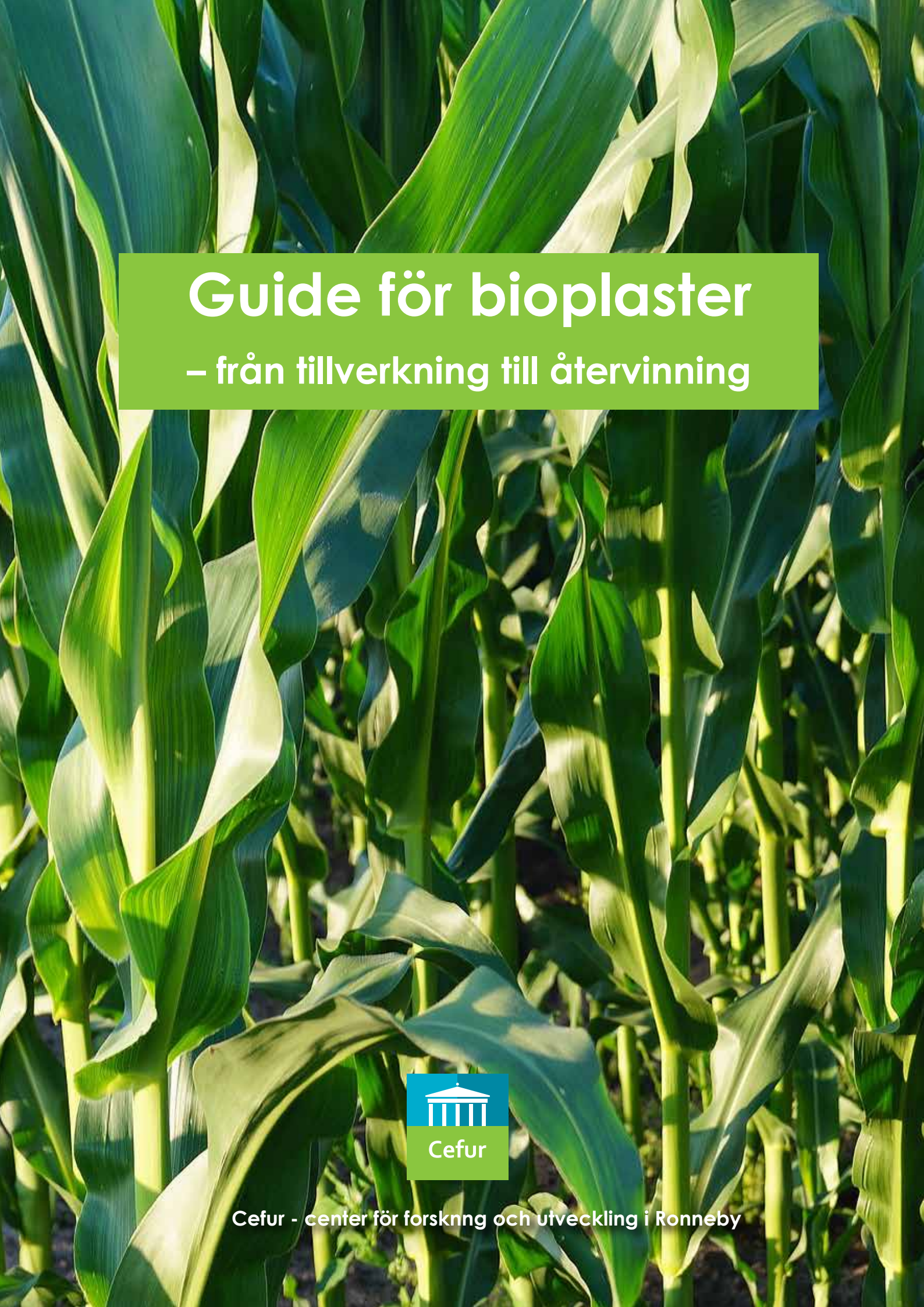


Guide för bioplaster

– från tillverkning till återvinning

Cefur

Cefur - center för forsknng och utveckling i Ronneby

Guide för bioplaster

– från tillverkning till återvinning

FINANSIERAT AV
MISTRA
Stiftelsen för miljöstrategisk forskning

mistra closing the loop

CHALMERS

SP Science Partner

HÖGSKOLAN I BORÅS

orthex GROUP

safeman

Riflex Film

Tarkett

SÖDRA

RONNEBY KOMMUN

Omslag
Majsfält

Text och formgivning
Cefur - Center för forskning och utveckling i Ronneby, Ronneby kommun

Förlag
Ronneby kommun, Cefur www.cefur.se
Första utgåvan: juli 2016

E-bok

© 2016 Cefur

ISBN: 978-91-980961-4-9

Förord

Denna guide är ett resultat av ett samarbete mellan akademi och industri där en gemensam syn på utvecklingen mot framtida hållbara plastmaterial och ett gemensamt lärande har varit i centrum. Ett viktigt mål har varit att stärka den svenska industrins konkurrenskraft genom innovativ ”grön” teknik- och materialutveckling med hög miljöprofil utgående från Mistras önskemål och därmed utgöra ett av flera sätt att sprida kunskap från detta projekt till den svenska industrin och samhället.

På 60-talet slog plasten igenom på bred front då materialet tycktes vara den perfekta lösningen på vår strävan efter bra och kostnadseffektiva produkter. Utvecklingen av massproduktion ledde dock i många fall till att produkter upplevdes ha låg kvalitet och därmed bidrog till att materialet fick relativt dåligt rykte. På 80-talet förbättrades den allmänna uppfattningen om plasten som ett material med bättre kvalitet och beständighet, men fick utstå fortsatt kritik för brist på resurseffektivitet och förekomsten av miljöfarliga additiver. Under 90-talet ledde utvecklingen inom plastbranschen, liksom i samhället i stort, till betydande anstängningar till resurs- och energisnåla produktionsmetoder, återvinningsbarhet och utfasning av miljöfarliga tillsatser.

Under 2000-talet har inte bara mängden plast som konsumerades ökat dramatiskt men också mängden plast som hamnade i naturen ökade. Utvecklinen i konsumtionsmöster tillsammans med strävan efter att göra Europeisk industri oljeoberoende drev på en utveckling av biobaserade och bionedbrytbara plastmaterial. Kritiken har dock inte låtit vänta på sig då biologisk nedbrytning innebär att alla resurser och energi i materialet går förlorade.

Så frågan som vi har ställt oss var ”Hur ska vi resonera när vi utvecklar framtidens hållbara plastmaterial?”. Det naturliga svaret blev att framtida plastmaterial skall vara tillverkade av förnybara råvaror, resurseffektiva, återvinningsbara och säkra ur både hälso- och miljösynpunkt.

När Stiftelsen för Miljöstrategisk Forskning, Mistra, initierade 2012 ett treårigt forskningsprogram ”Closing the loop” med målet att främja forskning om ny teknik för sortering av komplexa avfallsströmmar, industriella processer för upparbetning och avancerad mätteknik, för att styra från avfallshantering till

materialåtervinning så blev valet av vårt förslag inom plastområdet ganska självklart. För att öka användningen av nya hållbara, biobaserade plastmaterial så måste vi ha mer kunskap om deras bearbetning, beständighet, återvinning osv. Vi måste också utveckla tekniskt genomförbara, effektiva och ekonomiskt hållbara återvinningssystem tillsammans med en marknad för återvunna, biobaserade material utan att äventyra existerande återvinningssystem.

Vi befinner oss bara i början av utvecklingen mot biobaserad och resurseffektiv plastindustri och det här projektet har givetvis inte kunnat ge svar på alla viktiga frågor men har bidragit till ökad kunskap inom några viktiga områden och *har inte minst utformat en agenda för framtida forsknings-insatser som är nödvändiga för att främja övergången till biobaserade plastmaterial.*

Det som gjorde det möjligt för oss att få Mistras förtroende att genomföra projektet var industrins medverkan som har satsat sina resurser på att forska om hur framtidens plastmaterial kan göras hållbara. Jag vill därför rikta ett stort tack till följande företag: Tarkett AB, Orthex Group, Riflex Film AB, Safeman AB och Södra Skogsägarna. Ett särskild tack vill jag rikta till Mats Ericson, Lysmask Innovation AB och Mats Svensson, KREOL of Sweden AB som har haft en viktig roll i kommunikationsflödet mellan industrin och akademin.

En stor betydelse har Ronnebys kommun haft här genom sin organisation Cefur - center för forskning och utveckling i Ronneby som har som främsta mål att verka för en hållbar utveckling av näringsliv och samhälle, inte minst genom Cradle-to-Cradle® satsningen. Cefur representerad i projektet av Martina Lindgren har starkt bidragit till ett välfungerande samarbete och till informationsspridning.

Ett stort tack till mina forskarkollegor för ett välfungerande och givande samarbete: Mikael Skrifvars och Dan Åkesson, Högskolan i Borås, Antal Boldizar, Chalmers och Nazdaneh Yarahmadi, Jonas Enebro, Johanna Berlin och Frida Röyne, SP.

Sist men inte minst vill jag tacka Mistra för finansieringen av detta projekt.

Ignacy Jakubowicz, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Innehållsförteckning

1. Inledning 8

2. Projektbeskrivning 10
2.1 Inledning 10
2.2 Mistra Closing the loop 10
2.3 Projektet Green Plastics 11
2.4 Projektets deltagare och partners 12

3. Hållbar utveckling och cirkulär ekonomi 16
3.1 Inledning 16
3.2 Hållbar utveckling 16
3.3 Vad är cirkulär ekonomi? 17
3.4 Linjär ekonomi 17
3.5 Cirkulär ekonomi fungerar annorlunda 17
3.6 Två åtskilda kretslopp i en cirkulär ekonomi 19
3.7 Nya affärsmodeller 19
3.8 Ställa om systemet 20

4. Biobaserade plaster 21
4.1 Inledning 21
4.2 Vad är biobaserade plaster? 21
4.3 Är alla biobaserade plaster nedbrytbara i naturen? 21
4.4 Definitioner 24
4.5 Trender inom områdetet biobaserad plast 24
4.6 Tre generationer biobaserade plaster 24
4.7 Livscykelanalys (LCA) - ett exempel 27
4.8 Vilka biobaserade plaster finns det? 29
4.9 Utveckling för biobaserade plaster 29
4.10 Exempel på material och tillämpningar 33
4.11 Exempel på produkter 34

5. Klassificering och märkning av biobaserade plaster 37
5.1 Inledning 37
5.2 Standardisering 37
5.3 Certifiering och märkning 41
5.4 Märkning av plast för återvinning 45
5.5 Märkning av biobaserade plaster för återvinning 46
5.6 Märkning av mängden biobaserat innehåll 47
5.7 Märkning av bra miljöval 48

6. Sortering och återvinning 51
6.1 Inledning 51
6.2 Metoder för sortering av plaster 51
6.3 Reach och återvinning av plaster 52
6.4 Återvinningsmetoder 56

7. Effekter av återvinning, åldring och föroreningar 62
7.1 Inledning 62
7.2 Återvinning av biobaserade plaster 62
7.3 Återvinning av biokompositer 65
7.4 Blandningar med biobaserade plaster 78
7.5 Effekter av förorening av biobaserad plast/fossil plast 80

8. Mer Information 83
8.1 Länkar allmänt 83
8.2 Forskningsartiklar 84
8.3 Databaser 84
8.4 Böcker 85
8.5 Presentationer 85

9. Referenser 86

10. Bilaga 87

1. Inledning

Plaster är mycket viktiga material för samhället, eftersom de erbjuder en unik kombination av formbarhet och egenskaper och ofta till en mycket låg kostnad jämfört med konkurrerande material. Förbrukningen av plaster uppgick 2013 till ca 300 miljoner ton och applikationer återfinns från engångsartiklar och förpackningar till superlätta höghållfasta konstruktioner för rymdfärd.

Plaster har i huvudsak varit tillverkade av fossil olja. På senare tid har många initiativ och beslut tagits för att minska användningen av fossil olja.

I februari 2012 presenterade EU sin vision för framtiden genom rapporten "Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe (European Commission, 2012a)". Denna strategi förväntas leda till ny biobaserad industri, transformera befintlig industri och öppna nya marknader för biobaserade produkter. IKEA meddelade marknaden 2014 att deras mål är att alla plaster i deras produkter (100 %) skall vara förnybara eller återvunna senast 2020.

Biobaserade plaster är plaster som baserar sig på förnybara råmaterial som tex stärkelse, socker eller vegetabilisk olja. Biobaserade plaster har egentligen funnits under mycket lång tid, men produktionsvolymer ökade betydligt först för ca 20 år sedan med bl.a. bionedbrytbara förpackningar. Därefter har ett flertal nya biobaserade plaster tillkommit. Enligt senaste uppskattningen från European Bioplastics var den globala produktionsvolymen 2013 uppe i ca 1,6 ton per år och förväntas stiga snabbt till ca 6,7 ton år 2018.

Den "tredje generationen" biobaserade plaster är nu på inmarsch med plaster för långlivade produkter för krävande applikationer.

Ett mycket viktigt steg för hållbar användning av biobaserade plaster är att utveckla fungerande metoder och system för återvinning och därmed minska både miljöpåverkan och oljeberoendet.

Att enbart ha biologiskt nedbrytbar plast är ingen långsiktigt hållbar lösning, eftersom energi- och materialtillgångar går förlorade i jorden. Biobaserad plast som kan återvinnas innebär en hållbar lösning för att minska beroendet av olja, dessutom bättre resursutnyttjande på så sätt att det sparar resurser inom ett område där efterfrågan är hög.

Bild 1.1 Bestick gjorda av bionedbrytbar stärkelsepolyestermaterial. Fotot är gjort med hjälp av planpolariserat ljus som påvisar spänningsfördelningen i materialet. Foto: Scott Bauer.

Återvinning av plast är dock besvärlig eftersom det finns så många olika typer som kräver varierande behandling för att kunna bli ny råvara. Plaster bryts dessutom ner mer eller mindre under hela sin livslängd. Införandet av biobaserade plaster gör att det finns ännu fler olika typer av plaster i omlopp och återvinning, blandbarhet och beständighet av biobaserade plaster är lite studerat.

Ett projekt som finansierats av Mistra, stiftelsen för miljöstrategiskt forskning, och ett antal partners har därför studerat återvinning av biobaserade plaster. Målet med projektet är att få bättre förståelse för hur bearbetning och nedbrytningsprocesser påverkar biobaserade plaster, men också för problemen med återvinning av blandade plaster och risken med att förorena konventionell plast. Projektet heter ”Hållbar återvinning av ’gröna’ plaster” och denna rapport eller guide har utvecklats inom ramen för projektet.

Denna guide innehåller dels delar av det forskningsresultat som tagits fram i projektet ”Hållbar återvinning av ’gröna’ plaster”. Den innehåller också delar som samlats ihop och bearbetats för att beskriva mer övergripande om biobaserade plaster, vilka material som finns tillgängliga, hur de kan återvinnas och vad man i övrigt behöver tänka på när man ger sig i kast med att återvinna biobaserade plaster. Författarna vill med denna guide ge dig en kort överblick över området med hänvisningar till hur och var du kan hitta mer detaljerad information.

Guiden beskriver också projektet ”Hållbar återvinning av ’gröna’ plaster” och deltagande partners. Dessutom ger den läsaren in inblick i begrepp som ”cirkulär ekonomi”, och ”Cradle to Cradle”.

Eftersom återvinning och materialspecifikationer är omgärdat av en mängd lagar och förordningar presenterar också guiden vilka standarder som styr återvinning av biobaserade plaster samt aktuella lagar för registrering av material (REACH). System för märkning och certifiering av olika aspekter för biobaserade plaster är många och de viktigaste presenteras i denna guide.

Bild 1.2 Uppsamlat produktionsspill i en fabrik

2. Projektbeskrivning

2.1 Inledning

Detta kapitel beskriver projektet ”Hållbar återvinning av ’gröna’ plaster” vilket har delfinansierat denna guide. Deltagande organisationer och företag beskrivs samt kort om innehållet.

2.2 Mistra Closing the loop

Vårt moderna samhälle skapar i takt med ökande konsumtion allt mer avfall. Inte minst inom tillverkningsindustrin, där stora avfallsmängder skapas främst inom gruvnäringen, men även inom andra industrigrenar som t.ex. pappers-, stål- och livsmedelsindustrin.

Mistra Closing the Loop är ett tvärvetenskapligt forskningsprogram delfinansierat av medel från Mistra, Stiftelsen för miljöstrategisk forskning. Forskningsprogrammet har en utpräglad tvärvetenskaplig ansats med materialåtervinning i fokus. Under tre år har forskare från skilda discipliner samverkat med samhälle och näringsliv från olika sektorer, inom ramen av sju projekt.

Programmet handlar om hur industrins bi- och restprodukter kan återföras till samhället som värdefulla resurser - genom en så effektiv materialåtervinning som möjligt.

Huvudsyfte har varit att ta fram konkreta resultat som bidrar till ett nytt synsätt, där avfallshantering ersätts av hållbar resurshushållning.

Målet med forskningsprogrammet från Mistra var att göra en efterfrågad kraftsamling av svensk kompetens och kunskap inom materialåtervinning för industriella processer och skapa en kunskapsplattform inom området.

Green Plastics - Sustainable recycling of “green” plastics är ett av sju projekt i programmet Mistra Closing the Loop.

Bild 2.1 Deltagare i projektet Mistra Closing the loop Green Plastics på besök i Ronneby.

2.3 Projektet Green Plastics

Andelen återvinning av industriavfall kan anses vara alltför låg. Idag ligger den på strax över tio procent och det finns en stor utmaning i att försöka öka denna andel.

Fortfarande deponeras stora mängder av metaller, kemikalier, plast och andra användbara material som avfall. Att ta tillvara på dessa material genom en fungerande materialåtervinning, är ett sätt att sluta kretsloppen i samhället, vilket bidrar till att spara naturresurser och att minska utsläppen till miljön.

Inom förpacknings- och tillverkningsindustrin har ”gröna” plaster (biobaserade och bionedbrytbara plaster) sedan länge använts som alternativ till "traditionella" fossila plaster i de fall det funnits krav på att plasten ska brytas ner i biologiskt, t.ex. vid kompostering.

På senare år har det även kommit allt fler biobaserade ”gröna” plaster som är beständiga vid användning, på samma sätt som traditionella förpacknings- och konstruktionsplaster. För de traditionella plasterna finns det befintliga återvinningssystem och vi eftersträvar att återvinna dem genom insamling och omsmältning.

Baserat på sitt ursprung, uppbyggnad och pris så har de nya biobaserade och beständiga plasterna gett upphov till en del frågeställningar som vi behöver undersöka och besvara.

Målet med projektet är att öka kunskapen om återvinning av biobaserade plaster inom industrin. Som en del av målet har denna guide tagits fram.

Den totala projektbudgeten för ”Hållbar återvinning av gröna plaster” fördelas mellan ca. 66% beviljade anslag från Stiftelsen för miljöstrategisk forskning, Mistra, samt därtill hörande medfinansiering i form av 11% från SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut; 10% från Högskolan i Borås; 6 % från Cefur i Ronneby samt ca. 7% fördelade mellan företagen Tarkett AB, Riflex Film AB, Hammarplast Consumer AB och Safeman AB.

Totalbudget var ca. 9,1 miljoner kr över 3 år. Tidsperioden för projektet var tre år, från oktober 2012 till oktober 2015.

Bild 2.2 Programmöte för Mistra Closing the Loop.

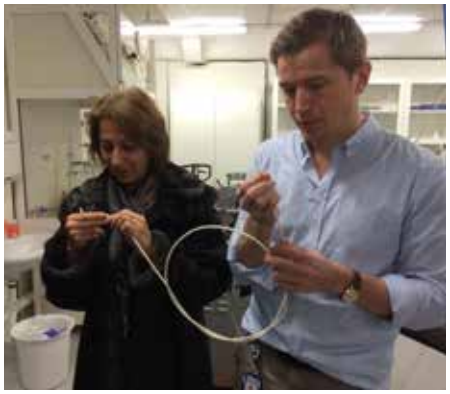
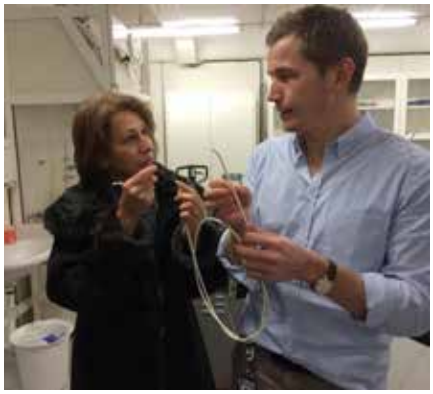
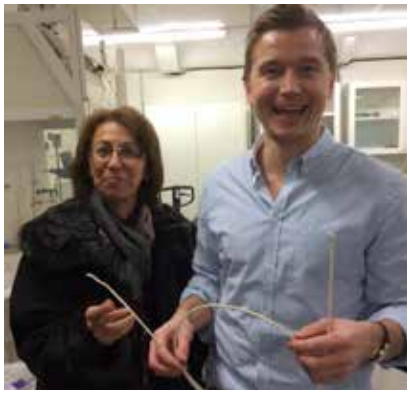




Bild 2.3 Forskare Nazdaneh Yarahmadi och Jonas Enebro diskuterar analysmetoder på SP i Borås.

Frågeställningar inom projektet:

1. **Vad menas med gröna plaster?**
2. **Hur påverkas bioplasters egenskaper av återvinning?**
3. **Hur påverkas "traditionella" plaster av inblandning av biobaserade plaster?**
4. **Hur kan man sortera, spåra samt särskilja biobaserade plaster?**
5. **Hur bör ett återvinningssystem för biobaserade plaster utformas?**
6. **Hur ska återvunnen biobaserad plast hanteras, bearbetas och återanvändas?**

2.4 Projektets deltagare och partners

Forskningen inom projektet "Hållbar återvinning av gröna plaster" har letts av projektägaren - SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås med projektledaren docent Ignacy Jakubowicz i samverkan med bl.a. professor Antal Boldizar, Chalmers Tekniska Högskola samt professor Mikael Skrifvars vid Högskolan i Borås.

Den kommunala verksamheten Cefur, center för forskning och utveckling i Ronneby, har ansvarat för kommunikation, projektledning samt samordningen så att de medverkande företagens behov och intresse tagits med inom forskningen.

Medverkande partners var tillverkningsföretagen Orthex Sweden AB, Riflex Films AB, Safeman AB, Tarkett AB och koncernen Södra Cell.

Bild 2.4 Docent Ignacy Jakubowicz presenterar projektet

SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i Borås är ett internationellt ledande institut för forskning och innovation. Verksamheten är organiserad i nio tekniska enheter.

Enheten inom SP som leder projektet är SP Kemi, Material och Ytor. Enheten täcker in såväl organisk och oorganisk analytisk kemi som ett brett spektrum av områden inom materialtekniken. Verksamheten täcker hela livscykeln och utför problemlösning och skadeutredningar, skräddarsydda och standardiserade provningar och utvärderingar för olika uppdragsgivare.

Enheten är engagerad i en rad forskningsprojekt, ofta i samarbete med industri, universitet och högskolor samt institut.

Verksamheten omfattar områden som organisk och oorganisk kemi, huvud-, komponents- och spårämnesanalys, ytanalyskarakterisering, miljöanalyser, karakterisering och provning av polymera, metalliska och keramiska material, ytbeläggningar, korrosionsskydd samt material för informationslagring.

Docent Ignacy Jakubowicz leder projektet. Från SP deltar också forskarna Nazdaneh Yarahmadi, Jonas Enebro, Johanna Berlin och Frida Røyne.

www.sp.se

Chalmers tekniska högskola bedriver internationellt erkänd utbildning och forskning, kopplad till en professionell innovationsprocess. Visionen är att med fokus på kompetens, kunskap och samverkan, spela en viktig och påvisbar roll i samhällets utveckling. Chalmers har 17 institutioner som leds av en prefekt och är uppbyggd av forskargrupper och forskningsavdelningar.

Institutionen för material- och tillverkningsteknik omfattar sex forskargrupper. En av forskargrupperna är ”Polymera material och kompositer”. Utmärkande för området materialvetenskap är sökandet efter användbara samband mellan materialets struktur (på olika nivåer) och dess egenskaper. I fallet polymera material kommer den valda bearbetningstekniken att ha en synnerligen stark inverkan på materialets struktur och därmed dess prestationsförmåga i en viss applikation. Dessa utgångspunkter utgör tillsammans basen för verksamheten inom forskargruppen. Forskningen har ofta en påtaglig tvärvetenskaplig karaktär och spänner över både grundläggande och mer tillämpade frågeställningar.

Chalmers representant i projektet är professor Antal Boldizar.

www.chalmers.se

Högskolan i Borås är en modern högskola. Verksamhetsidén är att vara ett nyskapande professionslärosäte, som i samverkan med näringslivet och den offentliga sektorn, bedriver utbildning och forskning av hög internationell kvalitet och med stor samhällsrelevans.

Inom forskningsområdet polymerteknik bedrivs projekt som har mål att utveckla miljömässigt hållbara plaster, textila fibrer och fiberkompositer. Nya polymera material som kan användas för tillverkning av plastprodukter, tekniska textilier samt kompositer undersöks och utvecklas. Även tillverkningsteknik för materialen utvecklas.

Professor Mikael Skrifvars och forskaren Dan Åkesson representerar Högskolan i Borås i projektet.

www.hb.se

Cefur - center för forskning och utveckling i Ronneby är en enhet inom Ronneby kommun. Cefur arbetar med hållbarhet och cirkulär ekonomi och är inspirerade av konceptet Cradle to Cradle®.

Syftet med Cefur är att stärka kommunens konkurrenskraft både lokalt och regionalt, genom att ge kunskap, inspiration och stöd till medborgare, företag och organisationer som är intresserade av hållbar utveckling.

Cefur har även andra verksamheter som ett vattenskärningslab och ett 3Dlab och deltar i flera olika forskningsprojekt.

Visionen är att bli en internationellt erkänd innovativ motor för hållbar utveckling av näringsliv och samhälle med Cradle to Cradle® i särskilt fokus.

Martina Lindgren och Johan Sandberg från Cefur driver Ronneby kommuns verksamhet i projektet tillsammans med konsulterna Mats Ericsson, Lysmask Innovation AB och Mats Svensson, KREOL of Sweden AB.

www.cefur.se

Orthex Sweden AB (fd Hammarplast Consumer AB) ingår i Orthex Group och har sitt huvudkontor i Tingsryd. Sedan 1951 tillverkar företaget plastprodukter genom bearbetningstekniken formsprutning.

Orthex Group är den ledande nordiska leverantören av hushållsprodukter med en lång tradition av tillverkning och försäljning.

Produkterna marknadsförs via varumärken som t.ex. SmartStore® (förvaring), GastroMax® (hushåll) och Hammarplast® (trädgård).

Produkterna är noggrant testade för att motsvara vardagens alla krav och passar bra in i det moderna hemmet beträffande färg, form och funktion.

www.orthexgroup.com

Riflex Film AB i Ronneby ägs av tyska German group KAP Beteiligungs- AG. Vid den automatiserade tillverkningsanläggning i Ronneby tillverkar Riflex Film, sedan mer än 50 år flexibla PVC-filmer och folier baserad på bearbetningstekniken kalandrering.

Företagets styrka ligger i förmågan att kunna erbjuda ett brett sortiment med många olika tjocklekar och bredder i toppkvalité, allt anpassat till varje kunds specifika önskemål. Inom sitt område tillverkar de ett av de tunnaste materialen på marknaden och har en av Europas bredaste kalandrar.

Företagets ambition är att hålla maximal effektivitet med ett stort utbud av kvalitativa produkter.

www.riflexfilm.com

Safeman AB i Olofström producerar allt från skräddarsydda detaljer till större volymenheter och färdigmonterade produkter till flera olika branscher, där ibland fordonsindustrin. Genom att utveckla båda egna och andras produkter kan man erbjuda ett komplett koncept från idé till färdig produkt.

Företaget formger och tillverkar produkter samt produktdetaljer genom att använda bearbetningstekniker som t.ex. vakuumformning, fräsning, sömnad och stans/svets/skärning i material som termoplast, textil, folie och läder.

www.prplast.se

Tarkett AB i Ronneby ingår i golvkoncernen Tarkett Group med huvudkontor i Paris. Koncernen har mer än 130 års erfarenhet i branschen och har ca 12 000 anställda och 34 fabriker. Ett rikt utbud av produkter erbjuds; plastgolv, trägolv, laminatgolv, linoleum, textilgolv samt våtrumsgolv och vägg. Tarkett Group säljer ca 1,3 miljoner m^2 golv- och väggbeklädnad per dag.

Vid fabriken i Ronneby produceras sk ”homogena” plastgolv för offentliga miljöer med hjälp av bearbetningsteknikerna kalandrering och varmpressning.

www.tarkett.se

Södra Cell är en del inom koncernen Södra, och har sin kärnverksamhet inom tillverkning av sulfatmassa för avsalumarknaden, avsedd för pappers- eller kartongtillverkning. Produktionen sker vid tre svenska fabriker i Mörrum, Värö och Mönsterås med en gemensam produktionsvolym på 1,6 miljoner ton år.

Inom Södra Cell tillverkas pappersmassa baserad på både barr- och lövmassaved. Barrmassan som är Södra Cells största produktgrupp, kommer från gran och tall, medans lövmassan fås från björkved och används i huvudsak för tillverkning av textilmassa, även kallad viskos, som slutprodukt.

Genom den egna utvecklingsorganisationen Södra Innovation bedrivs bl.a. ett kontinuerligt produktivitetsarbete och en affärsdriven forskning och utveckling, vilket utgör grunden för Södra Cells förutsättningar för en lönsam tillväxt.

Denna affärsdrivna FoU sker i allt högre grad tillsammans med universitet och forskningsinstitut och kan t.ex. omfatta optimering av brukets processer, utveckling av fiberegenskaper, nya produktområden eller tekniska samarbeten med utvalda kunder.

www.sodra.com

3. Hållbar utveckling och cirkulär ekonomi

3.1 Inledning

All mänsklig verksamhet ger idag upphov till avfall. Ineffektiva flöden för material skapar "läckage" och ekonomiska förluster. Inom EU genereras ca 2,5 miljarder ton avfall varje år, men endast 27 % materialåtervinns. Ca 34 % går till deponi, 15 % till biologisk återvinning och 24 % går till förbränning.

Det finns stora ekonomiska och miljömässiga drivkrafter för en hållbar utveckling och en cirkulär ekonomi, inte minst inom EU, för att öka resurseffektiviteten. Att återvinna plastavfall minskar miljöpåverkan och oljeberoende.

Generellt har intresset från industrin ökat de senaste tio åren för att ställa om till en mer hållbar produktion och ett flertal företag idag hanterar sitt material med cirkulära principer.

I detta kapitel beskrivs vad vi menar med hållbar utveckling och cirkulär ekonomi.

3.2 Hållbar utveckling

Hållbar utveckling är en önskvärd samhällsutveckling. Begreppet hållbar utveckling (engelska sustainable development), finns det många förklaringar på, men det kan vara svårt att veta vad det egentligen innebär. Den mest spridda definitionen av hållbar utveckling skrevs 1987 i Brundtlandsrapporten (på uppdrag av FN):

"En hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov."

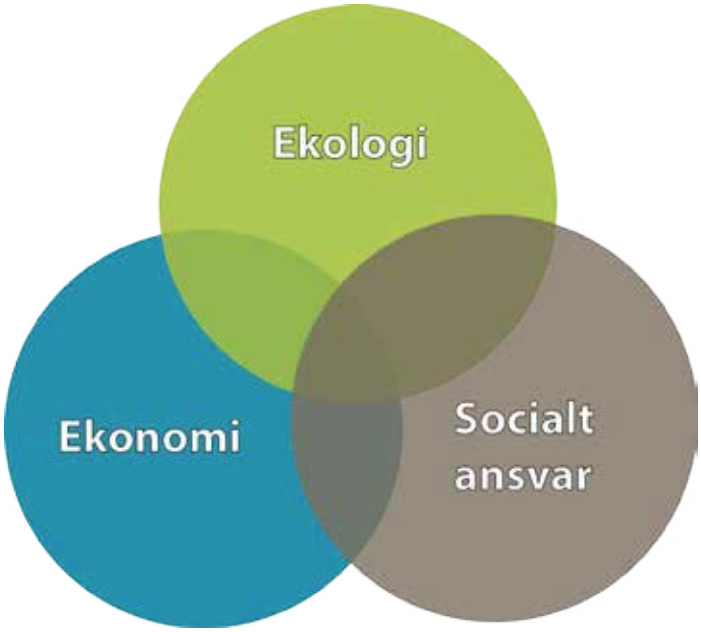


Bild 3.1 Tre dimensioner som behöver vara med för att skapa en hållbar utveckling.

Det handlar om att maximera och bevara handlingsutrymme – nu och i framtiden. Det behövs en helhetssyn, ett globalt perspektiv och långsiktighet.

De flesta är överens om att hållbar utveckling ska vara ekologiskt, ekonomiskt och socialt hållbar. En del menar att ekosystemens bärkraft bestämmer vad som är möjligt, andra att ekonomisk tillväxt eller bra livskvalitet för alla är viktigast, vilket kan innebära att skyddet av livsuppehållande system på jorden försvinner.

Det är inte givet hur avvägningen mellan de tre dimensionerna ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet ska göras.

En del tror att ny teknik, minskad fattigdom, utbildning eller människans uppfinningsrikedom som är svaret. Andra menar att det behövs ett paradigmskifte, ett helt nytt system av ändrad konsumtion, cirkulär ekonomi och nya sätt att producera mat och produkter.

Hållbar utveckling kan ses som en process för att hitta en gyllene medelväg för de tre dimensionerna ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet.

3.3 Vad är cirkulär ekonomi?

Källor: 2002, www.svid.se, "Towards the circulary economy Vol 1", Ellen MacArthur Foundation, 2012, http://www.regeringen.se/

Cirkulär ekonomi är ett brett begrepp som används allt oftare i olika sammanhang. Cirkulär ekonomi är en global ekonomiskt modell som bygger på cirkulära kretslopp, istället för de linjära processer som dominerar idag.

Cikulär ekonomi innebär utveckling och användning av produkter som är allt mer beständiga, allt mer återvinningsbara och där icke förnybara material över tid ersätts med förnybara. Produkter och tjänster designas så att de blir värdefulla att återanvändas i biologiska eller tekniska kretslopp. Produkter och material ges längre livslängd och stannar i kretslopp en längre tid. Behovet av att köpa in nya råvaror minskar och resurser utnyttjas effektivare. Produktion och transporter sker med förnybar energi på ett optimalt sätt.

Ytterligare en viktig skillnad är att man skiljer mellan konsumtion och användning av material. Kunden äger inte produkten, utan är brukare av en funktion.

3.4 Linjär ekonomi

I dagens samhälle är de ekonomiska systemen gjorda för en linjär process enligt ”producera-konsumera-slänga”.

Flödet har en tydlig början och slut i en linjär ekonomi, se Bild 3.2.

3.5 Cirkulär ekonomi fungerar annorlunda

En cirkulär ekonomi fungerar annorlunda och material kan ingå i flera olika kretslopp som går in i varandra, som i en väv eller kaskad av flöden. Material är i kretslopp så lång tid som möjligt.

Detta kan ske t ex genom kontinuerligt underhåll och renovering av produkter, återanvändning och materialåtervinning, se Bild 3.3

Linjär ekonomi

Bild 3.2 Linjär ekonomi enligt "producera-konsumera-kassera". Flödet har en tydlig början och slut.

På väg mot cirkulär ekonomi

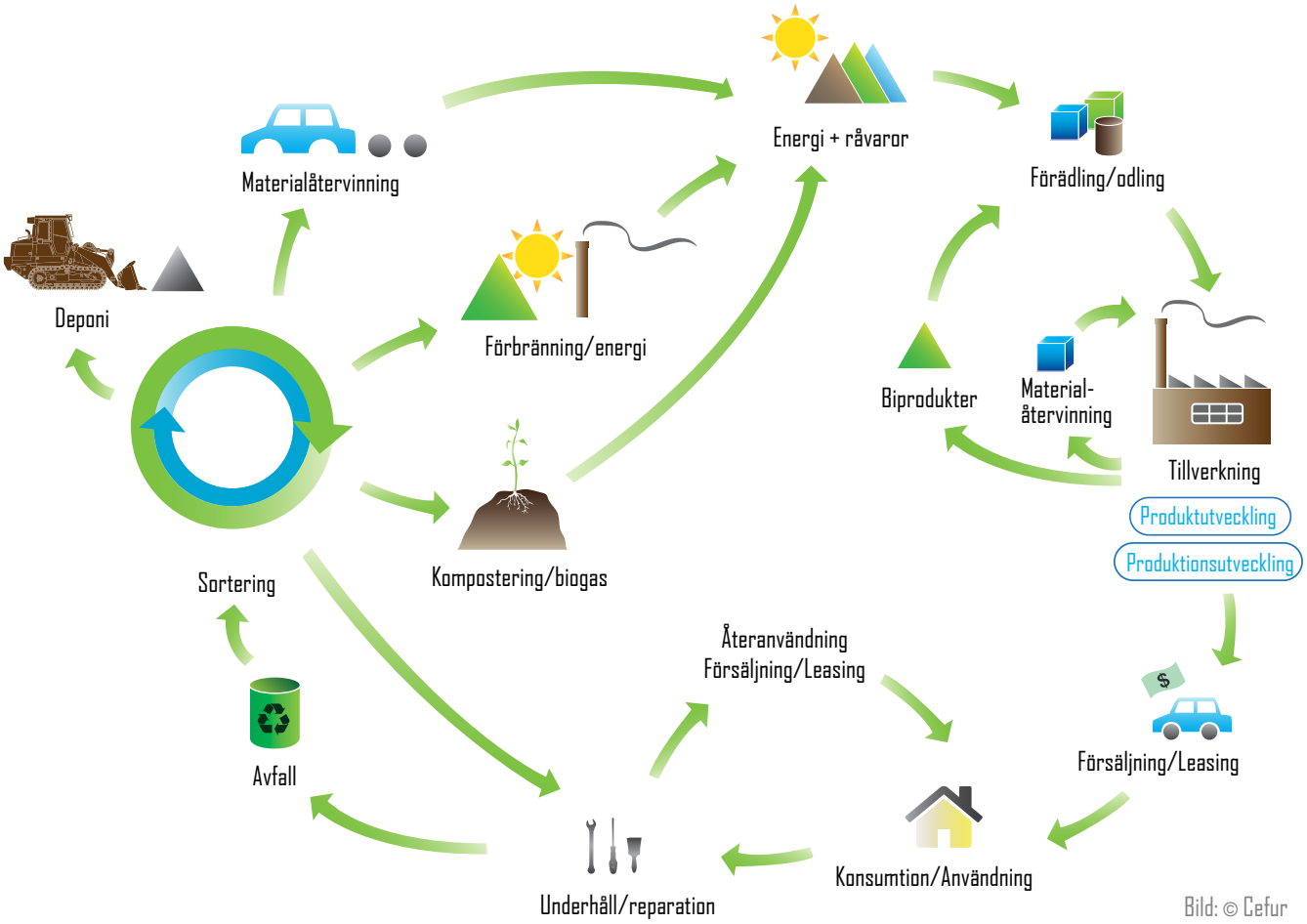


Bild 3.3 Principen för hur den cirkulära ekonomin kan fungera idag. Avfall ses som en resurs och material befinner sig i kretslopp så lång tid som möjligt. I en helt cirkulär ekonomi är visionen att det finns inget avfall i egentlig mening och inget material behöver deponeras.

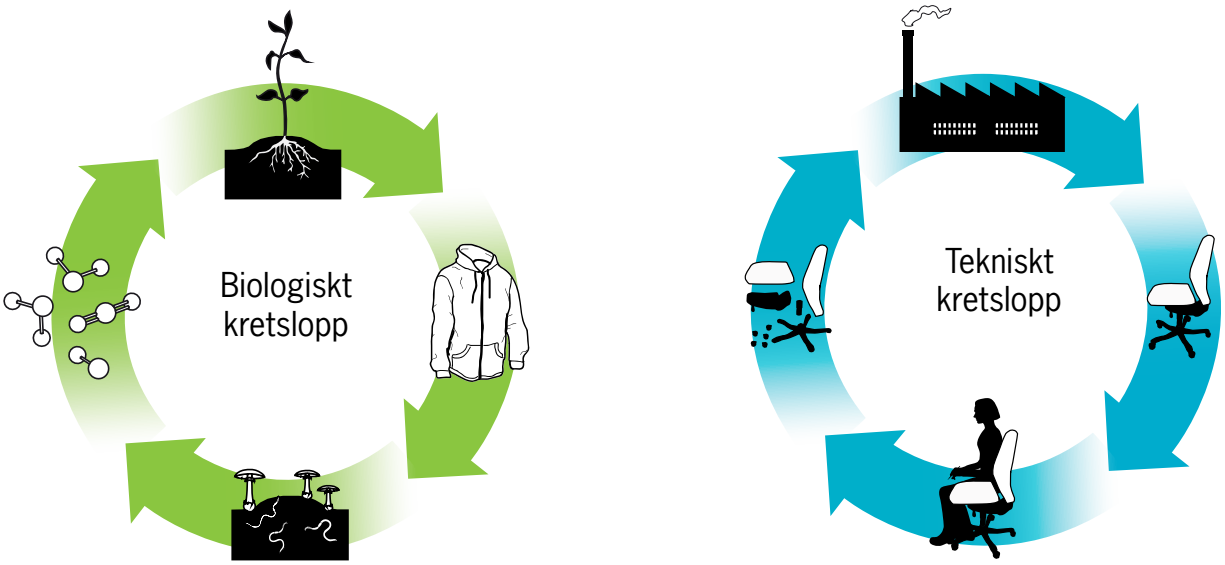


Bild 3.4 Det biologiska och det tekniska kretsloppet i en cirkulär ekonomi. Material som är ofarliga för miljön och kan brytas ner biologiskt genom kompostering hanteras i det biologiska kretsloppet. Material som är stabila och kan återföras till produktion hanteras i det tekniska kretsloppet.

3.6 Två åtskilda kretslopp i en cirkulär ekonomi

Design av produkter idag innebär oftast att olika material blandas med varandra i en produkt och materialen kan inte återvinnas i sin ursprungliga kvalitet.

Dagens system för återvinning ger oftast material av lägre kvalitet från återvinningsprocessen, s.k. downcycling. Det vore bättre att återfå materialen i sin ursprungliga kvalitet eller till och med få bättre kvalitet, s.k. upcycling.

I en cirkulär ekonomi hanteras materialflöden noggrannt i två olika flöden, ett biologiskt och ett tekniskt kretslopp [7], se Bild 3.4. Material som är ofarliga för miljön och kan brytas ner biologiskt hanteras i det biologiska kretsloppet. Material som är stabila och kan återföras till produktion hanteras i det tekniska kretsloppet. De tekniska materialen som t ex beständiga plaster och metaller är designade för att användas igen och igen med minimal energianvändning och maximal resulterande kvalitet.

Produkter kan designas och tillverkas för att ingå i det biologiska eller tekniska kretsloppet eller på ett sådant sätt så att de går lätt att plocka isär så att de olika materialen kan hanteras separat. På så sätt möjliggör man kvalitativ återvinning.

3.7 Nya affärsmodeller

En cirkulär ekonomi fungerar annorlunda än de flesta av dagens system och innebär förändringar i hur produkter designas, tillverkas och säljs. Kretslopp dominerar snarare än linjära processer. Detta påverkar energianvändning, användningstid, underhåll och flöden för återanvändning och återvinning.

En av de största skillnaderna utgörs av att kunden inte längre är konsument, utan brukare av en funktion. Man skiljer mellan konsumtion och användning av material. Ägande och produktansvar stannar hos tillverkaren eller leverantören, som också tillhandahåller service där det är möjligt. Tillverkare och leverantörer kan på så sätt få bättre kontroll och spårbarhet på materialen i produkterna.

Följden blir att det blir mer fokus på att skapa långsiktiga relationer i affärsmodeller.
Exempel på affärsmöjligheter kan vara att sälja "funktion" istället för produkt genom att dela, hyra eller leasa ut en produkt eller tjänst. Det är behovet och användningen som står i fokus.

En del affärsmodeller är enklare än andra att börja med, som till exempel leasing och uthyrning som redan förekommer för vissa tjänster och produkter. Det finns idag företag som tar tillbaka sina egna produkter och säljer dem igen eller tar tillbaka och återvinner materialet.

Fem olika affärsmodeller kan identifieras inom cirkulär ekonomi [5]:

- Cirkulära råvaror (Circular supplies) - förnybara, biologiskt nedbrytbara eller återvinningsbara råvaror ersätter icke-förnybara råvaror i produktionen.
- Resuråterhämtning (Resource recovery) - materialåtervinning och/eller upcycling från använda produkter eller biprodukter. Genom upcycling ges en restprodukt ett större värde.
- Produktlivsförlängning (Product life extension) - förlänga livstiden på produkter och komponenter genom reparation eller ombyggnad.
- Delade plattformar (Sharing platforms) - produkter utnyttjas effektivare genom delat ägande.
- Produkter som en tjänst (Products as a service) - funktionen och inte produkten säljs och den som tillhandahåller produkten tar ansvaret för service och återanvändning/återvinning.

För företag kan det t ex innebära att skaffa kunskap om modulär teknikdesign, avancerad återvinningsteknik, materialkunskap, spårbarhet och att skapa återvinningssystem för sina egna eller andras produkter.

3.8 Ställa om systemet

Det innebär en stor utmaning i att ställa om systemet, men också nya möjligheter. Infrastruktur, energiutvinning och produktion behöver anpassas till en cirkulär ekonomi. Förmågan att förstå hur olika delar påverkar helheten och relationen mellan de olika delarna är viktig.

En av de mest kända aktörerna för en omställning är Ellen MacArthur Foundation (EMF).

Ellen MacArthur Foundation (EMF)

Cirkulär ekonomi kopplas ofta ihop med Ellen MacArthur Foundation (EMF) som är en oberoende välgörenhetsorganisation som grundades 2010. EMF fokuserar på 3 områden i syfte att möjliggöra omställningen till en cirkulär ekonomi:

Utbildning - Inspirera en generation att tänka på ett nytt sätt om framtiden.

Företag - Utmana och stimulera innovation i allt från design och materialanvändning till affärsmodeller.

Analys - Tillhandahålla säkra bevis om fördelarna med övergången till en cirkulär ekonomi.

www.ellenmacarthurfoundation.org

CE100

CE100 (Circular Economy 100) är ett globalt nätverk inom Ellen Mac Arthur Foundation som samlar ledande företag, innovatörer och regioner för att diskutera, påskynda och utveckla affärsmodeller för en cirkulär ekonomi.

Aktörer som är med är t ex Tarkett, Ragn-Sells, IKEA, Apple, Renault och Philips.

4. Biobaserade plaster

4.1 Inledning

I detta avsnitt presenteras kort vad som avses med bioplaster i denna guide, med definitioner, några exempel på plasttyper, deras egenskaper och användning. Dessutom ges exempel på några applikationer och ett exempel på hur livscykelanalys kan användas för att bedöma och jämföra olika materialvals miljöpåverkan.

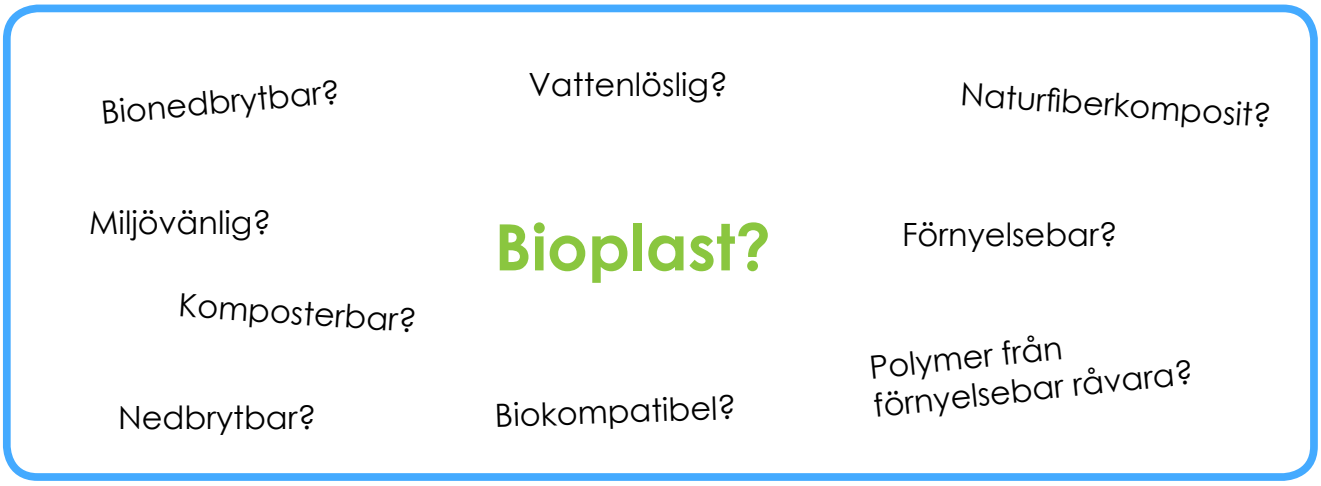


Bild 4.1 Vad definierar begreppet "Bioplast"?

4.2 Vad är biobaserade plaster?

Begreppet biobaserade plaster har blivit ett modeord och används alltmer i beskrivningar av nya plaster. Begreppet, i all sin enkelhet, verkar vid en första anblick mycket tydlig och bra. Prefixet ”Bio”, kommer från forngrekiskan och betyder liv men vad betyder egentligen bioplast? Betyder ”bioplast” att materialet är gjort av 100 % förnyelsebar råvara, att det är kompatibelt med biologiskt material eller att det är biologiskt nedbrytbart, se Bild 4.1?
I själva verket kan en bioplast innehålla alla de egenskaper som beskrivs i Bild 4.1, men också endast en enstaka egenskap. Biobaserade plaster är polymerer där byggstenarna (monomererna), helt eller delvis är framställda från förnyelsebara råvaror.

I dagligt tal kan också konventionella träfiberfyllda plaster, t.ex. polyeten (PE) och polypropen (PP), kallas bioplaster. En PP med 20 % träfiber kan kallas bioplast, trots en relativt låg andel biobaserat material. I denna guide kallar vi dessa kompositmaterial för ”biokompositer”.

4.3 Är alla biobaserade plaster nedbrytbara i naturen?

Svaret är nej, många biobaserade plaster är nedbrytbara i komposter eller ute i naturen, men speciellt på senare tid har alltfler biobaserade plaster som är beständiga i många tuffa miljöer utvecklats och nått marknaden, t.ex. bio-PE, bio-PP och bio-PET (polyetylentereftalat). Plaster baserade på fossil olja kan också vara bionedbrytbara, alltså är egenskapen ”bionedbrytbar” inte entydig med biobaserade plaster.

	Ej biologiskt nedbrytbara	Biologiskt nedbrytbara
Förnyelsebara "gröna" plaster	Bio-PE, Bio-PA, Bio-PET etc.	PLA, PHA etc.
Fossila plaster	Konventionella plaster: PE, PP, PET etc.	PBAT, PBS, PCL etc.

Bild 4.2 Biologisk nedbrytbarhet för biobaserade plaster respektive fossila plaster

I Bild 4.2 presenteras en uppdelning av plaster med två huvudkarakteristika; förnyelsebara och biologiskt nedbrytbara. Som ses i tabellen kan också plaster som baseras på fossil råvara (ej förnyelsebar råvara) vara biologiskt nedbrytbara, men är ändå inte benämnda bioplast. Endast plaster baserade på förnyelsebar råvara benämns i denna guide som "biobaserad plast eller bioplast".

Traditionella material som naturgummi och trä kan falla inom definitionen biobaserade material. I denna guide är dock inte dessa materialfamiljer medtagna.

Egenskapen "biokompatibel" betyder att materialet i fråga inte har en negativ påverkan på levande vävnad som det är i kontakt med. Sådana material kan vara biobaserade plaster men också fossila plaster samt även keramer och metaller kan ha den egenskapen.
Idag finns det ingen entydig internationell standard eller märkningssystem som definierar när ett material får kallas biobaserad plast eller inte. Istället finns det många olika standarder och certifieringar för märkning som har delvis olika utgångspunkter och ursprung, se kapitel "5. Klassificering och märkning av biobaserade plaster".

Som du kommer att se är kravet på innehåll av förnyelsebar råvara för att kallas bioplast minst sagt varierande. En del källor säger att kravet är att det måste vara minst 50 % förnyelsebart kol, medan en del standarder accepterar så lågt som ww20 % förnyelsebart kol för att få kallas biobaserad plast.

Bedömningen är att med ökad användning av biobaserade plaster och kundernas ökade krav på internationella standarder och märkningssystem kommer dessa system att utvecklas och förtydligas.

Nedan följer exempel på ursprung och egenskaper för olika plaster14.

Bild 4.3 Biologiskt nedbrytbara tepåsar av PLA-plast
Foto: Teebeutel_Polylactid_2009 By Elke Wetzig
CC BY-SA 3.0

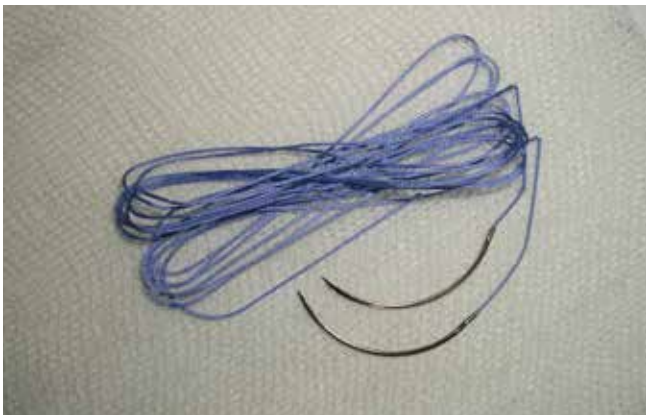


Bild 4.4 Biokompatibel och bionedbrytbar suturtråd gjord av polyglykolsyra (PGA). PGA kan göras från både biobaserad och fossil råvara.

Biobaserade råvaror från växter som används i biologiskt nedbrytbara material:

- Cellulosa,
- lignin,
- lipid,
- socker,
- stärkelse (från bl.a. vete, korn, potatis, soja, ärtor samt sjögräs (karragenan)).

Biobaserade material från mikroorganismer som är biologiskt nedbrytbara:

- PHA (t.ex. P4HB, PHB, PHBH, PHBHx, PHBV), PHF,
- bakteriell cellulosa,
- polysackarider (t.ex. hyaluronsyra, xantan, kurdian, pullulan)

Biobaserade och animaliska material som är biologiskt nedbrytbara:

- Polysackarider (t.ex. kitin, kiosan, hyaluron-syra), proteiner (t.ex. kasein, vassle, kollagen, albumin (äggvita),
- keratin (horn).

Fossilt baserade material som är biologiskt nedbrytbara:

- Polyalkylen dikarboxylater t.ex. PBA, PBS, PBSA, PBSE, PEA, PES, PESE, PESA, PPF, PPS, PTA, PTMS, PTSE, PTT samt PGA,
- PCL,
- PDO,
- PVOH,
- POE,
- Polyanhydrider,
- PPHOS.

Biobaserade material som ej är biologiskt nedbrytbara:

- PE (LDPE och HDPE),
- PP,
- PVC,
- PET,
- PPT,
- PU,
- PC,
- PUR,
- Polyeter-ester,
- Polyamid (PA 11, PA 4.10, PA 6.10, PA 10.10, PA 10.12),
- Polyester-amid,
- Omättad polyester,
- Epoxy,
- Fenoler.

Bild 4.5 Bionedbrytbar plastfilm för odling gjord av en PLA-plastblandning med polyester (PLA-Blend Bio-Flex). Foto: F. Kesselring, FKuR Willich CC BY-SA 3.0 de

4.4 Definitioner

En förnyelsebar råvara definieras som en råvara som har en snabb nyproduktion. Ett träd eller ett sockerrör är exempel på förnybara råvaror d.v.s. de förnyas över en överskådlig tid (<100 år). Olja och gas (från fossil råvara) är däremot inte, enligt definitionen, förnybara eftersom det tar flera miljoner år för dem att bildas. I dagsläget finns också en öppen fråga om ett återvunnet material kan räknas som förnyelsebar råvara oavsett ursprung, (fossilt eller bio).

Bioplast är ett plastmaterial där polymerdelen har tillverkats helt eller delvis av förnyelsebar råvara t.ex. polymjölksyra (PLA), Bio-PE, m.fl.

Bionedbrytbar plast definieras som ett material som bryts ner av levande mikroorganismer i naturen till koldioxid, biomassa och vatten. Biologisk nedbrytning startar med kemiska reaktioner kopplade till hydrolys genom inverkan av enzymer eller fotokemiska processer, oxidation och hydrolys som uppstår genom inverkan av miljöfaktorer. Se Tabell 1 sida 30 för en sammanställning av kommersiellt tillgängliga nedbrytningsbara plaster.

Biokomposit är ett plastmaterial där antingen polymeren eller fyllmedlet kommer från förnyelsebar råvara.

Bionedbrytbar åsyftar ett material med egenskapen att det helt bryts ner av mikroorganismer i naturen.

Biokompatibel betyder att materialet med den egenskapen är kompatibelt med levande vävnad genom att inte orsaka negativa effekter såsom t.ex. immunologisk avstötning.

4.5 Trender inom områdetet biobaserad plast

Källa: "Marketplace Opportunities for Integration of Biobased and Conventional Plastics", Jim Lunt & Associates September, 201413.

Biobaserade plaster är en liten men snabbt växande del av den totalt drygt 300 miljoner ton stora plastindustrin. Enligt två tyska institut IfBB och Nova var den globala produktionskapaciteten för bioplaster år 2014 omkring 1,7 miljoner ton (European Bioplastics). Tillväxtprognoserna för biobaserade plaster varierar mellan 19 % till över 30 % per år, i olika marknadsundersökningar. Efter utvärdering av de faktiska materialvolymerna som säljs, i motsats till deklarerade produktionskapaciteter, så anser Jim Lunt & Associates13, att tillväxten för biobaserade plaster kommer att hamna runt 19 % per år fram till 2020.

Till skillnad från andra teknikintensiva utvecklingsområden, som oftast följer en mycket linjär bana, har utvecklingen inom det biobaserade plastområdet ändrat huvudinriktning tre gånger sedan genombrotten runt 1990.

4.6 Tre generationer biobaserade plaster

Den första generationens biobaserade plaster som introducerades i början av 90-talet var de komposterbara plasterna som skulle ge alternativa möjligheter till deponi genom sin förmåga att kunna mineraliseras av mikroorganismer i en industriel komposteringsprocess.

Runt 2010 kom den andra generationens biobaserade plaster bestående av förnybara kopior av mer traditionellt beständiga petrokemiska plaster baserat på förnybara livsmedelsresurser, som t.ex. majs och sockerrör.

Den tredje generationens biobaserade plaster fokuserar också på beständiga plaster, men råvaran är tagen från jordbruksavfall och biomassa från skogen. På detta sätt eftersträvas en mer effektiv resursanvändning, då råvaran inte konkurrerar med livsmedelförsörjning.

De återkommande generationsväxlingarna har bidragit till att marknadstillväxten för biobaserade plaster har varit långsam, samt haft svårt att nå den kritiska massa som krävs för att uppfylla marknadens förväntningar.

Den första generationens komposterbara biobaserade plaster, PLA och blandade stärkelseprodukter, utgör fortfarande en stor kategori (både Bio-PET och Bio-PE är större än PLA) av biobaserade plaster på marknaden och har tagit små marknadsandelar från petrobaserade beständiga termoplaster såsom polystyren (PS), polyvinylklorid (PVC) och PET inom området förpackningar och engångsprodukter.

Marknaden för komposterbara biobaserade plaster har genomgått en betydande utveckling de senaste åren, tack vare att de brister som fanns i början har övervunnits genom förbättrad tillverkningsteknik och utvecklingen av nya polymerblandningar och tillsatsmedel. Det finns möjligheter till ytterligare förbättringar, men kostnads- och kommersialiseringstiden för nya material och tillverkningsmetoder är många gånger för hög, speciellt i jämförelse med befintliga petrobaserade material.

Marknaden för komposterbara biobaserade plaster är en mogen marknad och det finns få potentiella nya material, förutom möjligtvis polybutylensuccinat (PBS). Tillväxten för dessa material kommer troligen att bli mer geografiskt betingat, än med fokus inom nya marknadssegment. Det kommer att finnas en viss ökad användning inom mer hållbara applikationer, men detta tros inte komma att ske i någon större omfattning. De större aktörerna inom området väntas vara desamma under överskådlig framtid.

Marknaden för de traditionellt petrobaserade termoplasterna PE och PP, även kallade polyolefiner, har inte påverkats i någon större utsträckning av första generationens komposterbara biobaserade plaster. Detta har sin grund i polyolefinernas unika kombination av låg densitet och bra mekaniska och produktionstekniska egenskaper samt ett lågt materialpris.

Under de senaste 2-3 åren har flera nya biobaserade kopior av petrokemiska polymerer såsom bio-PE och helt eller delvis biobaserade material som t.ex. polyestrar (bio-PET och PBT), polyamider (bio-PA) kommit ut på marknaden som direkta ersättningsmaterial för sina petrobaserade motsvarigheter.

Bild 4.6 Tredje generationens bioplaster kan tillverkas av biomassa från skogen.

Inom det biobaserade plastområdet har fokus därmed flyttats till utvecklingen och framställningen av biobaserade kopior av konventionella monomerer och petrokemiska plaster. Biobaserade polyetener började t.ex. säljas under 2010 och har sedan dess framgångsrikt konkurrerat med sina petrobaserade motsvarigheter genom att erbjuda en hållbar varumärkesprofilering trots ett något högre pris. Kraftigt sjunkande oljepriser bl.a. tack vare ökad tillgång till billig skifferolja har dock ökat oron för att biobaserade material inte har förmåga att långsiktligt klara av att konkurrera med sina petrobaserade alternativ.

Det finns ett allt större intresse för att ersätta livsmedelsgrödor som råmaterial för biobaserade plaster med biomassa från jord- och skogsbruk. Det görs hela tiden nya tekniska framsteg för att på ett kostnadseffektivt sätt utvinna socker från dessa restprodukter, men än så länge finns det ingen anläggning i kommersiell skala i drift.

De senaste åren har biobaserade och därmed förnybara kemikalier såsom t.ex. monomeren etylenglykol möjliggjort utvecklingen av termoplaster som delvis baseras på förnyelsebar råvara.

I fallet med etylenglykol så används den bl.a. i framställningen av Coca Colas PET-flaska ”Plant Bottle” som därigenom får ett innehåll av 30 % förnyelsebart kol, se Bild 4.7. Den andra huvudkomponenten i PET, aromaten tereftalsyra kan än så länge inte tillverkas av förnybara råvaror, men området är under intensiv utveckling.

Bild 4.7 Exempel på Plantbottle med 20 % biobaserat kolinnehåll. Foto: www.coca-colacompany.com

4.7 Livscykelanalys (LCA) - ett exempel

Källa: "The importance of including service life in the climate impact comparison of bioplastics and fossil-based plastics", Frida Røyne & Johanna Berlin.

Biobaserade plaster anses ofta som ett bättre miljöval jämfört med plaster baserade på fossil råvara, eftersom de bidrar i mycket mindre utsträckning till nettoutsläpp av koldioxid. Om de verkligen är bättre eller inte bestäms dock inte endast av vilken råvaran är utan hur hela produktens livscykel ser ut. Om t.ex. materialets förmåga att materialåtervinnas är dålig försämras miljöbedömningen drastiskt. Samtliga delar av livscykeln måste därför tas hänsyn till för att en rättvis bedömning av miljöbelastningen ska kunna göras.

Hur viktigt ett materials hela livscykel är för deras miljöpåverkan exemplifieras i LCA studien[17] av en låda/hållare för motorkomponenter som i dagsläget är tillverkade av akrylnitril-butadi-en-styrensampolymer (ABS) (se Bild 4.8). LCA är en av de mest använda metoderna för att bedöma och jämföra produkters miljöpåverkan, och den erbjuder en beräkning av miljöbelastande faktorer för respektive del i livscykeln.

Lådan av delvis återvunnen ABS jämförs med LCA i en teoretisk studie med samma låda gjord av två andra material; PLA/PC (32 wt% PLA blandad med PC) och PA 1010 (100 % biobaserad). Jämförelsen tar hänsyn till alla faser i produktens livscykel, från råmaterialets framställning, tillverkning av halvfabrikat och produkt, återvinning av produktionsspill inom fabriken, användning, materialåtervinning och slutligen deponering.

Bild 4.8 En låda/hållare för motorkomponenter som tillverkas i delvis återvunnen ABS som används som modell i LCA-studien.

4.7.1 Resultat av LCA-studien

Resultatet av LCA-studien visar att tre faktorer är avgörande för miljöbedömningen av lådan. Den största effekten har längden av användarfasen (den tekniska livslängden). PLA/PC har väsentligt lägre miljötålighet (speciellt i fukt och värme) och kan därför förväntas ha kortare produktlivslängd eftersom lådan tvättas regelbundet vid hög temperatur.

Om livslängden för PLA/PC är en femtedel av de andra materialen går det åt fem gånger så mycket material och energi för tillverkning och transport mm för att erbjuda samma funktion för kunden. I Bild 4.9 presenteras flera olika alternativa livslängder för PLA/PC, 1 år, 2 år och 5 år.

Det framgår tydligt hur viktigt materialets livslängd är. En annan faktor är återvinningsbarheten. I dagens produkt används 90 % återvunnen ABS vid tillverkning och därför utgör inte materialtillverkningen någon stor inverkan på klimatet i denna livscykelanalys.

En tredje viktig faktor är andelen bioråvara i materialet. Om vi antar att klimatpåverkan vid förbränning av biobaserade plaster är klimatneutral blir bidraget vid förbränning av PLA och PA 1010 noll.

Lärdomar från LCA-exempel

De tre dominerande faktorerna för hur stor miljöpåverkan blir för lådan i exemplet är följande:

1. **Produktens livslängd - en kort livslängd ger upphov till fler tillverkningar och större materialåtgång än om livslängden är längre.**
2. **Möjligheten till materialåtervinning.**
3. **Andelen förnyelsebar råvara.**

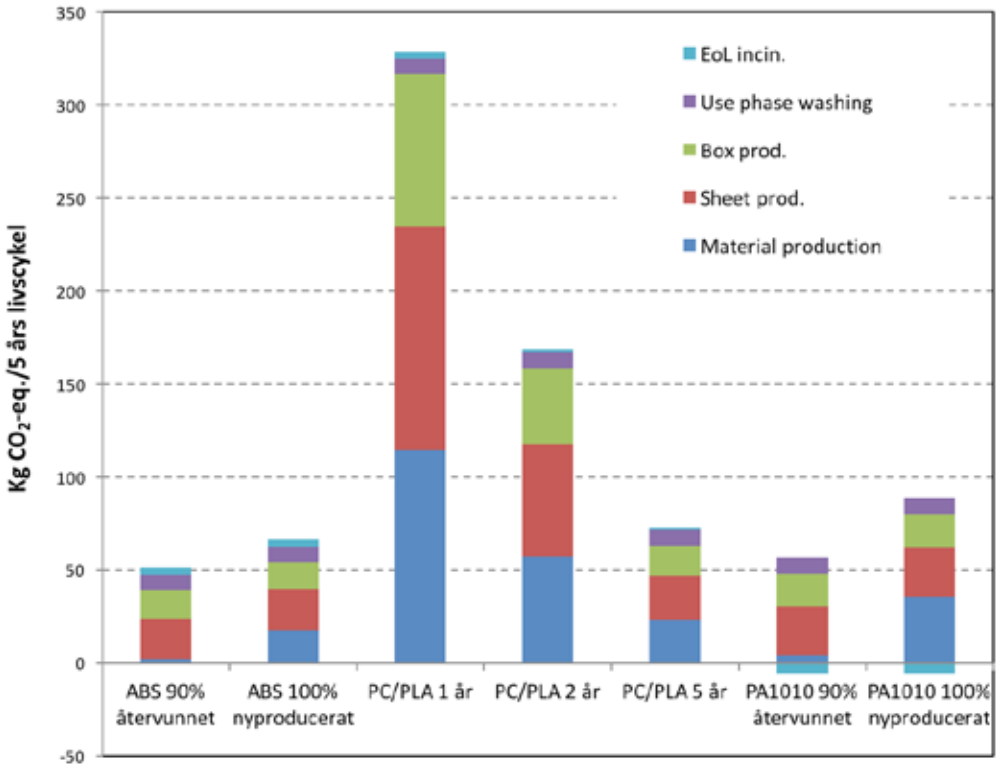


Bild 4.9 Miljöpåverkan (uttrycks som kg CO2 per 5 års livscykel) för 7 olika material och livsländsalternativ; ABS med 90 % återvunnet material (som produkten görs idag), ABS med 0% återvunnet, PLA/PC med produktlivslängd ett år, PLA/PC med produktlivslängd 2 år, PLA/PC med produktlivslängd 5 år, PA 10.10 med 90 % återvunnet material och PA 10.10 med 0% återvunnet.

4.8 Vilka biobaserade plaster finns det?

En sammanfattning av några av de viktigaste biobaserade polymerprodukter som är kommersiellt tillgängliga finns i Tabell 1 sida 30. I Tabell 2 sida 31 visas en översikt över material och deras applikation från en litteraturstudie. Några bra databaser där information är samlad finns i kapitel “8. Mer Information”.

En beskrivning av viktiga egenskaper för biobaserade plaster ligger utanför omfattningen av denna guide. En anledning är att många av de kommersiellt tillgängliga biobaserade plasterna är blandningar med andra biobaserade plaster eller fossila plaster (som inte alltid klargörs i detalj).

Läsaren rekommenderas att kontakta respektive leverantör för att få detaljerad information om specifika biobaserade plasters egenskaper och processbarhet.

4.9 Utveckling för biobaserade plaster

Intressant är att en ökad tillgång på skiffergas faktiskt kan påskynda utvecklingen av biobaserade aromater, eftersom skiffergasen till skillnad från råolja inte innehåller aromater.

Utvecklingen inom området är idag fokuserat till utvecklingen av förnybara kopior av mer traditionellt hållbara petrokemiska plaster. Målet är att skapa maximal ”drop-in” effekt, innebärande att kopiorna i möjligaste mån skall kunna ersätta befintliga kvaliteter i frågor som process- och materialegenskaper. En sådan utveckling har möjliggjorts genom bl.a. förbättrad kunskap inom kompoundering och utvecklingen av nya additiv och tillsatsmedel.

Enligt Jim Lunt [7] innebär detta i siffror att andelen beständiga biobaserade plaster av den totala mängden biobaserade plaster har gått från 7 % 2009 till 61 % under 2015. En sådan förändring har drivits av en ökad acceptans och efterfrågan av förnybara och hållbara material inom produktområden som hushållsartiklar, fordons- och elektronikindustrin, m.fl.

Sedan 2010 har ett växande antal länder antagit miljöstrategier och politiska ramverk för att stödja utvecklingen av en mer hållbar och konkurrenskraftig samhälls- och marknadsutveckling. Flera länder har valt att satsa på forskning och innovationer inom området biokemi i syftet att främja utvecklingen av biobaserade produkter och en utveckling mot en biobaserad och cirkulär ekonomi.

De områden inom biobaserad plast som visat sig ha störst tillväxtpotential är:

1. Utveckling och tillverkning av biobaserade petrokemiska plastkopior har ökat eftersom dessa till stor del har en befintlig marknad, kända egenskaper samt en för tillverkningen befintlig infrastruktur. Nödvändiga biokemiska byggstenar och polymerer utvecklas i en allt snabbare takt från olika förnybara källor.

2. De senaste årens utveckling med ökad tillgång till billig skiffergas skapar frågor kring den framtida konkurrenskraften för biobaserade polyolefiner samt användningen av biobaserad etylenglykol i PET. Samtidigt kan dessa utmaningar också påskynda utvecklingen av biobaserade aromater såsom tereftalsyra, bensen, toluen och xylen eftersom dessa, i motsats till nafta, inte är tillgängliga i skiffergas.

3. Det sker en förflyttning från livsmedelsbaserade råvaror som stärkelse och socker till icke-livsmedelsbaserade råvaror som t.ex. jordbruksavfall och biomassa från skogen. Några av andra generationens råvaror som utreds är bl.a. halm, energigräs och skogsavfall.

Tabell 1. Översikt över några kommersiella biobaserade plaster

Källa:
BIOCOMP (Project no. NMP2-CT-2005-515769) - New classes of Engineering Composites Materials from Renewable Resources.

Produkt	Leverantör	Typ	Exempel på användning
BAK®	Bayer	Polyester amide	Film, bags, containers
BioRez®	Trans Furans Chemicals	Furan resin	Binders
Bioceta®	Mazzucchelli	Cellulose acetate	Packaging film, tubes, oil containers
Biomax®	DuPont	PLA-based	Waste bags, seed mats
Bionolle®	Showa HighPolymer	Polyester	Bottles, foams
Bioplast®	Biotec	Starch/copolymer	Food containers, bags, cutlery
Bioplast®	Biotec	Starch/copolymer	Film
Biopol®	Metabolix	TP/PHB	Bottles, oil containers
Biopur®	Biotec	Starch/copolymer	Foam
CAPA®	Solvay	Polycaprolactone	Targeted at non-biodegradable applications
Eastar Bio®	Eastman	Aromatic-aliphatic co-polyester	Disposable packaging, cutlery, bin liners
Ecovio®	BASF/Natureworks	PLA based	Packaging film
EnviroPlastic®Z	Planet	Cellulose acetate	Packaging film
Mater-Bi®	Novamont	Starch/synthetic copolymer	Packaging, plates, stationary, personal hygiene
Natureworks PLA®	Cargill Dow/ Natureworks	PLA	Film and rigid packaging
PolyNovon®	Novon	Starch	Packaging
Sconacell®	Buna Sow Leuna	Esterified starch	Packaging
Sorona®	DuPont/Tate & Lyle	PDO	textiles, interiors, engineering resins, packaging
Soyoyl™	Urethane Soy Systems Co	Soy beans	Vehicle panels (e.g. HarvestForm®)
TONE®	Union Carbide	Polycaprolactam	Targeted at non-biodegradable applications

Tabell 2. Material - översikt från litteraturstudie

Källa: "Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: A review", Azadeh Soroudi, Ignacy Jakubowicz, SP Technical Research Institute of Sweden. European Polymer Journal, 2013.

Bio-blend	Features, other info.	Application	Product code	Manufacturer
PLA/PMMA	Hybrid, bio-based acrylic resin, TP	Transparent disposable medical devices: diagnostics, lab ware, fluid suction, reservoir and fluid collection apparatus	Plexiglas Rnew	Arkema Inc.
PBAT/PLA	Biodegradable, TP	Blown film	Ecovio	BASF
PC/PLA (25 or 40 %)	Hybrid, Re. Does not readily decompose TP, granulate	Injection moulding: for mobile phones, electronics, furniture, sporting goods, toys, auto interiors and housings/ enclosures	Makroblend BC250 and BC400	Bayer MaterialScience
PBS (Modified)	Biodegradable, feels like PP or PVC, TP, made with bio-succinic acid	Food contact, personal care, cosmetics/ medical, electronics and business equipment, automotive components		BioAmber Inc.
PLA/PBS	Biodegradable, TP	Specifically designed for food service ware		BioAmber Inc.
TPS/Polyolefins	Hybrid, RC, TP, granulates	Injection moulding and extrusion, cutlery, toothbrushes, combs, tubes and rods, pipes, caps and closures	Biograde Hybrid	Biograde Limited
TPS/ Synthetic copolyesters/ Additives	Biodegradable, TP, granulate	Mono-film, co-ex film, injection moulding, blow moulding, thermoforming	BioPar FG	BIOP
PUR/Starch (60 %)			BioPar TPU	BIOP
TPS/Polyolefins	Hybrid, RC, TP, granulates	Different grades for injection moulding, film extrusion, coating/ laminating	Cardia Biohybrid	Cardia Bioplastics
PP-PE copolymer/Starch (30 %)	TP, granulate	Thin-wall injection molding such as packaging and paint cans	Biopropylene	Cereplast
PP-PE copolymer/Starch (30-55 %)	Hybrid, RC, TP, granulate	Injection moulding: durable applications, consumer goods, interior automotive parts, furniture, packaging	Hybrid 101, 102D,105D, 106D	Cereplast
TPE/Starch (20-50 %)	Hybrid, RC, stretch with some recovery TPE, granulate	Injection moulding: handles for bicycles and tools, packaging, housewares, household appliances, footwear and automotive applications	Hybrid 111D, Hybrid 112D	Cereplast
Ethylene-methyl acrylate copolymer/ Starch	Hybrid, RC, durability, flexibility and toughness. TP, granulate	Extrusion, injection moulding: consumer goods, footwear, handbags, wire and cable insulation, tubes and hoses	Hybrid 651D	Cereplast
PLA/copolymer (5-8 %)	Disposable, TP	Injection moulding: housewares, tackle boxes	Sustainable 1001	Cereplast
PLA/copolymer (55 %)	Disposable, TP	Injection moulding, higher impact strength, housewares, automotive industry	Sustainable 1013	Cereplast
PLA-L/Lignin/ fatty acid/wax	Biodegradable, good mechanical properties similar to ABS, TP	Furniture, toy, mechanical engineering, medical, food and textile industry. Replacement of PET		Direct Industry
PLA Blend (PLA > 75 %)	Biodegradable, mechanical properties similar to PE and PP depending on grade, TP	Blown film extrusion, moulded parts	Bio-Flex A 4100 CL	FKuR
PLA/Biodegradable copolyester	Main part RC, biodegradable, mechanical properties similar to PE and PP depending on grade, TP	"Blown film; co-extrusion as the middle layer between two skins of Bio-Flex A 4100 CL "	Bio-Flex F 2201 CL	FKuR
PBAT/PHA (Aliphatic/aromatic co-polyester)	Biodegradable, TP	Film, bag	"BioTuf970; BioTuf976 "	Heritage Plastics, Inc
PHA + additives	Biodegrade, not in landfill TP, granulate	Thermoforming	Mirel 3000 Series	Metabolix, Inc.

PLA/PBS polymers	Renewable, stronger, more flexible		Patented, No. 5,883,199	Metabolix, Inc.
PLA Blend (with other plastics)	Hybrid, RC, high stiffness, heat-shrinkable film	Heat-shrinkable film for tight seal around the closure of bottles and caps with labels	PLABIO	Mitsubishi Plastics
PLA with Lignin/ Fatty acid/Wax	Biodegradable, resist-ance to polar solvents, mechanical properties as ABS	Fumiture, toy, medical, food and textile industry, mechanical engineering, replacement of PET	PLA-L	Modern Plastics
PLA Blend (PBS or PBSA)	Biodegradable, TP, opaque, off-white materials	Sheet extrusion and thermoforming for foodser-vice ware	"Ingeo A W 240D; 300D "	NatureWorks
PHBV/PLA	Biodegradable, TP	Fibre, non-woven	ENMAT F9000P	Ningbo Tianan Biolog-ic Materia
Starch/Bio-degradable polyesters	Biodegradable, similar properties to convention-al plastics, TP	Injection moulding, sheet and film applications	Mater-Bi	Novamont SpA
PLA, PHB, PHBV or biopolyesters blends	Hybrid, Re, temperature, impact and cost perfor-mance TP, granulate	Consumer durable goods, electronics equip-ment, medical devices and equipment, interior automotive components	reSound Biopolymer	PolyOne
ABS/PLA (40 %)	Hybrid, RC, competitive with RIPS	Injection moulding	RTP 2099 X 121236 A	RTP
Bio-PA (31 % bio-content)	Hybrid, RC, TP, perma-nently antistatic	Injection moulding	RTP 2099 X 121825 E	RTP
HDPE/PLA (39 %)	Hybrid, RC, TP, granulate	Injection moulding	RTP 2099 X 115382 C	RTP
PC/PLA (20 %)	Hybrid, RC, TP, flame retardant/ halogen-free	Injection moulding	RTP 2099 X 127618 R	RTP
PC/PLA (26 %)	Hybrid, RC, TP, perma-nently antistatic	Injection moulding	RTP 2099 X 121241 B	RTP
PC/PLA (31 %)	Hybrid, RC, TP, granulate	Injection moulding	RTP 2099 X 121235 D	RTP
PC/PLA (32 %)	Hybrid, RC, TP, 50 post-consumer PC, black only	Injection moulding	RTP 2099 X 126210	RTP
PC/PLA (32 %)	Hybrid, RC, TP, granulate	Injection moulding	RTP 2099 X 126213	RTP
PMMA/PLA (39 %)	Hybrid, RC, TP, impact modified - opaque	Injection moulding	RTP 2099 X 115375 B	RTP
PMMA/PLA (39 %)	Hybrid, RC, TP, transparent	Injection moulding	RTP 2099 X 115375 C	RTP
PLA com-pounds and blends	Up to 100 bio-based car-bon content, TP	Injection moulding	Sukano bio-loy	Sukano
Starch/PP (< 30/70 %)	Hybrid, RC, TP, granulate	Extrusion	Terraloy (TM) BP-13000A	Teknor Apex
Starch/PP (< 50/50 %)	Hybrid, RC, MB, granulate	Injection moulding	Terraloy (TM) MB-13000A	Teknor Apex
Starch/LLDPE (< 30/70 %)	Hybrid, RC, TP*, granulate	Blown film	Terraloy (TM) BP-10000A	Teknor Apex
Starch/LLDPE (< 50/50 %)	Hybrid, RC, MB**, granulate	Blown film	Terraloy (TM) MB-10000A	Teknor Apex
Starch/HIPS (< 30/70 %)	Hybrid, RC, TP, granulate	Injection moulding	Terraloy (TM) BP-18003A	Teknor Apex
Starch/HIPS (50/50 %)	Hybrid, RC, MB, granulate	Injection moulding	Terraloy (TM) MB-18003A	Teknor Apex
Compounds based on PLA	Main part RC, higher heat resistance, faster injection moulding than pure PLA, TP	Film, sheet, fiber, non-woven, resin, etc.	TERRAMAC	Unitika

4.10 Exempel på material och tillämpningar

Källor: Biodegradable Polymers- A Review on Recent Trends and Emerging Perspectives - Gisha E. Luckachan, C. K. S. Pillai - Springer Science+Business Media, LLC 2011, Biodegradable polymers, Technology and business opportunities - Jagriti Singh, Nirmala Kaushik, Soumitra Biswas, Technology Information, Forecasting & Assessment Council (TIFAC) New Delhi -110016.

Av miljömässiga, praktiska och även hälso- och säkerhetsskäl har biobaserade plaster etablerat sig som intressanta alternativ inom flera viktiga nischmarknader. Några av dessa ligger inom områdena medicin, textilier (kläder och tyger), hygien, jordbruk, fordon samt vissa specifika förpackningstillämpningar. På grund av sin särskilda karaktär och större förädlingsvärde har medicintekniska applikationer utvecklas snabbare än de andra.

Inom läkemedelsbranschen utnyttjas möjligheten till kontrollerad nedbrytning i kroppen, exempelvis för att få en fördröjd och kontrollerad frisättning av läkemedel. Terapeutiska produkter, såsom tillfälliga proteser för ben, muskler och organdonation eller påväxt är andra områden för biobaserade plaster.

Inom området växtförädling används bionedbrytbara plastmaterial till allt från bindtråd och klämmor till förpackningar och bärare av näringsämnen, ensilage och fröer. Behållare såsom biologiskt nedbrytbara krukor och engångsbehållare för kompostering är också vanliga.

Inom jordbruket kan bionedbrytbara polymerer även användas för att under en längre tid få en kontrollerad frisättning av näringsämnen och bekämpningsmedel t.ex. naturliga feromoner för att stöta bort insekter. De aktiva medlen kan lösas, dispergeras eller inkapslas i en polymermatris eller plastbeläggning. De plaster som normalt används i dessa system är stärkelse, cellulosa, kitin och lignin.

Bilindustrin strävar efter att utveckla lätta, miljövänliga och återvinningsbara bilar med hjälp av biobaserade plaster och biokompositer. Genom att blanda PLA med naturliga fibrer som lin eller kenaf ersätts de traditionella materialen i inredningsdetaljer som innertak, paneler i bildörrar och instrumentpaneler. Stärkelsebaserade polymerer används också som tillsatsmedel i bildäck för minskad bränsleförbrukning och därmed mindre utsläpp av växthusgaser.

Inom det marina området används materialen till bl.a. rep och fiskenät samtidigt som oljeindustrin använder stora volymer bionedbrytbara polymerer som viskositetsmedel vid tillverkningen av borrslam, vilket i stor uträckning påverkar och förbättrar oljeutvinningen.

Cellulosa används för att göra förpackningsmaterial, såsom cellofan som är känt för att vara transparent, ha hög formbarhet samt vara biologiskt nedbrytbart genom kompostering. Cellulosabaserade termoplaster används vid tillverkning av förpackningar, flaskor, lamineringsfolier, fisknät, blomsterkrukor samt diverse hygienartiklar. Därutöver används cellulosa även som gelbildande och förtjockningsmedel i allt från glass till tandkräm, kosmetika, rengöringslösningar och vattenbaserade färger.

PLA används i stor utsträckning för olika typer av livsmedelsförpackningar och engångsartiklar som t.ex. flaskor, tallrikar, bestick och muggar. Ett annat stort användningsområde är fiber och textil. Inom medicin används PLA för kirurgiska implantat som bryts ned i kroppen och inte kräver operativ borttagning.
På senare tid har även olika PLA-material med förbättrade egenskaper (t.ex. ökad temperaturbeständighet, slagseghet etc.) funnit tillämpningar i olika typer av elektronikprodukter, exempelvis som skal till mobiltelefoner, höljen till damsugare och enklare kontorsprodukter. Tack vare mjölksyrans kirala natur finns det flera varianter av PLA t.ex. PLLA, PDLA, PDLLA.

Kitosan är en polysackarid som utvinns från skalldjur och som används vid tillverkningen av material som t.ex. papper, textiler och cement. På grund av sin förmåga till fuktupptagning används kitosan även i kosmetika och biomedicinska tillämpningar vid sårläkning och brännskador.

Polyhydroxybutyrat (PHB) är en polyester som är kompatibel med blod och vävnader hos alla

däggdjur. Den används därför vid kirurgiska implantat, tråd för behandling av sår och blodkärl.

Bio-PA är en materialklass av olika typer av, helt eller delvis, biobaserade polyamider (t.ex. PA610, PA410, PA1010, PA11, PA1012). Beroende på deras kemiska uppbyggnad så kan dessa material erhålla liknande egenskapsprofiler som deras fossilbaserade motsvarigheter (PA6, PA66, PA12). Bio-PA är inte bionedbrytbar utan används ofta i krävande applikationer där krav på beständighet (ex. kemikalier, höga temperaturer) eller långa användningstider efterfrågas t.ex. i sportartiklar och inom bilindustrin.

4.11 Exempel på produkter

4.11.1 Förpackningar

Bioplaster för styva förpackningar för kosmetika som krämer och läppstift samt för dryckesflaskor finns tillgängliga på marknaden t.ex. PLA, bio-PE och bio-PET. Flera välkända varumärken såsom Coca-Cola, Vittel, Volvic, Heinz m.fl. använder bio-PET i flaskor av olika storlekar som är avsedda för drycker och andra vätskor. Bio-PE används av Procter & Gamble och Johnson & Johnson i förpackningar för kosmetika medan Tetra Pak har börjat använda materialet som plastskikt i samtliga vätskekartonger som produceras i Brasilien.

4.11.2 Fordon

Italiensk biltillverkare Fiat, använder ricinoljebaserade polyamider och sojabaserade polyuretaner som ersättning för deras oljebaserade motsvarigheter i drygt en miljon fordon. Fiat arbetar också med att öka mängden bio-fyllmedel som förstärkning i plast och elastomerer. År 2011 vann Fiat ”Automotive Innovation Award” i miljöklassen för användningen av DuPonts ricinoljebaserade PA1010 (Zytel RS) i vissa bränsleledningar.

Biltillverkaren Ford använder en 50/50 komposit av PE förstärkt med kenaf-fiber (från en tropisk växt) i vissa av sina dörrar och dessutom en fenol-formaldehyd härdplastkomposit med 85 % träfiber som ger en bättre ljuddämpande effekt. Toyota påstår sig ha varit först med att använda sockerrörbaserad PET i fordonsbeklädnad. Många Toyotabilar såsom Prius, Corolla, Matrix, RAV4 och Lexus RX 350 har sojabaserade sittdynor. Lexus HS 250 har flera biobaserade delar inklusive stoppning i bagageutrymmet och bakom sidoklädsel, sittdynor, tröskelskydd verktygslåda etc.

Både Mazda och Honda har utvecklat bio-baserade tyger för sina interiöra delar.

4.11.3 Medicin

PLLA (poly-L-laktid) från företaget DEXONs blev godkänd redan 1971 av amerikanska läkemedelsverket FDA för att användas i en förbättrad sutur. På grund av den höga hållfastheten har PLLA fibrer också används som ersättningsmaterial för hållbara fibrer i förstärkningsanordningar för ligament.
Inion, ett snabbt växande företag med fokus på utveckling av nedbrytbara medicinska implantat har fått FDA-godkännande för dess Trinion

Bild 4.10 Medicinkapslar. Foto: Würfel CC-BY-SA-3.0

menisskskruv för användning i broskoperationer i knä. Trinion-skruvar används för fixering av längsgående vertikala menisskskador där brosket i knät har slitits av. Inion har utvecklat produkter i fyra strategiska affärsområden: käkkirurgi, ortopediska skador, idrottsmedicin och dental kirurgi.

Företaget SurModics, Inc., en ledande leverantör av ytmodifieringar och ”drug delivery” lösningar till den medicintekniska industrin har en licens för två nya klasser av bionedbrytbara polymer-er PolyActive och OctoDEX för användning i platsspecifik levarans av läkemedel.

4.11.4 Golfbollar

Forskare vid University of Maine och ”The Lobster Institute” har utvecklat en biologiskt nedbrytbar golfboll gjord av plast baserad på hummerskal. Det påstås vara en win-win lösning då hummer-industrin i regionen inte har haft någon avsättning för skalen som tidigare har gått till deponi. Golfbollen baserad på hummerskal upplöses i vatten på ca en vecka och fungerar som gödningsmedel när den bryts ned biologiskt i, eller på marken.

Biologiskt nedbrytbara golfbollar som hamnar i havet, skulle brytas ner snabbare om de gnagdes till mat av bottenlevande fisk. Vid Albus Golf i Barcelona, Spanien har en golfboll utvecklats till att utgöra näring för fisk och marint liv.

Golfbollen ”EcoBioBall” påstås vara en icke-tox-isk engångsgolfboll med en kärna tillverkad av fiskmat. Den är avsedd att brytas ned biologiskt i vatten inom 48 timmar, vilket gör att dess kärna av 100 % fiskmat blir tillgänglig.

Bild 4.11 Golfbollar kan göras av plast baserad på hummerskal.

4.11.5 Likkista

Källa: http://www.bioplasticsmagazine.com/en/news/meldungen/20151001-Caskets-to-die-for.php

Marieke Havermans, en holländsk förpackning-sexpert och entreprenör har tagit talesättet “från vaggan till graven” till en helt ny nivå. Hon har utvecklat en kista gjord av 100 % biologiskt material som bryts ned via naturliga processer i marken under en period på 10 år. Vid kremering brinner kistan rent, och minskar giftiga utsläpp med upp till 75 %.

Kistan hävdas vara tillverkad av biobaserad plast baserat på stärkelse från utsädes- och potatisindustrin tillsammans med naturliga pigment. Produkten är troligen bland de största som formsprutas av biobaserad plast. Kistan är konstruerad som en tunnväggig behållare med förstärkningsribbor för att klara en vikt på upp till 150 kg. Eftersom kistan är formsprutad så kan även funktioner som handtag, fästen och gångjärn integreras i konstruktionen.

Enligt Havermans har kistan rundade hörn och en organisk form som efterliknar en kokong. Kistorna levererera med en madrass och kudde gjord av hampa och ekologiskt bomullslakan. Som tillbehör finns även en filt gjord av ekologiskt holländskt ull.
http://onora.eu

4.11.6 Material till 3D-skrivare

Materialtillverkaren ”3Dom USA” har tagit fram ett nytt biobaserat trådmaterial för 3D-skrivare baserat på PLA och kaffesump under namnet Wound Up ™. Den nya tråden har utvecklats i samarbete med det North Dakota-baserade företaget ”c2renew”.

Tillverkaren hävdar att användningen av kaffesump, som är en biprodukt från kaffeindustrin, har gett ett ekologiskt hållbart 3D-print som har en rik, brun färg och en unik ytfinish hos utskrifter. Ett säljande argument är att koppar som skrivs ut i Wound Up ™ är verkligen “kaffe” koppar.
www.3domusa.com

När företaget ”BioInspiration” i Eberswalde utanför Berlin undersökte marknaden för förnybara material så var det ett område i synnerhet som stod ut – material till 3D-skrivare. Elastiska material för 3D-skrivare hade under lång tid bedömts som intressanta och flera material fanns redan på marknaden. BioInspiration upptäckte dock att det inte existerade ett material som var elastiskt, biobaserat och komposterbart.

Under senhösten 2015 introducerades därför 3D-skrivartråden ”WillowFlex”, som enligt företaget är en flexibel tråd för 3D-skrivare med oöverträffade prestanda såsom större temperaturbeständighet, bättre vidhäftning och snabbare utskriftshastighet. Tråden görs av en biobaserad plast med handelsnamnet Terratek® Flex, baserad på en komposterbar elastomer från företaget Green Dot (Cottonwood Falls, KS).
www.bioinspiration.eu

Bild 4.12 3-D printade plasdetaljer

Bild 4.13 3-D printer

5. Klassificering och märkning av biobaserade plaster

5.1 Inledning

Källor: http://en.european-bioplastics.org/standards/standardization, Biopolymers - Reuse, Recycling, and Disposal, Michael Niaounakis (2013) Plastics Design Library ISBN 1455731544, 9781455731541, Critical Review of Norms and Standards for Biodegradable Agricultural Plastics Part I. Biodegradation in Soil - Demetres Briassoulis, Cyril Dejean.

Moderna biobaserade polymerer och plastmaterial finns idag i en stor variation, och har många gånger egenskaper som motsvarar, kopierar eller till och med överträffar vad vi förväntar oss av deras traditionella fossilbaserade motsvarigheter. Utvecklingen stannar dock inte här, utan de biobaserade har dessutom fördelar som t.ex. förnybarhet och komposterbarhet.

Dessa likheter och varianter utgör utmaningar då det blir svårt att särskilja och definiera olika plastmaterial ifrån varandra. Standarder och certifieringar blir allt viktigare då de fastställer kriterier för beskrivningen av produkter och tjänster.

5.2 Standardisering

Standardisering är ett försök av industrin att fastställa kriterier för beskrivningen av produkter och tjänster. Den skapar konsumentfördelar genom att underlätta konkurrens och kommersiell tillväxt. Dettta görs genom att övervinna hinder som följer av oklara eller inkompatibla specifikationer.

Användningen av standarder är frivilligt, vilket innebär att det är upp till varje näringsidkare att fatta beslut om att söka ett godkännande enligt en standard eller inte.

De viktigaste internationella och nationella organisationerna som utfärdar standarder är:

- International Organization for Standardization (ISO)
- Europeiska standardiseringskommittén (CEN)
- American Society for Testing and Materials (ASTM)
- Deutsches Institut für Normung (DIN)
- Japanese Standards Association (JSA)
- British Standards Institution (BSI)
- Organisationen för ekonomiskt samarbete och utveckling (OECD)
- Standarder Australien (AS)

Vissa europeiska standarder kallas harmoniserade standarder. Detta innebär att Europeiska kommissionen har gett det europeiska standardiseringsorganisationen CEN i uppdrag att utarbeta innehållet i standarden.

Det standarderingsarbete som sker inom organisationerna ISO, ASTM och CEN och som gäller biobaserade plaster omfattar i första hand nedbrytbarhet, komposterbarhet och kontroll av mängden förnyelsebart material (kol) i kommersiella biobaserade plaster.

I detta arbete bidrar även organisationerna DIN, BSI och Japan biobaserade plaster Association

En standard är ett dokument som beskriver testförfarande, krav, specifikationer, riktlinjer eller egenskaper som kan användas för att säkerställa att material, produkter, processer och tjänster är lämpliga för sitt ändamål.

(JBPA) i arbetet att utveckla och utfärda normer för biologiskt nedbrytbara och/eller komposterbara biopolymerer.

En standardiserad metod är ett överenskommet dokument som definierar:

- En exakt vetenskaplig experimentell procedur, som kan appliceras på ett material eller produkt för att framställa ett testresultat.
- Ett exakt sätt att mäta och beräkna resultat.

Teststandarder innehåller detaljerade beskrivningar av de procedurer som måste utföras för att uppnå överensstämmelse med den övergripande standarden.

En teststandard anger till exempel hur uppmätningen av nedbrytningen hos ett visst material måste utföras, eller vilka kriterier som måste uppfylldas. En produkt eller tjänst som uppfyller dessa krav kan legitimt göra anspråk på överensstämmelse med respektive standard.

5.2.1 Standarder för deponering och återvinning av plaster

De befintliga regelverken för deponering och återvinning av polymera material innefattar standarder, certifieringar och juridiska aspekter.

Teststandarder och/eller testmetoder för kontroll och karaktärisering av plaster för återvinning behandlas i standardserien EN 1534x. Denna standardserie är framtagen för de vanligaste plasterna och definierar kriterier och kvalitetsnormer för återvunnen plast tillverkade av PE, PP, PS, PVC och PET.

Tyvärr behandlar dessa standarder bara ett fåtal av de vanligast förekommande plastmaterialen. I förekommande fall går det utmärkt att likställa ett petrobaserat plastmaterial med dess biobaserade motsvarighet. Så är t.ex. fallet i Bio-PE där det inte finns någon skillnad i materialens grundläggande egenskaper, utan dessa kan återvinnas tillsammans med deras petrobaserade motsvarigheter.

5.2.2 Standarder för återvinning av biobaserade plaster

Det finns idag ingen standard som behandlar utmaningarna som finns kring sortering och återvinning av biobaserade plaster. Det pågår ett utvecklingsarbete kring dessa frågor men det kan dröja innan nya standarder blir publicerade.

Under tiden rekommenderas det att industrin använder de befintliga standarder som finns kring återvinning av petrobaserade plaster.

5.2.3 Standarder för biologisk nedbrytning

Biobaserade material är inte per definition alltid nedbrytbara. Biobaserat betyder endast att materialet är helt eller delvis producerat från biologiska och förnybara resurser.

Enligt ASTM och ISO bör följande definitioner användas:

- Nedbrytbara material: material avsedda att genomgå en betydande förändring i sin kemiska struktur under särskilda miljöförhållanden. vilket resulterar i en förlust av vissa egenskaper som tidsmässigt kan mätas med standardiserade testmetoder och därmed klassificeras.
- Biologiskt nedbrytbart material: material som bryts ner genom påverkan från naturligt förekommande mikroorganismer t.ex. bakterier, svampar och alger.
- Fotodegraderbara material: material som bryts ner genom inverkan av solljus.
- Oxidativt nedbrytbara material: material som bryts ner i kontakt med syre (oxidation).
- Hydrolytiskt nedbrytbara material: material som bryts ner i kontakt med vatten (hydrolys).
- Komposterbara material: material som bryts ner via en biologisk process under kompostering,

och resulterar i bildandet av koldioxid, vatten, och biomassa med en hastighet som överensstämmer med andra kända, komposterbara material och lämnar inte något visuellt urskiljbara eller giftiga rester.

De teststandarder som finns inom området biologisk nedbrytning är indelade i kategorier beroende på miljöförhållandena som används under nedbrytningstesterna.

Tillgängliga kategorier (i fetstil) av teststandarder för biologisk nedbrytning [14]:

Akvatisk aerob (med syre)
ISO 9408:1999, ISO 9439:1999, ISO 9887:1992, ISO 9888:1999, ISO 10634:1995, ISO 14851:1999, ISO 14851:1999, ISO 14852:1999, ISO/TR 15462:2006, EN 14047:2002, EN 14048:2002, ASTM D5209-92, ASTM D6340-98 (2007)

Akvatisk anaerob (utan syre)
ISO 11734, ISO 13975, ISO 14853, ISO 14853, ASTM D5210-92

Deponi med hög torrhalt
ISO 15985, ISO 15985, ASTM D5511-12, ASTM D5526-12, ASTM D7475-11

Kompost
ISO 14855-2, ISO 20200, EN 14806, ASTM D5338-11, ASTM D6340-98

Jord
ISO 11266, ISO 17556, CEN/TR 15822, ASTM D5988-12

Marin
ISO 16221, ASTM D6691-09, ASTM D7081-05, ASTM D7473-12, OECD 306

Övrig
ISO 11721-1, ISO 11721-2, ASTM D6954-04, ASTM G21-09

5.2.4 Standarder för komposterbarhet

Det är bara komposterbara plaster som är godkända enligt de internationella standarderna, som får/bör behandlas i industriella komposteringsanläggningar.

Plastmaterials och produkters komposterbarhet kan kontrolleras och bli godkända genom att framgångsrikt möta den harmoniserade europeiska standarden, EN 13432 eller EN 14995. Dessa standarder definierar de tekniska kraven för komposterbarhet av plaster enligt följande:

- EN 13432: 2000 Förpackning – ställer krav på att förpackningar är nedbrytningsbara genom kompostering och biologisk nedbrytning, vilket kontrolleras genom ett testprogram med tillhörande utvärderingskriterier för slutgiltigt godkännande.
- Standarden EN 13432: 2000 harmoniserar även till EU:s direktiv om förpackningar och förpackningsavfall (94/62/EG) vilket medför att en överensstämmelse med stadarden även innebär att man uppfyller de väsentliga kraven i direktivet.
- EN 14995: 2006 Plast – ställer upp krav för utvärdering av komposterbarhet och biologisk nedbrytning av plastmaterial och plastprodukter som används i tillämpningar som inte är förpackningar.

Gällande plasters kompostbarhet så finns det idag standarder som definierar:

- Vetenskapliga tester som kan användas för att mäta egenskaperna hos plaster och polymer.
- Fastställda kriterier (tröskelvärden) som dessa mätningar måste uppfylla för polymeren att betraktas som “komposterbar.”

Som exempel kan nämnas standarden CEN/TR 15932 som bl.a. beskriver skillnaden mellan biologisk nedbrytbarhet (CEN/TR 16208) och komposterbarhet (CEN/TR 16208).

Biologisk nedbrytbarhet (CEN/TR 16208): Förmågan hos ett material att brytas ner av mikroorganismer under komposterings förhållanden.

Desintegration (CEN/TR 16208): Förmågan hos ett material att sönderfalla inom en viss tid till små partiklar.

Hit hör även certifieringar enligt EN 13432 och EN 14995.

Bild 5.1 Kompostpåse med märkningar för komposterbarhet

5.2.5 Standard för biobaserad kolinnehåll

Den ökade användningen av biomassa för tillverkning av polymera material är gynnsam för att minska förbrukningen av fossila resurser och den globala uppvärmningen,
då produktionen av koldioxid minskas.

Standarderna ISO 16620 och ”CEN/TS 16137: 2011 Plast - Bestämning av biobaserad kolinnehåll” från Europeiska standardiseringskommittén (CEN), anger metoden för att bestämma det biobaserade kolinnehåll i en polymer eller ett plastmaterial genom mätning med kol-14-metoden.

Standarderna/metoderna bedömer det totala kolinnehåll i ett material eller en produkt och uttrycker det biobaserade kolinnehåll som en fraktion av vikten (massan) eller en viktprocent.

Dessa standarder överensstämmer även med ASTM 6866 och är för närvarande den viktigaste metoden och riktlinjen för att t.ex. vid marknadsföring kunna styrka påståenden om en produkts eller materials förnyelsebarhet.

Därutöver så pågår det inom den tekniska kommittén, CEN/TC 411 “Biobaserade produkter”, ett arbete med att utveckla bedömningskriterier kring hållbarhetsaspekter för biobaserade produkter.

5.3 Certifiering och märkning

Källor: "Certification of bioplastics", Petra Horvat och Andrej Kržan, www.plastice.org

5.3.1 Certifikat

En certifiering är ett sätt att säkerställa att material och produkter motsvarar de krav som ställs på dem. Certifieringen fungerar som en kvalitetsstämpel, vilket underlättar för kunder att välja rätt produkt. En tredje part utfärdar ett skriftligt erkännande, eller certifikat som intygar att en produkt, process eller tjänst uppfyller specifika krav enligt vilken den är certifierad.

Ett certifikat är ett officiellt dokument som används för att garantera en viss egenskap. I fallet av biologiskt nedbrytbara polymera material, är ett certifikat ett intyg om att en produkt är nedbrytbar enligt de villkor som anges i standarden. När det gäller material tillverkade av förnybara resurser, visar intyg att produkten innehåller en viss andel förnybart innehåll.

En certifiering kan bara ges, eller utföras av ett organ, en juridisk eller fysisk person som är ackrediterad (godkänd) av utgivaren till den standard som certifieringen gäller.

5.3.2 Märkning

I samband med en certifiering så kan t.ex. ett visst resultat innebära att produktägaren får möjlighet att använda, eller att en viss produkt blir kvalificerad för att bära en viss kvalitetsmärkning.

Användandet av en märkning är oftast även omgärdad av särskilda bestämmelser mellan en certifieringspartner och ägare av en produkt eller ett varumärke.

5.3.3 Certifieringsorganisationer

De ledande certifieringsorganisationerna rörande biobaserade plaster i Europa är DIN CERTCO och Vinçotte. DIN CERTCO utfärdar certifikat och intyg för material och produkter som tillverkats av komposterbara material enligt standarderna DIN CEN/TR 16208, DIN CEN/TS 16137, ISO 16620 och EN 13432.

Utöver detta så erbjuder båda certifikat för plast som lämpar sig för hemkompostering och för plaster som är biologiskt nedbrytbara i jord och vatten.

Certifikat för biologiskt nedbrytbara produkter utfärdas även av SP - Sveriges Tekniska Forskningsinstitut som har ett heltäckande certifieringssystem för kvalificering av både material och produkter genom mekanisk återvinning, bionedbrytning och/eller energiutvinning genom t.ex. förbränning.

5.3.4 Exempel på certifieringsprocess

Processen att söka ett certifikat är helt frivilligt, men börjar normalt med att en tillverkare eller produktägare tar kontakt med en certifierings organisation för att skicka in en ansökan innehållande information om den produkt som man avser att certifiera.

Certifieringsorganisation översänder därefter en lista över ackrediterade laboratorier som är godkända för att utföra de testmetoder som krävs enligt standarden. Ett ackrediterat laboratorium är kontrollerat av ett ackrediteringsorgan som tillsammans med en oberoende inspektör granskar överensstämmelse med standarden EN ISO/IEC 17025.

När laboratoriet är klart med analyserna skickas testrapporten till certifieringsorganisationen, där

experter granskar resultaten. Utifrån ett positivt resultat, utfärdar sedan certifieringsorganisationen ett certifikat för produkter, som kvalificerar tillverkaren att använda den aktuella märkningen.

5.3.5 Certifiering av komposterbara produkter

Komposterbarhet är en egenskap hos ett material som innebär att materialet bryts ner under en komposteringsprocess.

Standarderna EN 13432 för förpackningar och EN 14995 för övriga plaster ställer krav på utvärdering av biologisk nedbrytbarhet, desintegrering miljötoxicitet och kemisk karakterisering (främst tungmetaller).

Material, halvfabrikat och tillsatser kan certifieras, men får då bara ett intyg om att de är kompatibla med aktuell standard. Dessa kan därmed inte ges en märkning, utan detta är förbehållet den slutliga produkten, då dennes fysiska form är av avgörande betydelse vid t.ex. provning av ett produkts desintegrerbarhet, innebärande att intyg, certifieringsnummer och märkningen endast kan tillämpas på färdiga produkter.

Ett certifikat tilldelas för en period på tre år, under vilken nya kontroller utförs på produkten en gång per år. För material, halvfabrikat och tillsatser gäller sex år med kontroll.

Se “Tabell 3. Certifieringsorganisationer och certifikat för komposterbara material” på sida 43 och “Tabell 4. Certifieringsorganisation och certifikat för andra nedbrytbara material” på sida 43.

5.3.6 Certifiering av material från förnybara råvaror

Det finns för närvarande inga regler som kräver att materialtillverkare eller produkt ägare måste redovisa mängden förnybara och biobaserade råvaror i ett material eller en produkt. Intresset kring dessa frågor har ur ett marknads- och konsumentperspektiv vuxit explosionsartat under de senaste åren tack vare ett ökat intresse i branschen och bland konsumenterna för att köpa miljövänliga produkter.

Fastställande av det biobaserade innehållet i ett material eller produkt görs genom att mäta mängden av den radioaktiva isotopen kol-14 i ett material. Kol-14 är naturligt förekommande i alla levande organismer, men avklingar långsamt efter det att en levande organism har dött. Halveringstiden för Kol-14 är 5 700 år och efter 50 000 år har innehållet av Kol-14 sjunkit till nivåer som inte kan mätas. Detta innebär att koncentrationen av Kol-14 i fossila resurser är försumbar.

Standarderna ISO 16620, ASTM D6866 och CEN/TS 16137 anger metoden för att bestämma det biobaserade kolinnehåll i en polymer eller ett plastmaterial genom mätning av Kol-14. Provningsstandarderna bedömer det totala kolinnehåll i ett material eller en produkt och uttrycker det biobaserade kolinnehåll som en fraktion av vikten (massan) eller en viktprocent.

Några certifieringsorganisationer och deras märkningar finns i Tabell 5 sida 44.

Tabell 3. Certifieringsorganisationer och certifikat för komposterbara material

Land	Organisation	Standard	Märkning
Sverige	SP	EN 13432 , EN 14995, ASTM D 6400	
Belgien	Vinçotte	EN 13432, EN 14995	
Belgien	Vinçotte	En variant på EN 13432 anpassad för lägre temperaturer	
Tyskland	DIN CERTCO	EN 13432, ASTM D6400, ISO 17088, EN 14995	
Tyskland	DIN CERTCO	EN 13432, ASTM D6400, ISO 17088, EN 14995 och AS 4736 samt AS 5810	
USA	Biodegradable products Institute	ASTM D6400	

Tabell 4. Certifieringsorganisation och certifikat för andra nedbrytbara material

Land	Organisation	Standard	Märkning
Sverige	SP	SPCR 141, ASTM D 6954, ISO 17556	
Belgien	Vinçotte	En variant på ISO 14851 och ISO 1485	
Belgien	Vinçotte	En variant på ISO 17556, ASTM D 5988 och ISO 11266	

Tabell 5. Certifieringsorganisationer för produkter med förnybara råvaror

Bildkälla: www.bioplasticsmagazine.com och www.corbion.com

Land	Organisation	Standard	Märkning
Belgien	Vinçotte	20 – 40 %	
		40 – 60 %	
		60 – 80 %	
		> 80 %	
Tyskland	DIN CERTCO	20 – 50 %	
		50 – 85 %	
		> 85 %	

5.4 Märkning av plast för återvinning

Märkning med återvinningssymboler på produkter som är tillverkade av plastmaterial har som huvudsakligt syfte att underlätta sortering i materialgrupper vid återvinning. Märkning ger också i vissa fall användaren information om vilket material som produkten är tillverkad av.

Lagkrav

För närvarande föreligger inga lagkrav på märkning av plastprodukter.
Återvinningsbara material
Alla plaster av typen termoplaster, d.v.s. plaster som efter formning till olika detaljer fortfarande är smältbara är återvinningsbara och kan märkas med återvinningssymboler.
Osmältbara plastmaterial, t.ex. härdplaster, är inte återvinningsbara i den meningen att de kan smältas på nytt och formas till nya produkter och omfattas inte av något märksystem för återvinning.

Rekommenderat märkningssystem

I avvaktan på ett gemensamt märknings-/ sorteringssystem inkl. föreskrifter inom EU så rekommenderas den svenska plastbranschen att använda någon av standarderna DIN 6120, DIN 54 840 eller VDA 260.

Symbolerna i standarderna DIN 6120 och DIN 54 840 utgörs av triangelpilar, en ”Möbius Loop”, med siffror och används för materialmärkning.

DIN 6120 används för märkning av plastförpackningar och DIN 54 840 för allt övrigt plastformgods. Standarderna är till stor nytta vid återvinning, men kan även användas för att skilja olika plastsorter åt vid reperationer, förbränningen etc.
Den universella återvinningssymbolen ”The Möbius Loop” (Unicode U+2672 eller U+267B) är

Bild 5.2 Kompostpåse med märkningar för komposterbarhet

en internationellt erkänd symbol som sedan 1970 har används för att beteckna återvinningsbara material. Den består av tre inbördes vinklade pilar som bildar en så kallad Möbius remsa eller ring.

http://en.wikipedia.org/wiki/Recycling_symbol

5.4.1 Märkning av förpackningar, DIN 6120

Inom förpackningsindustrin är DIN 6120 vanlig vid märkning av plastförpackningar. I denna standard anger första siffran i triangeln materialsorten, i detta fall en nolla, vilket betyder ”plast”. Andra siffran anger vilken typ av t.ex. plast som avses.

Se Bild 5.3 för märkningar enligt den tyska DIN 6120-standarden.

Enligt uppgift pågår det även ett arbete för att ta fram koder för de nya biobaserad plastmaterialen som börjar bli allt vanligare.

Bild 5.3 Den universella återvinningssymbolen "The Möbius Loop"

5.4.2 Märkning av plastformgods, DIN 54 840

Inom tysk och svensk industri används oftast DIN 54 840 som även uppvisar stora likheter med den tyska standarden VDA 260 samt även ISO 472, 1043, 1087 samt DIN 7728 och 7723.

Viktigt är att notera de tillägg som görs tillsammans med återvinningssymbolen ”Other” för att täcka in en betydligt större bredd av de materialvarianter och kvaliteter som förekommer på marknaden. Exempel på hur dessa skall ske åskådliggörs här med följande exempel för några vanliga termoplaster: >ABS<, >PMMA<, >PC, >POM<, >PA6<, PA6/12<, >PA66 GF30< samt för termoplastlegering >PC+ABS< och några termoelaster >SEBS<; >PP+EPDM samt TPE-U<.

Se Bild 5.4 för märkningar enligt DIN 54 840.

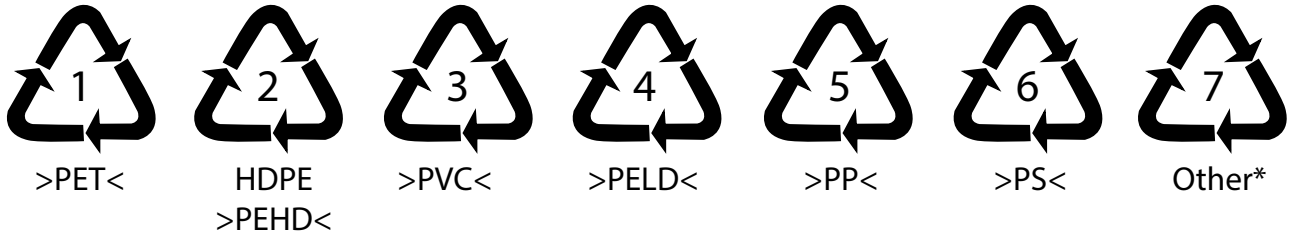


Bild 5.4 Märkning av plastformgods enligt DIN 6120. O* står för "Other" d.v.s. övriga.

5.4.3 Övrigt

Enligt t.ex. elektronikmärkningen TCO Certified skall alla plastkomponeter som väger mer än 25 gram i en produkt märkas enligt standarden DIN 54 840, som även överensstämmer med ISO 11 469.

Inom den amerikanska bilindustrin används märkningen SAE som baserar sig på standarderna ASTM D 1600, ASTM D 4000, SAE J 1344 samt ISO 1043.

5.5 Märkning av biobaserade plaster för återvinning

På grund av deras likheter kan produkter tillverkade av biobaserade plaster inte lätt skiljas från produkter tillverkade av konventionella (petro-baserade) plastmaterial. Dessa relativt nya plastmaterial är samtidigt en väldigt blandad grupp av material som har förmågan att vara allt ifrån hållbara, eller beständiga till att vara nedbrytningsbara eller vattenlösliga.

Moderna återvinningsmetoder såsom mekanisk återvinning, kompostering och förbränning har olika för- och nackdelar men är, inte minst ur ett effektivitets perspektiv, väldigt beroende av att rätt typ av material återvinns med rätt metod. Detta understryker behovet av ett certifierings- och märkningssystem för både hantering och separering av både biobaserade och nedbrytningsbara plastmaterial. Inom Europa finns det idag många olika typer av certifierings- och märkningssystem inom området hållbarhet, men det saknas tyvärr fortfarande system som på ett strukturerat sätt behandlar områdena identifiering, sortering och återvinning av bl.a. biobaserade plaster.

Framtagningen av ett erkänt märkningssystem för produkter tillverkande av biobaserade plaster är därför viktigt utifrån ett återvinningsperspektiv, men även för att konsumenter ska få korrekt information samt skapandet av en positiv opinion kring användandet av biobaserade plaster.

Märkningen bör grundas på allmänt erkända normer och kontrolleras genom en certifieringsprocess. Målen med en produktmärkning bör vara:

- Att möjliggöra identifiering av materialet för användare/konsumenter
- Att bekräfta produktens egenskaper

- Att underlätta korrekt sortering vid insamling och återvinning av avfall
- Att intyga och säkerställa produktens kvalitet

SP:s certifieringsregler, SPCR 141

SP - Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har utvecklat ett heltäckande certifieringssystem som kan användas för kvalificering av både material och produkter för vidarförädling som avfall genom mekanisk återvinning, bionedbrytning (industriell kompostering, hemkompostering m.m.) och/eller energiutvinning genom t.ex. förbränning.

Systemet som är beskrivet i SP:s certifieringsregler, SPCR 141 består av både testmetoder och kriterier för acceptans. Avsikten är att kunna erbjuda ett enhetligt och lättfattligt system underlätta för tillverkare att få en relevant och opartisk verifiering av egenskaper medan slutanvändarna kan använda det som instruktion vid avfallshantering.
www.sp.se/sv/index/services/certprod/certprod-profil/energi/polyavfall/Sidor/default.aspx

The Seedling

Märkningen ”The Seedling” är en tredjepartscertifiering för komposterbara material och produkter och är framtagen av European Bioplastics. Logotypen tillsammans med ett certifikatnummer används för att vara ett stöd vid inköp, avfallshantering samt sortering.

Certifieringen av material och produkter sker i enligt med standarden EN 13432/14995 som tidigare nämnts. Certifieringarna erbjuds idag av bl.a. belgiska Vinçotte och tyska DIN CERTCO. Certifieringen är idag accepterad i Belgien, Schweiz, Tyskland, Nederländerna, Polen samt Storbritannien och man strävar efter att införa märkningen inom hela EU.
Läs mer: http://en.european-bioplastics.org/standards/labelling/compostability-label/

5.6 Märkning av mängden biobaserat innehåll

Det finns för närvarande inga obligatorisk krav på att produkter och material skall ha en märkning där mängden biobaserat material i produkten framgår. Producenter kan däremot på frivillig basis välja att lämna denna information till konsumenterna, och därmed underbygga sina påståenden i marknadsföringen.

I dessa fall bör dock EU-standarden ”CEN/TS 16137:2011 Plastics – Determination of biobased carbon content” användas. Standarden beskriver en metod för bestämning av mängden biobaserat kol i monomerer, polymerer och plastmaterial i förhållande till mängden fossilt kol. Den mätmetod som standarden bygger på är en Kol-14-mätning.

Det finns idag flera organisationer som tillhandahåller certifieringar och märkning baserade på denna standard, några av de dessa är:
DIN CERTCO eller VINÇOTTE.
www.dincertco.de/en/dincertco/produkte_leistungen/zertifizierung_produkte/umwelt_1/umwelt.html eller www.okcompost.be/en/home/

5.7 Märkning av bra miljöval

Gröna Punkten

Gröna Punkten är ett varumärke som lanserades i Tyskland på 1990-talet, men som blir allt vanligare på förpackningar även i resten av Europa. Symbolen talar om att avgiften för förpackningsåtervinning är betald i det land där produkten säljs.

I Tyskland finns den på alla förpackningar som kan lämnas för återvinning. I Sverige är det valfritt för de producenter som betalar återvinningsavgift för sina förpackningar att använda märkningen på sina förpackningar. Att symbolen saknas på en förpackning i Sverige betyder alltså inte att förpackningen inte får lämnas till återvinning.
www.ftiab.se/242.html

Cradle to Cradle

Cradle to Cradle är ett hållbarhetskoncept och en designstrategi utvecklad av kemiprofessor Michael Braungart och arkitekt William McDonough. Cradle to Cradle kan appliceras på allt från material och produkter till processer, byggnader och städer och använder naturens egna processer som modell för mänsklig produktion och grundar sig på tre huvudprinciper:

- Avfall = föda
- Solen som energikälla, i alla dess former
- Främja mångfald

Enligt Cradle to Cradle kan alla material genom rätt grunddesign bli näring antingen åt mikroorganismer eller industriella processer. Därigenom eliminerar man avfall som koncept. I förlängningen står Cradle to Cradle för en ny, cirkulär ekonomi där material – precis som in naturen – aldrig förstörs eller ackumuleras och där tillväxt, produktion och konsumtion är av godo.

Genom den oberoende, icke vinstdrivande organisationen ”Cradle to Cradle Products Innovation Institute” kan företag C2C-certifiera material och produkter och därmed få en kvalitetsstämpel som underlättar för kunder att välja rätt.

Krav för certifiering är att produkten innehåller kända material (till 100 ppm), att materialen har definierade kretslopp (kan återvinnas), att produkterna och materialen är säkra för hälsa och miljö och att produktionsprocesserna, inklusive användningen av luft, vatten och energi, fyller kraven. Sociala faktorer som arbetares villkor vägs också in i bedömningen.

Certifiering sker på nivåerna ”Basic”; ”Silver”; ”Gold” och ”Platinum” baserat på hur väl kraven uppfylls.
www.c2ccertified.org/

Bra Miljöval

Bra Miljöval är Svenska Naturskyddsföreningens miljömärke. Svenska Naturskyddsföreningen ställer miljökrav för de produkter som ska få använda Bra Miljöval-märket. Bra miljöval är en av de vanligaste miljömärkningarna på svenska marknaden.

Kraven på produkterna är hårt ställda men inte omöjliga att nå. Istället skärps kraven efter hand och produkterna måste successivt utvecklas och bli mindre skadliga för miljön.

Märkningen finns för flera olika områden och produkter, därför skiljer sig de specifika kraven i kriterierna åt. Men kriterierna bygger alla på samma grundidéer: Spara på naturresurserna, den biologiska mångfalden och människans hälsa får inte hotas samt att material ska kunna återföras till naturens kretslopp, användas på nytt eller återvinnas.

Märkningen gäller antingen varor (till exempel papper, textiler och tvättmedel) eller tjänster (till exempel el, transporter och försäljning av livsmedel i butik), inte hela företag. Textilier märkta med Bra Miljöval finns indelade i två steg. Det första gäller framställningen av fibrerna. Det andra gäller beredningen av textilen. Även second hand, re-design och vintage kan märkas med Bra Miljöval.
www.naturskyddsforeningen.se

Svanen

Svanen är en nordisk officiell miljömärkning beslutad av Nordiska Ministerrådet. Svanen granskar varors miljöpåverkan ur ett livscykelperspektiv - från råvara till avfall eller återvinning. Utöver hårda klimat- och miljökrav ställs även krav på produktens funktion och kvalitet. För att få en ständig miljöförbättring skärps kraven kontinuerligt. Idag Svanenmärks allt från tvättmedel till möbler, butiker, biltvättar och hotell.
www.svanen.se

EU-blomman

Ecolabel eller EU-blomman som den är EU:s gemensamma symbol för miljömärkning. I dagsläget är det mest kemiska och hygienprodukter som får denna märkning.
Ecolabel är mycket likt Svanen. Produkterna granskas ur ett livscykelperspektiv och de ska uppfylla stränga miljö-, funktions- och kvalitetskrav. För att få en ständig miljöförbättring skärps kraven kontinuerligt. Märkningen finns bland annat på färg, textilier och barnskor.
http://ec.europa.eu/agriculture/organic/consumer-confidence/logo-labelling_sv

The Blue Angel

Blå ängeln initierades av den tyska regeringen och delas ut av en oberoende jury till produkter som är mer miljövänligare än andra för samma användning. Märkningen anger att produkten eller tjänsten bidrar till att förbättra en eller flera av följande fyra grundvärden: hälsa, klimat, vatten och resurser.

Blå ängeln bidrar till att förstärka både miljö- och konsumentskyddet. Märkningen är framför allt avsedd för produkter och tjänster som är fördelaktiga för miljön vid en allsidig användning och som samtidigt uppfyller höga krav för hälsa och säkerhet.
www.blauer-engel.de

NF Environnement

NF Environnement är en miljömärkning som ges ut av den franska nationella organisationen för standardisering, AFNOR (Association française de Norma). Miljömärkningen påminner mycket om Svanen och värderar en produkt eller tjänst utifrån termer som användbarhet och miljöpåverkan.

För att få denna certifiering, måste produkterna uppfylla kriterier som energiförbrukningen, industriella biprodukter, luft- och vattenföroreningar, etc. Liksom EU miljömärkningen ”EU-blomman” så är också NF Environnement baserat på ett livscykeltänkande.
http://nf-environnement-ameublement.com/en/

Svalan

Svalan är Astma- och Allergiförbundets egen märkning. Syftet är att hjälpa astmatiker och allergiker att hitta varor som är bra ur allergisynpunkt. Kriteriet för att få använda märket är att produkten ska vara fri från allergiframkallande ämnen. Märkningen ska ses som en vägledning, inte som en fullständig garanti för att den märkta produkten inte kan orsaka allergiska problem.
www.astmaoallergiforbundet.se

5.7.1 Länkar

Sverige:
FTI – Förpacknings & Tidningsinsamlingen, Sverige
Den svenska paraplyorganisationen för förpackningsåtervinning.
www.ftiab.se

Sveriges Avfallsportal
Information om nyttan av att sortera sopor, hur man gör och vad som händer med avfallet sedan. Här kan du också läsa om vilka återvinningsregler som gäller i din kommun.
www.sopor.nu

Certifiering av biobaserade och nedbrytbara produkter i andra länder:

BCPN:
Belangenvereniging Composteerbaare Producten Nederland [nl]

Beta Analytic:
Betalabservices (USA, INT)

BPI:
Biodegradable Products Institute (USA)

BPS:
Biodegradable Plastics Society (Japan)

DIN Certco:
Gesellschaft für Konformitätsbewertung (D, EU)

AIB Vincotte:
Certification Institute (B, EU)

COBRO:
Centralny Osrodek Badawczo-Rozwojowy Opakowan (Poland) [pl]

Compost UK:
Association for Organics Recycling (UK)

ISCC:
International Sustainability & Carbon Certification System for Biomass and Bioenergy

NRK BioBased:
Nederlandse Rubber- en Kunststofindustrie

Bild 5.5 Närbild på träfiberkomposit med HDPE (vänster) och PP (höger).

6. Sortering och återvinning

6.1 Inledning

I detta kapitel presenteras övergripande vilka metoder för sortering och återvinning som kan användas för biobaserade plaster. I Europa finns också lagstiftning som styr hur man reglerar användning och utfasning av olika miljöfarliga ämnen, genom REACH (”Registration, Evaluation, Authorisation and restriction of Chemicals”). Eftersom denna förordning måste beaktas vid materialåtervinning av biobaserade plaster presenteras förordningen också kort.

6.2 Metoder för sortering av plaster

Källa: “Vad vet vi om farliga ämnen vid materialåtervinning av plast” Bibi, Andersson, Jensen och Rydberg, IVL, B2031, Feb. 2012

I samtal med aktörer inom återvinningsbranschen så har det framkommit att NIR är den vanligaste metoden för automatisk/maskinell sortering av plaster idag. För detektering av tillsatser som flamskyddsmedel, används XRF-scanners eller sink/float metoden (densitetsskillnad).

Elektronikdemontering

De plaster som sorteras ut vid elektronikdemontering går främst på export, för materialåtervinning utomlands, via traders. Exempel på de krav som ställs är att det ska framgå från vilken bransch som plasten uppkommit och att 98 % av det utsorterade materialet ska utgöras av plast. För sorterad plast får man mer betalt än för osorterad plast.

Produktionsspill

Vad det gäller produktionsspill som kommer direkt från en tillverkare, så har man ofta en mycket god kontroll över vilka ämnen som plasten innehåller, baserat på den spårbarhet som normalt finns hos tillverkaren. Detta behöver därför inte sorteras eller kontrolleras i någon större utsträckning, utan man förlitar sig på den information som leverantören anger. Ofta upprättas också en inköpsbekräftelse i vilken leverantören lovar att plasten är fri från t.ex. SVHC substanser (substances of very high concern).

Märkningssystem

De befintliga märkningssystemen för plaster bedömer återvinningsbranschen vara ett trubbigt verktyg för att sortera bort plast innehållande farliga ämnen, eftersom märkningen inte ger någon information om ingående tillsatsmedel och additiv. Det finns inte heller något enhetligt internationellt märkningssystem utan flera olika förekommer, både utifrån geografi men också för olika applikationer där t.ex. förpacknings- och bilindustrin har egna system.

Manuell sortering

Vidare nämner Retegan m.fl. (2010) att de metoder som praktiskt används av medarbetarna på återvinningsföretagen är *skriftliga instruktioner och riktlinjer för operatörer* om vilka komponenter i plastavfall från elektriska och elektroniska produkter som i allmänhet innehåller bromerade flamskyddsmedel som ska tas bort manuellt.

Densitetskillnad

Sink/float metoden separerar olika plastsorter med hjälp av densitetskillnaden som normalt finns mellan olika huvudgrupper eller material beroende på andelen armering eller fyllmedel.

Tillsatsmedel som t.ex. brom är har en hög densitet vilket medför att brominnehållande plaster går att särskilja från bromfria material, då

den senare flyter i ett vattenbad medan den förra sjunker. Vattnets densitet regleras genom tillsats av salter.

Analys av flamskyddsmedel

Enligt Retegan m.fl. (2010) föredras XRF som metod för att detektera förekomsten av bromerade flamskyddsmedel, såsom PBDE, då detta det är en metod som är relativt billig, lätt och kan göras mobilt. Andra mätmetoder är infraröd spektroskopi (FT-IR), vätskekromatografi (HPLC) gaskromatografi och masspektroskopi (GC/MS), men dessa används sällan eftersom dessa normalt kräver tillgång till ett laboratorium.

6.3 Reach och återvinning av plaster

Källor: http://echa.europa.eu/sv/regulations/reach/understanding-reach, Faktabladet "Reach - EU:s kemikalieförordning", utgiven Januari 2015 av Kemikalieinspektionen.

6.3.1 Vad är Reach?

Reach är en förordning som Europeiska unionen har antagit för att förbättra skyddet av människors hälsa och miljön från risker som kan förorsakas av kemikalier, samtidigt som den ökar konkurrenskraften inom EU:s kemikalieindustri. Reach främjar även alternativa metoder för riskbedömning av ämnen i syftet minska antalet djurförsök.

Reach-förordningen (EG) nr 1907/2006 handlar om registrering, utvärdering, tillståndsprövning och begränsning av kemiska ämnen. Förordningen syftar därmed till att skapa ett systematiskt förfarande för insamling och utvärdering av information om ämnenas egenskaper och farlighet.

Reach gäller i princip för alla kemiska ämnen, inte enbart de kemiska ämnen som används inom industriell tillverkning, utan även till exempel i rengöringsprodukter och målarfärger samt i varor som kläder, möbler och hushållsapparater.

Grundprincipen i Reach är att den som tillverkar eller importerar kemiska ämnen i mängder om minst 1 ton per år ska registrera dessa hos den europeiska kemikaliemyndigheten Echa, senast den 31 maj 2018. De ämnen som tillverkas eller importeras i mängder över 100 ton skall däremot redan ha blivet registrerade tillsammans med de ämnen som bedöms som farligast.

Reach lägger bevisbördan på företagen. För att uppfylla kraven i förordningen måste tillverkare och importörer identifiera, bedöma samt informera om de aktuella ämnena, samt vilka åtgärder som behövs för en säker hantering. Om riskerna inte kan hanteras kan myndigheterna begränsa användningen av ämnena på olika sätt. På lång sikt bör även farliga ämnen ersättas med mindre farliga alternativ.

Reach

- **Reach gäller i huvudsak för kemiska produkter, dvs. ämnen och blandningar. Krav ställs också på dem som hanterar varor som innehåller farliga kemiska ämnen.**
- **Reach gäller i princip för alla kemikalier, blandningar och slutprodukter som t.ex. kläder, möbler eller plastvaror. Men för vissa typer av ämnen (bland annat polymerer och intermediärer) görs undantag från delar av kraven i Reach.**
- **Vissa produkter som exempelvis bekämpningsmedel, läkemedel och kosmetiska produkter omfattas av annan lagstiftning även i fortsättningen.**

6.3.2 Definitionen av olika roller

I Reach skiljer man mellan tillverkare och importör. En *tillverkare* är ett företag som inom EU/ESS-området tillverkar kemikalier, antingen för egen användning eller för leverans eller export till andra. En *importör* som är ett företag som köper eller importera varor från länder utanför EU/EES-området.

Både tillverkare och importörer är skyldiga att tillse att alla kemiska ämnen är registrerade till Echa, samt ta fram och distribuera ett säkerhetsdatablad till sina kunder och i vissa fall även en kemikaliesäkerhetsrapport. En leverantör utanför EU kan även utse en så kallad ”enda representant” som i stället för importören fullgör de skyldigheter som gäller enligt Reach.

Ett *säkerhetsdatablad* skall informera om den aktuella varans egenskaper, risker och vilka skyddsåtgärder som ska vidtas vid användning. Bladet ska uppdateras när det framkommer ny information om faror och risker. Ämnen som finns upptaget på Reach kandidatförteckningen skall deklareras när halten av ämnet är 0,1 viktprocent eller högre i en vara eller blandning.

En *kemikaliesäkerhetsrapport* krävs om ett ämne bedöms uppfylla kriterierna för att klassificeras som farligt. I ett sådant fall måste tillverkaren/importören genomföra en exponeringsbedömning i vilken olika så kallade exponeringsscenarierna skall beskrivas utifrån hur ämnet tillverkas eller används under hela livscykeln. Även vilka riskhanteringsåtgärder och driftförhållanden som rekommenderas för att ämnet ska kunna hanteras på ett säkert sätt ska ingå.

Nedströmsanvändare är företag som använder eller förädlar ett kemiskt ämne i sin industriella eller yrkesmässiga verksamhet, men tillverkar eller importerar inte ämnet själv. En nedströmsanvändare ska följa de skyddsåtgärder som leverantören rekommenderar i säkerhetsdatabladet.

Vad betyder..

***Släppa ut på marknaden*: betyder att leverera, importera eller tillhandahålla en vara, blandning eller ett ämne till tredje part, mot betalning eller kostnadsfritt.**

***Ämne*: är ett kemiskt grundämne och föreningar av ämnet i naturlig eller tillverkad form och nödvändiga tillsatser samt föroreningar från tillverkningsprocessen men utan eventuella lösningsmedel som kan avskiljas, t.ex. aceton.**

***Blandning*: är en blandning eller lösning som består av två eller fler ämnen.**

***Vara*: är ett föremål som under produktion får en särskild form, yta eller design, som i större utsträckning än dess kemiska sammansättning bestämmer funktionen, t.ex. en stol.**

***Intermediärer*: är ett ämne som tillverkas för och förbrukas eller används vid kemisk bearbetning för att omvandlas till ett annat ämne.**

Om ämnet används på ett sätt som inte omfattas av leverantörens rekommendationer behöver nedströmsanvändaren anmäla detta till Echa och i vissa fall även göra en kemikaliesäkerhetsrapport.

Exempel på en nedströmsanvändare är ett företag som använder olika ämne för att blanda och tillverka t.ex. färg, gummi eller PVC.

En *distributör* är ett företag som lagrar och släpper ut ett kemiskt ämne eller en blandning på EU-marknaden för tredje parts räkning. Hit hör de flesta grossister och detaljister. En distributör räknas som en leverantör i Reach och är därmed skyldig att tillhandhålla säkerhetsdatablad till sina yrkesmässiga kunder.

6.3.3 Kandidatförteckningen

Kandidatförteckningen inom Reach har till uppgift att samla de kemiska ämnen som kan medföra allvarliga effekter på människors hälsa eller miljö dvs. ämnen som är giftiga, cancerfram-kallande, skada arvsmassan, störa fortplantnin-gen, är långlivade eller ansamlas.

Att identifiera dessa ämnen är en kontinuerlig process och nya ämnen tillförs därför kandidat-förteckningen succesivt genom att den uppdateras två gånger per år. Dessa ämnen riskerar även att bli föremål för tillståndsprövning innan de får säljas eller användas, varför det viktigt för företag att hålla sig uppdaterad om vilka ämnen som är upptagna på kandidatförteckningen.

För mer information om Rech och kandidat förteckningen:

Kemikalieinspektionen
www.kemikalieinspektionen.se/reach

Echa - European Chemicals Agency
www.echa.europa.eu

Kandidatförteckningen på Echa
www.echa.europa.eu/sv/candidate-list-table

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
www.msb.se

Arbetsmiljöverket
www.av.se

Naturvårdsverket
www.naturvardsverket.se

6.3.4 Hur påverkar Reach möjligheten till återvinning?

Enligt Reach-förordningen är avfall inte ett ämne, en blandning eller en vara. Det betyder att så länge ett ämne omfattas av reglerna för avfall (direktiv 2008/98/EG) får det inte användas som råvara eller intermediär vid framställningen av ett ämne, en blandning eller en vara.

Som en del av en fullständig Reach-registrering, vilket krävs för alla ämnen som tillverkas eller importeras i volymer av minst 10 ton per år och företag, så skall det göras en kemikaliesäk-erhetsbedömning. Som en del av denna, eller i det fall som materialet bedöms som farligt och exponeringsscenarier krävs, rekommenderas det att en livcykelanalys genomförs. Denna skall beskriva hur ämnet ska hanteras under ämnets hela livscykel inklusive avfallsstadiet (se bilaga I till Reach).

Frågan om när avfall upphör att vara avfall är därför komplicerad, och avgörs främst av det aktuella företagets förmåga till att säkerställa en korrekt spårbarhet, samt att det återvunna ämnets eller blandningens egenskaper överensstämmer med ett redan registrerade ämne. Det är alltså företagen själva som måste göra riskbedömningen och själva ta ställning till om det aktuella materia-let kan betraktas som intermediär eller avfall. Frågan besvaras utifrån avfallsreglerna (se nedan) och inte utifrån Reach.

Enligt artikel 6 i avfalldirektivet (2008/98/EG) så kan visst specifikt avfall upphöra att vara avfall, när det har genomgått ett återvinningsförfarande, inbegripet materialåtervinning, och uppfyller specifika kriterier som utarbetats enligt följande villkor:

- Ämnet eller varan ska användas allmänt för specifika ändamål.
- Det ska finnas en marknad för eller efterfrågan på ämnen eller varan.
- Ämnet eller varan ska uppfylla de tekniska kraven för de specifika ändamålen och befintlig lagstiftning och normer för produkter.
- Användning av ämnet eller varan kommer inte att leda till allmänt negativa följder för miljön eller människors hälsa. Kriterierna ska vid behov inbegripa gränsvärden för förorenande ämnen och ta hänsyn till ämnets eller föremålets eventuella negativa miljöeffekter.

Därutöver beskriver även Echas vägledning om avfall och återvunna ämnen (se nedan) hur avfall och återvunna ämnen omfattas av Reach-förord-ningen. Några exempel är att:

- Avgörande för registreringsplikten är att avfallet upphört att vara avfall.

- Den som återvinner ett ämne som upphör att vara avfall betraktas som en tillverkare.
- Tillverkaren av det återvunna ämnet är skyldig att registrera ämnet.

Ämnen som återvinns och därmed inte längre är avfall, kan eventuellt undantas från kravet på registrering om någon redan har registrerat samma ämne. Då måste även följande villkor vara uppfyllda enligt Reach (artikel 2.7 d):

- Det ämne som är resultatet av återvinningsprocessen är detsamma som det ämne som har registrerats i enlighet med avdelning II i Reach.
- Information om ämnet är tillgänglig för det företag som genomför återvinningen via t.ex. säkerhetsdatablad eller motsvarande.

Om dessa villkor är uppfyllda undantas det återvunna ämnet även från avdelningarna V, "Nedströmsanvändares skyldigheter" och VI, "Utvärdering". Är det fråga om en biprodukt gäller undantag enligt bilaga V i Reach så länge som ämnet inte släpps ut på marknaden, dvs. tillhandahålls någon annan. Om biprodukten släpps ut på marknaden ges inget undantag från registreringsplikten enligt Reach.

För mer information om återvinning:

EU:s direktiv 2008/98/EG om avfall
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:SV:PDF
Mer info om avfallsdirektivet går även att finna på naturvårdsverkets hemsida.

Vägledningsdokument på Echas webbplats:
http://echa.europa.eu/sv/guidance-documents/guidance-on-reach
Underlag och vägledningar på svenska gällande allt från registrering, utformning av säkerhetsblad till vägledning kring avfall och återvunna av ämnen.

6.4 Återvinningsmetoder

Källor: "Engineering Biopolymers", Hans-Josef Endres, Andrea Siebert-Raths, "Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: A review", Azadeh Soroudi, Ignacy Jakubowicz, SP Technical Research Institute of Sweden, www.ikem.se, www.avfallsverige.se

6.4.1 Inledning

Allt material kan ses som en investering för dess ägare, och därmed finns incitament att återvinna material som är spill från produktionen eller när produkterna nått slutet på sin livscykel.

Drivkrafterna är att spara pengar och att minska miljöpåverkan. I detta avsnitt beskrivs övergripande olika metoder för återvinning.

6.4.2 Översikt över metoder för återvinning

Följande alternativa metoder finns för avyttring och/eller återvinning av biobaserade plaster:

- Mekanisk återvinning
- Kemisk återvinning
- Kompostering
- Nedbrytning i jord
- Nedbrytning genom organismer (biologisk nedbrytning)
- Rötning (d.v.s. omvandling till biogas)
- Energiåtervinning (förbränning)
- Deponering (ej tillåten i Sverige)
- Materialspecifik nedbrytning

6.4.3 Mekanisk återvinning

Mekanisk återvinning är den vanligaste återvinningsmetoden inom industrin för termoplaster (d.v.s. plaster som är möjliga att forma flera gånger genom uppvärmning). Metoden innebär att sorterat och rent återgångs- och/eller återvunnet material av materialtypen termoplast mekaniskt huggs upp med hjälp av en kvarn till en jämn kornstorlek på ca 3-6 mm. Detta material används sedan som 100 % råvara eller i form av inblandningsmaterial tillsammans med jungfruligt material vid produktionen av nya produkter.

Ur ett kvalitets- och ekonomsikt perspektiv rekommenderas att allt material som återvinns genom mekanisk återvinning delas upp i två separata återvinningsflöden. Man bör separera återvinning av industrispill (pre-consumer) från materialet som kommer från återvinning av konsumentprodukter (post-consumer). Det finns stora skillnader vad det gäller renhet, åldring och spårbarhet mellan dessa avfallsflöden. Genom att separera flödena nås en högre kvalitetsäkring och ett högre ekonomiskt värde, då kan man utnyttja den renhet, spårbarhet och korta flödesväg som är fallet för industrispillet (pre-consumer).

Användningen av termoplastiska biobaserade plaster, och därmed också återvinning av dessa i större volymer är fortfarande tämligen nytt. Det är dock rimligt att anta att den mekaniska återvinningen av dessa material kommer att innehålla samma utmaningar som återvinning av de traditionella syntetiska termoplasterna, d.v.s. risk för orenhet, nedbrytning och hållfasthetsmässig försämring av materialkvaliten (även kallat för "downcycling effekter").

Det finns även en risk att vissa biobaserade plaster har sämre långtidsegenskaper gällande termomekanisk nedbrytning och kemikaliebeständighet än de traditionellt syntetiska termoplasterna.

För- och nackdelar med mekanisk återvinning:

- + **Effektiv och enkel bearbetning.**
- + **Kan vara ekonomiskt hållbart för biobaserade plaster.**
- + **Om sortering inte är möjligt så kan ”uppgradering” med tillsatser vara ett alternativ.**
- - **Behöver en kritisk kvantitet av biobaserad plast.**
- - **Behöver ren plast.**
- - **Behöver nya sorteringsmetoder för vissa biobaserade plaster, vilket kan bli en mer kostnad.**
- - **Risk för termomekanisk nedbrytning under upparbetning.**
- - **Vissa biobaserade plaster kan verka som kontaminering i konventionella plaster, även vid låga halter.**
- - **Modifiering kan krävas för att få ”rätt” kvalitet alt. att material blandas med nyråvara.**

Bild 6.1 Mekanisk kvarn för mekanisk återvinning av plast.

6.4.4 Kemisk återvinning

Kemisk återvinning syftar till att på kemisk väg bryta ner plastmaterial till materialens ursprungliga råvaror och beståndsdelar. På detta sätt kan man t.ex. återvinna osorterade plastsopor.

Dessa råvaror vill man sedan kunna använda till att tillverka nytt jungfruligt plastmaterial. Flera testanläggningar har byggds bl.a. i Europa för detta, men tyvärr har tekniken visat sig vara svår att få lönsam i konkurrensen från de traditionella råvarorkällorna.

Intressant för vissa typer av biobaserade plasterna är att dessa naturligt har en lägre termisk och kemisk beständighet t.ex. för hydrolys och oxidation, än de konventionella plasterna. Detta medför att biobaserade plaster kräver mindre energi och bör vara enklare att bryta ner till materialets ursprungliga råvaror och byggstenar, d.v.s. monomerer.

De finns fyra huvudmetoder för kemisk återvinning: pyrolys, hydrering, förgasning och kemolys.

Pyrolys

Då plastavfallet upphettas under vakuum eller i en inert gas bryts de ned till en blandning av olika petroleumliknande kolväten i gas och/eller vätskeform. Dessa kan efter rening användas som råvara vid tillverkning av nya plastmaterial.

Hydrering

Plastavfallet upphettas tillsammans med vätgas, vilket gör att materialets beståndsdelar, polymererna, spjälkas upp till kolväten i en vätskeform. Dessa används sedan som råvara vid tillverkningen av t.ex. nya plastmaterial.

Förgasning
Plastavfallet upphettas i en kontrollerad syrefattig miljö, varvid en gasblandning av koloxid och väte bildas. Denna gas förädlas sedan till t.ex. metanol och blir därmed en möjlig råvara till framställning av nya material.

Kemolys
Vissa plaster kan på kemisk väg spjälkas upp med hjälp av lösningsmedel, vilket innebär att de bryts ner till sina ursprungliga monomerer (byggstenar) i en lösningsbaserad vätska. Efter separering från lösningsmedlet kan dessa kolväteföreningar sedan användas som råvara vid tillvekningen av nya plastmaterial.

För och nackdelar med kemisk återvinning:

- **+ Mindre känslig för kontaminering.**
- **+ Är testat för ett par biobaserade plaster.**
- **+ Inget behov av sortering, fungerar även för legeringar t.ex. PET+PLA.**
- **- Komplicerad process.**
- **- Hög energiförbrukning, oftast inte ekonomiskt gynsammt.**

6.4.5 Kompostering och rötning

Biologiskt nedbrytbart material som t.ex. komposterbara plaster kan genom kompostering omvandlas till koldioxid, vatten och humus (även kallad mull). Kompostering är naturens egen metod att bryta ner organiskt avfall med hjälp av mikroorganismer, främst bakterier och svampar. Genom kompostering blir näringsämnen i materialet tillgängliga för växter, som tar upp dem via rötterna.

Man skiljer mellan två nedbrytningsmekanismer, aerob nedbrytning (med syre) och anaerob nedbrytning (utan syre). Se Bild 6.2 för var de olika nedbrytningsprocesserna sker i en naturlig komposthög.

Aerob nedbrytning (med syre)
Aerob nedbrytning är i huvudsak en oxidationsprocess som utförs av mikroorganismer med hjälp av syre från atmosfären, varvid det organiska materialet oxideras och omvandlas till koldioxid, vatten och organiska restmaterial, benämnt humus eller mull. Denna omvandling av organiskt material till humus kallas för humifiering.

Vid en ökad koncentration av organiskt material fås normalt en temperaturhöjning i materialet, vilket påskyndar oxideringen. Denna process benämns kompostering.

Anaerob nedbrytning (rötning)
Sker en biologisk nedbrytning i en syrefri miljö kallas det rötning, anaerob nedbrytning. Rötning är en naturlig process där organiskt material bryts ner av mikroorganismer i syrefri miljö. Vid rötning bildas biogödsel och biogas. Biogas består av huvudsakligen av metan och koldioxid och kan användas som t.ex. fordonsbränsle eller till el- och värmeproduktion.

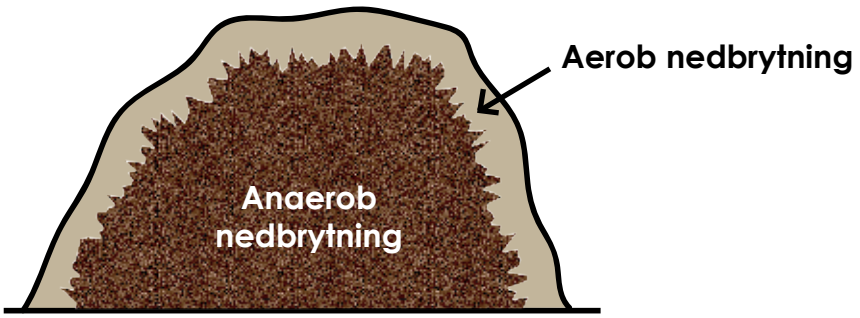


Bild 6.2 Naturlig komposthög innehållande både anaeroba och aeroba processer för nedbrytning.

Biogas som bränsle ger inget nettoutsläpp av koldioxid, vilket är en fördel då den inte bidrar till den förhöjda växthuseffekten.

Anaerob nedbrytning är, till skillnad från aerob nedbrytning, i huvudsakligen en reduktionsprocess utan syretillgång från atmosfären. I frånvaron av syre reduceras istället komplexa organiska substanser till föreningar med enkla molekylstrukturer. Ingen humifiering sker utan det bildas istället koldioxid, väte, metan, lågmolekylära fettsyror och svavelväte m.m.

Industriell kompostering

Industriell kompostering kan definieras som en "kontrollerad biologisk nedbrytning av organiskt avfall baserat på en aerobprocess under termofila förhållanden till följd av en biologisk exoterm värmeutveckling".

Industriell kompostering innebär att biomassa blandas (vänds) oftare i syftet att öka fukt- och syreinnehållet i komposten. Detta leder till en snabbare nedbrytningsprocess och ökad värmeutveckling. När temperaturen i komposten ökar, ersätts de ursprungliga mikroberna (mesophiles) av mikrober som är anpassade till höga temperaturer (termofiler). Genom detta skifte av mikrober och fortsatt behandling av komposten fås en snabbare och bättre nedbrytningsprocess.

Det är i detta sammanhang viktigt att notera att flertalet av de certifierade komposterbara biopolymerer som idag säljs på marknaden är avsedda för kompostering under industriella betingelser. Detta innebär att flertalet av dessa inte bryts ned lika snabbt och på samma sätt under andra förhållande som t.ex. i naturen eller hemkomposten.

6.4.6 Energiåtervinning (Förbränning)

Förbränningen av avfall, även kallad energiåtervinning, är en teknik för att behandla avfall samtidigt som materialets energiinnehåll återvinns och volymen av det deponerade material minskas.

Förbränning avser en kemisk reaktion hos ett ämne vid en förhöjd temperatur och i närvaro av syre. Förbränningen är en katalytisk, exoterm reaktion som upprätthålls av de fria radikaler och värmestrålning som reaktionen avger.

Förbränning, eller snarare energiåtervinning av plast är något som är gynnsamt eftersom att plaster generellt har ett högt energiinnehåll. Energiåtervinning är en enkel och effektiv metod att hantera förorenade och blandade material som kan vara svåra att återvinna på annat sätt. Material innehållande höga andelar biobaserade material genererar vid energiåtervinning också koldioxidneutral energi. Energiutvinning är utifrån detta resonemang en försvarbar återvinningsmetod för alla typer av biobaserade plaster och biokompositer.

I dagsläget finns väldigt lite information publicerat gällande bioplasters energiinnehåll vid förbränning. Men några teoretiskt beräknade och uppmätta värden finns i "Tabell 6. Energimängd hos några vanliga biobaserade plaster 18" på sida 60.

Värdena i sammanhanget också intressant att jämföra med energivärdet hos en del andra vanligt förekommande organiska deponifraktioner, se "Tabell 7. Energimängd hos några vanliga deponifraktioner 19" på sida 60.

Tabell 6. Energimängd hos några vanliga biobaserade plaster [18]

Biopolymer	Teoretiskt värde (MJ/kg)	Uppmätt värde (MJ/kg)
Bio-PE	43	45.1
PCL blend	27	23.3
Bio-polyester	24	25.6
PVAL	23	24.2
PLA blend	20	21.2
Stärkelse blend	18	21.1
PLA	18	19.2
Cellulose ester	18	18.3
PHAs	23	23.9

Tabell 7. Energimängd hos några vanliga deponifraktioner [19]

Material	Värde (MJ/kg)
Etenplast, LDPE/HDPE	46
Styrenplast, PS	46
Propenplast, PP	44
Eldningsolja	44
Naturgas	34
Polyvinylklorid, PVC	19
Papper	17
Trä, ved	16
Hushållsavfall	8

6.4.7 Deponering

Tidigare avyttring av plastsopor (t.ex. kasserade produkter och förpackningsmaterial) i deponier är en förlegad metod som bl.a. riskerar att generera okontrollerbara utsläpp av deponigaser. Deponigaser består normalt av lika delar metan och koldioxid vilka båda bidrar till den förhöjda växthuseffekten.

Mängden deponigas som bildas styrs av nivån på den biologiska aktiviteten, samt andelen organiskt material som finns i det deponerade avfallet. För mer info se “Tabell 8. Jämförelse mellan olika metanbildande producenter 18”.

Genom installation av ett uppsamlingssystem i deponin så kan metangas samlas in och omvandlas till en energiresurs via förbränning. Metanhalten i deponigaser minskar dock med tiden, så utan tillförsel av ny biomassa till deponin avtar de ekonomiska incitamenten. Med minskande metanhalten blir också den tekniska förbränningen svårare och ökar risken för okontrollerad produktion eller utsläpp av växthusgaser.

Deponering av biobaserade plaster anses därför generellt som det minst önskvärda alternativet

Tabell 8. Jämförelse mellan olika metanbildande producenter [18]

Producent	**Milj. kg metangas/ tunnland år**
Idisslande djur (främst nötkreatur)	70 – 100
Risodling	70 – 100
Tundra	40 – 110
Förbränning av biomassa	20 – 110
Kärr, sjöar, våtmarker	20 – 70
Deponier	30 – 60
Insekter (främst termiter)	20 – 80
Kolbrytning	12 – 40

då det inte genererar några direkta fördelar, utan snarare riskerar att skapa okontrollerbara utsläpp av växthusgaser.

6.4.8 Materialspecifik nedbrytning

Det finns modernare och naturligare metoder som kan användas för att avyttra förbrukade plastprodukter och förpackningar. Nedan presenteras några alternativ där man genom att utnyttja bioplasternas egenskaper får en ny funktionalitet i både befintliga och nya produkter och applikationer.

Det är viktigt att i sammanhanget beakta materialets egenskaper och att de inte utgör någon risk för biosfären, samt att utförande görs på rätt sätt. Målet bör istället vara att utveckla lösningar som tillför eller till och med förstärker ekosystemets mångfald och tillväxt.

Vattenlöslighet

Flera polymerer, såsom olika polyvinylalkoholer, är både bionedbrytbarta och vattenlösliga. Dessa plaster har i torrt tillstånd egenskaper som t.ex. hög draghållfasthet och god flexibilitet vilket gör materialet mycket lämpligt som förpackningsmaterial.

Men dess egenskaper är samtidigt mycket beroende av materialet fuktinnehåll då materialet är hydrofilt och lätt tar upp vattnet från omgivningen som sedan fungerar som mjukgörare och minskar dess draghållfasthet. Med andra ord, ju högre luftfuktighet desto mer vatten absorberas och därmed minskas materialets hållfasthet tills dessa att materialet helt och hållet har blivet upplöst. Vanliga tillämpningsområden för dessa material är produkter som t.ex. tvättsäckar för kläder och förpackning för diskmedel vid maskintvätt.

Utmaningen vad det gäller vattenlösliga plaster är att kunna garantera en slutlig och total nedbrytning av materialet till molekylfragment som inte utgör någon risk för biosfärens metabolism, eller som ansamlas i form av små plastfragment i jordens vattenförsörjning.

Nedbrytning i jord

Nedbrytning i jord är ett alternativ istället för återvinning för produkter och förpackningar så som t.ex. blomkrukor, marktäcknings- och odlingsduk inom jordbruk och växtförädling. Nedbrytning via naturligt markbundna biologiska system eliminerar kostnaden för insamling, rengöring och avyttringen av själva produkten.

Med fördel kan man också genom lämpligt materialval eller tillsatsmedel skapa möjligheter för kontrollerad frisläppning av fröer och aktiva substanser såsom gödningsmedel. Det är viktigt att nedbrytningsförloppen sker under relativt kort tid, samt att nedbrytningen an materialet blir fullständig. Risken är annars att de ofullständiga nedbrytningsprodukterna inverkar negativt på mark- och jordmånens kvalitet.

Organisk och biologisk nedbrytning

Inom medicintekniken används sedan flera år tillbaka flera olika biobaserade plaster för deras förmåga att brytas ner (eller lösas upp) i vår kropp.

De mest kända tillämpningar inom detta område är t.ex. suturmaterial eller medicinska läkemedelskapslar av t.ex. PLA som tidsmässigt kontrollerbart bryts ner i kroppen för att frisläppa en bestämd läkemedelsdosering eller att stödja läkningsprocessen i ett operationssår. Det finns också mer komplexa produkter så som temporära implantat i form av t.ex. benskruvar för fixering av frakturer som har utvecklats under senare år.

Därutöver har det vid flera tillfällen också funnits initiativ för att etablera biopolymerer som ätliga förpackningar. Emellertid har dessa försök misslyckades bl.a. eftersom dessa ätbara förpackningar själva kräver sekundär förpackning för att möta livsmedelshygien och livsmedelssäkerhet.

7. Effekter av återvinning, åldring och föroreningar

Källor: Experimentella resultat från projektet ”Hållbar återvinning av ’gröna’ plaster”

7.1 Inledning

I detta kapitel presenteras dels övergripande vilka metoder för återvinning av biobaserade plaster som finns idag. Därefter presenteras hur återvinning kan påverka biobaserade plasters och biokompositers egenskaper. De resultat som presenteras är i huvudsak experimentella resultat från projektet ”Hållbar återvinning av ’gröna’ plaster” som presenterades kortfattat i kapitel 2.

I avsnitt 6.4 beskrivs hur plaster återvinnas med flera metoder. I detta avsnitt beskrivs hur olika biobaserade plaster och biokompositer påverkas av repeterad mekanisk återvinning, dvs vi simulerar vad som kan hända med materialet när tex en fabrik använder mekanisk återvinning för intern materialåtervinning.

Om man vill förstå hur materialens egenskaper påverkas av materialåtervinning efter en produktlivscykel behöver man dessutom åldra materialet. I detta avsnitt presenteras också resultat från labbförsök med upprepad mekanisk återvinning med mellanliggande åldring (accelererad värme- och fuktåldring i labbmiljö, se Bild 7.1).

Bild 7.1 Temperatur och fuktightskammare.

Slutligen presenteras en studie där potentiella utmaningar gällande återvinning av nya biobaserade polyamider har exemplifierats.

7.2 Återvinning av biobaserade plaster

I detta avsnitt beskriver vi vad som händer med PLA vid mekanisk återvinning och även under åldring i varm och fuktig miljö.

7.2.1 PLA

Material och metod

Återvinning av PLA (Ingeo 3051D) simuleras genom upprepad bearbetning vid 195 °C i en dubbelskruvextruder på labb. Eftersom PLA är känsligt för hydrolys har all bearbetning genomförts på torkade material. Egenskaper har mätts som funktion av antalet bearbetningar samt efter simulerad åldring.

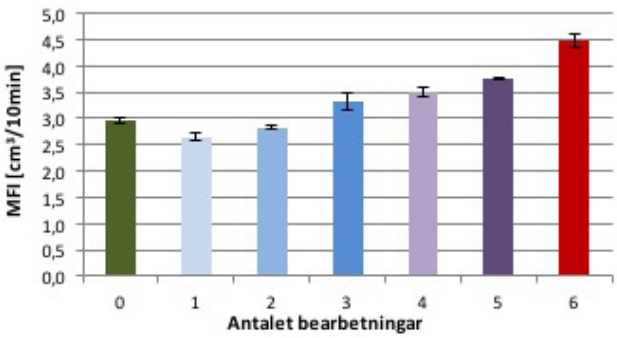


Bild 7.2 Förändringar i smältindex för PLA efter upprepad bearbetning.

Resultat

I Bild 7.2 presenteras smältindex som funktion av antalet ombearbetningar. ”0” betyder innan första bearbetningen, dvs råmaterialet. Efter 6 ombearbetningar ökade smältindex (MFI) ca 50 %. Detta kan tolkas som att viss nedbrytning av molekylvikten sker vid varje ombearbetning. Dessutom observerades en viss ändring av kulören, efter 4 ombearbetningar sågs en viss gulbrun nyans utvecklas.

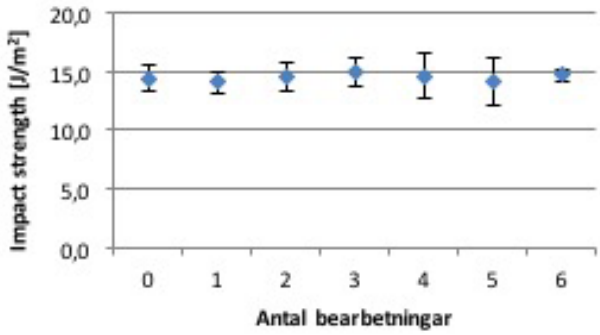


Bild 7.3 Uppmätt slagseghet i PLA-materialen efter olika grader av upprepad bearbetning.

Däremot var den uppmätta slagsegheten, smälttemperaturen, Tm, och glasomvandlingstemperaturen, Tg, nästan opåverkad, se figurerna Bild 7.3 och Bild 7.4. Det svagt ökande MFI-värdet indikerar att en viss nedgång i molekylvikt har skett, dock inte stor nog för att påverka Tg eller slagsegheten.

Vid simulering av ”post-consumer” återvinning utsattes materialet för accelererad åldring vid förhöjd temperatur och fuktighet (50 °C och 90 % relativ fuktighet) där varje period (7 veckor) uppskattades motsvara ca 1 års användning vid rumstemperatur.

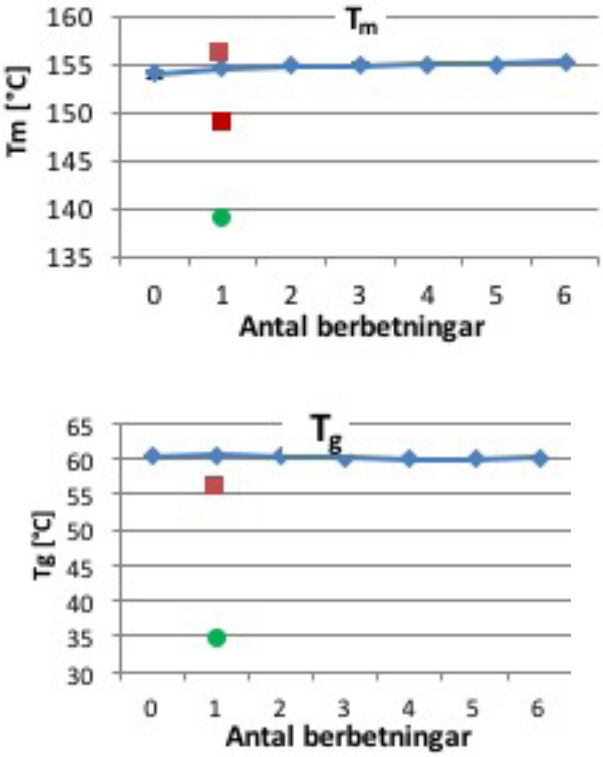


Bild 7.4 Inverkan av upprepad bearbetning (blåa linjer) på smälttemperaturen (Tm, överst) och glasomvandlingstemperaturen (Tg,nederst) för det studerade PLA-materialet, uppmätt med DSC.

Till skillnad från den upprepade bearbetningen, där inga signifikanta förändringar i de mekaniska egenskaperna kunde ses, så gav den accelererade åldringen kraftiga effekter på egenskaperna redan efter åldring motsvarande ett års användning (dvs 7 veckor med 50 °C och 90 % relativ fuktighet). Materialet var för sprött för att kunna provberedas inför slagprovning och smältan var för lättflytande för att kunna generera värden under smältindex-mätningarna, men MFI-värdet uppskattades ha ökat med mer än en faktor 100.
Slutsatsen är att den PLA som testades inte är lämplig för användning under längre tid i dessa

förhållanden. Den bryts ned för lätt med tiden i varm och fuktig miljö.

PLA påvisade även stora skillnader i de termiska egenskaperna där DSC-analyserna visade dubbla smälttoppar (149°C och 156°C) samt en 4 °C lägre Tg (röda fyrkanter i Bild 7.4). Dessa resultat tyder på en kraftig reduktion av molekylvikt vilket med stor sannolikhet beror på hydrolys av materialet under de fuktiga förhållandena.

Vid en utökad åldring (totalt 10 v) indikerades en fortsatt kraftig reduktion av molekylvikten i materialet där glasomvandlingstemperaraturen sjönk kraftigt (till 35 °C), samt påvisade en avsevärt lägre smälttemperatur (139°C) än tidigare (gröna prickar i Bild 7.4).

Sammanfattning

Sammanfattningsvis kan man dra slutsatsen att PLA fungerar bra för materialåtervinning inom en fabrik, om materialet hålls torrt. Upp till två ombearbetningar ser vi ingen negativ påverkan. Efter fyra ombearbetningar ser vi viss ökning av MFI samt utveckling av gulbrun färg i materialet. Upp till sex ombearbetningar ser vi ingen märkbar förändring av Tm, Tg och slagseghet.

Däremot påverkas PLA starkt negativt av åldring i fukt vid förhöjd temperatur. Redan efter 7 veckor i 50 °C och 90 % RH (vilket motsvarar ett års åldring i rumstemperatur) påverkas materialet så starkt att flera egenskaper ej kan utvärderas. Nedbrytningen har gått så långt att det knappt kan betraktas som en polymer längre.

Studien visar att PLA påverkas kraftigt vid långvarig exponering av fukt vid förhöjda temperaturer. Resultaten från studien påvisade kraftigt reducerade mekaniska egenskaper, signifikanta skillnader i termiska egenskaperna och avsevärt lägre smältviskositet vilket tyder på en kraftig reduktion av molekylvikt i materialet. Liknande effekter har observerats i ref 9 och ref 10.

Bild 7.5 Återvinningförsök av PLA i fabriksmiljö.

7.3 Återvinning av biokompositer

7.3.1 HDPE träfiberkompositer

Källa: Åkesson, D., Fuchs, T., Stöss, M., Root, A., Stenvall, E. and Skrifvars, M. (2016), Recycling of wood fiber-reinforced HDPE by multiple reprocessing. J. Appl. Polym.

I en studie på träfiberfylld högdensitetspolyeten (HDPE) simulerades mekanisk återvinning genom att en formsprutbar bio-HDPE/10 vikts-% träfiber (Terralene® WF 3516) ombearbetas och formsprutas ett antal cykler. Syftet var att undersöka hur mekaniska egenskaperna (dragprovning) påverkas av antalet upprepade formsprutningar med mellanliggande granulering, upp till sju cykler. I Bild 7.6 - Bild 7.10 presenteras resultaten.

Som det framgår i Bild 7.7 klarar materialet återvinning bra och endast en mycket liten nedgång av draghållfastheten kan ses efter sju cykler. Inte heller för E-modulen (styvheten) syns någon signifikant förändring. För brottöjningen kan däremot en tydlig förändring ses. Materialets brottöjning ökade från ungefär 4 % till 8 %. En tänkbar förklaring till det är att materialet från början innehåller relativt stora träpartiklar som vid dragprovningen gör materialet sprött, vilket minskar brottöjningen. Mätning av fiberlängder stödjer detta antagande, se Bild 7.9. Efter upprepade ombearbetningar blir andelen långa fibrer mindre.

Brottytorna efter dragprovningen karaktäriserades också med svepelektronmikroskopi (SEM) och resultatet kan ses i Bild 7.10. Det är en ganska liten skillnad mellan brottsytorna efter en och sju gångers bearbetning.

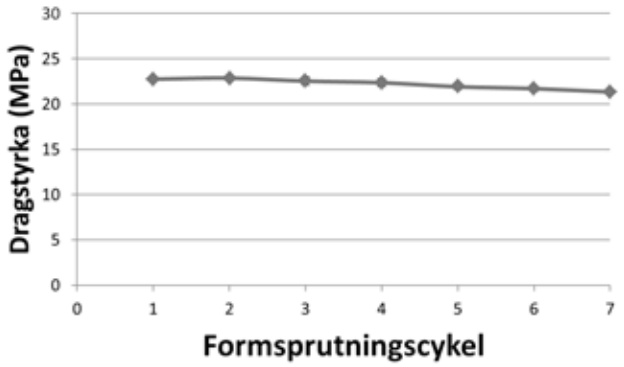


Bild 7.6 Dragstyrka efter varje formsprutningscykel för träfiberkomposit (HDPE).

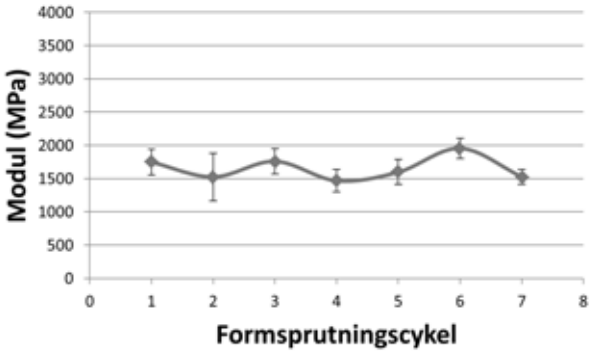


Bild 7.7 Styvheten efter varje formsprutningscykel för träfiberkomposit (HDPE).

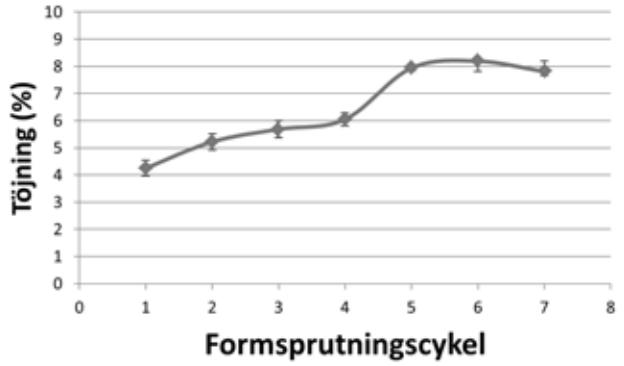


Bild 7.8 Töjning till brott efter varje formsprutningscykel för träfiberkomposit (HDPE).

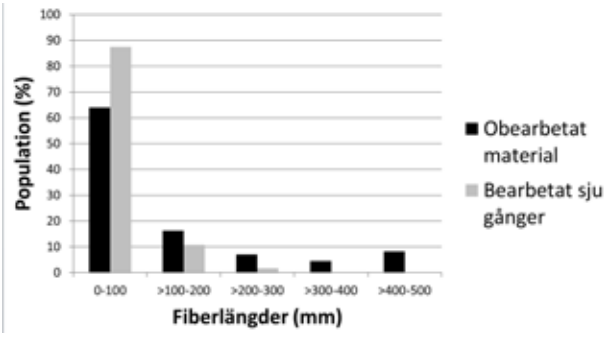
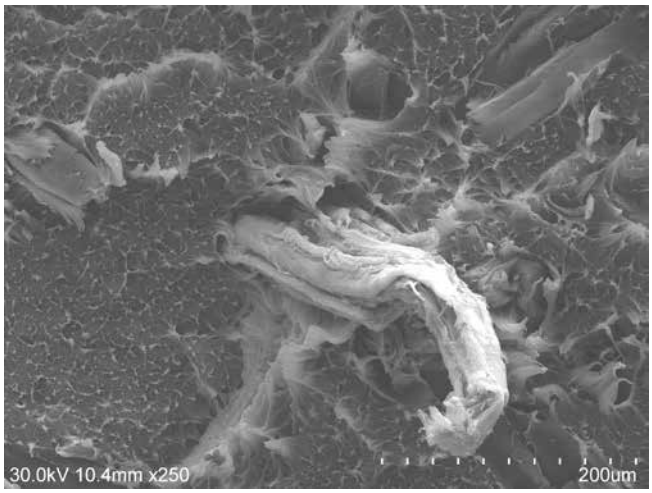


Bild 7.9 Fiberlängdsfördelningen hos det obearbetade materialet och efter sju gångers bearbetning (träfiberkomposit (HDPE)).



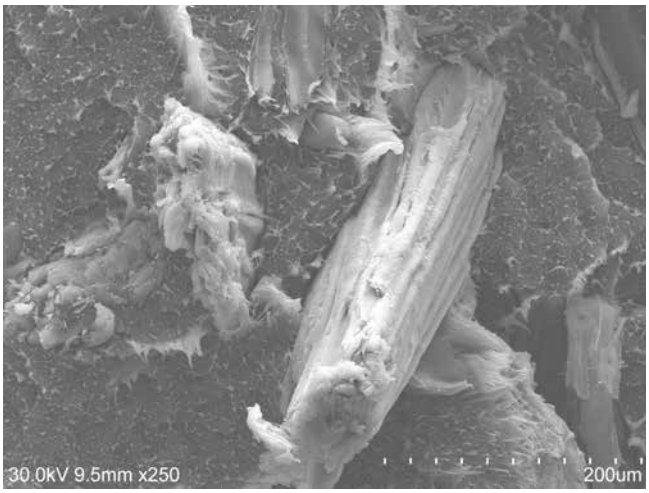


Bild 7.10 SEM-bild av brottsytan efter dragprovningen efter en cykel (vänster) och efter sju cyklers bearbetning (höger) för träfiberkomposit (HDPE).

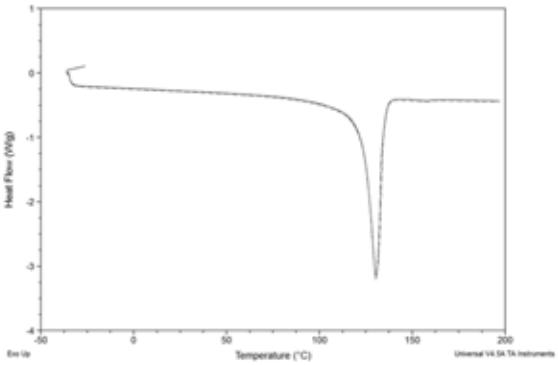


Bild 7.11 Träfiberkomposit (HDPE): DSC termogram för prov formsprutat en gång (hel linje) och prov formsprutat sju gånger (streckad linje).

Träfiberkompositerna karaktäriserades också med kalorimetri (DSC), se Bild 7.11. Där framgår att skillnaden efter en formsprutning och efter sju formsprutningar är helt försumbar.

Detta visar att endast en måttlig nedbrytning i materialet kan ha skett efter sju ombearbetningar.

Bild 7.12 Studie av träfiberkompositer i fabriksmiljö.

7.3.2 PP/Träfiber

Bakgrund

Återvinningsbarheten av polypropen (PP) fylld med 50 vikts-% träfibrer studerades med upprepad formsprutning. Materialet formsprutades och de mekaniska egenskaperna bestämdes efter varje cykel. En accelererad åldring gjordes också. Materialet formsprutades och åldrades därefter i en varmluftsugn vid 100°C under fem dagar. Därefter formsprutades material igen. Totalt upprepades åldringen tre gånger.

Resultat

Dragstyrkan visas i Bild 7.13. Som det framgår klarar materialet den upprepade återvinningen bra och endast en liten nedgång av dragstyrkan kan ses. Beträffande brottöjning och E-modul syns inga signifikanta förändringar, se Bild 7.14 och Bild 7.15.

Materialets termiska egenskaper undersöktes med DSC och termogramen efter första och sista cykeln visas i Bild 7.16 och som det framgår är det ingen signifikant skillnad mellan proverna. Detta visar att materialet inte brutits ned i någon större utsträckning av den upprepade bearbetningen.

Dragstyrkan för de åldrade proverna visas i Bild 7.17. Efter att ha bearbetat materialet fyra gånger och åldrat materialet tre gånger syns ingen större nedgång av egenskaperna. E-modulen visas i Bild 7.18 och som det framgår är det liten skillnad mellan proverna. Töjningen visas i Bild 7.19. Efter tre cykler av åldring syns möjligen en liten ökning av töjning som inte behöver vara någon nackdel.

Träfiberkompositerna karaktäriserades också genom att plasten löstes upp och längden på fibrerna mättes och fiberlängderna för det obearbetade materialet och efter sju cykler, se Bild 7.20.

Det obearbetade materialet innehåller fibrer upp till drygt 1 mm. Efter sju cyklers bearbetning har fiberlängden reducerats och de flesta fibrerna är kortare än 0,4 mm. Detta kan möjligen också påverka de mekaniska egenskaperna. I praktiken sågs dock en mycket liten nedgång i de uppmätta mekaniska egenskaperna.

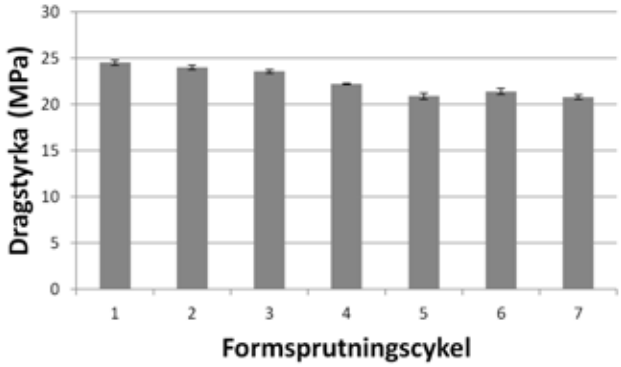


Bild 7.13 Dragstyrkan efter varje formsprutningscykel för träfiberkomposit (PP).

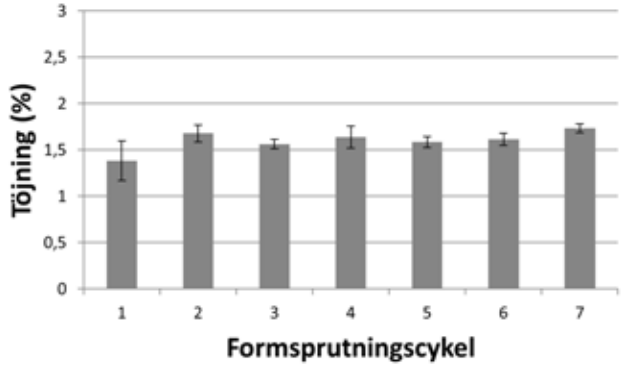


Bild 7.14 Brottöjning efter varje formsprutningscykel för träfiberkomposit (PP).

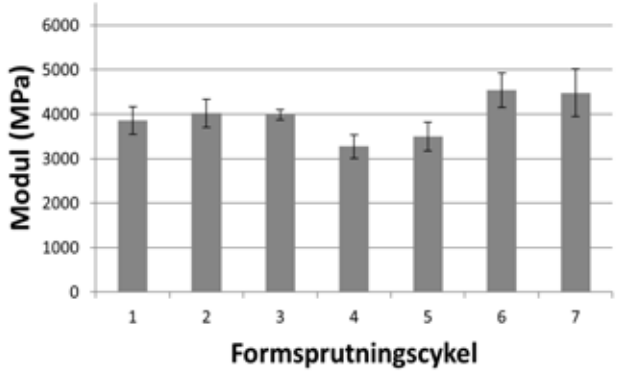


Bild 7.15 Elasticitetsmodulen efter varje formsprutningscykel för träfiberkomposit (PP).

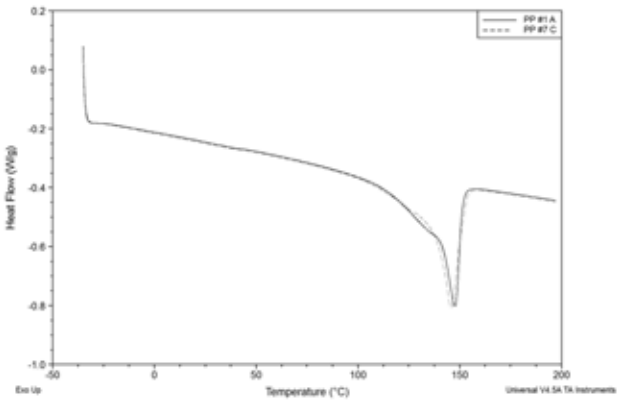


Bild 7.16 DSC termogram för materialet bearbetat en gång och efter sju gångers bearbetning för träfiberkomposit (PP).

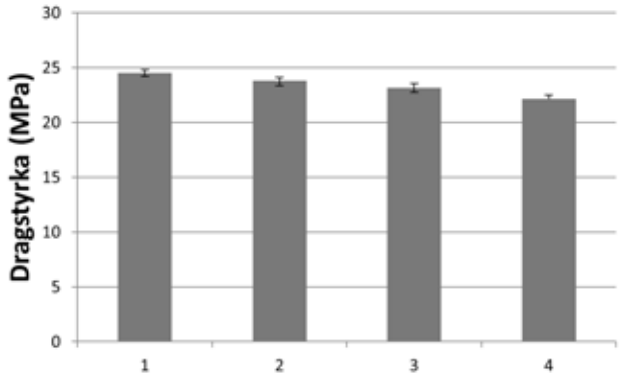


Bild 7.17 Dragstyrka för åldrade prover. Formsprutat en gång (1), formsprutat 2 ggr med en mellanliggande åldring (2), formsprutat 3 ggr med två mellanliggande åldringar (3), Formsprutat 4 ggr med tre mellanliggande åldringar (4) för träfiberkomposit (PP).

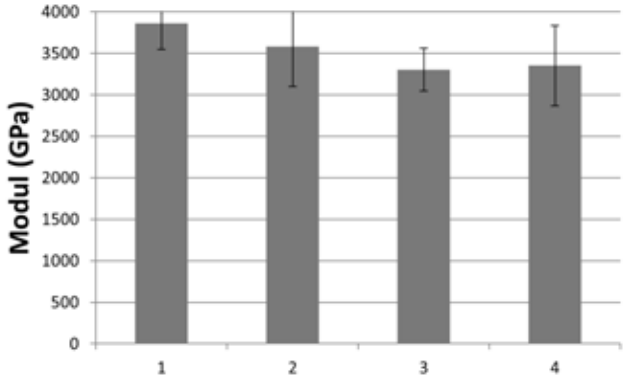


Bild 7.18 Elasticitetsmodul för åldrade prover. Formsprutat en gång (1), formsprutat 2 ggr med en mellanliggande åldring (2), formsprutat 3 ggr med två mellanliggande åldringar (3), Formsprutat 4 ggr med tre mellanliggande åldringar (4) för träfiberkomposit (PP).

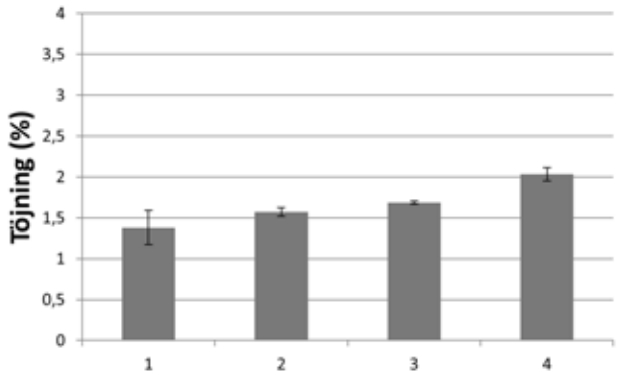


Bild 7.19 Brottöjning för åldrade prover. Formsprutat en gång (1), formsprutat 2 ggr med en mellanliggande åldring (2), formsprutat 3 ggr med två mellanliggande åldringar (3), Formsprutat 4 ggr med tre mellanliggande åldringar (4) för träfiberkomposit (PP).

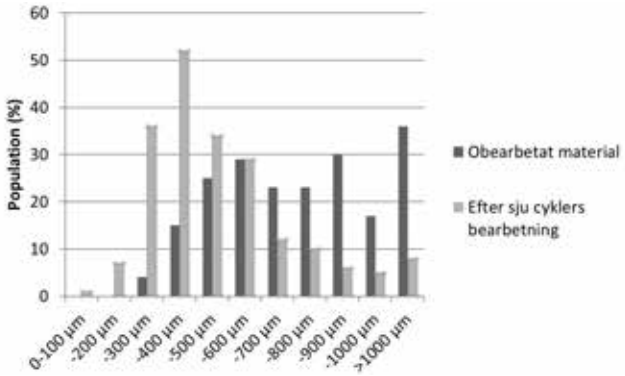


Bild 7.20 Fiberlängsdistribution för det obearbetade material och efter sju gångers bearbetning för träfiberkomposit (PP).

Bild 7.21 Träfiberkomposit med HDPE (vänster) och PP (höger).

7.3.3 PLA/Krita

Bakgrund

Återvinningsbarheten för PLA fylld med krita utvärderades med upprepad extrudering (ref Dans artikel). PLA kompounderades med 30 % krita och 5 % mjukgörare. Det kompounderade materialet extruderades därefter sex gånger med en dubbelskruvsextruder. Efter varje extruderingcykel togs material ut som för att formpressas plattor för mekanisk provning.

Resultat

Dragstyrkan visas i Bild 7.22. Efter sex cyklers extrudering är det ingen signifikant minskning i dragstyrka. Också modul och töjning är relativt opåverkade av bearbetningen, se Bild 7.24 och Bild 7.23. Böjprovning gjordes som ett komplement till dragprovningen och visas i Bild 7.25 till Bild 7.27. Det är heller inte där någon signifikant skillnad mellan proverna.

De termomekaniska egenskaperna utvärderades med DMTA och lagringsmodulen visas i Bild 7.28. Lagringsmodulen är ett mått på materialets styvhet och det är ganska liten skillnad mellan proverna. Elasticitetsmodulen är cirka 3 300 MPa efter första extruderingen och först efter sjätte cykeln syns en nedgång i styvheten med ca 15%.

Glasomvandlingstemperaturen, Tg, mättes också och återfinns i Bild 7.29. Som det framgår syns det ingen förändring för glasomvandlingstemperaturen. Materialets termiska egenskaper mättes dessutom med kalorimetri, DSC. Efter sex cyklers extrudering är det mycket liten skillnad mellan analysresultaten. Entalpin för smältning och kallkristallisering efter varje cykel visas i Bild 7.30. Som det framgår är det mycket liten skillnad mellan första och sista cykeln.

Sammantaget visar mekaniska och termiska tester att detta PLA/krita material går bra att återvinna med mekanisk återvinning. Efter sex gångers upprepad extrudering syns ingen signifikant förändring av mekaniska egenskaper. Inte heller de termiska egenskaperna är nämnvärt förändrade.

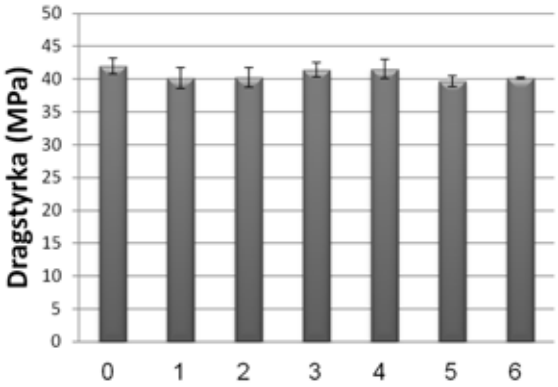


Bild 7.22 Dragstyrka efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

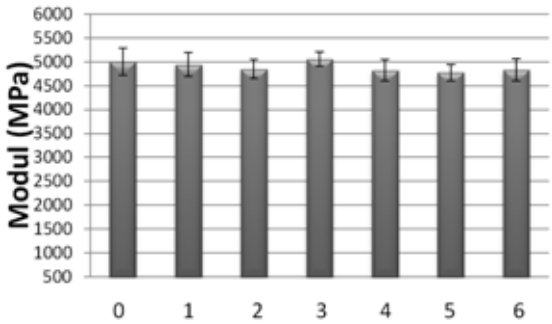


Bild 7.23 Elasticitetsmodul efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

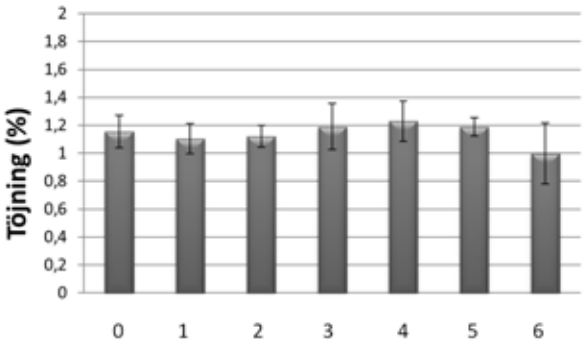


Bild 7.24 Brottöjning efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

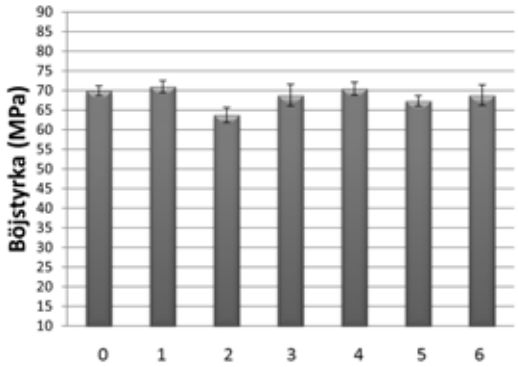


Bild 7.25 Böjstyrka efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

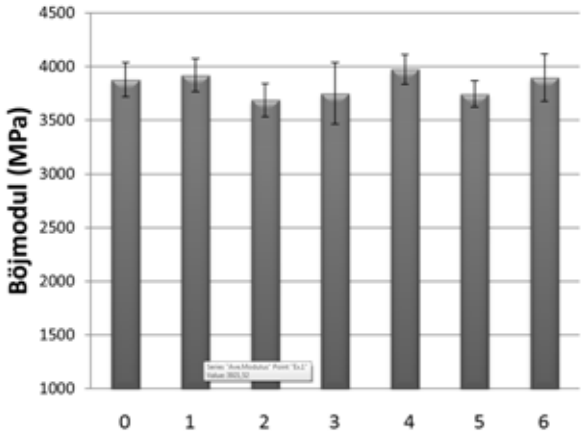


Bild 7.26 Böjmodul efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

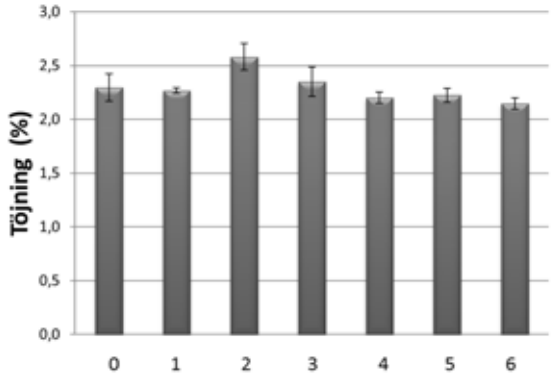


Bild 7.27 Brottöjning efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

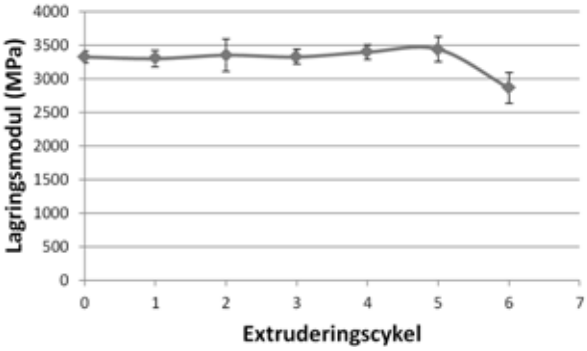


Bild 7.28 Elasticitetsmodulen efter varje extruderingscykel för PLA/krita.

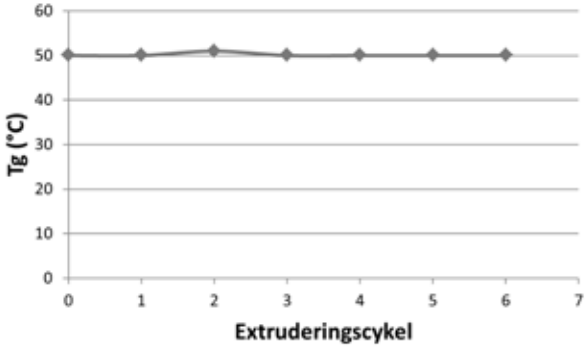


Bild 7.29 Glasomvandlingstemperaturen efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

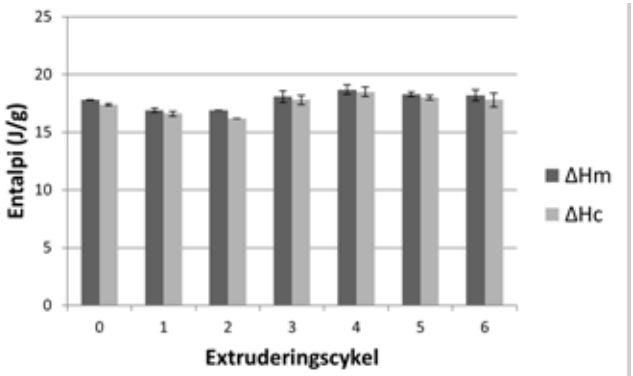


Bild 7.30 Entalpin för smätning, ΔHm, och kallkristallisering, ΔHC, efter respektive extruderingscykel för PLA/krita.

7.3.4 PLA/Trä

Bakgrund

Mekanisk återvinning av PLA/träfiberkompositer studerades med upprepad extrudering. Kompositmaterialeet extruderades sju gånger och materialet karaktäriserades med termiska och mekaniska tester. Studier gjordes även med hydrotermiska åldringstester, där materialet extruderades upprepade gånger med mellanliggande åldringstester.

Resultat

Återvinningsbarheten av träfiberkompositerna studerades med upprepad extrudering. Dragstyrkan visas i Bild 7.31. Materialet klarar extruderingen relativt väl i fem cykler, då materialet förlorat cirka 23 % av sin ursprungliga styrka. Modulen visas i Bild 7.32 och det är endast liten eller ingen signifikant skillnad mellan proverna. Brottöjningen visas i Bild 7.33och det blir en tydlig skillnad mellan proverna efter sju cykler. Materialet blir mer och mer sprött efter varje extrudering.

Efterhand som materialet bearbetas kommer fiberna att brytas ned med kortare fiberlängder som följd. Fiberlängderna före bearbetning och efter sju gångers extrudering visas i Bild 7.34. Före bearbetning är kompositen fibrer upp till 1 mm långa. Efter sju extruderingar är fibern uppenbart kortare och de flesta fibrer är kortare än 200 µm. Detta bidrar troligen till att kompositmaterialet förlorar sina mekaniska egenskaper.

De extruderade materialen undersöktes också med kalorimetri, DSC, och termogramen för det obearbetade materialet och efter sju extruderingar visas i Bild 7.35.

Glasomvandlingstemperaturen, Tg, försköts flera grader mot lägre temperaturer och storleken på både smälttoppen och kallkristalliseringstoppen ökade. Dessutom försköts kallkristalliseringstoppen mer än sju grader mot lägre temperatur. Detta visar samantaget att materialet, troligen främst andelen PLA, brutits ner under den upprepade extruderingen.

En frågeställning är om produkter tillverkade av PLA förstärkt med träfiber som använts utomhus

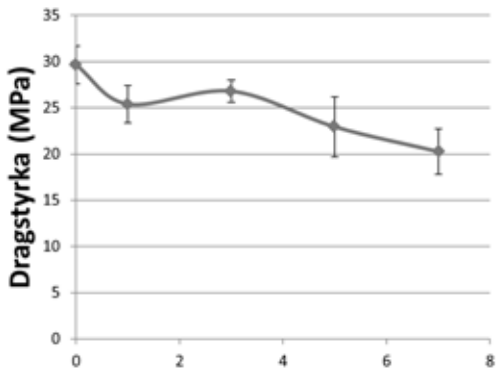


Bild 7.31 Dragstyrka efter respektive extruderingscykel för PLA/trä.

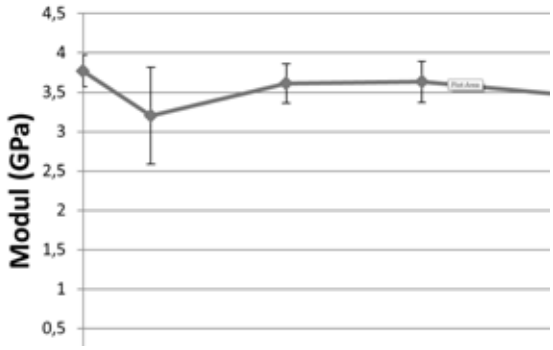


Bild 7.32 Elasticitetsmodulen efter respektive extruderingscykel för PLA/trä.

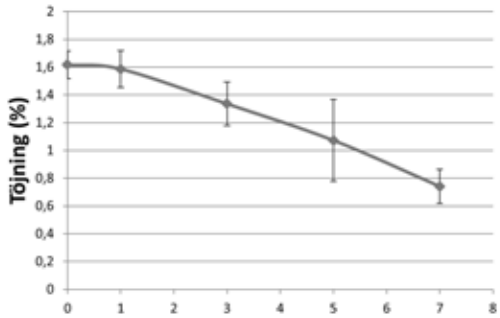


Bild 7.33 Brottöjning efter respektive extruderingscykel för PLA/trä.

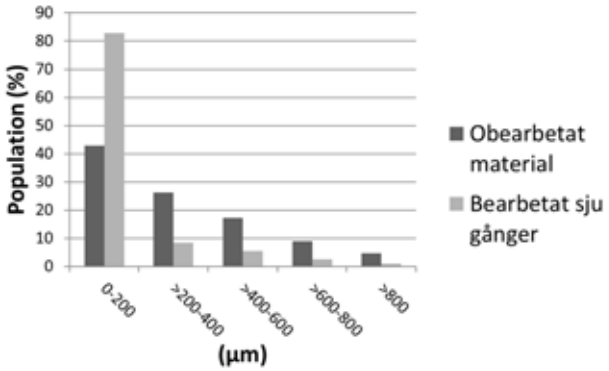


Bild 7.34 Fiberlängder för det obearbetade materialet och efter sju extruderingar för PLA/trä.

kan återvinnas. PLA kan hydrolyseras i fuktiga miljöer och träfibrer är hygroskopiska. Detta kan simuleras genom att åldra materialet efter bearbetningen. Tester gjordes där materialet extruderades, åldrades och extruderades igen.

Åldringen genomfördes genom att materialet förvarades i vatten vid 50°C i sju dagar. Resultatet av dragprovningen visas i Bild 7.36 - Bild 7.38 nedan. Något överraskande så ökade dragstyrkan för träfiberkompositen från första åldringen.

Möjligen kan detta bero på att polymeren under den första åldringen endast brutits ned i begränsad omfattning och att adhesionen mellan polymeren och fibern ökar med ökad bearbetning. Efter tre gångers åldring har dragstyrkan sjunkit men materialet klarade åldringen och den upprepade bearbetningen relativt väl. Effekten av åldringen syns mest på brottöjningen som sjönk från 1.6 % till 0,6 % och materialet blev därmed sprödare efter åldringen och den upprepade bearbetningen.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att PLA/trä-kompositen klarade materialåtervinningen relativt bra.

E-modulen var i princip opåverkad efter 7 ombearbetningar och draghållfastheten och brottöjningen har minskat 30 % respektive 50 % efter 7 ombearbetningar. Bedömningen är att upp till tre ombearbetningar skapar endast små ändringar i mekanska egenskaperna. När vi åldrar materialet i vatten (sju dagar i 50 °C vatten) sker en ytterligare försämring av brottöjning och brottgräns. Dock är E-modulen opåverkad även vid den testade åldringen.

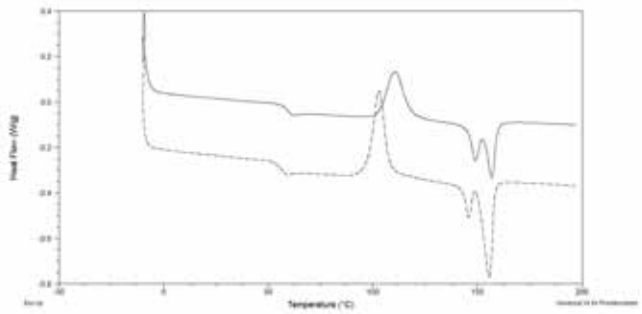


Bild 7.35 DSC termogram av det obearbetade materialet (streckad linje) och efter sju bearbetningar (heldragen linje) för PLA/trä.

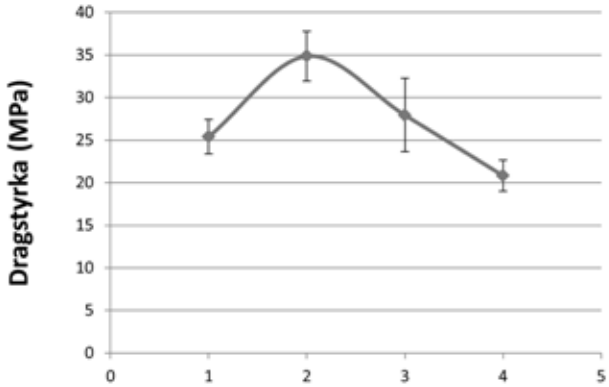


Bild 7.36 Dragstyrka för åldrade prover av PLA/trä. Extruderat en gång (1), extruderat, åldrat och extruderat igen (2), extruderat tre gånger med med två mellanliggande åldringar (3) samt prov extruderat fyra gånger med tre mellanliggande åldringar (4).

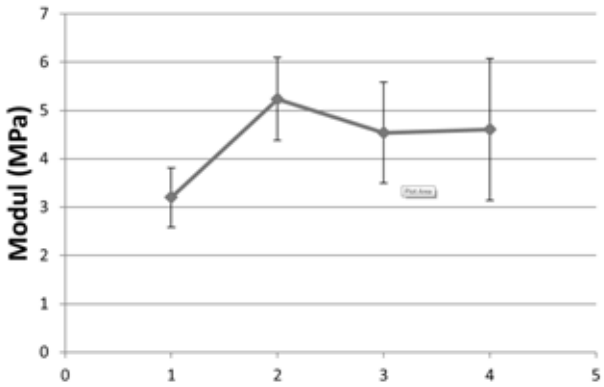


Bild 7.37 Elasticitetsmodulen för åldrade prover av PLA/trä. Extruderat en gång (1), extruderat, åldrat och extruderat igen (2), extruderat tre gånger med med två mellanliggande åldringar (3) samt prov extruderat fyra gånger med tre mellanliggande åldringar (4)

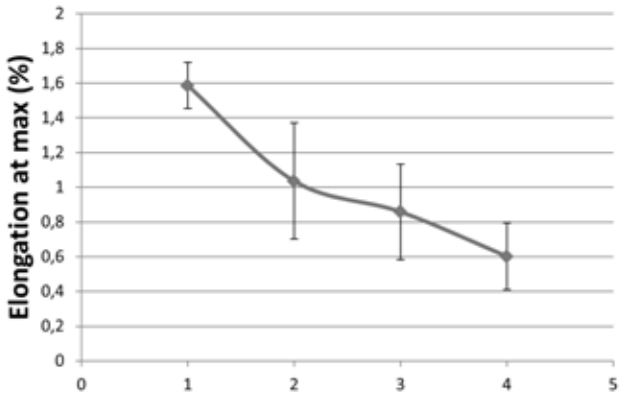


Bild 7.38 Brottöjning för åldrade prover av PLA/trä. Extruderat en gång (1), extruderat, åldrat och extruderat igen (2), extruderat tre gånger med med två mellanliggande åldringar (3) samt prov extruderat fyra gånger med tre mellanliggande åldringar (4)

7.3.5 PLA/PBS/Trä

Bakgrund

Återvinningsbarheten av en blandning av PLA och PBS med 30 vikts-% träfibrer studerades genom upprepad extrudering. Materialet extruderades med en enkelskruvsextruder försett med ett filmmunstycke. Dragstyrkan på filmen mättes efter varje cykel. En accelererad åldringstest gjordes även där materialet nedsänktes i vatten vid 70°C för att därefter torkas och extruderas igen.

Materialet torkades och processades på nytt. Efter andra extruderingen behöll materialet till stor del sin mekaniska styrka, Bild 7.43. Efter att materialet åldrats ytterliggare en gång var dock materialet helt nedbrutet.

Denna test indikerar att materialet med PLA, PBS och träfibrer inte är lämpat för utomhusmiljöer.

Resultat

Studien visade att den upprepade extruderingen, under de valda processbetingelserna, var relativt skonsam mot materialet. Resultaten från dragprovningen visas i Bild 7.39 - Bild 7.41och materialet klarar att processas ett flertal gånger.

För att bedöma om materialet kan användas utomhus gjordes även en accelererad åldringstest i vatten. Tester visade att materialet tog upp stora mängder vatten under åldringen (Bild 7.42).

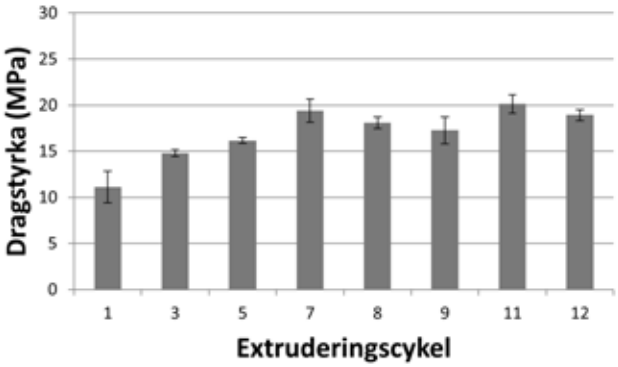


Bild 7.39 Dragstyrka efter respektive extruderingscykel för PLA/PBS/Trä.

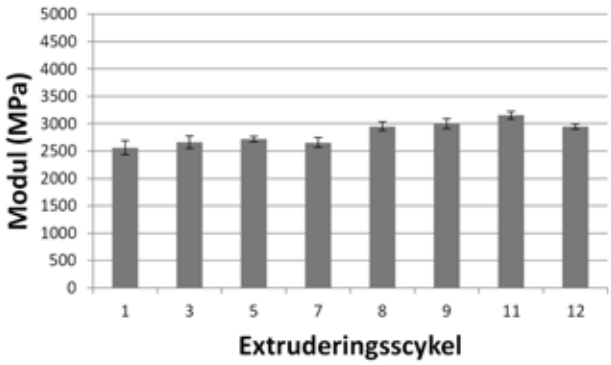


Bild 7.40 Elasticitetsmodul (styvhet) efter respektive extruderingscykel för PLA/PBS/Trä.

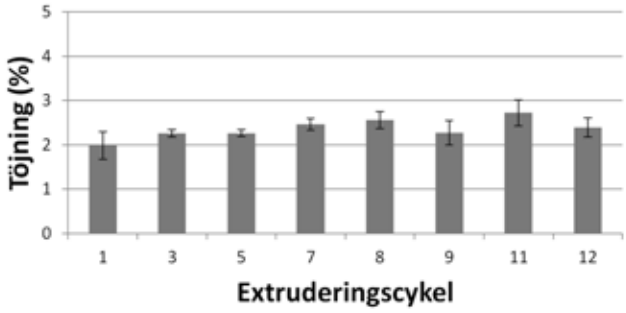


Bild 7.41 Brottöjningen efter respektive extruderingscykel för PLA/PBS/Trä. Åldrat prov.

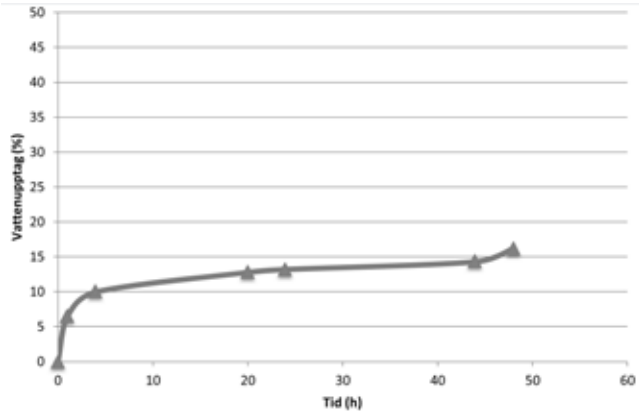


Bild 7.42 Vattenupptag under åldringen för PLA/PBS/Trä.

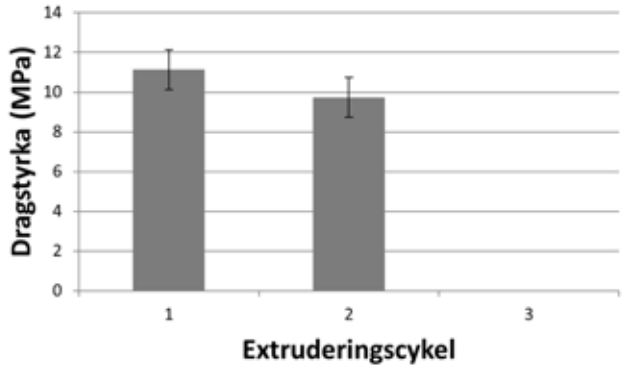


Bild 7.43 Dragstyrka efter första extruderingen (1), efter två extruderingar med en mellanliggande åldring (2) för PLA/PBS/Trä.

7.3.6 Durapulp

Bakgrund

DuraPulp är ett relativt nytt material som består att 70 % cellulosafiber och 30 % PLA-fiber. Ett sådant material har för hög halt av cellulosafibrer för att kunna formsprutas. Istället kan materialet tillverkas genom till exempel formpressning. En målsättning med denna studie var att hitta en metod att kunna återvinna Durapulp. Återvinning studerades först med hjälp av upprepad formpressning. DuraPulp arkades först, torkades och formpressades därefter. De formpressade plattorna maldes och formpressades på nytt.

Som ett alternativ till upprepad formpressning användes de malda plattorna som ett fyllmedel i formsprutning. Effekterna av fyllmedlet utvärderades först. Återvinningsbarheten av detta material utvärderades därefter genom upprepad formsprutning i labbskala. Två nivåer av fyllmedel utvärderades, 20 vikts-% och 50 vikts-% i sex ombearbetningar.

En frågeställning är vilken typ av PLA som är den bästa matrisen för Durapulp. Den använda PLA-kvaliten i Durapulp är en fiberkvalitet, vilken inte nödvändigtvis är blandbar med en formsprutningskvalitet. En jämförande studie gjordes slutligen där en fiberkvalitet (formsprutningskvalitet) av PLA som matris användes.

Resultat

Ark av DuraPulp tillverkades genom konventionell pappertillverkningsteknik. Dessa ark formpressades därefter. Inledande tester gjordes där återvinningsbarheten av materialet studerades genom upprepad formpressning, dvs det formpressade materialet maldes varpå det malda materialet lades i ett formpressningsverktyg för att formpressas igen. Böjstyrkan visas i Bild 7.44. Som det framgår tappar materialet snabbt sin mekaniska styra med upprepad bearbetning.

För att närmare undersöka varför kompositerna tappade sin mekaniska styrka så löste plasten upp och fibrerna undersöktes med ljusmikroskopi. Detta visade att när kompositmaterialet maldes så förstördes snabbt cellulosafibrerna som efter ett par ombearbetningar förvandlades till ett pulver. Slutsatsen av dessa inledande försök var att materialet inte går att återvinna med mekanisk återvinning om man vill behålla de goda mekaniska egenskaperna. Istället gjordes försök där det formpressade materialet maldes och användes som ett fyllmedel, d.v.s. det malda materialet kompounderades med jungfrulig PLA.

Tester gjordes därför där det formpressade materialet maldes och det malda materialet blandades med jungfrulig PLA. Först gjordes en studie av hur halten inblandat material inverkar på de mekaniska egenskaperna. Kompositer tillverkades där inblandningen av mald Durapulp varierades från 20 vikts-% upp till 50 vikts-%.

Dragstyrkan visas i Bild 7.45 och inblandningen av det malda materialet hade en relativt god inverkan på dragstyrkan som ökade från 50 MPa till 70 MPa. Materialet hade också en stor effekt på E-modulen som ökade från cirka 3.6 GPa till 7.8 GPa, se Bild 7.46. Brottöjningen visas i Bild 7.47 och ökad tillsats gör materialet mer sprött.

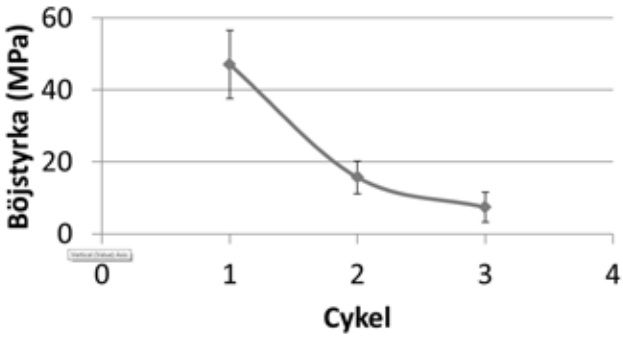


Bild 7.44 Böjstyrka efter upprepad formpressning för Durapulp.

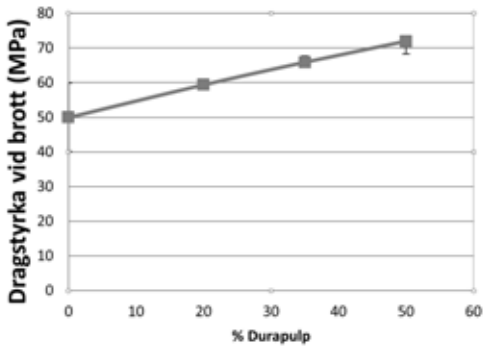


Bild 7.45 Dragstyrka vid olika inblandningar av den återvunna fibern av Durapulp.

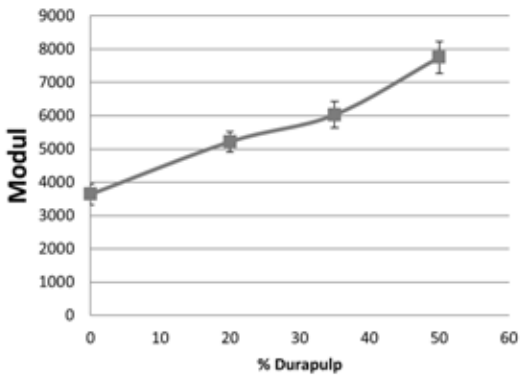


Bild 7.46 Elasticitetsmodulen vid olika inblandningar av den återvunna fibern av Durapulp.

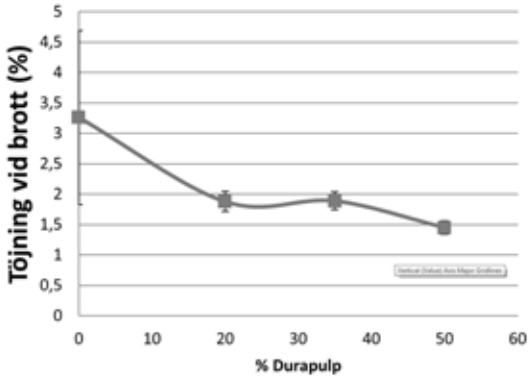


Bild 7.47 Brottöjningen vid olika inblandningar av återvunna fiber av Durapulp.

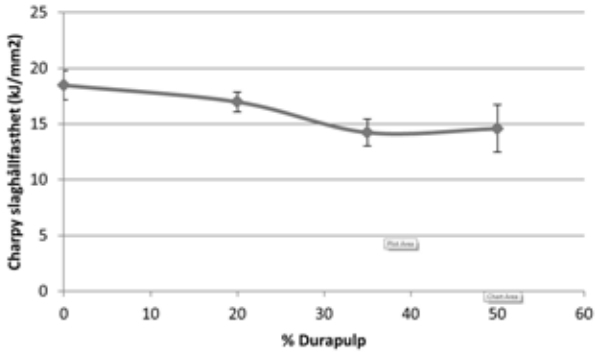


Bild 7.48 Charpy slagseghet för de framställda kompositmaterialen av Durapulp.

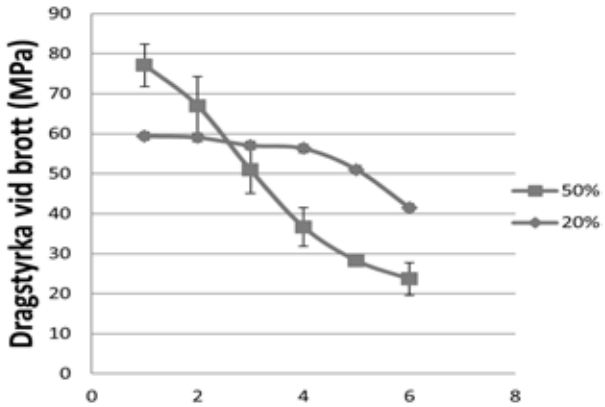


Bild 7.49 Dragstyrka vid upprepad bearbetning av Durapulp.

De tillverkade materialen undersöktes också med slagseghetstester, se Bild 7.48. Ökad tillsats av den inblandade fibern minskade materialets slagseghet.

I nästa del av studien studerades om de framställda kompositerna går att återvinna med mekanisk återvinning. Detta gjordes genom upprepad formsprutning. Tester gjordes för två kompositmaterial - med 20 % tillsats och med 50 % tillsats av den återvunna fibern.

Dragstyrkan efter respektive bearbetningscykel visas i Bild 7.49. Materialet med 20% tillsatts går bra att återvinna. Efter sex cyklers bearbetning har materialets dragstyrka minskat cirka 30 %.

Kompositmaterialet med 50 % inblandning däremot tappar snabbare sin dragstyrka. Redan efter tredje ombearbetningen har materialet tappat mer än 30 % av sin dragstyrka. E-modulen visas I Bild 7.50 och det framgår att E-modulen inte förändras nämnvärt efter sex cykler. Brottöjningen visas i Bild 7.51 och det är uppenbart att båda materialen blir mer spröda efter sex cykler.

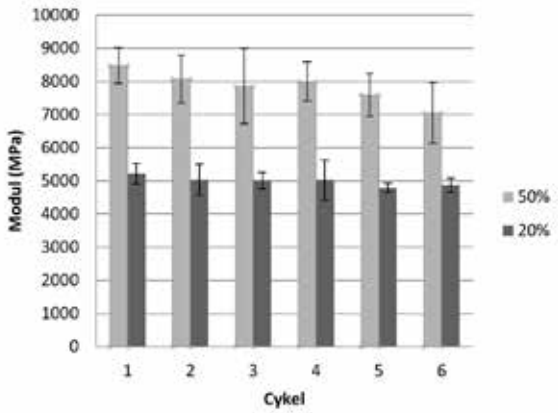


Bild 7.50 Elasticitetsmodul (styvhet) vid upprepad bearbetning av Durapulp.

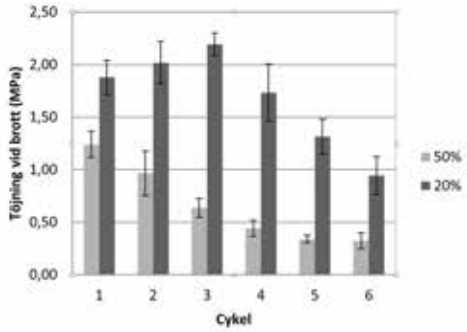


Bild 7.51 Brottöjning vid upprepad bearbetning av Durapulp.

Materialens termiska egenskaper studerades också med kalorimetri, DSC. Glasomvandlingstemperaturen, Tg, visas i Bild 7.52. Materialet med 20 % tillsats är ganska stabilt medan för materialet med 50 % tillsats, så sjunker Tg med mer än 6 grader. Detta tyder på att materialet är delvis nedbrutet vilket stämmer bra med de mekaniska testerna.

En frågeställning är vilken typ av PLA som är bäst matris för den återvunna fibern. Huvuddelen av dessa försök gjordes med en formsprutningskvalitet av PLA (NatureWorks PLA 3051D). Det är emellertid inte säkert att formsprutningskvaliteten är fullt blandbar med den PLA-fiber som finns i Durapulp. Som en jämförelse blandades därför det malda materialet med en fiberkvalitet av PLA. En jämförelse visas i Bild 7.53. Generellt ger fiberkvaliteten högre dragstyrka. Båda materialen klarar sex cyklers återvinning relativt väl vid 20 % inblandning.

Slutligen studerades brottsytorna efter dragprovningen med svepelektronmikroskopi (SEM), se Bild 7.57. Fibern blir kortare efter sex cyklers återvinning. Gap mellan fibern och plasten kan ses vilket indikerar att adhesionen inte är helt optimal.

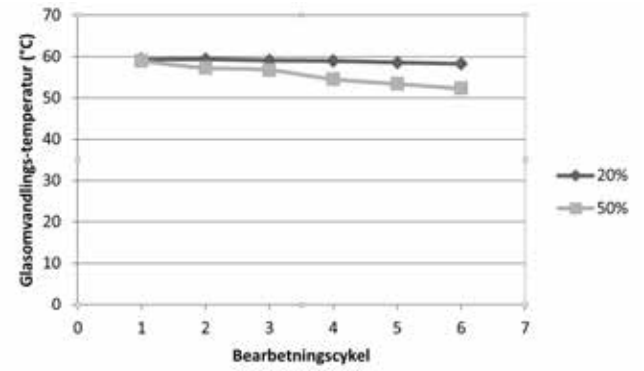


Bild 7.52 Glasomvandlingstemperatur efter respektive bearbetningssteg för Durapulp.

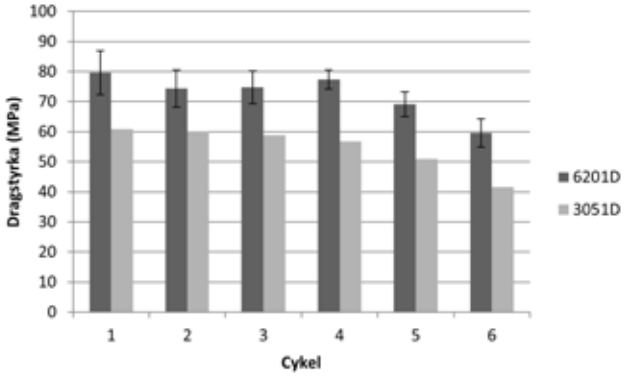


Bild 7.53 Jämförelse mellan fiberkvalitet av PLA (mörka staplar) och formsprutningskvalitet (ljusa staplar).

Bild 7.54 Produkt av Durapulp.

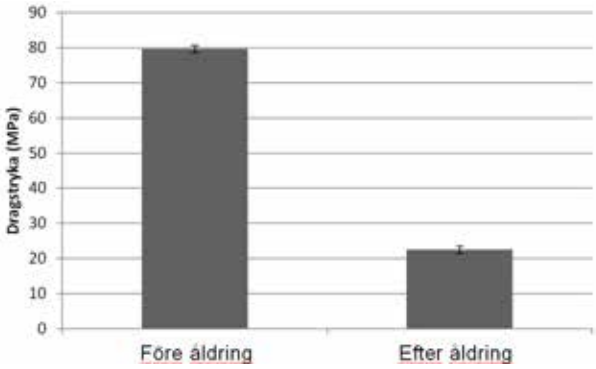


Bild 7.55 Dragstyrka efter en gångs bearbetning (vänster) samt efter efter åldring och ombearbetning (höger) av Durapulp.

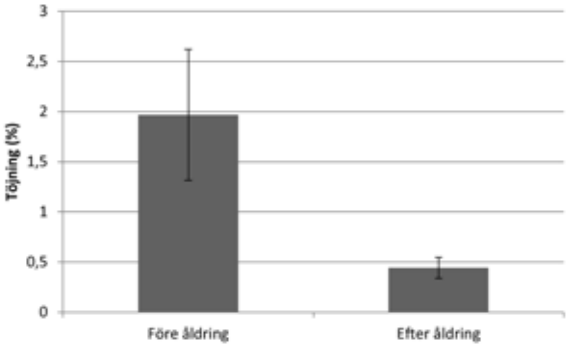


Bild 7.56 Brottöjningen efter en gångs bearbetning (vänster) samt efter åldring och ombearbetning (höger)av Durapulp.

En annan frågeställning är om de tillverkade PLA-kompositerna kan användas utomhus och om dessa produkter i så fall kan återvinnas. PLA kan hydrolyseras i fuktiga miljöer och cellulosafibrer är hygroskopiska. Detta kan simuleras genom att sätta till en åldring efter bearbetningen. Materialet extruderades därför, åldrades och extruderades igen. Åldringen genomfördes genom att materialet åldrades vid 50°C och 90 % RH i ett klimatskåp.

Resultatet av åldringen visas i Bild 7.55 och Bild 7.55. Det är uppenbart att materialet kraftig brutits ned av åldringen redan efter en återvinningscykel. Dragstyrkan sjönk från cirka 80 MPa till 22 MPa, töjningen från 2 % till 0,4 % medan E-modulen var oförändrad.

Det är uppenbart att denna typ av material inte lämpar sig för utomhusmiljöer.

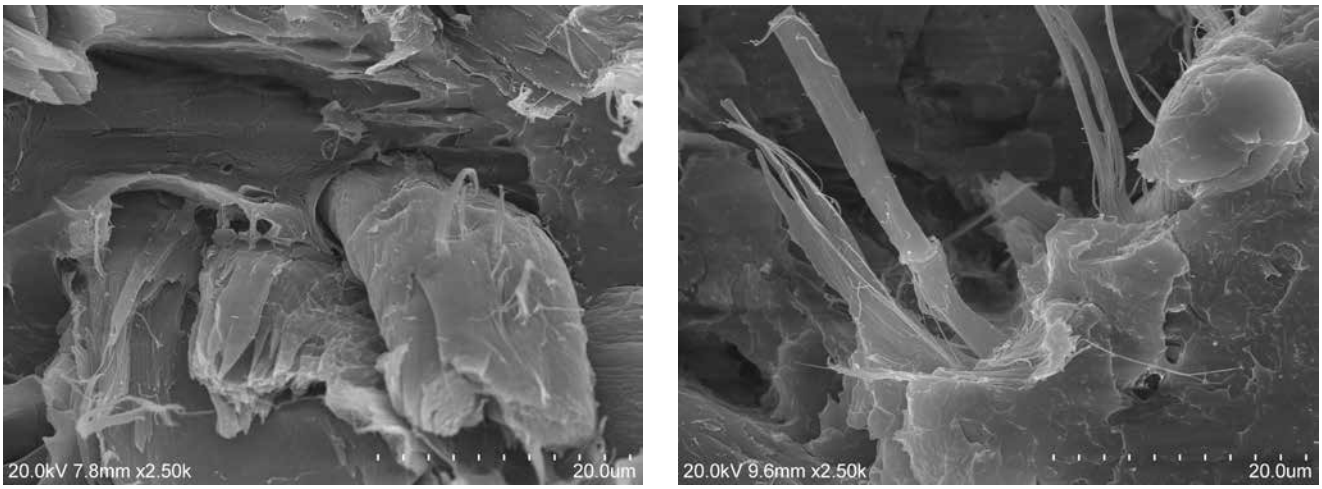


Bild 7.57 SEM-bilder av brottsytorna efter dragprovning efter en cykel (ovan) och efter sex cykler (nedan) för Durapulp.

7.4 Blandningar med biobaserade plaster

Källa: "Polylactic acid and its blends with petroleum-based resins: Effects of reprocessing and recycling on properties", Nazdaneh Yarahmadi, Ignacy Jakubowicz, Jonas Enebro, J. APPL. POLYM. SCI. 2016, DOI: 10.1002/APP.43916

Om man eftersöker möjliga material och förslag på kommersiellt tillgängliga biobaserade plaster finner man mycket ofta att det finns materialkvaliteter där biobaserad plasten blandats med en fossil plast. Andelen biobaserad plast kan ofta variera mycket, så brett som från 10 vikt-% till 90 vikt-%, så om man vill ha hög halt biobaserad plast måste man läsa specifikationen noga.

Varför det är så vanligt att blanda biobaserad plast med fossil plast kan nog förklaras med att många biobaserade plaster fortfarande har ett relativt högt kilopris och att efterfrågan på material med förbättrad "grön profil" ständigt ökar. Att endast ha en relativt låg andel biobaserad plast kan ses som ett steg med mindre risk och kostnad för att skapa en grönare profil för en ny produkt.

I detta avsnitt visas några resultat av hur mekanisk återvinning påverkas blandningar mellan PLA och PC samt PLA och HDPE.

7.4.1 PLA/PC

I en undersökning[16] på SP undersöktes en hur blandning PLA/PC (materialkvalitet "RTP 2099 X 115382 C Natural", med 32 wt% PLA och 68 wt % PC) påverkades av upprepad ombearbetning i extruder och i kombination med accelererad åldring.

Efter upprepad ombearbetning i extruder (på labb) visade PLA/PC en minskad mekanisk hållfasthet, se Tabell 9.

Efter sex gångers upprepad bearbetning blev materialet mycket sprött och missfärgat (vilket var synligt redan efter tredje ombearbetningen). Brottöjningen var endast ca 40 % av den ursprungliga efter sex ombearbetningar.

Det studerade PLA/PC materialet visade mycket stor känslighet för accelererad åldring (förhöjd temperatur och fuktig miljö). När materialet åldrats efter en bearbetning i extruder minskar brottöjningen till mindre än hälften av ursprungligt värde. Efter ytterligare en åldring och ombearbetning minskade brottöjningen ytterligare och t o m E-modulen minskar katastrofalt efter en ombearbetning och två åldringar i fuktig miljö, se Tabell 9.

Orsaken till de förlorade mekaniska egenskaperna tros vara initialt en hydrolys (molekylär nedbrytning) av PLA och därefter en fortsatt nedbrytning av PC med hjälp av restprodukter från PLA som har lågt pH.
Sammanfattningsvis kan man konstatera att PLA/PC klarar någon eller ett par gångers ombearbetning om materialet hålls torrt, dvs materialåtervinning inom en fabriks produktion borde kunna säkras utan större inverkan på slutlig produktkvalitet. Däremot visar resultaten att materialåtervinning av använda produkter är uteslutet om man efterfrågar någorlunda bibehållna mekaniska egenskaper.

Tabell 9. E-modul och brottöjning för olika kombinationer av ombearbetning i extruder och åldring i fuktig miljö.

Mekanisk egenskap	1 omarbetning ej åldrat	6 omarbetningar ej åldrat	1 omarbetning 1 åldring i fukt	2 omarbetningar 1 åldring i fukt	1 omarbetning 2 omgångar åldring i fukt
E-modul (GPa)	2,23	2,26	2,08	2,13	1,50
Brottöjning (%)	7,9	4,4	3,4	1,6	3,5

En intressant fråga är om ovan beskrivna nedbrytning skapar giftiga ämnen i materialet. Eftersom den primära byggstenen i PC är bisphenol A (BPA), studerades även mängden bisphenol A (BPA) för materialen i studien ovan.

Resultatet visade tydligt att mängden BPA påverkades av återvinningen och åldringen. Mängden BPA var 0,13 mg BPA/g PC i obearbetat material, efter sex ombearbetningar (ingen åldring) var mängden 0,61 mg/g PC och efter accelererad åldring motsvarande 3 års användning var mängden 2,3 mg/g PC.

7.4.2 PLA/HDPE

I en undersökning[16] på SP av blandningen PLA/HDPE (materialkvalitet ”RTP 2099 x 115382 Natural”, materialet har 39 wt% PLA och 61 wt% HDPE) studerades hur upprepad bearbetning påverkar materialets mekaniska egenskaper.

Bearbetningen och åldringen simulerades i labb-extruder. I Bild 7.1 nedan visar hur E-modul och brottöjning påverkas av antalet ombearbetningar. Som framgår av Bild 7.1 påverkas E-modul endast marginellt och brottöjningen ökar med antalet ombearbetningar.

Bedömningen är därför att materialet i studien klarar åtminstone ombearbetning inom en fabriks materialåtervinning.

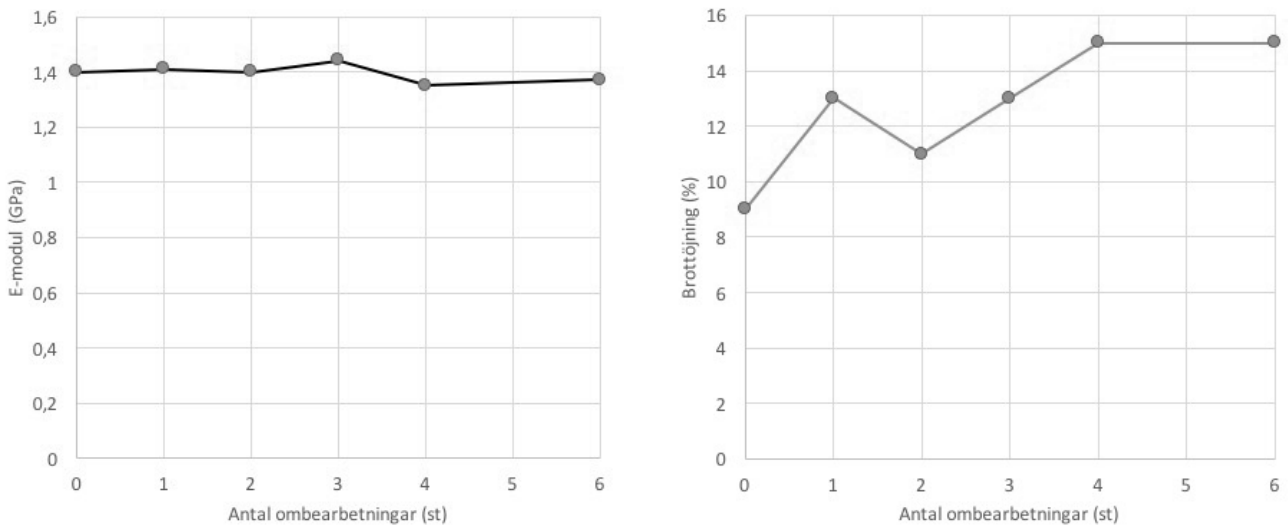


Bild 7.1 E-modul och brottöjning som funktion av antalet ombearbetningar i labb-extruder för PLA/HDPE-blandning.

7.5 Effekter av förorening av biobaserad plast/fossil plast

7.5.1 Bakgrund

Den pågående globala trenden att öka användandet av förnybara råvaror, inkluderat plaster, i kombination med målet om resurseffektivare materialanvändning kommer med stor sannolikhet att rendera i att allt fler materialströmmar kommer behöva återvinnas i framtiden. Bland dessa materialströmmar, som inte återvinns till stor del idag, finns bland annat biobaserade plaster och olika konstruktionsplaster (ex. polyamider).

Den pågående övergången till förnybara råvaror innebär att det under en lång tid framöver kommer finnas produkter gjorda i både oljebaserade och biobaserade plaster. Som en del i projektet har en studie genomförts (ref till Jonas artikel) med målet att exemplifiera nya utmaningar gällande återvinning som introduktionen av biobaserade alternativ kan generera och som kan behöva lösas för att möjliggöra en effektiv plaståtervinning i framtiden.

Många av utmaningarna som berör biobaserade plaster är detsamma som för konventionella plaster ex. separerbarhet (renhet på återvunnet material), kvalitetssäkring/spårbarhet och egenskaper (värde) på återvunnet material innehållande blandningar av olika plaster.

Ytterligare frågeställningar, som är mer relaterade till introduktionen av biobaserade plaster, är exempelvis om vi i framtiden bör separera plastavfall baserat på biobaserat innehåll (ex. PE och bio-PE) där en ev. blandning av plasterna nödvändigtvis inte kommer medföra försämrade egenskaper men där man vid blandning får återvunnet material med varierande halt av biobaserat innehåll. Eftersom denna fråga främst berör ”drop-in” plaster så faller den utanför scopet på detta projekt.

En annan utmaning som vi står inför är att det under en lång tid framöver kan komma att finnas liknande produkter gjorda i både oljebaserade plaster och i biobaserade plaster. Detta medför troligtvis inga större problem när det rör sig om ”drop-in” plaster, där den kemiska uppbyggnaden är identisk, men kan ställa höga krav på separeringsteknikerna i de fall då det inte finns kommersiella ”drop-in” alternativ utan där biobaserade alternativ är begränsade till plaster med liknande egenskapsprofil men med små variationer i den kemiska uppbyggnaden.

Ett exempel på en materialklass där detta kan bli ett problem är polyamider (PA) där det idag finns ett flertal kommersiellt tillgängliga biobaserade alternativ till de konventionella polyamiderna. I de flesta fall rör det sig dock inte om ”drop-in” plaster (identisk kemisk uppbyggnad) utan alternativ där det finns variationer i den kemiska uppbyggnaden beroende på vilka beståndsdelar i plasten som går att framställa från biobaserade råvaror.

Dessa små variationer i kemisk uppbyggnad behöver inte ha stor inverkan på produktegenskaperna, vilket gör att de kan fungera bra som ersättningsmaterial, men det kan påverka blandbarheten mellan de olika plasterna vilket kan påverka kvaliteten på det återvunna materialet om plasterna blandas under återvinningen.

För att åskådligöra denna frågeställning så undersökte vi två olika polymider: PA12, som är en konventionell oljebaserad polyamid, och PA1010 som är en 100% biobaserad (från ricinolja) polyamid som ofta nämns som ett bio-baserat alternativ till ex. PA12. Det finns även redan produkter på marknaden där PA1010 idag används istället för PA12. Studien fokuserade på tre separata frågor:

1. Vilken är risken att de olika materialen kan komma att blandas under återvinningsprocessen?
2. Vilka möjligheter finns det, via analyser av det återvunna materialet, att detektera inblandning av de olika materialen?
3. Vilka effekter kan ev. inblandning få på materialegenskaperna?

För att studera detta så framställdes materialblandningar innehållande olika proportioner (0, 5, 50 , 90 och 100% PA1010) av de olika materialen genom dubbelskruvsextrudering. Materialblandningarna, samt rena referensmaterial av PA12 och PA1010, utvärderades sedan med konventionella analysutrustningar, så som infra-röd spektroskopi (FTIR), DSC samt mekaniska tester (dragprov), för att ge svar på frågorna ovan.

7.5.2 Resultat

FTIR-analyserna visade att spektrumen från de rena materialen (PA12, PA1010) var mycket lika (ca 95% vid automatisk matchning) med endast mindre variationer i toppintensitet vid vissa vågtal. Denna stora likhet mellan de olika materialen ökar riskerna för att materialen, på grund av begränsade möjligheter att separera plasterna från varandra, kan komma att blandas under återvinningen.

De efterföljande försöken att särskilja de olika materialen och materialblandningarna med DSC visade att det relativt lätt går att särskilja de olika komponenterna genom deras olika smält- och kristallisations-temperaturer. Även låga halter av inblandningar kunde i de flesta fall detekteras då de individuella smälttopparna för varje komponent kunde ses.

Bland annat visade resultaten att 5 % PA1010 i PA12 kunde detekteras med DSC där en mindre smälttopp kunde urskiljas i smältkurvorna. I det omvända fallet, med 10 % PA12 i PA1010, kunde dock inte någon tydlig smälttopp för PA12 detekteras med DSC.

Detta innebär att under vissa blandningsförhållanden, i detta fall upp till 10% PA12 i PA1010 så kan det bli svårt att avgöra ifall det återvunna materialet är en ren PA1010 eller innehåller mindre halter PA12.
De mekaniska egenskaperna hos de rena materialen och de olika materialblandningarna visade att både styvhet (E-modul) och sträckspänning för de olika materialblandningarna låg mellan värdena för de enskilda komponenterna (Bild 7.2).

Dock erhölls värden på både brottstöjning och brottspänning som var lägre än båda de enskilda komponenterna, för vissa av blandningarna (10% och 50% PA12 i PA1010) vilket tyder på en begränsad kompatibilitet (blandbarhet) mellan de olika plasterna (Bild 7.3).

Resultaten visar också att inblandning av mindre mängder (10%) PA12 i PA1010 ger 10-15% lägre värden på brottspänning och brottöjning jämfört med ren PA1010.

Tillsammans med de tidigare resultaten där det visades att det finns begränsningar att med konventionella tekniker (DSC) kunna detektera inblandning av mindre mängder PA12 i PA1010 så kan detta innebära problem gällande kvalitetsäkring av det återvunna materialet.

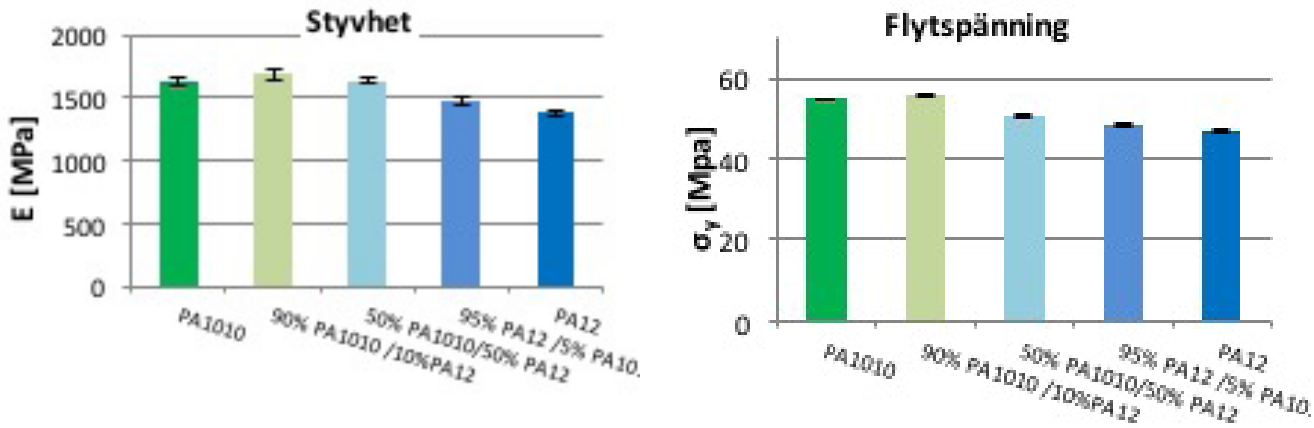


Bild 7.2 Uppmätt styvhet (vänster) och sträckspänning (höger) för de rena materialen samt materialblandningarna uppmätt genom dragprovning.

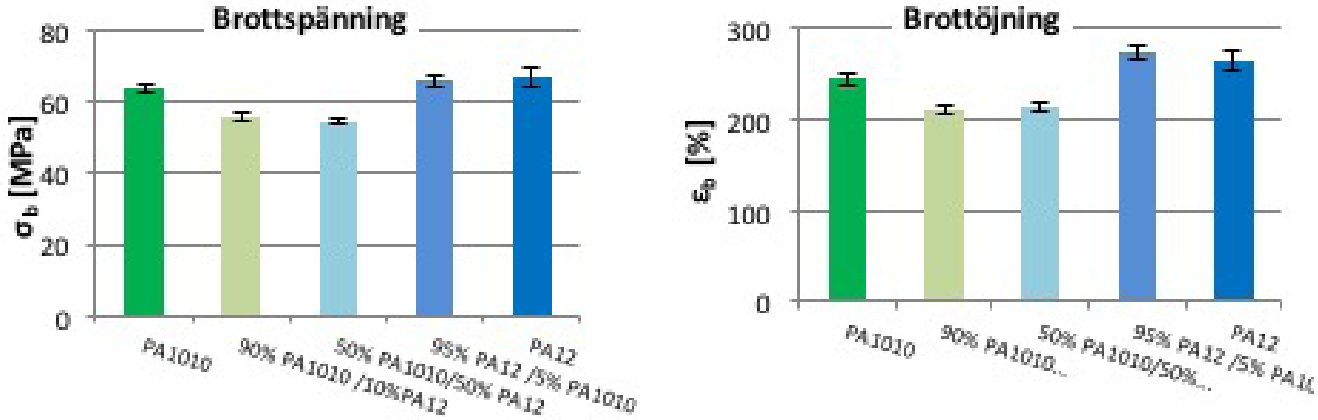


Bild 7.3 Uppmätt brottspänning (vänster) och brottstöjning (höger) för de rena materialen samt material-blandningarna uppmätt genom dragprovning.

7.5.3 Slutsatser

Den genomförda studien exemplifierar en potentiell utmaning som kan komma behöva lösas i framtida återvinningssystem då fler, delvis eller helt, biobaserade material med liknande, men ej identisk, uppbyggnad som konventionella plaster kan komma att samexistera på marknaden och även behöva återvinnas.

Potentiella lösningar för att reducera problemet kan ex. vara utveckling av märkningssystemet av plastprodukter, förbättrade separationstekniker eller tillsats av olika kompatabilisatorsystem under återvinningsprocessen.

8. Mer Information

8.1 Länkar allmänt

Cirkulär ekonomi: www.ellenmacarthurfoundation.org

Standards: http://www.icmpp.ro/sustainableplastics/files/Certification_of_bioplastics.pdf

Ecolabel, exempel: http://www.schroll.fr/en/explanation-ecolabels

European Bioplastics standard (även cert, labelling, oxo-biodegradable):
http://en.european-bioplastics.org/standards/standardization/

European Bioplastics links: http://en.european-bioplastics.org/links/

VKC-Centexbel - sustainable solutions for the plastic industry: http://www.vkc.be/research

Melodea Ltd – extraction of Nano Crystalline Cellulose (known as NCC or CNC) from the sludge of the paper industry http://www.melodea.eu/

Certification of bioplastics (Petra Horvat & Andrej Kržan) www.plastice.org)

DIN CERTCO (Europe, Germany)
http://www.dincertco.de/en/products_made_of_compostable_materials.html
http://www.dincertco.de/en/din_geprueft_biobased_for_more_sustainability.html

Vinçotte (Europe, Belgium) http://www.okcompost.be/en/home/

Biodegradable Products Institute (USA) http://www.bpiworld.org/

Polish Packaging Research and Development Center
http://www.cobro.org.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=154%3Acertyfikacja-wyrobow-przydatnych-do-kompostowania&catid=34&Itemid=75&lang=en

Sustainability aspects of plastics www.plastice.org.

European Bioplastics –Industrial Composting Factsheet (sida 6-8)
http://en.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2011/04/fs/FactSheet_Industrial_Composting.pdf

8.2 Forskningsartiklar

"Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: A review", Azadeh Soroudi, Ignacy Jakubowicz, SP Technical Research Institute of Sweden. European Polymer Journal, 2013.
http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014305713003674

"Polylactic acid and its blends with petroleum-based resins: Effects of reprocessing and recycling on properties", Nazdaneh Yarahmadi, Ignacy Jakubowicz, Jonas Enebro, J. APPL. POLYM. SCI. 2016, DOI: 10.1002/APP.43916

"Recycling of wood fiber-reinforced HDPE by multiple reprocessing", Åkesson, D., Fuchs, T., Stöss, M., Root, A., Stenvall, E. and Skrifvars, M. (2016), J. Appl. Polym

8.3 Databaser

GaBi Database for Bioplastics - To help organizations include bioplastics in their research and development activities, thinkstep has launched the first bioplastics database in the world.
http://www.gabi-software.com/databases/gabi-databases/plastics/

Campus Plastic - The CAMPUS plastics information system offers free online datasheets for resins from participating material producers. CAMPUS is the only database that exclusively offers high quality and comparable material information, absolutely restricted to uniform standards.
(få biobaserade plaster) http://www.campusplastics.com/

M-Base - Material Data Center is a comprehensive internet portal for plastics. It includes a material database, which covers the complete international plastics market including the entire content of the CAMPUS database, also an application database, a tradename directory, a literature database and several other tools to support designers.
Mycket bra databas som även innehåller litteratur och designtips etc., Ett abonemang kostar ca 350 euro per år.
http://www.m-base.de/en/products/material-data-center.html

Matweb - MatWeb's searchable database of material properties includes data sheets of thermoplastic and thermoset polymers such as ABS, nylon, polycarbonate, polyester, polyethylene and polypropylene; metals such as aluminum, cobalt, copper, lead, magnesium, nickel, steel, superalloys, titanium and zinc alloys; ceramics; plus semiconductors, fibers, and other engineering materials.
En gratis och bra materialdatabas som tyvärr innehåller relativt få biomaterial.
http://www.matweb.com/

Procpector (f.d. IDEAS) - With over 80,000 products from hundreds of suppliers of resins, plastics additives and metals suppliers — plus materials from 7 formulated products industries — Prospector is the place to find raw materials faster.
En gratis databas som kräver registrering men som tyvärr än så länge innehåller relativt få biomaterial.
http://www2.ulprospector.com/

8.4 Böcker

"Cradle to Cradle, Re-making the way we make things", Michael Braungart, William McDonough, 2002

"Introduction to Plastics Recycling", Vannessa Goodshi.
http://books.google.se/books?id=ocoQM7cnQTwC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

"Feedstock Recycling of Plastic Wastes", José Aguado, David P. Serran.
http://books.google.se/books?id=HUlLAvuGsoQC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

8.5 Presentationer

"Recycling of Plastics", ImpEE (based at the Department of Engineering at the University of Cambridge and is funded by the CMI Institute).
http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/topics/RecyclePlastics/files/Recycling%20Plastic%20v3%20PDF.pdf

9. Referenser

1. http://echa.europa.eu/sv/regulations/reach/understanding-reach och Faktabladet Reach - EU:s kemikalieförordning, utgiven Januari 2015 av Kemikalieinspektionen
2. Vad vet vi om farliga ämnen vid materialåtervinning av plast – Bibi, Andersson, Jensen och Rydberg, IVL – B2031, Feb. 2012
3. "Marketplace Opportunities for Integration of Biobased and Conventional Plastics", Jim Lunt, september 2014.
4. http://www.avfallsverige.se/statistik-index/avfallsstatistik/annat-avfall-aen-hushaallsavfall/
5. https://thecirculars.org/documents/Accenture%20Circular%20Advantage%20Web%20Single.pdf. (2015-11-16)
6. Towards the Circular Economy vol.3: accelerating the scale-up across global supply chains, Ellen MacArthur Foundation, report 2014
7. Cradle to Cradle: Re-making the way we make things, M Braungart and W McDonough, 2002.
8. "Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: A review", Azadeh Soroudi, Ignacy Jakubowicz, SP Technical Research Institute of Sweden. European Polymer Journal, 2013.
9. Pantani, R.; DeSantis, F.; Sorrentino, A.; DeMaio, F.; Titomanlio, G. Polymer Degradation and Stability, 95 (2010), 1148-1159
10. Badia, J.D. ; Strömberg, E. ; Karlsson, S. ; Ribes-Greus, A. Polymer Degradation and Stability, 97 (2012), 670-678
11. Badia, J.D. ; Santonja-Blasco, L. ; Martínez-Felipe, A. ; Ribes-Greus, A. Polymer Degradation and Stability, 97 (2012), 1881-1890
12. Harris, A.M. and Lee, E.C. Journal of Applied Polymer Science, 115 (2010), 1380-1389
13. Jim Lunt & Associates,"Marketplace Opportunities for Integration of Biobased and Conventional Plastics", September, 2014, http://www.auri.org/assets/2014/09/AIC185.biobased1.pdf
14. Biopolymers: Reuse, Recycling, and Disposal, 1st Edition, M Niaounakis, 2013
15. Åkesson, D., Fuchs, T., Stöss, M., Root, A., Stenvall, E. and Skrifvars, M. (2016), Recycling of wood fiber-reinforced HDPE by multiple reprocessing. J. Appl. Polym
16. Polylactic acid and its blends with petroleum-based resins: Effects of reprocessing and recycling on properties, Nazdaneh Yarahmadi, Ignacy Jakubowicz, Jonas Enebro, J. APPL. POLYM. SCI. 2016, DOI: 10.1002/APP.43916
17. "The importance of including service life in the climate impact comparison of bioplastics and fossil-based plastics", Frida Røyne & Johanna Berlin.
18. "Engineering Biopolymers", Hans-Josef Endres och Andrea Siebert-Raths.
19. "Plast i vår värld", skrift utgiven av PIR – Plastbranschens informationsråd, 1999.

10. Bilaga

Källa: Biopolymers: Reuse, Recycling, and Disposal, 1st Edition, M Niaounakis, 2013

På följande sidor finns en sammanställning över tillgängliga standarder och en tabell över förkortningar för bioplaster.

Tabell 10. Återvinning av biobaserade plaster

Standard	Titel
EN 15342:2007	Recycled Plastics - Characterization of polystyrene (PS) recyclates.
EN 15343:2007	Recycled Plastics - Plastics recycling traceability and assessment of conformity and recycled content.
EN 15344:2007	Recycled Plastics - Characterization of polyethylene (PE) recyclates.
EN 15345:2007	Recycled Plastics - Characterization of polypropylene (PP) recyclates.
EN 15346:2007	Recycled Plastics - Characterization of poly(vinyl chloride) (PVC) recyclates.
EN 15347:2007	Recycled Plastics - Characterization of plastics wastes.
EN 15348:2007	Recycled Plastics - Characterization of poly(ethylene terephthalate) (PET) recyclates.
CEN/TR 15353:2007	Recycled Plastics Guidelines for the development of standards for recycled plastics.
ASTM D1972-97 (2005)	Standard practice for generic marking of plastic products.
ASTM D5203-07	Standard specification for polyethylene plastics molding and extrusion materials from recycled postconsumer (HDPE) sources.
ASTM D5577-94 (2010) el	Standard guide for techniques to separate and identify contaminants in recycled plastics.
ASTM D5814-10	Standard practice for determination of contamination in recycled poly(ethylene terephthalate) (PET) flakes and chips using a plaque test.
ASTM D5991-09	Standard practice for separation and identification of poly(vinyl chloride) (PVC) contamination in polyethylene terephthalate) (PET) flake.
ASTM D6265-09	Standard practice for separation of contaminants in polymers using an extruder filter test.
ASTM D6288-09	Standard practice for separation and washing of recycled plastics prior to testing.
ASTM D7209-06	Standard guide for waste reduction, resource recovery, and use of recycled polymeric materials and products.
ASTM D7611/D7611M-10	Standard practice for coding plastic manufactured articles for resin identification.

Tabell 11. Avyttring av biobaserade plaster

Specifikationer på komposterbarhet		
Nummer	Titel	Anmärkning
ISO 17088:2012	Specifications for compostable plastics.	ISO 17088:2012 describes the same as EN 13432:2(XX), EN 14995:2006, and ASTM D6400-12
EN 13432:2000	Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation - Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.	
EN13432:2000/ AC:2005	Packaging - Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation - Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging.	
EN 14995:2006	Evaluation of compostability - Test scheme and specifications.	For packaging, EN 13432 applies, while EN 14995:2006 applies to plastic material in general.
ASTM D6400-12	Standard specification for labeling of plastics designed to be aerobically composted in municipal or industrial facilities.	
ASTM D6868-11	Standard specification for labeling of end designed to he aerobically composted in municipal or industrial facilities.	The standards EN 13432:2000, EN 14995:2006, ISO 17088:2012, and ASTM D6400-12 define the same test scheme for the characterization of a product as compostable.
DIN V54900	Testing of Compostability of Plastics	
AS 4736-2006	Biodegradable plastics - Biodegradable plastics suitable for composting and other microbial treatment.	This Australian standard is similar to EN 13432:2000.
AS 4736-2006/ Amdt 1-2009	Biodegradable plastics - Biodegradable plastics suitable for composting and other microbial treatment.	
AS 5810-2010	Biodegradable plastics - Biodegradable plastics suitable for home composting.	AS 5810-2010 is the only known standard for home composting.
BNQ - 9011-911/2007	Compostable plastic bags: approach, criteria and contents arc similar to the EN standards.	This Canadian standard is similar to ISO 17088:2012.

Teststandarder för bionedbrytning		
Aquatic aerobic		
ISO 9408:1999	Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium by determination of oxygen demand in a closed respirometer.	ISO 9408:1999 is similar to OECD 301 F.
ISO 9439:1999	Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium - Carbon dioxide evolution test.	
ISO 9887:1992	Evaluation of the aerobic biodegradability of organic compounds in an aqueous medium - Semicontinuous activated sludge (SCAS) method.	ISO 9887:1992 is similar to OECD 302 A.
ISO 9888:1999	Water quality - Evaluation of ultimate aerobic biodegradability of organic compounds in aqueous medium e Static test (Zahn-Wellens method).	ISO 9888:1999 is similar to OECD 302 B.
ISO 10634:1995	Guidance for the preparation and treatment of poorly water-soluble organic compounds for the subsequent evaluation of their biodegradability in an aqueous medium.	
ISO 14851:1999	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium e Method by measuring the oxygen demand in a closed respirometer.	ISO 14851:1999 is similar to EN 14048:2002
"ISO 14851:1999/ Cor 1:2005 ISO 14852:1999"	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium - Method by analysis of evolved carbon dioxide. The principle of the test procedure is similar to ISO 14851. The main difference is the parameter for measuring the biodegradation. Instead of oxygen consumption the evolved carbon dioxide is measured.	ISO 14852:1999 is similar to EN 14047:2002.
ISO/TR 15462:2006	Selection of tests for biodegradability.	
EN 14047:2002	Packaging - Determination of the ultimate aerobic biodegradability of packaging materials in an aqueous medium e Method by analysis of evolved carbon dioxide.	EN 14047:2002 is similar to ISO 14852:1999.
EN 14048:2002	Packaging - Determination of the ultimate aerobic biodegradability of packaging materials in an aqueous medium - Method by measuring the oxygen demand in a closed respirometer.	EN 14048:2002 is similar to 150 1485 1:1999.
ASTM D5209-92	Standard test method for determining the aerobic biodegradation of plastic materials in the presence of municipal sewage sludge (withdrawn in 2004).	
ASTM D6340-98 (2007) (aqueous or compost)	Standard test methods for determining aerobic biodegradation of radiolabeled plastic materials in an aqueous or compost environment.	
JIS K 6950:2000 (ISO 14851:1999)	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium - Method by measuring the oxygen demand in a closed respirometer.	This Japanese standard is similar to ISO 1485 1:1999.
JIS K 6951:2000 (ISO 14852:1999)	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in an aqueous medium - Method by analysis of evolved carbon dioxide.	This Japanese standard is similar to ISO 14852: 1999.
OECD 301 A	DOC die-away test evaluates biodegradation by measuring the dissolved organic carbon.	OECD 301 A is similar to ISO 7827:20 10.

OECD 301 B	CO2 evolution test (modified sturm test).	OECD 301 B is similar to ISO 9439:1999.
OECD 301 C	Modified MITI (I) (Ministry of International Trade and Industry, Japan) test.	OECD 301 C is predecessor of ISO 14851.
OECD 301 D	Closed bottle test - determines biodegradation by dissolved oxygen.	OECD 301 D is similar to ISO 10707:1994.
OECD 301 E	Modified OECD screening test that evaluates biodegradation by measuring dissolved organic carbon.	
OECD 301 F	Manometric respirometry test that measures oxygen consumption.	OECD 301 F is similar to ISO 9408:1999.
ISO 7827:2010	Evaluation of the "ready," "ultimate" aerobic biodegradability of organic compounds in an aqueous medium - Method by analysis of dissolved organic carbon (DOC).	ISO 7827:2010 is similar to OECD 301 A.
ASTM E1279-89 (2008)	Standard test method for biodegradation by a shake-flask die-away method.	
OECD 302 A	Inherent biodegradability - Modified SCAS test.	OECD 302 A is similar to ISO 9887:1992.
OECD 302 B	Inherent biodegradability - Zahn-Wellens test.	OECD 302 B is similar to ISO 9888:1999.
Aquatic, anaerobic biodegradation		
ISO 11734:1995	Determination of the ultimate anaerobic biodegradation of plastic materials in controlled slurry digestion systems e Method by measurement of biogas production.	
ISO 13975:2012	Determination of the ultimate anaerobic biodegradation of plastic materials in an aqueous system e Method by measurement of biogas production.	
ISO 14853:2005	Determination of the ultimate anaerobic biodegradation of plastic materials in an aqueous system e Method by measurement of biogas production.	
ISO 14853:2005/ Cor 1:2009 ASTM D5210-92(2007)	Standard test method for determining the anaerobic biodegradation of plastic materials in the presence of municipal sewage sludge.	ASTM D5210-92(2007) are equivalent to ISO 14853:2005
High-solids anaerobic biodegradation (landfilling)		
ISO 15985:2004 (anaerobic)	Determination of the ultimate anaerobic biodegradation and disintegration under high-solids anaerobic-digestion conditions e Method by analysis of released biogas.	
ISO 15985:2004/ Cor 1:2007ASTM D5210-92(2007)	Standard test method for determining the anaerobic biodegradation of plastic materials in the presence of municipal sewage sludge.	ASTM D5210-92(2007) and the equivalent ISO 14853:2005
ASTM D5511-12		
ASTM D5526-12	Standard test method for determining anaerobic biodegradation of plastic materials under accelerated landfill conditions.	ASTM D5526-12 is equivalent to ISO 15985:2004.
ASTM D7475-11	Standard test method for determining the aerobic degradation and anaerobic biodegradation of plastic materials under accelerated bioreactor landfill conditions.	There is no ISO equivalent to this standard.

Compost biodegradation (compostability)		
ISO 14855-1:2005	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions e Method by analysis of evolved carbon dioxide - Part 1: General method.	
ISO 14855-1:2005/ Cor 1:2009 ISO14855-2:2007	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions e Method by analysis of evolved carbon dioxide - Part 2: Gravimetric measurement of carbon dioxide evolved in a laboratory-scale test.	
14855-2:2007/ Cor 1:2009 ISO 16929:2002	Plastics e Determination of the degree of disintegration of plastic materials under defined composting conditions in a pilot-scale test.	
ISO 20200:2004	Determination of the degree of disintegration of plastic materials under simulated composting conditions in a laboratory-scale test.	
EN 14806:2005	Packaging e Preliminary evaluation of the disintegration of packaging materials under simulated composting conditions in a laboratory scale test.	
ASTM D5338-11	Standard test method for determining aerobic biodegra-dation of plastic materials under controlled composting conditions, incorporating thermophilic temperatures.	
ASTM D6002-96(2002) e1	Standard guide for assessing the compostability of environmentally degradable plastics (withdrawn 2011, no replacement).	
ASTM D6340-98(2007) (aqueous or compost)	See Aquatic, aerobic biodegradation standards.	
JIS K 6952:2008	Determination of the degree of disintegration of plastic materials under defined composting conditions in a pilot-scale test.	This Japanese standard is similar to ISO 16929:2002.
JIS K 6953-1	Determination of the ultimate aerobic biodegradability and disintegration of plastic materials under controlled composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide.	This Japanese standard is similar to ISO 14855-1:2005.
JIS K 6953-2	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions e Method by analysis of evolved carbon dioxide - Part 2: Gravimetric measurement of carbon dioxide evolved in a laboratory-scale test.	This Japanese standard is similar to ISO 14855-2:2005.
JIS K 6954:2008	Determination of the degree of disintegration of plastic materials under simulated composting conditions in a laboratory-scale test.	This Japanese standard is similar to ISO 20200:2004.
AS 4454-2003	Composts, soil conditioners and mulches.	This Australian standard is based on AS 4736.

Soil biodegradation		
ISO 11266:1994	Guidance on laboratory testing for biodegradation of organic chemicals in soil under aerobic conditions.	
ISO 17556:2012	Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials in soil by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved.	
CEN/TR 15822:2009	Biodegradable plastics in or on soil - Recovery, disposal, and related environmental issues.	
ASTM D5988-12	Standard test method for determining aerobic biodegradation of plastic materials in soil.	
JIS K 6955:2006	Determination of the ultimate aerobic biodegradability in soil by measuring the oxygen demand in a respirometer or the amount of carbon dioxide evolved.	Japanese standard is similar to ISO 17556:2003.
Marine biodegradation		
ISO 16221:2001	Guidance for determination of biodegradability in the marine environment.	ISO 16221:2001 is similar to OECD 306.
ASTM D6691-09	Standard test method for determining aerobic biodegradation of plastic materials in the marine environment by a defined microbial consortium or natural seawater inoculum.	There is no similar or equivalent ISO standard.
ASTM D7081-05	Standard specification for non-floating biodegradable plastics in the marine environment.	
ASTM D7473-12	Standard test method for weight attrition of plastic materials in the marine environment by open system aquarium incubations.	
OECD 306	Biodegradability in seawater.	OECD 306 is similar to ISO 16221:2001.
Other (bio)degradation		
ASTM D6954-04	Standard guide for exposing and testing plastics that degrade in the environment by a combination of oxidation and biodegradation.	There is no ISO standard that is the equivalent of this standard guide.
ISO 11721-1:2001	Determination of resistance of cellulosecontaining textiles to micro-organisms - Soil burial test - Part 1: Assessment of rot-retardant finishing.	
ISO 11721-2:2003	Determination of the resistance of cellulosecontaining textiles to micro-organisms - Soil burial test - Part 2: Identification of long-term resistance of a rot retardant finish.	
ASTM G21-09	Standard practice for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi.	

Tabell 12. Fastställande av biobaserat innehåll

Nummer	Titel	Anmärkning
CEN/TS 16137:2011	Determination of bio-based carbon content.	
CEN/TS 16295:2012	Declaration of the bio-based carbon content.	
ASTM D6866-12	Standard test methods for determining the bio-based content of solid, liquid, and gaseous samples using radiocarbon analysis	
ASTM D7026-04	Standard guide for sampling and reporting of results for determination of bio-based content of materials via carbon isotope analysis.	Det finns ingen liknande eller motsvarande ISO standard.
ASTM WK35315	New specification for calculating and reporting bio-based content of complex products.	

Tabell 13. Ecotoxicity

Nummer	Titel	Anmärkning
ISO 11268-1:2012	Soil quality - Effects of pollutants on earthworms e Part 1: Determination of acute toxicity to Eisenia fetida/Eisenia andrei.	
ISO 11268-2:2012	Soil quality - Effects of pollutants on earthworms - Part 2: Determination of effects on reproduction of Eisenia fetida/ Eisenia andrei.	
ISO 11268-3:1999	Soil quality - Effects of pollutants on earthworms - Part 3: Guidance on the determination of effects in field situation.	
ISO 11269-1:2012	Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Part 1: Method for the measurement of inhibition of root growth.	
ISO 11269-2:2012	Soil quality - Determination of the effects of pollutants on soil flora - Part 2: Effects of contaminated soil on the emergence and early growth of higher plants.	
ISO 11348-1:2007	Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of Vibrio fischeri (Luminescent bacteria test) - Part 1: Method using freshly prepared bacteria.	
ISO 11348-2:2007	Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of Vibrio fischeri (Luminescent bacteria test) - Part 2: Method using liquid-dried bacteria.	
ISO 11348-3:2007	Water quality - Determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of Vibrio fischeri (Luminescent bacteria test) - Part 3: Method using freeze-dried bacteria.	
OECD 202	Daphnia sp., acute immobilisation test.	
OECD 207	Earthworm, acute toxicity tests.	OECD 207 is similar to ISO 11268-1.
OECD 208	Terrestrial plants growth test.	

Tabell 14. Provberedning

Nummer	Titel
ISO 10210:2012	Methods for the preparation of samples for biodegradation testing of plastic materials.
ASTM D6288-09	See standards Related to the Recycling of Biopolymers.
ASTM D7026-04	See determination of Bio-Based Content.

Tabell 15. Terminologi

Nummer	Titel
ISO 1043-1:2011	Symbols and abbreviated terms - Part 1: Basic polymers and their special characteristics.
ISO 1043-2:2011	Plastics. Symbols and abbreviated terms - Part 2: Fillers and reinforcing materials.
ISO 1043-3:1996	Symbols and abbreviated terms — Part 3: Plasticizers.
ISO 1043-4:199	Symbols and abbreviated terms - Part 4: Flame retardants.
EN 13193	Packaging and the environment - Terminology.
CEN/TR 15932:2010	Recommendation for terminology and characterization of biopolymers and bioplastics.
ASTM D883-11	Standard terminology relating to plastics.
ASTM D1600-08	Standard terminology for abbreviated terms relating to plastics.

Tabell 16. Miljömärkning

Nummer	Titel
ISO 14020:2000	Environmental labels and declarations - General principles.
ISO 14021:1999	Environmental labels and declarations - Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling).
ISO 14021:1999/ Amd 1:2011ISO 14024:1999"	Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures.
ISO 14025:2006	Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures.

Tabell 17. Life Cycle Assessment (LCA)

Nummer	Note	
ISO 14001:2004	Environmental management systems - Requirements with guidance for use.	
ISO 14001:2004/ Cor 1:2009	Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.	
ISO 14040:2006	Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.	
ISO 14044:2006	Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.	
ISO 14045:2012	Environmental management - Eco-efficiency assessment of product systems - Principles, requirements and guidelines.	
ISO/TR 14047:2012	Environmental management - Life cycle assessment e Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations.	
ISO/TS 14048:2002	Environmental management - Life cycle assessment - Data documentation format	
ISO/TR 14049:2012	Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.	
ISO 17422:2002	Environmental aspects - General guidelines for their inclusion in standards.	
ASTM D7075-04	Standard practice for evaluating and reporting environmental performance of bio-based products.	
JIS Z 7001:2007	Environmental aspects - General guidelines for their inclusion in standards.	Japanese standard is similar to ISO 17422:2002
JIS Z 7121:2007	Methods of life cycle inventory studies on plastics including recycling stages.	
JIS Q 14040:2010	Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework	JIS Q 14040:2010 is similar to ISO 14040:2006.

Tabell 18. Förkortningar för biopolymerer

β-PPL	poly(b-propiolactone)
β-PBL	poly(b-butyrolactone)
γ-PGA	poly(g-glutamic acid)
ε-PL	poly(e-lysine)
CA	cellulose acetate
CAB	cellulose acetate butyrate
CAP	cellulose acetate propionate
CN	cellulose nitrate
P2HB	poly(2-hydroxybutyrate)
P3HB	poly(3-hydroxybutyrate) (or PHB)
P3HB4HB	poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxy-butyrate)
P3HD	poly(3-hydroxydecanoate) (or PHD)
P3HN	poly(3-hydroxynonanoate) (or PHN)
P3HP	poly(3-hydroxypropionate)
P4HB	poly(4-hydroxybutyrate)
P4HB2HB	poly-(4hydroxybutyrate-co-2-hydroxy-butyrate)
P4HP	poly(-4-hydroxypropionate)
P4HV	poly(4-hydroxyvalerate)
P5HV	poly(5-hydroxyvalerate)
P6HH	poly(6-hydroxyhexanoate)
PA 10.10	polyamide 1010
PA 10.12	polyamide 1012
PA 11	polyamide 11
PA 4.10	polyamide 410
PA 6.10	polyamide 610
PBA	poly(butylene adipate)
PBAT	poly(butylene adipate-co-terephthalate)
PBT	poly(butylene carbonate)
PBP	poly(butylene pimelate)
PBS	poly(butylene succinate); se även poly(tetramethylene succinate) (PTeMS)
PBSA	poly(butylene succinate-co-adipate)
PBSC	poly(butylene succinate-co-carbonate)
PBSE	poly(butylene sebacate)
PBSL	poly(butylene succinate-co-lactide)
PBST	poly(butylene succinate-co-terephthalate)
PCHC	poly(cyclohexene carbonate)
PCL	poly(e-caprolactone)
PDLA	poly(D-lactide)
PDLLA	poly(D,L-lactide)
PDLGA	poly(D,L-lactide-co-glycolide)
PDO	polydioxanone (or PDS)
PE	polyethylene (biobased)
PEA	poly(ethylene adipate)
PEAM	poly(ester amide)
PEAz	poly(ethylene azelate)
PEC	poly(ethylene carbonate)
PEDe	poly(ethylene decamethylate)
PEF	poly(ethylene furanoate)
PEOx	poly(ethylene oxalate)
PES	poly(ethylene succinate)
PESA	poly(ethylene succinate-co-adipate)

PESE	poly(ethylene sebacate)
PEST	poly(ethylene succinate-terephthalate)
PESu	poly(ethylene suberate)
PET	poly(ethylene terephthalate) (biobased)
PEUU	poly(ester urethane urea) (biodegradable)
PGA	polyglycolide, poly(glycolic acid)
PGCL	poly(glycolide-co-caprolactone)
PHA	polyhydroxyalkanoate
PHB	polyhydroxybutyrate (or P3HB)
PHBHD	poly(3-hydroxybutryrate-co-3-hydroxy-decanoate)
PHBHP	poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxy-propionate)
PHBHx	poly(3-hydroxybutyrate-co-3-ydroxy-hexanoate) eller poly(hydroxybutyra-te-co-hydroxyhexanoate)
PHBO	poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydrox-yoctanoate) (or P3HB/3HO)
PHBHV	poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxy-valerate)
PHD	polyhydroxydecanoate (or P3HD)
PHHp	poly(3-hydroxyheptanoate)
PHHx	poly(3-hydroxyhexanoate)
PHN	polyhydroxynonanoate (or P3HN)
PHO	poly(3-hydroxyoctanoate)
PHP	poly(3-hydroxypropionate)(or P3HP)
PHSE	poly(hexamethylene sebacate)
PHV	poly(3-hydroxyvalerate)
PLA	polylactide, poly(lactic acid)
PLCL	poly(lactide-co-caprolactone)
PLGA	poly(lactide-co-glycolide)
PLLA	poly(L-lactide)
PLLGA	poly(L-lactide-co-glycolide)
α-PMA	α-type polymalic acid, polymalate
POE I	poly(ortho ester) I
POE II	poly(ortho ester) II
POE III	poly(ortho ester) IIII
POE IV	poly(ortho ester) IV
PPA	polyphthalamide
PPHOS	polyphosphazene
PPF	poly(propylene fumarate)
PPL	poly(b-propiolactone)
PPS	poly(propylene succinate)

PPT	poly(propylene terephthalate) (biobased) see also PTT
PTeMAT	poly(tetramethylene adipate-co-terephthalate) see also poly(butylene adipate-co-terephthalate (PBST)
PTeMC	poly(tetramethylene carbonate)
PTMC	poly(trimethylene carbonate)
PTeMS/ PTeMC	poly[(tetramethylenesuccinate)-co-(tetramethylene carbonate)]
PTMA	poly(trimethylene adipate)
PTMAT	poly(methylene adipate-co-terephthalate)
PTeMA	poly(tetramethylene adipate)
PTMG	poly(tetramethyl glycolide)
PTeMS	poly(tetramethylene succinate) see also poly(butylene succinate) (PBS)
PTT	poly(trimethylene terephthalate) (biobased) see also PPT
PU	polyurethane (biobased)
PVOH	poly(vinyl alcohol)
TPS	thermoplastic starch

Guide för biobaserade plaster – från tillverkning till återvinning

- Vad är en bioplast?
- Är en biobaserad plast alltid komposterbar?
- Hur många gånger kan man återvinna biobaserad plast?

Dessa frågor och många fler hittar du svar på i denna guide!

Att återvinna plastavfall minskar miljöpåverkan och oljeberoende och är dessutom ekonomiskt lönsamt. Men rent praktiskt är det besvärligt, eftersom plast finns i många olika typer som kräver varierande behandling för att bli ny råvara. Denna guide försöker underlätta genom att sprida information om biobaserade plaster och förklara hur de kan återvinnas.

Ur innehållet:

- Cirkulär ekonomi
- Vad är biobaserade plaster?
- Översikt över standarder och märkningar
- Återvinningsmetoder
- Tillämpningar

Projektet Mistra Green plastics

Projektet ingick i det tvärvetenskapliga forskningsprogrammet Mistra Closing the Loop, finansierat av medel från Mistra, Stiftelsen för miljöstrategisk forskning.

Programmet handlade om hur industrins bi- och restprodukter kan återföras till samhället som värdefulla resurser genom en så effektiv materialåtervinning som möjligt. Denna guide är en del av spridningen av forskningsresultaten.

ISBN: 978-91-980961-4-9