



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Fra affald til miljørigtig råvare Vindmøllevinger kan genbruges i ny glasfiberproduktion

Miljøprojekt nr. 2029

Juli 2018

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Kurt Søndergaard, European Composite Recycling Technology A/S (ECTR)

ISBN: 978-87-93710-55-9

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord.....	4
Sammenfatning.....	5
Konklusion.....	6
Summary and Conclusion	6
1. Indledning og formål.....	8
2. Projektbeskrivelse.....	10
Projektets faser	10
3. Etablering af Faciliteter	11
3.1 Indledning – undersøgelser – maskinpark.....	11
3.2. Maskinpark	11
3.2.1 Forknuser	12
3.2.2 Knuseanlæg.....	12
3.2.3 Spraystation	13
3.2.3 Doseringsanlæg.....	13
3.3 Miljøtilladelser	14
3.3.1 Miljø tilladelse fra Guldborgssund Kommune.....	14
3.3.2 Miljøtilladelse Horsens Kommune	14
4. Etablering af Kvalitetsstyring	15
4.1 Proceslægning	15
4.2 Rapportering.....	16
4.3 Projektstyring	17
4.4 Kvalitetsrapporten.....	18
5. Produktion af råmateriale baseret på genanvendt glasfiber	19
5.1 Processen	19
5.2 Nedknusning – neddeling fra affaldselementer til håndterbar størrelse.....	19
5.3 Neddeling til nyt råmateriale	20
5.4 Sortering af færdigvare	20
5.5 Kvalitetsrapporten - kontrol.....	24
5.5.1 Avanceret test forsøg – kalibreringstests	25
5.5.2 Test – og målbare resultater.....	29
6. Produktion af prototyper.....	32
6.1 Samarbejde med Polyflex - Polymerbeton	32
6.2 Genanvendelse i båd produktion og shelters	32
6.3 Byggepladen.....	33
6.4 Flise i hårdt FiberBeton.....	33
6.5 Produktion af den hule kantsten (Projekt)	34
7. Virksomhedens QMS system - pre audit.....	35
7.1 Dokumentgennemgang.....	35
7.2 Audit	35
7.3 Konklusion Kvalitetskontrol.....	35
Litteraturliste.....	37

Forord

Det er kendt at størstedelen af glasfiberaffald og andet kompositaffald ikke genanvendes, men deponeres. Dette påvirker vindmøllevingers LCA meget negativt. Med baggrund i udførte tests forventer ECRT at kunne forædle og genanvende minimum 80% af al glasfiber fra vindmøllevinger, naceller og andre glasfiberprodukter fra vindmøller, til nye råvarer der kan anvendes enten i vindmølle- eller anden produktion hvori glasfiber anvendes. Råvaren vil her kunne erstatte forskellige %-satser af nye råvarer, afhængig af kravene til produkters specifikationer.

Grundlæggende vil hvert kg ny glasfiber der erstattes med genanvendt glasfibermateriale spare lidt under 2 kg Co₂ udledning¹. Det betyder at genanvendelse af 15.000 tons glasfiber affald (som det anslås at Danmark deponerer på årsbasis i 2015) vil være muligt at reducere Danmarks Co₂ udledning med tæt på 30.000 tons på årsbasis alene ved denne genanvendelsesproces. Enhver genanvendelse af glasfibermateriale i større omfang må således forventes at have en effekt på miljøet.

Projektet har modtaget tilskud fra Miljøstyrelsen, Miljøteknologisk Udviklings- og demonstrationsprogram (MUDP) i 2013. Projektrapporten er udarbejdet af ECTR A/S.

Det har været nedsat en følgegruppe bestående af følgende personer: Anne-Sofie Nielsen, Miljøstyrelsen, Kurt Søndergaard, ECRT A/S, Morten Birkved, DTU, Jens Olsen, Isoware A/S og Leo Christensen, Lolland Erhverv

Følgegruppen har afholdt møder og er løbende orienteret om projektets udvikling.

Projektet er indgået som et projekt i ECTR A/S løbende drift, og med anvendelse af de råvarer, som virksomheden har og har haft adgang til.

¹ ELSEVIER Reports Energy Policy 2012

Sammenfatning

Projektet har vist, at det er muligt at danne en anvendelig genbrugsfiber af affald fra anden komposit produktion. Projektet har vist, at det er muligt, at neddele og kvalitetssikre en genbrugsfiber, således at den kan anvendes i et forretningsmæssigt attraktivt videreproduktion. Projektet har samtidig vist at der er forskellige komplikationer, som man skal være opmærksom på, når man arbejder med fysisk neddeling af glasfiber.

Sammenfatningen er følgende:

1. Neddelingen af glasfiberen stiller store krav til maskinerne der skal bruges til at neddele og sortere med for at få de rigtige råvarer til slut
2. Neddelingsprocessen kan kun foretages ved en flertrins-proces.
3. Der skal være en sortering tilstede flere steder i en produktionslinje. Både midtvejs efter første neddeling og til slut for at sortere råvare til forskellige kategorier.
4. Ved første sortering skal der indeholdes en frasortering af metal og materialer som skum og træ.
5. I kvalitetskontrollen er valget af kontroller vigtige for videre brug og kræver ensartethed i måleform
6. Kvalitetskontrol skal foretages i alle neddelingsstrin inklusive slutkontrol efter slutsortering
7. Kvalitetskontrol kan med fordel organiseres med nogen del automatisering. F.eks. med brug af fotoanalyse.
8. Oparbejdede fibre kan bruges i nye produkter, hvor der er behov for øget styrke eller andre af de specifikationer fibrene tilbyder
9. Oparbejdede fibre kan bruges som delement i nye produkter, idet de oparbejdede fibre er langt billigere end nye produkter.
10. Fibrene er meget velegnede til indlejring i sandwichkonstruktioner og som styrkegivende fibre i polymerbeton og lignende produkttyper

Konklusion

Konklusionen på dette projekt og dets gennemførelse er at glasfiber, der ellers skulle have været deponeret, har en værdi som oparbejdet fiber og dermed råvarer i nye produkter.

Dette ser vi som bevist i den efterfølgende rapport og ser dermed projektet som en succes, ud fra de oprindelige ideer og tanker vi har haft med dette projekt. Dette under forudsætning af at man har en skarp kontrol med oparbejdningsprocessen, og en effektiv kvalitetskontrol undervejs i processen. Endelig skal der være et fornuftigt valg af produkter hvori de oparbejdede fibre indgår.

Det er uhensigtsmæssigt og urealistisk at tro at man kan tage en brugt vindmøllevinge og forvente at fibrene direkte kan indgå i en ny vindmøllevinge på lige vilkår med virgine fibre. Derimod er der en lang række andre områder, hvori fibrene kan indgå, som forstærkende faktor.

Et eksempel er en (Slovensk) virksomhed, der har arbejdet på at bruge vores fibre, til at indgå i plaststøbning af Europaller, hvor deres udsagn er at fibrene i nogen situationer har kunnet øge styrken på pallerne med 35%. Andre eksempler fra f.eks. samarbejdet med Polyflex viser lignende positive resultater. I visse tilfælde opnås en forøgelse af styrken i produkterne i kombination med en mindre vægt. Dette er overraskende og tegner et billede af at der er langt videre muligheder, end vi endnu har afdækket.

Vi har som beskrevet heri fokuseret på oparbejdning og kvalitetsstyring af denne proces og kun i mindre grad på slutprodukter. Slutprodukterne er fremstillet og testet i begrænset omfang, mens der stadig er et stykke tilbage i at definere alle de områder, hvori fibre kan bruges.

Projektet har vist, at der ved bearbejdning og kontrol med det uhåndterlige og miljømæssigt dyre affald fra vindmølle vinge produktion, kan skabes en ny råvare. Projektet har vist at det produkt der kommer ud af processen – den nye råvare der skabes – har værdi som råvare i fremstillingsindustrien. Eksempelvis ved at indgå i polymerbeton hvor det direkte kan styrke eksisterende produkter. Ved at indgå som delelementer i plaststøbning, eller ved at indgå i sandwichkonstruktioner, som indlæg i kernen. Her opnås en øget stivhed og et reduceret forbrug af øvrige råvarer (f.eks. resin).

Flere virksomheder har udvist interesse i at afprøve og teste anvendelsen af denne nye råvare. Arbejdet med udvikling af produktionsmetoder og test bør derfor fortsættes.

Summary and Conclusion

The project has shown that it is possible to usefully recycle waste fibers from composite (fiberglass) production. This we see as proven in the report here. We see this project as being successful, based on the intentions and targets we set while establishing the project. The project has shown that it is possible to crush the material into suitable size and at the same time sort and perform quality control. Thereby a guaranteed recycled fiber is produced to be used in a commercially attractive further production.

The machinery for handling composite waste should be chosen carefully. The production of new materials is done in a multi-step process. Sorting and quality control should be done throughout the processes.

The processed fibers can be used as raw material in new products and can offer increased strength. The processed fibers can often be used as a sub-element of new products since the reprocessed fibers are much cheaper than new raw material products.

The conclusion of this project and its implementation is that composite material (fiberglass), which should have been deposited, has a value as processed fiber and thus raw materials in new products. This is assuming that there is a tight control through the reprocessing process and an effective quality control during the process.

It is however unrealistic to think that one can take a used wind turbine blade and expect that the reprocessed fibers can be directly integrated into a new wind turbine blade on equal terms with virgin fibers. However, there are many other areas in which the fibers can be included as reinforcing factor. Examples are implemented in Plastic Molded Euro Pallets for strength. Implementation into polymer concrete for strength and less weight, implemented in in sandwich constructions for strength etc.

In the project there is focused on processing and quality control of this process and to a lesser extent on the end products. The end products are manufactured and tested to a limited extent, and there is still some left in defining all the areas in which fibers can be used.

Several companies have shown interest in testing the use of the reprocessed composite materials.

The work to further develop production methods and testing should be continued.

1. Indledning og formål

Projektet har til formål at teste, kvalitetssikre og demonstrere at inhomogene glasfiber affaldstyper fra vindmøllevinger kan forarbejdes og forædles frem til nye homogene råvarer. Disse råvarer kan indgå i lukkede kredsløb tilbage til affaldsleverandøren, eller i delvist og åbne kredsløb til produktion af nye varer i andre produktionsvirksomheder.

De første bearbejdninger er foretaget og det er nu nødvendigt at udføre test og demonstrationer, der påviser disse råvarers værdi i nye produktioner. Demonstrationen omfatter kvalitetssikringen af processerne.

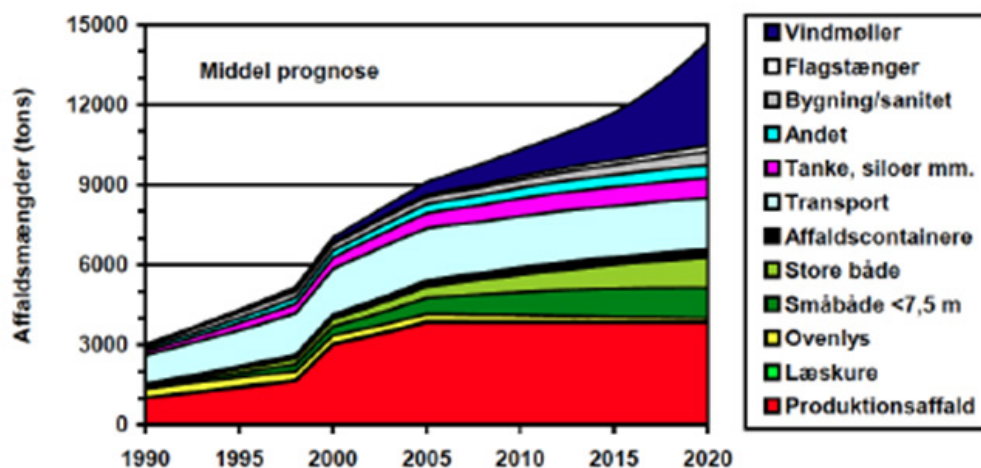
Projektet har dels fokuseret på forberedelsen af indsamlet genbrugeligt komposit materiale, på sortering og behandling af genbrugsmateriale på kontrol og kvalitetskontrol af materialet både som indsamlet og under processerne og endeligt på nogle af de færdigvarer der kan dannes af et effektivt produceret og kvalitetskontrolleret genbrugsmateriale.

I processerne er indgået ”affalds” materiale fra Siemens, fra Vestas og fra Velux. I vores testarbejde har vi samarbejdet med Teknologisk Institut.

Vores kvalitets system er gennemgået af BSI uddannet ISO9001 certificeringsauditor.

I udviklingen af prototyper på færdige produkter har vi samarbejdet med Flatearth og Polyflex A/S. Glasfiber er et materiale brugt i mange forskellige udformninger og kemiske sammensætninger, der bruges i mange industrier. 33 % af al glasfiber og kompositter i verden anvendes til vindmølleproduktion, herunder vindmøllevinger. Størstedelen af dette materiale ender på deponi efter endt brug. 2 kg Co₂ udledes for hvert kg glasfiber der fremstilles, hvilket gør materialet til et af de mest forurenende materialer under produktion før anvendelse. I Danmark er det anslået at der pt. kasseres 12-15.000 tons glasfiberaffald på årsbasis. Alene i produktionen af vindmøllevinger og andre typer af glasfiberproduktion dannes der anseelige mængder af affald, som ECRT allerede er involveret i at bearbejde. Ud over vindmølleaffald, kan man over det ganske land desuden finde store mængder af gamle både og campingvogne der er kasserede uden at det har været muligt at få disse genbrugt. Derfor er der et stort incitament til at løse denne problemstilling.

Hidtil har der været lavet mange forskellige forsøg på at genbruge materialerne med svingende held. Pyrolyse har vist sig at være meget dyr og energislugende og andre kemiske processer har vist sig at svække fibrene for meget til at disse kan genanvendes almindeligt. Nogle forsøg har været lavet, hvor man har taget materialet og anvendt det til specifikke produkter. Nogle af disse med held, så som produktion af støjskærme og andre isolations elementer.



FIGUR 1: FORVENTET MÆNGDE AF KOMPOSIT AFFALD. (LASSEN, CARSTEN, OG SUSAN HEILEMANN JENSEN. »ARMERET EPOXY- OG POLYESTERPLAST - FORBRUG OG AFFALDSMÆNGDER, MILJØSTYRELSEN 2002)

Der er en række initiativer med hensyn til håndtering af komposit affald, Både i Danmark, på EU plan og i de lande omkring os, der beskæftiger sig med komposit produkter. Tyskland har haft et forbud mod deponering af kompositter med virkning fra 1. juni 2005 med begrundelse i, at kompositmaterialerne har et indhold af organisk (brændbart) materiale, der er højere end 5 %.

Det er ECRT's formål med projektet at gennemføre en neddeling af glasfiberaffaldet, at etablere testfacilitet samt kvalitetskontrol med henblik på at gennemføre test og at demonstrere at genbrugsglasfiber kan anvendes som en ny råvare til forskellige former for produktion.

2. Projektbeskrivelse

Der er lavet praktiske tests af materialestyrker ved forskellige produktionsprocesser og dannet specifikationer på de forskellige materialer. Disse vil danne grundlag for hvor processerne kan bruges i produktion, samt hvilke typer af produkter der kan fremstilles baseret på disse processer og specifikationer.

Der kan også blive tale om at der skal laves yderligere tests på f.eks. Teknologisk institut for at kunne anvende materialerne og nogle typer produktioner. Disse er ikke gennemført endnu, da vi har fokuseret på dannelsen af materialet, mere end hvilke slutprodukter der kunne komme ud af dem. Derfor er slutprodukterne af mindre betydning end selve fremstillings- og forædlingsprocessen.

Det er her vigtigt at bemærke at projektet har været baseret på praktiske forsøg og konkrete metoder til at fremstille de forskellige emner, mere end at opbygge en teoretisk viden om dette. Vi klar over at en del af de processer vi har etableret og arbejdet, med er mere eller mindre velegnede i virkelighedens produktionsprocesser. Her vil der være tale om at tilpasse såvel maskinpark som processer yderligere, for at kunne iværksætte en større produktion.

Der er i projektet fremstillet 3 prototyper af forskellige produkter baseret på genanvendt materiale. Disse prototyper vil blive fremstillet ved hjælp af forskellige produktionsprocesser.

Projektets faser

1. Etablering af test faciliteter (Maskinpark m.v.)
2. Etablering af Kvalitetsstyring
3. Produktion af råmateriale materiale baseret på genanvendt glasfiber
4. Gennemføre kvalitetskontrol på produktion (re-cycling) ISO 9001:2008 kvalitetsstyring
5. Produktion af forskellige prototyper på produkter baseret på genanvendt glasfibermateriale. Test
6. ISO 9001:2008 certificerings grundlag

3. Etablering af Faciliteter

3.1 Indledning – undersøgelser – maskinpark.

Det har været nødvendigt at foretage en række undersøgelser og tests, forinden man har kunnet identificere og teste egnede maskiner til anvendelse i projektføreløbet.

Kompositmateriale består af:

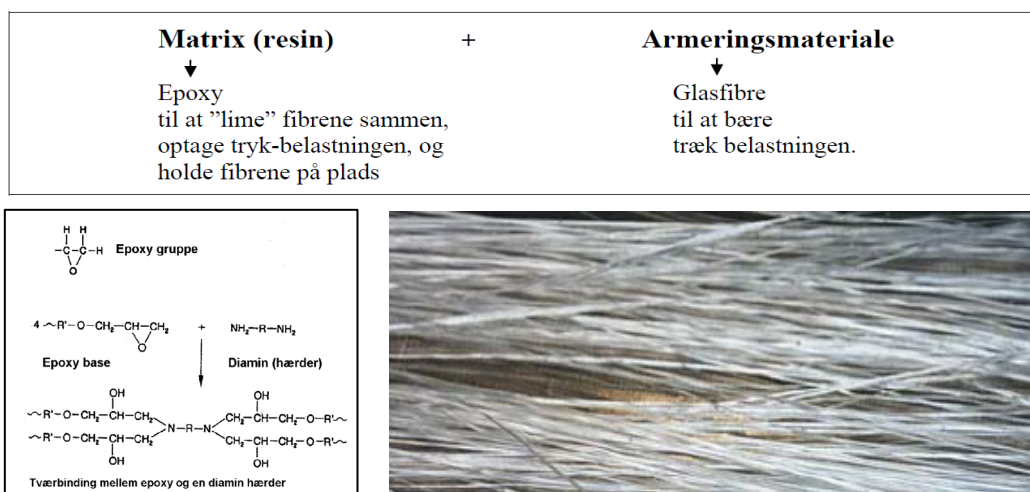


FIGURE 2: GLAS FIBRE OG STRUKTUR

Komposit materiale kan være særdeles hårdt, og der skal betydelig kapacitet til for at kunne foretage en effektiv neddeling. Komposit anvendt i vindmøllevinger er opbygget meget effektivt og er meget hårdt at nedbryde.

Mere end 4 store "knusemaskiner" har været testet. I nogle tilfælde har man måttet opgive at gennemføre testen, fordi materiellet ikke var stærkt nok, i nogle tilfælde har man direkte påført materiellet skade ved arbejdet, og i andre tilfælde har man konstateret at miljøpåvirkningen i form af støv og støj var for stor med en konkret maskine.

Det har samtidig været konstateret, at der skal sikres nødvendige miljøtilladelser, for at kunne gennemføre processerne. Det har forsinket projektet noget – men miljøtilladelser er opnået – jfr. nedenfor.

Det har vist sig afgørende for projektet, at det var muligt at neddele komposit elementer i passende størrelser.

3.2. Maskinpark

Til brug for projektet har der i produktionsfaciliteterne i Sakskøbing været opstillet de nedenfor nævnte maskiner. Herudover har der som nævnt været lejet en del andre maskiner ind til

afprøvning både i Sakskøbing samt Brædstrup. Desuden har der i nogle tilfælde været sendt materiale til bearbejdning andre steder, hvor udstyret ikke har kunnet flyttes.



FIGUR 3. OVERSIGTSBILLEDE OVER PRODUKTIONSFACILITETERNE I SAKSKØBING

3.2.1 Forknuser

Forknuser er indlejet til neddeling af de store affaldsdele til mindre dele, der kan gå i det etablerede knuseanlæg i Sakskøbing. Forknusning er primært sket i Brædstrup.



FIGUR 4: MATERIALE LÆGGES I FORKNUSER



FIGUR 5. NEDDELING TIL ANVENDELIG STØRRELSE

3.2.2 Knuseanlæg

ECO-WOLF ECO-Grinder GM-2411-50

Knuseren er en knuser specielt beregnet på at kunne neddele glasfiber og denne er kun velegnet til at neddele mindre mængder. Denne kan bearbejde ca. 200 kg. I timen, afhængig af hvilke størrelser den skal neddele.



FIGUR 6. KNUSNINGSENHED TIL FINDELING AF MATERIALE

Projektet har vist at det desuden er nødvendigt at segmentere materialet efter færdigbehandling. Dette gøres for at kunne udnytte materialet til forskellige formål. Se under produkterne senere i rapporten.

3.2.3 Spraystation

Spraystationen (sprøjtestation) er opsat og denne bruges i forbindelse med sprøjtning af materiale i en sandwich konstruktion. I denne sandwich konstruktion indgår 30-35% virgint materiale og ca. 35% forædlet recyclet materiale. Materialet der bruges her er af typen PUR-5-PUL i dette projekt.



FIGUR 7. SPRAYSTATION TIL UDLÆGNING AF MATERIALE I PRODUKTION

Til indlejring/dosering af det forædlede materiale bruges en macerator (doseringsanlæg) specialudviklet til dette formål.

3.2.3 Doseringsanlæg

Doseringsanlægget er beregnet på at kunne sikre en konstant fremføring af recyclet og forædlet materiale til sprøjteanlægget.



FIGUR 8. DOSERINGSANLÆG TIL RECYCLET MATERIALE

3.3 Miljøtilladelser

Miljøgodkendelse (= godkendelse efter Miljøbeskyttelseslovens kapitel 5, § 33 stk. 1)

En virksomhed, der behandler og nyttiggør affald, er en såkaldt listevirksomhed (også kaldet en kapitel 5 virksomhed) skal miljøgodkendes, før den kan starte sine aktiviteter. Denne aktuelle type virksomhed er omfattet af godkendelsesbekendtgørelsens listepunkt K206: Anlæg der nyttiggør ikke-farligt affald bortset fra autoophugning, skibsoophugning, biogasfremstilling, kompostering eller forbrænding.

3.3.1 Miljø tilladelse fra Guldborgssund Kommune

Virksomheden har den 9.4.2014 fået miljøgodkendelse fra Guldborgssund Kommune

Tilladelsen omfatter Pilotforsøg Glasfiberanvendelse Maltrup Vænge 10, 4990

Sakskøbing

3.3.2 Miljøtilladelse Horsens Kommune

Virksomheden har forberedt en miljøansøgning i Horsens kommune med henblik på at etablere et fuldskala oparbejdningsanlæg. Denne er i de afsluttende faser og der mangler kun få detaljer i forbindelse med afhjælpning af de støvmængder der udledes ved oparbejdningen.

4. Etablering af Kvalitetsstyring

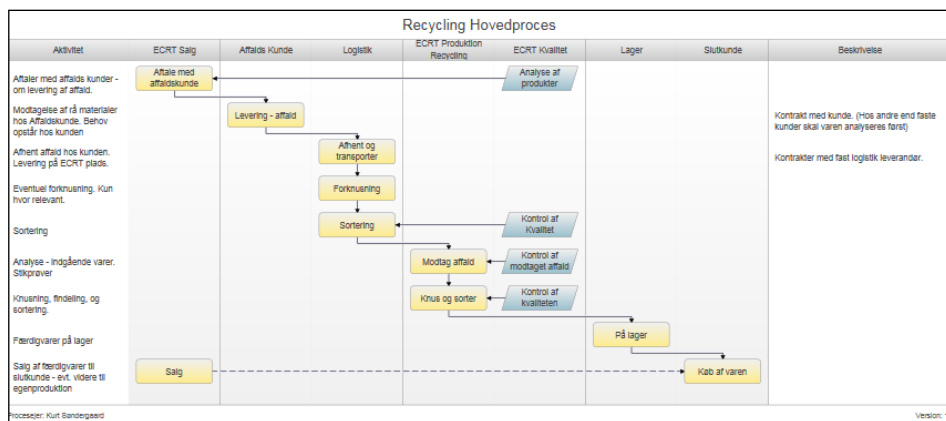
4.1 Proceslægning

Virksomheden har etableret et kvalitetsledelsessystem – QMS



FIGUR 9: ECRT QMS SYSTEM "ISOWARE" – STARTSIDE

Systemet består dels i en beskrivende del. Hvor virksomhedens processer beskrives i fornøden detalje. De obligatoriske procedurer i relation til ISO9001:2008 er beskrevet i virksomheden QMS system. Disse procedurer gælder både virksomhedens normale drift og de arbejdsprocesser der indgår i virksomhedens produktion.



FIGUR 10 QMS SYSTEM - HOVEDPROCESSENE BESKREVET.

Virksomhedens hovedproces – fra varemottagelse over kvalitetskontroller til færdig ny råvare er beskrevet – både overordnet og i detaljer.

4.2 Rapportering

[Rediger](#) [Kopier](#) [Slet](#) [Udskriv](#)

Rapport ID

10

Tilknyttet til rapport ID

[9](#)

Status

Åben

Grundbehandling

Crushing

Behandlingsprocessen

Initial Crushing

Maskine, der anvendes

External Crushing

Vægt - efter behandling - KG

1.500

Tidsforbrug - i timer

Energiforbrug kW

Billede - efter behandling



Id	Titel
12	
11	

Kvalitetsrapport

[+ Opret Kvalitetsrapport](#)

[% Tilknyt Kvalitetsrapport](#)

► Filer

► Noter

► E-mail

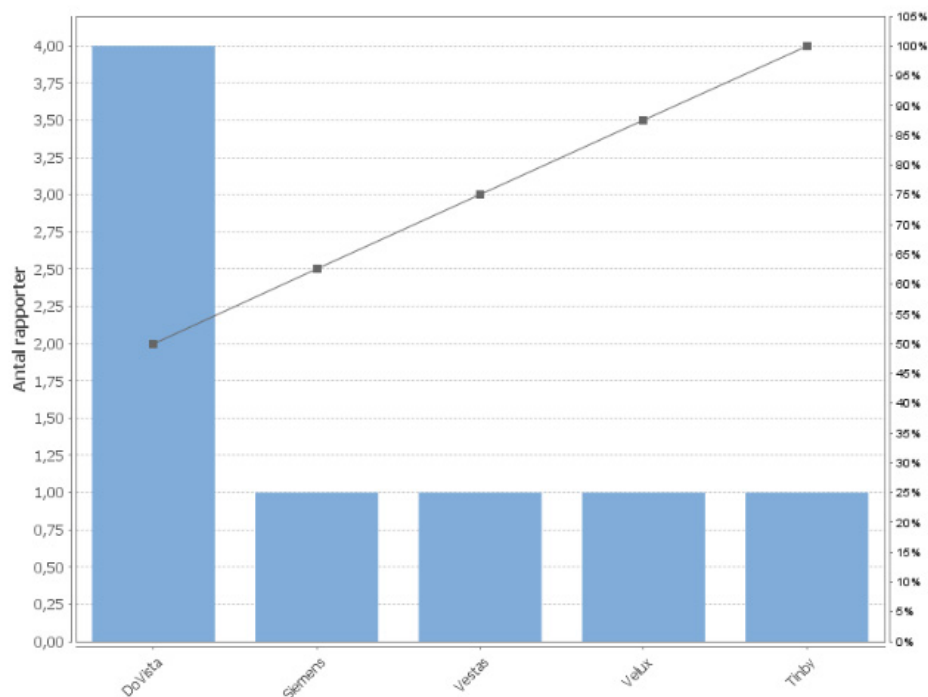
Oprettet: 2015-02-18 | Skabelon: Behandling Report | Oprettet af: Kurt Søndergaard |

7

FIGUR 11: QMS SYSTEM - RAPPORTER TIL OPSAMLING AF DATA

Rapportering af data er en vigtig del. Virksomheden anvender rapportdelen til dels at opsamle data fra afvigelser i relation til ISO9001. Samtidig har virksomheden etableret et vareovervågningssystem, således at sporbarhed af den enkelte vare er sikret.

På baggrund af indsamlede data kan disse vises i fordelingsdiagrammer, således at det sikres, at de mest betydningsfulde spørgsmål løses først.

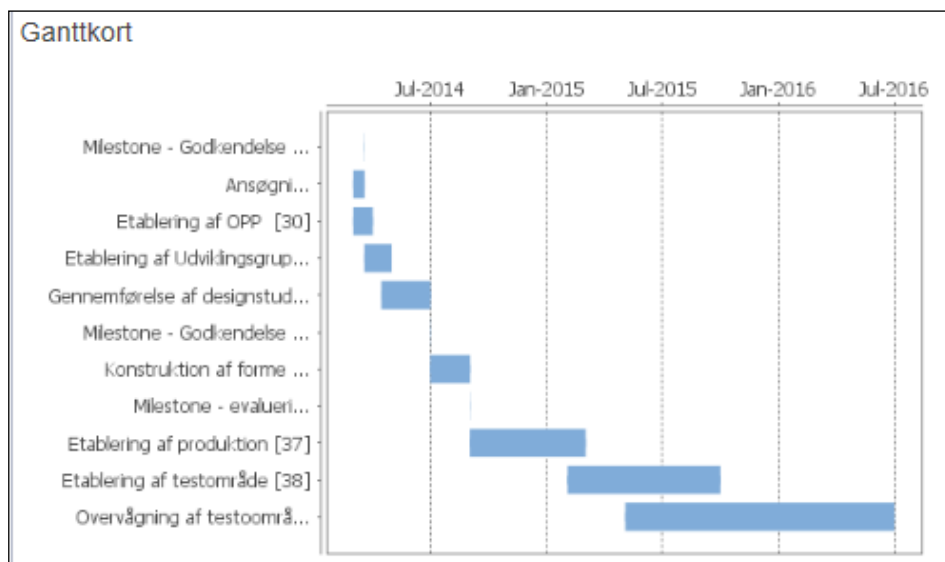


FIGUR 12 FORDELINGSDIAGRAM. LEVERANDØRER

Figuren viser leverandører og de varer der er leveret til os samt samt mængden af rapporter på materiale der er indgået til os.

4.3 Projektstyring

Med QMS systemet projektstyring kan man fastholde projekter, og sikre overblik over opgaver og forløb.



FIGUR 13: PROJEKTSTYRING I QMS. (FREMSTILLING AF KANTSTEN AF RÅVAREN)

Virksomhedens QMS system anvendes i det daglige arbejde.

Det vurderes, at systemet er medvirkende til at sikre effektiv udnyttelse af råvaren og med til at sikre, at kvalitetsnormer overholdes.

4.4 Kvalitetsrapporten

I QMS systemet er etableret en kvalitetsrapport.

I denne rapport registreres kvaliteten i tre led i produktionen.

- a. Ved modtagelse af ”affald”
- b. Efter første neddelingsproces
- c. Efter slut neddeling.

[Rediger](#) [Kopier](#) [Slet](#) [Udskriv](#)

Rapport ID	11
Tilknyttet til rapport ID	10
Status	Åben
Ansvarlig	Kurt Søndergaard
Kvalitet Stage	In Process
Harpikstypen	Polyurethan
Femmer Størrelse	> 25 mm in process
Renheden i%	99,00
Luftfugtighed -%	0,00
Affaldsfraktioner i materiale	None

[► Filer](#)
[► Noter](#)
[► E-mail](#)

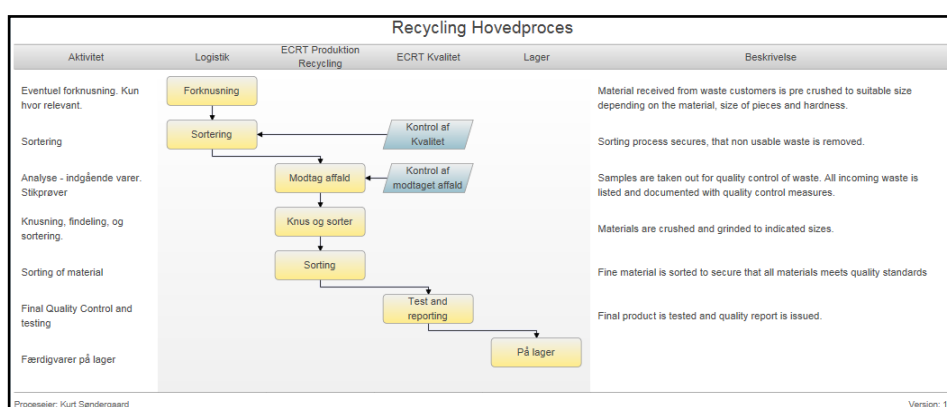
Oprettet: 2015-02-18 | Skabelon: Kvalitetsrapport |

FIGUR 14.: EKSEMPEL PÅ EN KVALITETSRAPPORT

I alle kvalitetsrapporter kontrolleres 1/Renhed i %, 2/ affaldsfraktioner, 3/Fugtighed i materialet og 4/størrelsen på de neddelte enheder.

5. Produktion af råmateriale baseret på genanvendt glasfiber

5.1 Processen



FIGUR 15: PRODUKTIONS HOVEDPROCESSEN

I produktionsprocessen er der lagt vægt på at kontrollere alle faser af forarbejdningen. Dette betyder en anseelig mængde af tests og kontroller med såvel størrelse som indhold af fragmenterne. Vi bruger således både kontrol ved indgang, mellem knusninger/sorteringer med videre.

5.2 Nedknusning – neddeling fra affaldselementer til håndterbar størrelse



FIGUR 16: NEDDELING – 1

Knusningen har vist sig at være en større udfordring end forventet. De forskellige typer affald skal behandles forskelligt og det er også forskellige processer der skal til. Eksempelvis kan den type

neddeling vi foretager ikke bruges til neddeling af alle materialer. Nogle materialer kræver andre metoder.

Efter neddeling gennemgår materialet en kvalitetskontrol. Efter hver neddelingsproces tages prøver af materialet for at kontrollere at det er rent nok til at indgå i slutprocessen. Det betyder i praksis at vi her kontrollerer størrelsen på fragmenter, samt kontrollerer om der er urenheder, der skal fjernes inden slutforarbejdning.

I det nedenfor viste materiale er der frasorteret urenheder og der er kun ren glasfiber tilbage. Disse materialer har en længde af ca. 45 mm. og er 2-5 mm brede og 2-3 mm tykke. De her viste materiale er således forarbejdet at de kan indgå i den afsluttende oparbejdning



FIGUR 17. MATERIALE EFTER 1. NEDDELING

5.3 Neddeling til nyt råmateriale

Efter 1. neddeling og kvalitetskontrol, neddeles materialet 2. gang indtil der er et homogent materiale at arbejde videre med.

Dette materiale vil typisk have materialer med længder på op til 4,5 cm. Og ned til 0,1 mm.

Målingerne er verificerede i den testmåling/kalibreringsmåling der er gennemført i samarbejde med Teknologisk Institut



FIGUR 18. FÆRDIGNEDELT MATERIALE

5.4 Sortering af færdigvare

Det er blevet konstateret at for at få et optimalt resultat ud af det neddelte materiale og øge anvendeligheden, er det hensigtsmæssigt at sortere det færdigt neddelte materiale til flere typer baseret på størrelse, vægtfylde og længde. Der kan derfor sorteres i eksempelvis typerne >0,3 mm, 0,3 – 5 mm og 5 – 25 mm.

Dette vil gøre det lettere at indarbejde materialerne i nye produkttyper.

F.eks. kan fibre under 0,3 mm potentielt indarbejdes i fyld- eller spartelmasse, mens 0,3 – 5 mm kan bruges i forbindelse med sprøjtestøbning og til sidst kan fibre over 5 mm bruges til polymerbeton og direkte støbning af emner med stor styrke.

Herunder eksempler på definitionen af nogle af de færdigvarer der er oparbejdet.

De indsatte eksempler er specifikations-blade til markedsføring af produkter oparbejdet af det materiale der har indgået i projektet. Da det er produktblade beregnet på international markedsføring, er disse på engelsk.



Specification PUR-05-PUL

PUR-05-PUL is a material based on poltruded fiber with Polyurethan Resin. Material can be used in spray and casting



Specifications:

• Glass type	E and E-CR Glass
• Glass percentage	60 %
• Fiber length	< 0,5 mm.
• Resin type	Polyurethan
• Resin percentage	40%
• Moist (Water)	< 4%

Material has been grinded into fiber and small particles

European Composit Recycling Technology A/S, Matrupsøvej 10, 4990 Sakskøbing
www.ecrttechnology.com - info@ecrttechnology.com - +45 20 77 18 55



Specification PUR-5-PUL

PUR-5-PUL is a material based on poltruded fiber with Polyurethan Resin. Material can be used in spray and casting applications



Specifications:

• Glass type	E and E-CR Glass
• Glass percentage	60 %
• Fiber length	< 5 mm.
• Resin type	Polyurethan
• Resin percentage	40%
• Moist (Water)	< 4%

Material has been grinded into fiber and small particles

European Composit Recycling Technology A/S, Matrupsøvej 10, 4990 Sakskøbing
www.ecrttechnology.com - info@ecrttechnology.com - +45 20 77 18 55



Solid Cast Polymer Material

Solid Cast Polymer Material (SCPM)

SCPM er et materiale, der fremstilles af grus, resin (glasfiber materiale) og recyleret glasfiberaffald. Materialet udmerker sig ved at være ekstremt korrosionsstabil og samtidig være ekstremt stærkt. I nogle tilfælde 5-7 gange stærkere end beton.

Baggrund

Baggrunden for materialet er en videreudvikling af teknologier, hvor man tidligere anvendte glasfiber i forskellige former i beton. Dette bliver primært gjort for at ændre karakteristiken for betonen og styrke denne eller hindre at betonen trækker sig sammen under støbning.

I andre former for polymer materialer, har man arbejdet med at tilsætte råfibre i polymer materialer for at skabe et stærkt materiale.



Fig. - Billede af teststøbning med SCPM. Seet Afb. i materialet

I SCPM, arbejder man også uden beton, men til gengæld med genbrugsglasfiber. Det være sig såvel knust, som skåret glasfiber, for at opnå størst mulig styrke.

Materialet kan bruges i mange sammensætninger. Fra kantstene til flydebræmme og tunnelelementer eller potentielt sågar jernbanesveller.

ECRT har udviklet sine egne resiner til formålet er p.t. i færd med at få disse testet under forskellige forhold.

European Composit Recycling Technology A/S, Matrupsøvej 10, 4990 Sakskøbing
www.ecrttechnology.com - info@ecrttechnology.com - +45 20 77 18 55



Specification PUR-25-PUL

PUR-25-PUL is a material based on poltruded fiber with Polyurethan Resin. Material can be used in spray and casting



Specifications:

• Glass type	E and E-CR Glass
• Glass percentage	60 %
• Fiber length	< 25 mm.
• Resin type	Polyurethan
• Resin percentage	40%
• Moist (Water)	< 4%

Material has been grinded into fiber and small particles

European Composit Recycling Technology A/S, Matrupsøvej 10, 4990 Sakskøbing
www.ecrttechnology.com - info@ecrttechnology.com - +45 20 77 18 55

Figur 19. EKSEMPLER PÅ PRODUKTBLADE (ENGELSKE)

Kvalitetskontrol på produktion (re-cycling) udføres ved hjælp af et ISO 9001:2208 kvalitetsstyringssystem, der bruges til at registrere såvel processer, som indgange og gennemførsler af recycling arbejdsgange.

I procesoversigten - Recycling Hovedproces – beskrives de test der skal foretages i forbindelse med processerne. Testudstyr forberedelse og testrapporter til registrering af testdata etableres.

QMS systemet specificerer:

Beskrivelse af de produktkontroller der skal gennemføres.

Beskrivelse af testudstyr

Rapporter til registrering og behandling af testdata.

Der er etableret rapport for registrering af de råvarer som virksomheden modtager. I denne rapport er angivet felter til registrering af modtagne råvarer.

Rapporterne er bevidst lavet som engelske rapporter i forhold til en senere internationalisering.

Reception of Waste / Raw Material

Report ID	9
Status	Open
Waste Source (Waste Customers)	DoVista
Date of Reception	2015-04-08
Delivered at ECRT at	Brædstrup
Transporter	Marius Pedersen
Waste type	Poltruded
Describe incoming goods	Waste from Window frames

Picture 1 - Raw Material



Picture 2 - Material

Picture 3 - Raw Material

Weight Delivered - KG	17,000
-----------------------	--------

Quality Report

[+ Create Quality Report](#) [📎 Attach Quality Report](#)

Treatment

FIGUR 20: RÅVARE RAPPORT - MODTAGELSE EKSEMPEL

Til rapportering af modtagne råvarer er knyttet følgerapporter til test og behandling. Derved sikres sporbarhed til råvarens kilde.

Report ID	10
Attached to report ID	9
Status	Open
Basic Treatment	Crushing
Treatment Process	Initial Crushing
Machine Used	External Crushing
Weight - after treatment - KG	1,500
Time used - in hours (Machine Hours)	
Energy Used kW	
Picture - after treatment	

FIGUR 21: RÅVARE RAPPORT - BEARBEJDNING - EKSEMPEL

Ved modtagelsen og efter 1. og anden behandling udføres tests. Disse tests rapporteres i kvalitetsrapporter som fig. 16

Report ID	12
Attached to report ID	10
Status	Closed
Date closed	2015-04-20
Closed by	Jens Olsen
Responsible	Kurt Søndergaard
Quality Stage	Final Product
Resin Type	Polyurethan
Fiber Size	0,1 – 15 mm
Cleanness in %	99.00
Humidity - %	5.00
Waste Fractions in material	None external

Files

 Rapport over opmåling af fibre - eng.pdf

FIGUR 22: QUALITY REPORT - EKSEMPEL

5.5 Kvalitetsrapporten - kontrol

Kvalitetskontrollen består dels af angivelse/måling af fiber størrelsen, renheden i materialet, anvendt bindemiddel (Resin) og materialets fugtighed.

Disse målinger er erfaringsmæssigt de elementer der er vigtige for at vurdere egnethed til en ny produktion af nye varer baseret på råvaren.

Det har været opgaven at finde det bedst egnede testudstyr, dels for at sikre at tests bliver kvalificerede, og dels for at kunne gennemføre tests, og påvise testresultater, i et format der gør det muligt at implementere i en produktionslinje.

Testudstyr:

1. Fugtighedsmåler.
2. Rensesystem med vægt
3. Fotoanalyse f.s.v.a måling af fiberlængde.

Det anvendte testudstyr har specielt f.s.v.a. fotoudstyret med tilhørende software til måling af fibrene været dels et relativt simpelt fotoudstyr i en lille opstilling og dels en meget avanceret 3 dimensionalt fotoudstyr til gennemfotografering og analyse af data.

Eksempel på materiale til test:



Materialet til test bliver dels vejjet og dels optalt ved en fotoanalyse.

Idet fotoanalysen er på teststadiet foretages kontrol målinger og kontroloptællinger manuelt.

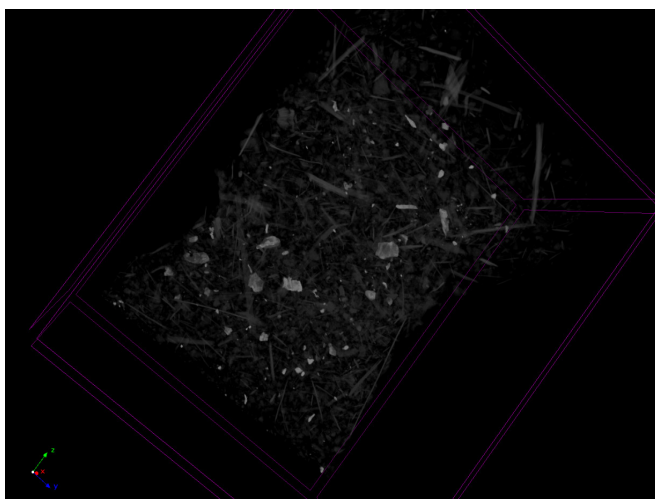
FIGUR 23: MATERIALE TIL MÅLING

5.5.1 Avanceret test forsøg – kalibreringstests.

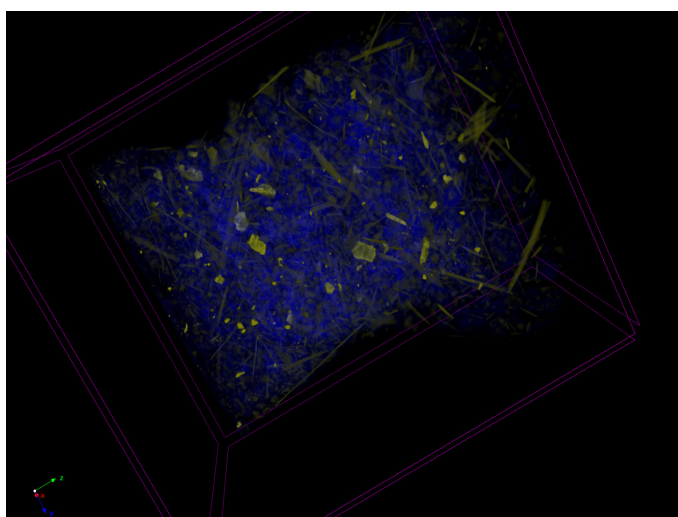
Der er i forløbet i samarbejde med Teknologisk Institut i Århus gennemført en avanceret testanalyse baseret på 3D måling af et mindre udsnit af materiale fra projektet. Udskrifterne fra disse tests er på engelsk grundet udstyrets type.

Disse tests viser hvad der rent faktisk er muligt med avanceret udstyr. Samtidig har TI tests virket som en form for kalibrering af de mere praktisk anlagte tests.

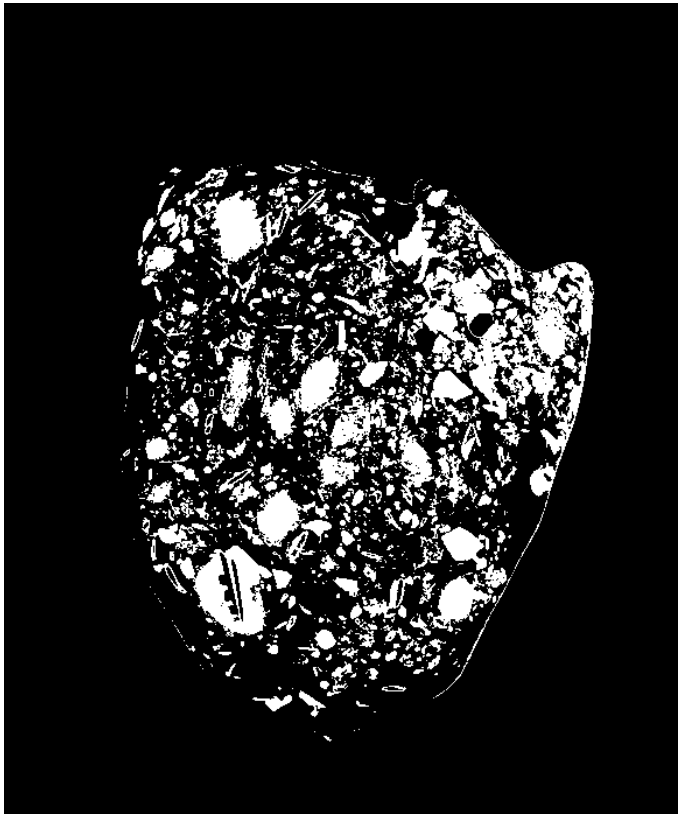
De avancerede tests er gennemført som 3D scanninger af neddelt materiale:



3D view



3D view with material separation

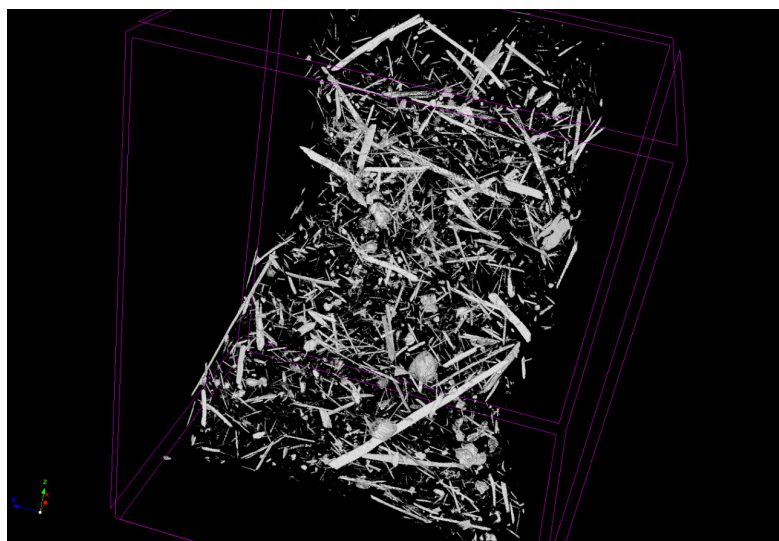


FIGUR 24: SCANNINGSBILLEDER - SNIT

Det er muligt ved hjælp af avanceret software at foretage en materiale separation, Derved opnås en separation af selve fibre, hvorefter der kan gennemføres målinger.

Analyseresultat:

Results



Analysis of fibers

Analysis Results:

	Sample 3
Analyse område (bmp greytone)	54 - 103
Total VOI (μm^3)	5,97E+13
Object Volume (μm^3)	8,51E+11
Object Volume (%)	1,43
Object Surface (μm^2)	1,26E+10
Obj.S/Obj.V ($1/\mu\text{m}$)	1,48E-02
Nr of Objects	23719

Abbreviations

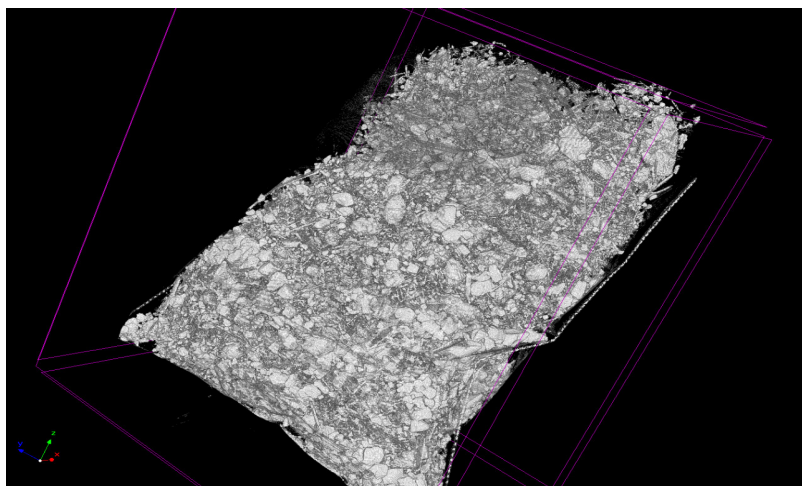
Volume of Interest = VOI
Object Volume = Obj.V
Object Surface = Obj.S

Thickness Analysis (diameter):

Thickness Range (um)	Mid Range (um)	Volume	Percent Vol in Range %
1.1500E+002 - <3.4500E+002	230	6,59E+11	69,7
3.4500E+002 - <5.7500E+002	460	2,22E+11	23,5
5.7500E+002 - <8.0500E+002	690	4,69E+10	5,0
8.0500E+002 - <1.0350E+003	920	1,26E+10	1,3
1.0350E+003 - <1.2650E+003	1150	3,68E+09	0,4
1.2650E+003 - <1.4950E+003	1380	1,01E+09	0,1

Local thickness for a point in solid is defined by Hildebrand and Ruegsegger (1997a) as the diameter of the largest sphere which fulfils two conditions: the sphere encloses the point (but the point is not necessarily the centre of the sphere); the sphere is entirely bounded within the solid surfaces.

FIGUR 25: SCANNINGSRAPPORT - UDSKRIFT



Analysis of all matrix material

Analysis Results:

	Sample 3
Analysis area (bmp greytone)	35 - 53
Total VOI (μm^3)	5,97E+13
Object Volume (μm^3)	4,39E+13
Object Volume (%)	73,60
Object Surface (μm^2)	2,99E+11
Obj.S/Obj.V ($1/\mu\text{m}$)	6,81E-03
Nr of Objects	196826

Abbreviations

Volume of Interest = VOI
Object Volume = Obj.V
Object Surface = Obj.S

FIGUR 26: SCANNINGSRAPPORT - UDSKRIFT

5.5.2 Test – og målbare resultater

Den avancerede testmetode giver et meget avanceret og meget detaljeret resultat af de undersøgte prøver. Dette er dog dels upraktisk og samtidig unødvendigt detaljeret.

Som brugstest på prøver, har været anvendt en forenklet opstilling. Den mere enkle opstilling virker tilfredsstillende, men er ikke egnet til en større produktion. Der vil være behov for at opbygge et automatiseret udstyr til løbende tests, bl.a. baseret på fototest.

Fibre - eksempler



FIGUR 27: MATERIALER TIL ANALYSE

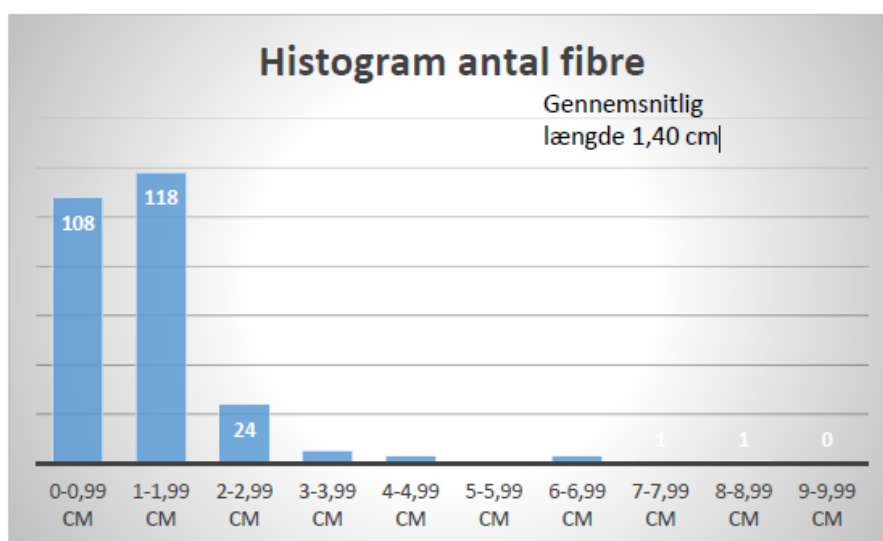


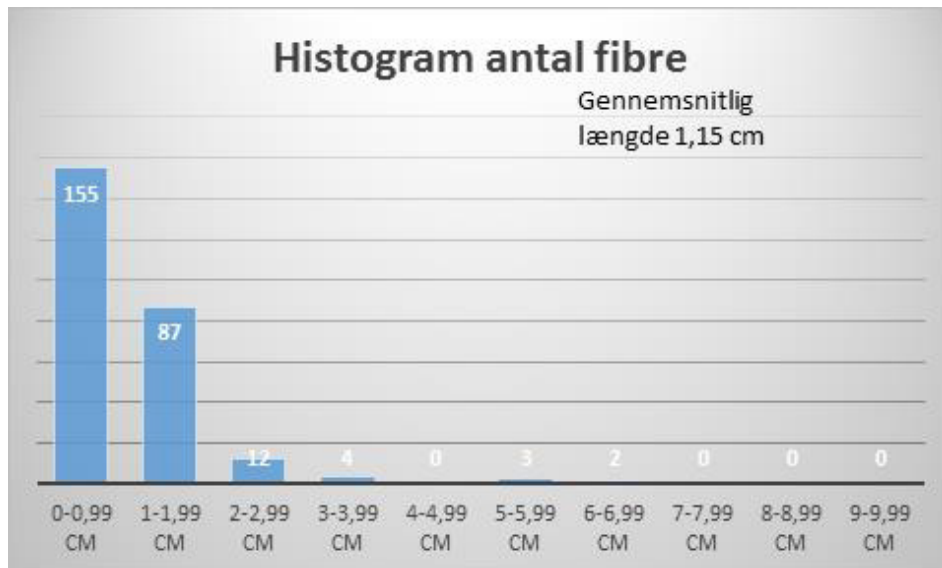
FIGUR 28.. ANALYSEFASE

Den egentlige test foregår i dag delvist med fotomåle udstyr og delvist med manuel kontrol.

Fibermålinger har givet følgende resultater:

Når alle fibre er mål kan der laves et histogram over fibrene.





FIGUR 29. MATERIALE (FIBER) MÅLERESULTATER

En automatiseret fototest vil lette arbejdet, og skal implementeres. Men dette ligger udenfor målsætningen af nærværende projekt.

Vi konstaterer derfor at til egentlig produktion er det nødvendigt at få en mere simplificeret målingsmetode implementeret, end den der foretages igennem en CT scanning.

6. Produktion af prototyper

Der er i produktionen af prototyper kun fokuseret på mindre prototyper i forskellige former. Disse er kun i begrænset omfang testet, da der er et meget højt antal af muligheder hvori den oparbejdede fiber kan bruges.

6.1 Samarbejde med Polyflex - Polymerbeton

Virksomheden har indgået et samarbejde med virksomheden Polyflex ApS, Norgesvej 4-8, 7480 Vildbjerg.

I samarbejdet med Polyflex er der fokuseret på at indarbejde materialerne i første omgang i testemner.

Polymerbeton har en meget høj trykstyrke, men en meget lav slagstyrke. Dette har vi arbejdet med at optimere ved tilsætning af oparbejdede fibre fra vores projekt.

Der er endnu ikke præcise målinger på, hvor meget slagstyrken forøges ved at indlejre vores fibre.

De første forsøg viser at vi minimum har en forøgelse på 400% i slagstyrken, hvilket gør at der nu er indgået et samarbejde om yderligere tests og forventeligt optimering af en række af deres produkter, samt udvikling af nye produkter i denne produktionsform.



FIGUR 30. STØBEPRØVER PPOLYMERBETON

6.2 Genanvendelse i båd produktion og shelters

I et samarbejde med eventvirksomheden Flatearth, er der blevet lavet

- a. pladeprøver til shelters. Shelters laves flytbare, hvorfor plader i let, men uforgængeligt materiale er attraktivt.



FIGUR 31. PONTON MED ISPRØJTET MATERIALE

- b. en prototype på en ponton til forøgelse af sikkerheden på dragebåde. Prototypen er lavet og testet. Det har dog vist sig at en ponton af genbrugsglasfiber formentlig skal rekonstrueres, således at den bliver lit lettere.
Rentabiliteten af pontonproduktion skal fastlægges inden produktion igangsættes.

6.3 Byggepladen

Fremstilling af en byggeplade har været en del af ideerne bag anvendelsen af genbrugsglasfiber.

Der er fremstillet flere prototyper til test.

En af de virksomheder, der har vist interesse for netop byggeplader var firmaet Barsmark, der desværre på grund af økonomiske problemer er lukket ned.

I tilknytning til fremstilling af byggeplader til test er der nu indledt et samarbejde med Polyflex om videreudvikling af byggepladen til at indgå i deres produktprogram. Denne byggeplade vil blive med en meget høj procentdel af genbrugsfibre og med et lavt indhold af andre stoffer. Denne konstruktion forventes at gøre byggepladen økonomisk attraktiv til såvel det professionelle, som gør det selv markedet.



FIGUR 32: EKSEMPEL PÅ PLADE AF FIBERMATERIALE OG POLYESTER.

6.4 Flise i hårdt FiberBeton

Flisen er en af de første prototyper, der blev lavet i forbindelse med projektet og ideen om at lave afvandingssystemer til overfladevand.



FIGUR 33: FLISE / STEN PRODUCERET I HÅRD FIBER BETON

6.5 Produktion af den hule kantsten (Projekt)

Produktet er en hul kantsten, der tager udgangspunkt i at løse en lang række udfordringer omkring afvanding af vejnettet. Afvandingskanalen produceres i støbt polyesterbeton med anvendelse af stor %-del genbrugsfibre. Dette giver et meget stærkt materiale (Bl.a. testet i USA)

Der er lavet prototyper af kantsten.

Der er ikke lavet den egentlige prototype af den hule kantsten. Denne er fortsat på projektstadiet.

Der er udført tegninger og beskrivelse i samarbejde med arkitektfirma.

Prospekt for kantstensprojekt.

Det er en kendt sag at vi i Danmark står over for massive investeringer, i forbindelse med klimatilpasning. I den forbindelse skal der over de næste år skal der etableres mange kilometer afvandingskanaler og afløb fra vores vejnet, for at etablere adskilte afvandingssystemer og sikre os imod voksende nedbørsmængder.

Derfor har ECRT A/S udviklet grundlaget for en hul kantsten, der kan forbedre afvandingen af vores vejnet og samtidig være med til at løse et miljøproblem, nemlig at producere støbte hule kantstene med indbygget afvandingskanal, der har en lang række fordele, i forhold til granit eller cementkantstene.

Ide-grundlaget for projektet er at løse følgende udfordringer:

- Bedre afvanding af vejarealer (ingen pytter)
- Mindre behov for vejbrønde (færre vejbrønde)
- Mindre vedligehold af vejbaner
- Lettere at etablere
- Kan åbnes for rensning og tømning for grus m.v.
- Kan forhøjes sammen med belægning
- Har en effektiv rodspærre
- Har en høj flowmængde

7. Virksomhedens QMS system - pre audit

Virksomheden har gennemført en prækvalificering af sit QMS system ifølge ISO 9001:2008

En prækvalificering omhandler dels en gennemgang af den foreliggende dokumentation og dels en audit af virksomhedens implementering og parathed.

7.1 Dokumentgennemgang

Auditor har ved dokumentgennemgangen konkluderet følgende:

*Ved dokumentgennemgang er det konstateret, at samtlige obligatoriske procedurer forefindes og er fulgt.
Virksomhedens registreringer er dokumenterede.
Virksomheden har indført system til sikring af sporbarhed af indtagne råvarer. Dette system anvendes og kan med fordel udbygges med relevante testdata.*

7.2 Audit

Auditor fandt 2 stk. minor afvigelser, som er noteret.

Afvigelse 01 - minor: Registrering af lager. 2 stk. 40 ft. Containere i Brædstrup (Ca. 40 Tons neddelt materiale) ikke mærket op med varens nummer m.v.

Afvigelse 02 – minor: Test af indgået materiale ikke gennemført for en specifik mindre leverance.

Auditor konkluderede sin kontrol med følgende:

*Det interne audit system vurderes til at være velfungerende med iværksatte forbedringer som følge af fundne afvigelser og behov m.v. Interne audits gennemføres med halvårslige intervaller.
Anvendelsen af QMS til sikring af sporbarhed og forbedringsprojekter er rosværdigt.*

Det konkluderes derfor, at det etablerede QMS system kan danne grundlag for en ISO9001:2008 certificering.

7.3 Konklusion Kvalitetskontrol

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes, at det er muligt at gennemføre forsvarlige tests af

a) Modtagen "affalds" vare, b) mellemprodukt i form af neddelt vare og c) færdigt produkt.

Det kan konkluderes, at for man kan angive indholdet i det neddelte produkt så præcist, at det vil kunne anvendes i en ny råvareproduktion.

Testsystemer kan og skal forbedres. Især skal den fotografisk baserede optælling automatiseres, og et passende program til registrering af fibre skal færdigudvikles. De øvrige laboratorie målinger er forsvarlige og praktisk mulige også i en større produktion.

		Audit Rapport	
AKKGT002_rev	Document # ECRT-DOCREV1	Release Date: 13/04/2015	Page 1 of 3
SEKTION 1: GRUNDDATA - AUDIT			
Kunde.....: European Composite Recycling Technology A/S Maltrupvænge 10 Sakskøbing DK-4990 Danmark		Certifikat nr.:	
Standard.: ISO 9001: 2008		Auditdato.....: 10.04. og 13.4 2015	
Aktivitet....: Certificering		Auditor.....: JOLS	
	Certificeringsaudit - Trin I ☒ Trin II Opfølgningsaudit nr.: Recertificering Ændring af scope Specielle opfølgningsforhold: Andet: Dokumentgranskning inkluderet ☒		
Lokation(er) og skiftehold auditeret	Maltrupvænge Sakskøbing – Østergaardsvej Brædstrup		
Auditmål og scope	Dokumentgennemgang. Verificering af ISO9001 Standard fulgt. Audit af alle aktiviteter. Erklæring om systemparathed.		
Kunde dokumentation som audit er baseret på (kvalitetsmanual, osv.)	Isoware, QMS		
Lead Auditor	JOLS	Audit-Dag(e): 2,0	
Auditor (hvis nødvendig)		Audit-Dag(e):	
Auditor (hvis nødvendig)		Audit-Dag(e):	
Foreløbig dato(er) for næste audit (lokation/-er, skiftehold og processer)			

FIGUR 34: AUDITRAPPORTENS FORSIDE

Litteraturliste

Litteratur:

- Albers, H, S Greiner, H Seifert, og U Kühne. »Recycling of Wind Turbine Rotor Blades - Fact or Fiction?« DEWI MAGAZIN NO. 34 34 (February 2009): 33-41.
- Dutta, Piyush K. "Investigations of Plastic Composite Materials for Highway Safety Structure." US Gruber, Nate. Source Reduction and Recycling Opportunities for a Fiberglass Reinforced Plastics Shop. 1995. <http://www.mntap.umn.edu/intern/projects/ast-it12.htm> (senest hentet eller vist den juni 2010).
- Hansen, Erik et al. Livscyklusvurdering af deponeret affald. Miljøprojekt nr. 971, 2004. Miljøstyrelsen
- Kehrbaum, Ralph. »Perspektiven eines Recycling von Windkraftanlagen.« DEWI Magazin, August 1995: 4.
- Larsen, Kari. "Recycling wind turbine blades." Reinforced Plastics, 31 januar 2009: 70-73.
- Marsh, George. Recycling carbon fibre composites. 22 April 2009. <http://www.reinforcedplastics.com/view/1426/recycling-carbon-fibre-composites/>.
- Miljøstyrelsen. »Affaldsstrategi 2009-12 (1. delstrategi).« 18. marts 2009.
- . »Affaldsstrategi '10.« 17. juni 2010.
- Palmer, James Alexander Thomas. Mechanical Recycling of Automotive Composites for Use as Reinforcement in Thermoset Composites. Exeter: University of Exeter, 2009.
- ELSEVIER Reports Energy Policy 2012

Fra affald til miljørigtig råvare

Projektet har vist, at det er muligt at danne en anvendelig genbrugsfiber fra kompositmaterialer, som i dette projekt har været udtjente vindmøllevinger. Fokus har været på oparbejdning og kvalitetsstyring af processen mere end på slutproduktet. Der er fremstillet et produkt, som kun i mindre omfang er testet bl.a. i forhold til anvendelse af fibre.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk