



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Pilotproduktion af støjskærme af genanvendt glasfiber

Miljøprojekt nr. 1890

Oktober 2016

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Jakob W Nielsen; Miljøskærm®

ISBN: 978-87-93529-27-4

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

1.	Forord	5
2.	Konklusion og sammenfatning	6
3.	Summary and conclusion	7
4.	Indledning	8
4.1	Baggrund	8
4.2	Formål og afgrænsning	8
4.3	Udførte aktiviteter	9
5.	Glasfiber granulat	10
5.1	Fremstilling af glasfiber granulat	10
5.2	Resultater	13
5.3	Produceret granulat kvalitet	15
5.4	Konklusioner	19
6.	Lim og limproces	20
6.1	Udvikling af egnet polymerbaseret lim	20
6.1.1	Resultater	21
6.2	PVB forsøg	21
6.2.1	Resultater	21
6.3	Limproces	22
6.4	Mekanisk pakning	22
6.5	Konklusioner	23
7.	Støjskærmskassetter	24
7.1	Fremstilling af støjskærmskassetter	24
7.1.1	Resultater	25
7.1.2	Konklusioner	26
8.	Kvalifikationstest	27
8.1	Mekaniske test	27
8.1.1	Hjørnesamlinger	27
8.1.2	Kassetter	28
8.1.3	Resultater	28
8.2	Akustiske test	28
8.2.1	Resultater	29
9.	Miljøscreening	30
9.1	Bæredygtighed	30
9.1.1	Resultater	30
10.	Formidling	32
11.	Samlede konklusioner	33

Bilag 1.Produktion af porøst materiale af glasfibergranulat	35
Bilag 2.Miljøscreening	36

1. Forord

Denne rapport er udfærdiget af Miljøskærm® i samarbejde med projektpartnerne, genbrugsselskabet H.J. Hansen A/S og limproducenten ProGlue A/S, for Miljøstyrelsen under ordningen Miljøeffektiv Teknologi 2014.

Projektets aktiviteter er gennemført i perioden 2014 - 2016; Teknologisk Institut og Delta har udført relevante kvalifikations- og materialetest og COWI har foretaget en Miljøscreening.

Projektets følgegruppe består af:

Anne-Sofie Nielsen	Miljøstyrelsen
Henrik Lund-Nielsen	Direktør, Gips Recycling A/S
Jasper Steinhausen	Indehaver, Oroborus AS

2. Konklusion og sammenfatning

Projektet har gennemført den planlagte udvikling af procesteknologi og produktionsmetoder til fremstilling af støjskærmselementer baseret på genanvendelse af glasfiber- og plastmaterialer. Videre har projektet demonstreret den udviklede teknologi og produktionsmetoder ved fremstilling af en "0-serie" af støjskærmsprodukter og dokumenteret produkternes kvalitet ved akkrediterede test.

Aktiviteterne indeholdt udvikling af teknologi til fremstilling af den ønskede kvalitet glasfibergranulat, der er velegnet til akustiske formål, ved mekanisk knusning og sortering af kasserede glasfiberprodukter; i hovedsagen kasserede vindmøllevinger.

Projektet søgte at udvikle en særlig egnet lim til fremstilling af limet glasfibergranulat og undersøgte mulighederne for at anvende forskellige limtyper, men kom ikke helt i mål med en færdig formulering af den bedst egnede udgave.

Til gengæld lykkedes det projektet at udvikle et alternativ til anvendelse af lim og dermed en både hurtigere og billigere metode til fremstilling af et akustisk absorberende materiale.

Der blev udviklet og fremstillet støjskærmskassetter bestående af 100% genanvendt plastmateriale udvundet af husholdningsaffald.

De fremstillede støjskærmsprodukter består således af omkring 90% genanvendte materialer, og der er så vidt vides ikke tidligere set en tilsvarende anvendelse af kasserede glasfiber- og plastmaterialer.

Det er dokumenteret at produkterne fuldt ud opfylder gældende krav til kvalitet og anvendelse og at fremstillingsprocessen giver en væsentlig reduktion af såvel udledning af drivhusgasser som energiforbrug i forhold til almindeligt anvendte produkter fremstillet af aluminium og mineraluld.

Samlet set giver projektets erfaringer og resultater grundlag for optimisme i forhold til et mulig etablering af en kommerciel produktion af støjskærmselementer baseret på en meget høj grad af genanvendte materialer, der ikke hidtil er fundet stor genanvendelse af.

3. Summary and conclusion

The project carried out the planned development of process technology and manufacturing methods for production of traffic shield products based on recycled fiberglass and plastic materials. Further, the project demonstrated the developed technology by the manufacture of a first series of acoustic absorbing traffic shields and documented the product quality by accredited tests.

The project activities comprised development of technology for the manufacture of the desired quality granulate of recycled fiberglass suitable for acoustic purposes, by mechanical crushing and sorting of discarded products of fiberglass, in essence discarded wind turbine wings.

The project sought to develop a gluing product specifically suitable for bonding the recycled fiberglass material and tested several different product types, but did not succeed with completing the development the desired product.

Instead, the project succeeded with developing of an alternative method to gluing the recycled fiberglass material, a faster and less costly method for the manufacture of the acoustic absorbing material.

The project developed and manufactured frames for acoustic traffic shields consisting of 100% recycled plastic material from regenerated waste from households.

The manufactured traffic shield products consist of approximately 90% recycled materials and it is believed that no similar application of recycled fiberglass and plastic materials has previously been demonstrated by others.

It has been documented, that the manufactured products meet all relevant standards and requirements with regard to quality and the intended application and further, that the manufacturing process reduces the emission of greenhouse gasses as well as the energy consumption substantially compared to products manufactured of aluminum and mineral wool.

In summary, the experiences and results of the project activities form basis for optimism with regard to establishing a commercial manufacture of traffic shield products of good quality based on a very high content of recycled materials, which – so far – not many suitable applications have been identified for.

4. Indledning

4.1 Baggrund

Der kasseres store mængder af glasfibermaterialer i vore dages samfund – både i Danmark og i andre lande – og endnu er der ikke set nogen egentlig genanvendelse af materialet. Med støtte fra MUDP midler demonstrerede Miljøskærm® i 2012 det tekniske potentiale for fremstilling af lydabsorberende paneler af granulat fra kasserede vindmøllevinger; ref.: Miljøprojekt 1455 (2012).

Siden afslutningen af dette projekt har Miljøskærm® opnået danske og internationale patenter på specifikke anvendelser af granulat fra kasseret glasfiber materiale til akustisk og termisk isolerende formål.

Der er videre blevet udviklet produkter til permanente støjskærme til opstilling langs trafikerede veje og mobile/midlertidige afskærmninger til reduktion af støj fra anlægsarbejder og industrielle aktiviteter mv.

Baseret på den tidligere genererede viden om fremstilling af lydabsorberende produkter af genanvendt glasfiber, er det projektpartnerenes vurdering, at der med en egnet teknologi kan etableres en kommercielt rentabel og attraktiv produktion af støjskærmslementer af genanvendt glasfiber

Formålet med den gennemførte pilotproduktion er at vise potentialet for en kommerciel produktion af akustisk absorberende produkter fremstillet af genanvendt glasfiber. Etablering af en sådan produktion vil bidrage til at reducere mængden af kasseret glasfibermateriale, der i dag bliver enten deponeret eller afbrændt i kraftværker, og således ændre materialet fra at udgøre et affaldsproblem til at blive en ressource.

Ud over reduktion af generende støj, undersøger projektet om en substitution af støjskærme fremstillet af aluminium og mineraluld med produkter af genanvendt glasfiber vil kunne reducere den samlede CO₂-udledning, da forarbejdningen af genanvendt glasfiber forventes at kræve et mindre energiforbrug end fremstilling af aluminium og mineraluld.

4.2 Formål og afgrænsning

Pilotproduktionens primære formål er at identificere og udvikle egnet teknologi der kan danne grundlag for en kommerciel produktion af egnet fibermateriale af genanvendt glasfiber, fremstilling af akustisk absorberende materiale og fremstilling af støjskærmskassetter med stort indhold af genanvendte materialer.

Grundtanken er i videst muligt omfang at basere produktionsteknologien på eksisterende og tilgængelig proces- og anden teknologi til fremstilling af disse hovedelementer.

Den teknologiske udfordring for projektet er at undersøge og dokumentere om der kan fremstilles produkter af genanvendt glasfiber materiale i en tilstrækkelig kvalitet og til en attraktiv og konkurrencedygtig pris på det eksisterende marked.

4.3 Udførte aktiviteter

Projektets aktiviteter blev fordelt imellem projektpartnerne i overensstemmelse med deres respektive forretningsområder og kompetencer.

Beskrivelser af fremstillingsprocessen er derfor delt op i nedenstående aktiviteter, der tilsammen dækker de væsentligste elementer i en produktion:

- Fremstilling af glasfiber granulat
- Udvikling af egnet lim
- Fremstilling af lydabsorberende materiale
- Fremstilling af støjskærmskassetter

Videre dækker projektet følgende aktiviteter

- Materialetest af færdige produkter
- Miljøscreening
- Formidling

Disse aktiviteter er detaljeret i rapportens følgende afsnit.

5. Glasfiber granulat

5.1 Fremstilling af glasfiber granulat

I Hadsund knuser genbrugsfirmaet H.J. Hansen glasfiber materiale fra bl.a. kasserede vindmøllevinger. Det knuste materiale bliver i hovedsagen deponeret og i mindre omfang anvendt som brændsel i kraftværker.

Vindmøllevinger og andre tilsvarende produkter består i hovedsagen af glas- og kul-fibre indstøbt i polyester eller epoxy, fyldstoffer som polyurethan og balsatræ, væv fra fremstillingen og indstøbte bøsninger mv af metal. Det knuste glasfibermateriale består således af en mængde uens stykker af materiale med varierende vægt, tykkelse og størrelse.

Den ønskede partikelstørrelse til produktion af lydabsorberende materiale er væsentligt mindre end den, der er resultatet af den udførte grove knusning, som udføres før materialet kan deponeres eller anvendes i kraftværker. Det grov-knuste materiale skal derfor igennem en finere knusningsproces, hvor også uønskede metalliske materialer mv frasorteres.



Kasserede glasfiberprodukter



Groft knust glasfiber

En indledende undersøgelse af sammenlignelige materialer og knusningsprocesser gav ikke umiddelbart anvendelig viden, da der ikke kunne identificeres materialer der i blot rimelig grad har samme egenskaber som det knuste glasfiber. Det var ikke umiddelbart muligt at få adgang til at gennemføre prøvekørsler på maskineri opstillet i eksisterende proceslinjer i andre virksomheder, og uden relevante erfaringer at trække på gav udvælgelse af egnet maskineri til knusningsprocessen derfor en del udfordringer.

Dermed var det ikke muligt på forhånd at vurdere, hvilken type af udstyr der ville være bedst egnet til materialetransport og sortering, hvor stort behovet ville være for særligt udstyr samt hvilke behov der måtte være for reguleringsudstyr.

Størstedelen af det basalt nødvendige maskineri til proceslinjen til fremstilling af den ønskede kvalitet glasfiber granulat, som transportbånd, vibrationsslidsker, sigteudstyr og udsugningsanlæg og andet materiel var til rådighed i firmaet H.J. Hansen.

Det centrale element i processen er maskineriet til ned-delning/knusning af materialet, og til dette findes et stort udvalg af størrelser og typer af såkaldte shreddere, der kan være særligt tilpasset bestemte anvendelser og materialetyper. En shredder ned-deler materiale ved at materialet trækkes ned i maskinen og skæres i stykker af 2 eller flere skærende aksler, se nedenstående illustration. Da der ikke hos H.J. Hansen var en egnet maskine af denne type til rådighed, faldt valget på at anvende en relativt lille roterende shredder-type, der kunne lejes på månedsbasis.

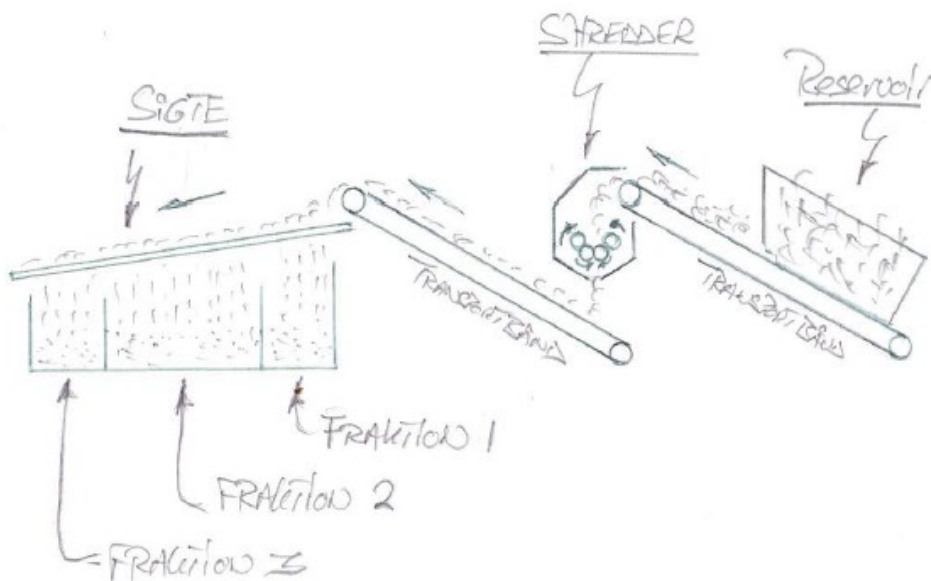


Illustration af shredder



Her eksempel på 4 akslet shredder

Der blev etableret en enkel proceslinje som illustreret på nedenstående principskitse:



Udgangsmaterialet er det grov-knuste glasfibermateriale, der placeres i reservoir'et for enden af det første transportbånd, hvorfra det bliver ført på transportbåndet frem til shredderen.

Knusningsprocessen her producerer en del støv og derfor er det vigtigt at denne proces foregår i et lukket miljø. Med et luftsug trækkes materialet og det producerede støv igennem shredderen, så det knuste materiale der kommer ud af shredderen og falder ned på det næste transportbånd i videst muligt omfang vil være støvfrit.

Det knuste materiale føres til en sigte, hvor granulatet sorteres efter størrelse i sigtens længderetning. Sigten er udført med stigende hulstørrelse i procesretningen, og ved passagen henover sigten sorteres det fine granulat i stigende partikelstørrelse; fraktioner.

Der blev opsamlet 3 fraktioner af granulatstørrelse:

- Fraktion 1: < 20 mm
- Fraktion 2: 20 – 60 mm
- Fraktion 3: > 60 mm

Til fjernelse af metal opsattes en magnetbånd henover transportbåndet foran shredderen. Med elektromagneter trækkes alle magnetiske metaller i det passerende granulat ud af granulatstrømmen og kastes ud i en opsamlingskasse ved siden af transportbåndet.

Projektets begrænsede budget gjorde det nødvendigt, at proceslinjen helt overvejende blev sat sammen af det til rådighed værende udstyr. Der var ikke udstyr til regulering af hastighed på maskineriet til rådighed, og grundet de relativt store motorstørrelser ville indkøb af det nødvendige reguleringsudstyr ligge udenfor projektets økonomiske muligheder.

Opnåelse af den bedst mulige hastighed af materialetransporten blev forsøgt opnået med udvælgelse af det bedst egnede materiel og sammensætning af dette, samt regulering af fyldningshastigheden af reservoiret ved indløbet af det første transportbånd.

Videre kunne udsorteringen af granulat fraktionerne fra sigten i hovedsagen kun reguleres ved justering af sigtens hældning i procesretningen og hastigheden af materialetransporten.



Opstillet proceslinje til fremstilling af glasfiber granulat

5.2 Resultater

Det anvendte materiel, der ikke var særligt tilpasset glasfiber granulatets egenskaber, og de meget begrænsede muligheder for regulering af proceshastigheden, gav betydelige tekniske udfordringer at opnå en tilstrækkelig stabil proces.

Udfordringerne viste sig især at ligge indenfor opnåelse af en jævn fremføringshastighed af det meget uhomogene udgangsmateriale med betydelig variation af form, størrelse og vægt. Især viste den ønskede jævne strøm af materiale på transportbåndet, der fører materialet frem til knusningen, sig ganske vanskelig at opnå.

Der blev foretaget et stort antal forsøg med anvendelse og forskellig sammenstilling af tilgængeligt transportudstyr. Dette omfattede såvel forskelligt udstyr baseret på, transportbånd, vibrations-fremføring som udstyr med luftbaseret materialetransport.

Navnlig materialets indhold af metal, både magnetisk, og i mindre omfang også umagnetisk, gav anledning til mange stop og i de tilfælde hvor der kom metalstykker i shredderen var det ofte nødvendigt at adskille dele af denne. Ligeledes var det problematisk for processen at der indimellem forekom relativt store stykker af materiale, der let fik materialestrømmen til at pakke sig sammen enten i bunden af reservoiret eller på det første transportbånd eller ved indløbet til shredderen.

Efter mange gennemførte forsøg med sammenstilling af forskelligt fremføringsmateriel og indsættelse af riste til tilbageholdelse af større partikler mv, lykkedes det med de simple midler at etablere en kombination der kunne opnå en nogenlunde jævn fremfø-ringshastighed og dermed en acceptabel produktivitet af proceslinjen.



Produceret granulat; fraktion 2



Separation af granulat fraktioner; fraktion (2 tv) og fraktion 1 (th)

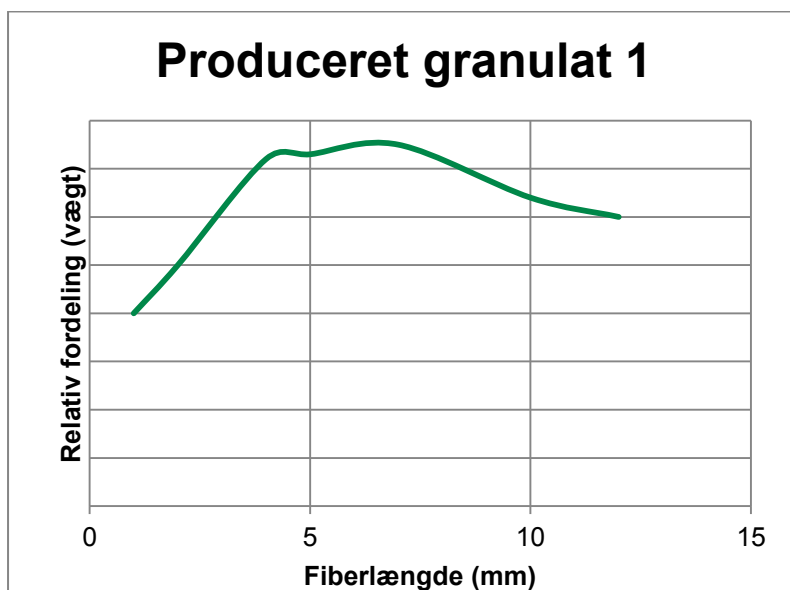


Produceret granulat; fraktion (2 tv) og fraktion 1 (th)

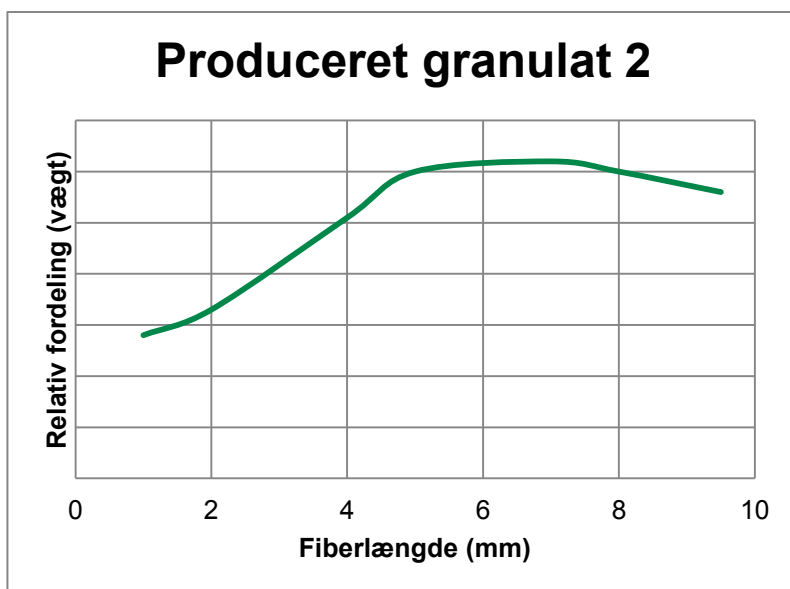
5.3 Produceret granulat kvalitet

Ved en række testkørsler blev der udtaget prøver af alle 3 producerede fraktioner og prøvernes indhold af fibre blev sorteret efter længde.

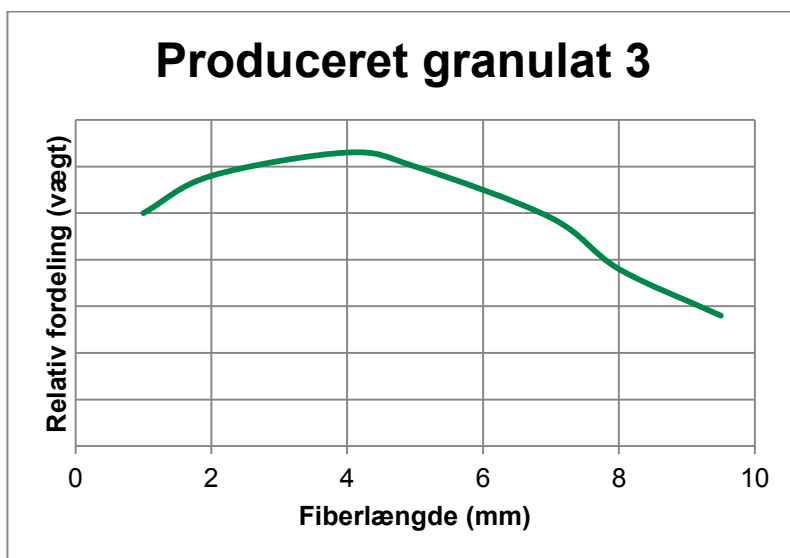
På de følgende figurer er den producerede mængde granulat afbildet som funktion af de producerede fiberstørrelser.



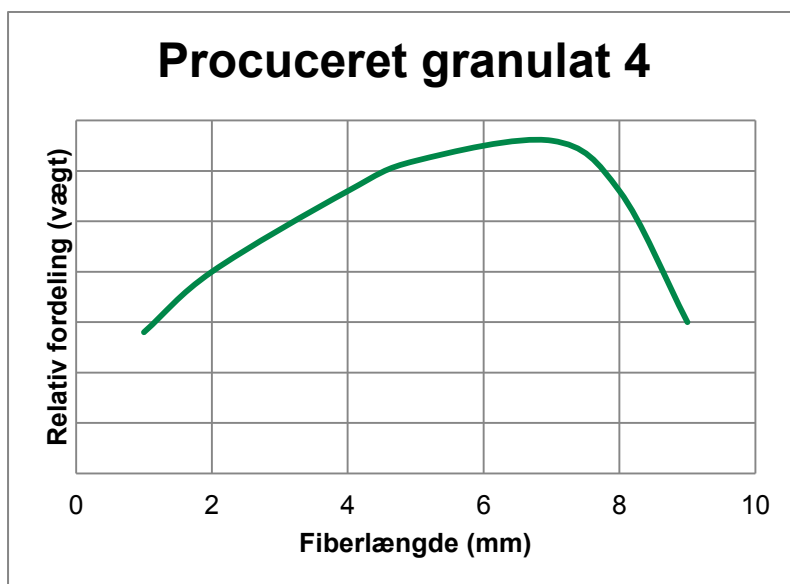
Figur 1: Produktion med overvægt af fraktion 3



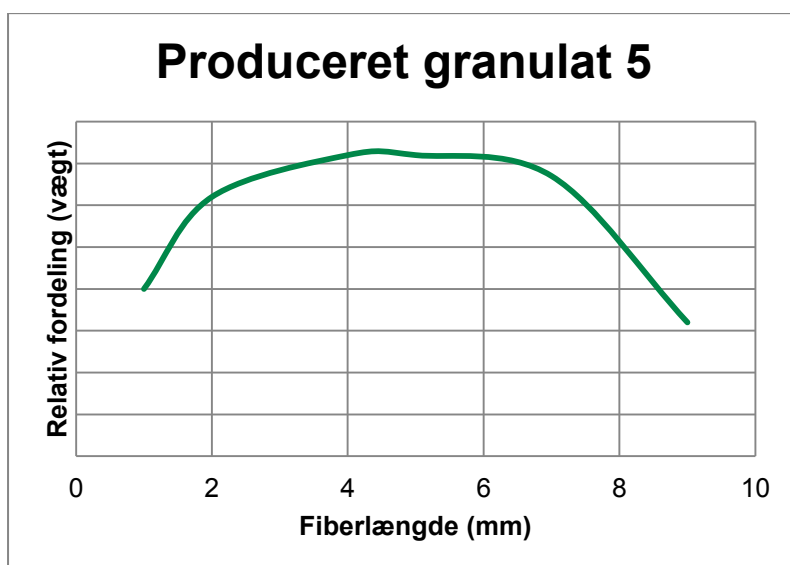
Figur 2: Produktion med (mindre) overvægt af fraktion 3



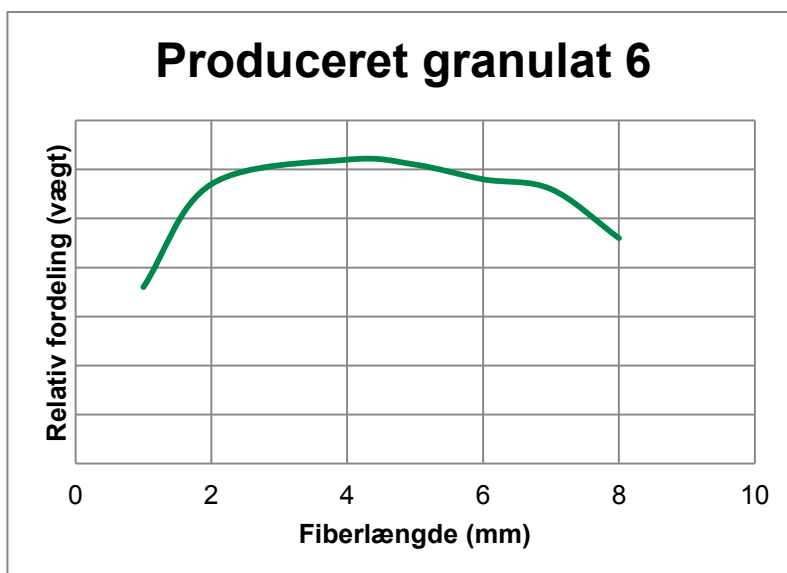
Figur 3: Produktion med maksimum af fraktion 2



Figur 4: Produktion med næsten ligelig fordeling af fraktion 2 & 3



Figur 5: Produktion med (næsten) optimal andel af fraktion 2



Figur 6: Produktion med optimal andel af fraktion 2

Arealet under kurverne udtrykker den producerede mængde af fraktionerne af granulat og illustrerer potentialet for at maksimere produktion af den ønskede granulat størrelse, dels i mængde og dels som andel af den samlede produktion.

Produktionen af granulat er det samlede produkt af de indgående parametre, i hovedsagen:

- Hastighed af materialetransport til shredder
- Shredder rotationshastighed
- Shredder sold størrelse
- Sigte hulstørrelse (og varierende i længderetning)
- Sigte hældning
- Sigte hastighed af materialetransport

Det er kombinationen af disse indgående parametre, der bestemmer dels produktionshastigheden og dels fordelingen af de producerede fraktioner / granulatstørrelser. Det er oplagt, at mulighed for hastighedsregulering af transportbånd og shredder samt en overordnet styring af alle indgående maskinelementer vil give en væsentlig bedre mulighed for styring af processen, og dermed også en forventelig væsentlig forøgelse af produktiviteten.

Videre vil det kommercielle grundlag for en industriel fremstilling også kunne optimeres, såfremt der findes anvendelser for de fraktioner af granulatet der ligger udenfor den ønskede størrelser til det lydabsorberende materiale.

Til støvfjernelse blev der indkoblet en cyklon på de relevante procestrin, og dermed blev der opnået en meget høj grad af kontrol med det producerede støv og småpartikler. Til opsamling af de finere støvpartikler blev der nedstrøms fra cyklonen indsat et filter baseret på posefiltrering tilpasset partikelstørrelsen.

Kontrol med det støv, som processen uundgåeligt medfører, vil også være et krav til en kommerciel produktion, og der er et potentiale for udvikling og tilslutning af et særligt tilpasset filtreringssystem til opfangelse af det producerede støv.

5.4 Konklusioner

Projektet havde sat sig nogle ambitiøse mål, da det genanvendte glasfibermateriale er et "nyt"/ukendt materiale i mange procesmæssige sammenhænge, og der ikke kunne findes nogen direkte anvendelig produktionsmæssig viden eller erfaring, der kunne hjælpe i udviklingen af teknologi og fremstillingsprocessen.

Baseret på de opnåede erfaringer, er det projektets konklusion at meget af nødvendige procesudstyr til en mulig industriel produktion bygger på kendt og tilgængelig teknologi indenfor knusning, materialetransport og sorteringsudstyr. Ligeledes findes der kendt og anvendeligt udstyr til en grovsortering af materialet før det føres ind i knuseprocessen, og ventilationsteknologi til fjernelse af det producerede støv er velkendt og tilgængelig.

Udvikling og opstilling af en anvendelig proceslinje baseret på simpelt udstyr og med kapacitet til at bearbejde det grove glasfibermateriale til den ønskede partikelstørrelse gav betydelige tekniske udfordringer. Dette medførte en betragtelig overskridelse af såvel tidsplan som ressourceforbrug, idet denne aktivitet dels har krævet væsentligt flere ressourcer end forudset og tidsmæssigt har været bestemmende for det samlede projekts afslutning.

Dette til trods lykkedes det at nå det opstillede mål for aktiviteten, idet projektet kom igennem med at etablere en funktionel proceslinje til formålet, og der blev opnået en solid viden om glasfibergranulatets egenskaber i en procesmæssig sammenhæng. Der blev etableret et grundlag for videreudvikling af procesteknologien og demonstreret et klart potentiale for en kommerciel produktion af granulat til støjskærmsprodukter samt eventuelle andre anvendelser af de øvrige fraktioner af materialet.

6. Lim og limproces

6.1 Udvikling af egnet polymerbaseret lim

ProGlue A/S udvikler og fremstiller lim til specificerede formål, og firmaet bidrog til det tidligere gennemførte projekt med udvikling af en modificeret PVA type lim til limning af glasfibergranulat.

Af kommercielle hensyn ønskes det at anvende en mere prisbillig lim til formålet og det vurderes at der er potentiale for en videre udvikling af en lim specielt tilpasset fremstilling af limet glasfibermateriale.

Det er målet at fremstille en vandbaseret og vandfast lim uden indhold af giftige opløsnings- og konserveringsmidler. Som et alternativ blev potentialet for at anvende en lim baseret på genanvendt PVB fra kasserede bilruder også undersøgt.

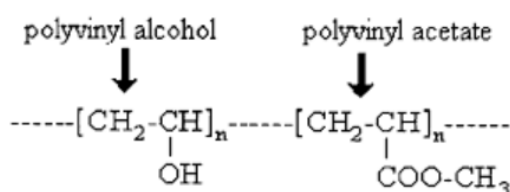
For at binde glasfiber granulatet / fibrene sammen var udgangspunktet at overføre de egenskaber fra andre brancher, hvor lim til produktion af "Non Woven"-materialer er i højsædet. I første omgang blev arbejdet derfor fokuseret på at identificere en relativ billig polymertype, der samtidig vil være egnet til at opfylde kravene til vejrbestandighed og kemikaliepåvirkning mv i anvendelsen.

Det første valg var at videreudvikle den tidligere formulerede lim af polyvinylacetat (PVA) typen, der blev anvendt til fremstilling af prototyper af lydabsorberende materialer.

For at opnå en velegnet viskositet til limning af en "Non Woven"-struktur var det nødvendigt også at arbejde med limens viskositet, idet limen gerne skal være tilstrækkeligt letflydende til at kunne befugte glasfiber partiklerne hurtigt og let. Samtidig blev der arbejdet på at begrænse vandindholdet mest muligt, da klæberens hærkning foregår ved fordampning af det indeholdte vand, og netop inddampningen er bestemmende for hastigheden og energiforbruget ved den følgende tørringsproces.

For at eftervise den udviklede klæbers egnethed til formålet indeholdt programmet videre gennemførelse af relevante kompatibilitetstests omfattede:

- Vandbestandighed ved forekommende temperaturer
- Bestandighed overfor vandige NaCl-opløsninger
- Bestandighed overfor sur nedbør ækvivaleret ved opløsninger af CO₂-holdigt vand



PVA lim; kemisk formel

6.1.1 Resultater

Projektholdet hos ProGlue tog udgangspunkt i den tidligere udviklede PVA-baserede lim og fandt efter nogle forsøgsrækker frem til en metode til at ændre klæberens viskositet uden at ændre dens tørstofindhold.

De udviklede produkter viste sig meget velegnet til klæbning af glasfiber granulatet og der blev opnået en viskositet, der er velegnet til den planlagte fremstillingsproces.

Testprogrammet gav gode resultater for vandbestandigheden i det relevante temperatur område, men resultaterne af eksponering til såvel NaCl-opløsninger som CO₂-holdig nedbør for de valgte formuleringer, gav anledning til betænkelighed ved produkternes egnethed ved langtidseksponering til det udendørs klima.

Forsøgsrækken blev fortsat med en videre udvikling af formuleringen af den PVA baserede lim og test af en lignende polymerbaseret klæber.

Gennemførte kompatibilitets-test til eftervisning af bestandigheden overfor såvel NaCl-opløsninger som sur nedbør viste lovende resultater.

6.2 PVB forsøg

Som et alternativ til den polymerbaserede lim blev der gennemført undersøgelser af muligheden af at anvende genanvendt PVB (PolyVinylBytural) lim indvundet fra kasserede bilruder.

PVB lim er særligt udviklet til klæbning af bilruder, og mindst én virksomhed har specialiseret sig i at genvinde klæberen fra kasserede bilruder. Genvundet PVB af en industriel kvalitet, der kan anvendes til fremstilling af nye bilruder, er i udgangspunktet ikke et billigt produkt, og det blev derfor besluttet at fokusere på anvendelsen af den ikke-transparente restfraktion af genvundet PVB der ikke p.t. er fundet andre anvendelser til.

Der blev gennemført nogle vejledende forsøg med klæbning af glasfiber granulat med denne restfraktion af genvundet PVB.

For opnåelse af klæbning med de genvundne PVB var det nødvendigt at opvarme denne til en temperatur på ca. 200° C. Der blev derfor gennemført forsøg med glasfiber granulat opblandet med PVB massen ved temperaturer på 200° og 220° C.

6.2.1 Resultater

Når PVB plast opvarmes til 200° C bliver den sejt flydende, men har for høj en viskositet til at lade sig opblende med fibrene, og resultaterne ved 220° C viste ikke væsentlig anderledes egenskaber / resultater.

En mulig metode til at opnå at PVB massen klæber fibrene, kan – såfremt klæberen kan gives en egnet viskositet – være en type sprayproces, hvor limen sprøjtes på fibrene inden de trykkes sammen.

Herunder er billede af en blanding af PVB og fibre efter opvarmning til 220° C. det ses at PVB massen ligger som seje stykker materialet klæbet til fibrene, en jævn fordeling af klæberen er ikke opnået.



Det blev konkluderet at anvendelsen af genvundet PVB ikke for nuværende er en realistisk mulighed for projektet.

6.3 Limproces

Sideløbende med udvikling af limprodukter blev der gennemført en større undersøgelse af såvel mulighederne for opskalering af den tidligere anvendte proces til fremstilling af limede glasfiber granulat plader som tilgængelige industrielle processer. Undersøgelsen inkluderer en rapport udarbejdet af firmaet StepPartner, der systematisk har afsøgt processer og virksomheder der kan være relevante for udvikling af den rigtige proces til limning af glasfibergranulatet. Rapporten er inkluderet i bilag 1.

Industrielle processer til fremstilling af "Non Woven"-strukturer beskæftiger sig så godt som udelukkende med fremstilling af produkter af ensartede, korte fibre af bløde materialer, der let kan transporteres pneumatisk rundt i processen. Det lykkedes ikke at identificere virksomheder i Danmark eller i vores nabolande, der fremstiller produkter af tilsvarende materiale som det fremstillede granulat af glasfiber, der et uhomogent og stift materiale og vil kræve et særligt tilpasset anlæg til industrialiseret fremstilling af de lydabsorberende, limede plader.

I nogle europæiske lande findes større virksomheder, der fremstiller produkter på procesanlæg der forventeligt også vil kunne fremstille produkter af glasfiber granulat.

Det blev vurderet, at selvom projekt holdet har ideer til en relativ simpel og billig proces til fremstilling af limede plader af glasfiber granulat, ville en udvikling af denne proces – eller alternativt forsøg med fremstilling på et eksisterende anlæg i en europæisk virksomhed – ikke være realistisk indenfor de givne projektmæssige rammer.

6.4 Mekanisk pakning

Miljøskærm® har ved tidligere udførte test eftervist, at løst glasfiber granulat har mindst lige så gode lydabsorberende egenskaber som limet materiale, da det løse granulat er et materiale med god porøsitet, der ikke risikerer at blive reduceret ved strukturen bliver overmættet med lim. Mekanisk fastholdt granulat vil derfor ikke være en akustisk set dårligere løsning end et limet materiale. Videre har Miljøskærm® tidligere udført en serie langtidstest af mekanisk pakket granulat, og disse test viser, at det er muligt med en forholdsvis simpel teknik at fastholde et mekanisk pakket glasfiber granulat i en fast struktur over en lang periode.

Det er et kendt fænomen fra hulumrsisolering med forskellige typer af granulat, at granulatet over tid er udsat for gravitationssammenfald, der betyder at der dannes et hulrum øverst i hulrummet, og at isoleringsværdien dermed forringes. Den praktiske udfordring ligger derfor i at finde en metode til at fastholde granulatet i en fast struktur over tid, og vel at mærke uden at de akustiske egenskaber ændres eller forringes af den anvendte metode til fastholdelse.

Derudover er det også ønskeligt at granulatet er tilstrækkeligt fastholdt så en større skade på støjskærmskassetten påført af f.eks. en påkørsel ikke vil sprede hele kassetten indhold af granulat ud i omgivelserne.

Der blev udført en række forsøg med forskellige teknikker og strukturer til fastholdelse af granulatet, heriblandt cellestrukturer, pudestrukturer og kanal-syede stoffer samt en selvkompenenserende struktur, der ophæver virkningen af et vist sammenfald af granulatet.

Det lykkedes projektet at udvikle en teknik til fremstilling af en mekanisk stabil indpakningsmetode, der fastholder granulatet imellem lag af åbne net-strukturer. Ved en videreudvikling forventes teknikken og strukturen også at kunne kombineres med en limproces.

Grundet en igangværende patentproces kan teknikken og produktet ikke for nærværende omtales i nærmere detaljer, da såvel de indgående materialer som indpakningsmetoden og den anvendte teknologi forventes at indgå i en kommende produktbeskyttelse.

6.5 Konklusioner

Selvom det ikke indenfor de givne tids- og ressourcemæssige begrænsninger har været muligt at udarbejde en færdigformuleret recept på den bedst egnede type klæber, er der opnået en stor viden og et solidt grundlag for at et efterfølgende arbejde kan nå i mål med at formulere et velegnet og kommercielt attraktivt limprodukt til anvendelse i støjskærme af genanvendt glasfibermateriale.

En omfattende undersøgelse af tilgængelig teknologi og processer til fremstilling af limet glasfibergranulat viste at der findes anvendelig og egnet teknologi men ingen erfaringer med processer der anvender materialer med samme materialeegenskaber som glasfibergranulatet. Videre har det ikke været muligt at finde mulighed for at foretage en prøveproduktion på et eksisterende industrielt anlæg, og en komplet opsætning af et industrielt egnet anlæg ville kræve en investering der langt overstiger projektets muligheder.

Dette sammenholdt med at opsætning af en egnet proces til produktion af den ønskede kvalitet glasfibergranulat samtidig krævede betydeligt flere økonomiske og tidsmæssige ressourcer end forudset og budgetteret med, gjorde at projektet besluttede at søge at udvikle en billigere og simplere alternativ til limprocessen.

Der blev således udviklet en metode til mekanisk pakning og fastholdelse af glasfiber granulatet indeni støjskærmselementerne. Denne metode forventes at kunne reducere såvel produktionstid og omkostninger og dermed gøre løsningen kommercielt attraktiv.

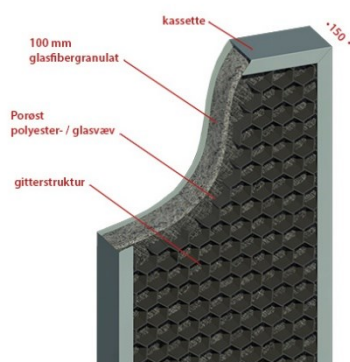
Videre forventes rettighederne til denne løsning at kunne opnå en patentbeskyttelse og bliver derfor ikke detaljeret i denne rapport.

7. Støjskærmskassetter

7.1 Fremstilling af støjskærmskassetter

Det var fra starten projektets målsætning at identificere et eller flere egnede vejrbestandige materialer, gerne med et højt indhold af genanvendelse, og en dertil hørende produktionsmetode til fremstilling af støjskærmskassetter.

Ved støjskærmskassette forstås en mekanisk stabil ramme med en fast bagplade og en helt eller delvist åbent frontparti, der indeholder et lydabsorberende materiale af genanvendt glasfiber, se nedenstående illustration.



Eksempel på konstruktion af kassette af glasfiber

For at undgå udgifter til et løbende vedligehold af en støjskærm er det nødvendigt at de indgående elementer er fremstillet af vejrbestandige materialer, der ikke har behov for fornyelse af maling eller anden overfladebehandling i årenes løb.

De fleste gængse metal- og træmaterialer vil have behov for et løbende vedligehold, og til udendørs konstruktioner anvendes derfor ofte galvaniseret stål eller aluminium. De begge kun kræver et minimum af vedligehold. Materialer af træ kræver en forholdsvis dyr behandling for ikke at have behov for et løbende vedligehold med en form for imprægnering.

Projektet fokuserede i udgangspunktet på anvendelse af plast eller kompositmaterialer, der netop udmærker sig ved stor vejrbestandighed og i reglen kun kræver en UV beskyttelse ved udendørs anvendelser.

Firmaet European Composite Recycling Technology A/S (ECRT) i Sakskøbing eksperimenterer med udvikling af en prisbillig produktionsmetode til sprøjtetøbning af glasfiber baseret på genanvendte glasfibre. Det blev dog vurderet at produktionsmetoden endnu ikke er moden til fremstilling af støjskærmskassetter, og at den nødvendige teknologiudvikling ville overstige projektets muligheder.

Alternativt undersøgte projektet mulighederne for at fremstille kassetter af plastmaterialer med tilstrækkelig styrke og stabilitet til den udendørs anvendelse. Dette førte til et samarbejde med plastvirksomheden SP Extrusions, som for relativt nylig har startet en produktion af plastprofiler fremstillet af 100% genanvendt plast.

Råvaren til SP Extrusions' produkter er polyetylen / polypropylen udvundet fra hus-holdningsaffald, og af et granulat af dette re-genererede materiale ekstruderes rektangulære profiler med og uden færd og not samling.

For at undersøge profilerne og materialets egnethed til anvendelse som støjskærmskassetter blev der først udført en række undersøgelser og test af samlingsmetoder, herunder muligheden for at udføre svejste samlinger med forskellige svejseprocesser og nogle mekaniske samlingsmetoder baseret på dorn- og skrueforbindelser.

Derefter blev der fremstillet nogle kassette prototyper, der blev mekanisk testet for styrke- og formstabilitet, tæthed af samlinger og akustisk gennemgang imellem kassetterne. Endelig blev hjørnesamlinger og kassetternes styrke eftervist ved destruktive test på Teknologisk Institut.



Forsøgsopstilling
profiler



Forsøg med svejsning af hjørnesamlinger af plast

7.1.1 Resultater

Da teknologien til fremstilling af kassetter af polyester forstærket med genanvendte glasfibre ikke vurderes at være produktionsmoden, valgte projektet at udvikle en prisbillig kassette bestående af 100% genanvendt plastmateriale.

Plastmaterialet er et blandingsprodukt af genvundet polyetylen og en mindre andel polypropylen og indeholder en del urenheder. Til gengæld er det prismæssigt attraktivt og har rigtig god vejrbestandighed herunder UV beskyttelse.

Da det er et forholdsvis tungt materiale får støjskærmskassetterne en relativt stor vægt, som medvirker til at give en stor akustisk dæmpning, se også resultater af akustisk prøvning i afsnit 8.

Gennemførte forsøg viste at der trods materialets indhold af urenheder kan opnås en ganske god kvalitet af svejste samlinger ved gængse plasticsvejsemetoder, og at dette har et produktionsmæssigt potentiale ved etablering af en egentlig industriel produktion. Projektet valgte dog at anvende skruede samlinger da opsætning af en svejseproduktion ikke ville være realistisk indenfor projektets økonomiske og tidsmæssige begrænsninger.



Profilér af ekstruderet plast; SP Extrusion



Støjskærmskassetter af ekstruderede plastprofiler

Hjørnesamlinger og kassetternes mekaniske styrke er blevet eftervist ved destruktiv prøvning udført af Teknologisk Institut, og det blev dokumenteret at materialet, samlinger og konstruktionen har tilstrækkelig styrke til at modstå de beregnede mekaniske påvirkninger, og som helhed er velegnede til anvendelsen som støjskærm.

7.1.2 Konklusioner

Det er udviklet en prisbiling og mekanisk simpel samlingsproces af glasfibergranulat og plastkassette med tilhørende gitter og andre indgående elementer for montage af færdige støjskærmselementer.

Time- og materialeforbruget til udvikling af den alternative pakning af glasfibergranulatet har betydet en moderat overskridelse af det oprindelige budget for aktiviteten. Samtidig har udvikling af en plastkassette dog vist sig at kræve færre ressourcer end budgetteret, så det samlede ressourceforbrug viser kun en mindre overskridelse af det oprindelige budget.

8. Kvalifikationstest

8.1 Mekaniske test

Støjskærmskassetterne blev som beskrevet fremstillet af profiler af genanvendt plast, der blev sat sammen med skruesamlinger.

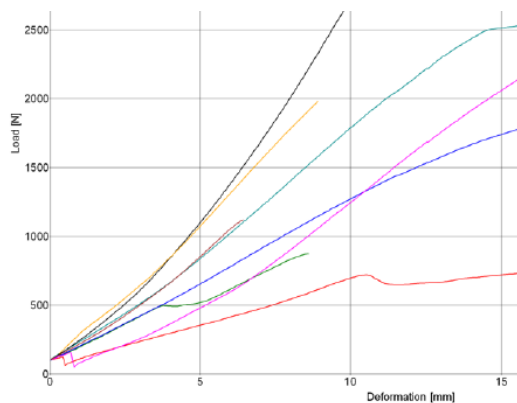
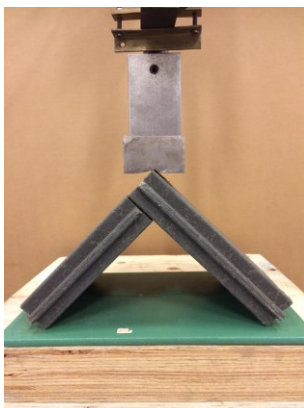
Kassetternes styrke kan i princippet beregnes i henhold til relevante normer, dog med den usikkerhed at materialeegenskaber som elasticitetsmodul, tøjning og brudforlængelse ikke kan forventes at være identiske med værdierne for nyt, rent plast materiale.

Det blev derfor besluttet at gennemføre destruktive bøjningstest på Teknologisk Institut for eftervisning af elastisk udbøjning og brudstyrke. Ved disse destruktive test opnåedes også viden om brudmekanismen.

Både styrken af hjørnesamlinger og af samlede kassetter blev testet.

8.1.1 Hjørnesamlinger

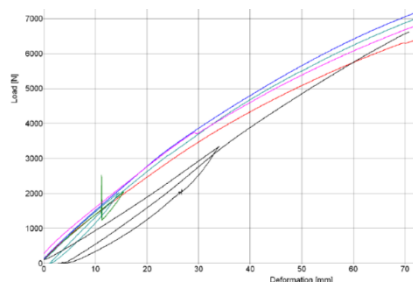
Samlinger udført ved svejsning, skruede og sømmede forbindelser blev testet for åbende moment; se nedenstående illustrationer.



Resultaterne er afbildet grafisk til højre og viser at svejste og skruede forbindelser med samme omtrentlige brudstyrke. Den tilsyneladende forskellige brudforlængelse skyldes at de skruede forbindelser ikke knækker helt fra hinanden men vedbliver at holde sammen

8.1.2 Kassetter

Prøvning blev udført som 3-punkts bøjetest med kassetens side-elementer og bagplade i både tryk og træk, se nedenstående illustrationer.



Resultaterne er afbildet grafisk til højre og viser at der ikke er nævneværdig forskel på resultaterne for de forskellige tryk/træk påvirkninger.

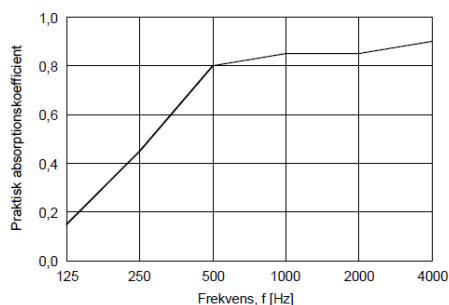
8.1.3 Resultater

Testresultaterne viser at støjskærmskassetterne med stor margin har tilstrækkelig styrke til at modstå vindlasten på en opstillet støjskærm beregnet i.h.t. DS/EN 1794-1; norm for ikke-akustiske egenskaber af støjskærme.

8.2 Akustiske test

Støjskærmsselementerne blev testet af Delta for eftervisning af både lydabsorption og lydisolation (dæmpning) i.h.t. DS/EN 1793-1 & 2; Akustisk prøvning af støjafskærmning til dæmpning af trafikstøj.

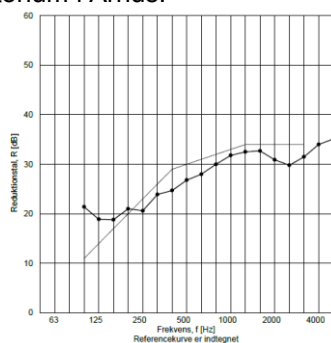
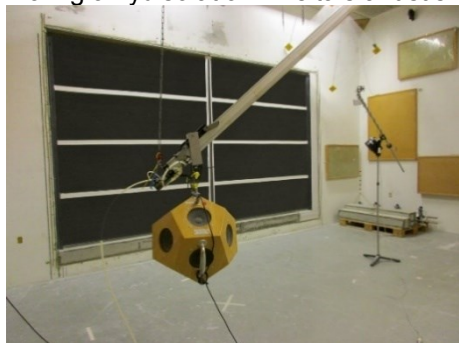
Måling af lydabsorption i bygningsakustisk laboratorium på DTU i Lyngby.



Udlægning af støjskærmsselementer

Måleresultater; absorption vs frekvens

Måling af lydisolation i Delta's akustiske laboratorium i Århus.



Opstilling af støjskærmsselementer i laboratoriet

Måleresultater; isolation vs frekvens

8.2.1 Resultater

De udførte målinger dokumenterer at støjskærmselementerne har produktkategorierne:

- Akustisk absorption: A2
- Akustisk isolation: B3

Ved tidligere udførte test er det dokumenteret, at med nogle modifikationer af det lydabsorberende indhold af glasfibergranulat kan den akustiske absorption opnå kategorien A3. Dermed vil elementerne kunne opfylde Vejdirektoratets krav A3 / B3 til støjskærmsprodukter, der opstilles langs danske motorveje.

9. Miljøscreening

9.1 Bæredygtighed

Projektet har demonstreret at det er teknisk muligt at fremstille støjskærmselementer i al væsentlighed bestående af genanvendt glasfiber og genanvendt plastmateriale, og at de fremstillede produkter opfylder opstillede funktions- og kvalitetskrav til sådanne produkter.

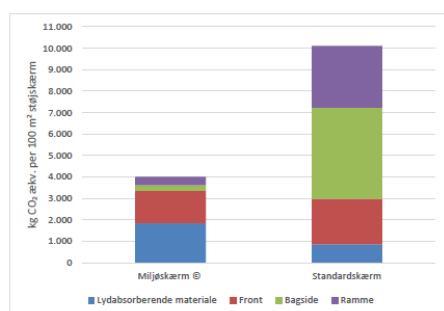
Det rådgivende selskab COWI fik til opgave at undersøge om de fremstillede produkter af genanvendte materialer også er en mere bæredygtig løsning end mange af de produkter, der opstilles langs vores veje i dag.

Da fremstilling af støjskærmselementer af genanvendt glasfiber endnu er i en indledende fase, vurderes det at være for tidligt at udføre en fuldstændig livscyklusvurdering (LCA). I stedet udførtes en miljøscreening med CO₂-udledning og energiforbrug ved fremstillingsprocessen som indikatorer af støjskærmselementerne sammenlignet med typisk anvendte støjskærmsprodukter bestående af aluminiumskassetter med indhold af mineraluld.

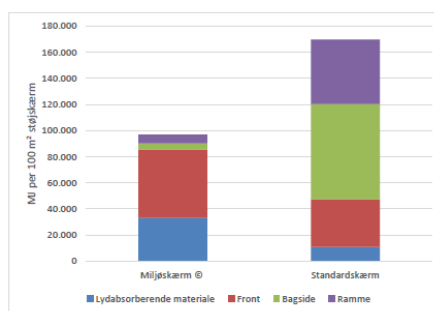
COWI's rapport er baseret på informationer om genanvendelsesprocessen for glasfiber og plast og vurderer et produkt bestående af 100 m² støjisolering af genanvendt glasfiber placeret i en ramme af genanvendt plast sammenlignet med et tilsvarende produkt med et isoleringsmateriale af mineraluld placeret i en ramme af aluminium.

9.1.1 Resultater

Rapportens hovedkonklusioner er at der ved fremstillingen af en støjskærm af genanvendt glasfiber- og plastmateriale kan opnås en besparelse på udledningen af drivhusgasser på ca. 60% i forhold til en støjskærm fremstillet af aluminium og mineraluld. Videre kan der ved fremstillingen af en støjskærm af genanvendt glasfiber- og plastmateriale opnås en besparelse på energiforbruget på ca. 43% i forhold til en støjskærm fremstillet af aluminium og mineraluld.

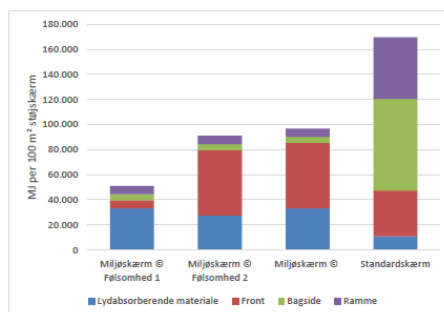
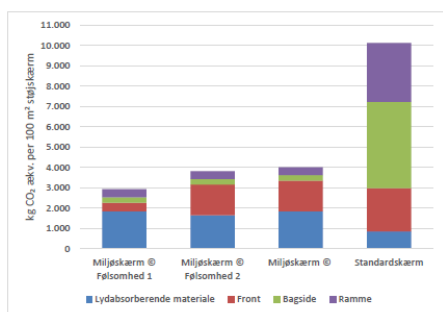


Udledning af drivhusgasser (CO₂ ækvivalent)



Energiforbrug

COWI har videre udført nogle følsomhedsanalyser, der viser at ved anvendelse af et frontgitter af genanvendt plast og en 25% reduktion af forbruget af hjælpematerialer til pakning af glasfibergranulatet, er det muligt at reducere både CO₂ belastningen og energiforbruget yderligere, se nedenstående illustrationer.



Udledning af drivhusgasser (CO₂ ækvivalent)

Energiforbrug

Rapporten viser dermed et meget klart potentiale for opnåelse af større bæredygtighed ved at erstatte et eksisterende produkt med et nyt produkt fremstillet af genanvendte materialer.

10. Formidling

Undervejs i projektforsløbet indledtes et samarbejde med entreprenørselskabet NCC Danmark og Gate21, der samarbejder med 7 Københavnske kommuner, regionen og en række virksomheder om at sætte fokus på trafikstøj og øge udbredelsen af effektive og innovative støj løsninger.

Formålet med dette samarbejde var for projektets vedkommende at få formidlet, at der af vanskeligt genanvendelige materialer kan fremstilles støjskærmselementer, der fuldt ud opfylder samme kvalitetskrav som eksisterende støjskærmsprodukter. Og at projektet har demonstreret at der udover en miljømæssig gevinst er et kommercielt potentiale ved fremstilling af disse nye produkter.

Som en del af dette samarbejde deltog Miljøskærm® i en høring om trafikstøj på Christiansborg i maj 2016 arrangeret af Gate 21. Formålet med denne høring var at skabe opmærksomhed på de uønskede effekter af trafikstøj og få sat dette på den politiske dagsorden.

Et andet resultat af samarbejdet blev at NCC Danmark i foråret 2016 installerede en 82 m lang skærm af den fremstillede 0-serie af støjskærmselementer langs Sdr. Ringvej i Vallensbæk kommune.

Medieomtale af opstillingen af denne støjskærm har bidraget til at skabe fokus på både aktuelle problemstillinger med trafikstøj og ikke mindst på genanvendelse af glasfiber og mulighederne for fremstilling af støjskærme af genanvendt glasfiber- og plastmaterialer.

Dermed er formidling af projektets arbejde og resultater nået ud til en stor kreds af såvel den brede offentlighed som miljø- og interesseorganisationer, interesserede indenfor plast-, komposit- og genbrugsindustri samt potentielle offentlige og private kundegrupper.



Mediedækning af indvielse af støjskærm langs Sdr. Ringvej i Vallensbæk kommune

Projektets arbejde bliver endvidere formidlet via en kort videofilm som bliver offentliggjort i efteråret 2016.

11. Samlede konklusioner

Med et beskedent budget og forholdsvis simpelt procesudstyr er det lykkedes projektet at fremstille den ønskede kvalitet glasfiber granulat og samtidig identificere vigtige procesparametre til videreudvikling af fremstillingsprocessen.

Der blev formuleret en meget velegnet – vandbaseret og vandfast – lim til fremstilling af et materiale af porøst glasfiber granulat, men indenfor projektets begrænsninger var det ikke samtidig muligt at færdiggøre udviklingsarbejdet og udvikle den dertil bedst egnede limproces.

Til gengæld lykkedes det at udvikle en type mekanisk pakning af glasfibergranulatet der ikke kræver en limproces og som i akustisk henseende ikke på nogen måde er ringere end en limet løsning og samtidig giver mulighed for en hurtigere og billigere fremstillingsproces.

Det forventes at den udviklede mekaniske pakning vil kunne opnå patentbeskyttelse.

Det lykkedes videre at fremstille simple og prisbillige støjskærmskassetter af 100% genanvendt plastmateriale udvundet af husholdningsaffald.

De fremstillede støjskærmsprodukters akustiske og mekaniske egenskaber blev dokumenteret ved akkrediterede test, der viste at produkterne opfylder relevante standarder og dermed er fuldt på højde med eksisterende produkter på markedet.

En miljøscreening viser at de fremstillede produkter har et klart potentiale for at reducere såvel miljøbelastning målt i udslip af drivhusgasser og energiforbrug i forhold til produkter fremstillet af aluminium og mineraluld.

Ved en opstilling af de producerede støjskærmselementer i Vallensbæk kommune i sommeren 2016 og omtalen deraf, er det lykkedes at formidle projektets resultater til brede kredse.



Det er således lykkedes for projektet at fremstille støjskærmselementer bestående af omkring 90% genanvendte materialer, der ikke er fundet mange andre anvendelser for.

Udviklingen af proceslinjer og –udstyr har givet en stor og værdifuld viden om såvel tekniske som kommercielle produktionsforhold, der forventes at kunne danne grundlag for en kommende etablering af en kommerciel fremstilling af støjskærmsprodukter.

Produkter fremstillet af de genanvendte materialer kan derudover bidrage til at reducere forbruget af nye materialer og dermed samfundets mængde af affald samtidig med at der kan opnås en væsentlig reduktion af miljøbelastningen ved fremstilling af produkterne.

Dermed er de opstillede mål beskrevet i støtteansøgningen i al væsentlighed blevet opfyldt.

Der vurderes at være et potentiale for udvikling af flere produkter af genanvendt glasfiber materiale til isolerende eller andre formål, og dermed et potentiale for en større reduktion af affaldsmængden og mulige energibesparelser ved substitution af flere materialer med genanvendt glasfibermateriale.

Flere anvendelser for det producerede glasfibergranulat og muligheder for anvendelse af de større og mindre fraktioner vil også kunne øge den kommercielle tilskyndelse og dermed fremme genanvendelse af glasfibermateriale.

Opnåelse af ovenfor beskrevne effekter vil ikke bare være interessante for danske forhold, da mange af verdens lande mangler løsninger på problemet med en stigende mængde af kasseret glasfiber.

Bilag 1. Produktion af porøst materiale af glasfibergranulat

Rapport om kommercielle muligheder for opskalering af produktion af limet glasfibrermateriale.

Rapporten er udfærdiget af StepPartner

*Produktion
af
måtter/plader
fra
glasfibergranulat*

Miljøskærm[®]

Oktober, 2015

Indholdsfortegnelse:

	Side
1 Indledning / problemformulering	2
2 Flowdiagram for genanvendelsesprocessen	3
3 Teknologi / Produktionsmetoder	3
3.1 <i>Nonwoven teknologi</i>	4
3.1.1 Airlaid	4
3.1.2 Air Lay	4
3.1.3 BI-CO	6
4 Markedsdeltagere	6
4.1 <i>Industriel tilgængelighed</i>	7
4.2 <i>Pilot Projekt</i>	7
4.3 <i>Eksempler på umiddelbare udfordringer:</i>	7
5 Anvendelsesmuligheder	8
5.1 <i>Eksempler på anvendelse:</i>	8
6 Prissætning	8
7 Konklusion	10
8 Bilag A: Markedsdeltagere, fiberindustri	11
9 Referencer	14

1 Indledning / problemformulering

Nærværende notat omhandler mulighederne for at binde de allerede neddelte genanvendelige glasfibergranulat sammen til en homogen industrimåtte, hvorved opnås et fast defineret produkt med udbredt anvendelse.

Hidtil forsøg har vist et godt resultat med blanding af limprodukt og glasfibergranulat efter særlige blandingsforhold. Industrimåtten er et produkt med en porøs struktur og anvendt som støjskærme. Disse forsøg har været foretaget som testforsøg og foretaget rimelig primitivt i low scale og i uhensigtsmæssigt proces flow i laboratorielignende rammer.

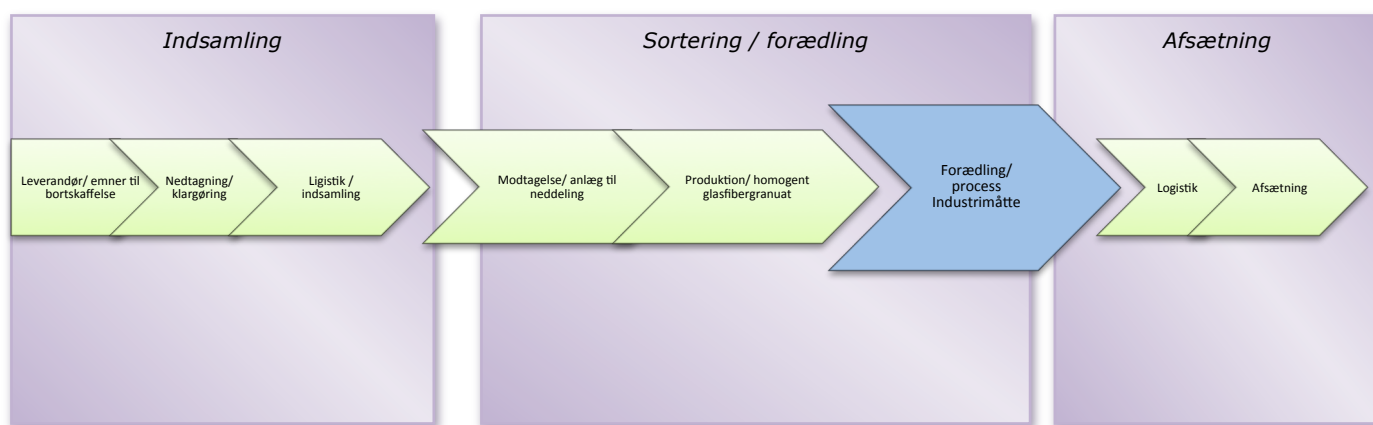
Ved up-scaling af produktion af porøse måtter skal der anvendes industriprocesser, som sikrer en ensartethed og større volumen og anvendelsesmuligheder.

StepPartner har undersøgt mulighederne via desk-research for at fremstille måtter i større skala. Derudover vil der opstilles scenarier for afsætning og anvendelse af produktet samt identifikation af primære udfordringer.

Hvad er bedste løsning for at samle/binde neddelte glasfibergranulat sammen til faste industrimåtter / plader, og hvordan sikres en holdbar produktion i stor skala? Hvordan skal udviklingsarbejdet i produktionen struktureres.

2 Flowdiagram for genanvendelsesprocessen

Hele genanvendelsesprocessen er illustreret nedenfor i fig. 1, og følger processen fra indsamling, produktion og afsætning af industrimåtte. I denne sammenhæng anses industrimåtten som et råvareprodukt, som kan indgå i endeligt forbruger/industriprodukt – eksempel som element i en færdig produceret støjskærm, men emnerne kan også forekomme i andre produkter med anden anvendelse og formål.



FIGUR 1: FLOWDIAGRAM

I værdikædens mange overordnede processer er fokusområdet for *produktion* og for *binding* af glasfibergranulatet under "forædling". Øvrige områder i værdikæden behandles ikke i nærværende rapport.

3 Teknologi / Produktionsmetoder

I forbindelse med produktion af industrimåtte fra glasfibergranulat, er det vigtigt, at notere sig karakteristika på granulatfibrene. Årsagen til dette skyldes, at tilgængelig teknologi for produktion af måtter er følgende:

-  Traditionel lim
-  Airlaid
-  Air Lay

Afgørende for valg af metoder til produktion er karakteristika af fibre, herunder bl.a. størrelse og stivhed af fibre. Fibre fra hærkede og neddelte genanvendelige glasfibre er både store, og hører under kategorien af "langfibre" (størrelse op til 50 mm.) samt hårde/stive, hvilket kan vanskeliggøre orienteringen/udlægningen af fibre til måtteproduktionen. I en produktionsproces er det afgørende af input af råvaren er homogen.

Traditionel lim har vist sig anvendelig i testforløb foretaget af Miljøskærm. Produktionsmetoden er ikke vurderet til at være bæredygtig i stor skala produktion. Derimod er der automatiseret og afprøvet produktion under fællesbetegnelsen "**nonwoven**", som udlægger or organiserer fibre til måtter i endeløse baner til efterfølgende behandling og produktforædling. Generelt en konkurrencedygtig produktionsmetode.

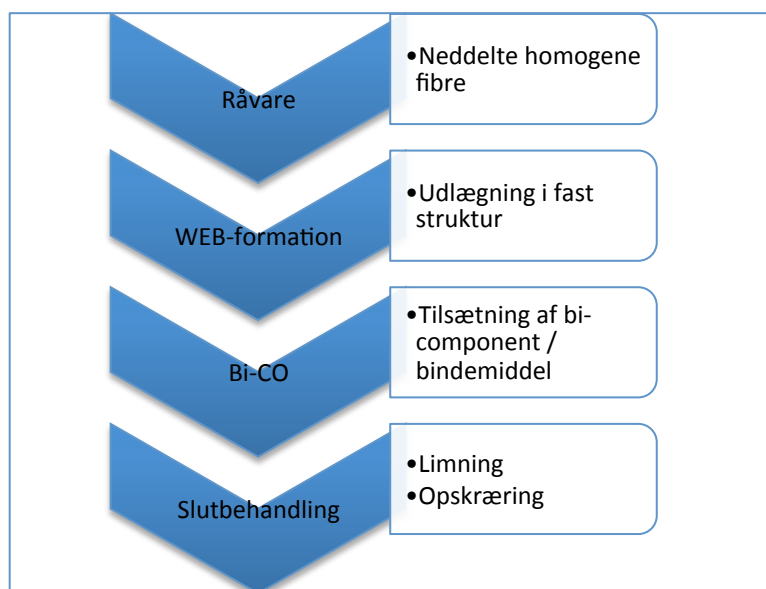
3.1 Nonwoven teknologi

Nonwoven (ikke-vævede) produkter defineres bredt som ark, bane eller måttestrukturer bundet sammen ved sammenfiltre fibre mekanisk, termisk eller kemisk. De er typisk flade porøse plader/måtter, der er lavet direkte fra separate fibre, smeltet plast eller plastfilm. De er ikke lavet ved vævning eller strikning og kræver ikke omdannelse af fibre til oprindelig råvare. Desuden kan nogle nonwoven produkter genanvendes efter brug – efter den rette behandling og recycling faciliteter.

Ikke-vævede produktionsforløb forløber generelt som vist i figur 2.

3.1.1 Airlaid

Denne nonwoven produktionsmetode anvendes for korte fibre, typisk fra papir- træ- og tekstilfraktioner. Disse fibre er typisk korte, dvs. en maksimal længde op til 10 -15 mm. Denne metode er meget udbredt og anvendes i stor stil til forbrugerprodukter.



FIGUR 2: PRODUKTIONSFORLØB FOR NON-WOVEN

Airlaid processen forventes ikke umiddelbart at kunne anvendes pga. karakteristika af glasfibergranulatet.

3.1.2 Air Lay

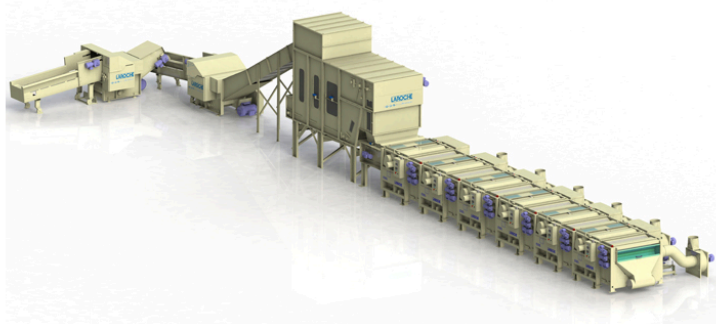
Denne produktionsmetode som Air Lay Carding anvendes til langfibre og metoden er meget mindre anvendt end airlaid, omend der er tale om stort set samme metode – men teknik for udlægning/orientering er forskellig.

Air Lay metoden skal skabe et homogent produkt ved at anvende fremgangsmåden for udlægning samt tilsætning af bindemateriale. Fibre åbnes ved "Air Lay carding" og udlægges orienteret sammen med tilsætning af bi-componenter (bindemiddel) i ensartet struktur - herefter varmeprocess som aktiverer

bindemidlet og dermed fastholder strukturen.

Cutting System "Starcut 500"

"Exel" 6 cylinders



FIGUR 3: ILLUSTRATION AF AIR LAY PRODUKTION, KILDE: LAROCHE

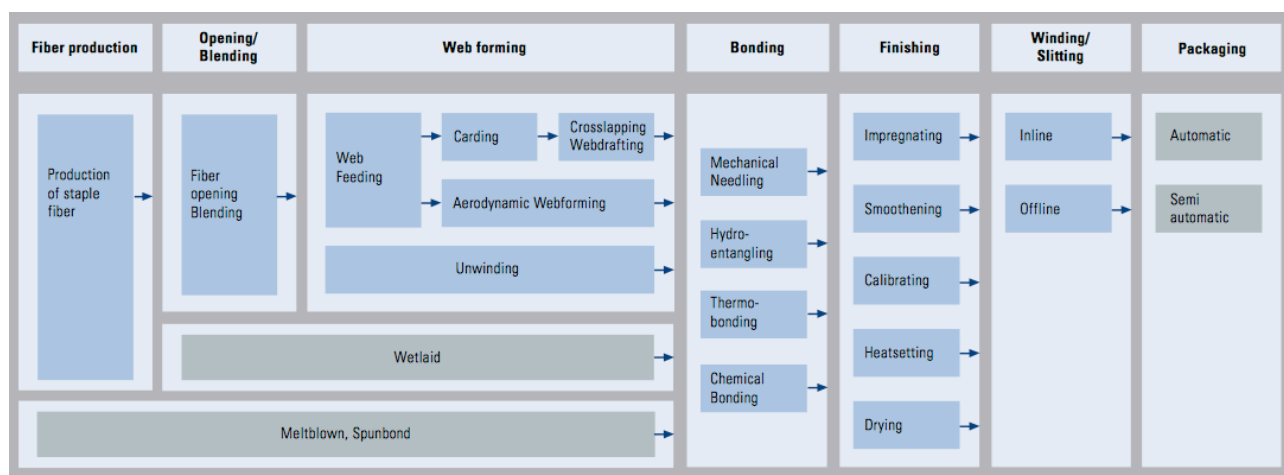
Der kan ved efterfølgende foretages yderligere forædling ved presning, som gør de producerede glasfibermåtter hårde til anden anvendelse.

Der er tale om anlæg af betydelige investeringer. Processen starter med sortering/neddeling til maks. fiberstørrelse, hvorefter en bestemt mængde/tonnage mixes til en ensartet homogen fraktion sammen med

bindemiddel. Endelig udlægges fibermassen til en plade/måtte.

Processen er hidtil uprøvet med genanvendt glasfibergranulat – men anvendes på andre genanvendelige fraktioner under betegnelsen *Hard Waste Recycling for respinning and nonwoven*¹. Processen drives ikke med vand men med luft. Udfordringen ved anvendelse af glasfibergranulatet vurderes i første omgang at være **udlægningen** som en homogen måtte pga. de lange og stive fibre. Dernæst er det vigtigt at sikre en ikke-støvende process.

Hele processen fra fiberproduktion til endelig produkt (måtte/plade) er gengivet i nedenstående oversigt² og viser gængse trin i produktionsprocessen:



FIGUR 4: PRODUKTIONSOVERSIGT

¹ Kilde: Laoche

² Kilde: Trützschler Nonwovens

³ FiberVisions Denmark

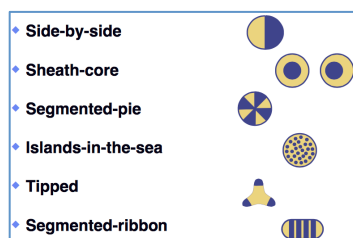
3.1.3 BI-CO

BI-Components (bi-co) er betegnelsen for bindemidlet, dvs. producerede fibre/bindefibre i plast (PE / PP / Polyester), eksempelvis er mest gængse bico-fibre (sheath-core) produceret med ydre skal af PE / indre kerne af PP (evt. polyester). Det ydre PE smeltes ved 130 grader, men struktur bevares pga. at kernen af PP først smelter ved 160 grader – og hvis kernen er af polyester, så er smeltepunktet 255 grader. Det kræver en god varmestyring at kontrollere processen ved anvendelse af PP pga. det lave smeltepunkt i forhold til PE. Derimod ved anvendelse af polyester som kerne, vil varmestyringen være mere fleksibel, men energioekonomisk kan dette have en negativ effekt.

Bi-co aktiveres således allerede ved 130 graders varme i produktionsprocessen. Bindemiddel kan også anvendes som mono-produkt (kun PE) – men bliver mere "flydende" og strukturen kan være vanskelig at fastholde og anses ikke som optimal.



FIGUR 5: BI-COMPONENT (SHEATH-CORE) SOM BINDEMIDDEL



FIGUR 6: TYPER AF BI-CO

Der tilsættes normalt mellem 5 og 20 procent bi-co som bindemiddel³, alt efter hvilke fraktionsfibre der anvendes. Ved glasfibergranulatet anbefales at starte med 20 procent, og så i udviklingsforløbet forsøge løbende at reducere andel af bi-co.

Der findes flere typer af bi-co, og testforsøg vil afgøre hvilke type som er bedst anvendelig til at binde glasfibergranulatet sammen (se figur 6).

4 Markedsdeltagere

At binde allerede hærdede og neddelte glasfibre sammen til up-cycling er hidtil uafprøvet i full-scale. Der findes dog produktion fra nye jomfruelige bløde glasfibre, og disse anlæg vurderes til ikke at kunne håndtere de regenererede hærdede glasfibre.

Der er i bilag A opgjort en oversigt over markedsdeltagere indenfor produktion af mangeartede fibre som papir/pap; tekstiler; træ; plast mm.. Listen indeholder også brancheorganisationer, maskinfabrikanter og genanvendelsesvirksomheder – alle dog med tilknytning til fiberproduktion.

For yderligere information kan der indhentes materiale fra brancheforeningen samt branchenetværk. De store brancheorganisationer for nonwoven teknologien er: **INDA** (Industrial Nonwovens Disposables Association) og EDANA. Nyheder og branchenetværk er desuden systematiseret i udgivelse af magasiner fra "**Nonwovens Industry**". For innovation, uddannelse og partnerskaber findes en organisation/institut for nonwoven, "**the nonwovens Institute**" som faciliterer udvikling indenfor branchen.

³ FiberVisions Denmark

4.1 Industriel tilgængelighed

Som indledning til at skabe et testforløb i testcentre vil være, at skabe en kontakt til innovative operatører. Disse operatører findes igennem maskinproducenter og producenter, og det anbefales at skabe kontakt til følgende store virksomheder, for at skabe grundlag for fælles udvikling internationalt:

-  Laroche
-  Truelzschler
-  Oerlikon Neumark
-  Cormatex

I Danmark eksisterer en mindre innovativ virksomhed i Århus-området, nemlig *Sustainable Airlaid Technology* v/Stig Gamborg, som udvikler nye produkter i airlaid / airlay teknologi – og det anbefales at tage en konkret kontakt for fælles udvikling og testforsøg. Selskabet har tidligere lavet flere forsøg med hærdet neddelte glasfibre, og har allerede opnået erfaring med denne type. Formålet med lokal/regional udvikling er netop at et forløb kan være mere smidigt, hurtigt og uformelt end, og der kan opstå resultater, erfaringer og referencer til videre udvikling og udvidelse af netværk samt andre markedsdeltagere.

Samtidig hermed bør der tages specifik kontakt til Cormatex for at indlede endnu et pilotprojekt – da flere aktive parter genererer flere muligheder!

4.2 Pilot Projekt

Et komplet Air Lay pilotanlæg fra **Cormatex** er installeret i sine laboratorier i R&D-afdelingen i Italien. Anlægget omfatter åbning af fibre og mixer, udlægning og termobinding oven og producerer måtter/plader i 1 meters bredde. Pilot linjen anses for meget fleksibel og det tekniske personale står til rådighed for at teste nye materialer samt at udvikle nye og innovative produkter.

Det bør stærkt overvejes at tage en drøftelse med Cormatex om udvikling af glasfiber granulat matter/plader og udnytte deres faciliteter i et udviklingsarbejde.

4.3 Eksempler på umiddelbare udfordringer:

I produktudviklingen og produktionsprocessen vil der være udfordringer som skal adresseres og løses. Disse vil umiddelbart være:

-  Homogenisering af råvarefibre
-  Udfordring med lange og stive fibre
-  Størrelse af fibre
-  Valg af optimal Bi-Co og andel heraf
-  Tykkelse/størrelse af måtter og plader
-  Densitet af råvare - herunder vægt gr/m² – som produktionslinjen skal kunne håndtere
-  Presning – i samme proces som måtteproduktionen

- Evt. støvhåndtering i processen

Løsninger skal findes i udviklingssamarbejdet. Derudover skal der også tages højde for følgende tekniske data og dokumentation:

- Tolerancer i materialet v/kulde-varme (forskydninger, hvis nogen!)
- Reaktion på brand og beklædnings- og materialeklasse
- Slagfasthed (evt. boldskudssikkerhed)
- Indeklima / afgang !!
- Standarder (EN)
- Varmeværdi (Lambda)
- Mål / vægt
- Befæstelsessystemer
- Tilbagetagnings- og/eller bortskaffelsesordninger
- LCA-analyser

5 Anvendelsesmuligheder

Muligheder for anvendelse af måtter og plader er mange. I udviklingsforløbet vil der afprøves flere strukturer/formater og dermed også opstå flere anvendelsesmuligheder for både indendørs og udendørs brug.

5.1 Eksempler på anvendelse:

- Bygningsmaterialer, som pressestøbte/formstøbte emner
- Loft og væg-paneler
- Støj- og lyddæpende byggeplader
- Erstatning af jomfruelige træprodukter
- Terrassebrædder
- Apterier til automobilindustrien
- Legepladser
- Beklædning af facader
- Erstatning til troldekt plader
- Vind og vand resistent => muligheder for filterløsninger / geotekstiler /

6 Prissætning

Sustainable Airlaid Technology, beliggende tæt ved Århus stiller personale og maskinpark til rådighed i et udviklingssamarbejde⁴. Det er muligt at indleje produktion på dagsbasis til 5.000 euro pr. dag. Dertil kommer omkostninger til bi-co. Muligheden bør efterprøves, når der kan sikres en homogen

⁴ Kilde: Stig Gamborg, Sustainable Airlaid Technology.

råvare. Et udviklingsforløb forventes at beslaglægge 5 udviklingsdage førend "opskrift" på serieproduktion foreligger. Slutproduktet hos Sustainable Airlaid Technology er et porøs, luft-igennem-trængende måtte – og evt. efterfølgende hårdpresning for produktforædling skal foretages hos 3. part.

Det er ikke muligt umiddelbart at indhente priser for produktion af glasfibergranulatet på anlæg til serieproduktion af måtter/plader.

Såfremt der tages udgangspunkt i en dagsomkostning på ca. 5.000 euro og et anslået output på færdige måtter på 500 kg. /timen⁵ (*8 timer = 4.000 kg.) vil produktionspris udgøre ca. 1,25 euro pr. kg.

Det er derfor vigtigt, at vurdere desiteten pr. m2 færdig materiale (færdig måtte) – eller rettere vægt pr. m2. Dermed er det muligt at udregne produktionsprisen pr. m2 ud fra givne forudsætninger.

Dermed er bedste estimat på priskalkulation følgende:

Produktionsprocessen kalkuleres således til at udgøre eks.vis 46,88 kr. pr. m2 produceret måtte, under forudsætning af, at måtten vejer 5 kg./m2 jf. tabel 1.

Det må forventes, at denne pris er i overkanten af den reelle forhandlede pris, når et formaliseret samarbejde med operatør iværksættes på kommercielle vilkår. Der er ikke indkalkuleret andel af bi-componenter, som dog skal tillægges.

kg./m2	euro/m2.	kr/m2
1,00	1,25	9,38
1,50	1,88	14,06
2,00	2,50	18,75
2,50	3,13	23,44
3,00	3,75	28,13
3,50	4,38	32,81
4,00	5,00	37,50
4,50	5,63	42,19
5,00	6,25	46,88
5,50	6,88	51,56
6,00	7,50	56,25
6,50	8,13	60,94
7,00	8,75	65,63
7,50	9,38	70,31
8,00	10,00	75,00
8,50	10,63	79,69
9,00	11,25	84,38
9,50	11,88	89,06
10,00	12,50	93,75

TABEL 1: VAIABEL PRISKALK BASERET PÅ VÆGT AF MÅTTE/PLADE

⁵ Kilde: Laroche – production capacity from 50 to 1.000 kg/h

7 Konklusion

For at opbygge et bæredygtigt marked for anvendelse af glasfibermåtter/plader af genanvendelige hærdede neddelte glasfibre er up-scaling af produktionen nødvendig. Denne skal sikre en ensartet produktion af industrimåtter/plader

Det er derfor også af allerstørste betydning, at de neddelte fibre er homogene og dermed egnet til industriel fremstilling. Den store udfordring for produktionen er udlægningen af fibre i en nonwoven teknologi.

Det anbefales at udforske produktion af fiberteknologien nonwoven via en Air Lay proces. I udviklingsarbejdet skal identificeres den bedste løsning for anvendelse af bindemiddel (Bi-Component). Der er lokaliseret eventuelle udviklingspartnere, som kan bistå med produktionsteknisk indsigt og adgang til produktionsapparat og laboratorier.

Det bedste estimat for prissætning er ca. 50 dkk pr. m² produceret industrimåtte/plade ved et full-skala anlæg under forudsætning af en vægt på ca. 5 kg. pr. færdigproduceret kvadratmeter måtte/plade.

Der synes dog yderligere store anvendelsesmuligheder for det endelige produkt samt ved yderligere forædling ved presning. Det store markedspotentiale sammenholdt med egenskaberne indikerer stærkt, at der er incitamenter for at fortsætte arbejdet med at forfølge de forretningsmæssige muligheder.

Potentialet for industrimåtter/plader af genanvendt hærdet glasfiber er meget stort. Investeringen i udviklingen er betydelig og Air Lay processen anses for bedste endelige løsning for at skabe et industriprodukt, som samtidig er skalerbart med stor volumen.

Det igangværende analyse- og testarbejde samt forholdsmæssig begrænset adgang til ressourcer (økonomisk og teknologisk) er årsag til, at Air Lay produktion umiddelbart ikke synes værende en mulighed på kort sigt.

8 Bilag A: Markedsdeltagere, fiberindustri

Navn	Org.	Land	Bemærkninger
LOACKER RECYCLING GMBH	BIR	Austria	
COBEREC ASBL	BIR	Belgium	
RECUTEX NV	BIR	Belgium	
CHINA RESOURCE RECYCLING ASSOCIATION	BIR	China	
FIBERTEX, SA DE CV	BIR	El Salvador	
BOURGOGNE RECYCLAGE	BIR	France	
EBS LE RELAIS BRETAGNE	BIR	France	
EBS LE RELAIS NORD-EST ILE DE FRANCE	BIR	France	
EBS LE RELAIS VAL DE SEINE	BIR	France	
FEDEREC	BIR	France	
FRAMIMEX	BIR	France	
EFIBA - HANDELSGESELLSCHAFT mbH	BIR	Germany	
FWS GmbH	BIR	Germany	
GRAS & SIGLOCH GmbH & Co.	BIR	Germany	
JEAN BILSHEIM GMBH	BIR	Germany	
TEGOS GmbH DORTMUND	BIR	Germany	
TEXTIL RECYCLING K & A. WENKHAUS GmbH	BIR	Germany	
LOGISTIC GROUP srl	BIR	Italy	
METEF SRL	BIR	Italy	
SAURO BALLERINI	BIR	Italy	
CORPORATIVO NEMAK, SA de CV	BIR	Mexico	
JOAN SMAAL TEXTIELRECYCLING BV	BIR	Netherlands	
JAB ENTERPRISES	BIR	Pakistan	
STC (PRIVATE) LIMITED	BIR	Pakistan	
GREEN BIRD	BIR	Reunion Island (France)	
OVERSEAS VENTURES PTE LTD.	BIR	Singapore	
SOEX INTERNATIONAL AG	BIR	Switzerland	
TEXAID - TEXTILVERWERTUNGS AG	BIR	Switzerland	
GHS GROUP LTD.	BIR	Turkey	
DAWNLIGHT LIMITED	BIR	United Kingdom	
VIRIDOR RESOURCE MANAGEMENT	BIR	United Kingdom	
GARSON & SHAW LLC	BIR	USA	
LIQUIDITY SERVICES INC. CAG	BIR	USA	
LUDDLUM MEASUREMENTS INC.	BIR	USA	

PADNOS	BIR	USA	
RAVI ENERGIE GROUP	BIR	USA	
NonWovens Industry		World Wide	Organisation
INDA	INDA	World Wide	Organisation
Asiatisk organisation (Asia Nonwoven Fabrics Association)	ANFA	Asien	Organisation
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau	VDMA	Tysk Maskin producentforening	Organisation
M&J Airlaid Products A/S		Danmark	
Oerlikon Textile GmbH & Co. KG, Remscheid		Germany	
Danish Airlaid Technology A/S,		Danmark	Papirprodukter
Fitesa		i 8 lande	Producerer nonwoven teknologi
PGI Industrial Division		USA /Sydamerika/ Europa/ Asien	Stor organisation
Airlaid Production A/S, Sverigesvej 2, Hammel		Danmark	papir/pap, Jes Kjær Larsen
RUNI A/S, Industriparken 8, 6880 Tarm		Danmark/ POLEN	Afd. I Polen - kan være en interessant kontakt!
FormFiber Danmark ApS, Ursusvej 16, 8464 Skovby (Galten)		Danmark	har bl.a. BICO
IDANA			
Cormatex		Italien	
Campen			
www.sprzedazserwetek.pl		Polen	Webshop m/nonwovens materialer
www.mtrecykling.pl (forhandler danske RUNI-maskiner)		Polen	MT Recykling - forhandler maskiner
www.phuclean.pl		Polen	? Forhandler
Airlaid Aliance Polska Ap.z.o.o.		Polen	
Kochanowski		Polen	Svært at bedømme, om de selv har prodktion, eller blot handel
Seni		Polen	webshop m/tissues mm. (ikke umiddelbart interessant)
http://www.filar.info.pl/strony/ofirmie.html		Polen	Filar - ser ud til at have produktion!
LNS /Lukay Nonwoven Solutions		Polen	Maskineforhandler - kan henvise til producenter - ser interessant ud
LAROCHE		Frankrig	Masknforhandler - kan henvise til producenter
Gees Recycling		Italien	Genanvendelse / Granulator operatør
Banoeco /Bano Recycling		Italien	Shredder/neddelere /
FiberVisions		ww / dk	BICO
Sustainable Airlaid Technology		Danmark	AIRLAID produktion nær Æbeltoft / Stig Gamborg
Dan-Web-Machienery		Danmark	Maskinproducent - Kurt Sørensen, (leverer til Gamborg)
Autefa		Tyskland	Maskinproducent
Troelzschler		Tyskland /ww.	Maskinproducent
Oerlikon		Tyskland /ww.	Maskinproducent
Top 40 companies (nonwovens Roll Goods Manufacturer) (Nonwovens Industry):		Omsætning:	

1	Freudenberg	\$1.65 billion	
2	Dupont	\$1.40 billion	
3	Ahlstrom	\$1.35 billion	
4	Kimberly-Clark	\$1.30 billion	
5	Polymer Group, Inc. (PGI)	\$1.20 billion	
6	Glatfelter	\$835 million	
7	Fitesa	\$697 million	
8	Johns Manville	\$670 million	
9	Suominen	\$515 million	
10	Bonar	\$407 million	
11	TWE Group	\$402 million	
12	Companhia Providencia	\$394 million	
13	Georgia-Pacific	\$380 million	
14	Sandler	\$367 million	
15	Avgol Nonwovens	\$342 million	
16	Hollingsworth & Vose	\$322 million	
17	First Quality Nonwovens	\$310 million	
18	Toray Advanced Materials	\$290 million	
19	Pegas Nonwovens	\$269 million	
20	Fibertex Personal Care	\$263 million	
21	Lydall	\$226 million	
22	Japan Vilene	\$204 million	
23	Asahi Kasei	\$200 million	
24	CECEP Costin New Materials Group	\$199 million	
25	Mitsui Chemicals	\$186 million	
26	Union Industries	\$181 million	
27	Gulsan	\$180 million	
28	Dalian Ruiguang Nonwoven Group	\$176 million	
29	Jacob Holm	\$171 million	
30	Fibertex Nonwovens	\$166 million	
31	Jofo Nonwovens	\$162 million	
32	Nan Liu Enterprise	\$152 million	
	Tenowo	\$152 million	
34	Hassan Group	\$150 million	
	Precision Custom Coatings	\$150 million	
36	Propex Holdings	\$140 million	
37	Toyobo	\$129 million	
38	Andrew Industries	\$127 million	
	Spuntech Industries	\$127 million	
40	Mogul	\$113 million	

/John - StepPartner

9 Referencer

1. Non-Wownes Industry: www.nonwovens-industry.com
2. FiberVisions Denmark, Engdraget 22, 6800 Varde, att: Flemming – www.fibervisions.com
3. Laroche S.A., 50 rue de Thizy, 69470 Cours La Ville, France – www.laroche.fr
4. Branche forening INDA: www.inda.com
5. Branchemagasin: "Nonwovens Industry": www.nonwovens-industry.com
6. Cormatex SRL: via Parugliano di Sotto 152/166, 59013 Montemurlo (Prato), Italien: www.cormatex.it
7. The Nonwovens Institute: <http://www.thenonwovensinstitute.com>
8. EDANA: www.edana.org
9. Dan-Web Machinery; att: Kurt Sørensen, tlf. 87439500; www.dan-web.com
10. Sustainable Airlaid Technology; att: Stig Gamborg, tlf. 25156200
11. Trüetzschler-nonwoven; www.truetschler-nonwoven.com

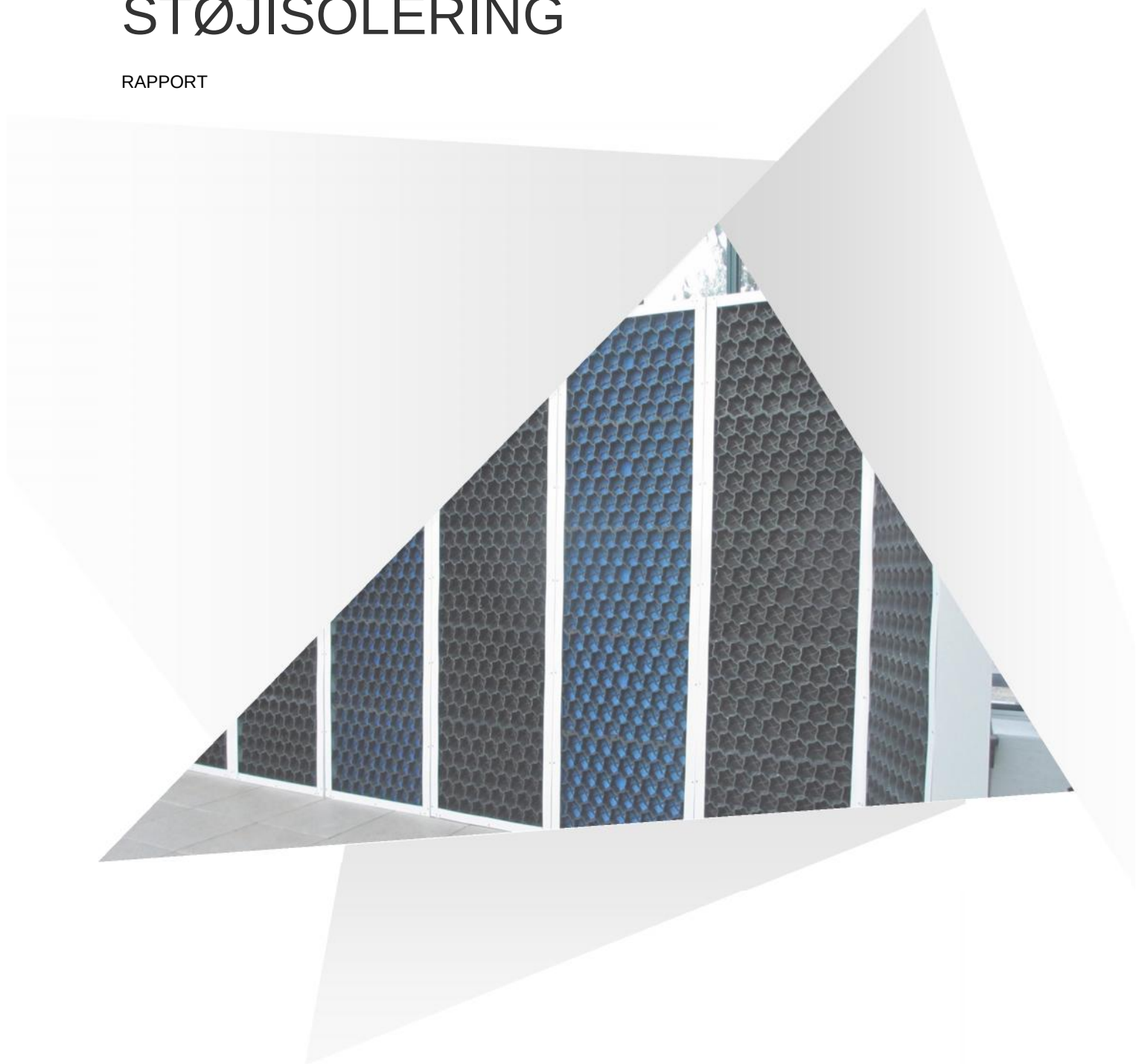
Bilag 2. Miljøscreening

Uddrag af COWI rapport; projektnr. A038145

JANUAR 2016
MILJØSKÆRM® V. JAKOB W NIELSEN

MILJØSCREENING AF GLASFIBER- GENANVENDELSE TIL STØJISOLERING

RAPPORT



COWI

JANUAR 2016
MILJØSKÆRM® V. JAKOB W NIELSEN

MILJØSCREENING AF GLASFIBER- GENANVENDELSE TIL STØJISOLERING

RAPPORT

PROJEKTNR.	A038145
DOKUMENTNR.	R01
VERSION	3.0
UDGIVELSESdato	6. januar 2016
UDARBEJDET	LGJA, JAKK
KONTROLLERET	TLHA
GODKENDT	JAKK

INDHOLD

1	Introduktion	7
2	Metode	8
3	Data og forudsætninger	9
3.1	Generelle antagelser	9
3.2	Miljøskærm®	10
3.3	Standard skærm	12
4	Resultater	14
4.1	CO ₂ -udledning	14
4.2	Energi	15
5	Følsomhedsanalyser	16
6	Konklusion	18
7	Kilder	19

BILAG

Bilag A	Miljøskærm®	Fejl! Bogmærke er ikke defineret.
Bilag B	Standard skærm	Fejl! Bogmærke er ikke defineret.
Bilag C	Emissions- og energifaktorer	Fejl! Bogmærke er ikke defineret.

1 Introduktion

Miljøskærm® er en støjskærm produceret af genanvendte materialer. Miljøskærm® ønsker udarbejdelse af en livscyklusvurdering (LCA) af en genanvendelsesproces for glasfiber, hvor dette omdannes til et produkt med gode akustiske egenskaber. Livscyklusvurderingens formål er, på baggrund af tilgængelige procesoplysninger, at lave en miljømæssig sammenligning af det genanvendte glasfiberprodukt med et "standard" produkt.

Produktet er stadig i sin udviklingsfase og derfor foretages der ikke en fuldstændig livscyklusvurdering, men i stedet en miljøscreening med CO₂-udledning og energi som indikatorer. En fuldstændig LCA kræver ret præcise data samt kræver tid til en ekstern review proces i henhold til ISO standarderne 14040 og 14044, hvorfor en LCA er ret ressourcekrævende.

Nærværende rapport er udarbejdet af COWI og er resultatet af en indledende miljøscreening på baggrund af de oplyste informationer om genanvendelsesprocessen for glasfiber.

Produktet, som vurderes er:

- > 100 m² støjisolering af glasfiber placeret i en ramme af genanvendt plast

Resultatet fra miljøvurderingen sammenlignes med resultatet for tilsvarende "standard" produkt, hvor der anvendes mineraluld som isoleringsmateriale, og hvor isoleringsmaterialet er i en ramme af aluminium. Forudsætninger og resultater fra miljøscreeningen præsenteres i denne rapport.

2 Metode

Miljøvurderingen for genanvendelses- og standardproduktet foretages på baggrund af informationer fra Miljøskærm®, SP Extrusion, Vejdirektoratet og støjskærmsspecialist fra COWI. Herudover anvendes nøgletal fra LCA databaser (EASETECH, værdier fra Bath University (ICE) og EuP's EcoReport) for materiale- og energiindikatorer. Opgørelsen foretages ud fra livscyklustankegang, hvor produktionen - og de heraf opståede udledninger - af både energi og materialer inddrages i vurderingen.

Miljøscreeningen vil kortlægge CO₂-udledning og energiforbrug ved oparbejdning og produktion for henholdsvis isoleringsmaterialet og for den ramme, som isoleringsmaterialet placeres i, samt for-og bagside.

3 Data og forudsætninger

Den funktionelle enhed er

- Produktion af 100 m² støjabsorberende skærm med 2 meters højde over fundament, der overholder danske standard krav for støjskærme:
 - DS/EN 14388: Vejudstyr - støjafskærmning til dæmpning af trafikstøj
 - DS/EN 1793-1/2: Støjskærme - bestemmelse af akustisk ydeevne
 - DS/EN 1794-1/2: Støjskærme - ikke-akustiske egenskaber

Højdeangivelsen er medtaget i den funktionelle enhed, da der er forskel på rammernes udformning. Forskellen betyder også at der skal tages forbehold for at sammenligne de to. Standard-skærmen findes f.eks. sjældent i 2 meters højde, og den bærende konstruktion bliver sandsynligvis forskellig, selvom de her antages at være ens og udelukkes fra vurderingen.

Standard skærmen der sammenlignes med, er valgt ud fra at det er den mest anvendte støjskærm i dag. Der findes flere typer af støjskærme, som anvendes afhængig af flere faktorer. Sammenlignes der med andre typer af støjskærme kan resultatet derfor se anderledes ud.

Der er for hver skærm fire elementer: Lydabsorberende materiale, front, bagside og ramme, som resultaterne for CO₂-udledning og energiforbrug vil blive summeret for.

3.1 Generelle antagelser

Der anvendes en "cradle-to-gate" tankegang:

- Elektricitetsforbrug: udvinding af energikilde, produktion af elektricitet samt distributionstab er inkluderet. Elektricitetsforbrug antages at komme fra dansk energimix, dvs. et gennemsnit af de forskellige energikilder.
- Materialeforbrug: udvinding af materialet, produktion af materialet og fremstilling af evt. produkt samt transport er inkluderet i miljøvurderingen.

Dette gælder medmindre andet er angivet. Detaljer omkring CO₂ emissionsfaktorer og energiforbrug kan ses i bilag C.

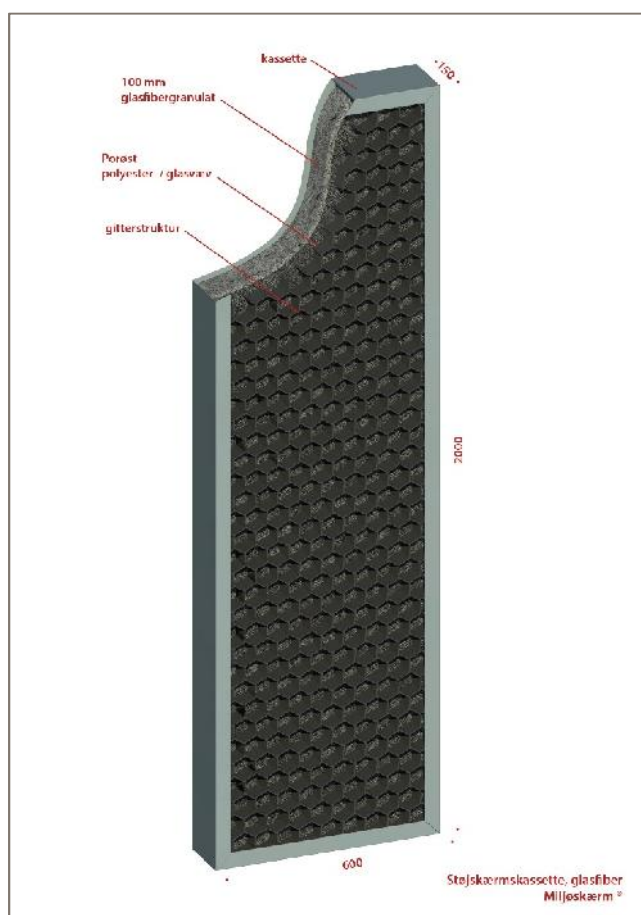
Ikke inkluderet i analysen:

- Fundament og montering af støjskærm ved vej medtages ikke, da det antages at være ens for de to støjskærme. Dette inkluderer bl.a. betonskørt, stålfundament, stål-søjler og evt. espalier mod nabo.

- > Transport af materialer til produktionssted samt fra produktionssted til monteringssted. Dette forventes at være sammenligneligt for de to scenarier og ekskluderes derfor af analysen. Desuden vurderes transport at udgøre en mindre miljømæssig påvirkning.
- > Opførsel af bygninger og produktion af maskiner og andet udstyr, da der er store usikkerheder omkring produktionsforhold.

3.2 Miljøskærm[®]

Miljøskærm[®] produceres indtil nu på pilot skala og dermed er forbrug og materialer estimeret ud fra den nuværende produktion.



Figur 1 Miljøskærm[®]

Lydabsorberende materiale

Det lydabsorberende materiale består af genvendt glasfiber fra kasserede dele fra vindmøller. Det grovknuste glasfiber finknuses i en knusemaskine, som fyldes af en dieseldrevet gravko (kun udvinding, produktion og forbrænding af diesel medtaget). Der produceres tre glasfiber-fraktioner i forskellige størrelser. Den fineste fraktion kan ikke benyttes og sendes på deponi.

Det finknuste glasfiberaffald pakkes i en mekanisk struktur (kun produktion og fremstilling af plast og ikke specifikt dug medtages). Det pakkede granulat stables inde i rammen. På siden af støjskærmen, der vender imod vejen anvendes desuden en fiberdug (kun udvinding af olie, produktion af plast og fremstilling af gennemsnitlig plastprodukt medtaget) til beklædning bag frontgitter.

Det grovknuste glasfiber antages at være byrdefrit, idet materialet vil grovknuses ligegyldigt om det anvendes til isolering, eller om det deponeres eller forbrændes, som det sker normalt. Energiforbrug til grovknusning er derfor ikke medregnet i denne vurdering.

Det antages, at mængden af glasfiber, der forbrændes, ikke ændres som en konsekvens af produktionen af støjskærme (i dag forbrændes kun en lille andel). Derimod lægges der mindre glasfiber på deponi når glasfiber genanvendes. Dermed fortrænges det forbrug, som den andel der ikke længere deponeres, har ved anlæggelse og drift af deponiet (inkluderer opførsel af bygninger, perkolat-indsamling, gasopsamling og -afbrænding). Det antages at glasfiberen er inert og dermed ikke nedbrydes med udledning af gasser ved deponering til følge.

Det antages, at restproduktet fra nedknusningen deponeres og derfor er disse mængder ikke med i beregningen for fortrængning af deponering. Det forventes af Miljøskærm®, at der vil kunne findes andre anvendelser for op imod 50% af restproduktet, men dette medtages ikke i beregningerne.

Front

Fronten består af plastgitter, der er lavet af jomfrueligt LDPE (kun udvinding af olie, produktion af plast og energiforbrug (DK mix) til fremstilling af plastprodukt med sprøjttestøbeteknologi medtaget).

Bagside

Bagsiden mod bebyggelse består af brædder produceret af genanvendt plast (PE og PP) fra husholdninger i Holland og Tyskland. Det antages, at plastaffaldet kommer byrdefrit fra husholdningerne, imens vask, neddeling og agglomerering¹ i Tyskland samt elektricitetsforbrug til ekstruderingen i Danmark inkluderes.

Ramme

Rammen består af samme type brædder som bagsidebeklædningen. Der er ramme på sider, top og bund. Derudover anvendes skruer (kun udvinding og produktion af jern) til sammenmonteringen.

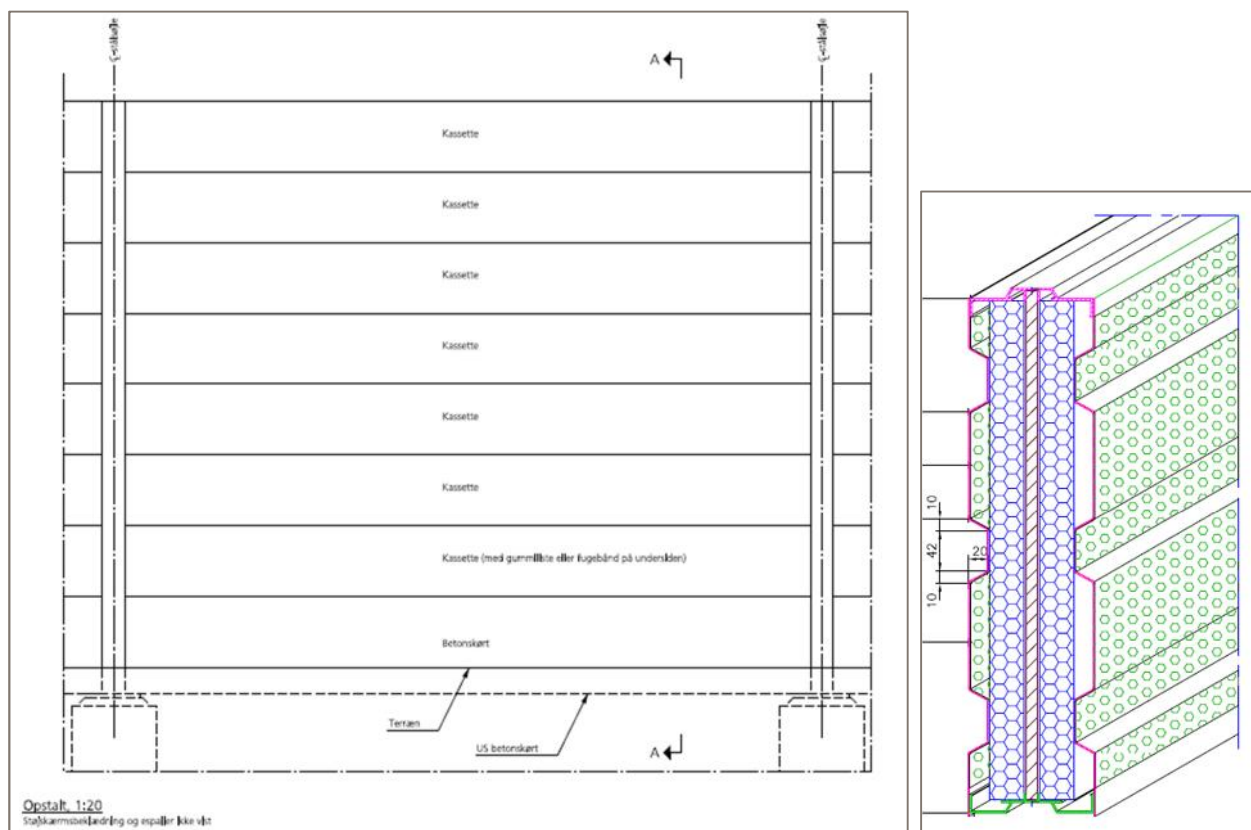
¹ agglomerering er en let smeltning af plastmateriale ved hjælp af varme og/eller tryk

3.3 Standard skærm

Der sammenlignes med den mest almindelige støjskærm der opsættes i dag, som er en støjskærm bestående af aluminiumsrammer med mineraluld.

Der findes, som nævnt tidligere, andre typer af støjskærme, som eksempelvis transparente støjskærme produceret med akryl eller trælameller. Der sammenlignes ikke med disse typer af støjskærme. Resultatet af en sådan sammenligning må forventes at være anderledes end nærværende.

Detaljerede data kan findes i bilag B.



Figur 2 Standard skærm, tv. støjskærm med kassetter af aluminium, th. kassette set i profil

Lydabsorberende materiale

Det lydabsorberende materiale antages at være mineraluld. Mineralulden pakkes i kassetter af aluminium (udvinding af råvare, produktion, rulning og fremstilling medtaget), som det fremgår nedenfor.

Front

Fronten på kassetter består af en perforeret aluminiumsplade, der er overfladebehandlet med maling (standard opløsningsmiddel-maling anvendt) på synlige flader. Energiforbrug til udstansning ikke medtaget.

Bagside

Bagsiden af kassetterne består af en lukket aluminiumsplade, der er overfladebehandlet med maling på synlige flader.

Ramme

Rammerne på kassetterne består også af aluminium. Nederst mod fundament lægges en gummiliste (fremstilling af gummiliste ikke medtaget, kun produktion af gummi granulat).

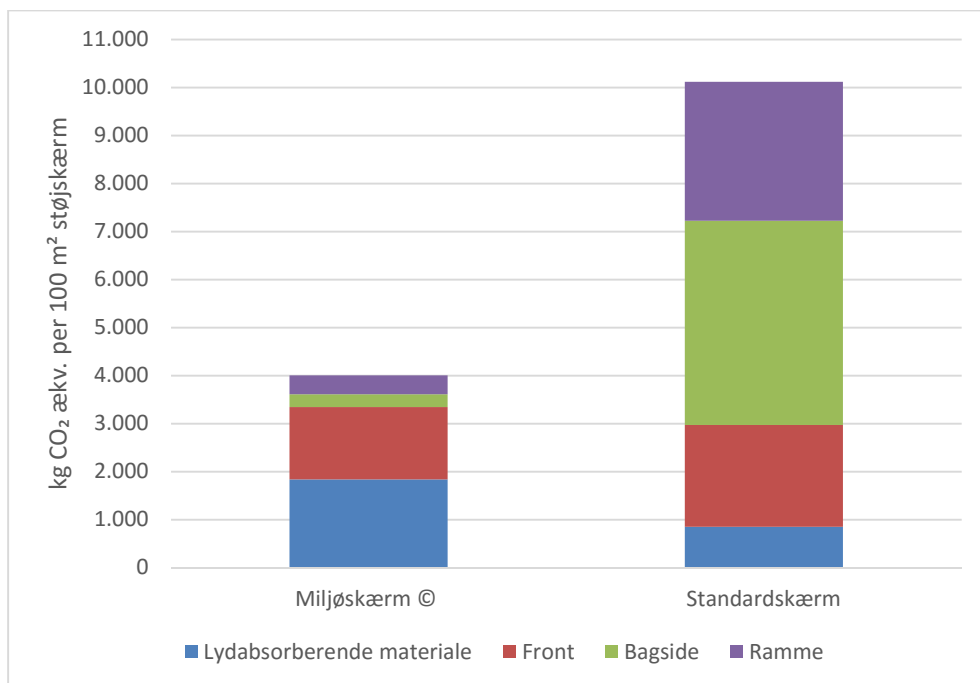
4 Resultater

Resultaterne er summeret i fire elementer (lydabsorberende materiale, front, bagside og ramme), som det er beskrevet ovenfor. Det er valgt at fokusere på to miljøeffekter:

- > **Drivhusgas-emissioner** er udledninger af f.eks. CO₂, metan og lattergas til miljøet. Udledningerne er omregnet til CO₂ ækvivalenter. Eksempelvis svarer 1 kg CO₂-udledning til 1 kg CO₂-ækvivalent, hvorimod 1 kg metan-udledning svarer til 25 kg CO₂-ækvivalenter over en 100 års periode. Drivhusgasemissionerne medvirker til den globale opvarmning.
- > **Fossilt energiforbrug** er et udtryk for hvor stort et energiforbrug (både direkte og indirekte) der er af fossile brændsler, som eksempelvis olie, kul og naturgas. Disse brændsler er en begrænset ressource. Dette omregnes til megajoule (MJ) som er et udtryk for energiindhold i produktet.

4.1 CO₂-udledning

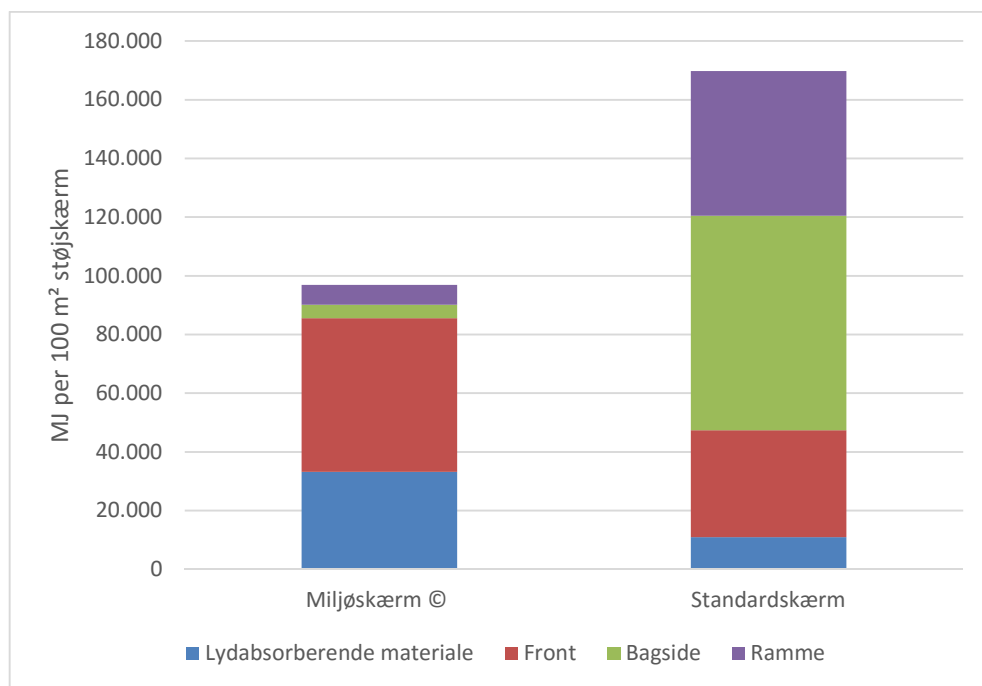
Sammenlignes de to støjskærme, udleder produktion af Miljøskærm® 60% færre drivhusgasser set i forhold til en standard støjskærm, som det ses af figuren nedenfor. Det er det lydabsorberende materiale og fronten der udgør den største del af drivhusgasudledningen for Miljøskærm®. For standard skærmen gælder, at det er aluminiumskassetten der har det højeste udslip af CO₂ ækvivalenter.



Figur 3 CO₂-udledningen fra produktion af støjskærme

4.2 Energi

I forhold til energiforbrug viser en sammenligning af de to støjskærme at Miljøskærm® også her er mest fordelagtig, da den anvender mindre fossil energi til produktionen. Forskellen mellem de to støjskærme er dog mindre end når der sammenlignes for drivhusgasudledningen, da Miljøskærm® forbruger 43% mindre primær energi ift. en standard støjskærm. De elementer, der har størst betydning for energiforbruget, er aluminiumskassetten for standardskærmen og for miljøskærmen er det frontgitteret af plast og det lydabsorberende materiale.



Figur 4

Fossil energiforbrug i produktionen af støjskærme

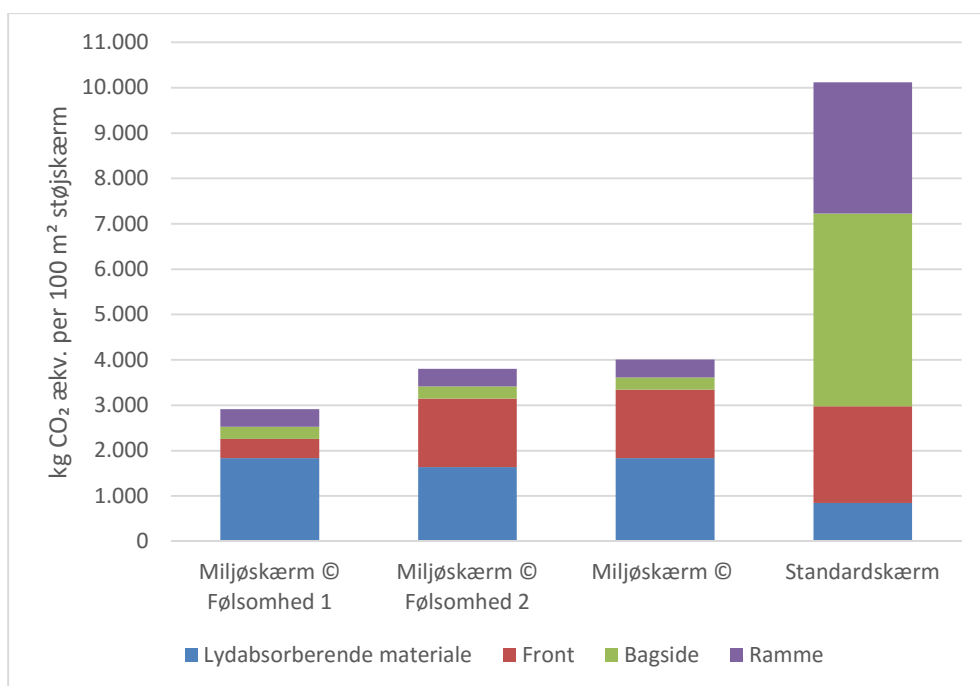
5 Følsomhedsanalyser

Der laves to korte følsomhedsanalyser. Den første hvor der benyttes genanvendt plast til frontgitteret i stedet for jomfruelig plast. Den anden hvor der anvendes mindre mængde af hjælpematerialer til den mekaniske pakning af granulatet.

- 1 Frontgitter af genanvendt plast; produktionen af jomfruelig plast undgås og dette erstattes af en genanvendelsesproces fra affald til granulat.
- 2 25% reduktion af forbrug af hjælpematerialer til mekanisk pakning af glasfiber granulatet.

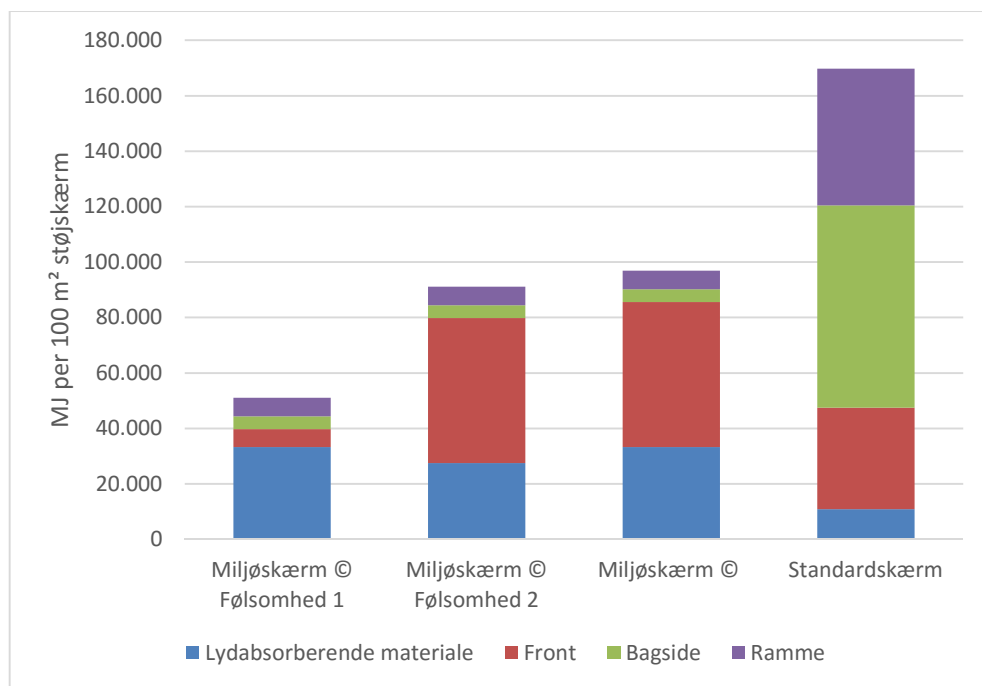
Der ses en reduktion af både CO₂-udledninger og energiforbrug for begge følsomhedsanalyser for Miljøskærm®.

CO₂-reduktionen for følsomhedsscenarierne er henholdsvis 27% og 5% i forhold til basis scenariet for Miljøskærm®. Dette betyder sammenlignet med standardskærmen, at produktion af Miljøskærm® i stedet for at udlede 60% færre drivhusgasser udleder henholdsvis 71% og 62%.



Figur 5 Følsomhedsanalyser: CO₂-udledning med 1) frontgitter af genanvendt plast og 2) mindre forbrug af hjælpematerialer.

I forhold til basis scenariets Miljøskærm® reduceres energiforbruget med henholdsvis 47% og 6% når der anvendes genanvendt plast til frontgitteret og mindre mængde af hjælpematerialer til den mekaniske pakning af granulatet. Sammenlignes der med standardskærmen var der ved basisscenariet 43% mindre energiforbrug, denne værdi øges til henholdsvis 70% og 46%.



Figur 6 Følsomhedsanalyser: Energiforbrug med 1) frontgitter af genanvendt plast og 2) mindre forbrug af hjælpematerialer.

Der er således en væsentlig miljøgevinst ved at anvende genanvendt plast til frontgitteret, da jomfruelig plast er både energikrævende og har en relativ høj CO₂-udledning i forbindelse med produktionen.

6 Konklusion

Miljøskærm® giver et væsentligt bedre resultat for CO₂ og primær energi sammenlignet med standardskærmen. Det må forventes, at en mere detaljeret miljøvurdering med flere miljøeffekter vil medføre samme konklusion om at Miljøskærm's® støjskærme er mere miljøvenlige end den vurderede standardskærm. Der er dog flere typer standardskærme med andre opbygninger, og resultatet i nærværende rapport dækker ikke disse typer.

Den største belastning i standardskærmen skyldes forbruget af aluminium til ramme, forside og bagside, som i alt bidrager med over 90% af de samlede CO₂-udledninger fra produktion af standardskærmen.

De største forbedringspotentialer for en endnu mere miljøvenlig Miljøskærm® ligger i LDPE frontskærmen, elforbrug til nedknusningen og forbruget af hjælpematerialer til den mekaniske pakning af glasfiber granulatet.

Denne teknologi med genanvendelse af glasfiberaffald til lydabsorberende materiale åbner mulighed for en fornuftig genanvendelse, så både deponeringsmængden reduceres og anvendelsen sparer miljømæssig besparelser set i forhold til praksis i dag.

Der er muligheder for, at reducere CO₂-udledningerne og energiforbruget for produktionen af Miljøskærm®, som det ses af følsomhedsanalyserne, hvor frontgitteret antages produceret af genanvendt plast og forbruget af hjælpematerialer reduceres. Med disse to tiltag kan CO₂-udledningen reduceres med 32% og energiforbruget med 53%.

7 Kilder

EASETECH, 2015, ver. 18.04.15, [<http://www.easetech.dk/>]

Elduquea, A., Elduquea, D., Javierrea, C., Fernández, Á., Santolariab, J., 2015, Environmental impact analysis of the injection molding process: analysis of the processing of high-density polyethylene parts [http://ac.els-cdn.com/S0959652615010501/1-s2.0-S0959652615010501-main.pdf?_tid=40e686b2-8d3a-11e5-aa3c-00000aacb360&ac-dnat=1447771884_255a611b585c48c4174732940e3f9f9e]

Energinet, 2015, Miljødeklarering af 1 kWh el [<http://www.energinet.dk/DA/KLIMA-OG-MILJOE/Miljoedeklarationer/Sider/Miljoedeklarering-af-1-kWh-el.aspx>]

Hammond G. & Jones C., 2011, Inventory of Carbon & Energy (ICE), Version 2.0, Sustainable Energy Research Team (SERT), Department of Mechanical Engineering, University of Bath, UK

Kemna R., Elburg M.v., Li, W. & Holsteijn R.v., 2005, Methodology Study Eco-design of Energy-using Products, Final Report, Methodology Report, Lavet af VHK (Van Holsteijn en Kemna BV) for den Europæiske Kommission [<http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/11846/attachments/3/translations/en/renditions/native>]

Kjellner, E., 2015, Pers. samtale med Erik Kjellner, SP ekstrusion

Reder, M., 2015, Pers. samtale med Michael Reder, støjskærmspecialist, COWI

Schmidt et al., 2004, A comparative LCA of building insulation products made of stone wool, paper wool and flax

Vejdirektoratet, 2011, Særlige betingelser og beskrivelser rammeaftale for levering af støjskærmskassetter 2011-2014.

Pilotproduktion af støjskærme af genanvendt glasfiber

Rapporten beskriver en gennemført udvikling af procesteknologi og produktionsmetoder til fremstilling af støjskærmselementer af genanvendte glasfiber- og plastmaterialer, fremstilling af en "0-serie" af støjskærmsprodukter og dokumentation for produkternes kvalitet ved akkrediterede test.

Projektet har gennemført en udvikling af teknologi til fremstilling af en kvalitet glasfibergranulat, der er velegnet til akustiske formål, ved mekanisk knusning og sortering af kasserede glasfiberprodukter; i hovedsagen kasserede vindmøllevinger.

Projektet kom ikke helt i mål med udvikling en særlig egnet lim til fremstilling af limet glasfibergranulat, til gengæld blev der udviklet et alternativ til anvendelse af lim og dermed en både hurtigere og billigere metode til fremstilling af et akustisk absorberende materiale af genanvendt glasfiber.

Der blev udviklet støjskærmskassetter bestående af 100% genanvendt plastmateriale, og dermed blev der fremstillet støjskærmsprodukter bestående af omkring 90% genanvendte materialer.

Det blev dokumenteret at støjskærmsprodukterne fuldt ud opfylder gældende krav til kvalitet og anvendelse, og at fremstillingsprocessen giver en væsentlig reduktion af såvel udledning af drivhusgasser som energiforbrug i forhold til fremstilling af produkter af aluminium og mineraluld.

Samlet set giver projektets erfaringer og resultater grundlag for optimisme i forhold til en mulig etablering af en kommerciel produktion af støjskærmselementer med et meget høj indhold af genanvendte materialer, der ikke hidtil er fundet stor genanvendelse af.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk