



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Formaldehydfri lim til træbaserede pladematerialer

Miljøprojekt nr. 1916

Januar 2017

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Bollerup Jensen A/S

ISBN: 978-87-93529-57-1

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. 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.	Formaldehydfri lim til træbaserede pladematerialer	3
1.1	Baggrund	3
2.	Formål	4
3.	Gennemførelse af projektet	5
3.1	Arbejdspakke 1: Grundlæggende principper i udvikling af bæredygtig lim	5
3.1.1	Tørstofindhold og krydsbindere	6
3.1.2	Pressetemperatur	7
3.1.3	Holdbarhed og levetid	8
3.2	Arbejdspakke 2: Formulering, optimering og test i forhold til internationale standarder	10
3.2.1	Pilotskala/testproduktion	10
3.2.2	Vandresistens	11
3.2.3	Brandhæmning	12
3.2.4	Overfladeaktive stoffer og dispergeringsmiddel	13
3.3	Arbejdspakke 3: Projektledelse og formidling	17
3.3.1	Projektledelse	17
3.3.2	Formidling	17
4.	Fremtidsperspektiv	18
5.	Miljømæssige effekter	19

1. Formaldehydfri lim til træbaserede pladematerialer

Bollerup Jensen A/S har udviklet en formaldehydfri lim til krydsfinerplader. Limen skal substituere formaldehydholdige lime, da formaldehyd er sundhedsskadeligt og på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

1.1 Baggrund

Størstedelen af den lim der i dag bruges til fremstilling af træbaserede pladematerialer som krydsfiner, spånplader etc. er baseret på formaldehyd, som er sundhedsskadelig. Formaldehyd er flere steder i verdenen på den officielle liste over kræftfremkaldende stoffer, ligesom formaldehyd er på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer (LOUS). Lovkravene til den formaldehydholdige lim er, som følge heraf, løbende blevet skærpet og der er et myndigheds-pres for at finde erstatninger. Alternativer til den formaldehydholdige lim er isocyanatbaserede og phenolholdige lime, men disse indeholder ligeledes alvorlige sundhedsskadelige stoffer og er derfor også at finde på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer. Grundet de giftige stoffer i trælimene er der et massivt myndigheds-pres for at finde erstatninger til de sundheds- og miljøskadelige lime, ligesom industrien efterspørger et alternativt produkt uden skadelige stoffer.

2. Formål

Formålet med projektet er at fremstille en limteknologi, der er 100 % formaldehydfri og baseret på vedvarende, bæredygtige og miljøvenlige ressourcer. Limen skal udvikles på baggrund af forarbejdede plantebaserede proteiner kombineret med flydende silikater og krydsbindere. Målet er at limen på sigt skal kunne erstatte de nuværende lime baseret på urea-formaldehyd (og andre sundheds- og miljøbelastende lime) og derved undgå de stoffer, der er på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer.

Bollerup Jensen har helt fra start fokuseret på at fremstille en formaldehydfri lim, der har samme eller bedre limegenskaber, som de produkter der er på markedet i dag. Derudover er det en forudsætning, at limen kan bruges i eksisterende produktionsanlæg, således producenter af træplader ikke skal investere i nye produktionsanlæg. Økonomien i limen er ligeledes i fokus, da Bollerup Jensen ønsker at udvikle en formaldehydfri lim til en konkurrencedygtig pris.

På kort sigt fokuseres der udelukkende på en limanvendelse til konstruktion af pladematerialer som spånplader, krydsfiner, OSB-plader og MDF-plader, mens det på længere sigt er målet at udbrede brugen af lim til andre anvendelsesområder.

3. Gennemførelse af projektet

Projektet er gennemført i perioden 1. december 2013 til 31. december 2016 af Bollerup Jensen A/S. Igennem projektløbet har vi benyttet os af eksterne aktører bl.a. Teknologisk Institut, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut m.fl. til rekvireret forskning, og ligeledes haft stor gavn af vores Advisory Board, der består af personer med indgående kendskab og erfaring fra limindustrien. Øvrige samarbejds-/testpartnere vil fremgå anonyme i denne rapport.

Virksomheden Bollerup Jensen A/S, der står bag projektet udvikler og producerer vaskepulver, rengøringsmidler og tekniske produkter såsom natrium- og kaliumvandglas, og identificerede mulighederne for den nye lim gennem virksomhedens ekspertise inden for biokemisk forskning og udvikling. Udviklingen af formaldehydfri lim bliver således udført i naturlig forlængelse af virksomhedens kompetencer og produktsortiment.

Den formaldehydfrie lim er patenteret. Vi har indleveret patentansøgninger på limen i Canada, Brasilien, Kina, Europa, Indonesien, Malaysia, Eurasien, USA og Indien. Vi har på nuværende tidspunkt fået udstedt det amerikanske patent, og de øvrige patentansøgninger følger patentprocessen.

3.1 Arbejdspakke 1: Grundlæggende principper i udvikling af bæredygtig lim

Vi har afprøvet forskellige vandglastyper samt forskellige proteintyper som fx lupin, valleprotein, soja, kasein og blodprotein for at undersøge om forskellene i vandglastypen og proteintyperne havde indflydelse på limens egenskaber. Vi har valgt en proteintype ud, som vi er gået videre med på baggrund af pris og kvalitet, ligesom vi er gået videre med en bestemt type vandglas der er udvalgt ud fra den opnåede lims kvaliteter.

Der er blevet arbejdet på en hydrolysering af proteinet, der har betydning for limens fysiske egenskaber, som viskositet, rheologi etc. Vi valgte i løbet af projektperioden at benytte et kommercielt præhydrolyseret protein, der ligger inden for projektets patent. Ved at vælge denne løsning sikrede vi os bedst muligt et reproducerbart produkt som vi udførte testene på baggrund af.

For at opnå den bedst mulige limkvalitet af en proteinlim er det særdeles vigtigt, hvordan proteinet opløses/dispergeres. I løbet af projektet har vi arbejdet med forskellige mekaniske dispergeringsmetoder både i laboratorieskala og i pilotanlægsskala. Desuden har vi undersøgt muligheden for tilsætning af dispergeringshjælpemidler for at bringe partikelstørrelsen mest muligt ned.



Billede 3.1: Måling af trækstyrke (til venstre). Dispergering i pilotanlæg (til højre)

3.1.1 Tørstofindhold og krydsbindere

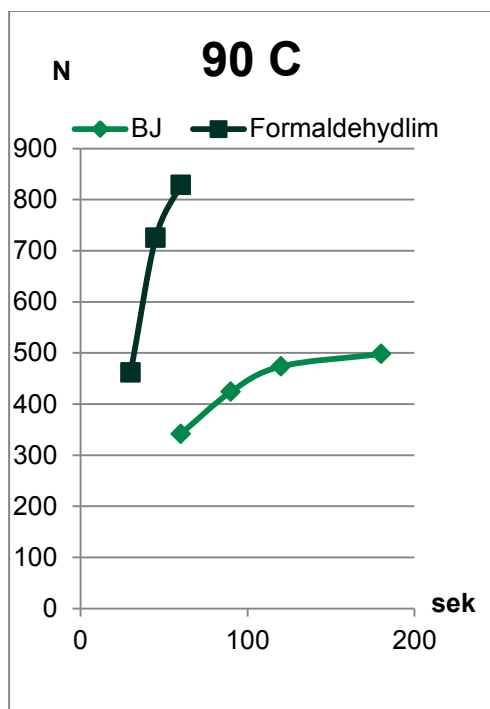
Målet for tørstofindholdet i limen var at øge denne til 40-50 %. Vi havde i forløbet udfordringer med at opnå dette, når ønsket fra industrien om en bestemt viskositet skulle imødekommes. Det lykkedes dog ved yderligere optimering af limen og tørstofindholdet er nu på 46 %. Grunden til at vi havde et mål om øget tørstofindhold i limen var i et forsøg på at nedbringe pressetiden/hærdningstiden af limen, som er en vigtig parameter for træpladeproducenterne, da mængden af vand i limen skal ud under/efter presningen af pladerne. For at forbedre limens egenskaber på parametrene hærdningstid og hærdningstemperaturer og dermed øge bindingsstyrken i limen har vi afprøvet en række forskellige krydsbindere, bl.a. affaldsprodukter som flyveaske. Vi har testet krydsbindernes effekt på limen ved hjælp af Teknologisk Instituts ABES-maskine (Automated Bonding Evaluation System). Metoden gør det muligt nemt og hurtigt at teste limens egenskaber ved flere forskellige hærdningstider og temperaturer. Vi har udvalgt to ufarlige bindere som vi bruger i limen, og som ikke afgiver nogle former for miljøskadelige stoffer eller lignende. Arbejdet er udført internt i Bollerup Jensen A/S såvel som hos Teknologisk Institut.



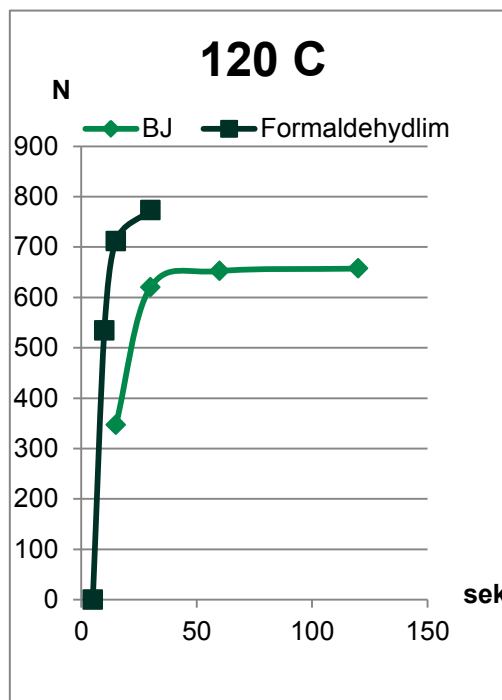
Billede 3.1.1: ABES-maskine

3.1.2 Pressetemperatur

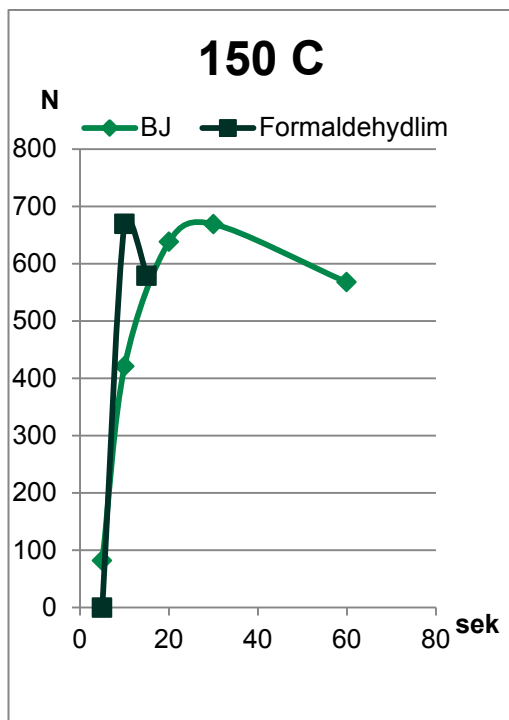
På nuværende tidspunkt har vi en optimal pressetemperatur på lidt over 100° C. for at opnå en tilfredsstillende hærdningstid. Nedenfor sammenholdes BJs formaldehydfrie lim med en formaldehydholdig lim ved forskellige pressetemperaturer:



Graf 1: Pressetemperatur 90° C



Graf 2: Pressetemperatur 120° C



Graf 3: Pressetemperatur 150° C

BJs lim er, på tidspunktet da disse forsøg er udført, ikke helt på niveau med den formaldehydholdige lim, men personer fra limindustrien har evalueret resultaterne, og de ser meget positivt på disse. Limen er efterfølgende blevet justeret og herigennem forbedret.

3.1.3 Holdbarhed og levetid

Limens holdbarhed, når den ikke er taget i brug er på minimum 6 måneder, som er tilfredsstillende for industrien. Derudover har vi udført produktionstest på valse, som limen påføres fra, for at se, hvor lang tid limens levetid er, når den er på valse. Hvis limen løbende tilsættes vand kan limen holde en hel dag, mens limens levetid er to timer, hvis den står uberørt hen på valse. Levetiden afgøres ved at se, om limen er brugbar ud fra viskositet, konsistens og om limen stadig kan lime tilfredsstillende. Levetiden på valse er vigtig for mange producenter, især hvis de ikke har en hurtig kontinuert produktion. Til sammenligning har en urea-formaldehyd lim normalt omkring 5 -10 minutters levetid på valse før den hærdner. Det giver problemer for producenter med varierende produktion og for store producenter med højt flow kan det give problemer, at limen hærdner i forbindelse med produktionsstop.

Et andet aspekt vi har undersøgt er limens åbningstid, dvs. fra man påsmører limen til krydsfinerpladerne lægges sammen og limes. Limen på pladerne/finererne kan stå minimum 45 minutter inden krydsfinerpladen samles og presses, og hvor limen stadig beholder den samme styrke. Det kan give fordele i et produktionsmiljø, da produktionsstop og forsinkelser i processen ikke giver problemer for plader allerede påført lim.



Billede 3.1.3: Valsen, som limen påføres fra.

En stor del af det tekniske arbejde er i arbejdsplanke 1 udført internt i virksomheden fremfor gennem rekvireret forskning som vi først havde planlagt. Årsagen til at vi valgte at udføre arbejdet internt var for at opbygge en større intern knowhow om produktet, hurtigere kunne evaluere delresultater og evt. ændre kurs i udviklingsarbejdet, hvis dette var nødvendigt.

3.2 Arbejdspakke 2: Formulering, optimering og test i forhold til internationale standarder

3.2.1 Pilotskala/testproduktion

Limen er blevet testet i såvel spånplader som krydsfinerplader i pilotskala. Testproduktion af krydsfinerpladerne foregik hos PVH Finer, hvor der også blev foretaget styrketest af krydsfinerpladerne. Det var ligeledes muligt at producere krydsfinerplader i storskala (120x240 cm).



Billede 3.2.1 a: Testproduktion af krydsfinerplader 120x240 cm

Krydsfinerpladerne blev testet i henhold til den europæiske standard EN12765 klasse C1, der er en klassifikation af termohærdende trælim til ikke-bærende konstruktioner. Limen bestod den europæiske standard og er således egnet til krydsfiner i tørt miljø. Krydsfinerpladerne blev ligeledes testet i forhold til den internationale standard EN314 vedr. limningskvalitet. Krydsfinerpladerne har styrken til at opfylde denne standard i tørtilstand, men limen er ikke tilstrækkelig vandresistent.

Vi udførte endvidere stresstest på testproduktionen af krydsfinerpladerne ved skiftevis at opbevare pladerne i minusgrader for efterfølgende at sætte dem i 50° C og igen tilbage i minusgrader. Denne cyklus blev gentaget flere gange. Limens kvalitet blev ikke forringet af disse påvirkninger.

Testproduktionen af spånplader blev foretaget hos Teknologisk Institut samt ved en spånpladeproducent. Limen vi benyttede til spånplader var den samme som til krydsfiner. Det viste sig muligt at producere spånpladerne, men de havde ikke tilstrækkelig styrke. Vi var efterfølgende i dialog med Göttingen Universität vedr. optimeringen af limen til spånplader, men vi valgte i stedet at fokusere på lim til krydsfinerplader, da universitetets vurdering, ud fra limens konsistens, var, at den bedst egnede sig til krydsfiner.



Billede 3.2.1 b: Testproduktion af spånplader

3.2.2 Vandresistens

I diagram 3.2.2 ses en sammenligning af en urea-formaldehyd lim (UF), PVA-lime (D2-D4), Bollerup Jensens lim (BJ) samt fem forskellige modifikationer af BJs lim. Det ses af de blå grafer, at BJs lim generelt har en højere styrke end PVA-limene klasse D2-D4 og ureaformaldehyd limen i tørtilstand. Ser vi derimod på de grønne søjler, hvor krydsfiner har været i vand i 24 timer, falder BJs lim i styrken, så den på nuværende tidspunkt har en vandresistens sammenlignet med PVA-lime, der er væsentlig bedre end klasse D3 og tæt på, og med gode muligheder for, at opnå klasse D4. Ved modifikation "Mod 3" opnås en vandresistens som svarer til en D4 klassifikation efter DS/EN 204; Klassifikation af lime til brug i ikke-bærende konstruktioner af træ. Det skal dog understreges, at limen ikke er testet efter DS/EN 204, men sammenlignet med PVA lime klassificeret efter DS/EN 204.

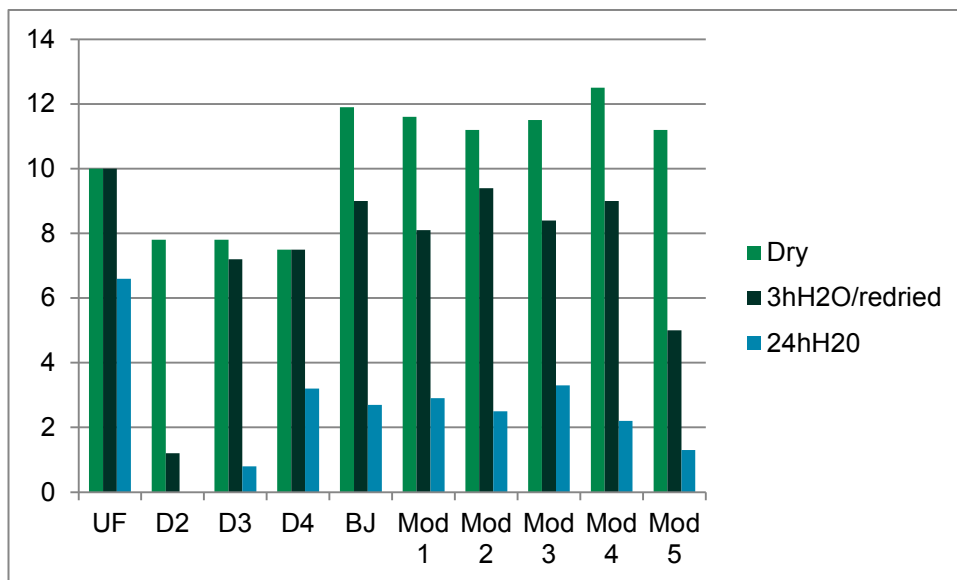


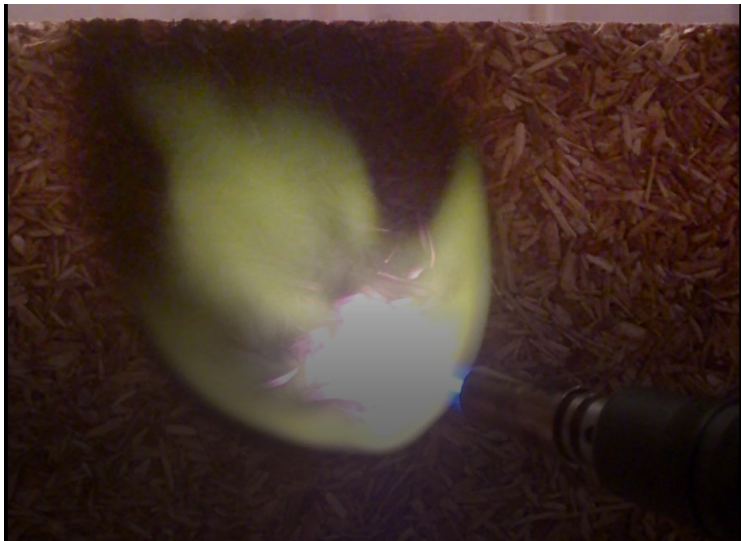
Diagram 3.2.2: Sammenligning af forskellige lime ved tør og våd tilstand

Der er med denne vandresistens gode muligheder for limen til finering, laminering etc. Vi havde i første omgang fokus på træbaserede plader generelt, herefter primært krydsfinerplader, men for at producere konstruktionstræ som krydsfinerplader og lignende, skal vi højere op i vandresistens. Det er forsat målet at komme til at producere krydsfiner, spånplader etc., men vi vil i første omgang fokusere på at kommercialisere en lim til finering, laminering, foliering og lignende anvendelser, da det er her, vi er tættest på markedet med et produkt.

3.2.3 Brandhæmning

I tilskudsperioden har vi testet brandhæmningsegenskaberne i krydsfiner- og spånplader, da der var indikationer på, at limen kunne tilføre noget nyt til pladematerialerne i form af brandhæmning. Forsøgene blev i første omgang testet internt som vist på billede 3.2.3. Spånplader udviste den bedste effekt med denne metode, da spånen i højere grad er dækket af lim end krydsfinér, hvor der kun er lim mellem finerlagene. Da vi ikke kunne opnå tilstrækkelig styrke i spånpladerne på nuværende tidspunkt blev yderligere tests på spånplader stoppet.

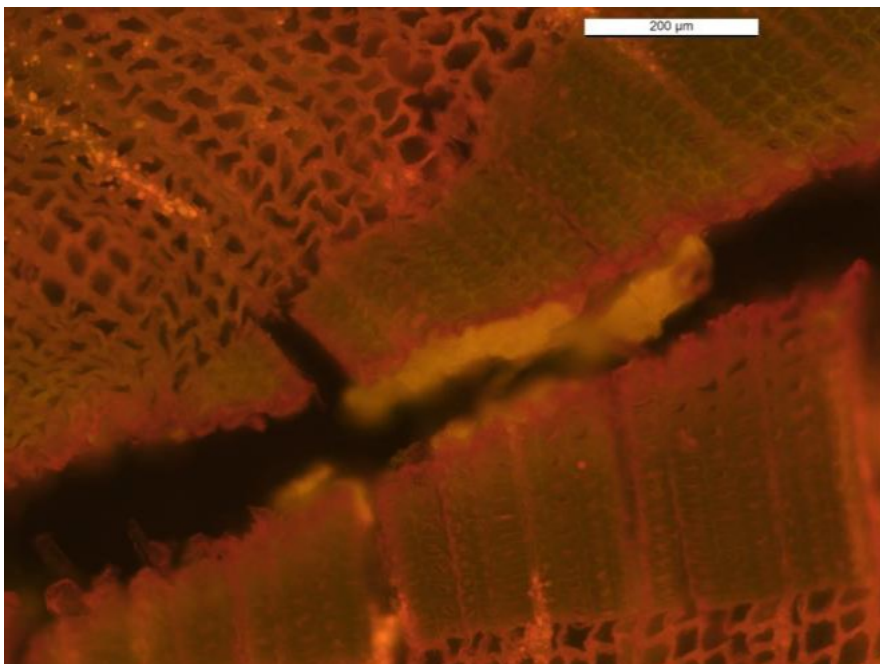
Efterfølgende forsøg med conetest viste, at limen på krydsfinér giver en vis effekt, men at det ikke alene er nok til at opnå en højere brandklasse. Brandhæmning er fremadrettet fortsat interessant, og vil blive taget op igen, når vi har tilrettet limen til andre applikationer som fx spånplader, hvor alle spån befugtes/dækkes af lim og det dermed forventes at den bedre dækning af træet, giver en bedre brandhæmmende effekt.



Billede 3.2.3: Brandtest af spånplade

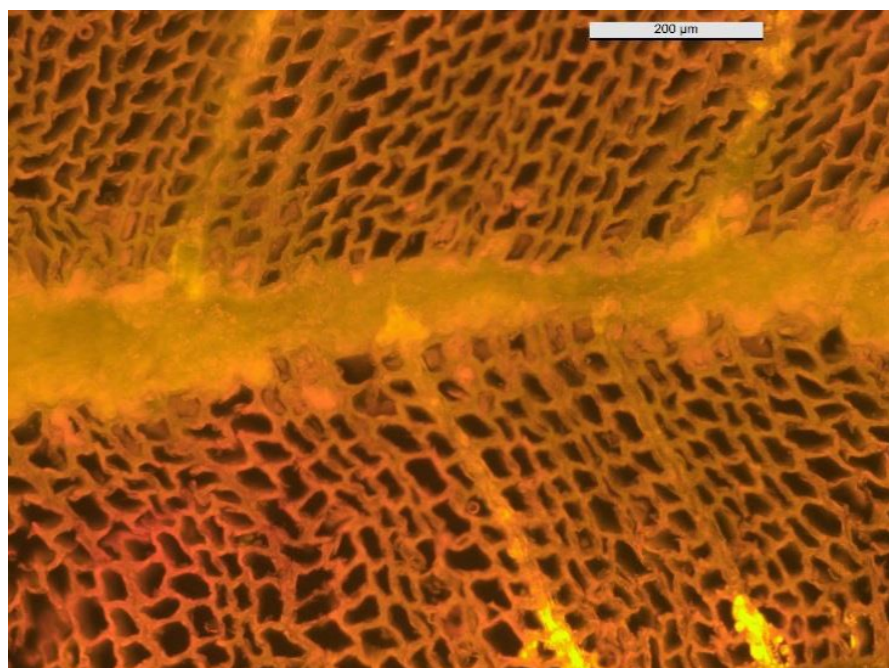
3.2.4 Overfladeaktive stoffer og dispergeringsmiddel

Vi har frem til tilskudsperiodens afslutning afprøvet forskellige overfladeaktive stoffer for at justere limens indtrængningsevne i træ. Vi har fundet frem til et giftfrit overfladeaktivt stof, som giver en markant højere styrke i limen end hidtil. Teknologisk Institut udførte en mikroskopi af forskellige limfuger før og efter overfladeaktive stoffer var tilsat. Inden vi tilsatte det overfladeaktive stof viste en mikroskopi af limfugen, at limfugen ikke var kontinuert, hvilket medførte en svagere limfuge. Se billede 3.2.4 a.



Billede 3.2.4 a: Mikroskopi af dårlig limfuge

Efter tilsætning af det overfladeaktive stof, reagerer limen positivt, således limfugen bliver sammenhængende kontinuert, som det ses på billede 3.2.4 b.

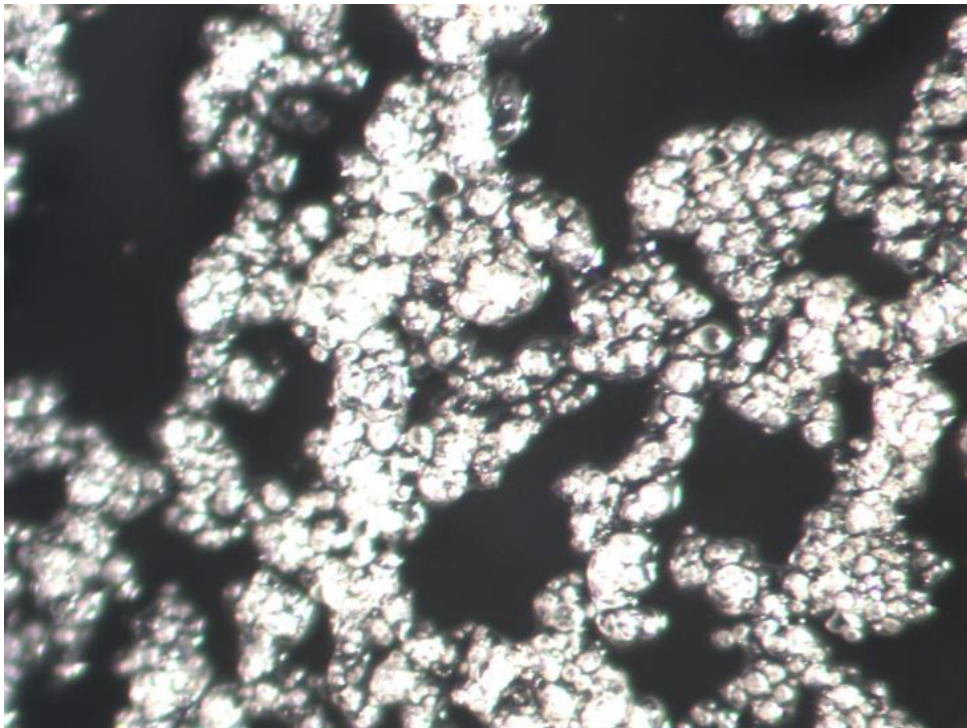


Billede 3.2.4 b: God limfuge (efter justering af lim og med tilsat overfladeaktivt stof)

Vi har ligeledes testet effekten på limen ved tilsætning af forskellige dispergeringsmidler. Før tilsætning af dispergeringsmidler dannede proteinets foldningsstruktur store klumper, hvilket ses af mikroskopibillederne 3.2.4 c og 3.2.4 d.



Billede 3.2.4 c: Mikroskopi af limen (1X)

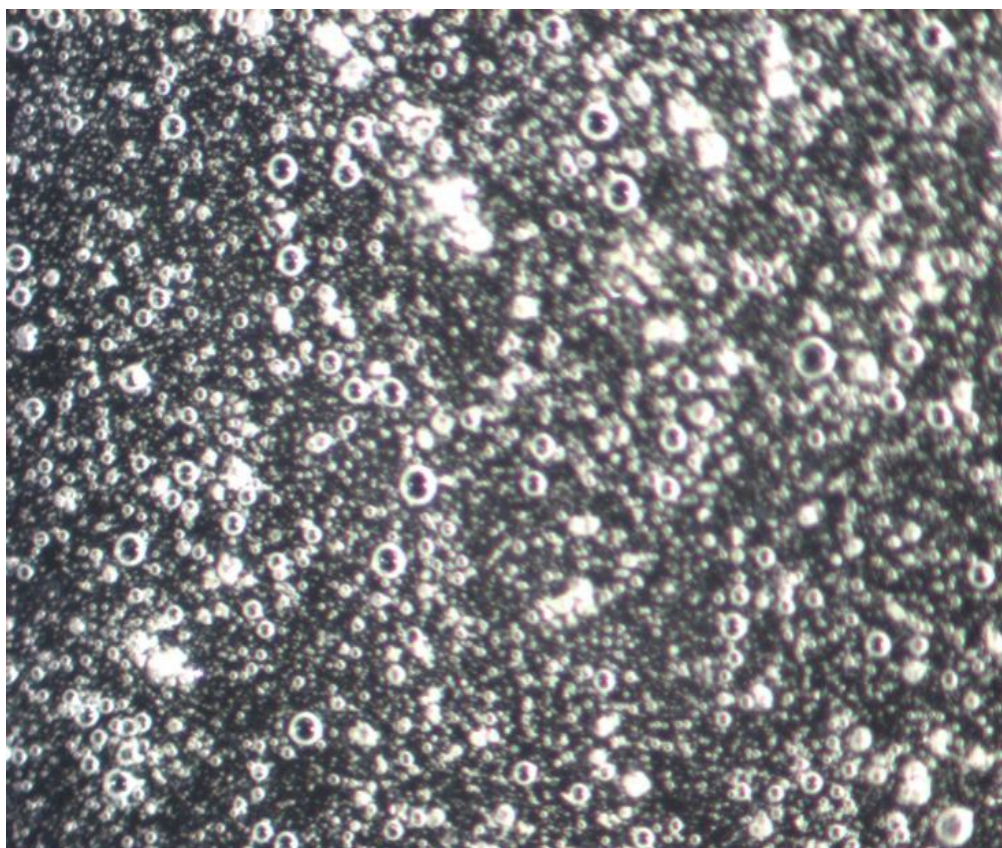


Billede 3.2.4.d: Mikroskopi af ikke justeret lim indeholdende store partikler (6,3X)

De store partikler i limen medfører, at træstykkerne ikke kan presses helt tæt sammen, hvilket betyder at limen skal have en højere styrke, for at holde sammen på træstykkerne. Efter til-sætning af dispergeringsmiddel er partikelstørrelsen væsentlig mindre, således træstykkerne kan presses meget tættere sammen. Forskellen ses på billederne ovenfor sammenlignet med billederne 3.2.4 e og 3.2.4 f nedenfor.



Billede 3.2.4 e: Limen tilsat dispergeringsmiddel (1X)



Billede 3.2.4 f: Meget bedre dispergering af partikelstørrelsen (6,3 X)

Vi har efter tilsætningen af dispergeringsmidlet testet limen på ny, og den væsentlig mindre partikelstørrelse har tydeligvis en effekt. Vi har på baggrund heraf opnået en større styrke i træet på 20 %, som følge af limens forbedrede limkvalitet, der trækker længere ind i træet. Det ses af tabel 3.2.4 at tilsætningsstof 6 øger styrken væsentlig (N 851) sammenholdt med limen uden dispergeringsmiddel, som kun opnår en styrke på N 559.

Tabel 3.2.4: Styrketest af den formaldehydfrie lim med og uden dispergeringsmidler.

Additive	Pressing Temp (°C)	Pressing time (s)	Mean Max Force (N)
None (control)	120	120	559
Additive 1	120	120	663
Additive 2	120	120	599
Additive 3	120	120	604
Additive 4	120	120	633
Additive 5	120	120	574
Additive 6	120	120	851

Den positive effekt ved tilsætning af dispergeringsmidlet betyder, at vi tester om det giver andre positive effekter fx i form af bedre vandresistens eller andet. Dette arbejde er ikke påbegyndt ved tilskudsordningens afslutning.

Urea-Formaldehyd lim er to komponent lime, hvilket kan give problemer i produktionen. Hærderen er oftest meget sur, så de skal transporteres med farligt gods. Samtidig skal der specialud-

styr til at håndtere hærdere, både i form af syrefast stål og værnemidler til arbejderne. Når de to komponenter er blandet sammen, har man kun en given tid, før limen begynder at hærdne. Et skifte til en en-komponent lim vil give meget større friheder i produktionen. Bollerup Jensens formaldehydfrie lim er en en-komponent lim.

3.3 Arbejdspakke 3: Projektledelse og formidling

3.3.1 Projektledelse

Formålet med denne aktivitet har været at sikre fremdrift i projektet og afrapportere fremdriften til tilskudsgiver. Vi har i løbet af tilskudsperioden revideret den oprindelige projektplan, efterhånden som vi har fået afklaret forskellige aspekter af projektet. Endvidere har vi fået forlænget tilskudsperioden med et år inden for det oprindelige budget.

3.3.2 Formidling

Vi er i gang med at udbrede kendskabet til vores projekt og produkt og dette arbejde vil fortsætte efter tilskudsperioden. Formidlingsaktiviteterne startede primært i forbindelse med Sustainable Build i juni 2016, hvor vi vandt Innovation Challenge med vores formaldehydfrie lim. Vi præsenterede i denne forbindelse vores projekt overfor eksperter og beslutningstagere med indflydelse på byggeriet i Danmark. Dette afstedkom en del omtale i aviser og fagblade, bl.a. Børsen, Wood-Supply.dk, Dagens Byggeri m.fl., ligesom vi kan bruge nye kontakter blandt arkitekter, entreprenører samt kommuner og myndigheder i forbindelse med kommercialiseringen af produktet på markedet samt formidling af projektet. Formidling har også været gennem Ecoconstruct, et europæisk netværk sat op af bl.a. Teknologisk Institut og InnoByg. Dette har f.eks. givet kontakt til Wood K plus i Østrig, en forskningsinstitution med gode industrielle kontakter i Østrig.

4. Fremtidsperspektiv

Projektets fremtidsperspektiv ser meget lovende ud. Vi vil i 2017 fokusere på, at komme på markedet med vores lim indenfor finering, laminering og lignende produkter samt letvægtshylder og isoleringsplader. Områderne er udvalgt ud fra en vurdering af, hvor tæt vi er på markedet, adgangsbarrierer og nuværende løsninger, om vi har samarbejdspartnere/potentielle kunder indenfor segmenterne og at der er tale om en stabilt eller voksende marked.

Vi vil sideløbende arbejde videre med at opnå en højere vandresistens i limen, således limen kan bruges til flere og andre applikationer. Derudover vil vi i 2017 påbegynde arbejdet omkring udvælgelsen af en alternativ proteinkilde til limen, som kan nedbringe råvareprisen og gøre prisen på produktet mere konkurrencedygtig.

Vi forventer, at Bollerup Jensen kan commercialisere første version af limen i løbet af 2017.

Vi har i projektperioden været i meget tæt kontakt med og benyttet os af sparring fra samarbejdspartnere, der har erfaring fra industrien. Vi har testet limen til forskellige applikationer hos forskellige interessenter, som har givet os værdifuld information at gå videre med. Dette for at sikre os at det produkt, vi skal commercialisere er relevant og attraktivt i markedet.

5. Miljømæssige effekter

En substitution fra formaldehydholdige lime til formaldehydfrie lime vil reducere formaldehyd-afgivelsen i miljøet væsentligt. Formaldehyd udgør et globalt problem. Emissionen af formaldehyd foregår både under fremstilling af træpladerne, såvel som ved brug af produktet (efter fremstilling). Det er således både producenten og slutbrugeren, der udsættes for emissionen. Da træpladernes to primære anvendelsesområder er møbler samt konstruktion i byggeriet, er der risiko for høje formaldehydniveauer i indeklimaet.

Udsættes mennesker for formaldehydmission kan det føre til luftvejssygdomme, og selv små mængder formaldehyd i luften kan give risiko for kræft. Alene i Danmark forventes helt op til 10 procent af befolkningen at være udsat for koncentrationer af formaldehyd, som overskrider den internationalt anbefalede grænseværdi for indeklimaet. For at imødekomme de anbefalede internationale grænseværdier er lovkravene til brugen af de formaldehydholdige lime blevet skærpet flere gange.

Formaldehydfri lim til træbaserede pladematerialer

Bollerup Jensen A/S har udviklet en formaldehydfri lim til krydsfinerplader. Limen skal substituere formaldehydholdige lime, da formaldehyd er sundhedsskadeligt og på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer. Størstedelen af den lim der i dag bruges til fremstilling af træbaserede pladematerialer som krydsfiner, spånplader etc. er baseret på formaldehyd, som er sundhedsskadelig. Formaldehyd er flere steder i verden på den officielle liste over kræftfremkaldende stoffer, ligesom formaldehyd er på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer (LOUS).



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk