



BurntWood

**Udvikling af decentralt og
skalerbart produktionsanlæg til
produktion af facadeelementer i
genbrugstræ
MUDP-projekt**

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Martin Heide Jørgensen

Grafiker/bureau: Aarhus Universitet

Tryk: Aarhus Universitet

Fotos:

Fotograf er angivet ved de enkelte fotos i rapporten.

ISBN: 978-87-7564-058-4

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.

Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen
Lerchesgade 35, 5000 Odense | Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: ecoinnovation@mst.dk

[Link til MUDP's hjemmeside](#)

Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse efter følgende skabelon; "[Forfatterens/redaktørens navn, rapportens udgivelsesår, rapportens titel], MUDP slutrapport, [ISBN nr.]"

Projektdeltagere:

John Bang Mathiasen, Docent, AU-BTech
Mikkel Lund Nüssler, Lektor, AU-BTech
Johan Bavnegaard Thrane, AU-MPE
Anders Mølgaard, ejer, iværksætter BurntWood
Troels Nyholt – Systembygger, klejnsmed

Indhold

1.	Sammenfatning	5
1.1	Resume af projektet	5
1.2	Hovedkonklusion(er)	5
1.3	Afledte effekter	5
1.4	Perspektivering	7
2.	Afrapportering på aktiviteter	8
2.1	Arbejdspakke 1: Udvikling af Produktionsanlæg	8
2.2	Arbejdspakke 2: Skalering og eksportforberedelse	15
2.3	Arbejdspakke 3: Tilretning af forretningsmodel til integration af systemtænkning for de tre bundlinjer – miljø, social, økonomisk (CSR)	16
Bilag 1. BurntWood Forretningsplan – resume		20
Bilag 2. BurntWood Teknisk Skalering		20
Bilag 3. BurntWood Oversigt over forskning		20

1. Sammenfatning

1.1 Resume af projektet

Projektets kernegruppe involverede foruden direktøren fra BurntWood, 5 forskere/specialister og 2 forskningsassistenter fra to institutter på Aarhus Universitet samt en højt specialiseret maskinudvikler/-konstruktør. Øvrige resourcepersoner blev aktivt inddraget efter behov. Arbejdsprocessen i kernegruppen var tilrettelagt og organiseret efter principperne i "Transdisciplinary Engineering" (TE). TE er en udviklende ingeniørtilgang, der går videre end traditionelle såvel som tværfaglige tilgange ved at integrere viden fra forskellige fagområder, sektorer og samfundet selv for at tackle komplekse udfordringer som fx tredelt bæredygtighed. Arbejdsprocessen lægger vægt på åbent samarbejde og inddrager samfundets behov og forskellige perspektiver i design- og udviklingsfasen inden for ingeniørarbejde, så der frembringes mere holistiske, innovative og socialt ansvarlige løsninger.

Ved at integrere viden fra forskellige fagområder, sektorer m.v. i udviklingsarbejdet, blev det hurtigt klart for projektgruppen, at der var række indbyrdes konflikter mellem BurntWoods mål om både miljømæssig-, social- og økonomisk bæredygtighed. Projektets TE tilgang gjorde det muligt at planlægge og styre den tekniske udvikling af BurntWoods produktionsanlæg, så produktionsanlægget i videst muligt omfang (indenfor projektets økonomiske rammer), understøttede virksomhedens ambitiøse vækstplan og bæredygtighedsmål. En væsentlig erkendelse, som ikke kunne løses indenfor projektets økonomiske rammer og tid, var, at en realisering af BurntWoods tredelt bæredygtige strategi forudsætter, at der udvikles en helt ny procesovn (der ikke bruger gas) samt at produktionslinjen gøres mobil, så ét anlæg kan dække efterspørgslen i flere lande med minimalt klimaaftryk og god økonomi.

1.2 Hovedkonklusion(er)

BurntWoods produktionslinje var ved projektstart i 2022 manuel og meget personafhængig, hvor de enkelte procestrin (elementproduktion, tilskæring i sav og Yakisugi-behandling/oliekar fungerede som adskilte procestrin med uhensigtsmæssigt arbejdsmiljø/-sikkerhed, ikke eksisterende proces- og kvalitetsstyring og problematisk driftsøkonomi grundet manuelle arbejdsgange i hele processen. Driftssikkerheden og kapaciteten var ukendt, men skønnes utilstrækkelig, da kun én person i realiteten var i stand til at betjene procesovnen. Der forelå ingen vedligeholdelsesplaner, standardiserede arbejdsbeskrivelser eller kvalitetskontrol, og ingen af produktionslinjens maskiner var CE- godkendt.

Projekt har resulteret i udviklingen af en delvis automatiseret produktionslinje med en produktionskapacitet på 30 paneler/time, svarende til en potentiel årlig produktion på op i mod 115.000 færdige paneler. Produktionslinjen fungerer som en sammenhængende, balanceret og delvis automatiseret linje, idet der er udviklet elementskabeloner, en fuldautomatisk sav til præcis tilskæring af paneler og et automatisk oliebehandlingsanlæg. Ilægningen af ubehandlede paneler samt aftagning og pakning af færdige paneler foregår fortsat manuelt og er meget arbejdskraftkrævende, foruden at arbejdet er tungt og ensformigt (dårligt arbejdsmiljø). Anlægget er CE-godkendt og der er udviklet og implementeret vedligeholdelsesplaner, standardiserede arbejdsbeskrivelser og kvalitetskontrol. Linjens praktiske produktionskapacitet overstiger den forventede efterspørgsel på det danske marked med en faktor på 50.

1.3 Afledte effekter

Produktionslinjen bidrager til en markant forbedret driftsøkonomi, bedre produktkvalitet og forbedret arbejdsmiljø, selvom der fortsat er en række væsentlige problemstillinger knyttet til en af procestrinnene, nemlig procesovnen til Yakisugi-behandling. Anlægget er CE-godkendt. I tillæg hertil har arbejdet resulteret i et facadepanel, som har opnået en B-s1,d0 brandklassificering (EN 13823:2010 +A1:2014 / EN 14915:2013, B-s1,d0). Endelig har projektet resulteret i en konkret forretnings- og handleplan, som udstikker både retningen, opgaver og forudsætninger for, hvordan BurntWood kan realisere sine strategiske mål om tredelt bæredygtig vækst i Nordeuropa.

Aarhus Universitet har i forbindelse med projektet styrket en række faglige kompetencer på de to deltagende institutter – ikke mindst indenfor produktionslinjedesign og -digitalisering med særlig fokus på bæredygtighed og udvikling af bæredygtige forretningsplaner. Dette styrker Aarhus Universitets undervisning og forskning i fremtiden. I tillæg hertil har de deltagende forskere gennemført tre forskningsprojekter med henblik på publikation i fagfællebedømte tidsskrifter: Det ene vedrørende Transdisciplinary Engineering og bæredygtighed, det andet vedrørende Yakisugi-behandlet træs modstandsdygtighed overfor svamp/råd, og endelig forsøg med infrarøde varme-paneler som et bæredygtigt alternativ til propangas.

I løbet af projektet har BurntWood for egne midler forsøgt at videreudvikle procesovnen, så den ikke længere benytter propangas som energikilde. Arbejdet har resulteret i en ovn, som anvender træ som energikilde, hvilket er helt i overensstemmelse med BurntWoods bæredygtighedsmål. Desværre fungerer ovnen ikke hensigtsmæssigt i forhold til resten af produktionslinjens design eller virksomhedens øvrige bæredygtighedsmål (dårligt arbejdsmiljø/problematiske røggasser, ringe og uensartet kvalitet samt manglende mulighed for kundetilpasning af de producerede paneler). Indledende forsøg på Aarhus Universitet peger på infrarøde varmepaneler (IR-paneler) som et velegnet alternativ til direkte flammebehandling (gas eller genbrugstræ) i procesovnen. Forsøgene har demonstreret, at IR paneler som varmekilde har en række væsentlige fordele, hvor de vigtigste er, at IR-paneler: (1) giver en dybere termofisering og dermed en bedre modstandsdygtighed overfor råd, (2) nemt kan styres digitalt, så det bliver muligt at tilbyde kunder forskellige æstetiske udtryk på de færdige facadepaneler, (3) effektivt kan styres automatisk, så ovnen ikke kræver konstant overvågning af en operatør, samtidig med at kvaliteten bliver mere ensartet, og endelig, at (4) afgangningen fra ovnen er væsentlig mindre, hvilket gør behovet for udsugning og scrubbing af røggasserne mindre og det generelle arbejdsmiljø markant bedre. IR-paneler bruger elektricitet, og en bæredygtig produktion forudsætter, at virksomheden indkøber strøm fra bæredygtige kilder.

I forbindelse med projektet blev de miljømæssige konsekvenser ved en ekspansion til bl.a. Tyskland, Sverige, Norge og Spanien undersøgt med udgangspunkt i anlæggets udformning ultimo 2024. Kortlægningen viste, at en bæredygtig ekspansion ikke er mulig, end ikke til Sydsverige eller Nordtyskland, hvis produktionen foregår på virksomhedens adresse i Viby J. Se tabellen i FIGUR 1 nedenfor.

	DK til Danmark	DK til Sverige	DK til Tyskland	DK til øvrige lande
Økonomisk	Mgl. kundetilpasning + Delvis manuel produktion	Mgl. kundetilpasning + Delvis manuel produktion + Transport	Mgl. kundetilpasning + Delvis manuel produktion + Transport	Mgl. kundetilpasning + Delvis manuel produktion + Transport
Miljømæssig		Transport	Transport	Transport
Social	Lokal til lokal	Lokal til lokal	Lokal til lokal	Lokal til lokal

FIGUR 1. Status ultimo 2024: Bæredygtighed ved markedsvækst med produktion alene i Viby J.

Etablering af en produktionslinje koster ca. 1.6 mio. kroner i ren anlægsinvestering, hvilket BurntWood hverken har midler eller organisatoriske ressourcer til. Projektgruppen vurderer derfor, at en bæredygtig realisering af virksomhedens forretningsplan forudsætter en videreudvikling af virksomhedens produktionslinje, så hele produktionslinjen:

- bliver mobil (indeholdt i 2 containere), så den kan flyttes fra land til land efter behov
- kan overfladebehandle træet ud fra kundernes ønsker til produktets visuelle udtryk
- er kapabel til at håndtere såvel produkt- som procesvariationer, og dermed sikre høj, ensartet kvalitet i det færdige produkt
- benytter 100 pct. bæredygtig energi (grøn strøm / ingen propangas)
- ikke indebærer tunge løft og ensformig gentaget arbejde

- kun kræver betjening af 2 medarbejdere.

Dette forudsætter teknisk udvikling af maskiner til automatisk indlæg på produktionslinjen hhv. til automatisk pakning på paller, begge uden manuelle løft af paneler. Ligeledes kræver det udvikling af helt ny automatiseret procesovn, hvor den nuværende ikke-bæredygtige energikilde, propangas, er udskiftet med infrarøde (IR) varmepaneler.

Ovennævnte anses som en forudsætning for, at BurntWood kan realisere sin strategi om bæredygtig vækst i Nordeuropa.

1.4 Perspektivering

Produktionsanlæggets kapacitet muliggør en vækst på det danske marked, som vil medføre øget beskæftigelse af mennesker på kanten af arbejdsmarkedet samt øget genanvendelse af træ fra ældre bygninger. Kapaciteten vil desuden muliggøre anvendelse af bæredygtige præfabrikerede facadebeklædning i forbindelse med meget store byggerier, ombygninger og renoveringer, hvilket BurntWoods hidtidige begrænsede produktionskapacitet har vanskeliggjort. Kapacitetsforøgelsen giver således både arkitekter og bygherrer bedre muligheder for at designe og opføre bygninger med lavere klimaaftryk.

Ekspansion til Sverige, Norge og Tyskland vil have en række positive, afledt effekter i disse lande, hvor de vigtigste er lokal beskæftigelse af mennesker på kanten af arbejdsmarkedet samt øget recycling af genbrugstræ i byggebranchen, med lavere CO₂-udledning til følge. Lokale håndværkere, entreprenører og bygherrer i disse lande vil med implementeringen af et lokalt-til-lokalt recycling-setup à la dét BurntWood benytter i Danmark, kunne opnå en økonomisk gevinst ved recycling, samtidig med en reduceret klimabelastning ved renovering/nybyggeri.

Udviklingen af en IR-baseret procesovn vil ikke kun have betydning for BurntWood. Yakisugi-behandling af træ (nyt som gammelt) er en miljømæssig bæredygtig metode til overfladebehandling, som øger træets tekniske levetid. Problemet med metoden, sådan som den teknisk/maskinelt udføres i dag med propangas, er bl.a., at den er vanskelig at styre procesmæssigt (=dårlig kvalitet), er langsom og ressourcekrævende (=lav kapacitet og dårlig driftsøkonomi) og miljøbelastende (CO_x, SO_x...). Disse problemstillinger vurderes at være de væsentligste årsager til, at metoden ikke benyttes i industriel skala hos producenter af facadebeklædning af nyt træ i dag. Udviklingen og demonstrationen af et procesanlæg med høj kapacitet og god driftsøkonomi vil kunne medvirke til, at flere producenter af facadebeklædning vælger at markedsføre Yakisugi-behandlede produkter (enten gennem investering i anlæg til egenproduktion eller ved at samarbejde med BurntWood).

2. Afrapportering på aktiviteter

2.1 Arbejdspakke 1: Udvikling af Produktionsanlæg

Beskrivelse fra Ansøgning:

Der udvikles metoder til alle håndterings og behandlingsprocesser så disse kan gennemføres effektiv og kvalitetssikkert efter dokumenterede instruktioner og brugermanualer.

Leverancer:

1. System til modtagelse, tilpasning og pakning i flytbare procesreoler/paller
 - a. Arbejdsplads - Ilægning: Modtagelse, indgående kvalitetskontrol og indlægning i systemet sker manuelt.
 - b. Tilskærings anlæg: System til tilskæring for præcis geometri og modulmål
 - c. Pakning Intern transport.: Pakning af de behandlede emner i flytbare procesreoler, som efterfølgende transporteres til bufferzone inden den videre proces med flammebehandling.
2. System til flammebehandling af facadeelementer.
 - a. Flammebehandling: Udvikling af selve enheden til flammebehandling,
 - b. Conveyer Højtemp: Udvikling af håndterings og conveyersystem.
 - c. Styring - flamme behandling: Styring, som kan sikre en effektiv behandling med minimalt energiforbrug.
 - d. Ilægning/udtagning: Ilægning og udtagning af elementer. Systemet automatiseres, så håndteringshastigheden kan indgå i styringen.
3. Fuldskala test og demonstration
 - a. Fuldskala test & demo: Systemet testes mht. pålidelighed krav til operatørfunktioner, kapacitet og kvalitetskontrol.

Aktiviteter og milepæle

Ved udviklingen af de fysiske systemer hos BurntWood er fokus lagt på de mest centrale og værdiskabende forbedringer. Produktionslinjen er konciperet, så den kan pakkes i containere. Fokusområderne har været:

- Ergonomi og kvalitetssikring i elementproduktionen
- Automatisering af saveprocessen
- Alternativer til gasbrænding og optimering af ovn
- Metoder til priming og tilhørende procesanlæg

Nogle foreslåede områder er sat på pause for at prioritere ovenstående.

1a: Samlingsskabelon

Den manuelle samlingsskabelon er redesignet med fokus på ergonomi og ensartet produktion:

- Vinklet ramme reducerer operatørbelastning
- Sømpistol ophængt for bedre tilgængelighed
- Oplyst arbejdsområde
- Fjederbelastede klemmer sikrer korrekt placering af lægter
- Laserlinje markerer præcis sømplacering

1a Elementskabelon

Elementskabelonen benyttes til oplægning og samling af træstykker til facadeelementer. I denne proces produceres elementerne med "overmål" så de efterfølgende kan tilskæres i præcise mål. Elementskabelonen er i nærværende projekt redesignet for forbedret ergonomi ved brug samt for forbedret teknisk funktionalitet.



FIGUR 2. Elementskabelon i produktionen ved BurntWood. Fotografi, Troels Nyholt.

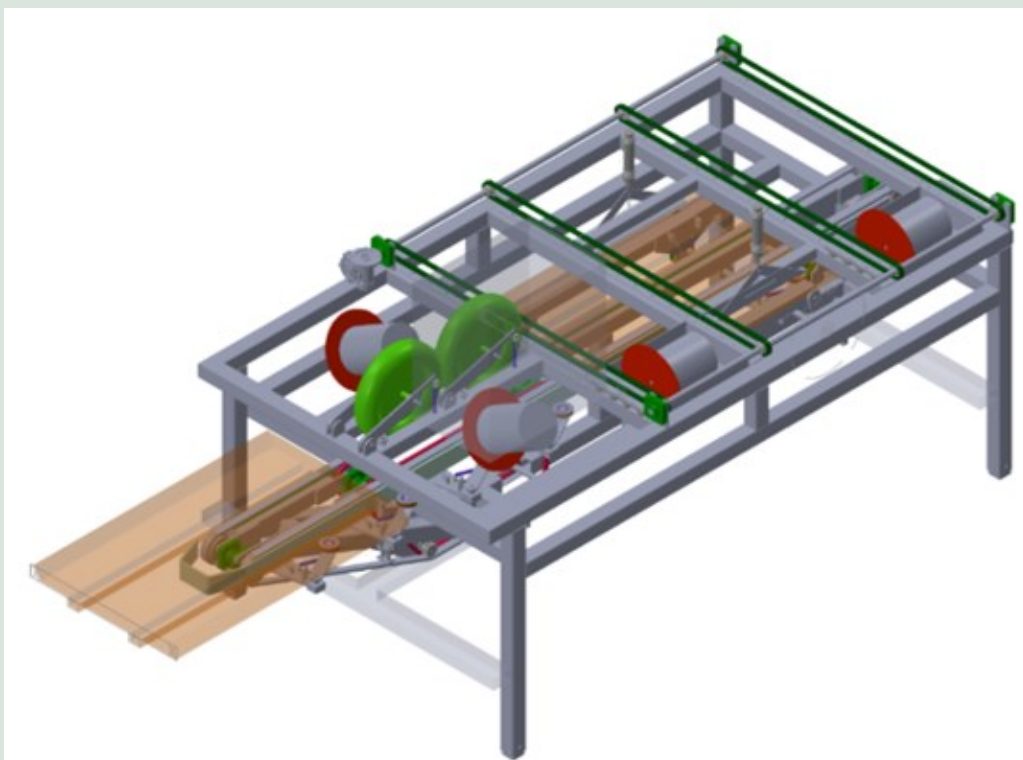
1b: Tilskæringsproces

Tilskæringsprocessen er automatiseret med en specialdesignet automatsav:

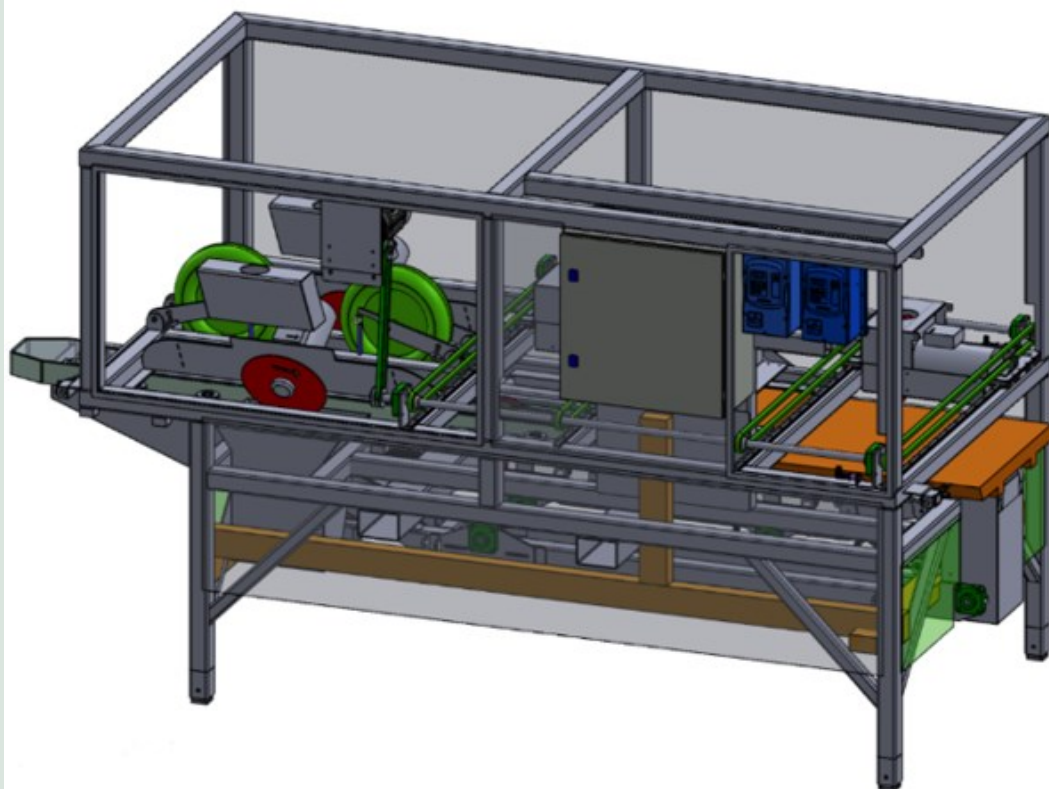
- Manuel ilægning, automatisk savning til præcise mål
- Udstyret med sikkerhedsgitter, sensorer og nødstop
- Styres via kontrolpanel med løbende procesinformation
- Kort taktid muliggør integration med ovn via bufferzone
- Kan sammenbygges med ilægning og ovn



FIGUR 3. Automatsav i produktionen ved BurntWood. Fotografi, Johan Thrane.



FIGUR 4. Automatsav koncept CAD-tegning, Troels Nyholt.



FIGUR 5. Automatsav, endeligt design CAD-tegning, Troels Nyholt.

1c: Håndtering og reolsystem

Videre undersøgelser er udskudt, da fokus har været på andre elementer.

2a: Flammebehandling

Et nyt overvågningssystem (termometer, hastighedsmåler og display) er installeret for bedre processtyring.

Brændingsprocessen er tilpasset til at være selvbærende ved brug af genbrugstræ fra produktionen. Ovnene er ombygget til dette formål. Den selvbærende brænding sikrer en energieffektiv, kontinuerlig proces, men kræver genoptænding ved produktionsstop. Derfor er alternative varmekilder undersøgt, herunder infrarøde (IR) paneler, som giver:

- Hurtigere opstart
- Præcis temperaturstyring og dybere termisk behandling
- Forbedret overfladekvalitet og æstetisk fleksibilitet



FIGUR 6. Omdesignet ovn med selv bærende brænding. Fotografi, Troels Nyholt.

2b: Conveyersystem

Videreudvikling er udskudt, indtil designet af en ny ovn er fastlagt, herunder overgangen til IR-paneler.

2c: Styring

Ændringer i forbrændingsprocessen har ændret kontrolparametrene.

- Ved selv bærende brænding: Kun båndhastighed reguleres
- Ved IR-paneler: Både hastighed og panelstyring er mulige parametre
- Ændret overflade kræver nyt grundlag for billedanalyse

2d: Ilægning og udtagning

Udviklet på konceptniveau, da fokus har været på sav, ovn og spraykabiner. Systemerne er dog designet med henblik på fremtidig automatisering.

3a: Fuldskala test

Alle udviklede systemer – sav, ovn, primerstation og samlingsskabelon – er nu i brug hos BurntWood. Resultaterne er:

- Forbedret ergonomi
- Øget produktionskapacitet
- Færre fejlproduktioner
- Mere ensartede produkter

Øvrige emner

Sporbarhed i produktionen

Brug af RFID-tags er undersøgt med muligheder for:

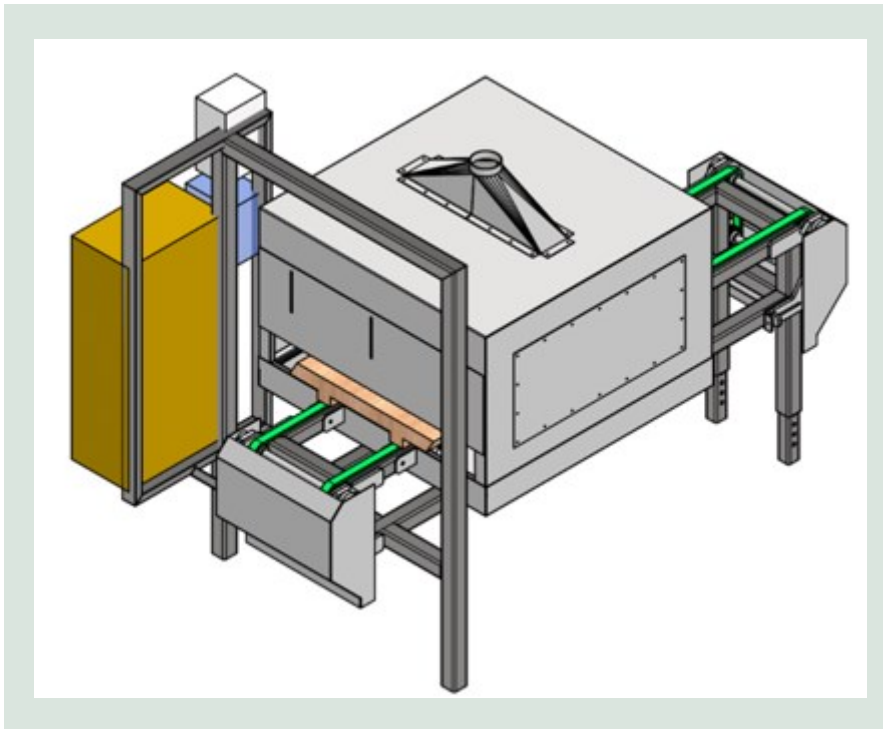
- Sporing af elementer hos underleverandør
- Registrering af produktionsparametre pr. element
- Sporbarhed efter produktion, salg og montering
- Læsning af information på afstand

Systemet vurderes dog overdimensioneret ift. BurntWoods behov. En simpel leverandørmarkering er tilstrækkelig.

Optimering af primerproces

Priming-processen er omlagt fra olieneddypning til en lukket spraykabine, hvor elementer sprøjtes fra alle vinkler. Primeren er ændret til en blanding af vandglas, vand og lindolie. Dette har også ændret viskositeten og tilladt mere kompakte systemer. Der er derfor udviklet to versioner af spraykabinen. Begge er udstyret med:

- Opsamling, filtrering og recirkulering for at minimere spild
- Justerbare dyser og positioner
- Tilpasset primer med fokus på brandsikkerhed



FIGUR 7. Design af Spraykabine Version 1 CAD-tegning, Troels Nyholt.



FIGUR 8. Spraykabine Version 1 i produktionen ved BurntWood. Fotografi, Johan Thrane.



FIGUR 9. Spraykabine Version 2 i Produktionen ved BurntWood. Fotografi, Troels Nyholt.

Konklusion

Projektet har markant forbedret BurntWoods produktionsprocesser. Enkelte områder er endnu ikke færdigudviklede (fx ilægning/udtagning, ovnomdesign, procesintegration), men potentialet for yderligere optimering er fortsat stort.

2.2 Arbejdspakke 2: Skalering og eksportforberedelse

Med en strategi og plan for skalering og eksport skal det sikres, at BurntWood kan imødekomme den massive efterspørgsel og fastholde positionen på markedet med unikke produkter. Det er afgørende, at løsningen fortsat skal hænge sammen, både socialt, økonomisk og miljømæssigt. Nogle af de grundlæggende vilkår er således, at produktionen skal ske med lokale råvarer og lokal arbejdskraft.

Arbejdspakken gennemføres af projektgruppen i samarbejde med bl.a. Robert Perz, Dansk Industri. Der vil også blive inviteret andre eksterne interessenter til at deltage i arbejdet.

Leverancer i denne arbejdspakke:

Etablering af "rådgivende fagudvalg" (Advisory Board) med kommissorium og kompetencer indenfor forretningsmodeller, scale-up, eksport, cirkulær økonomi med fokus på CO2 og miljø.

Der udarbejdes en forretningsplan for fasen mens den nye teknologi udvikles og opbygges samt herefter.

Med baggrund i forretningsplan, leverandør- og bruger behov opstilles et sæt af teknologinære designkrav, som skal sikre, at teknologien udvikles dels, så testanlægget vil kunne fungere hensigtsmæssigt, men også så teknologien forberedes for at understøtte ovennævnte forretningsplan.

Aktiviteter & milepæle

1.a: Det rådgivende fagudvalg etableres og sættes i spidsen for at guide research med inddragelse af relevante videns personer og viden. På baggrund heraf udarbejdes operativ forretningsplan, som testes i samarbejde med relevante eksperter.

1.b.: Der gennemføres research mhp. At afdække præcise retningsgivende bruger krav og ønsker, som skal sikre, at teknologien vil kunne fungere også under distribuerede forhold. Her lægges vægt på også at afdække specielle lokale forhold i de lande og områder, hvor teknologien planlægges udbredt.

Projektgruppen har på baggrund af BurntWoods værdikæde, nuværende og projekterede produktionslinje, forretningsplan og bæredygtighedsmål, udarbejdet en omfattende tekniske skalering af virksomhedens produktionslinje. Skaleringen belyser den i projektet gennemførte tekniske/mekaniske udvikling af produktionslinjen og de konsekvenser, udviklingen har haft på virksomhedens sociale-, miljømæssige- og økonomiske bæredygtighed. Dokumentet redegør desuden for de muligheder og begrænsninger, som den nuværende produktionslinje har på virksomhedens muligheder for ekspansion til markeder udenfor Danmark og i forlængelse heraf, en række konkrete anbefalinger til teknisk videreudvikling af anlægget frem mod en succesfuld – og ikke mindst fuld ud bæredygtig – markedsmæssig ekspansion.

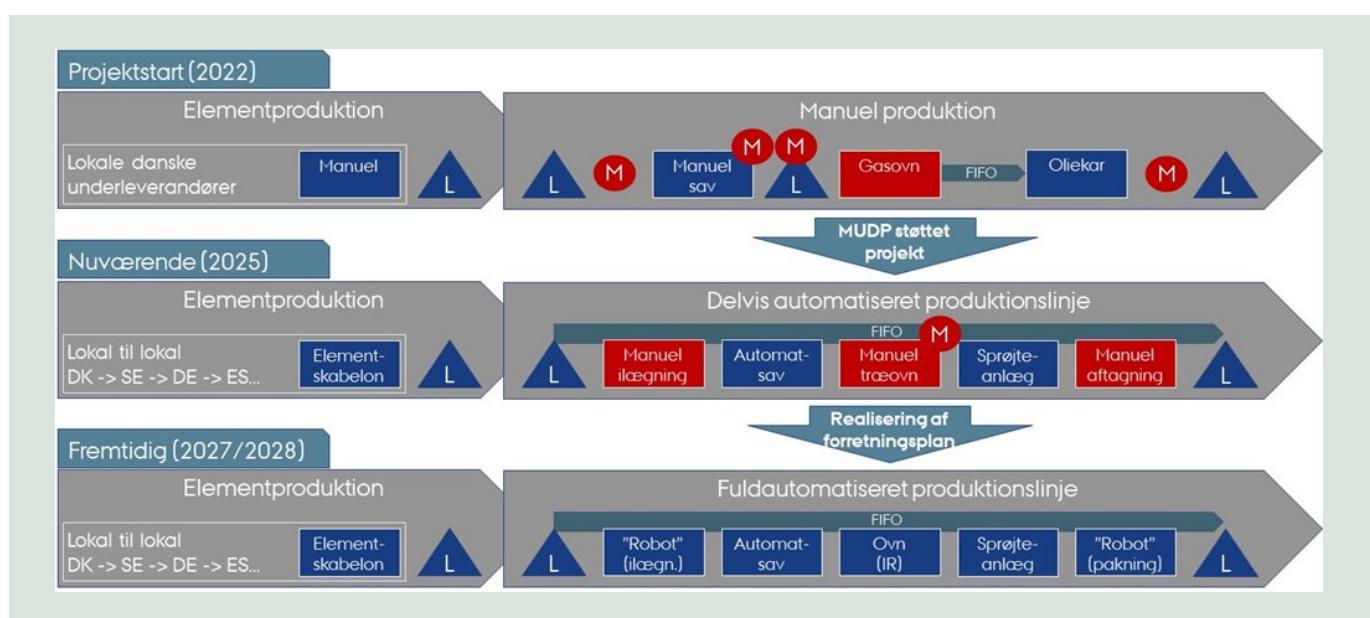
BurntWoods samlede værdikæde og fysiske produktionslinje er blevet vurderet ud fra de 3 bæredygtighedsfaktorer: Social bæredygtighed, miljømæssig bæredygtighed og økonomisk bæredygtighed, idet der redegøres for den oprindelige produktionslinjes samlede bæredygtighed og den i projektet udviklede produktionslinjes samlede bæredygtighed. Endelig redegøres der for de endnu ikke løste tekniske/mekaniske ændringer på produktionslinjen, der er nødvendige at gennemføre i fremtiden for at en succesfuld og fuld ud bæredygtig markedsmæssig ekspansion og eksport er mulig:

- **Social bæredygtighed:** I relation til BurntWood omhandler social bæredygtighed i særlig grad muligheden for at kunne tilbyde mennesker på kanten af arbejdsmarkedet beskæftigelse, samt at produktionslinjen sikrer et godt fysisk og ergonomisk arbejdsmiljø.
- **Miljømæssig bæredygtighed:** I relation til BurntWood omhandler miljømæssig bæredygtighed i særlig grad virksomhedens brug af 100% genbrugstræ til produktion af nye facadeelementer til byggebranchen, samt at hele forsyningskæden (nedrivning og transport af genbrugstræ, produktion af nye facadeelementer og transport til kunden/byggepladsen) designes med henblik på minimal samlet miljøbelastning.

- **Økonomisk bæredygtighed:** I relation til BurntWood omhandler økonomisk bæredygtighed både den samlede forsyningskædes driftsmæssige omkostningsstruktur (og dermed produktens konkurrencedygtighed i forhold til konkurrerende facadeelementer, der ikke produceres af genbrugstræ) samt en optimal udnyttelse af produktionslinjens kapacitet. Endelig omhandler økonomisk bæredygtighed BurntWoods ekspansion til markeder udenfor Danmark, herunder jobskabelse på de nye markeder.

BurntWoods samlede værdikæde (fra nedrivning af bygninger over produktion til installation af facadepaneler på bygninger) er blevet kortlagt og konsekvensvurderet i forhold til virksomhedens tredelte bæredygtighedsmål.

Den tekniske skalering indeholder en detaljeret analyse af BWs oprindelige produktionslinje (2022), nuværende produktionslinje (realiseret 2025) og krav/forudsætninger til den fremtidige produktionslinje/værdikæde. Kravene til den fremtidige værdikæde er afledt af den udarbejdede forretningsplan for markedsfølsom ekspansion. Analysen indeholder en udvidet redegørelse for de 3 værdikæders bæredygtighed. Den overordnede udviklingen i BWs værdikæde fra 2022 til 2025 samt krav/forudsætninger til den fremtidige værdikæde er skematisk gengivet i FIGUR 10 nedenfor.



FIGUR 10. BurntWoods værdikæde fra 2022 til 2025 samt krav til den fremtidige værdikæde.

For en detaljeret belysning af ovenstående henvises til bilaget "BurntWood - Teknisk skalering".

2.3 Arbejdspakke 3: Tilretning af forretningsmodel til integration af systemtænkning for de tre bundlinjer – miljø, social, økonomisk (CSR)

Indsatsen skal sikre, at social og miljømæssig ansvarlighed hænger sammen med virksomhedens strategiske verdensmål. Dette gælder såvel operationelt (produktion), samt i BurntWoods værdikæde (upstream: underleverandører og downstream: kunder). Ansvar for arbejdet forankres i det "rådgivende fagudvalg" (3.9.2-1.a). Arbejdet gennemføres ved inddragelse af interessenter fra hele værdikæden (leverandører & kunder) samt vidensinstitutioner som: Comeback i Aarhus, på landsplan med STU (særlig tilrettelagt ungdomsuddannelse) & FGU (forberedende grund uddannelse).

Leverancer i denne arbejdspakke:

1. Etablering af værdisæt for BurntWood, med afsøgning af yderligere potentiale for bidrag til Verdensmålene.

a. Etablering af retningsgivende værdisæt, i forlængelse af de tre overordnede mål, som virksomheden allerede har identificeret, samt de 5 indikatorer, som BurntWood bidrager aktivt til (SDG 8.3.1, 9.2.1, 9.2.2 + 12.2.1 + 12.2.2).

b. Opsætning af kvantificerbare Verdensmåls KPI'ere i tillæg til den ny strategiske retning

c. Etablering af konkrete kvalitative anvisninger og retningsgivende forhold for de enkelte arbejdsoperationer.

Identificeringen af dette potentiale, udarbejdes ex. i samarbejde med en virksomhed i branchen; ACERA Tech ApS (CVR: 42322490), hvis formål er i samskabelse med samarbejdspartnere at udvikle cirkulære byggematerialer og forretningsmodeller baseret på B Corp principper.

Aktiviteter & milepæle:

1.a.: Der laves en systemisk gennemgang af verdensmålene + indhentes inspiration fra den internationale byggebranches arbejde med verdensmål. Dette kvantificeres gennem en måling i SDG Action Manager værktøjet udviklet af B Corp (Benefit Corporation).

1.b: Den etablerede viden og strategi integreres i de tre bundlinjer og systematiseres hhv. gennem etablering af SOP (standard operational procedures) og arbejdsprocedurer.

1.c: Dette udbygges og reflekteres i samarbejde med videnspersoner og organisationer. Der planlægges og gennemføres en besøgsrække og informationsindhentning fra konkrete tiltag vedr. CSR, hvor der kan hentes inspiration og valideret viden.

1.d.: På grundlag af aktivitet og resultater fra 1.a. udarbejdes et samlet sæt af konkrete anvisninger for virksomhedens samlede arbejdsoperationer, -rutiner samt personalemæssige forhold samlet set.

Projektgruppen har med udgangspunkt i ovenstående udarbejdet en detaljeret forretningsplan for BurntWood. Forretningsplan har til hensigt at undersøge og vurdere attraktiviteten af en række udvalgte markeder, der er genstand for en mulig fremtidig ekspansion af BurntWoods aktiviteter. Med henblik på at identificere hvad der ligger bag BurntWoods evne til at drive en profitabel forretning i Danmark, har forretningsplanen analyseret BurntWoods eksisterende forretningsmodel og efterfølgende identificere de iboende styrker og svagheder. Det bidrager til den videre analyse, hvor forretningsplanen vil undersøge og vurdere attraktiviteten af en fremtidig ekspansion til en række lande indenfor UE. Analysen af de enkelte lande er opbygget efter principperne fra Business Model Generation af Alexander Osterwalder og Yves Pigneur (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Med økonomisk støtte fra MUDP og i samarbejde med Aarhus Universitet har BurntWood i 2023/2024 udviklet og implementeret en moderne produktionslinje til fremstilling af RE-Use facadepaneler. BurntWoods produktionslinjen er i dag kendetegnet med høj kapacitet, lave produktionsomkostninger og god kvalitetssikring. Produktionslinjens praktiske kapacitet (produktionsvolumen pr. tidsenhed) overstiger langt den forventede efterspørgsel selv i et fuldt modnet dansk marked, hvorfor en udvidelse af BurntWoods forretning til andre lande anbefales.

Forretningsplanen indeholder en række konkrete anbefalinger til BurntWood i forhold til virksomhedens forretningsmæssige ekspansion til andre lande. Forretningsplanen tager hensyn til BurntWoods begrænsede økonomiske og organisatoriske ressourcer og angiver en vækststrategi, der minimerer virksomhedens finansielle risiko, herunder minimerer behovet for ekstern finansiering/lånoptagelse. Dette sker på bekostning af BurntWoods klimaafttryk i forbindelse med ekspansionen af virksomhedens aktiviteter til andre lande – m.a.o. accepteres der et større klimaafttryk på den korte bane (i forbindelse med markedsetableringen) for at minimere BurntWoods finansielle risiko. Det skal dog fremhæves, at forretningsplanen, når denne er fuldt ud implementeret, sikrer både økonomisk, social og klimamæssig bæredygtighed.

I forbindelse med udviklingen af forretningsplanen er der foretaget en tilbundsgående analyse af markedsmulighederne i tre EU-lande. Disse tre lande er udpeget af BurntWood som de umiddelbart mest interessante nye markeder, og en dybdegående markedsundersøgelse peger på to af disse lande, som de mest fordelagtige markeder for BurntWoods ekspansion. Begge lande har stærke bæredygtighedskulturer, stabile juridiske rammer, økonomisk incitamentsstruktur i forhold til sourcing af genbrugstræ og veludviklede afsætningskanaler for byggematerialer. Idet alle de undersøgte lande (Danmark inkl.) er medlemmer af EU, gælder de samme generelle EU-regler og forordninger, herunder EU-taksonomien, der fastsætter, om og i hvilket omfang en aktivitet betragtes som miljømæssigt bæredygtig.

Ekspansion i Danmark

BurntWood afsætter i dag sit produkt i Danmark gennem mellemhandlere som Greendozer og byggemarkedskæder som Bygma og Stark samt i mindre grad gennem direkte salg via hjemmeside og personlig kommunikation med fx entreprenører og arkitekter. Det anbefales BurntWood målrettet at investere tid i at udvide de danske salgskanaler gennem aftaler med flere byggemarkedskæder. En fortsat ekspansion på det danske marked gennem etablering af aftaler med flere afsætningskanaler kan ske både økonomisk, miljømæssigt og socialt bæredygtigt.

Ekspansion til andre lande i EU

To undersøgte EU-lande fremstår som attraktive markeder. Det anbefales BurntWood indledningsvist at etablere sig i disse lande gennem indgåelse af forhandleraftaler med en eller flere byggemarkedskæder i de pågældende lande. Dette kan enten ske på BWs foranledning gennem direkte kontakt til forhandlere eller via indgåelse af partnerskaber med lokale iværksættere, der gerne – på sigt – vil producere ReUse paneler lokalt. Sidstnævnte tilgang anbefales, idet BurntWood har begrænsede organisatoriske ressourcer og lokalkendskab. I begyndelsen vil genbrugstræet komme fra Danmark ligesom panelproduktion, brænding og efterbehandling vil foregå i Danmark. Partnerens rolle bliver at etablere salgskanaler samt stå for kontakten til disse. Dette setup minimerer BurntWoods finansielle risiko, men er ikke hensigtsmæssigt på længere sigt, idet transporten til og fra Danmark øger både klimabelastningen og fremstillingsomkostningerne væsentligt. Derfor skal der på sigt – når der er skabt tilstrækkeligt med afsætningskanaler og stabil omsætning – etableres lokal produktion af facadepaneler. I en overgangsperiode kan panelerne produceres lokalt (af lokalt genbrugstræ), hvorefter panelerne transporteres til Danmark for brænding og tilbage igen, eller alternativt, at BurntWood etablerer et mobilt produktionsanlæg og køre dette til de lokale producenter, når der skal produceres færdige paneler. Når afsætningskanalerne er tilstrækkeligt modnet, kan der etableres fuld lokal produktion af færdige paneler (lokal til lokal) af lokale partnere.

Partnerskaber, finansiering og økonomisk risikostyring

Det anbefales BurntWood at etablere partnerskaber med en eller flere lokale partnere, der på sigt ønsker at etablere egen lokal-til-lokal produktion i det pågældende land, når efterspørgslen har vist sig tilstrækkelig og stabil. En lokal partner vil kunne bidrage med de (særligt tidsmæssige) ressourcer, der er nødvendige, for at etablere kontakt til og aftaler med byggemarkeder i det pågældende land. Det vurderes ikke at være hensigtsmæssigt for BurntWood at etablere egen, selvstændig virksomhed i landene, henset til de markedsmæssige og økonomiske risici samt BurntWoods begrænsede organisatoriske ressourcer.

Etablering af en fuld produktionslinje lokalt inkl. elementskabeloner til panelfremstilling er bekostelig. Finansieringen af lokal produktion vil derfor være en væsentlig barriere for de fleste iværksættere og hvis BurntWood selv finansierer etableringen af et nyt anlæg, udgøre en væsentlig finansiell risiko for BurntWood.

I forretningsplanen belyses forskellige typer af partnerskaber med lokal producent i forbindelse med etablering af lokal panelproduktion, hver med sine fordele og ulemper, herunder Joint venture, licensproduktion og et mobilt produktionsanlæg (product as a service). Det samlet set mest fordelagtige for

BurntWood vurderes at være et mobilt produktionsanlæg, der på lastbil transporteres til lokale partnere og opstilles midlertidigt til lokal produktion. Denne tilgang indebærer, at de lokale partnere i regi af egen, selvstændig virksomhed eller alternativt i et Joint Venture med BurntWood som delejer, selv producerer og afsætter paneler. Selve tilskæringen, brændingen og efterbehandlingen foretages på partnerens lokation af BurntWoods mobile produktionsanlæg efter behov. Denne tilgang indebærer en betydelig investering fra BurntWoods side, men muliggør en bæredygtig produktion i flere lande med kun ét mobilt anlæg. Det er samlet set denne løsning, som anses for den mest fordelagtige for BurntWood samt for virksomhedens samlede bæredygtighed.

Behov for fortsat teknisk udvikling af produktionslinjen

På trods af en væsentlig udvikling og automatisering af BurntWoods panelproduktion, anses produktionslinjen ikke for færdigudviklet. De væsentligste vurderinger og anbefalinger med hensyn til videreudvikling af produktionslinjen fremgår nedenfor:

- Elementskabelon (fikstur) til fremstilling af de rå facadepaneler anses for færdigudviklet og sikrer både høj kvalitet, skalerbarhed i forhold produktionsvolumen, minimal oplæring af nye medarbejdere og god arbejdsergonomi.
- Indlæg og udtagning af paneler på produktionslinjen foregår manuelt og anses ikke for færdigudviklet. Det manuelle ind- og udlæg af paneler indebærer et væsentligt ressourcetræk i forbindelse med produktionen (2 medarbejdere) og dermed væsentlige omkostninger, samt i sig selv, at arbejdet er ensformigt gentaget med utilfredsstillende arbejdsergonomi. Det anbefales BurntWood at udvikle en automatisering af både indlæg på linjen og pakning af de færdige paneler.
- Autosaven anses for helt færdigudviklet og har vist sig særdeles god i forhold til både driftsøkonomi, kvalitet og arbejdsergonomi/-sikkerhed.
- Ovnene er blevet videreudviklet, så der ikke længere benyttes propangas i forbindelse med brændingen af panelerne. I stedet sker brændingen ved hjælp af afgasning af brandbare gasser fra selve panelerne. Dette er isoleret set positivt, da produktionen dermed ikke længere er omfattet af gasdirektivet og ej heller udleder CO₂ fra ikke fornybare energikilder. Der er dog væsentlige ulemper ved denne metode: Det er kun muligt at tilbyde kunderne ét æstetisk udtryk (meget hårdt brændte paneler), hvilket formodes at påvirke kundernes interesse for BurntWoods produkt negativt. Produktionsprocessen er samtidig svær at styre, hvilket kan vanskeliggøre etablering af lokal produktion i andre lande. Ligeledes sker der en uforholdsmæssig stor CO₂-udledning fra panelerne idet der sker en voldsom forkulning af træet. Det anbefales derfor BurntWood at arbejde videre med at erstatte gas/brænde med infrarøde (IR) paneler, der har vist sig særdeles gode til overfladebehandling i indledende forsøg foretaget på Aarhus Universitet. Forsøgene indikerer, at IR-paneler giver mulighed for nem kundetilpasning af panelernes æstetiske udtryk, forbedret processtyring (kvalitet), digitaliseret fremfor manuel procesovervågning samt dybere termofisering og dermed holdbarhed.
- Olieanlægget anses for helt færdigudviklet til ren lindeoliebehandling eller en blanding af lindeolie og et uorganisk filmdannende tilsætningsstof. Det er p.t. ikke afklaret, hvilket tilsætningsstof, der skal anvendes i fremtiden og om det indebærer en fortsat teknisk videreudvikling af olieanlægget.

Først når de ovennævnte anbefalinger til videreudvikling er gennemført og implementeret, anses produktionslinjen for fuldt ud kapabel til at dække efterspørgslen på det danske marked samt til markedsmodning af flere udenlandske markeder.

For en detaljeret belysning af ovenstående henvises til bilaget "BurntWood - Forretningsplan"

Bilag 1.	BurntWood Forretningsplan – resume
Bilag 2.	BurntWood Teknisk Skalering
Bilag 3.	BurntWood Oversigt over forskning

BurntWood

Projektets kernegruppe involverede foruden direktøren fra BurntWood, 5 forskere/specialister og 2 forskningsassistenter fra to institutter på Aarhus Universitet samt en højt specialiseret maskinudvikler/-konstruktør. Øvrige ressourcepersoner blev aktivt inddraget efter behov. Arbejdsprocessen i kernegruppen var tilrettelagt og organiseret efter principperne i "Transdisciplinary Engineering" (TE). TE er en udviklende ingeniørtilgang, der går videre end traditionelle såvel som tværfaglige tilgange ved at integrere viden fra forskellige fagområder, sektorer og samfundet selv for at tackle komplekse udfordringer som fx tredelt bæredygtighed. Arbejdsprocessen lægger vægt på åbent samarbejde og inddrager samfundets behov og forskellige perspektiver i design- og udviklingsfasen inden for ingeniørarbejde, så der frembringes mere holistiske, innovative og socialt ansvarlige løsninger.

Ved at integrere viden fra forskellige fagområder, sektorer m.v. i udviklingsarbejdet, blev det hurtigt klart for projektgruppen, at der var række indbyrdes konflikter mellem BurntWoods mål om både miljømæssig-, social- og økonomisk bæredygtighed. Projektets TE tilgang gjorde det muligt at planlægge og styre den tekniske udvikling af BurntWoods produktionsanlæg, så produktionsanlægget i videst muligt omfang (indenfor projektets økonomiske rammer), understøttede virksomhedens ambitiøse vækstplan og bæredygtighedsmål. En væsentlig erkendelse, som ikke kunne løses indenfor projektets økonomiske rammer og tid, var, at en realisering af BurntWoods tredelt bæredygtige strategi forudsætter, at der udvikles en helt ny procesovn (der ikke bruger gas) samt at produktionslinjen gøres mobil, så ét anlæg kan dække efterspørgslen i flere lande med minimalt klimaaftryk og god økonomi.



Miljøstyrelsen
Lerchesgade 35
5000 Odense C

www.mst.dk