



ISOLASJONSMATERIALER AV TREVIRKE

LØSFYLL, MATTER & PLATER

Gaia Lista v/Bjørn Berge

mars 2007

Forord

I prosjektet undersøkes de ulike trebaserte isolasjonsmaterialene som i senere år har fått betydelig gjennomslag på kontinentet. Det dreier seg om løsfyll, matter og plater basert på rent trevirke i form av høvelspon eller defibrert tremasse. Spørsmålet er om disse produktene holder mål når det gjelder tekniske og miljømessige egenskaper.

Rapporten legges fram som en generell orientering til byggebransjen der miljøeffektivitet nå i stadig større grad etterspørres. Som mer spesifikke målgrupper vil i første rekke potensielle produsenter og importører i Norge og Norden, eventuelt også typehusindustrien, være aktuelle. Det er videre antatt at rapporten vil kunne danne grunnlag for forsiktig utprøving av produktene i norske prosjekter. Engasjerte arkitekter, entreprenører og byggherrer kan i så fall supplere med mer spesifikk informasjon om produkter og detaljering på produsentenes websider, der adressene er oppgitt i rapportens *Tillegg 3*.

Det er lagt stor vekt på å gjøre rapporten lettlest. Utdypinger og detaljinformasjon er således skilt ut i fotnoter som kan benyttes etter behov.

Gjennomføringen av prosjektet har i første rekke vært basert på informasjonsinnhenting fra et utvalg av de mest dominerende produsentene i Polen, Tyskland, Tsjekkia, Finland, Sverige, Danmark og Østerrike. I Norge produserer Hunton Bruk porøse plater. Med unntak for skandinaviske produsenter har informasjonen ofte vist seg å være mangelfull, særlig når det gjelder produktenes miljøegenskaper. Selv om man ofte kan skilte med tillitsvekkende miljøsertifikater, er det gjerne snakk om konfidensielle grunnlagsdata som det hegnes om. Med supplement fra mer generell litteratur har det likevel vært mulig å framskaffe tilstrekkelig grunnlag for overordnede vurderinger.

Prosjektet er finansiert av Innovasjon Norge og utført ved Gaia Lista av sivilarkitekt Bjørn Berge. Katharina Bramslev ved Hambra har gjennomført kvalitetssikringen. Tor Charlesen ved Hunton Fiber har også bidratt med nyttige innspill.

Lista ca. 23.mars 2007

Bjørn Berge
Gaia Lista AS



Innhold

Forord.....	2
Innhold.....	3
Sammendrag.....	4
1.0 Innledning.....	5
1,1 Bakgrunn.....	5
1.2 Trebaserte isolasjonsmaterialer.....	6
2.0 Produkter og bruksområder.....	7
2.1 Produktene.....	7
2.2 Produksjon.....	8
3.0 De enkelte produktene.....	10
3.1 Renset kutterflis.....	10
3.2 Defibrert tremasse.....	10
3.3 Matter.....	11
3.4 Plater.....	12
4.0 Tekniske egenskaper.....	15
4.1 Varmetekniske egenskaper.....	15
4.2 Fukttekniske egenskaper.....	16
4.3 Branntekniske egenskaper.....	17
5.0 Miljøegenskaper.....	18
5.1 Ressurseffekter.....	18
5.2 Forurensningseffekter.....	19
5.2 Avfall.....	21
5.4 Miljøevaluering.....	22
6.0 Oppsummering.....	26
6.1 Vurdering.....	26
6.2 Forsøk i Norge.....	27
7.0 Litteratur.....	28
TILLEGG 1: Helse og miljøskadelige stoffer.....	30
TILLEGG 2: Evalueringsgrunnlag EcoProduct.....	32
T2.1 Helse- og miljøfarlige stoffer.....	33
T2.2 Drivhuseffekt.....	33
T2.3 Ressursbruk materialressurser.....	34
T2.4 Ressursbruk energiressurser.....	34
T2.5 Ressursbruk Avfall.....	35
TILLEGG 3: Produsenter.....	37



Sammendrag

Rapporten viser at det er et rikt spekter av trebaserte isolasjonsmaterialer tilgjengelig på det europeiske markedet. Disse foreligger som løsfyll, matter og plater for bruk i eller utenpå konstruksjoner.

Produktene kan dokumentere bruksegenskaper helt på høyde med konvensjonelle isolasjonsmaterialer. Det vil likevel være begrensninger i forhold til brann og fukt som innebærer at aktualiteten er størst i lavere brannklasser og i mindre fuktutsatte plasseringer.

Også når det gjelder miljøegenskaper, kan det se ut til at de trebaserte isolasjonsmaterialene kommer gunstig ut. De produseres fra lavkvalitetsvirke eller avfallsvirke uten vesentlige forurensningsbelastninger. Enkelte tilsetninger for å øke brannmotstand og gjøre produktene mer fuktbestandige kan imidlertid utgjøre miljørisiko. Her er det store forskjeller fra produkt til produkt og det er nødvendig å kontrollere materialdeklarasjonene nøye. En svakhet for matte- og plateproduktene vil være relativt høyt energiforbruk i produksjonen. Ettersom fossile energikilder dominerer bransjen blir konsekvensen betydelige utslipp av klimagasser. Dette kan et stykke på vei avbøtes med økt satsing på biobrensel.

Det er antatt at bruk av trebasert isolasjon også vil ha positive effekter for inneklimate, dels ved at den er mindre utsatt for soppangrep enn konvensjonelle produkter, dels ved at den i større grad forebygger overoppheting (høy varmekapasitet) og samtidig bidrar til stabilisering av luftfuktigheten (høy hygroskopisitet).

Det er ingenting i veien for å ta i bruk trebaserte isolasjonsalternativer i norsk husproduksjon per i dag. De fleste produktene har europeisk teknisk godkjenning som gjør dem umiddelbart anvendelige i Norge. I miljøsammenheng vil det likevel knytte seg betenkeligheter til klimakonsekvensene av lange transportetapper, eksempelvis fra Østerrike og Sør-Tyskland. Løsfyll-produkter har imidlertid i flere år vært på markedet i Sverige og Danmark. Ettersom råvaregrunnlaget allerede er til stede i Skandinavia, og i rikelig mon, vil mer lokal produksjon av matter og plater også være aktuelt.



1.0 Innledning

1,1 Bakgrunn

Byggevirksomhet er ansvarlig for en betydelig del av samfunnets miljøbelastninger. For Norges del er det anslått at produksjonen av byggematerialer står for 8 % av de nasjonale utslippene av klimagasser¹.

I byggeindustrien på kontinentet satses det nå på produkter fra et rikt spekter av vegetabiliske produkter, som lin, hamp, myrortov og landbrukshalm i tillegg til trebaserte produkter². Det er antatt at dette vil kunne bidra til å redusere miljøbelastningene fra bransjen³. Følgende effekter blir anført som aktuelle:

- *Redusert beskatning av ikke-fornybare og begrensede råvarereserver, som således spares til senere generasjoner⁴.*
- *Redusert omfang av helse- og miljøskadelige kjemikalier i byggeindustrien ved at mer belastende produkter erstattes.*
- *Redusert avfallsbelastning, ettersom produktene i stor grad vil være komposterbare⁵.*
- *Reduserte utslipp av CO₂ og andre klimagasser fra materialproduksjonen ved at de vegetabiliske produktene erstatter betong, stål, aluminium og andre produkter med større produksjonsmessige klimagassutslipp⁶.*
- *Reduserte utslipp av CO₂ i rivnings- og avfallsfasen ved at vegetabiliske produkter erstatter produkter basert på fossile råstoffer⁷.*
- *Reduserte utslipp av CO₂ fra transport av byggevarer ved økt vekt på lokal produksjon og lokal avfallsbehandling⁸.*
- *Binding og mellomlagring av CO₂ i vegetabiliske produkter med lang levetid⁹.*

¹ Hvorav transportandelen er ca. 1 %, etter *Bernhard 2006* og beregnet i tråd med kalkulasjonsmåten i Kyoto-avtalen der elektrisitetsproduksjonen i hovedsak baseres på CO₂-fri vannkraft.

² Blant annet stimulert gjennom IENICA-prosjektet, *Interactive European Network for Industrial Crops and their Applications*, finansiert av EU-kommisjonen

³ *Gielen 1997, Kram 2001, Mühlethaler 2006, Burnett 2006*

⁴ Dette anføres som et hovedargument for økt vekt på fornybare råvarer av den svenske Krettsloppsdelegationen, *Näslund 1997*.

⁵ Se blant annet *Löfflad 2002* og *Sassi 2006*

⁶ I Norge er potensialet anslått til mellom 0,3 og 0,8 mill tonn CO₂-ekvivalenter per år for nybygg, *Berge 2004*. I tillegg kommer betydelige substitusjonsmuligheter innen oppussing og rehabilitering.

⁷ I et klimaperspektiv vil en dekarbonisering av materialkretsløpet være ønskelig. Dekarbonisering skal i denne sammenheng forstås som redusert bruk av materialer basert på fossile råstoffer. Slike produkter, i første rekke plater, vil ved konvensjonell energigjenvinning resultere i klimagassutslipp på linje med energituttelse av naturgass og naturolje. En normal leilighet som inneholder 2-3 tonn plast vil således representere et framtidig klimagassutslipp på ca. 5-6 tonn CO₂.

⁸ Vegetabiliske produkter vil normalt kunne ha et lokalt råvaregrunnlag. I en avfallsfase vil også rene vegetabiliske produkter kunne ivaretas lokalt, ved energigjenvinning eller kompostering.

⁹ Gjennom fotosyntesen bryter planter CO₂ ned i oksygen som avgis og karbon som lagres i stengel og rotsystem. Karbonandelen utgjør således ca. 50 % i tørt trevirke. Dette representerer en binding av ca. 1,8 kg CO₂ per kg trevirke, (*Flugsrud 2001*). Denne mellomlagringen vil redusere mengden CO₂ i atmosfæren og



Samtidig er det framholdt at vegetabiliske produkter generelt må anses som gunstige materialvalg i inneklimasammenheng.

1.2 Trebaserte isolasjonsmaterialer

Et viktig bruksområde for de vegetabiliske råvarene er som hovedingrediens i produkter for varmeisolasjon. I Tyskland dekker slike produkter nå mer enn 5 % av markedet og er voksende¹⁰. Viktigst her er de trebaserte produktene. Mange av disse vil igjen være produsert uten kjemisk bearbeiding av tremassen¹¹. Slike produkter vil ha utgangspunkt i sagflis, høvelspon eller defibrert tremasse og foreligger som løsfyll, matter og porøse plater.

Videre i rapporten skal disse produktene undersøkes nærmere. Og det vil med noen unntak fokuseres på varmeisolasjon selv om de trebaserte produktene også vil dekke andre bruksområder, som lydempning og vindtetting.

Undersøkelsen omfatter drøftelser av anvendelighet, tekniske egenskaper og miljøegenskaper, der sistnevnte oppsummeres i en forenklet evaluering etter ECOProduct-metoden fra NAL|ECObox. Det vil være et hovedpoeng å vurdere relevansen i forhold til skandinavisk produksjon, ikke i forhold til import fra sentral-Europa, der lange transportavstander raskt vil redusere eventuelle miljømessige fordeler. Prisforhold er ikke berørt. Som tillegg gis en oversikt over aktuelle produsenter.



Figur 2: Enebolig med trebasert isolasjon. Foto: Homatherm



Figur 1: Kontorbygg med trebasert isolasjon. Foto Homatherm

således forsinke klimautviklingen, (*Randers 2006*). Effekten av karbonlagring inngår foreløpig ikke i Kyoto-regnskapet, men kreditteringsregler kan forventes å foreligge til 2. forpliktelsesperiode etter 2012.

¹⁰ *Mühlethaler 2006*

¹¹ Omfatter altså ikke celluloseprodukter som framstilles ved tilsetning av kalsiumhydrogensulfitt for å løse ut lignin. Slike produkter har etter hvert fått atskillig utbredelse på det nordiske isolasjonsmarkedet, eksempelvis *Isofiber* fra *Norsk Celluloseisolasjon* som i hovedsak produseres fra returpapir. Det er også under utvikling høyisolerende produkter som skummes opp fra lignin som er det naturlige limstoffet i trevirke, se blant annet *Wimmer 2001* og *Lund 2000*.



2.0 Produkter og bruksområder

2.1 Produktene

Mens sagflisisolasjon har vært en del av skandinavisk byggetradisjon siden 1700-1800 tallet, ble de første porøse trefiberplatene tatt i bruk i Sverige rundt 1930-tallet.

Porøse trefiberplater defineres etter EuroNorm 316 som trefiberplater med vekt under 400 kg/m³. Samtlige treprodukter med gode varmeisolerende egenskaper vil være lettere enn dette. En aktuell videre inndeling av produktene er vist i Tabell 1.

Type	Vekt ¹² [kg/m ³]	Varme-konduktivitet ¹³ (λ-verdi) [W/m K]	Bruksområder	
			Utv. og innv. på konstruksjonen ¹⁴	I konstruksjonen
Sagflis, pakket	120-200	0,071-0,081 ¹⁵		X
Kutterflis, presset	130-180	0,060-0,080 ¹⁶		X
Kutterflis, renset og presset	80-125	0,045-0,055		X
Defibrert tremasse	35-48	0,038-0,040		X
Matter	40-55	0,039		X
Plater, lette	110-170	0,038-0,045	X	X ¹⁷
Plater, tunge	240-350	0,045-0,055	X	

Tabell 1: Aktuelle varmeisolasjonsprodukter basert på trevirke.

De trebaserte produktene vil også ha tilleggskvaliteter, blant annet gode lydabsorberende egenskaper og redusert luftgjennomgang i forhold til andre isolasjonsprodukter. For plateproduktene gjelder i tillegg gjerne betydelige styrkeegenskaper. Dette gjør dem egnet som avstivende sjikt i bindingsverk, til inndekking av isolerende løsfyll og som underlag for golv og andre belastede materialsjikt. Ved tilsetning av fuktavvisende midler vil flere av plateproduktene også være egnet som utvendig vindspærre, undertak og værekspionert stubbloft.

Varmeisolering med sagflis og ubearbeidet kutterflis¹⁸ er dokumentert i eldre faglitteratur, blant annet knyttet til omfattende forsøk ved NTH i perioden 1920-1950¹⁹ og skal ikke vies

¹² Vektinndelingen er grov, og det vil forekomme produkter utenfor de angitte verdiene.

¹³ For kommersielle produkter oppgis deklarerte verdier.

¹⁴ Trykksterk isolasjon

¹⁵ Laveste λ-verdi for letteste produkt, *Granum 1951*

¹⁶ Laveste λ-verdi for tyngste produkt. *Granum 1951*

¹⁷ Gjelder for de mest elastiske produktene

¹⁸ Vanlig bearbeiding var å tørke massen ned til under 20 % og tilsette opptil 5 % lesket kalk for å redusere risiko for innseksangrep og gjøre massen mindre attraktiv for mus og rotter. Deretter ble massen fylt i veggen og komprimert for hånd i sjikt a ca. 25cm, *Berge 2000*.



mer oppmerksomhet her. Selv om de varmeisolerende egenskapene for disse materialene ikke er konkurransedyktige i forhold til mer kommersielle produkter av løsfyll, matter og plater, kan vi imidlertid ikke se bort fra at de fortsatt kan være aktuelle i enkeltprosjekter.

For de andre trebaserte isolasjonsmaterialene gjelder det at de gjerne brukes i innbyrdes kombinasjon med hverandre eller med andre produkter. Rasjonalitet på byggeplassen og innbygging i konstruksjonen er som for konvensjonelle produkter.

2.2 Produksjon

Råvaregrunnlag for de trebaserte isolasjonsproduktene er nesten utelukkende bartrevirke. Enkelte produkter er også innblandet med returpapirmasse.

Mens kutterflisproduktene i stor grad benytter trevirke i naturtilstanden, se *Boks 1*, foredles de andre produktene via defibrert tremasse, se *Boks 2*. Videre framstilling til matter og plater kan foregå i *tørr* eller *våt* prosess.

Avhengig av bruksområde blir produktene ofte tilsatt hjelpestoffer som lim, fuktavvisende, sopp- og brannhemmende midler, se *Boks 3*.

Boks 1: Produksjon av rensed kutterflis

Renset kutterflis baseres i hovedsak på avfallspon fra høvlerier og annen treindustri, og produksjonen foregår på følgende måte:

1. Massen siktes. For å kunne garantere isolasjonsverdien er det avgjørende at støv og mindre fraksjoner renses fra.
2. Massen tørkes til vanninnhold godt under 20 % ved lav varme i en trommeltørke.
3. Tilsetninger innblandes for forbedring av brannmotstand og forebygging av soppvekst.
4. Massen pakkes i storekker uten unødig kompresjon

Boks 2: Produksjon av defibrert tremasse, matter og plater

Defibrert tremasse. Litt avhengig av eventuell videre bearbeiding kan det benyttes alle sorter bartrevirke, også treavfall fra industrien, samt rivningsvirke.

1. Virket hogges til spon med lengde 10-40mm
2. Sponen vaskes fri for forurensninger
3. Den rensede sponen utsettes for damp slik at bindestoffet i treet mykner²⁰.
4. Oppmaling (defibrering) mellom to riflete stålvalse der sponen reduseres til fibermasse med fibertykkelse 1,5mm eller mer²¹.

Våt prosess. Dette er den klassiske produksjonsprosessen for trefiberplater der naturlig lignin i selve virket utskilles og avbinder produktet. Forutsetningen er imidlertid at det benyttes ferskt virke i den defibrerte tremassen. Med denne metoden produseres stive plater i inntil 30mm tykkelse som kan lamineres for økte tykkelser. Den våte prosessen omfatter følgende stadier:

5. Fibermassen spes ut med vann og fordeles på et rullebånd.
6. Vakum- og pressvalser fjerner det meste av vannet og arkene formes.

¹⁹ Her ble det påvist gode og varige varme- og fukttekniske egenskaper, se *Bugge 1922 & Granum 1951*.

²⁰ Eventuelt tilsettes også ulike prosesskemikalier som gjenvinnes i et lukket kretsløp.

²¹ Dette øker trevirkets spesifikke overflate ca. 100 000 ganger.



7. Arkene (ca. 50% vann og 50% fiber) sendes videre gjennom en rulletørke med temperatur 180-200 °C der resterende vann fjernes og platene limes.
8. Arkene skjæres til standard plateformater.

Tørr prosess. I tørr prosess tilføres lim som binder produktet. Dermed kan også defibrert tremasse basert på gammelt og utvasket virke benyttes. I tørr prosess produseres matter og plater i tykkelser inntil 200mm. Prosessen omfatter følgende stadier:

5. Den defibrerte tremassen tørkes ved ca. 170 °C.
6. Massen innblandes med limstoff og formes til ark på et rullebånd.
7. Arkene utherdes med varm og fuktig luft.
8. Arkene skjæres til i standard matte- og plateformater.

Tilsetninger blir tilført på ulike stadier avhengig av type.

Boks 3: Viktige tilsetningsstoffer^{22,23}

Limstoffer benyttes primært i produkter basert på tørr prosess, til dels også til forbedring av bindestyrke i våt prosess, samt til laminering av plater for å forøke tykkelsen. Aktuelle limtyper i tørr prosess er polyuretanlim, polyolefin smeltefibre og stivelse av mais, i andeler 4-10 %. I plater framstilt i våt prosess tilsettes gjerne bitumen for å gjøre dem fuktavvisende, i andeler 8-22 %. Bitumen har samtidig en avbindende effekt. Fenol-resorcinol lim benyttes gjerne sammen med bitumen, og da i andeler 1-2 %. Til laminering av plater benyttes polyvinylacetatlim (PVAc) og vannglasslim, med produktandeler på ca. 1-2 %.

Påskynder blir i noen tilfeller benyttet for å aktivere frigjøringen av lignin i våt prosess. Vanligst er aluminiumsulfat i andeler på inntil 0,5 %.

Brannhemmere inngår i de fleste produktene. Aktuelle typer her vil være myse, borater, ammoniumfosfater og -sulfater, og sement. Mysen forbedrer brannmotstanden ved å danne nitrogen under oppvarming. Tilsvarende gjelder for ammoniumfosfater og -sulfater som ved brann avspalter ammoniakk og vann, mens boratene avgir betydelige mengder vann. Sementen er brannhemmende i kraft av å være mineralsk. Vanlige innblandingsmengder kan variere fra 5 til 25 % avhengig av stofftype og brannherdighet som ønskes.

Sopphekkere tilsettes enkelte av produktene. Aktuelle er soda, sement, aluminiumsulfat og borater. Soda og sement virker i første rekke ved å heve alkaliteten i produktet og aluminiumsulfat (alun) med å senke den, mens borsyre er direkte soppdrepende. Sement og borater er samtidig brannhemmende mens aluminiumsulfat fungerer som hjelpestoff i utskillingen av lignin i våt prosess. Det er i første rekke disse funksjonene som bestemmer mengden som benyttes.

Fuktavvisende midler brukes i første rekke der produktene er utsatt for fuktpåvirkning, og gjelder nesten utelukkende plateprodukter som benyttes på utvendig side av klimaskjermen, som vindtetting og sutak. Aktuelle tilsetninger her er bitumen, vannglass, parafinoks, kolofonium og naturlateks. Bitumen tilsettes i andeler på 8-10 % mens innhold av parafinoks, kolofonium og lateks sjeldent overstiger 5-8 %. Stoffene forekommer ofte i kombinasjon.

²² For rapporten gjelder det at alle mengdemessige %-angivelser skal leses som vekt-%

²³ I noen produkter vil det også forekomme andre hjelpestoffer, eksempelvis såkalte retardasjonsmidler. Det har ofte vist seg vanskelig å få fram mer detaljert informasjon om disse, men stoffene vil normalt ikke være klassifiseringspliktige og andelene vil generelt være meget små.



3.0 De enkelte produktene

Her vil de enkelte produktene kort beskrives med aktuelle variasjoner, produksjonsmetoder, bruk og muligheter for ombruk. For utdypende presentasjoner henvises til produsentenes websider, se *Tillegg 3*.

3.1 Renset kutterflis

Kommersielle produkter basert på kutterflis har fått et visst gjennomslag på det tyske markedet og forekommer i to versjoner der det i første rekke er valget av tilsetningsstoffer mot brann og fukt som skiller dem. Mest utbredt er et produkt som benytter myse og soda, henholdsvis som brannhemmer og soppkemmer²⁴. Det andre er produsert med sementvann som kombinasjonsmiddel²⁵.

Produktet med soda/myse-tilsetning produseres i utgangspunktet av et ferdighusfirma fra eget prosessavfall. Isolasjonen komprimeres i åpne konstruksjonselementer som deretter lukkes og fraktes til byggeplassen for montering. Det sementinnblandede produktet leveres som løsmasse for isolering in situ og blåses inn.

For begge produktene gjelder det at flisen lett lar seg hentes ut i en rivningsfase blant annet ved bruk av oppsugingsutstyr. Ombruk av flismassen anses som kurant, men forutsetter trolig en ny renseprosess.



Figur 4: Isolering med rensed kutterflis på typehusfabrikk i Tyskland. Foto: Baufritz



Figur 3: Snittdetalj av hushjørne isolert med rensed kutterflis. Foto: Baufritz

3.2 Defibrert tremasse

Løsfyllisolasjon i form av defibrert tremasse minner mye om den mer utbredte celluloseisolasjonen og har vært tilgjengelig på det nordeuropeiske markedet siden 1980-

²⁴ *Hoiz S45* produsert fra 1992 av Baufritz

²⁵ *Climate Chips* produsert fra 1997 av firma med samme navn. Sementandel ca. 25%.



tallet, etter hvert fra flere produsenter²⁶. Det er lite som skiller basisproduktene fra de ulike fabrikantene, men det forekommer gjerne spesialprodukter som tilfredsstiller strengere brannkrav.

Defibrert tremasse er i seg selv også utgangspunktet for alle matte- og plateproduktene og produseres fra ferske bartrær, men også avfallsvirke fra treindustrien og rivningsvirke kan benyttes. Basisproduktene tilsettes brannhemmer i form av ammoniumfosfater i andel på ca. 5 %²⁷. For oppfyllelse av strengere brannkrav er det vanlig å supplere med borater i andel på ca. 10 %. Borater har også sopphekkende effekt. Massen komprimeres og pakkes i sekker for transport til byggeplass.

Tremassen blåses i konstruksjonene, vanligvis fra innsiden. Her er det to metoder i bruk; enten lukket innblåsing gjennom utboringer i kledningen eller åpen påblåsing som kles inn i etterkant²⁸. Det er antatt at sistnevnte gir best sikkerhet for full utfylling. For å forebygge senere setninger er det vanlig å legge inn horisontale lekter i hulrommene eller installere fibermassen med inntil 20 % overhøyde i en ribordskonstruksjon. Det er også avgjørende at det blåses inn med tilstrekkelig densitet. Som minimumsdensitet er anslått 65kg/m³ for å unngå setning under varierende fuktforhold²⁹. Med god kontroll på fuktpåvirkningene vil man trolig kunne reonsere noe på densiteten.



Figur 5: Defibrert tremasse i bjelkelag

Ved senere demontering kan tremassen hentes ut i inntakt tilstand med konvensjonelt sugestyr. Det er antatt at denne uten videre kan ombrukes.

3.3 Matter

Trefiberbaserte isolasjonsmatter er relativt nye på markedet, men allerede med flere sentraleuropeiske produsenter³⁰. Mattene er elastiske, leveres i tykkelser fra 40-200mm og med dimensjoner tilpasset montering i stenderverk og bjelkelag. Vekt varierer mellom 40 og 55 kg/m³, men produkter helt ned i 10 kg/m³ er under utvikling³¹.

Produksjonen av mattene tar utgangspunkt i defibrert tremasse som bearbeides videre i en tørr prosess, se *Boks 2* i avsnitt 2.2. Som limstoff benyttes vanligvis polyolefinfibre i andel 6-10 %, men det leveres også produkter limt med maissstivelse³². Som brannhemmende tilsetning

²⁶ I første rekke Termoträ (*Termoträ*), Thermocell (*Thermocell*) og Steico (*Steico Zell*)

²⁷ I *SteicoZell* og *Termoträ* forekommer også borater i basisproduktet, henholdsvis med 2 % og 0,02 %.

²⁸ En midlertidig inndekking med transparent glassfiberduk sørger for at støvnivået i rommet holdes nede.

²⁹ *Valbjørn Rasmussen 2002, Hansen 2001*

³⁰ Aktuelle produsenter er Gutex (*Thermoflex*), Homann (*Holzflex*) og Steico (*SteicoFlex*).

³¹ Ved Technische Universität Dresden, *Wimmer 2001*

³² *Holzflex Mais* fra Homann



benyttes nesten utelukkende ammoniumsulfater. Det tilsettes normalt ikke sopphekkere i matteproduktene.

Som for vanlig mineralullisolasjon plasseres mattene i svakt klem i stenderverk og bjelkelag. Det er utviklet verktøy i form av kniver og sager for effektiv oppdeling og tilpasning. Også båndsg kan benyttes.

I en rivningsfase vil mattene være enkle å hente ut. Eventuelt ombrukspotensial avhenger av om elastisiteten er inntakt. Erfaringer mangler imidlertid, og det er grunn til å anta at aldringsprosesser i limtilsetningene vil være avgjørende.



Figur 7: Matter, komprimert og pakket.
Foto: Steico



Figur 6: Montering av matter i stenderverk

3.4 Plater

Det er en rekke produsenter av porøse trefiberplater på det europeiske markedet, og de fleste av dem leverer et bredt produktspekter. Vi kan grovt dele produktene inn i to hovedgrupper etter vekt; *lette plater*³³ 110-170 kg/m³ og *tunge plater*³⁴ 240-350 kg/m³. De lette platene leveres i tykkelser fra 20 til 200mm og de tunge fra 6-160mm. De tykke versjonene er gjerne laminert fra tynnere plater. Trykkfastheten varierer mellom 20 og 200 kN/m² for de lette platene og mellom 100-300 kN/m² for de tunge. Den store variasjonen i dimensjon og ytelse forteller at vi har å gjøre med et rikt spekter av bruksområder.

De lette platene har noe bedre varmeisolerende egenskaper og hovedfunksjonen vil fortsatt være varmeisolasjon. Enkelte av de lette platene³⁵ kan benyttes som varmeisolasjon i stenderverk og bjelkelag, mens det for resten utelukkende vil være snakk om montering kant i kant utenpå konstruksjoner i vegg og tak som dermed oppnår løsninger uten kuldebroer. Her

³³ Aktuelle produsenter er Glunz (*Agepan* m.fl.), Gutex (*Thermosafe* m.fl.), Koniecpol (*Thermo Blocks*), Pavatex (*Pavatherm* m.fl.), Steico (*Steicotherm* m.fl.), Smrecina Hofatex (*Hofatex Therm* m.fl.).

³⁴ Aktuelle produsenter er Finnish Fibreboard (*Lion Softboard*), Homann (*Homatherm* m.fl.), Hunton Fiber (*Hunton silencio* m.fl.), Pavatex (*Isolair* m.fl.), Smrenica Hofatex (*Hofaplat* m.fl.), Steico (*Steicospecial* m.fl.)

³⁵ Eksempelvis *Thermosafe* fra Gutex og *SteicoTop* fra Steico som begge er produsert i tørr prosess.



er så vel bindingsverkskonstruksjoner som massivtrekonstruksjoner aktuelle. Med få unntak oppfyller samtlige plateprodukter da krav til trykkfasthet med god margin³⁶.

For de tunge platene er klimabeskyttelse i kombinasjon med avstiving ofte vel så viktige bruksområder som varmeisolering, og plater behandlet med fuktavvisende midler brukes gjerne som sutakplater og vindtetting. For å oppnå god vindtetting er det i tillegg nødvendig å utstyre platene med et toppsjikt av særlig fin masse³⁷. Det produseres også plater med funksjon som utvendig pussbærer³⁸. Et annet betydelig bruksområde for tunge plater er lyddempende underlag for golv³⁹.

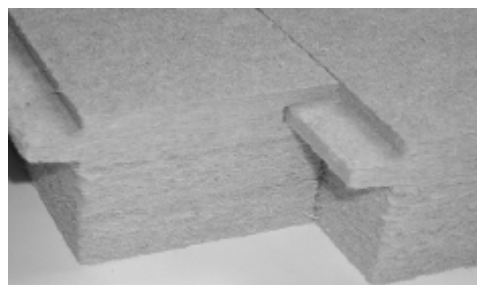
Platene produseres både i tørr og våt prosess, se *Boks 2* i avsnitt 2.2. I tørr prosess er den vanlig å benytte polyuretanlim eller polyolefin smeltefibre i andeler på henholdsvis 4 og 10 %. I våt prosess utnyttes det naturlige bindemiddelet lignin i trevirket⁴⁰, og det er nødvendig med råstoff av ferskt virke. Likevel er det mulig å spe med noen prosent returpapirmasse.

I flere av produktene benyttes tilsetninger av brannhemmere som ammoniumsulfater- og fosfater i andeler opp til 3 %. Det tilsettes også ofte aluminiumsulfat for å påskynde utskillelsen av lignin i våt prosess. Produkter som framstilles i våt prosess må lamineres til tykkelser over ca. 30mm. Da benyttes PVA-lim eller vannglasslim i andel inntil 2 %.

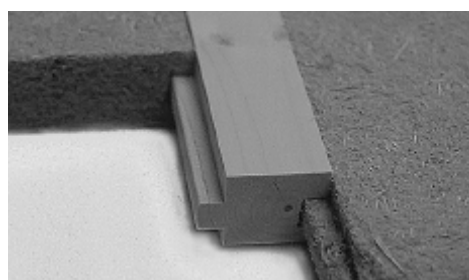
I fuktutsatte funksjoner som vindtetting, sutak og tildels stubbloftsplater er det vanlig å tilsette fuktavvisende midler som bitumen, lateks og parafin voks og i noen grad kolofonium og vannglass, vanligvis i andeler på noen få prosent, men i noen tilfeller opp til over 20 % for bitumen⁴¹. Kolofonium tilsettes gjerne i kombinasjon med stivelsesklister.

Det benyttes normalt ikke sopphekkende tilsetninger i plateproduktene.

De fleste platene leveres med rette kanter. Men produkter for utvendig isolering og vindtetting er gjerne utstyrt med not og fjær for å forebygge luftlekkasjer. Trefiberplatene kan lett tilpasses og oppdeles med kniv og sag. Festing til konstruksjonen skjer normalt med stifter og skruer. For enkelte produkter, særlig knyttet til



Figur 8: For utvendig isolering benyttes gjerne plater med not og fjær for å forebygge luftlekkasjer. Foto: Pavatex.



Figur 9: Trinnylidsplate uten spikring. Foto: Pavatex.

³⁶ Anbefalt minste trykkfasthet for isolasjonsmaterialer på kompakte tak er 15 kN/m², *NBI Byggdetaljblad 525.207*

³⁷ Dette er en forutsetning for å oppfylle krav etter Norsk standard 3261. Plater fra sentral-Europeiske produsenter er normalt ikke utstyrt med dette sjiktet.

³⁸ Eksempelvis Gutex *Thermowall*/-gf og Homann *Homatherm DHD Putzfassade*, Pavatex *Diffutherm*.

³⁹ Blant annet *Hunton Silencio* fra Hunton Fiber som leveres i tykkelser fra 4-36mm.

⁴⁰ Supplement med fenol-resorcinol lim forekommer i noen produkter, i andeler 1-2%. Også bitumentilsetninger vil forbedre bindestyrken.

⁴¹ Produktene klassifiseres i bestandighetsgrupper etter *EuroNorm 1609*, der det er en tendens til at bitumentilsatte produkter kommer best ut.



trinnlydisolering av golv, legges platene løst mellom innfestingslister.

I en rivningsfase er det stor risiko for at stiftede plater skades og går i oppløsning. Ombrukspotensialet må således regnes som lavt. Løst monterte plater har betydelig ombrukspotensial.



Figur 11: Laminert plate. Foto Gutex.



Figur 10: Utvendig isolering av tak med lette plater som etterpå inndeckes med undertaksplate. Overliggende lekteverk festes til sperrene med lange rustfrie stålskruer. Tilsvarende metode benyttes for vegg. Foto: Gutex.



4.0 Tekniske egenskaper

Trebaserte produkter er i all hovedsak teknisk på høyde med konvensjonelle isolasjonsmaterialer av mineralull og plast. Når det gjelder inneklimatekniske aspekter som termisk komfort og stabilisering av luftfuktighet, kan det se ut til at de generelt kommer bedre ut. Hovedbegrensningene knytter seg i første rekke til brennbarhet og følsomhet for større fuktpåkjenninger.

4.1 Varmetekniske egenskaper

En konstruksjon med gode varmetekniske egenskaper beskytter mot varmetap om vinteren og overoppheting om sommeren. De varmetekniske egenskapene bestemmes vanligvis av produktens varmekonduktivitet (isolasjonsevne) og varmekapasitet (varmelagringsevne).

Typer	Vekt [kg/m ³]	Varmekonduktivitet (λ -verdi) [W/(mK)]	Varmekapasitet [J/(kgK)]
Kutterflis, renset	80	0,045	2100
Kutterflis renset	125	0,055	2100
Defibrert tremasse	35-48	0,038-0,040	
Trefibermatter	40-55	0,039	2100
Trefiberplater, lette	110-170	0,040-0,045	2100
Trefiberplater, tunge	240-350	0,045-0,055	2100
Glassull	15-30	0,034-0,040	1030
Steinull, trykksterk	≥ 100	0,034-0,040	1030
Plastisolasjon	20-30	0,034-0,041	1450
Celluloseisolasjon	30-60	0,039-0,043	1600

Tabell 2: Varmetekniske egenskaper for trebaserte isolasjonsmaterialer og konvensjonelle produkter. Varmekonduktiviteten er grovt angitt for materiale i fuktbeskyttet bygningsdel og tar utgangspunkt i deklarete verdier. Kilder: Leverandørinformasjon og Byggforsk Byggedetaljer 573.344.

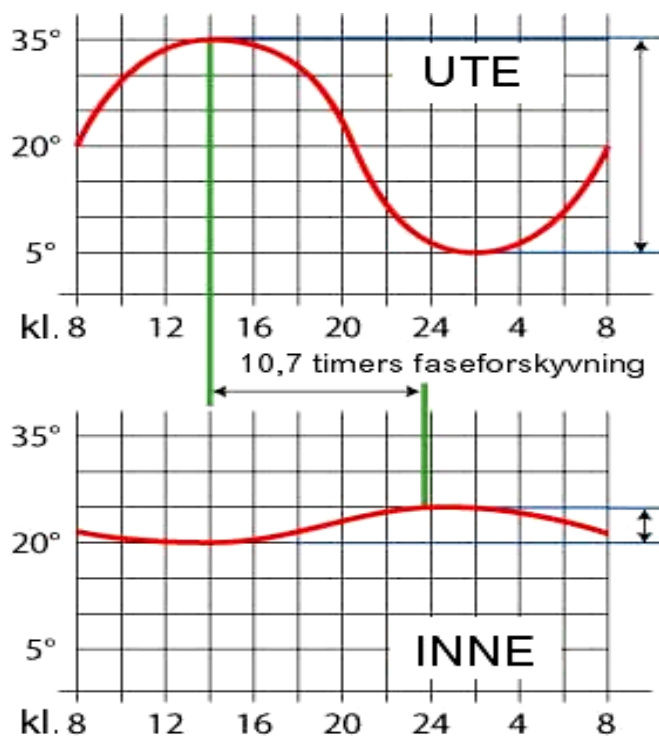
De aktuelle trefiberproduktene har varmekonduktivitet i området 0,038 – 0,055 W/(m K). Mens fukt i materialet vanligvis raskt går utover varmekonduktiviteten i konvensjonell mineralull er betydningen marginal for trebaserte isolasjonsprodukter⁴². De trebaserte produktene er også generelt mer kompakte og således mindre utsatt for intern konveksjon⁴³ (luftsirkulasjon).

I forhold til konvensjonelle isolasjonsmaterialer har trefiberproduktene relativt høy varmekapasitet. Denne øker med vekten og gjelder således særlig plateproduktene. Høy varmekapasitet beskytter i første rekke mot overoppheting om sommeren. Og omfanget av slike komfortpåkjenninger vil øke i takt med forventet temperaturstigning på inntil 6 grader i inneværende århundre. Konstruksjoner med høy varmekapasitet vil således kunne redusere behovet for energikrevende kjøleutstyr. se også *Figur 12*.

⁴² Hansen 2001, Mühlethaler 2006. Bakgrunnen er at hulrommene i cellene i stor grad forblir vannfrie ved fuktighet helt opp til ca. 35 % ettersom vannet lagres i celleveggene.

⁴³ For defibrert tremasse vil luftgjennomgangen være ca. 30 % av tilsvarende for mineralull. For faste produkter ytterligere forbedringer.





Figur 12: Temperaturforløp over et sommerdøgn henholdsvis på utsiden og innsiden av en vegg med trebasert isolasjon, etter Gutex. Så vel temperaturdempingen som temperaturforsinkelsen (faseforskyvningen) gjennom vegg er betydelig. Faseforskyvningen bør helst være 10-14 timer. Varmen kan etter dette lett veksles ut med kjølig luft gjennom bygningens ventilasjonsåpninger.

4.2 Fukttekniske egenskaper

For å unngå mikrobiologisk vekst regner man normalt med at fuktinnholdet i trematerialer ikke skal overskride 20 % over lengre tid. Dette er vanligvis helt uproblematisk i rene trekonstruksjoner, men det finnes eksempler på soppskader i trebaserte isolasjonsmaterialer montert innvendig på murverk og i uluftede skallmurer. Man skal heller ikke benytte trebaserte produkter i tilknytning til grunnmurer og dekker på grunnen. Det kan også synes betenkelig å bruke trebasert plateisolasjon i kompakte flate tak, selv om dette anvises som aktuell løsning fra flere leverandører. Med disse unntakene må de trebaserte isolasjonsproduktene anses som meget robuste.

Treprodukter er naturlig hygroskopiske og vil i større grad enn mineralull tåle noe oppfukning. Det er således vanlig å beskrive vegger isolert med trebaserte isolasjonsmaterialer uten konvensjonelle dampsperrer⁴⁴. Dette åpner mulighetene for mer robuste konstruksjonsløsninger som ikke er avhengig av sårbare plastfolier⁴⁵ og for å benytte isolasjonsmaterialenes fuktbufferende egenskaper til å utjevne fuktighet i inneluften. Selv om innvendige kledninger alltid vil være primærbuffer har forsøk vist at også isolasjonssjiktet kan bidra her⁴⁶. Effekten øker med synkende ventilasjonsnivå, men har allerede ved 0,5

⁴⁴ Pedersen 2000

⁴⁵ Adalbert 1998

⁴⁶ Peuhkuri 2003, Padfield 1999



omsetninger per time vært registrert som vesentlig⁴⁷. Det er også registrert betydelig diffusjon av gasser gjennom porøse ytterveggkonstruksjoner, noe som vil kunne bidra til ytterligere forbedring av inneluftkvaliteten⁴⁸.

4.3 Branntekniske egenskaper

De trebaserte produktene er i utgangspunktet brennbare. Kutterflis, matter og plater er gjennomgående klassifisert til Euroklasse E⁴⁹, som innebærer at de antas å ikke gi vesentlig bidrag til brannspredning⁵⁰. Produkter av defibrert tremasse er normalt uklassifiserte.

Brennbar isolasjon kan generelt benyttes i alle bygninger i risikoklasse 1, 2 og 4 i brannklasse 1⁵¹. Som hovedprinsipp gjelder da at den mot innvendige rom skal beskyttes mot antennelse i minst 10 minutter ved standard brannpåkjenning⁵². På utvendig side kreves også brannbeskyttelse⁵³. For boliger i inntil 3 etasjer og lave bygninger er det imidlertid tilstrekkelig at isolasjonsmaterialene i seg selv tilfredsstillere Euroklasse E⁵⁴. Dette gjelder også basisproduktene av defibrert tremasse der egenskapene er dokumentert ved prøving⁵⁵. Slik isolasjon som ikke er tildekket på loft må imidlertid fortsatt tilfredsstillere Euroklasse E. Dette kan et stykke på vei bøtes på ved å tilsette større mengder brannhemmere, i første rekke borater.

Brennbar isolasjon som er inndekket kan i tillegg og uavhengig av brannklasse benyttes i tykkelse inntil 30mm som underlag for flytende golv eller i forbindelse med vannbasert golvvarme⁵⁶. Brennbar isolasjon er også akseptert i kompakte tak med areal under 400m² under forutsetning av tilstrekkelig brannteknisk tildekking og oppdeling mot brannvegger, gjennomføringer etc.

Ytterligere utvidelse av bruksområdet for trebasert isolasjon kan oppnås gjennom dokumentasjon ved prøving. Det vil også være aktuelt med kompenserende tiltak for å muliggjøre bruk i større bygninger. Aktuelt kan her være sprinkleranlegg.

⁴⁷ *Simonson 2001* som påviser en reduksjon i relativ fuktighet på opptil 20 % i en soveromssituasjon med utnyttelse av fuktuffrende egenskaper i så vel kledning som isolasjonssjikt, noe som anslås til å doble antallet beboere fornøyd med temperatur og luftkvalitet.

⁴⁸ *Simonson 2001*. Ved luftskifte 0,5 omsetninger per time ble det registrert en effektiv økning i ventilasjon av gasser, henholdsvis med ca. 10 % for CO₂ (lett) og 5% for SF₆ (tung).

⁴⁹ Etter EN 13501-1 "Overtenning før 2 minutter". Tilsvarende Baustoffklasse B2 "Normal entflammbar" etter DIN 4102-1.

⁵⁰ Statens Bygningstekniske Etat *Rett og slett* s 52.

⁵¹ Se Byggforsk Byggedetaljblad 520.339 og *Hansen 2003*

⁵² For vegg og himlinger innebærer dette kledning klassifisert som K10/A2-s1,d0. Aktuell utførelse vil være gipsplate med tykkelse minst 13mm. For oversiden av etasjeskiller er det tilstrekkelig med K10/D-s2,d0, tilsvarende golvbord eller parkett med tykkelse minst 15mm.

⁵³ Aktuelt her er 9mm GU gipsplater.

⁵⁴ Statens Bygningstekniske Etat *Rett og Slett* s52

⁵⁵ Se Byggforsk Byggedetaljblad 520.339 avsnitt 74.

⁵⁶ Plater eller parkett med densitet minst 600 kg/m³ og tykkelse minst 9mm.



5.0 Miljøegenskaper

Høyverdige miljøegenskaper anføres gjerne som hovedargument for trebaserte isolasjonsmaterialer⁵⁷.

Produkters miljøegenskaper deles inn i *ressurseffekter* og *forurensningseffekter*. Mens ressurseffektene beskriver utnyttelsen av klodens råvarer, tar forurensningseffektene for seg utslipp av drivhusgasser og andre miljøskadelige stoffer fra produksjon og bruk av produktene. I så vel produksjon som ved riving utvikles avfall. Avfallsbehandlingen har både forurensnings- og ressursaspekter. I det følgende er ulike miljøkonsekvenser knyttet til trebaserte isolasjonsprodukter diskutert. Foruten hovedinndelingen i *ressurseffekter* og *forurensningseffekter* er *avfall* behandlet i eget avsnitt. Som eget tema behandles også *inneklimate*, se *Boks 4*.

Kapittelet avsluttes med en forenklet miljøvurdering der ulike trebaserte isolasjonsmaterialer evalueres innbyrdes og i forhold til konvensjonelle isolasjonsmaterialer av mineralull.

5.1 Ressurseffekter

For de trebaserte isolasjonsmaterialene vil ressurseffektene omfatte materialer, vann og energi.

Materialer. Basisråvaren for trebasert isolasjon er lavkvalitets trevirke⁵⁸. Til produkter basert på våt prosess må det benyttes relativt ferskt virke der ligninet er tilgjengelig. Aktuelle fraksjoner vil her være sagbruksavfall som bakhon, vind- og snø-brekkasje. For plater og matter produsert i tørr prosess kan også gammelt virke, blant annet fra rivninger, benyttes. Denne muligheten gjelder også for produkter av kutterflis og defibrert tremasse. Samtlige produkter kan trolig spes ut med noen prosent returpapirmasse.

Tilsetningene vil i større eller mindre grad ha opphav i mineralske eller fossile råvareressurser⁵⁹. For sistnevnte vil det særlig være snakk om lim og fuktavvisende tilsetninger. Aktuelt fornybart lim-alternativ vil være basert på maisstivelse, og som fuktavvisende tilsetning kan blant annet naturlateks benyttes. Mineralske tilsetninger har gjennomgående opphav i rike og lett tilgjengelige råvareforekomster som kalkstein, bauxitt og ulike mineralsalter. Flere av tilsetningsstoffene er også basert på biologiske og fornybare ressurser fra melk og ulike vegetabiliske råstoffer.

Vann. Mens produksjonen av kutterflis ikke forbruker vann, vil defibrert tremasse og andre produkter som er basert på defibrering, ha behov for vann i produksjonen. Forbruket vil være særlig høyt for produkter i våt prosess, anslagsvis 50-100 liter per kilo ferdig produkt. Mange

⁵⁷ Mange av produsentene på det sentraleuropeiske markedet har således gjennomført miljøevaluering og -klassifisering blant annet ved *NaturePlus* og *ØkoTest*. *NaturePlus* www.natureplus.org tilsvarer i grove trekk den skandinaviske *Svanen* og har utarbeidet eget kriteriegrunnlag for godkjenning av trefiberplater. *ØkoTest* er knyttet til det respekterte forbrukermagasinet med samme navn, se www.oekotest.de

⁵⁸ I miljømerkeordningen *NaturePlus* krever det at minst 50 % av virket er sertifisert eller stammer fra sekundærråstoffer som sagbruksrester etc.

⁵⁹ Öko-Test nedklassifiserer et trinn dersom oljeprodukter forekommer i mer enn 1% (vekt) av produktet.



produsenter benytter imidlertid lukket vannkretsløp med 80-90 % gjenvinning av prosessvann.

Energi. Det produksjonsmessige energiforbruket fordeler seg på råvareutvinning, råvaretransport og fabrikasjon.

Transport av råvarer og halvfabrikata kan være betydelig innen trenæringen og utgjør en vesentlig del av den samlede energiinnsatsen⁶⁰.

I fabrikasjonsprosessene varierer energiinnsatsen mye de ulike basisproduktene imellom. Særlig kommer kutterflisproduktene meget bra ut. Her er det i første rekke snakk om mekaniske prosesser som hogst, transport, oppdeling og sikting. Dette er likevel nesten utelukkende prosesser som baserer seg på elektrisitet og fossilt brensel.

Produksjonen av defibrert tremasse og de ulike matte- og platetypene innebærer større energiinnsats ettersom det involveres så vel nedfuktings- som uttørkingsprosesser. Og forbruket vil være særlig høyt i produksjon av plater i våt prosess⁶¹. Samtidig ser vi at dette i stor grad har utgangspunkt i oppvarmings og tørkeprosesser på et relativt lavt temperaturnivå⁶², oftest godt under 200 °C. Dette innebærer at biobrensel og til dels også solenergi vil være relevante alternativer⁶³.

I energisammenheng er det også vanlig å ta i betraktning produktets brennverdi. Poenget her er at råvaren i stedet kunne vært benyttet til brensel, og i flere tilfeller vil brennverdien helt eller delvis være fjernet fra produktet ved at tilsetninger gjør det ubrennbart eller bare betinget brennbart ved at det slippes ut betydelige forurensningsutslipp ved forbrenning. For celluloseisolasjon er det registrert at større andeler brannhemmende midler reduserer brennverdien til 60 %⁶⁴, og vi kan regne med at de mest brannherdige trebaserte isolasjonsproduktene vil ligge i dette området. For de andre produktene kan vi anta at reduksjonen i brennverdi vil være lavere og til dels ubetydelig. Unntak vil imidlertid et stykke på vei gjelde produkter med tilsetninger som krever særlig røykgassrensing, eksempelvis bitumen og polyuretan.

5.2 Forurensningseffekter

For de trebaserte isolasjonsmaterialene vil forurensningseffektene i første rekke omfatte miljø- og helseskadelige kjemikalietilsetninger, utslipp av eutrofierende stoffer og klimagasser.

Helse- og miljøskadelige kjemikalier. Trevirke er i seg selv helt uproblematisk med mulig unntak for støvbelastninger fra produksjonen og isolasjonsarbeide med løsfyll⁶⁵. Noen av

⁶⁰ I merkeordningen *NaturePlus* kreves det at 80 % av treråvarene må komme fra en omkrets på maks 300 lastevogn-km-ekvivalenter. 1 km lastevogn = 2,5 km jernbane = 27 km båttransport hav = 4 km båttransport ferskvann.

⁶¹ Unntak her vil være plater med større bitumentilsetninger. Ettersom limeffekten av bitumen er betydelig kan det reduseres så vel på defibreringen som oppvarmingsprosessene slik at energiforbruket blir omtrent som for plater framstilt i tørr prosess.

⁶² Over 50 % for plater i våt prosess, ca. 30 % for plater i tørr prosess og ca. 25 % for defibrert tremasse.

⁶³ Prosessvarme under 200 grader kan normalt produseres fra solenergi med back-up av bioenergi, *Berge 2000*

⁶⁴ *Krogh 2001*

⁶⁵ Risiko knyttet til innånding av støv fra bartrær er lite undersøkt.



tilsetningene som benyttes i de trebaserte isolasjonsproduktene er imidlertid enten i selv regnet som miljø- og helseskadelige eller produsert i prosesser der slike stoffer inngår, se oversikt i *Tillegg 1*. Dette gjelder særlig for matte- og plateprodukter produsert i tørr prosess, samt for fuktbestandige plater. Mest problematiske her vil være ulike kjemikalier basert på naturolje, som bitumen, polyuretanlim, men også naturlig kolofonium vurderes som uønsket. Til alle disse tilsetningene finnes det imidlertid alternativer, blant annet naturlateks og parafinvoks som fuktavvisende tilsetninger og maisstivelse som lim.

Også bruken av borater i enkelte produkter av defibrert tremasse må anses som problematisk. Borat-tilsetningene har i første rekke som oppgave å redusere brennbarheten utover det som kan oppnås med ammoniumforbindelser, og det er foreløpig ikke tilgjengelige alternativer.

I en avfallsfase vil miljø- og helseskadelige tilsetninger kunne tilsive grunnvann og jordsmonn ved deponering. Ved energigjenvinning vil det for enkelte av tilsetningene kunne oppstå nye og mer aggressive avgasser.

Boks 4: Inneklima

Ettersom isolasjonsmaterialene vanligvis ligger innbakt i konstruksjonen vil de ikke uten videre påvirke inneklimaet. Unntak vil i første rekke gjelde når de utsettes for fukt med påfølgende nedbryting av materialer og dannelse av sopp. Sopp sporer og ulike nedbrytningsstoffer vil ofte være i stand til å trenge igjennom til inneluften. Den betydelige fuktkapasiteten i de trebaserte isolasjonsmaterialene innebærer imidlertid at risikoen er liten. Unntak har likevel vært registrert for det beslektede produktet cellulosefiber etter fuktig mellomlagring på byggeplass.

I prinsippet vil også gassdannelser i produktene kunne trenge igjennom til inneklimaet. Her er naturlig formaldehyd i trevirke en mulig kilde, men har i undersøkelser vist seg som marginal⁶⁶. Det vil også være en viss risiko for avgassing fra tilsetningsstoffer. Aktuelt her vil være bitumenholdige produkter, men risikoen regnes som liten ved bruk som utvendig vindspærre. Det har også vært spekulert i om tilsetninger av ammoniumsulfater kan avspalte ammoniakk på varme dager⁶⁷, men uten at dette har vært undersøkt nærmere. Når polyuretanlim har vært benyttet som bindemiddel i plater, kan vi heller ikke se bort fra en risiko for avspalting av ureagerede isocyanater. Selv om dosene vanskelig vil kunne måles dreier deg seg om hyperreaktive stoffer som kan medføre problemer for disponerte allergikere.

Generelt kan imidlertid trebasert isolasjon regnes som gunstige i inneklimasammenheng. Med i bildet hører også gode lysisolerende egenskaper og mulige potensialer knyttet til temperaturutjevning, fuktbuffering og gassdiffusjon som omtalt i kapittel 4.

Eutrofierende stoffer. Produksjonen av produkter basert på defibrert tremasse vil kunne medføre store utslipp av organisk materiale, nitrogen og fosfor til vann, med gjengroing som mulig resultat. De fleste produksjonsbedriftene vil imidlertid være utstyrt med renseanlegg, vanligvis i form av sedimenteringsdammer. Her hentes det faste stoffet ut og dels gjenvinnes i produksjonen, dels komposteres⁶⁸. For flere sentraleuropeiske produsenter benyttes lukkede vannkretsløp uten utslipp av eutrofierende stoffer.

Klimabelastning. For de trebaserte isolasjonsmaterialene vil klimabelastningene primært være knyttet til utslipp av CO₂ fra bruk av fossil energi i produksjonen, enten direkte eller indirekte via produksjonen av elektrisitet.

⁶⁶ Undersøkelse av formaldehydavgivelse inngår i miljøsertifisering i *NaturePlus*.

⁶⁷ *Krogh 2001*

⁶⁸ Hunton Fiber på Gjøvik har på denne måten redusert utslippene til et minimum.



Konvensjonell produksjon foregår i dag nesten utelukkende med fossil energi i kombinasjon med elektrisitet. Potensialet for å erstatte store deler av dette med klimanøytral bioenergi eventuelt i kombinasjon med solenergi er, som nevnt i avsnitt 5.1, klart til stede.

I flere av trefiberproduktene benyttes naturoljebaserte tilsetninger som bitumen, polyuretan og polyolefiner. Ved energigjenvinning av rivningsavfall vil disse medføre netto utslipp av CO₂ som må regnes som tilleggsbelastning fra produktet.

Som nevnt i rapportens innledningskapittel bryter trevirke ned CO₂ gjennom fotosyntesen og lagrer det som karbon i egen biomasse. Med utgangspunkt i at rent tørt trevirke representerer en binding av ca. 1,8 kg CO₂/kg, kan vi anta at det tilsvarende for de trebaserte isolasjonsproduktene med treandeler rundt 95 % vil være ca. 1,6 kg CO₂/kg. Denne bindingen varer ved helt til produktet brennes eller brytes ned ved kompostering⁶⁹.

Mange av treproduktene er relativt tunge og vil således være ansvarlig for større transportmessige utslipp knyttet til bruksfasen. Et stykke på vei vil dette kunne kompenseres ved at flere av produktene er egnet for lokal produksjon og avfallsbehandling.

5.2 Avfall

Som avfallsbehandling er det vanlig å prioritere i følgende rekkefølge: Ombruk, materialgjenvinning, energigjenvinning, deponering.

Løs isolasjonsmasse og matter kan uten videre ombrukes. Dette gjelder også for plater, men forutsetter at disse er festet med skruer eller klemlister. Stiftede plater vil lett gå i oppløsning med størst risiko for de mest porøse produktene. Forbehold her vil gjelde for produktenes aldringsbestandighet der særlig usikkerhet vil knytte seg til tilførte limstoffer.

Materialgjenvinning vil kunne være aktuelt ved at produktene rives/hogges opp, eventuelt at det gjennomføres ny defibrering ved at limbindingene løses opp med damp⁷⁰. Mulige bruksområder vil da være råvaregrunnlag for ny plateproduksjon i tørr prosess, samt papirproduksjon.

Ved energigjenvinning utnyttes virkets opprinnelige brennverdi, riktignok begrenset av eventuelle tilsetninger av brannhemmende stoffer og stoffer som krever særlig røykgassrensing. I prinsippet skal alle innblandede produkter spesialforbrennes⁷¹. Det vil imidlertid være stor forskjell produktene imellom. Særlige problemer vil knytte seg til polymere tilsetninger, blant annet polyuretan. Også i asken vil det forekomme forurensende rester, i første rekke fra uforbrente mineralske tilsetninger.

⁶⁹ Det er vanlig å godskrive hele denne bindingseffekten i produksjonsorienterte miljøevalueringer, se *Weibel 1995, Buschmann 2003, Mötzl 2000* etc. Når et livsløp på 50 år skal vurderes, kan det vurderes som riktignok å kalkulere med 50 %, se *Berge 2002*. Bakgrunnen for dette vil være at man ved fastsettelsen av GWP (Global Warming Potential) i Kyoto-protokollen forholder seg til en overordnet tidshorisont på 100 år, som tilsvarer forventet levetid for CO₂ i atmosfæren. Dette er imidlertid meget omdiskutert.

⁷⁰ Dette har vært forsøkt med suksess i Storbritannia, se *Kearley 2005*.

⁷¹ *EU's Forbrenningsdirektiv*. Det er grunn til å anta at forventet bedre innholdsmerking av produkter vil gjøre det mulig å også skille mellom problematiske og uproblematisk tilsetninger.



Ettersom avfallet ikke består av rent trevirke vil det ende opp på deponi der det ikke er tilgjengelig forbrenningsanlegg med røykgassrensing. Dette gjelder også for særlig fuktig avfall, blant annet prosessavfall fra produksjon av plater. Mye vil da kunne komposteres uten problemer. Denne løsningen karakteriseres ofte som *Globalgjenvinning* og blir ofte rangert som mer ønskelig enn energigjenvinning⁷². En vellykket kompostering forutsetter imidlertid at materialet er fritt for helse- og miljøskadelige ingredienser. Samtidig bør særlig tungt nedbrytbare tilsetninger, i første rekke polymerer, unngås. For produkter med tilsetninger av bitumen, borater, aluminiumsforbindelser m.m. kan vi regne med utvasking av uheldige stoffer til jordsmonn og grunnvann.

5.4 Miljøevaluering

Det er foretatt en sammenligning av de ulike trebaserte isolasjonsmaterialene der samtlige produkttyper evalueres innbyrdes og i forhold til konvensjonell glassullisolasjon (vekt 20 kg/m³). Plateproduktene evalueres også mot trykksterk isolasjon av steinull (vekt 140 kg/m³). Innen de enkelte produktene vurderes også distinkte variasjoner. Fokus utover dette er produkter der varmeisolasjon er hovedfunksjon. Produkter som primært er vindtettende/fuktavvisende er ikke behandlet.

Som evalueringsmetode benyttes en forenklet tilpasning av EcoProduct-systemet⁷³. Her gjennomføres først en rekke devalueringer innen områdene *Forurensningseffekter* og *Ressurseffekter* som til slutt settes sammen i en hovedevaluering med endelige miljøprofiler. Devalueringene er i sin helhet presentert i *Tillegg 2*. Se mer om evalueringsgrunnlag i *Boks 5*.

Boks 5: Evalueringsgrunnlag

Datagrunnlaget for de trebaserte produktene er framskaffet gjennom produsenter⁷⁴ og relevant litteratur⁷⁵. Det har i denne sammenheng ofte vært nødvendig å gjøre grove forenklinger som i større grad avspeiler generelle tendenser enn spesielle egenskaper ved enkeltprodukter.

Inneklimavurdering etter ECOProduct er utelatt ettersom den må anses som lite relevant for produktgruppen. Systemgrensen for vurderingene er hele livsløpet, ”vugge-til-grav”, men med følgende unntak:

- Transport av ferdigvarer og avfall er ikke inkludert. Dette er i tråd med prosjektets premiss om mer lokal produksjon.
- Arbeidsinnsats til oppføring og riving er ikke medtatt. Dette vil ha marginal betydning, og må samtidig regnes som omtrentlig likeverdig for de ulike produktene.
- Klimagassutslipp fra energigjenvinning av avfall er ikke inkludert. Dette vil i første rekke gjelde produkter med ingredienser basert på fossile råstoffer og kan utgjøre betydelige bidrag. Problematikken er imidlertid generelt lite undersøkt og dimensjoneringen er således usikker.

⁷² Løfflad 2002, Sassi 2006

⁷³ Fra NAL/ECobox 2006. Metodebeskrivelse i Strand-Hanssen 2006, www.arkitektur.no. Forenklingen består i hovedsak av at antallet kriterienivåer er noe redusert og tilpasset produktgruppen. Det er samtidig foretatt en relativisering der det benyttes referanseverdier fra henholdsvis glassull og steinull. Dette innebærer at evalueringene ikke er direkte overførbare til ECOProduct-databasen der andre referanseverdier vil være benyttet. Vær også oppmerksom på at det dreier seg om generelle vurderinger på produktgruppenivå, mens ECOProduct er en produktspesifikk metode. ECOProduct-metoden er for øyeblikket under revisjon.

⁷⁴ Se produsentoversikt i *Tillegg 3*. I overkanten av halvparten har bidratt med produktinformasjon. Supplerende opplysninger er blant annet hentet fra nettsteder publisert av produsenter, godkjenningsordninger etc.

⁷⁵ Blant annet *Möitzl 2000*, se ellers litteraturlisten



I hovedevalueringen er de trebaserte produktene ikke godskrevet for CO₂-binding. Det er heller ikke vist effekten av potensialet for økt bruk av energi fra biomasse/sol. Betydningen av CO₂-binding og alternative energikilder er imidlertid undersøkt nærmere i de alternative evalueringstabellene i *Tillegg 2*.

Som grunnlag for evaluering av *Drivhuseffekt* benyttes gjennomsnittlige utslippsbelastninger fra Europeisk elektrisitetsproduksjon⁷⁶. Konsekvensene av elektrisitetsproduksjon med vannkraft er vist som alternative verdier i Evalueringstabell 3 i *Tillegg 2*.

Som funksjonell enhet (FU) benyttes 1 m² av produktet til tykkelse med varmemotstand R= 1 m²K/W. Der devalueringene forutsetter referanseverdier benyttes henholdsvis verdier fra glassull og steinull⁷⁷.

Produkter	Versjoner	Forurensningseffekter			Ressurseffekter				
		Helse- og miljøfarlige stoffer i produktet	Helse- og miljøfarlige stoffer i produksjonen %	Drivhuseffekt,	Type råmateriale	Type energi	Mengde energi	Type avfalls-handtering	Mengde avfall
Renset kutterflis	u/ sement-innblanding	1	1		3		3		4
		1		3			3,33		
Defibrent tremasse	m/ ammonium-tilsetninger	2	3		3,1		4		2
		2,5		5			3,7		
	m/ bor-tilsetninger	7	3		3,1		4		4
		5		5			3,7		
Matter	m/maislim	2	3		3,2		5		5
		2,5		7			4,4		
	m/polyolefinfibre	2	3		3,4		5		5
		2,5		7			4,5		
Plater, lette	Tørr prosess m/polyolefinfibre	2	3		3,2		6		5
		2,5		8			4,7		
	Tørr prosess m/polyuretanlim	2	6		3,2		6		5
	4		8				4,7		
	Våt prosess	2	3		3		6		5
		2,5		8			4,6		
Plater, tunge	Tørr prosess m/polyuretanlim	2	6		3,2		6		5
		4		8			4,7		
	Våt prosess	2	3		3		6		5
		2,5		8			4,6		
Glassull		7	7		3,3		4		4
		7		5			3,8		

Hovedevaluering 1: Miljøprofiler for trebaserte isolasjonsmaterialer og glassull. Resultatene oppsummeres med poeng i delsummer og samlesummer der laveste score innebærer beste ytelse. I ECOProduct gir 1,2,3 grønn (god), 4,5,6 gult (middels) og 7, 8 rødt (dårlig).

⁷⁶ Såkalt UCPTE-mix ca. 0,5 kg CO₂/kWh. Dette vil være et naturlig utgangspunkt for et *fotoavtrykk-regnskap*. I et *territoire-regnskap* som legges til grunn i Kyoto-avtalen vil norsk elektrisitetsproduksjon være praktisk talt utslippsfri, se også *Randers 2006*.

⁷⁷ Datagrunnlag for glassull og steinull er blant annet hentet fra *Fossdal 1995* og *Petersen 1998*. Det vil kunne forekomme generelle produktforbedringer som ikke er berørt i dette grunnlaget.

⁷⁸ ...men som ikke finnes igjen i produktet, ifølge metodebeskrivelsen i ECOProduct. Dette er lagt til grunn i evalueringen, selv om det knytter seg noe usikkerhet til hvordan det skal forstås. Hvis stoffer som forefinnes både i produksjon og produkt skal belastes begge steder vil defibrent tremasse med bor-tilsetninger rykke opp til rød samleevaluering for *Helse- og miljøskadelige stoffer*. For de andre produktene vil endringene være marginale.



Produkter	Versjoner	Forurensningseffekter			Ressurseffekter				
		Helse- og miljøfarlige stoffer i produktet	Helse- og miljøfarlige stoffer i produksjonen	Drivhuseffekt,	Type råmateriale	Type energi	Mengde energi	Type avfalls- håndtering	Mengde avfall
Plater, lette	Tørr prosess m/polyolefinfibre	2	3		3,2	5		3	
		2,5		6		3,7			
	Tørr prosess m/polyuretanlim	2	6		3,2	5		3	
		4		6		3,7			
	Våt prosess	2	3		3	6		3	
		2,5		7		4			
Plater, tunge	Tørr prosess m/polyuretanlim	2	6		3,2	6		4	
		4		8		4,4			
	Våt prosess	2	3		3	6		4	
		2,5		8		4,3			
Steinull		7	7		5,2	4		4	
		7		5		4,4			

Hovedevaluering 2: Miljøprofiler for trebaserte isolasjonsplater og trykkfast steinull. Resultatene oppsummeres med poeng i delsummer og samlesummer der laveste score innebærer beste ytelse. I ECOProduct gir 1,2,3 grønn (god), 4,5,6 gult (middels) og 7, 8 rødt (dårlig).

Som det framgår av evalueringstabellene vil samtlige trebaserte produkter oppnå god karakter for lavt innhold av *Helse- og miljøfarlige stoffer*, særlig sett i forhold til alternativene av mineralull⁸⁰. Polyuretanlimte plater kommer imidlertid noe dårligere ut enn de andre trebaserte produktene.

For de andre parametrene oppnår løsmasse-produktene gode karakterer, med kutterflis som desidert vinner. For matte- og plateproduktene er problemene større. Her vil stor *Mengde energi* basert på elektrisitet/fossile energikilder resultere i høy *Drivhuseffekt*. I sammenligning med glassull kan imidlertid trebaserte matter et stykke på vei kunne aksepteres for disse parametrene. Lette plater blir først aktuelle alternativer når det er snakk om bruk som trykkfast isolasjon⁸¹. Det kan imidlertid se ut som om tunge plater vil ha problemer med å nå opp også her.

Boks 6: Alternative evalueringer

Hvis vi tar utgangspunkt i forbedret produksjon med økt vekt på energiforsyning fra biobrensel/sol, se *Alternativ evalueringstabell 5*, vil plateproduktene komme bedre ut. Dette forandrer likevel bare fargekodingen når det evalueres mot trykksterk steinull, der så vel lette som tunge plater i våt prosess forbedrer til gul verdi når det gjelder *Drivhuseffekt*.

⁷⁹ Se fotnote 78.

⁸⁰ Vi skal imidlertid være oppmerksomme på at den dårlige karakteren for mineralullsproduktene i første rekke har utgangspunkt i irritasjonsvirkningene selve mineralfibre har på hud, og ettersom mineralfibre utgjør størstedelen av produktet blir verdien høy. For glassull inngår i tillegg borater i produksjonen som klassifiseres med *CMR-virkninger*. Likeledes brukes formaldehyd (*CMR-virkninger*) i limingen av så vel steinull som glassull, se *Tillegg 1*.

⁸¹ Det vil i denne sammenheng også være relevant å diskutere ordinær isolasjon vs. trykksterk isolasjon på et mer prinsipielt nivå. Det er usikkert om den betydelige miljøbelastningen som knytter seg til produksjon av trykksterke produkter veier opp for den smule reduksjon av transmisjonsvarmetapet som et utenpåliggende isolasjonssjikt vil innebære, se også *Myhre 2004*. Vi kan anta at det for treproduktenes vedkommende oftest vil være mest miljøeffektivt å satse på løsfyll og matter selv om dette krever ekstra utføring med treverk på for eksempel massive trekonstruksjoner. Endelig konklusjon her krever imidlertid grundigere beregninger.



Hvis karbonlagring godskrives i *Drivhuseffekt*, se *Alternativ evalueringstabell 3*, vil defibrert tremasse og matter forbedre til grønt i sammenligning med glassull. Lette plater produsert i tørr prosess vil også oppnå grønn standard når det vurderes mot trykksterk steinull. Her vil også de andre trebaserte platene avansere til gult, mens tunge plater produsert i våt prosess forblir med rød evaluering.

Ved forbedret avfallsbehandling, se *Alternativ Evalueringstabell 7*, vil det også være poeng å hente for de trebaserte produktene. For matteproduktene vil karakteren i forhold til glassull forbedres til grønt når det gjelder *Ressurseffekter*. Lette plater produsert i våt prosess vil også forbedre til grønt i sammenligning med trykksterk steinull.

Kombinasjoner av godskrevet karbonlagring og ulike forbedringstiltak er ikke vurdert, men vil selvsagt kunne føre til ytterligere forgrønning.



6.0 Oppsummering

Så vel tekniske egenskaper som miljøegenskaper tilsier at flere av de trebaserte isolasjonsmaterialene er aktuelle produkter for det norske markedet.

6.1 Vurdering

De tekniske egenskapene er på høyde med konvensjonelle isolasjonsmaterialer, om ikke i den gunstigste enden av skalaen når det gjelder varmekonduktivitet. Til gjengjeld tåler produktene høyere fuktbelastninger før isolasjonsevnen svekkes, de har betydelig varmekapasitet og er mindre utsatt for luftinfiltrasjon. Branntekniske egenskaper og problemer med å takle større fuktbelastninger begrenser imidlertid bruksområdet noe.

Miljøegenskapene er generelt også gode. Råvaregrunnet vil være tilstede de fleste steder i Norge, og produktene kan framstilles med lave utslipp av helse- og miljøskadelige stoffer. Enkelte tilsetninger for å øke brannmotstand og gjøre produktene mer fuktbestandige kan utgjøre miljørisiko. Her er det store forskjeller fra produkt til produkt og det er nødvendig å kontrollere materialdeklarasjonene nøye. Energiinnsatsen i de trebaserte matte- og plateproduktene er høy, og den er samtidig i stor grad basert på elektrisitet og fossile energikilder. Dette resulterer i betydelige utslipp av klimagasser. Men det er samtidig et potensial for reduksjon av klimagassutslippene ved overgang til biobrensel/solenergi til lavtemperatur-oppgaver i produksjonsprosessene. Tilrettelegging for økt gjenbruk i avfallsfasen, samt mulighet for å godskrive karbonbinding i trevirke, vil forbedre miljøegenskapene ytterligere.

De trebaserte isolasjonsmaterialene kan normalt benyttes uten bruk av konvensjonelle dampsperrer. Dette må regnes som en fordel i inneklimasammenheng ved at det således åpnes for mer robuste konstruksjonsløsninger som ikke er avhengig av sårbare plastfolier. Samtidig kan man et stykke på vei utnytte isolasjonsmaterialenes fuktbuffrende egenskaper til å stabilisere fuktighet i inneluften. Det er også indikasjoner på at slike løsninger vil kunne delta aktivt i fjerningen av uønskede luftforurensninger, ved gassdiffusjon.

Det kan se ut som om trebasert *løsfyll* og *matter* vil være gode konkurrenter til konvensjonell isolasjon av glassull. Her er det særlig rensket kutterflis som peker seg ut, der det optimale vil være elementusproduksjon som på denne måten utnytter egen avfallsressurs. For løsmasse basert på defibrert tremasse vil produkter uten tilsetning av borater dekke de fleste bygningsmessige behov, og være klart å foretrekke. For mattene kommer produkter limt med mais-stivelse noe bedre ut enn produkter limt med polyolefinfibre. Det er likevel et spørsmål om den miljømessige ytelsen for matteproduktene er tilstrekkelig til å konkurrere ut glassull. Avgjørende her vil være inneklimatekniske og bygningstekniske fordeler der dokumentasjonen foreløpig er sparsom.

De trebaserte *plateproduktene* er i første rekke aktuelle som alternativ trykkfast isolasjon. I et miljøperspektiv vil produkter limt med polyuretanlim være mindre interessante, mens produkter limt med polyolefinfibre i tørr prosess og generelt produkter fra våt prosess være mest aktuelle. Det kan også synes ønskelig å velge produkter med lav densitet som blant annet



innebærer minst produksjonsmessig energiinnsats. Trykkfastheten vil likevel være tilstrekkelig for de fleste byggeoppgaver. Høyt energiforbruk og klimagassutslipp knyttet til produksjon av tunge plater gjør det relevant å stille spørsmål om disse i det hele tatt har noe for seg i ren isolasjonssammenheng. Et stykke på vei må vi imidlertid forvente at forbedret komfortnivå og redusert driftsmessig energiforbruk knyttet til faseforskyvning vil hente inn noe av dette. Disse forholdene er imidlertid generelt mangelfullt dokumentert.

Av fuktbestandige plater for vindtetting, sutak og stubbloft er det i Norge i dag vanlig å benytte bitumeniserte plater. På kontinentet er bitumen i stor grad erstattet med parafinvoks og naturlateks der så vel ressurseffektene som forurensningseffektene må anses som mindre. Flere av disse kommer bra ut i bestandighetsvurderinger, men dekker trolig likevel ikke krav til vindtetting etter NS 3261. Avgjørende her er i første rekke fibergraderingen og ikke tilsetningsstoffene, så en forbedring av norske produkter burde være innen rekkevidde.

For vurderingen av alle produkter gjelder forutsetningen om produksjon i Norge eller Skandinavia. Transport fra Sentral-Europa vil raskt sparke beina under gode miljøprofiler, selv om dette må kunne aksepteres i en periode for introduksjon og utprøving av produktene i mindre skala.

6.2 Forsøk i Norge

For arkitekter, entreprenører og ferdighusfirmaer som ønsker å prøve ut produktene vil man kunne finne mer informasjon på produsentenes websider, se adresseliste i *Tillegg 3*. Disse presenterer i tillegg til mer spesifikke produktdata også gjerne forslag til arbeidsrutiner og detaljering. Sistnevnte vil det imidlertid være nødvendig å justere til norske forhold og forskrifter. Her er direkte overføring til Byggforsk's Byggdetaljblader vanligvis uproblematisk. Et unntak vil være at dampsperran av plast kan droppes⁸². Da gjelder i stedet den anerkjente retningslinjen om at vanddampmotstanden på varm side av isolasjonssjiktet (innvendig kledning) skal være minst 5 ganger høyere enn på kald side (vindsperre)⁸³. Det må imidlertid ikke renonseres på lufttettheten på innvendig side.

⁸² Et mulig unntak kan gjelde for defibrert tremasse blåst inn med lave densiteter. Her vil økt fuktinnhold kanskje kunne føre til setninger.

⁸³ Se blant annet *Byggforskningsrådet 1995, Simonson 2001*. Aktuelle materialsjikt kan settes sammen fra *Byggforsk Byggdetaljer 573.430*, tabell 22 a og b. En mulig løsning består av innvendig trepanel over en duk av polyetylen- eller polypropylenvev (Tyvec, Icopal Windbreak m.m.), der sistnevnte i første rekke dekker behovet for lufttetting. Som utvendig vindsperre er det naturlig å velge porøs trefiberplate.



7.0 Litteratur

- Abildgaard 2000 Abildgaard S et al *Udredning om flammehæmmere og biocider i isoleringsmaterialer* COWI/DTC København 2000
- Adalberth 1998 Adalberth K *God lufttæthed. En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer* Byggeforskningsrådet T5:1998, Stockholm 1998
- Andersen 1979 Andersen S *Det akkumulerede energiforbrug til fremstilling af byggematerialer* DTH, Lyngby 1979
- Arbejdstilsynet 2004 Arbejdstilsynet *Grunnlag for fastsettelse av administrativ norm for MMMF* Høringsutkast, Direktoratet for Arbejdstilsynet, Oslo 2004
- Berge 2000 Berge B *The Ecology of Building Materials* Oxford 2001
- Berge 2002 Berge B *Momenter til et klimaregnskap for bygninger* Arbeidsnotat NABU 2002.
- Bernhard 2006 Bernhard P et al *Byggenæringens CO₂-utslipp* Notat for Byggemiljø – Byggenæringens Miljøsekretariat 21.12.2006
- Boisits 1991 Boisits R *Dämmstoffe auf dem ökologischen Prüfstand* Österreichs Institut für Baubiologie, Wien 1991
- Brandhorst 2006 Brandhorst et al *Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffe* Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berlin 2006
- Breum 2002 Breum NO et al *Luftforureninger ved anvendelse af alternative isoleringsmaterialer* Arbejds miljøinstituttet, København 2002
- Bugge 1922 Bugge A *Forsøkshuser oppført ved Norges Tekniske Høiskole* Trondhjem 1922
- Burnett 2006 Burnett J *Carbon Benefits of Timber in Construction* Edinburgh Centre for Carbon Management Report ECCM-EM-196-2006
- Buschmann 2003 Buschmann R *Umweltverträglichkeit von Gebäudedämmstoffen* Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein, Kiel 2003
- Byggforsk 2004 *Brennbar isolasjon i bygninger* BdB 520.339, Oslo 2004
- Byggeforskningsrådet 1995 *Bygg Fuktsäkert* Byggeforskningsrådet G9:1995, Stockholm 1995
- Dollerup 2005 Dollerup H et al *Substitusjon af Bor-afprøvninger* Energistyrelsen/Miljø Isolering ApS, Hillerød 2005
- Eicke-Hennig 2006 Eicke-Hennig W *Dämmstoffe aus Altpapier oder Naturfasern – (k)eine Alternative?* Bauthema 02, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006
- Fossdal 2003 Fossdal S et al *Retningslinjer for miljøvaredeklarasjoner og produktspesifikke regler for byggevarer* Byggforsk, Oslo 2003
- Fossdal 1995 Fossdal S *Energi- og miljøregnskap for bygg* Byggforsk Prosjektrapport 173 Oslo 1995
- Fritz 2005 Fritz H *Lose Dämmstoffe aus Holz* Abschlussbericht Baufriz/ Bundesministerium für Bildung und Forschung, Erkheim 2005
- Gielen 1997 Gielen DJ *Building materials and CO₂. Western European emission reduction strategies* ECN-C-97-065, 1997
- Granum 1951 Granum H *Sagflis og kutterflis som isolasjonsmateriale i hus* Norsk Treteknisk Institutt, Oslo 1951
- Hansen 1999 Hansen KK et al *Varme- og fugttekniske undersøgelser af alternative isoleringsmaterialer* Institut for Bærende Konstruktioner og Materialer, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby 1999
- Hansen 2000 Hanse MH og Eriksen SS *Brug af alternativ isolering i Finland og Sverige* SBI-Meddelelse 127, SBI Hørsholm 2000
- Hansen 2003 Hansen AS *Bruk av brennbar isolasjon – akseptable løsninger og anvendelsesområder* SINTEF Rapport Prosjektnr. 107174, Trondheim 2003
- Kasser 1994 Kasser U *Grundlagen und Daten zur Materialökologie* Büro für Umweltchemie, Zürich 1994
- Kearley 2005 Kearley VC et al *Management options for treated wood waste and wood panel waste 2.* European COST E31 Conference, Proceedings, Bordeaux 2005
- Kram 2001 Kram T et al *The Matter Project. Integrated energy and materials systems engineering for GHG emission mitigation* ECN 2001
- Krogh 2001 Krogh H & Petersen EH *Miljøvurdering af isoleringsmetoder* By og Byg Dokumentation 012 SBI, Hørsholm 2001



- Lund 2000 Lund M et al *Enzymatisk fremstilling af biologisk baserede isoleringsmaterialer* DTU, Lyngby 2000
- Löfflad 2002 Löfflad H *Das globalrecyclingfähige Haus* Eindhoven University Press, Eindhoven 2002
- Mühlethaler 2006 Mühlethaler B et al *Stärken, Hürden und Chancen von Naturdämmstoffen* Bauthema 02, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2006
- Mötzl 2000 Mötzl H et al *Ökologie der Dämmstoffe* IBN, Springer-Verlag Wien 2000
- Myhre 2004 Myhre L et al *Energieeffektive løsninger i småhus* Byggforsk anvisning 40, Oslo 2004
- Nielsen 1999 Nielsen BL og Pedersen M *Alternativ isolering i Tyskland* Teknologisk Institut 1999
- Näslund 1997 Näslund S *Strategi för kretsloppsanpassade material och varor* Kretsloppsdelegationens Rapport 1997:14
- Paajanen 1994 Paajanen L et al *Effect of insulation materials on the biodeterioration of buildings* VTT Espoo 1994
- Padfield 1999 Padfield T *Humidity buffering of interior spaces by porous, absorbent insulation* Department of structural engineering and materials, Technical University of Denmark, Series R, No 61, Lyngby 1999
- Pedersen 2003 Pedersen C et al *Anvendelse af alternative isoleringsmaterialer* Byg og By Anvisning 207 Hørsholm 2003
- Petersen 1998 Petersen EH et al *Miljødata for udvalgte bygningsdele* SBI-rapport 296, Hørsholm 1998
- Petersen 2001 Petersen EH et al *Miljødata for bygningsdele* By og Byg Dokumentation 007, SBI, Hørsholm 2001
- Petersen 2002 Petersen EH et al *Miljødata for bygningsdele med alternative isoleringsmaterialer* By og Byg Dokumentation 019, SBI, Hørsholm 2002
- Peuhkuri 2000 Peuhkuri R *Isoleringsmaterialers fugttekniske egenskaber i klimaskjærmen* Ekamensprojekt Danmarks Tekniske Universitet. Lyngby 2000
- Peuhkuri 2003 Peuhkuri R *Fuktfordeling i absorberende isoleringsmaterialer* BYG DTU SR-03-11, Lyngby 2003
- Randers 2006 Randers J et al *Et klimavennlig Norge* NOU 2006:18 Miljøverndepartementet, Oslo 2006
- Rode 2005 Rode C et al *Moisture Buffering of Building Materials* Technical University of Denmark, Lyngby 2005
- Rognlien 2002 Rognlien S *Designstrategi for bruk av gjenbruksmaterialer* Statsbygg 2002
- Sassi 2006 Sassi P *Biodegradable building* WIT Transactions on Ecology and the Environment, WIT Press 2006
- Schneider 1999 Schneider T *Forekomst af bor i indeklimaet* Arbejdsmiljøinstituttet, København 1999
- Simonson 2001 Simonson CJ *Moisture, Thermal and Ventilation Performance of Tapanila Ecological House* VTT, Espoo 2001
- Strand-Hanssen 2006 Strand Hanssen S *ECOPRODUCT: Metodebeskrivelse* Versjon 1.8, 06.06.06. SINTEF Byggforsk 2006
- Strand-Hanssen 2003 Strand SM *The MaSe decision support system: Development of an integrated information system for the selection of environmentally preferable materials and products in the building process*. NTNU 2003
- Valdbjørn Rasmussen 2002 Valdbjørn Rasmussen T *Creep of granulated loose-fill insulation* Nordtest Project 1536-01 By og Byg Dokumentation 028, Hørsholm 2002
- Weibel 1995 Weibel T et al *Ökoinventare und Wirkungsbilanzen von Baumaterialien* ESU-Reihe Nr. 1/95, ETH, Zürich 1995
- Weiss 2001 Weiss R-G et al *Leitfaden Ökologische Dämmstoffe* NABU Bundesverband, Bonn 2001
- Wimmer 2001 Wimer R et al *Fördernde und hemmende Faktoren für den Einsatz nachwachsender Rohstoffe im Bauwesen* IBO, Wien 2001
- Zwiener 2006 Zwiener G et al *Ökologisches Baustoff-Lexikon*, CF Müller Verlag Heidelberg 2006



TILLEGG 1: Helse og miljøskadelige stoffer

Statens Forurensningstilsyn administrerer en *Stoffliste* der stoffenes helse- og miljøskadelige effekter klassifiseres. Virkningene rangeres grovt i 7 risikoklasser der den mest alvorlige klasse 1 omfatter CMR-virkninger som karakteriserer potensiell kreftfare, arvestoff, eller reproduksjonsskade. Noen av stoffene er i tillegg publisert i en *OBS-liste* som omfatter stoffer som regnes som problematiske på et nasjonalt nivå.

Den FN-administrerte organisasjonen *Agency for Research on Cancer (IARC)* har utarbeidet mer omfattende lister over kreftstoffer inndelt i 5 nivåer⁸⁴.

I tabellen er det tatt utgangspunkt i SFT's lister. For enkeltstoffer som ikke er klassifisert i Norge benyttes klassifisering fra IARC.

Det vil kunne forekomme kjemikalier som ikke er klassifisert og således ikke inkludert i tabellen, men som likevel må regnes som miljøskadelige⁸⁵. Noen marginale enkeltstoffer er også utelatt, likeledes prosesskjemikalier i råstoffutvinning⁸⁶ og ulike produksjonsmessige bi-prosesser.

Tabell 3: Helse- og miljøskadelige stoffer som inngår i trebaserte isolasjonsmaterialer og mineralull på produksjonsnivå og i ferdig produkt.

Klassifiserte stoffer	Berørte produkter	Aktuelle andeler i produktet [%]	Aktuelle andeler i produksjonen ⁸⁷ [%]	Risikoklasser
Ammoniakk	Defibrert tremasse, matter og plater ⁸⁸	spor ⁸⁹	≤ 2	5. Miljøskadelige
	<i>Glassull</i>	-	≤ 0,5	
	<i>Steinull</i>	-	≤ 0,5	
Borater ⁹⁰	Defibrert tremasse ⁹¹	3	3	1. CMR-virkninger, OBS-liste
	<i>Glassull</i>	-	9	
Bitumen ⁹²	Fuktbestandige plater	9-22	9-22	Kreft 2b el. 3 (IARC)

⁸⁴ 1: *Carcinogenic to humans*, 2A: *Probably carcinogenic to humans*, 2B: *Possibly carcinogenic to humans*, 3: *Not classifiable as to its carcinogenicity to humans*, 4: *Probably not carcinogenic to humans*

⁸⁵ Et eksempel her vil være aluminiumforbindelser som inngår som hjelpestoff i enkelte plateprodukter, og som regnes som toksiske for vannlevende organismer

⁸⁶ Vær likevel oppmerksom på at disse kan være av betydning, eksempelvis knyttet til oljeutvinning som skaffer råstoff til polymere materialer.

⁸⁷ Angis som andel av ingredienser som inngår i produksjonen.

⁸⁸ Gjelder trefiberprodukter tilsatt ammoniumforbindelser.

⁸⁹ Det knytter seg usikkerhet til om dette i det hele tatt skal anmerkes, men det er registrert at ammoniumforbindelser oppfører seg relativt ustabil selv ved lave temperaturer (*Krogh 2001*) og at man således ikke helt kan se bort fra avspaltning av ammoniakk.

⁹⁰ For at tekniske isolasjonsprodukter skal oppnå *Svanemerke* får de ikke inneholde borater.

⁹¹ Gjelder for basisprodukt. I spesialprodukter kan andelen borater overstige 10 %.

⁹² Bitumen er en grovdestillering av naturolje og kan inneholde forstadier til dioksin. Ikke klassifisert som helse- og miljøskadelig i Norge, men oppført som i gruppe 2B i IARC. Godkjenningsordningen *NaturePlus* aksepterer ikke bitumentilsetninger i trefiberplater. Se også PAH i samme liste.



Eten (i polyolefinfibre) ⁹³	Matter og plater i våt prosess	-	8	6. Helseskadelige
Fenol (i fenol-resorcinol lim og fenollim)	Plater	-	0,5	2. Akutt giftig
	<i>Glassull</i>	-	2	
	<i>Steinull</i>	-	0,5	
Formaldehyd (i fenollim)	<i>Glassull</i>	-	≤2	1. CMR-virkninger
	<i>Steinull</i>	-	≤2	
Fosgen (i polyuretanlim)	Plater, tørr prosess	-	1	2. Akutt giftig
Isocyanater (i polyuretanlim) ⁹⁴	Plater, tørr prosess	spor	≤2	4. Allergifremkallende, OBS-liste
Kolofonium	Fuktbestandige plater	2	2	4. Allergifremkallende
Mineralfibre (MMMF) ⁹⁵	<i>Glassull</i>	93	93	6. Helseskadelige
	<i>Steinull</i>	97	97	
PAH (i bitumen) ⁹⁶	Fuktbestandige plater	spor	spor	1. CMR-virkninger
Resorcinol (i fenol-resorcinol lim)	Plater	-	0,5	5. Miljøskadelige
Vinylacetat (i PVAc-lim)	Laminerte plater	spor	≤2	Kreft 2b (IARC)

⁹³ Gjelder bare hvis polyolefinfibre er basert på polyetylen.

⁹⁴ Dreier seg i første rekke om difenylmetandiisocyanat og toluendiisocyanat. Ferdig produkt vil kunne inneholde ureagert isocyanat, inntil ca. 0,5 % av limandel.

⁹⁵ I den norske stofflisten gis mineralfibre R-setningene 38 og 40 der sistnevnte varsler *Mulig fare for kreft*. For kommersielle isolasjonsprodukter av steinull og glassull gjelder unntak for sistnevnte med utgangspunkt i blant annet stor fiberdiameter. R-setning 38 beskriver hudirritasjon og rangeres i gruppe 6 i ECOProduct.

⁹⁶ PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) vil forekomme som en naturlig del av bitumen med ca. 60mg/kg ifølge *Zwiener 2006*.



TILLEGG 2: Evalueringsgrunnlag EcoProduct

I miljøevalueringen undersøkes produkter som primært brukes som varmeisolasjon. Det er søkt valgt ut typiske basisprodukter, og det benyttes grove gjennomsnittsverdier for de ulike påvirkningene⁹⁷. Der det er større ulikhet innad i de enkelte produktgruppene vises også variasjoner.

Alle produktene vurderes i forhold til glassull-matter (G), mens platene også vurderes i forhold til trykksterke steinullplater (S). Glassullmatter og steinullplater danner således også referanseverdier der dette etterspørres.

For noen parametere er det angitt alternative evalueringstabeller som ikke inngår i rapportens hovedevaluering i *kapittel 5.4*. Disse og andre data som ikke benyttes i hovedevalueringen angis i blått rutenett.

Produkter	Densitet [kg/m ³]	Varmekonduktivitet, λ -verdi [W/m K]	Svinn [%]	Vekt per FU [kg]
Renset kutterflis ⁹⁸	80	0,045	0	3,6
Defibrert tremasse	45	0,038	0	1,7
Matter	45	0,039	5	1,9
Plater, lette	150	0,040	5	6,3
Plater, tunge	250	0,045	5	11,9
Glassull	20	0,037	5	0,7
Steinull	140	0,040	5	5,9

Tabell 4: Oversikt over hovedprodukter med respektive basisegenskaper. Som funksjonell enhet (FU) gjelder 1 m² isolasjonssjikt til tykkelse med varmemotstand $R = 1 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Svinn på byggeplass⁹⁹ inkluderes i produktvekten.

Når inneklimatekster ikke er inkludert, omfatter evalueringsprosedyren i ECOProduct 8 del-undersøkelser.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Helse- og miljøfarlige stoffer</i>		Drivhus-effekt	<i>Ressursbruk</i>				
			<i>Material-ressurser</i>	<i>Energiresurser</i>		<i>Avfall</i>	
Helse- og miljøfarlige stoffer i produktet	Helse og miljøfarlige stoffer i produksjonen		Type råmateriale	Type energi	Mengde energi	Type avfalls-håndtering	Mengde avfall

Tabell 5: Evalueringsnivåer i ECOProduct

⁹⁷ Verdiene er hentet fra direkte kontakt med produsenter, samt foreliggende litteratur, se litteraturliste.

⁹⁸ For renset kutterflis er bare produkt uten sementtilsetninger vurdert.

⁹⁹ Etter Petersen 2001 og 2002



T2.1 Helse- og miljøfarlige stoffer

Produkter	Variasjoner	Andel helse- og miljøskadelige stoffer			
		Spormengder	Under 2 %	2-10 %	Over 10 %
Renset kutterflis					
Defibrert tremasse	m/ammonium-tilsetninger	5			
	m/borater			1	
Matter	m/maislim	5			
	m/polyolefinfibre	5			
Plater, lette	Tørr prosess m/polyolefinfibre	5			
	Tørr prosess m/polyuretanlim	4			
	Våt prosess m/ammonium-tilsetninger	5			
Plater, tunge	Tørr prosess m/polyuretanlim	4			
	Våt prosess m/ammonium-tilsetninger	5			
Glassull					6
Steinull					6

Evalueringstabell 1. Helse- og miljøfarlige stoffer i produktene. Angitt med andel og risikoklasse etter Tillegg 1.

Produkter	Variasjoner	Andel helse- og miljøskadelige stoffer			
		Spormengder	Under 2 %	2-10 %	Over 10 %
Renset kutterflis					
Defibrert tremasse			5		
Matter	m/maislim		5		
	m/polyolefinfibre		5	6 ¹⁰⁰	
Plater, lette	Tørr prosess m/polyolefinfibre		5	6 ¹⁰¹	
	Tørr prosess m/polyuretanlim		2		
	Våt prosess m/ammonium-tilsetninger		5		
Plater, tunge	Tørr prosess m/polyuretanlim		2		
	Våt prosess m/ammonium-tilsetninger		5		
Glassull				1	
Steinull			1		

Evalueringstabell 2: Helse og miljøfarlige stoffer i produksjonen, men som ikke finnes igjen i produktet. Angitt med andel og risikoklasse etter Tillegg 1. Med unntak for rensket kutterflis er alle trebaserte produkter tillagt amoniakk-belastninger i hovedevalueringen, selv om stoffet også forekommer i spormengder i bruksfasen.

T2.2 Drivhuseffekt

Produkter	Versjoner	Drivhuseffekt, eksklusive binding av CO ₂					
		m/el. -andel fra vannkraft			m/el. -andel UCPTe-mix		
		[kg CO ₂ -ekv./FU]	I forhold til referanseverdi [%]		[kg CO ₂ -ekv./FU]	I forhold til referanseverdi [%]	
			G	S		G	S
Renset kutterflis		0,2	20	-	0,9	55	-
Defibrert tremasse		0,4	45	-	1,7	115	-
Matter		0,9	110	-	2,4	160	-
Plater, lette	Tørr prosess	3,5	390	75	8,5	565	140
	Våt prosess	5,5	660	110	10,0	665	165
Plater, tunge	Tørr prosess	6,0	705	120	15,5	1025	260
	Våt prosess	10,5	1130	205	18,7	1240	310
Glassull		0,9			1,5		
Steinull		5,1			6,0		

Evalueringstabell 3: Drivhuseffekt per FU eksklusive binding av CO₂. Det er vist resultater ved elektrisitetsproduksjon fra klimanøytral vannkraft og ved typisk europeisk elektrisitetsproduksjon, UCPTe-mix. Sistnevnte er benyttet i hovedevalueringen. For UCPTe-mix beregnes klimabelastning 0,5kg CO₂/kWh og for direkte utnyttelse av fossilt brennstoff 0,3kg CO₂/kWh.

¹⁰⁰ Gjelder bare hvis polyetylen er benyttet. Ved bruk av polypropylen blir det ingen klassifisering.

¹⁰¹ Gjelder bare hvis polyetylen er benyttet. Ved bruk av polypropylen blir det ingen klassifisering.



Produkter	Versjoner	Drivhuseffekt, inklusive binding av CO ₂					
		m/el. -andel fra vannkraft			m/el. -andel UCPT-mix		
		[kg CO ₂ -ekv./FU]	I forhold til referanseverdi [%]		[kg CO ₂ -ekv./FU]	I forhold til referanseverdi [%]	
			G	S		G	S
Renset kutterflis		-2,7	0	-	-2	0	-
Defibrert tremasse		-1	0	-	0,3	20	-
Matter		-0,5	0	-	0,9	60	-
Plater, lette	Tørr prosess	-1,3	0	0	3,7	250	60
	Våt prosess	0,7	80	15	5,2	350	90
Plater, tunge	Tørr prosess	-2,8	0	0	6,7	450	110
	Våt prosess	1,7	190	30	9,9	660	165
Glassull		0,9			1,5		
Steinull		5,1			6		

Alt. Evalueringstabell 3: *Drivhuseffekt* per FU inklusive binding av CO₂¹⁰². Treprodukter godskrives med 0,8 kg CO₂ per kg trebasert produkt¹⁰³. Det er vist resultater ved elektrisitetsproduksjon fra klimanøytral vannkraft og ved typisk europeisk elektrisitetsproduksjon, UCPT-mix. For UCPT-mix beregnes klimabelastning 0,5kg CO₂/kWh og for direkte utnyttelse av fossilt brennstoff 0,3kg CO₂/kWh.

T2.3 Ressursbruk materialressurser

Produkter	Variasjoner	Type råmateriale			
		Gjenbruk [%]	Fornybare [%]	Rikholdige ikke-fornybare [%]	Begrensede [%]
Renset kutterflis		0	100	0	0
Defibrert tremasse		0	95	5	0
Matter	m/maislim	0	91	9	0
	m/polyolefinfibre	0	85	9	6
Plater, lette	tørr prosess	0	93	3	4
	våt prosess	0	99	1	0
Plater, tunge	tørr prosess	0	93	3	4
	våt prosess	0	99	1	0
Glassull		65	0	28	7
Steinull		0	0	97	3

Evalueringstabell 4: *Type råmaterialer* fordelt prosentvis etter vekt. Følgende verdier benyttes i hovedevalueringen; Gjenbruk¹⁰⁴:2, Fornybar:3¹⁰⁵, Rikholdige ikke-fornybare: 5, Begrensede: 8

T2.4 Ressursbruk energiresurser

Produkter	Variasjoner	Type energi, konvensjonell produksjon	
		Fossilt [%]	Elektrisk [%]
Renset kutterflis		33	66
Defibrert tremasse		33	66
Matter		50	50
Plater, lette	Tørr prosess	50	50
	Våt prosess	66	33
Plater, tunge	Tørr prosess	50	50
	Våt prosess	66	33
Glassull		66	33
Steinull		90	10

Evalueringstabell 5: *Type energi*, grov prosentvis fordeling ved konvensjonell produksjon¹⁰⁶. Følgende verdier benyttes i hovedevalueringen; Fossilt: 7, Elektrisk: 7¹⁰⁷.

¹⁰² Materialsvinn er trukket fra ved beregning av karbonbinding.

¹⁰³ Binding av 1,6 kg CO₂/kg over 50 år, se *Berge 2002*. Først ved ombruk av produkter til total levetid 100 år vil man få full uttelling. Dette er imidlertid ikke vurdert i evalueringene.

¹⁰⁴ Gjenbruk defineres da etter *Rognlien 2002* og omfatter også materialgjenvinning

¹⁰⁵ Et nummer lavere enn ECOProduct ettersom det i stor grad vil dreie seg om avfallsvirke, rivningsvirke, sagbruksavfall.

¹⁰⁶ Se blant annet *Andersen 1979*

¹⁰⁷ UCPT-mix som i stor grad er basert på fossil forbrenning.



Produkter	Variasjoner	Type energi, forbedret produksjon	
		Fossilt/elektrisk [%]	Biobrensel/sol [%]
Renset kutterflis		100	0
Defibrert tremasse		75	25
Matter		66	33
Plater, lette	Tørr prosess	66	33
	Våt prosess	50	50
Plater, tunge	Tørr prosess	66	33
	Våt prosess	50	50
Glassull		100	0
Steinull		90	10

Alt. evalueringstabell 5: Type energi, grov prosentvis fordeling ved forbedret produksjon der behov for lavtemperaturvarme dekkes av biobrensel/solenergi. NB; I denne tabellen er fossil energi og elektrisitet slått sammen.

Produkter	Variasjoner	Energiforbruk [kWh/FU]	I forhold til referanseverdi [%]	
			G	S
Renset kutterflis		2	50	
Defibrert tremasse		4	100	
Matter		6	150	
Plater, lette	Tørr prosess	21	525	115
	Våt prosess	27	675	150
Plater, tunge	Tørr prosess	38	950	200
	Våt prosess	50	1250	280
Glassull		4		
Steinull		18		

Evalueringstabell 6: Mengde energi. Energiforbruk per FU. Tapt brennverdi er ikke inkludert¹⁰⁸.

T2.5 Ressursbruk Avfall

Produkter	Versjoner	Forventet avfallshåndtering		
		Gjenbruk [%]	Energigjenvinning [%]	Deponi [%]
Renset kutterflis		0	90	10
Defibrert tremasse ¹⁰⁹		0	80	20
Matter	m/maislim	0	80	20
	m/polyolefinfibre	0	80	20
Plater, lette	Tørr prosess	0	80	20
	Våt prosess	0	80	20
Plater, tunge	Tørr prosess	0	80	20
	Våt prosess	0	80	20
Glassull		10	0	90
Steinull		0	0	100

Evalueringstabell 7: Type avfall. Forventet avfallshåndtering, prosentvis fordeling. Følgende verdier benyttes i hovedevalueringen; Gjenbruk¹¹⁰: 2, Energigjenvinning: 4, Deponi: 7

Produkter	Versjoner	Forbedret avfallshåndtering		
		Gjenbruk [%]	Energigjenvinning [%]	Deponi [%]
Renset kutterflis		90	10	0
Defibrert tremasse		90	10	0
Matter	m/maislim	50	50	0
	m/polyolefinfibre	50	30	20
Plater, lette	Tørr prosess	50	30	20
	Våt prosess	50	50	0
Plater, tunge	Tørr prosess	50	30	20
	Våt prosess	50	50	0
Glassull		30	0	70
Steinull		0	0	100

Alt. evalueringstabell 7: Type avfall. Forbedret avfallshåndtering i rivningsfasen, prosentvis fordeling

¹⁰⁸ Dette kan et stykke på vei antas å være utlignet produktene imellom. Organiske tilsetninger i mineralullproduktene er i stor grad basert på naturolje. For de trebaserte basisproduktene dreier det seg om stofftilsetninger som bare i mindre grad reduserer brennverdien, trolig maksimalt 5 %.

¹⁰⁹ Gjelder basisprodukter med liten tilsetning av brannhemmende midler.

¹¹⁰ Gjenbruk defineres da etter Rognlien 2002 og omfatter også materialgjenvinning.



Produkter	Menge avfall [kg/FU]	Samlet avfall forhold til referanseverdi [%]	
		G	S
Renset kutterflis	3,61	475	
Defibrert tremasse	1,74	230	
Matter	2,17	285	
Plater, lette	7,2	950	95
Plater, tunge	13,6	1790	175
Glassull	0,76		
Steinull	7,68		

Evalueringstabell 8: Mengde avfall¹¹¹ per FU.

¹¹¹ Samlet avfallsmenge omfatter produksjonsavfall og produktets vekt inkludert svinn.



TILLEGG 3: Produsenter

Aktuelle produkter er oppført i en liste over *Beste miljøvalg* og en *Produsentoversikt*. I *Beste miljøvalg* angis eksempler på basisprodukter som kommer relativt sett best ut innen hver produktgruppe i miljøevalueringene i avsnitt 5.4 i hovedteksten. Det gis også en oversikt over noen fuktavvisende plateprodukter uten tilsetninger av bitumen eller polyuretan¹¹².

I *Produsentoversikten* gis en samlet presentasjon av aktuelle produsenter av trebasert isolasjon på markedet i sentral- og nord- Europa.

Beste miljøvalg

Typer	Versjoner	Produkt	Produsent
Varmeisolasjon			
Renset kutterflis	m/myse og soda	Hoiz S 45	Baufritz
Defibrert tremasse	u/ borater	Thermocell	Thermocell Denmark AS
		Termoträ standard ¹¹³	Termoträ AB
Matter	Limt med maisstivelse	holzFlex Mais	Homann Dämmstoffwerke GmbH & Co KG
Plater, lette	Våt prosess, laminert m/ vannglasslim	HDP Standard	Homann Dämmstoffwerke GmbH & Co KG
	Tørr prosess m/polyolefinfibre	Steico top	Steico AG
Plater, tunge	Våt prosess, laminert m/ vannglasslim	Hunton Silencio	Hunton Fiber AS
Vindtetting			
Plater	u/ bitumen og polyuretanlim	UD Standard	Homann Dämmstoffwerke GmbH & Co KG
		Isolair	Pavatex GmbH
		Pavatherm-Plus	Pavatex GmbH
		Steico special	Steico AG

¹¹² For disse produktene gjelder imidlertid forbehold om oppfyllelse av krav til vindtetthet etter Norsk Standard 3261.

¹¹³ Produktet inneholder 0,02% borsyre, som anses som ubetydelig.



Produsentoversikt

Typer	Produsent	Adresse
<i>Renset kutterflis</i>	Baufritz	www.baufritz.de
	Climate Chips Dämmstoffe	Eslohe, Nordrhein-Westfalen
<i>Defibrert tremasse</i>	Steico AG	www.steico.de
	Termoträ AB	www.termotra.se
	Thermocell Denmark AS	www.thermocell.dk
<i>Matter</i>	Gutex Holzfaserplattenwerk	www.gutex.de
	Homann Dämmstoffwerke GmbH & Co KG	www.homatherm.com
	Steico AG	www.steico.de
<i>Plater, lette</i>	Glunz AG/Sonae Industria	www.glunz.de
	Gutex Holzfaserplattenwerk	www.gutex.de
	Homann Dämmstoffwerke GmbH & Co KG	www.homatherm.com
	Konieczpol	www.konieczpol.pl
	Pavatex GmbH	www.pavatex.de
	Smrecina Hofatex AS	www.smrecina.sk
	Steico AG	www.steico.de
	<i>Plater tunge</i>	Finnish Fibreboard Ltd
	Glunz AG/Sonae Industria	www.glunz.de
	Hunton Fiber AS	www.hunton.no
	Homann Dämmstoffwerke GmbH & Co KG	www.homatherm.com
	Pavatex GmbH	www.pavatex.de
	Smrecina Hofatex AS	www.smrecina.sk
	Steico AG	www.steico.de

