

# Organiske isoleringsmaterialer, brandmodstandsbidrag.

Udarbejdet med støtte fra  
Energistyrelsens  
Udviklingsprogram for  
Miljø- og arbejdsmiljøvenlig isolering.  
Af:  
K. Stokbæk, ingeniør HD,  
**KS-BYGGETEKNISK SERVICE**  
Bonderupvej 8,  
2665 Vallensbæk Strand,  
Telefon og fax, 43732861

September 2001

## **INDHOLDSFORTEGNELSE:**

	side
1. Indledning og formål.	3
2. Litteratursøgning.	3
3. Usikkerhed ved analysen.	4
4. Additionsmetoden.	5
5. Regler for beregning af brandmodstandsbidrag.	6
6. Prøvninger i småskala med cellulose løsfyld isolering.	7
7. Prøvninger i storskala med cellulose løsfyld/wet-spray isolering.	
7.1, svensk prøvning .	8
7.2, engelske prøvninger.	8
7.3, tyske prøvninger.	10
7.4, sammenfatning prøvninger i storskala med cellulose isolering.	11
8. Prøvninger i storskala med cellulose isolering i pladeform.	12
9. Prøvninger i mellem skala med cellulose- og hørisolering.	13
10. Diverse andre prøvninger og godkendelser.	
10.1, prøvninger med uisolerede vægge.	15
10.2, prøvninger med vægge isoleret med fåreuld.	16
10.3, godkendelser for vægge med isolering af hørfibre.	16
11. Sammenfatning og konklusion.	17
12. English summary.	19
13. Litteraturliste.	21
Bilag 1. Oversigt over resultater af prøvninger i småskala med cellulose isolering.	
Bilag 2. Oversigt over storskala prøvninger med cellulose løsfyld isolering.	

## 1. Indledning og formål.

Bygningsreglementerne indeholder en lang række regler for bygningsdeles brandmodstandsevne, i form af krav, som sigter mod at konstruktioner skal kunne forhindre spredning af en brand til andre dele af bygningen og til andre bygninger i en periode på 30, 60 eller 120 minutter, afhængig af typen af bygningsdel samt af bygningens art og størrelse.

Eftervisningen af, at kravene til brandmodstandsevne overholdes, kan ske, enten ved at få prøvet og klassificeret en specifik opbygget konstruktion, eller ved at bruge konstruktioner, som er typogodkendte uden krav om yderligere eftervisning, disse muligheder kan være anvendelige for konstruktioner, som er kendte og/eller almindeligt foreskrevne.

I andre tilfælde kan det være hensigtsmæssigt at fastlægge brandmodstandsevnen ved beregning, for eksempel for konstruktioner, som kun anvendes i begrænset omfang og ved behov for klassificeringen af nye eller ændrede konstruktioner. Beregninger kan i et vist omfang udføres efter retningslinier i konstruktionsnormerne, og kan i nogle tilfælde foretages ved hjælp af den såkaldte ”additionsmetode”, der i princippet går ud på at addere brandmodstandsbidragene for de enkelte materialeglag i en konstruktion, sidstnævnte mulighed kræver naturligvis at brandmodstandsbidragene kendes, og at de er fastlagt på en teknisk forsvarlig måde.

Der findes i dag ikke anerkendte data for organiske isoleringsmaterialers brandmodstandsbidrag, således som det for eksempel er tilfældet for isoleringsmaterialer af mineraluld. Dette er en barriere for markedsføringen af organiske isoleringsmaterialer for eksempel ved producenteres og rådgivende teknikeres drøftelser med institutioner og myndigheder, desuden vanskeliggør og fordyrer det produktudvikling og brandteknisk dokumentation for producenterne.

Dette projekts formål er derfor at fremskaffe litteratur og prøvningsrapporter angående brandmodstandsevne for bygningskonstruktioner isoleret med organiske isoleringsmaterialer, og ved en analyse heraf, at fastlægge sådanne materialers forventede brandmodstandsbidrag.

Organiske isoleringsmaterialer omfatter i projektet cellulosefiber løsfyld og -plader, hørplader og hampeplader, og der vil blive søgt fremskaffet litteratur med prøvningsresultater for konstruktioner omfattende bærende og ikke-bærende ydervægge og skillevægge. Det forventes, at der findes mest materiale vedrørende cellulosefiber løsfyld, og at brandmodstandsbidrag primært kan udtrages af prøvningsresultater for lette skillevægge.

Resultatet af analysen forventes at blive anvendelig for producenter og leverandører af de nævnte materialer dels i forbindelse med overvejelser om prøvninger/vurderinger dels i forbindelse med udarbejdelse af informationsmateriale vedrørende specifikke produkter og konstruktioner.

Projektet er gennemført med tilskud fra Energistyrelsen, under styrelsens J. nr. 75664/99-0021. Styrelsen bringes hermed en tak for det ydede tilskud.

## 2. Litteratursøgning.

Som grundlag for projektets analyse er der indsamlet eksisterende litteratur i form af artikler, generelle rapporter og prøvningsrapporter.

En del af disse har været i forfatterens besiddelse, medens andre er fremskaffet via kontakter hos

producenter og leverandører af organiske isoleringsmaterialer. Desuden er der (uden held) søgt efter relevant litteratur via Dansk Brand- og sikringsteknisk Instituts bibliotek, herunder er der søgt i internationale databaser og via Internettet.

Det er ikke overraskende, at der ikke er fundet særlig omfattende litteratur om emnet, ligesom det har vist sig, at en del af den gennemgåede litteratur har været irrelevant for projektet. Desuden har en lang række af de fundne konstruktioners brandtekniske klassificeringer ikke kunnet anvendes, enten fordi disse er relateret til lister over forhåndsgodkendelser, som er baseret på generelle erfaringer, eller fordi der er tale om brandtekniske vurderinger, uden selvstændige prøvningsrapporter.

Der er i projektet anvendt litteratur i følgende omfang:

- 2 artikler
- 1 generel rapport vedrørende prøvninger i småskala
- 9 prøvningsrapporter vedrørende prøvninger i storskala
- 2 prøvningsrapporter vedrørende prøvninger i mellem skala

De 9 prøvningsrapporter vedrørende forsøg i storskala er betinget af fortrolighed- overfor tredjemand, stillet til rådighed af følgende producenter og agenter:

Excell Industries Ltd, United Kingdom,  
Fermacell Skandinavien, Søborg, Danmark  
HBC A/S, Holbæk, Danmark,  
Isofloc Ökologische Bautechnik GmbH, Tyskland og  
Nordiska Ekofiber NEF AB, Sverige,

De herfra involverede medarbejdere bringes hermed en tak for velvillig assistance ved fremskaffelse og belysning af prøvningsrapporterne.

### **3. Usikkerhed ved analysen.**

Den litteratur, som er anvendt ved analysen, stammer fra forskellige lande, og har forskellig alder, det må derfor antages, at der er en række usikkerheder knyttet til analyse resultaterne, det drejer sig for eksempel om følgende forhold:

- prøvningsbetingelserne er forskellige, dog er hovedparten af prøvningerne udført efter standarder, som er baseret på ISO 834 (svarende til DS 1051.1),
- prøvningerne er udført med isoleringsprodukter, som varierer i densitet og i mængden/typen af brandhæmmende salte, og som kan være ændrede siden prøvningerne blev udført,
- prøvningerne er udført med beklædnings produkter, som afviger fra danske produkter, for eksempel kan gipsplader have afvigende tykkelse og densitet m.v.,
- nogle prøvninger er afsluttet før relevant svigt er indtruffet, dette gælder især bærende vægge og i tilfælde, hvor rekvirenten har ønsket en specifik tidsmæssig klassificering,
- der er mangelfulde oplysninger om eventuelle fastholdelsessystemer for isoleringen,

Usikkerheder forbundet hermed kan være af såvel positiv som negativ karakter, og dette sammenholdt med det relativt begrænsede grundmateriale betyder, at de fundne brandmodstandsbidrag må betragtes som vejledende og dermed alene kan anvendes til orienterende beregninger/vurderinger af konstruktioners brandmodstandsevne.

#### 4. Additionsmetoden.

Resultaterne af analysen forventes at kunne anvendes i den såkaldte "additionsmetode", der benyttes til orienterende beregninger af konstruktioners brandmodstandsevne.

Princippet i metoden går i korthed ud på, at addere brandmodstandsbidraget (bme) for de produkter/materialer, som en konstruktion er opbygget af, til en samlet brandmodstandsevne (BME) for konstruktionen som helhed.

Brandmodstandsbidraget er på nuværende tidspunkt fastlagt for isoleringsmaterialer af mineraluld og for beklædninger af gipsplader, spånplader og krydsfinerplader. Formelt kun til beregning af brandmodstandsevnen for lette ikke bærende træskellet vægge, men i praksis anvendes det også til orienterende beregninger af andre konstruktioner når beregninger og vurderinger udføres af en brandmæssig kyndig tekniker.

En mere detaljeret redegørelse for metoden og for fastlagte brandmodstandsbidrag fremgår af publikationen "TRÆ 38" Træ og brand (litteraturlistens nr. 1).

Det oprindelige grundlag for beregningsdata og udledningen heraf fremgår af litteraturlistens nr. 6.

Orienterende brandmodstandsbidrag for organiske isoleringsmaterialer forventes at kunne anvendes i additionsmetoden blandt andet som en del af grundlaget for brandtekniske vurderinger i konkrete enkeltstående sager, og til producenters forhåndsvurderinger ved planlægning af produktudvikling og brandprøvninger, i begge tilfælde kan der spares tid og omkostninger. På grund af det relativt begrænsede grundlag bør der dog ved anvendelsen af rapportens bidrag anlægges et forsigtighedsprincip.

På forhånd må det antages, at organiske isoleringsmaterialer har et relativt højt brandmodstandsbidrag, sammenlignet med brandmodstandsbidraget for eksempel for mineraluld. Dette kan for eksempel begrundes med følgende analogivurdering:

- ifølge DS 413, 4. udgave 1982, afsnit 9, kan der for nåletræ (som er råmaterialet for cellulose isolering) regnes med en reduktionshastighed (en forkulningshastighed) på 0,8 mm/minut svarende til et brandmodstandsbidrag på 1,25 minutter/mm.
- forholdet mellem densiteten for nåletræ (ca. 500 kg/m<sup>3</sup>) og for cellulose løsfyldsisolering i vægge (ca. 50 kg/m<sup>3</sup>) er af størrelsesordenen 10:1.
- korrigeret med dette forhold kan det forventes at fastholdt cellulose løsfyldsisolering vil have et brandmodstandsbidrag på 0,125 minutter/mm.

Et sådan bidrag er måske større på grund af de brandhæmmende salte, som ofte er tilsat organiske isoleringsmaterialer, til gengæld vil materialernes mere åbne struktur bevirke en større ilttilførsel og en højere konvektion, som formentlig begge medfører en reduktion af bidraget.

Det er således ikke urealistisk at forvente brandmodstandsbidrag for organiske isoleringsmaterialer i størrelsesordenen 0,1 minutter/mm. Til sammenligning regnes brandmodstandsbidraget for stenuld til 0,2 minutter/mm og for glasuld til 0,1 minutter/mm.

I Sverige findes der en lignende beregningsmetode, som er beskrevet i Kontenta 9312069 fra Träteck (litteraturlistens nr. 3). Heri findes der brandmodstandsbidrag for flere materialer end i "Træ 38". Data kan dog ikke overføres direkte mellem de to metoder, idet de er opbygget efter forskellige principper.

## 5. Regler for beregning af brandmodstandsbidrag.

Brandmodstandsbidragene fastsættes i denne rapport enten direkte ud fra litteraturens oplysninger eller ved ”tilbageregning” fra prøvningsresultater for konstruktioner. ”Tilbageregninger” foretages ved at reducere den prøvede konstruktions brandmodstandsevne, bestemt ved prøvningen, med brandmodstandsbidraget for konstruktionens beklædning(er).

I denne rapport anvendes følgende forkortelser og dimensioner:

**BME:** i minutter: for en konstruktions samlede brandmodstandsevne,

**bme:** i minutter eller i minutter/mm: for et materialelags brandmodstandsbidrag.

bme for beklædninger er i ”additionsmetoden” fastsat til:

Spånplader med densitet mindst 600 kg/m <sup>3</sup>	t = 10 mm	bme = 12 minutter
	t = 12 mm	bme = 14 minutter
	t = 16 mm	bme = 19 minutter
	t = 19 mm	bme = 23 minutter
	t = 22 mm	bme = 26 minutter

Krydsfinerplader af nåletræ med densitet mindst 500 kg/m <sup>3</sup>	t = 9 mm	bme = 9 minutter
	t = 12 mm	bme = 12 minutter
	t = 15 mm	bme = 15 minutter
	t = 18 mm	bme = 18 minutter

Gipsplader type standard	t = 9 mm	bme = 14 minutter
	t = 13 mm	bme = 20 minutter

Ved tilbageregninger i denne rapport anvendes disse værdier for bme som hovedregel. I tilfælde af afvigelser herfra, vil dette være angivet i det pågældende afsnit.

For stenuld med en densitet på mindst 30 kg/m<sup>3</sup> er der fastsat et bme på 0,2 minutter/mm.

## 6. Prøvninger i småskala med cellulose løsfyld isolering.

Mohamed A. Sultan og G. D. Lougheed, National Fire Laboratory, Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, har i begyndelsen af 90-erne gennemført en lang serie brandforsøg, blandt andet omfattende 16 prøvninger i småskala.

De 16 prøvninger omfattede stålskallet vægge beklædt med gipsplader i forskellige kombinationer, såvel uisolerede som isolerede med materialer af cellulosefibre, stenuld og glasuld.

Alle prøvefelter, der var orienteret lodret, havde et areal på 914mm x 914mm, og brandpåvirkningen fulgte standard brandkurven.

Gipspladerne var enten 12,7mm tykke type standard eller 12,7 mm tykke type brand, begge typer havde 15-20% lavere fladevægt end tilsvarende danske gipsplader.

Cellulosefibre isoleringen var af typen løsfyld med en densitet på  $50 \text{ kg/m}^3$ . Glasulden havde en densitet på  $12 \text{ kg/m}^3$ , medens stenulden havde en densitet på  $31 \text{ kg/m}^3$ , hvilket for alle materialerne er samme niveau som anvendes i vægge i Danmark (glasuld lidt lavere).

Det er ikke oplyst om isoleringen var fastholdt.

Temperaturer blev målt i ovnen, på indersiden af de to beklædninger og på den ueksponerede overflade.

Resultaterne fremgår af en serie temperatur kurver og af en tabel 1, der angiver prøvefelternes opbygning og prøvningsresultater. Tabellen er gengivet i denne rapport's bilag 1.

Svigtkriteriet har i alle tilfælde været en temperaturstigning på  $140^\circ\text{C}$  i et enkelt målepunkt, på prøvefelternes upåvirkede forside.

Tiderne til svigt for beklædningerne afviger (såvel positivt som negativt) fra de bme, der anvendes i det danske additionsprincip. Årsagen hertil skal formentlig findes i blandt andet gipspladernes lavere fladevægte og mindre tykkelse.

De danske bme for gipspladerne kan altså ikke anvendes direkte ved tilbageregninger efter den danske additionsmetode. I stedet for anvendes de målte BME for tilsvarende uisolerede konstruktioner, som må antages at repræsentere summen af beklædningernes bme.

Beregninger baseret på disse forudsætninger giver følgende resultater for vægge isoleret med 90mm cellulose løsfyld:

Konstruktioner beklædt med	giver bme for isoleringen på
1 + 1 lag brandgipsplade	$(69-46) / 90 = 0,26$ minutter/mm
1 + 2 lag brandgipsplade	$(134-86) / 90 = 0,53$ minutter/mm
2 + 2 lag brandgipsplade	$(157-129) / 90 = 0,31$ minutter/mm
2 + 2 lag standard gipsplade	$(102-82) / 90 = 0,22$ minutter/mm

Tilsvarende bme for isolering af stenuld ( $30 \text{ kg/m}^3$ ) kan bestemmes til henholdsvis 0,26 minutter/mm (tykkelse er regnet til 90mm idet de 40mm angivet i tabel 1 formodes at være en fejl), 0,31 minutter/mm, 0,34 minutter/mm og 0,18 minutter/mm. Hvilket er samme niveau som bestemt for cellulosefibre løsfyld.

For såvel cellulose løsfyld som for stenuld er niveauet for bme på linie med de 0,2 minutter/mm, som er fastsat for stenuld i relation til den danske additionsmetode. Dette uanset at der er anvendt et stålskallet og at der er afvigelser i produktgenskaber.

Det må ud fra disse resultater være realistisk at forvente et bme for cellulose løsfyld af samme størrelsesorden som bme for stenuld.

## 7. Prøvninger i storskala med cellulose løsfyld/wet-spray isolering.

### 7.1, svensk prøvning.

I 1995 udførte Statens Provningsanstalt i Borås en brandprøvning for Trätec og Nordisk Ekofiber NEF AB. Prøvningen blev udført i henhold til NT FIRE 005, ISO 834-1975.

Prøvningen omfattede en træskelet vægkonstruktion med højde x bredde 2,7 x 3,0 m, på den brand eksponerede side beklædt med 2 lag 12,5 mm tykke gipsplader type standard, monteret med forskudte samlinger og spartlede fuger i yderste lag, og på den ueksponerede side forsynet med et finmasket net af glasfiber samt spredt forskalling 17x70mm med c/c 300mm. Isoleringen, der bestod af cellulose løsfyld type Ekofiber Brand med et indhold af brandhæmmer på 25 vægt % og i en tykkelse på 208mm, var således kun fastholdt på den ueksponerede side.

Den ene halvdel af det 2-delte træskelet var belastet med 13,3 kN/m fra 30 minutter efter prøvningens start til dens afslutning.

Temperaturer blev målt med termoelementer monteret mellem stolper og det inderste lag gips (6 stk.), på stolpesiderne (10 stk.) samt på den ueksponerede side af væggen (6 stk., heraf en enkelt på ydersiden af den spredte forskalling).

Prøvningen blev afsluttet efter 74 minutter, hvor der forekom flammer på væggens ueksponerede side. På dette tidspunkt var temperaturen på den ueksponerede side ikke over 62°C i noget målepunkt.

Temperaturkurverne viser, at temperaurstigningen på indersiden af de 2 lag gipsplader (ved alle de 6 termoelementer) overskred 140°C efter ca. 32-35 minutter.

Såfremt prøvningsperioden på 74 minutter reduceres med 35 minutter (bme for de 2 lag gipsplader) fås der et bme på 39 minutter for isoleringen, som divideret med isoleringstykkelsen på 208 mm giver et bme på 0,19 minutter/mm.

I betragtning af, at temperaurstigningen på den ueksponerede side af væggen ikke nåede op på halvdelen af det tilladelige efter de 74 minutters prøvning, må det anses som forsvarligt, at forvente et bme på 0,2 minutter/mm for cellulose løsfyld.

### 7.2, engelske prøvninger.

a, I 1992 udførte TRADA i England en brandprøvning for Excell Industries Ltd. Prøvningen blev udført i henhold til BS 476: Part 21: 1987, der svarer til ISO 834.

Prøvningen blev udført på en træskelet vægkonstruktion med højde x bredde 3,0 x 3,0 m, på den brand eksponerede side beklædt med 1 lag 12,5 mm tykke gipsplader type standard, monteret med bladsamlinger og spartlede fuger, og på den ueksponerede side beklædt med 9,5 mm tykke krydsfinerplader (sheating grade).

Væggens hulrum var isoleret med cellulose løsfyld type Warmcell, med et indhold af brandhæmmere på 15 vægt % i en tykkelse på 89mm. I prøvningsrapporten er der ikke oplyst om nogen form for fastholdelse af isoleringen, det antages derfor, at der ikke har været en sådan. Væggen var under hele prøvningen belastet med 8,0 kN pr stolpe (8 stolper med c/c 600 mm). Temperaturer blev målt med termoelementer monteret inde i ovnen (6 stk.) samt på den ueksponerede side af væggen (5 stk.).

Prøvningen blev afsluttet efter 39 minutter. På hvilket tidspunkt der blev observeret integri-



testsvigt (bomuldsprøven), samtidig med at den maksimale temperaturstigningen på den ueksponerede side oversteg 140°C.

Efter prøvningens afslutning kunne det konstateres, at isoleringen var forblevet på plads i 3 ud af 5 felter. Isoleringen i de 2 sidste felter var faldet ud (indikerer ingen fastholdelse), og indersiden af krydsfineren var forkullet, især i området hvor integritetssvigtet var observeret.

Efter prøvningens afslutning blev det konstateret, at den isolering, som ikke faldt ud af konstruktionen, var forkullet til en dybde af ca. 25 mm, og at de tilgrænsende stolper var forkullede til en dybde af ca. 15-20 mm.

Såfremt prøvningsperioden på 39 minutter reduceres med 29 minutter (bme for en 12,5 mm gipsplade + en 9 mm krydsfinerplade) fås der et bme for isoleringen på 10 minutter, som divideret med isoleringstykkelsen på 89 mm giver et bme på 0,11 minutter/mm.

Baseret på dette prøvningsresultat må det forventes, at bme for cellulose vil være af størrelsesordenen 0,1 minutter/mm, og det vel at bemærke for en isolering, som formentlig ikke er fastholdt.

**b.** I 1997 udførte Chiltern International Fire Limited i England en brandprøvning for Excell Industries Ltd.

Prøvningen blev udført i henhold til BS 476: Part 21: 1987, der svarer til ISO 834.

Prøvningen blev udført på en vægkonstruktion opbygget af et skelet af "Masonite" stolper med I-tværsnit. Væggens højde og bredde var 2,4 x 3,0 m, på den brand eksponerede side beklædt med 2 lag 12,5 mm tykke gipsplader type standard, og på den ueksponerede side beklædt med 9,2 mm tykke spånplader type "Panelvent" med densiteten 720 kg/m<sup>3</sup>.

Væggens hulrum var isoleret med cellulose løsfyld type Warmcell, med et indhold af brandhæmmere på 15 vægt % i en tykkelse på 170 mm. I prøvningsrapporten er der ikke oplyst om nogen form for fastholdelse af isoleringsmaterialet.

Væggen var under hele prøvningen belastet med i alt 60,0 kN jævnt fordelt over væggen. Temperaturer blev målt med termoelementer monteret inde i ovnen (6 stk.) samt på den ueksponerede side af væggen (5 stk.).

Prøvningen blev afsluttet efter 71 minutter. På hvilket tidspunkt der blev observeret lastsvigt og integritetssvigt. På den ueksponerede side var den maksimale temperaturstigning 36°C og den gennemsnitlige temperaturstigning 19°C efter de 71 minutter, det vil sige ca. 15- 25% af kriterierne for isolationssvigt. Der er ikke rapporteret om nedfald af isoleringsmateriale.

Såfremt den målte BME på 71 minutter reduceres med 52 minutter (bme for 2x 12,5 mm tykke gipsplader + en 9,2 mm tyk spånplade), fås der et bme for isoleringen på 19 minutter, som relateret til isoleringstykkelsen på 170 mm giver et bme på 0,11 minutter/mm.

Baseret på dette prøvningsresultat må der forventes et bme på 0,1 minutter/mm for isoleringsmaterialet, dette må dog betragtes som et minimum i betragtning af at temperaturstigningen var langt under kriterierne for isolationssvigt, og med en isolering (formentlig) uden fastholdelse.

### 7.3, tyske prøvninger.

I perioden 1991- 1995 udførte Amtliche Materialprüfungsanaltalt i Braunschweig, Tyskland en serie brandforsøg for firmaet Isofloc GmbH.

Alle prøvningen blev udført i henhold til DIN 4102 Teil 2 1977, der svarer til ISO 834.

Prøvearealerne var i alle tilfælde 3,0x3,0 m og alle blev isoleret med Isofloc cellulose wet-spray eller som løsfyld , i alle tilfælde med et indhold af brandhæmmere på 15 vægt %.

**a.** en serie på 3 prøvninger omfattede ikke-bærende vægge opbygget af et træskelet bestående af 75mm stolper og 30 mm ”krydslægter”. Isoleringen, der var 105 mm tyk blev installeret efter en spray metode, hvorunder løsulden var opblandet med vand, dette har formentlig ikke påvirket prøvningsresultaterne, idet prøvevæggene stod til udtørring i 3 måneder før selve prøvningen blev gennemført.

Prøvevæg nr. 1 var beklædt med 12,5 mm tykke gipsplader type standard på begge sider og blev brandpåvirket fra ”krydslægtesiden”.

Prøvevæggene nr. 2 og nr.3 var beklædt med 15 mm tykke gipsplader type standard på begge sider og prøvevæg nr. 2 blev brandpåvirket fra ”stolpesiden” medens prøvevæg nr. 3 blev brandpåvirket fra ”krydslægtesiden”.

I prøvningsrapporten er der ikke oplyst om nogen form for fastholdelse.

Temperaturer blev målt med termoelementer monteret inde i ovnen (6 stk.) samt på den ueksponerede side af væggene (16 stk.).

Væggenes BME blev bestemt til:

49 minutter for prøvevæg nr. 1 (integritetssvigt)

81 minutter for prøvevæg nr. 2 (isolationssvigt)

67 minutter for prøvevæg nr. 3 (isolationssvigt)

Der er ikke oplyst om eventuel nedfald af isoleringsmateriale.

Efter fradrag af bme for gipsbeklædningerne og division med isolerings tykkelsen fås følgende bme for isoleringen i de 3 vægge:

prøvevæg nr. 1:  $(49-40)/105$  giver bme = 0,09 minutter/mm

prøvevæg nr. 2:  $(81-50^*)/105$  giver bme = 0,30 minutter/mm

prøvevæg nr. 3:  $(67-50^*)/105$  giver bme = 0,16 minutter/mm

\* bme for en 15 mm tyk gipsplade type standard er sat til 25 minutter.

Baseret på disse prøvningsresultater må det forventes, at bme for cellulose wet-spray vil ligge på 0,1 – 0,3 minutter/mm.

**b.** en serie på 3 prøvninger omfattede ikke-bærende vægge opbygget af et træskelet eller et stålskelet, alle beklædt på begge sider med 2x12,5 mm tykke gipsplader type standard, og alle isoleret med Isofloc cellulose løsfyld med et indhold af brandhæmmere på 15 vægt %.

Prøvevæg nr. 1 var opbygget af et træskelet og med 80 mm tyk isolering, Prøvevæggene nr. 2 og nr.3 var opbygget af et stålskelet (U-profiler) og med 50 mm tyk isolering. Eneste afvigelse i øvrigt mellem disse 2 vægge var, at gipspladerne var fra forskellige producenter.

I prøvningsrapporten er der ikke oplyst om nogen form for fastholdelse.

Temperaturer blev målt med termoelementer monteret inde i ovnen (6 stk.) samt på den ueksponerede side af væggene (32 stk.).

Væggens BME blev bestemt til:

96 minutter for prøvevæg nr. 1 (isolationssvigt)

94 minutter for prøvevæg nr. 2 (isolationssvigt)

96 minutter for prøvevæg nr. 3 (isolationssvigt)

Der blev i øvrigt observeret begyndende nedfald af isoleringsmateriale efter 62-73 minutters prøvning og fuldstændig nedfald efter 71-74 minutter. Dette viser, at de to lag gipsplader på væggens ydersider har haft et bme i størrelsesordenen 14 minutter pr. lag á 12,5 mm.

Det er overraskende at BME tilsyneladende er uafhængig af, om skelettet er af træ eller af stål og især at det tilsyneladende er uafhængig af isoleringstykkelsen.

Efter fradrag af bme for gipsbeklædningerne fås følgende bme for isoleringen i de 3 vægge:

prøvevæg nr. 1:  $(96-80)/80$  giver  $bme = 0,20$  minutter/mm

prøvevæg nr. 2:  $(94-80)/50$  giver  $bme = 0,28$  minutter/mm

prøvevæg nr. 3:  $(96-80)/50$  giver  $bme = 0,32$  minutter/mm

Baseret på disse prøvningsresultater må det forventes, at bme for cellulose løsfyld i en væg med træskelet eller med stålskelet vil ligge på 0,2 – 0,3 minutter/mm

Desuden blev der gennemført en prøvning af en ikke-bærende væg opbygget af et stålskelet, beklædt på begge sider med 12,5 mm tykke gipsplader type standard, isoleret med 50 mm tyk Isofloc cellulose løsfyld med et indhold af brandhæmmere på 15 vægt %.

I prøvningsrapporten er der ikke oplyst om nogen form for fastholdelse.

Temperaturer blev målt med termoelementer monteret inde i ovnen (6 stk.) samt på den ueksponerede side af væggene (28 stk.).

Væggens BME blev bestemt til 50 minutter, på dette tidspunkt indtraf der isolationssvigt. Der blev observeret partielt nedfald af isoleringsmateriale efter 45 minutters prøvning .

Efter fradrag af bme for gipsbeklædningerne og division med isoleringstykkelsen fås et bme for isoleringen på  $(50-40)/50 = 0,20$  minutter/mm.

Baseret på dette prøvningsresultat må forventes, at bme for cellulose løsfyld vil ligge på ca. 0,2 minutter/mm.

#### **7.4, sammenfatning prøvninger i storskala med cellulose isolering.**

En oversigt over resultaterne af storskala forsøgene med cellulose isolering fremgår af bilag 2.

Der er en relativ stor spredning på resultaterne, der fordeler sig med 3 bme i størrelsesordenen 0,10 minutter/mm, 4 bme i intervallet 0,15 – 0,20 minutter/mm og 3 bme i størrelsesordenen 0,30 minutter/mm. Gennemsnittet for de 10 resultater er 0,20 minutter/mm.

Spredningen er givetvis påvirket af de usikkerhedsfaktorer, som er nævnt i afsnit 3, og niveauet er givetvis påvirket af om isoleringen har været fastholdt under prøvningerne.

## 8. Prøvning i storskala med cellulose isolering i pladeform.

I 1997 udførte iBBM, Amtliche Materialprüfungsanstalt i Braunschweig 1 prøvning for firmaet FELS Werke, Goslar, Tyskland .

Prøvningerne blev udført på en vægkonstruktion opbygget af et skelet af træstolper med I-tværsnit (Masonite stolper), beklædt på forsiden med 12,5 mm fibergipsplader og på bagsiden (brandsiden) med 10 mm + 12,5 mm fibergipsplader alle med en densitet på ca.  $1200 \text{ kg/m}^3$ .

Hulrummet var udfyldt med 2 x 100 mm isolering i pladeform, bestående af cellulose- og jute fibre, imprægneret med aluminium- og borsalte (mængde uoplyst) og med en densitet på  $93 \text{ kg/m}^3$ . Væggens højde x bredde var =  $3,0 \times 3,0 \text{ m}$ .

Der er ikke oplyst noget om eventuel fastholdelse af isoleringen.

Temperaturer blev målt med 23 termoelementer, heraf 6 i ovnen, 16 på væggens forside og 1 på bagsiden af den forreste gipsplade.

Prøvningen blev afsluttet efter 80 minutter, idet målet med prøvningen var at opnå en 60 minutters klassificering. På dette tidspunkt var temperaturstigningen på forsiden max.  $40^\circ\text{C}$ , og på bagsiden af forpladen max.  $68^\circ\text{C}$ . Sidstnævnte med et meget stejlt forløb på  $+20^\circ\text{C}$  de sidste 5 minutter, hvilket kunne indikere, at noget af isoleringen på dette tidspunkt var faldet ud af konstruktionen.

Såfremt de 80 minutter reduceres med bme for gipspladerne  $(20 + 20 + 14) = 54$  minutter fås et umiddelbart forventet bme for isoleringen på  $26/200 = 0,13$  minutter/mm. Dette resultat skal dog øges, idet der ved afslutningen af prøvningen ikke blev konstateret isolationssvigt eller integritetssvigt. Og resultatet skal ses i lyset af, at isoleringen ikke har været fastholdt.

Niveauet for bme isolering af jute/cellulosefibre i pladeform ser dog ud til at være lavere end for cellulose løsfyldsprodukter.

## 9. prøvninger i mellem skala med cellulose- og hørisolering.

a. I 2000 gennemførte Dansk Brandteknisk Institut (DBI) en serie prøvninger, hvis formål var at undersøge, hvorledes alternative isoleringsmaterialer kan forventes at bidrage til BME for ikke bærende vægge.

Prøvningerne omfattede 10 felter med bredde x højde = 0,65x 2,975 m fordelt på 3 serier i en ramme på 3,0x3,0m. Brandprøvningen blev foretaget i henhold til DS 1051.1, der svarer til ISO 834.

Alle 10 felter bestod af en træramme, som på begge sider var beklædt med en 12 mm tyk spånplade. 2 af felterne var uisolerede, og de øvrige felter var blandt andet isoleret med 100mm isoleringsmateriale af følgende typer:

- celluloseuld i pladeform med 18% borsalte
- cellulose løsulld med 18% borsalte
- celluloseuld i pladeform med 6% bor- og 9% aluminiumsalte
- cellulose løsulld med 6% bor- og 9% aluminiumsalte
- cellulose løsulld med 5% ammoniumpolyfosfat
- hørulld i pladeform med 8% ammoniumsulfat

Alle isoleringsmaterialer var appliceret uden speciel fastholdelse.

Der blev målt temperatur stigninger i skillefladerne mellem de to spånplader og isoleringen samt på den ueksponerede side af prøvelegemerne.

Resultaterne heraf viste, at de 2 uisolerede felter havde en BME på 26 minutter, hvilket giver et bme for en 12 mm tyk spånplade, der er lidt lavere end de 14 minutter, der regnes med i "additionsprincippet".

Såfremt bme for de nævnte isoleringsmaterialer fastsættes ved at sammenholde resultaterne for uisolerede felter og tiden til svigt af isolation/integritet for isolerede felter, fås der bme værdier, som enten er negative eller er på op til ca. 3 minutter.

Værdierne kan derfor kun tages som udtryk for, at isoleringsmaterialerne, på grund af den manglende fastgørelse, faldt ud af prøvefelterne samtidig med eller kort tid efter, at den brandpåvirkede spånplade var brændt bort.

DBI rapportens primære konklusionen er i overensstemmelse hermed, at "hvis der ikke fortages foranstaltninger, der hindrer nedfald af isoleringsmateriale, så er bme fra de prøvede materialer yderst begrænset".

b. Som supplement hertil er der i 2001 gennemført en ny prøvningsserie med 8 felter, efter samme metode og med samme opbygning som i den første prøvningsserie, blot med den ændring, at isoleringsmaterialerne var applicerede med fastholdelse, som bestod:

- enten af et stålnet med 2mm godstykkelse og maskevidde 85 mm
- eller af spredt forskalling 19x100 mm med c/c 300 mm
- eller af 2mm ståltråd pr. 300 mm
- eller af klammer
- eller af limning til trærammen

Isoleringstykkelserne var også 100 mm i denne prøvningsserie. Dog 138 mm i pladefelter med Spredt forskalling.

Isoleringsmaterialerne var af følgende typer og med den angivne fastholdelse:

- cellulose løsfyld med 6% bor- og 9% aluminiumsalte, fastholdt med spredt forskalling
- cellulose løsfyld med 6% bor- og 9% aluminiumsalte, fastholdt med stålnet
- cellulose løsfyld med 18% borsalte, fastholdt med spredt forskalling
- cellulose løsfyld med 18% borsalte, fastholdt med stålnet
- celluloseuld i pladeform med 6% bor- og 9% aluminiumsalte, fastholdt med 2 mm ståltråd
- celluloseuld i pladeform med 18% borsalte, fastholdt med limning
- høruld i pladeform med 8% ammoniumsulfat, fastholdt med 2 mm ståltråd
- høruld i pladeform med 8% ammoniumsulfat, fastholdt med klammer

Resultaterne af denne prøvningsserie blev følgende:

Felt med:	svigt efter	bme isolering
cellulose løsfyld med 15% salte/spredt forskalling	63 min	37 min = 0,27minutter/mm
cellulose løsfyld med 15% salte/stålnet	67 min	41 min = 0,41minutter/mm
cellulose løsfyld med 18% salte/forskalling	41 min	15 min = 0,11minutter/mm*
cellulose løsfyld med 18% salte/stålnet	52 min	26 min = 0,26minutter/mm
celluloseuld i pladeform med 15% salte/ståltråd	37 min	11 min = 0,11minutter/mm
celluloseuld i pladeform med 18% salte/limning	46 min	20 min = 0,20minutter/mm
høruld i pladeform med 8% salte/ståltråd	33 min	7 min = 0,07minutter/mm
høruld i pladeform med 8% salte/klammer	41 min	15 min = 0,15minutter/mm

bme for isoleringsmaterialerne er også her fastsat ved at sammenholde resultaterne for uisole-rede felter og tiden til integritetssvigt for isolerede felter.

\*Det forholdsvis lave bme på 0,11minutter/mm skyldes formentlig en mangelfuld udfyldning i isoleringen .

Cellulose løsfyld materialer med de under prøvningerne anvendte fastholdelsessystemer har gennemgående et relativt højt bme, i størrelsesordenen 0,2- 0,4 minutter/mm, medens tilsvarende pladematerialer og materialer af høruld i pladeform, med de under prøvningerne anvendte fastholdelsessystemer, har et lidt lavere bme i størrelsesordenen 0,1 – 0,2 minutter/mm .

## 10. Diverse andre prøvninger og godkendelser.

Udover de direkte anvendelige prøvningsresultater er der under søgningen efter litteratur fundet rapporter, som skønnes at være af betydning for fastlæggelsen af bme for isoleringsmaterialer og for beklædninger. Nedennævnte rapporter er fundet relevant i denne henseende.

### 10.1, prøvninger med uisolerede vægge.

a. DBI har den 2000-07-21 for firmaet Fermacell Skandinavien udført en brandprøvning på en ikke bærende uisoleret vægkonstruktion, bestående af et stålskelet beklædt på begge sider med 2 x 12,5 mm fibergips med en densitet på ca. 1200 kg/m<sup>3</sup>.

Prøvningen blev udført efter DS 1051.1, som er identisk med ISO 834.

Efter 82 minutters prøvning blev der konstateret isolationssvigt . Hvilket betyder, at de anvendte fibergipsplader må have haft et bme på ca. 20 minutter/stk.

b. I 1989 udførte iBBM, Amtliche Materialprüfungsanatalt i Braunschweig 2 prøvninger for firmaet FELS-Werken, Goslar, Tyskland .

Prøvningerne blev udført på vægkonstruktioner opbygget af et metalskelet, beklædt på begge sider med 12,5 mm fibergipsplader med en densitet på 1212 kg/m<sup>3</sup> og et 75 mm uisoleret hulrum. Væggens højde x bredde var = 3,0 x 3,0 m. Eneste forskel mellem de 2 prøvevægge var, at beklædningerne på den ene væg var befæstiget på alle 4 sider, medens de på den anden væg kun var befæstiget for oven og for neden.

Begge vægge holdt i 33 minutter, hvor maksimal temperaturstigning på forsiden oversteg 180°C, altså isolationssvigt.

Det vil sige, at de 2 gipsplader i gennemsnit har haft et bme på 16,5 minutter.

c. I 1991 udførte iBBM, Amtliche Materialprüfungsanatalt i Braunschweig 1 prøvning for firmaet FELS-Werken, Goslar, Tyskland .

Prøvningerne blev udført på en uisoleret vægkonstruktion opbygget af et metalskelet, beklædt på begge sider med 12,5 + 10 + 10 mm fibergipsplader med densitet 1100 – 1200 kg/m<sup>3</sup>. Væggens højde x bredde var = 3,0 x 3,0 m.

Efter 106 minutters prøvning blev der konstateret integritetssvigt .

Såfremt der udføres en tilbageregning med bme = 20 minutter for de 12,5 mm tykke fibergipsplader, skal der indregnes et bme på 16,5 minutter for hver af de 4 stk. 10 mm tykke fibergipsplader.

### **10.2, prøvninger med vægge isoleret med fåreuld.**

I 1996-1997 udførte iBBM, Amtliche Materialprüfungsanstalt i Braunschweig 2 prøvninger for firmaet Deutsche Heraklit.

Prøvningerne blev udført på vægkonstruktioner opbygget af et metalskelet, beklædt på begge sider med 12,5 mm gipsplader type standard og hulrummet isoleret med 40 mm plader af fåreuld, densitet  $23 \text{ kg/m}^3$ . Væggenes højde x bredde var =  $3,0 \times 3,0 \text{ m}$ .

Den øverste del af isoleringen blev fastholdt (klæbet) af en ca. 20 cm lang stribe af gips spartelmasse.

Temperatur stigninger på den upåvirkede side af væggen blev målt med 22 henholdsvis 26 termoelementer.

Prøvningerne blev afsluttet efter henholdsvis 34 minutter og 36 minutter, idet der var rekvireret 30 minutters prøvetid. Ved afslutningen var temperatur stigningerne på den upåvirkede side af prøverne 60-75% af det for isolationssvigt tilladte.

Fratrækkes det et bme på 40 minutter for gipsbeklædningerne (densitet ca.  $850 \text{ kg/m}^3$ ) fås, at fåreulden ikke har bidraget til brandmodstandsevnen.

### **10.3, godkendelser for vægge med isolering af hørfibre.**

Det tyske firma Heraklith producerer blandt andet organiske isoleringsmaterialer fremstillet af hørfibre og af fåreuld.

En oversigt fra Heraklith over tyske brandteknisk klassificerede konstruktioner isoleret med produkter af hørfibre omfatter godkendte (afrundede) BME for 33 vægkonstruktioner, dels med træskelet dels med metalskelet.

Ud af disse 33 godkendelser omhandler:

- 2 ydervægge med puds,
- 15 vægge, som er klassificerede på grundlag af ”forhåndsgodkendelser” i henhold til DIN 4102 Teil 4 tabel 50,
- 14 vægge, som er klassificerede på grundlag af brandtekniske vurderinger (betegnet gutachten).

Disse klassifikationer er alle uegnede til ”tilbagegning” af bme for isoleringen, idet der ikke findes bme-data for puds og på grund af manglende reelt målte BME for de øvrige konstruktioner.



## 11. Sammenfatning og konklusion

Projektets formål har været at fastlægge et forventet brandmodstandsbidrag for organiske isoleringsmaterialer, omfattende cellulosefibre løsuld og -plader, hørplader og hampeplader.

Ved analyse af prøvningsresultater fra eksisterende litteratur er der beregnet brandmodstandsbidrag (bme) for isoleringsmaterialer af cellulosefibre som løsfyld og i pladeform, hørfibre i pladeform og fåreuld i pladeform for lette vægge med et skelet af træ eller metal.

Der er fundet relativt få prøvningsrapporter, hvoraf nogle er op til 10 år gamle og er fra forskellige lande, omhandlende isoleringsmaterialer med forskellig densitet, additiver og fibrering og er gennemført med varierende prøvningsbetingelser, især for så vidt angår prøvefeltets størrelse og måleprogram. Hvilket betyder, at analysen må betragtes som behæftet med nogen usikkerhed.

bme for isoleringsmaterialerne er beregnet med anvendelse af "additionsprincippet", det vil sige ved at konstruktioners brandmodstandsevne (BME) reduceres med bme for beklædninger.

Analysen af resultater fra 10 prøvninger i stor skala giver beregnede bme for cellulose løsfyldsmaterialer i intervallet fra 0,09 minutter/mm til 0,32 minutter/mm. Et højere niveau, med bme i intervallet fra 0,22 minutter/mm til 0,53 minutter/mm, er fundet for resultater fra 4 prøvninger i småskala. De relativt store variationer skyldes formentlig, at isoleringen under prøvningerne har været appliceret både med og uden uden fastholdelse. Dette bekræftes af, at der ved analyse af 4 prøvninger i mellem skala - med fastholdelse af spredt forskalling eller af stålnet - er fundet bme for cellulose løsfyldsmateriale i intervallet fra 0,26 minutter/mm til 0,41 minutter/mm for 3 ud af de 4 prøvninger.

For isoleringsmaterialer af cellulosefibre i pladeformat er der analyseret en enkelt storskala prøvningsrapport, som giver et beregnet bme på 0,13 minutter/mm. Prøvningen er udført uden fastholdelse af isoleringsmaterialet. En sådan fastholdelse, bestående af 2 mm ståltråd pr. 300 mm eller limning af isolering til stolper, har derimod været appliceret ved 2 prøvninger i mellem skala. Resultaterne heraf blev beregnede bme på 0,11 min/mm og 0,20 min/mm. Altså noget lavere end for cellulose løsfyld med fastholdelsessystemer.

Høruld i pladeform er analyseret på grundlag af resultater fra 2 mellem skala prøvninger, hvor isoleringen var fastholdt dels med ståltråd dels med klammer. Resultaterne heraf blev beregnede bme på 0,07 min/mm og 0,15 min/mm. Altså på samme niveau som cellulose materialer i pladeform. Men også her lavere end cellulose løsfyld med fastholdelse.

Der er ikke fundet litteratur med prøvningsresultater for isoleringsmaterialer af hampefibre. Derimod er der analyseret resultater fra 2 prøvninger i stor skala med isolering af fåreuld i pladeform.

Der er (overraskende) ikke fundet nogen signifikant forskel på bme afhængig af, om de analyserede vægge er udført med et skelet af træ eller af metal.

I oversigtsform ser de beregnede bme således ud:

Materialetype/fastholdelse	skala	antal prøv- ninger	bme i minutter /mm
cellulose løsfyldsmaterialer uden fastholdelse	mellem	3	0 - 0,03
cellulose løsfyldsmaterialer uden fastholdelse	stor	10	0,09 - 0,32
cellulose løsfyldsmaterialer uden fastholdelse	lille	4	0,22 - 0,53
cellulose løsfyldsmaterialer med fastholdelse	mellem	4	0,11 - 0,41
cellulose i pladeform uden fastholdelse	stor	1	0,13
cellulose i pladeform uden fastholdelse	mellem	2	0,04
cellulose i pladeform med fastholdelse	mellem	2	0,11 - 0,20
høruld i pladeform med fastholdelse	mellem	2	0,07 - 0,15
høruld i pladeform uden fastholdelse	mellem	1	0,03

På grund af det begrænsede antal prøvninger, de relativt store variationer i beregnet bme og de nævnte usikkerheder, må det betragtes som u hensigtsmæssigt at beregne et gennemnit for de beregnede bme. Men de beregnede bme viser, at det kan forventes, at de analyserede organiske isoleringsmaterialer (bortset fra fåreuld) giver et målbart bidrag til lette vægges brandmodstandsevne, især såfremt isoleringsmaterialet fastholdes.

Konklusionen på de gennemførte analyser er :

at der for isoleringsmaterialer af cellulose løsfyld uden fastholdelse ikke med sikkerhed kan forventes noget bme,

at der for fastholdte isoleringsmaterialer af cellulose løsfyld, med relativ stor sikkerhed kan forventes et bme, i størrelsesordenen 0,1 – 0,3 minutter/mm.

at der for isoleringsmaterialer af cellulose i pladeform, med fastholdelse, kan forventes et bme, i størrelsesordenen 0,1 – 0,2 minutter/mm.

at der for isoleringsmaterialer af høruld, med fastholdelse kan forventes et bme, i størrelsesordenen 0,1 minutter/mm.

De forventede bme bør dog anvendes med stor forsigtighed, og med fornøden brandteknisk indsigt, dette gælder såvel for isoleringsmaterialer af cellulosefibre, som især for isoleringsmaterialer af høruld, og bør kun anvendes til orienterende beregninger af BME, for eksempel ved planlægning af forsøg, eller ved forhandlinger i specifikke projekter.

Det må i øvrigt anbefales, at de forventede bme for isoleringsmaterialer af cellulosefibre, hør fibre, hampefibre og eventuelt af fåreuld verificeres ved supplerende systematisk tilrettelagte prøvningsserier, som kan danne grundlag for opstilling af mere sikre beregningsdata til brug ved egentlig brandteknisk dimensionering efter additionsmetoden. Herunder anbefales det at forbedre indblæsnings teknikken for løsfyld, så alle hjørner udfyldes med isolering, og at forbedre fastholdelsessystemer især i toppen af væggene.

For fastholdte isoleringsmaterialer af cellulose løsfyld ligger det forventede bme på niveau med bme for stenuld og for de øvrige analyserede materialer (bortset fra fåreuld) ligger det forventede bme på niveaumed bme for glasuld.

## 12. English summary.

The objective of this project has been to estimate an expected contribution to fire resistance for organic insulation materials, comprising cellulose fibre loose-fill and batts, and batts of flax and batts of hemp.

Through analysis of test results from existing literature, contributions to fire resistance (bme) has been calculated for insulation materials of cellulose fibre loose-fill as well as batts, batts of flax and batts of sheep's wool, for light weight walls with a framework of wood or metal.

Relatively few test reports have been found, some of which are up till 10 years old, are from different countries, are dealing with insulation materials of different density, additives and fibration and the tests are performed under different test conditions, especially regarding the size of the test-area and the programme of measurements. This means that the analysis is subject to elements of uncertainty.

bme for insulation materials has been calculated by use of the "addition principle", which means that the fire resistance (BME) of a structure is reduced by the bme of the covering(s).

Analysis of 10 test results in large scale (app. 3x3 m) give calculated bme for cellulose loose-fill materials in the interval from 0,09 minutes/mm to 0,32 minutes/mm. A higher level, from 0,22 minutes/mm to 0,53 minutes/mm, is found from results of 4 tests in small scale (app. 1x1 m). The relatively large variations are probably due to the fact that the insulation during the tests has been applied as well with and without fixation. This supposition is confirmed by the fact, that by analysis of 4 tests in medium scale- with fixation by means of laths at intervals or of wire netting- bme is found in the interval from 0,26 minutes/mm to 0,41 minutes/mm for cellulose loose-fill for 3 out of 4 test results.

A single test report on cellulose batts (in large scale) gives an estimated bme of 0,13 minutes/mm. The test is performed without special fixation of the insulation materials. A fixation with 2 mm thick wire at c/c 300mm or gluing of the insulation to the posts, has been applied at 2 other tests in medium scale. The results from these were bme calculated at 0,11 minutes/mm and 0,20 minutes/mm respectively, which is lower than for cellulose loose-fill with fixations.

Flax wool batts has been analysed, on the basis of the results from 2 tests in medium scale, with fixation from wire or with stables. The results of this were bme calculated at 0,07 minutes/mm and 0,15 minutes/mm respectively. Which is the same level as for cellulose fibre batts, but too in this case lower than cellulose loose fill with fixation.

No literature is found with test results on insulation materials of hemp fibres. But analysis has been performed on the results of 2 tests in large scale with insulation of sheep's wool batts.

Surprisingly no significant difference is found on bme depending on whether the analysed walls are with framework from wood or from metal.

An overview of the calculated bme is as follows:

Type of material/fixation	scale	no. of tests	bme in min/mm
Cellulose loose-fill/no fixation	medium	3	0 - 0,03
Cellulose loose-fill/no fixation	large	10	0,09 - 0,32
Cellulose loose-fill/no fixation	small	4	0,22 - 0,53
Cellulose loose-fill/with fixation	medium	4	0,11 - 0,41
Cellulose batts/no fixation	large	1	0,13
Cellulose batts/no fixation	medium	2	0,04
Cellulose batts/with fixation	medium	2	0,11 - 0,20
Flax batts/with fixation	medium	2	0,07 - 0,15
Flax batts/no fixation	medium	1	0,03

Because of the limited number of test, and of the relatively large variation in calculated bme and of the earlier mentioned uncertainties, it must be considered inappropriate to calculate an average of the calculated bme's.

But the calculated bme's show that it can be expected, that the organic insulation materials in question (except from sheep's wool) give measurable contributions to the fire resistance of light weight walls, especially if the insulation is applied with fixation.

The conclusion on the analysis is:

That no bme can be expected for insulation materials of cellulose loose-fill without fixation,

That a bme of the order of 0,1–0,3 minutes/mm, with relatively great certainty, can be expected for cellulose loose-fill with fixation,

That a bme of the order of 0,1–0,2 minutes/mm, might be expected for cellulose batts with fixation,

That a bme of the order of 0,1 minutes/mm, might be expected for flax batts with fixation.

The expected bme must be applied with great care, and with sufficient fire technical experience, this is the case for insulation materials of cellulose fibres as well as -and especially- for insulation materials of flax wool, and should only be applied for prospective estimates of bme, e.g. in connection with planning of tests or by negotiations/considerations in specific projects.

It is recommended that the expected bme's are verified through additional systematically prepared series of tests, which could be the basis for the determination of more correct data for fire technical calculations according to the "addition method". It is recommended, included in this, to improve the techniques for blowing in loose fill materials to ensure that all corners are filled with insulation and to improve the systems for fixation especially at the top of the walls.

The bme for insulation materials of cellulose loose-fill is expected to be at the same level as for rockwool and the expected bme for the remainder of the analysed materials (except from sheeps wool) is expected to be at the same level as for fibre-glass, provided that the insulation is applied with fixation.

### **13. LITTERATURLISTE:**

- 1.** Træ 38, Træ og brand, udgivet af Træbranchens Oplysningsråd, december 1995.
- 2.** DS 413, trækonstruktioner 4. Udgave 1982, udgiver af Dansk Ingeniørforening.
- 3.** KONTENTA 9312069, Additionsmetoden, Beräkning av brandmotstånd hos avskiljande väggar, udgivet af Träteck, Institutet för träteknisk forskning.
- 4.** Rapport; The effect of insulation on the fire resistance of small-scale gypsum board assemblies, udarbejdet af Sultan M. A. og Loughheed G.D. til: Fire and Materials, 3<sup>rd</sup> International Conference and Exhibition, Washington DC 1994,
- 5.** Rapport nr. 95 R12567B, Brandprøvning av bärande yttervägg, Udarbejdet af SP, Borås for Träteck og Nordisk Ekofiber AB. Dateret 1995-05-20.
- 6.** Beregningsmæssig bestemmelse af lette, ikke-bærende pladebeklædte skillevægges brandmodstandsevne. 3. Del, udgivet af Dansk Brandværns-Komite m.fl. januar 1984.
- 7.** Brandmodstandsbidrag for alternative isoleringsmaterialer, udgivet af Dansk Brandteknisk Institut, september 2000.
- 8.** 3 prøvningsrapporter, udarbejdet af DBI/Dansk Brand- og sikrings Institut vedrørende orienterende bestemmelse af isoleringsmaterialers brandmodstandsbidrag. Sag nr. DZ 66750 og Sag nr. DZ 66950. Rapporterne er dateret august 2000 samt juni og juli 2001.
- 9.** Prøvningsrapporter stillet til rådighed af firmaerne:
  - Excell Ltd, England
  - Isofloc, Tyskland
  - Fermacell, Danmark
  - Nordisk Ekofiber, Sverige

# Organiske isoleringsmaterialer, brandmodstandsbidrag.

Bilag 1.

Sept. 2001

Tabel kopieret fra, rapporten: The effect of insulation on the fire resistance of small-scale gypsum board assemblies, udarbejdet af Sultan M. A. og Loughheed G.D. til: Fire and Materials, 3<sup>rd</sup> International Conference and Exhibition, Washington DC 1994,

Table 1. Small-Scale Assembly Parameters and Fire Test Results

Assembly Number	Gypsum Board Layers (Exp/Unexp.)	Gypsum Board Thickness (mm)	Gypsum Board Type	Insulation Type	Insulation Thickness (mm)	Point Failure (min)	Average Failure (min)
S-09	1X1	12.7	X	***	***	46	46
S-22	1X1	12.7	X	GF	? 90	46	48
S-14	1X1	12.7	X	RF	? 40	69	72
S-15	1X1	12.7	X	CF	90	69	71
S-10	1X2	12.7	X	***	***	86	86
S-23	1X2	12.7	X	GF	90	88	93
S-26	1X2	12.7	X	RF	90	114	117
S-18	1X2	12.7	X	CF	90	134	135
S-12	2X2	12.7	X	***	***	129	129
S-25	2X2	12.7	X	GF	90	139	139
S-27	2X2	12.7	X	RF	90	160	162
S-21	2X2	12.7	X	CF	90	157	163
S-01	2X2	12.7	RL	***	***	82	84
S-32	2X2	12.7	RL	GF	90	74	76
S-33	2X2	12.7	RL	RF	90	98	101
S-34	2X2	12.7	RL	CF	90	102	***

X - Type X Gypsum 12.7 mm Thick (7.83 kg/m<sup>2</sup>) RL - Regular Lightweight Gypsum Board with glass fibre in gypsum core (7.35 kg/m<sup>2</sup>)  
GF - Glass Fibre Insulation RF - Rock Fibre Insulation CF - Cellulose Fibre Insulation \*\*\* - Null Value

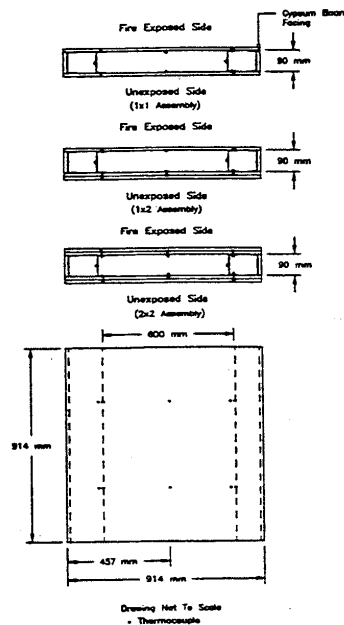


Figure 1. Construction of Assemblies and Thermocouple Locations

# Organiske isoleringsmaterialer, brandmodstandsbidrag.

Bilag 2.

Sept. 2001

## Oversigt over resultater af storskala prøvninger med cellulose løsfylds isolering:

Ref. Afsnit	isolering af	minut./mm	skellet isolering	bme isolering	nedfald prøvning	fastholdt kriterie	last under	svigt	mm/type
7.1	208 løsfyld		træ	0,19	uoplyst	uoplyst	ja	integritet	
7.2 a	89 løsfyld		træ	0,11	ja	uoplyst	ja	integritet	
7.2 b	170 løsfyld		træ <sup>1)</sup>	0,11	uoplyst	uoplyst	ja	integritet	
7.3 a	105 wet-spray		træ <sup>2)</sup>	0,09	uoplyst	uoplyst	nej	integritet	
	105 wet-spray		træ <sup>2)</sup>	0,30	uoplyst	uoplyst	nej	isolation	
	105 wet-spray		træ <sup>2)</sup>	0,16	uoplyst	uoplyst	nej	isolation	
7.3 b	80 løsfyld		træ	0,20	ja	uoplyst	nej	isolation	
	50 løsfyld		stål	0,28	ja	uoplyst	nej	isolation	
	50 løsfyld		stål	0,32	ja	uoplyst	nej	isolation	
7.3 c	50 løsfyld		stål	0,20	ja	uoplyst	nej	isolation	

Bemærkninger:

1) I-tværsnit

2) krydslægteprincip