

Projekt om brandsikre vådrum

Valg og vurdering af materialer

November 2023



Indholdsfortegnelse

Forord	3
Indledning.....	3
Projektindhold	4
Gyldighedsområde.....	4
Hovedkonklusion	4
Præ-accepterede løsninger efter BR18 og brandkrav til vådrum	7
Bygningsreglement 2018	7
Vådrumspalder og deres anvendelse i henhold til de præ-accepterede løsninger	9
SBI-anvisning 252.....	9
Brandsikring af vådrum (valg og vurdering af materialer).....	10
Brandforsøg	10
Forsøgsopstilling 1: Proof of Concept.....	10
Resultater og observationer	11
Delkonklusion	13
Forsøgsopstilling 2: Reaktion på brand egenskaber ved SBI-test	14
Resultater og observationer	16
Delkonklusion	19
Forsøgsopstilling 3: Brandbeskyttelsesevne (beklædningstest).....	20
Resultater og observationer	22
Delkonklusion	27

Rapporten er udarbejdet af Projektleder Gert Jakobsen og Afdelingsleder Brian V. Jensen

DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut
 Jernholmen 12, 2650 Hvidovre · Tlf.: 36 34 90 00
 E-mail: dbi@brandogsikring.dk · www.brandogsikring.dk

Forord

Projekt "Brandsikre Vådtrum" er et udviklingsprojekt, som har haft til formål at afklare og "udbedre" uoverensstemmelser mellem Bygningsreglementets krav til brandsikring og Alment Teknisk Fælleseje. Projektet handler om anvendelsen af lette vådrumsplader, hvor det ikke er dokumenteret, at disse er anvendt i overensstemmelse med præ-accepterede løsninger for brandforhold.

Nærværende rapport er den afsluttende rapport for projektet, hvor der redegøres for projektets aktiviteter og de opnåede resultater. Rapporten behandler alene brandmæssige forhold.

Projektet er udført af DBI - Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut i perioden 2020-2023 med støtte fra GI - Grundejernes Investeringsfond.

Indledning

I badeværelser og i andre rum, som indeholder vådrumszoner, kan der på gulve og vægge bruges byggeplader som underlag for fx fliser. Anvendte byggeplader går oftest under betegnelsen vådrumsplader og vil i brandteknisk henseende blive betegnet som et isoleringsmateriale, da pladernes vægt er under 300 kg/m³.

Brandtekniske egenskaber af isoleringsmaterialer i den konkrete anvendelse er reguleret af Bygningsreglementet 2018 (BR18) med tilhørende vejledninger og bilag om brandforhold. Her benyttes præ-accepterede løsninger til at beskrive det brandsikkerhedsniveau, som skal imødekommes. I henhold til præ-accepterede løsninger betragtes vådrumsplader som et brandbart isoleringsmateriale, hvor der dels er anvendelsesbegrænsninger samt krav om tilstrækkelig beskyttelse af isoleringsmaterialet.

I relation til vådrum beskrives i Bygningsreglementet 2018 også krav til vandtæthed og sikkerhed mod fugt- og vandskader. Hvordan gulve og vægge i vådrum kan udføres for at tilgodese disse krav, er beskrevet i SBI-anvisning 252 om Vådtrum. Anvisningen henvender sig til de projekterende, rådgivende og udførende, der skal etablere vådrum i nybyggeri, eksisterende byggeri eller renovere eksisterende vådrum. I SBI-anvisning 252 (1. udgave 2015) er krav til brandsikring ikke behandlet.

Baggrunden for projektet er et ønske om at tilvejebringe viden om de brandtekniske egenskaber for de konstruktionsopbygninger, som er beskrevet i Alment Teknisk Fælleseje, og som traditionelt har dannet grundlag for anvendelse af vådrumsplader i vådrum.

En afdækning af de brandmæssige forhold vil kunne danne grundlag for en stillingtagen til, hvordan de brandmæssige aspekter kan adresseres i det Almene Tekniske Fælleseje, i godkendelsesordninger og i byggelovgivningen.

Projektindhold

I brandforsøg testes om forskellige materialer (vådrumssystemer), herunder brug af vådrumsplader, lever op til de gældende brandkrav. Der er hertil opbygget og brandtestet et antal mockup'er med forskellige materialer som overflade og underlag. Viden fra gennemførte brandforsøg benyttes til at vurdere/kvantificere om de anvendte vådrumssystemer tilgodeser et acceptabelt brandsikkerhedsniveau.

I brandforsøgene er det undersøgt, om de overflader, som beskrives i SBI-Anvisning 252 om vådrum lever op til gældende brandkrav, samt om vådrumsplader af brandbare materialer vil blive antændt og kunne påvirke en brand i et vådrum.

Projektet består af følgende hovedaktiviteter:

- Små-skala brandtest (proof of concept)
- Orienterende brandprøvning af reaktion på brand egenskaber
- Orienterende brandprøvning af brandbeskyttelsesevne (beklædningstest)
- Resultatbearbejdning og afrapportering.

Gyldighedsområde

Vådrum er generelt defineret som rum med gulvafløb, og omfatter f.eks. bryggers, badeværelser, storkøkkener, omklædningsrum mm.

Denne rapport omhandler udelukkende brandforhold ved anvendelse af vådrumsplader i badeværelser i etageboligbyggeri. Badeværelser i etageboligbyggeri er generelt kendetegnet som mindre rum, hvor der traditionelt set er lav brandbelastning.

I projektet er der anvendt lette vådrumsplader opbygget med en kerne af ekstruderet polystyren (XPS), der på begge sider er forsynet med en glasfiberarmeret specialmørtelbelægning. Densiteten af kernematerialet er ca. 32 kg/m³. Der er på det danske marked forskellige leverandører af lette vådrumsplader og der er i brandmæssig henseende ikke fundet væsentlige forskelle på produkter, hvorfor dette ikke anses at have indflydelse på rapportens resultater.

Rapportens anbefalinger er gældende ved anvendelse af vådrumsplader i gulve og i vægge.

Hovedkonklusion

For at kunne tilgodese brandkravene i Bygningsreglementet 2018, ved anvendelse af brandbare isoleringsmaterialer (vådrumsplader) i vådrumsløsninger, er det nødvendig, at isoleringsmaterialet er afdækket bag et brandbeskyttende lag, som kan yde tilstrækkelig beskyttelse i det indledende brandforløb – som fx beskyttelse mod antændelse af bagvedliggende isoleringsmateriale. Det brandbeskyttende lag danner oftest den yderste overflade i rummet og skal samtidig have egenskaber som kan tilgodese brandkrav til indvendige overflader i rummet.

Der er på baggrund af et antal indledende små-skala forsøg udvalgt og undersøgt tre konstruktionsopbygninger med brug af vådrumslader, som påføres et overfladelag. Alle tre opbygninger er i overensstemmelse med SBI-Anvisning 252 og tilgodeser vand- og fugtmæssige hensyn ved brug i vådrum.

De tre konstruktionsudformninger er:

- A. Flisebeklædning på vådrumslade
- B. Armeret cementpuds på vådrumslade
- C. Malersystem på fuldspartlet vådrumslade.

De tekniske specifikationer for opstillede konstruktionsudformninger og detaljeret resultatbearbejdning fremgår af rapportens efterfølgende afsnit.

På baggrund af udførte brandtest kan det konkluderes, at de indgående brandbeskyttende lag i de tre konstruktionsudformninger ikke til fulde kan tilgodese klassifikationskriteriet K₁ 10. Kriteriet skal dels opfyldes ved en maksimal temperaturstigning målt på bagsiden af eksponeret prøveemne, samt et krav om, at der ikke sker beskadigelse af bagvedliggende materialer (vådrumslade). Følgende resultater er opnået ved brandprøvning.

Indikation brandklasse	Reaktion på brand	Brandbeskyttelsesevne
Flisebeklædning	B-s1,d0	K ₁ 10*
Armeret cementpuds	B-s1,d0	K ₁ 10*
Malersystem	D-s3,d0	Ingen klassifikation

* Der observeres ændringer/beskadigelse af bagvedliggende materiale (smeltning/forkulning af vådrumslade).

Der differentieres i Bygningsreglementet 2018 ikke på brandkrav til indvendige overflader eller anvendelse af isoleringsmaterialer specifikt for vådrum, hverken i badeværelser i etageboligbyggeri eller i vådrum i anden sammenhæng. Medtages den generelt meget lave brandbelastning, som typisk forefindes i badeværelser i etageboligbyggeri, ved vurdering af et acceptabelt brandsikkerhedsniveau, anses Bygningsreglementet 2018's funktionskrav til brand- og røgspredning i det rum, hvor branden opstår at kunne imødekommes ved konstruktionsudformning A og B. For konstruktionsudformning C, hvor der opleves en lavere grad af brandbeskyttelse i det afsluttende overfladelag, anses funktionskrav til brand- og røgspredning at være imødekommet i små vådrum. I SBI Anvisning 252 er små vådrum beskrevet som rum med gulvareal der er mindre end 3,25 m² (vådzone omfatter alle vægoverflader).

De brandmæssige aspekter for anvendelse af vådrumslader i vådrum kan i Alment Teknisk Fælleseje eller i byggelovgivningen (præ-accepterede løsninger for brandsikringstiltag) foreslås formuleret på følgende vis:

I præ-accepterede løsninger anføres, at de i et rum yderste overflader på vægge skal udføres som beklædning klasse K₁ 10 / B-s1,d0 eller som beklædning klasse K₁ 10 / D-s2,d2.

For et vådrum (badeværelser i etageboligbyggeri) beliggende i en bygning med gulv i øverste etage højst 22 m over terræn, kan der ses bort fra de ovenfor anførte beklædningskrav under forudsætning af, at vådrummets vægge er udført med et overfladebelægningssystem med samlet tykkelse på mindst 6 mm bestående af ubrændbare materialer som klasse A2-s1,d0.

For små vådrum (badeværelser i etageboligbyggeri) beliggende i en bygning med gulv i øverste etage højst 22 m over terræn, kan der ses bort fra de ovenfor anførte beklædningskrav under forudsætning af, at de indgående materialer i overfladebelægningssystemet mindst er materiale klasse D-s2,d2. Der kan dog anvendes isoleringsmaterialer ringere end materiale klasse D-s2,d2 under forudsætning af, at tykkelsen af isoleringsmaterialet højst er 50 mm.

Ved ændring af kravformulering i byggelovgivning ved præ-accepterede løsninger for brandsikringstiltag, bør der ses på vådrum i mere generel forstand, så som badeværelse, bryggers eller wc-rum med gulvafløb. I projektet er der alene undersøgt brandforhold ved anvendelse af vådrumspalder i badeværelser i etageboligbyggeri. Ved formuleringen af forslag til brandkrav for overflader i vådrum, er der set bort fra at anvende brandbelastning/brandlast i rummet som en parameter.

I efterfølgende afsnit er der redegjort for brandkrav i henhold til de præ-accepterede løsninger i Bygningsreglementet 2018, samt for de brandtest som er udført. Herunder valg af metode, forsøgsopstillinger og resultater.

Præ-accepterede løsninger efter BR18 og brandkrav til vådrum

I dette afsnit foretages en kortfattet beskrivelse af Bygningsreglementet 2018's brandkrav i relation til vådrum og til anvendelse af vådrumspalder. Der foretages ligeledes en beskrivelse af anvendelsesområde for vådrumspalder i relation til SBI-Anvisning 252 (her omtalt som vandtætte plader). Beskrivelse af vådrumspalder i SBI-Anvisning 252 benyttes som grundlag for opstilling og valg af konstruktionsudformninger til brandtest.

Bygningsreglement 2018

Krav til brandsikring af byggeri er som udgangspunkt funktionsbaserede, hvilket i praksis betyder, at forskellige løsninger og brandsikringstiltag kan finde anvendelse, så længe det kan dokumenteres, at der er tilgodeset et acceptabelt brandsikkerhedsniveau. I vejledninger og bilag til BR18 er der opstillet et antal præ-accepterede løsninger for brandsikringstiltag for traditionelt byggeri, som kan anvendes som dokumentation for, at funktionsbaserede brandkrav i Bygningsreglementet 2018 er opfyldt. I dette projekt er de præ-accepterede løsninger anvendt ved opstilling og vurdering af konstruktionsudformninger og de indgående brandbeskyttende lag i konstruktionen.

I relation til vægopbygning i en boligenhed stilles brandkrav til væggen indvendige overflader, og der stilles krav til de materialer, som indgår i væggen, hvor disse materialer har en densitet på mindre end 300 kg/m³ (defineres som et isoleringsmateriale). Brandmodstandsevne og bæreevnekrav for vægge er ikke behandlet i projektet, da anvendelse af vådrumspalder med et brandbeskyttende lag ikke anses at kunne bidrage hertil. Her forudsættes, at bygningens øvrige bygningsdele og brandsikringstiltag tilgodeser dette.

I de præ-accepterede løsninger for indvendige overflader skelnes der alene mellem indvendige overflader i flugtveje og indvendige overflader i andre rum. Der er ingen særskilte brandkrav til vådrum.

Præ-accepterede løsninger for udførelse af indvendige beklædninger (overflader) i etageboligbyggeri (i den enkelte boligenhed):

Vægbeklædning: K₁ 10 / B-s1,d0 (generelt)
K₁ 10 / D-s2,d2 (op til 22 meter)

Loftbeklædning: K₁ 10 / B-s1,d0 (generelt)
K₁ 10 / D-s2,d2 (op til 5,1 meter)

Gulvbelægning: Ingen krav

I de præ-accepterede løsninger for isoleringsmaterialer skelnes mellem isoleringsmaterialets reaktion på brand klasse ved anvisning af anvendelsesområder. Her indgår bl.a. hensyn til bygningens højde, bærende konstruktioner, brandmæssige adskillelser og anvendelse af bygningsdele.

Præ-accepterede løsninger for anvendelse af isoleringsmaterialer i etageboligbyggeri med gulv i øverste etage højst 22 m over terræn:

- Isoleringsmaterialer, der mindst opfylder kravene til materiale klasse B-s1,d0 [klasse A materiale], kan anvendes uden begrænsninger, hvor gulv i øverste etage er højst 22 m over terræn.
- I bygninger hvor gulv i øverste etage er mere end 5,1 m over terræn, med isoleringsmateriale ringere end materiale klasse B-s1,d0 [klasse A materiale], skal de bærende konstruktioner udføres af mindst materiale klasse A2-s1,d0 [ubrændbart materiale].
- Isoleringsmaterialer, der mindst opfylder kravene til materiale klasse D-s2,d2 [klasse B materiale], kan anvendes i bygninger hvor gulv i øverste etage er højst 22 m over terræn, med de begrænsninger, der i den konkrete sammenhæng gælder for alle andre materialer, under hensyn til bygningens højde, bærende konstruktioner, brandmæssige adskillelser og anvendelse af bygningsdele.
- Isoleringsmaterialer, der ikke mindst er materiale klasse D-s2,d2 [klasse B materiale], må anvendes i bygninger, hvor gulv i øverste etage er højst 22 m over terræn, under de forhold, der er beskrevet i Tabel 4.2.3 (se Figur 1), under hensyn til bygningens højde, bærende konstruktioner, brandmæssige adskillelser og anvendelse af bygningsdele.

Anvendelse af isoleringsmaterialer som ikke mindst er materiale klasse D-s2,d2 [klasse B materiale] i bygninger hvor gulv i øverste etage er højst 22 m over terræn	
<p>Ovenpå etageadskillelser, som er mindst bygningsdel klasse REI 60 / A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 60], når gulvet er mindst gulvbelægning klasse D_{tr}-s1 [klasse G gulvbelægning]. Brandadskillende vægge skal føres helt ned til etagedækket.</p>	
Vægge og lofter i bygninger	
<p>Hvis isoleringsmaterialet på begge sider af en lodret bygningsdel er afdækket med mindst bygningsdel klasse (R)EI 30 / A2-s1,d0 [BS-bygningsdel 30].</p>	
Anvendelse af isoleringsmaterialer som ikke mindst er materiale klasse D-s2,d2 [klasse B materiale] i bygninger hvor gulv i øverste etage er højst 12,0 m over terræn	
<p>Hvor isoleringsmaterialet er afdækket med mindst beklædning klasse K 10 / B-s1,d0 [klasse 1 beklædning] langs begge sider af en lodret bygningsdel og langs undersiden af en vandret eller skråtstillet bygningsdel, såfremt der ikke er hulrum mellem isoleringsmaterialet og beklædningen.</p>	
<p>Hvor isoleringsmaterialet er afdækket med mindst bygningsdel klasse EI 30 [BD-bygningsdel 30] langs begge sider af en lodret bygningsdel og langs undersiden af en vandret eller skråtstillet bygningsdel.</p>	

Figur 1: Tabel 4.2.3 fra Bilag 2 vedr. brandsikring af etageboligbyggeri, udgave fra 29.10.2021.

Vådsumplader og deres anvendelse i henhold til de præ-accepterede løsninger

De almindelige anvendte vådrumsplader i Danmark er opbygget med en kerne af ekstruderet polystyren (XPS), der på begge sider er forsynet med en glasfiberarmeret specialmørtelbelægning. Af datablade fra udvalgte leverandører af vådrumsplader, fremgår reaktion på brand klasse for produktet som euroklasse E efter standarden EN13501. Produkternes densitet er oplyst til ca. på 32 kg/m³ efter standarden EN 1602.

Ekstruderet polystyren (XPS) antændes generelt let og indeholder en stor energimængde. XPS har den egenskab, at materialet smelter ved temperaturer under 100 grader. Når XPS-smelter ses der en begrænset mængde resterende plastmateriale.

Anvendelse af vådrumsplader (betragtes brandmæssigt som et isoleringsmateriale) kan efter præ-accepterede løsninger for etageboligbyggeri finde sted som nedenfor:

- Ved brandbare bærende konstruktioner (fx bærende bygningsdele i træ) og hvor gulv i øverste etage er højst 5,1 m over terræn (traditionelt bygninger i 2 etager). Vådsumpladerne (isoleringmaterialet) skal afdækkes med mindst beklædning klasse K₁ 10 / B-s1,d0 uden hulrum mellem isoleringmaterialet og beklædningen.
- Ved ubrændbare bærende konstruktioner (mindst klasse A2-s1,d0) og hvor gulv i øverste etage er højst 12 m over terræn. Vådsumpladerne (isoleringmaterialet) skal afdækkes med mindst beklædning klasse K₁ 10 / B-s1,d0 uden hulrum mellem isoleringmaterialet og beklædningen, eller afdækning med bygningsdel klasse EI 30.
- Ved ubrændbare bærende konstruktioner (mindst klasse A2-s1,d0) og hvor gulv i øverste etage er højst 22 m over terræn. Vådsumpladerne (isoleringmaterialet) skal mindst afdækkes med bygningsdel klasse EI 30 / A2-s1,d0.

Ved brug af vådrumsplader i forbindelse med udførelse af vådrum opleves det, at de faktiske konstruktionsudformninger ikke kan tilgodese den præ-accepterede løsning i relation til afdækning med enten beklædning klasse K₁ 10 / B-s1,d0, EI 30 eller EI 30 / A2-s1,d0.

SBI-anvisning 252

Anvisningen beskriver generelt ikke de brandmæssige forhold i relation til indretning af vådrum (brandkrav til indvendige overflader og brug af isoleringmaterialer).

I anvisningen er vådrumsplader benævnt *MK-godkendte "vandtætte" plader, som er forsynet med en overflade eller belægning, der gør dem vandtætte i sig selv, fx en plastbelægning.*

Tabeller i anvisningen angiver anvendelsesmuligheder i forskellige belastningsklasser i såvel våd- som fugtig zone.

I vådzone anvises vægge med MK-godkendt flisesystem med membran eller PVC, mens der i fugtig zone anvises flisesystem med og uden membran, PVC, PE-folie med plade eller bræddebeklædning, samt vandafvisende overflade i form af malerbehandling eller lignende.

Brandsikring af vådrum (valg og vurdering af materialer)

I projektet benyttes brandforsøg til at afdække og dokumentere de brandtekniske egenskaber ved brug af vådrumsplader i forskellige konstruktionsudformninger. Det undersøges i hvilket omfang det afsluttende og i rummet synlige overfladelag lever op til gældende brandkrav ved test af både reaktion på brand egenskaber og brandbeskyttelsesevne.

Ved valg af konstruktionsudformninger for brug af vådrumsplader er der anvendt viden fra anvisning om vådrum, samt fra centrale aktører i branchen. Dette med baggrund i, at de brandtekniske egenskaber ønskes afdækket for repræsentative konstruktioner, som anvendes i praksis. Følgende overvejelser er gjort:

- MK-godkendt flisesystem med membran er tilvalgt
- Malersystem er tilvalgt
- Armeret cementpuds er tilvalgt
- PE-folie med plade eller bræddebeklædning er fravalgt
- PVC-løsninger er fravalgt (vådrumsplader indgår traditionelt ikke som underlag for PVC og vinyl løsninger).

I følgende afsnit beskrives metode for brandforsøg, forsøgsopstillinger og opnåede resultater.

Brandforsøg

Der er udført brandforsøg i 3 forskellige prøvningsstande, hvor der i hver prøvningsstand er udført et antal brandprøvninger med variationer i udformning af prøveemner.

De 3 prøvningsstande omfatter:

1. Proof of concept – nedskaleret Single Burning Item-test (SBI-test) – mini SBI
2. Reaktion på brand egenskaber ved SBI-test efter EN 13823
3. Brandbeskyttelsesevne (beklædningstest i modelovn) efter EN 14135

Forsøgsopstilling 1: Proof of Concept

Der er indledningsvist foretaget et antal små-skala test af reaktion på brand egenskaber for et prøveemne bestående af vådrumsplade som underlag, hvorpå der er påført et afsluttende overfladelag bestående af fliser.

Formålet med forsøgene har været at afdække betydningen af flisetykkelse og størrelse/dimensioner samt betydningen af tykkelse af vådrumsplade.

Prøveemner ved mini SBI-test er ca. 30x40 cm og resultater opnået ved test kan komme med en indikation af, hvordan prøveemnet vil klare en SBI-test efter EN 13823.

Der er undersøgt 5 forskellige typer af fliser, som er monteret på to tykkelser af vådrumsplade (12 og 30 mm). Der er i alt fremstillet 8 prøveemner, som er testet ved mini-SBI test.

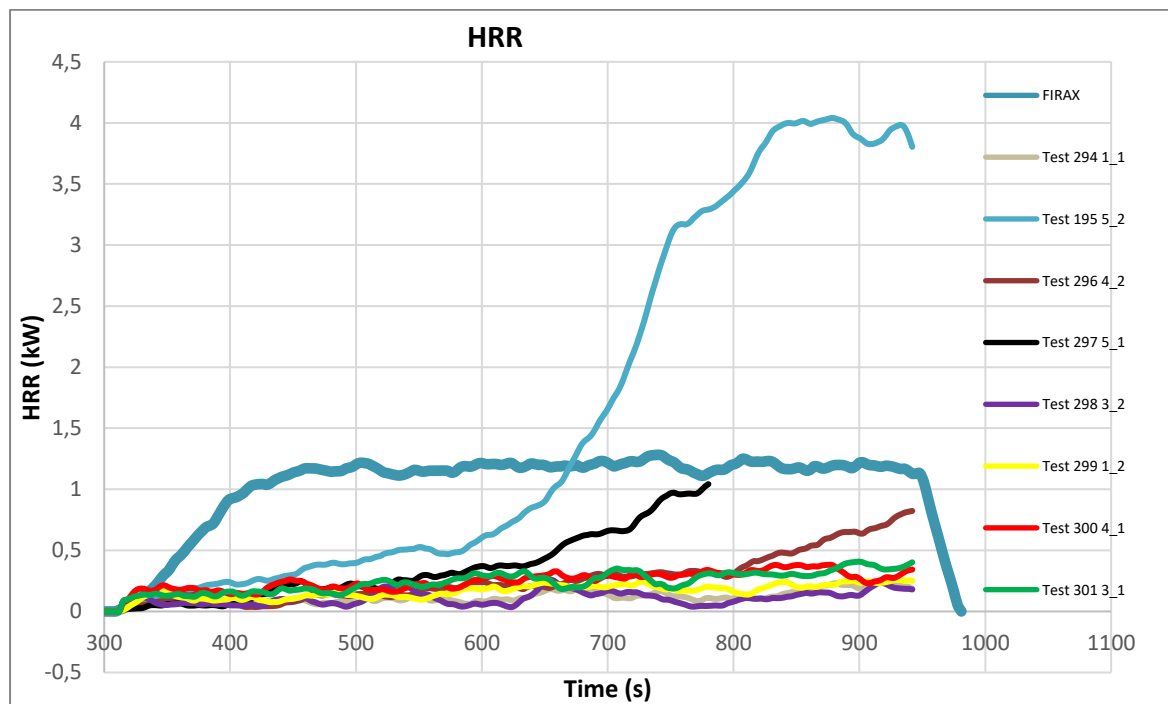
Samtlige prøveemner er udført med LIP vådrumssystem med fulddækkende membran bestående af primer 54, 2 lag VS30 vandtætningsmembran med ilagt LIP armeringsvæv i hjørnet. Fliser er monteret i LIP multifliseklæb. Der er anvendt Jackoboard Plano som vådrumsplade.

Resultater og observationer

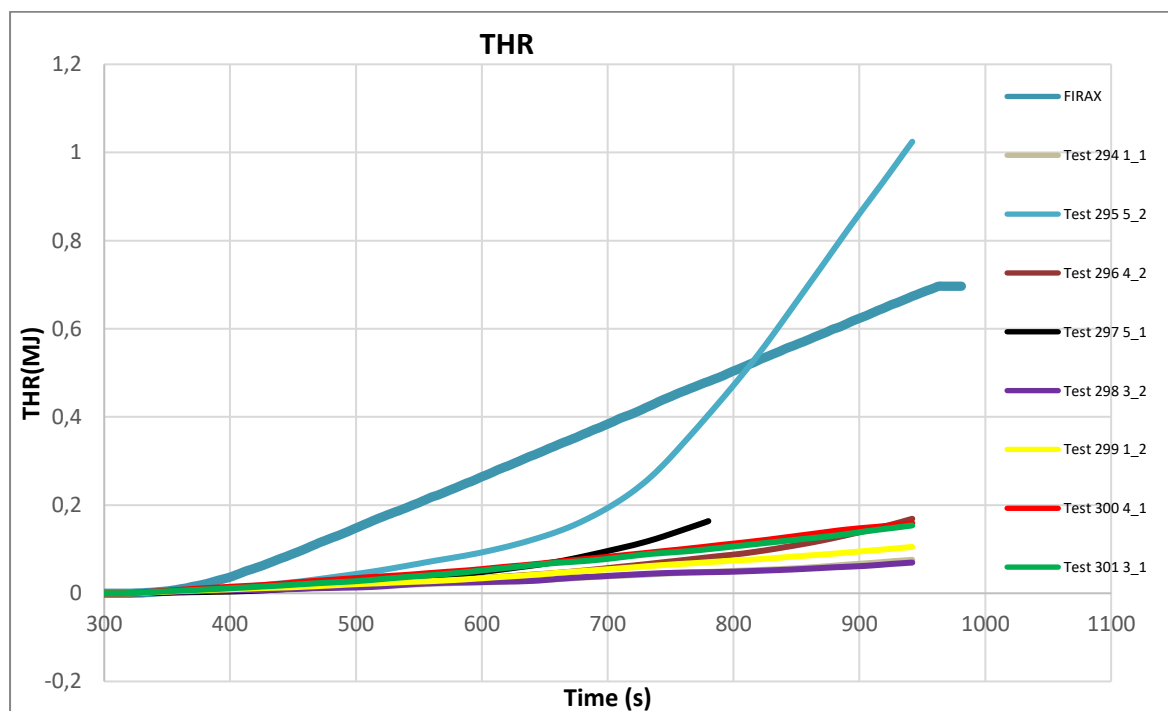
Prøveemner med observationer fra tests.

Test ID	Vådrumsplade (tykkelse)	Flise (tykkelse)	Materiale/navn	Fuge	Noter / observationer
1.1	12 mm	Storformat 11 mm	Keramisk Nubila beige	Ingen	XPS smelter Flisen flækker/krakelerer uden at der sker kollaps
1.2	30 mm	Storformat 11 mm	Keramisk Nubila beige	Ingen	XPS smelter Flisen flækker/krakelerer uden at der sker kollaps
3.1	12 mm	15x20-24 8 mm	Marmor Bianco Carrara	Ingen	XPS smelter Flisen flækker/krakelerer uden at der sker kollaps
3.2	30 mm	15x20-24 8 mm	Marmor Bianco Carrara	Ingen	XPS smelter Flisen flækker/krakelerer uden at der sker kollaps
4.1	12 mm	25*25 mosaik Ca. 5,5 mm	Keramisk sealand	Som defineret af mosaikken	XPS smelter Mosaikken (net), holder sin position og overfladen fremstår intakt
4.2	30 mm	25*25 mosaik Ca. 5,5 mm	Keramisk Sealand	Som defineret af mosaikken	XPS smelter Mosaikken (net), holder sin position og overfladen fremstår intakt
5.1	12 mm	15x15 mosaik Ca. 3 mm	Glas Hvid Kløver	Som defineret af mosaikken	XPS smelter Mosaikken (ej net) adskilles og "flækker" mellem de enkelte fliser. Der sker reel brandudvikling med flammer over siden af vådrumspladen der er blottet, afgiver flammebrand.
5.2	30 mm	15x15 mosaik Ca. 3 mm	Glas Hvid Kløver	Som defineret af mosaikken	XPS smelter Mosaikken (ej net) adskilles og "flækker" mellem de enkelte fliser. Der sker reel brandudvikling med flammer over siden af vådrumspladen der er blottet, afgiver flammebrand.

Af prøvestanden kan der udlæses resultater af varmeudviklingshastighed (HRR - Heat Release Rate) og total varmeafgivelse (THR – Total Heat Release). Resultater fremgår af figur 2 og 3 Hvor FIRAX kurven anviser grænseværdier ved positiv indikation af prøvningsresultat. Prøveemner der overskrider grænseværdier (ID 51 og 5.2) er begge glasmosaikker med tykkelse på ca. 3 mm.



Figur 2 Varmeudviklingshastighed ved mini SBI test.



Figur 3: Total varmeafgivelse ved mini SBI test



Figur 4: Forsøgssopstilling ved mini SBI test (tv. keramisk mosaik – th. flammedannelse fra glas mosaik efter brænderen er slukket)

Delkonklusion

Betydning af det brandbeskyttende lag (flisebeklædning):

- Der kunne observeres kraftigere smeltning af vådrumsplade ved "tyndere" vs. "tykkere" fliser.
- Der kunne observeres reel brand ved mindre fliser, der ikke var fastholdt med net. Dette sås ved at disse flisetypen ikke stabiliserede vådrumspladen og at denne ikke havde egen integritet/stabilitet.

Bidrag/indflydelse fra vådrumsplade:

- Så længe at beklædningen er intakt skete der udelukkende begrænset smeltning af vådrumsplade.
- Ved svigt i beklædningen (det brandbeskyttende lag) indgår vådrumspladen i branden og bidrager til den samlede varme/energi afgivelse.
- Ved storformatfliser og marmorfliser observeredes smeltning af XPS kun delvis. Ved de tyndere flisebeklædninger sås størstedelen af XPS bortsmeltet.

Vurdering:

Ved intakte og stabile beklædninger (brandbeskyttende lag) observeres udelukkende delvis smeltning af bagvedliggende vådrumsplade (isolering). Ved mindre stabile beklædninger sker kraftigere bortsmeltning og potentiel antændelse af XPS.

Med baggrund i udførte småskaletest vurderes det brandbeskyttende lag (flisebeklædningen) at være af størst betydning i forhold til tykkelsen af bagvedliggende vådrumsplade. Tykkelsen af det brandbeskyttende lag viser gode egenskaber ved flisetykkelse på mindst 5,5 mm.

Forsøgsopstilling 2: Reaktion på brand egenskaber ved SBI-test

Med afsæt i resultater og observationer fra små-skala test (forsøgsopstilling 1) er der udvalgt tre konstruktionsopbygninger (prøveemner), hvor reaktion på brand egenskaber undersøges ved orienterende brandprøvning efter EN 13823. Prøveemner har størrelsen 1,5x1x0,5 m opbygget som et indvendigt hjørne.

Ved valg af prøveemner er der i muligt omfang tilgodeset et repræsentativt udsnit af den generelle anvendelse af vådrumspalder i vådrum. Prøveemner er opbygget på 30 mm vådrumspalade og følgende tre prøveemner er undersøgt.

- A. Flisebeklædning:
100x100 mm fliser, tykkelse ca. 8 mm monteret i Ardex X701FW fliseklæb. Pladesamlinger forsynet med LIP vådrumsmembran med filt strimmel.
- B. Armeret cementpuds:
Weber multi 280 armeringspuds påført i to lag af 3 mm. I første lag er indlagt Fosroc glasfibernet og andet lag er påført efterfølgende. Der er ikke påført vådrumsmembran.
- C. Malersystem:
Påført to lag vådrumsmaling Dyrup Væg Køkken & Bad 25 på Danalim 626 let spartel vådrum. Der er ikke påført vådrumsmembran.

Ved reaktion på brand prøvning i henhold til EN 13823 - Single Burning Item (SBI) vurderer en byggevares brandegenskaber med hensyn til varmeafgivelseshastighed, røgproduktion, flammespredning og brændende dråber/partikler.

Figur 5: Fotos fra opbygning af prøveemner ved brandtest af reaktion på brand egenskaber (SBI test)



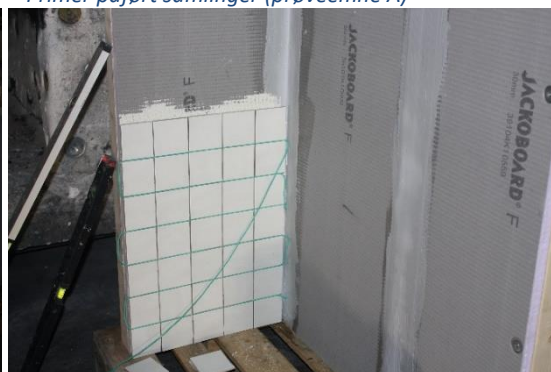
Prøveemner under opbygning



Primer påført samlinger (prøveemne A)



Armering påført samlinger (prøveemne A)



Vådruksmembran påført og flisearbejde påbegyndt



Eksempel på armeringsnet i puds (prøveemne B)



Prøveemne B efter første lag puds



Prøveemne C efter første påføring af maling



Færdigbehandlet prøveemne C

Resultater og observationer



Figur 6: Prøveemner før brandtest (tv. prøveemne A, mf. prøveemne B, th. prøveemne C)



Figur 7: Prøveemner efter brandtest (tv. prøveemne A, mf. prøveemne B, th. prøveemne C)

Prøveemne A: Flisebeklædning

Der skete ikke deformation. Prøveemne og strukturen bevarer integritet under hele testen. En begrænset del af vådrumspladen er bortsmeltet. Der sås ikke brand/flammer i emnet ved testens afslutning.

I forbindelse med at prøveemnet blev flyttet fra prøvestanden skete der nedfald af enkelte fliser. Der sås begrænset brandpåvirkning af underlaget (prøveemne monteret på træreglar).



Figur 8: Prøveemne A (tv. prøveemne efter brandtest, th. skader på træreglar/substrate)

Prøveemne B: Armeret cementpuds

Umiddelbart efter opstart svigtede pudsen på en sådan måde, at det yderste lag faldt ned. Efter ca. 13 minutter mister prøveemnet sin integritet og der skete brandudvikling i vådrumsplade og underlaget (substrate af træreglar).



Figur 9: Prøveemne B (tv. prøveemne efter brandtest, th. skader på træreglar/substrate)

Prøveemne C: Malersystem

Der observeres bidrag til HRR fra selve malingen allerede fra opstart. Efter ca. 5 minutter skete der brud/kollaps i prøveemne med efterfølgende brandudvikling i vådrumsplade og underlaget (substrate af træreglar). Vådrumsplade i den højre vinge og den første ca. halve meter i venstre vinge bortbrændte. I hjørnesamling og i højre side af prøveemne skete der brandskader på substratet fra bund til top.

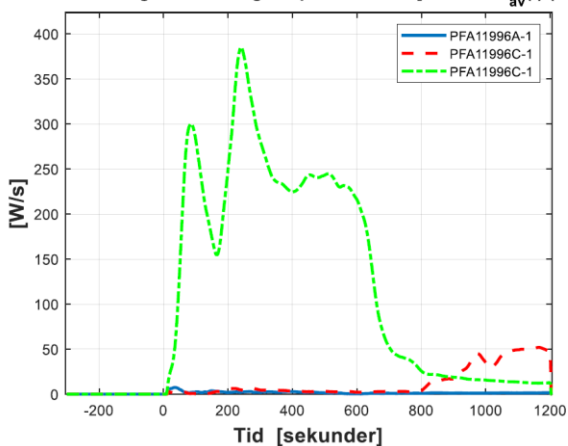


Figur 10: Prøveemne C (tv. prøveemne efter brandtest, th. ikke-brandskadet vådrumsplade i venstre del af prøveemne)

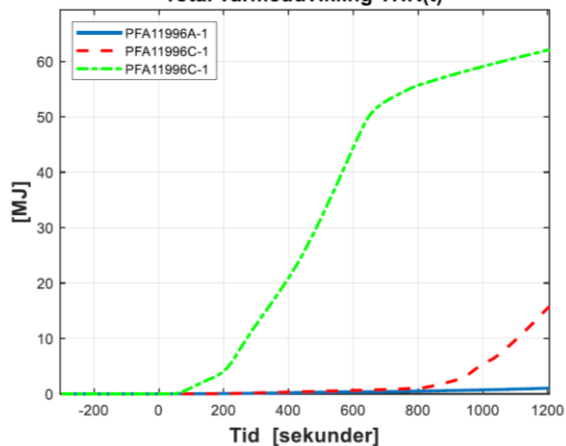
Måleresultater fra SBI test

Parametre	Prøveemne A (BLÅ) Flisebeklædning	Prøveemne B (RØD) Armeret cementpuds	Prøveemne C (GRØN) Malersystem
FIGRA02MJ	0	51.9	385.2
FIGRA04MJ	0	51.9	385.2
THR600s	0.36	0.63	44.47
SMOGRA	0	6.5	23.6
TSP600s	0.2	0.1	244.8
FDP<10s	No	No	No
FDP>10s	No	No	No
LFS	Yes	Yes	Yes
Indikation brandklasse	B-s1,d0	B-s1,d0	D-s3,d0

Middel varmeafgivelseshastighed pr. tidsenhed [$1000 \cdot HRR_{av}(t)/(t-300)$]



Total varmeudvikling THR(t)



Delkonklusion

Betydning af det brandbeskyttende lag:

- Flisebeklædning yder bedst beskyttelse af vådrumsplade ud af de 3 prøveemner. Flisebeklædning er intakt og bevarer sin stabilitet gennem hele testperioden.
- Der sker brud i prøveemne med armeret cementpuds efter ca. 13 minutter.
- Malersystem bidrager til HRR fra selve malingen allerede fra opstart og efter ca. 5 minutter skete der brud/kollaps i prøveemne.

Bidrag/indflydelse fra vådrumsplade:

- Visuelt observeres, at så længe beklædningen er intakt skete der udelukkende begrænset smeltning af vådrumsplade (XPS).
- Ved svigt i beklædningen (det brandbeskyttende lag) bidrager/indgår vådrumspladen i branden og bidrager til den samlede varme/energi afgivelse.
- Der observeres svigt ved prøveemne B og C, hvor svigt var mest udbredt i prøveemne C.

Vurdering:

Ved intakte og stabile beklædninger på prøveemnet sker der udelukkende delvis smeltning af vådrumspladen. Ved mindre stabile beklædninger sker kraftigere bortsmeltning og potentiel antændelse af vådrumsplade.

Indikativ reaktion på brand klasse for prøveemne A og B er i begge tilfælde B-s1,d0, hvilket er i overensstemmelse med indgående krav til materialer ved afdækning af isoleringsmaterialer efter præ-accepteret løsning (anvendelse af isoleringsmaterialer ringere end materiale klasse D-s2,d2). Det brandbeskyttende lag i prøveemne A og B har således tilstrækkelig tykkelse og integritet til at modvirke væsentlig indflydelse fra bagvedliggende vådrumsplade ved bestemmelse af reaktion på brand egenskaber. Tilsvarende gør sig ikke gældende for prøveemne C, hvor indikativ reaktion på brand klasse er bestemt til D-s3,d0. Da det brandbeskyttende lag i alle tre prøveemner altovervejende består af ubrændbare materialer, er det vådrumspladens bidrag til brand, som har indflydelse på materialeklassen.

Forsøgsoptilling 3: Brandbeskyttelsesevne (beklædningstest)

Forsøgsoptilling 3 er benyttet for at afdække i hvilket omfang det brandbeskyttende lag kan yde tilstrækkelig brandbeskyttelse af den underliggende vådrumsplade. I henhold til de præ-accepterede løsninger for beskyttelse af isoleringsmaterialer ringere end materiale klasse D-s2,d2, skal der mindst tilvejebringes en brandbeskyttelsesevne som $K_1 10$. Afhængig af bygningshøjde, udformning af bærende konstruktioner mv. kan der stilles krav om en større grad af brandbeskyttelsesevne.

Brandbeskyttelsesevne som $K_1 10$ undersøges ved en beklædningstest efter EN 14135, hvor der er udført et antal orienterende brandprøvninger i modelovn (reduceret størrelse af prøveemne ved lodret montering). Ved brandprøvning påvirkes prøveemnet af standardbrandkurven (ISO 834) i et brandforløb på 10 minutter. Prøveemner er udført med dimension 200x200 cm, hvor der er anvendt en vådrumsplade med en tykkelse på 30 mm. Vådrumsplader er monteret på spånplader.

Der er monteret fire termoelementer mellem vådrumsplader og spånpladen - to termoelementer er monteret i en pladesamling og de to andre bag en plade.

Ved valg og opstilling af prøveemner er der i muligt omfang tilgodeset et repræsentativt udsnit af den generelle anvendelse af vådrumsplader i vådrum. Følgende tre prøveemner er undersøgt:

- A. Flisebeklædning:
100x100 mm fliser, tykkelse ca. 8 mm monteret i Ardex X701FW fliseklæb. Pladesamlinger forsynet med LIP vådrumsmembran med filt strimmel.
- B. Armeret cementpuds:
Weber multi 280 armeringspuds påført i to lag af 3 mm. I første lag er indlagt Fosroc glasfiber og andet lag er påført efterfølgende. Der er ikke påført vådrumsmembran.
- C. Malersystem:
Vådrumssystem fra dansk malingsproducent bestående af vådrumsspartel, vådrumsgrunder fortyndet med vand, 130 g væv vådrumsklæber, vådrumsgrunder ufortyndet og to lag vådrumsmaling.

Prøveemne A og B er identiske med prøveemner anvendt ved brandprøvning af reaktion på brand egenskaber. Prøveemne C er påført et andet malersystem, end det der var anvendt ved SBI-test. Men der anses ikke at være væsentlige forskelle i prøvningsresultater imellem de to systemer.

Ved klassifikation af brandbeskyttelsesevnen ($K_1 10$) efter DS/EN 13501-2 indgår følgende parametre:

- Ved klassifikation for brandbeskyttelse må temperaturstigningen i målepunkterne på bagsiden af beklædningen (det brandbeskyttende lag) ikke overstige 270 °C. Gennemsnitstemperaturstigning i målepunkterne må ikke overstige 250 °C.
- Efter prøvningen må der ved visuel inspektion ikke kunne konstateres antændelse, forkulning, smeltning, krympning eller anden ændring i det bagved liggende materiale.

Figur 11: Fotos fra opbygning af prøvemener ved brandtest af brandbeskyttelsesevne



"Bagplade" af spånplade, hvorpå prøvemener monteres



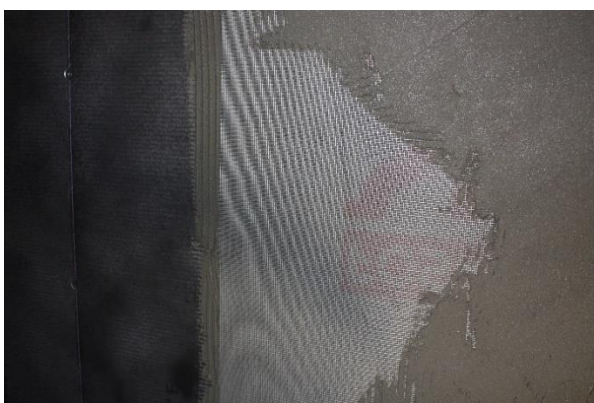
Prøveemne under opbygning



Eksempel på placering af thermoelement



Armering ved samlinger på prøveemne A



Armering imellem pudslag (prøveemne B)



Prøveemne C under tørring (konditionering)

Resultater og observationer

Generelt opleves, at vådrumspladen bag beklædningen i de tre prøveemner bortsmelter under brandprøvning uden at isoleringsmaterialet nødvendigvis bliver antændt. Ekstruderet polystyren (XPS) smelter generelt ved temperaturer under 100 grader.

Prøveemne A: Flisebeklædning

Beklædningen (det brandbeskyttende lag) sås intakt. Vådrumspladen bagved var stort set bortsmeltet og en karakteristisk lilla farve på produkt kunne stadig ses. Spånplader sås med lettere varmeskader ved samlinger af vådrumsplader, men uden reelle brandskader.



Figur 12: Prøveemne A (tv. prøveemne efter brandtest (eksponeret side), th. Prøveemne A efter afkøling med vand og delvist adskilt for at besigtige beskadigelse.)



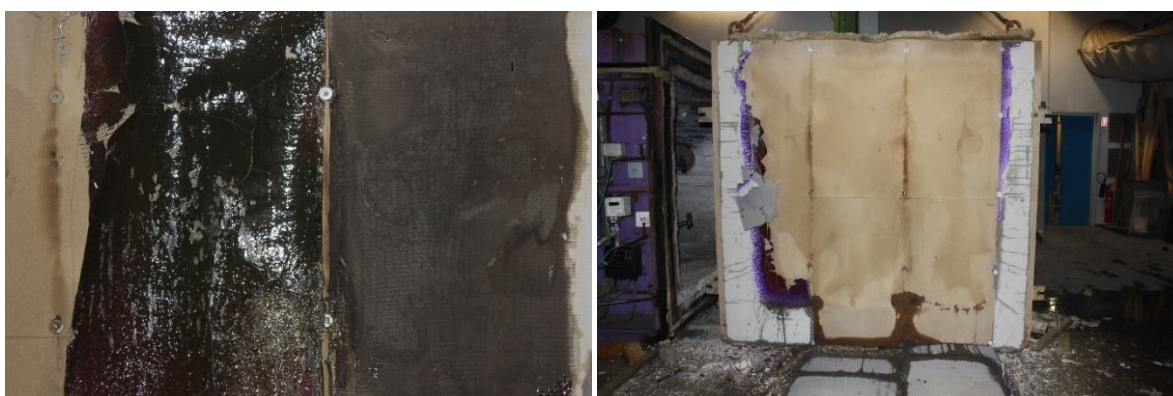
Figur 13: Prøveemne A efter test (tv. under adskillelse, th. spånplader, hvorpå prøveemne var monteret – der ses aftegninger ved pladesamlinger).

Prøveemne B: Armeret cementpuds

Cementpudsen (det brandbeskyttende lag) sås intakt. Vådrumspladen bagved sås kraftigt bortsmeltet og den karakteristiske lilla farve på produkt kunne ikke længere ses. Spånplader sås med lettere varmeskader ved samlinger af vådrumsplader, men uden reelle brandskader.



Figur 14: Prøveemne B (tv. prøveemne efter brandtest (eksponeret side), th. Prøveemne B efter afkøling med vand og delvist adskilt for at besigtige beskadigelse).



Figur 15: Prøveemne B efter test (tv. rester af smeltet vådrumsplade på indvendig side, th. efter delvis fjernelse af vådrumsplade og cementpuds - der ses aftegninger ved pladesamlinger.)

Prøveemne C: Malersystem

Maling sås bortbrændt og glasvæv (brandbeskyttende lag) sås næsten intakt. Vådrumsplade bagved sås stort set bortsmeltet og en karakteristisk lilla farve på produkt kunne stadig ses. Spånplader sås med lettere varmeskader ved samlinger af vådrumsplader, men uden reelle brandskader.



Figur 16: Prøveemne C (tv. prøveemne efter brandtest (eksponeret side), th. ydersiden af vådrumspladen efter delvis fjernelse af glasvæv fra "vådrumssystemet/malersystemet").



Figur 17: Prøveemne C efter test (tv. vådrumsplade bag ved det brandbeskyttende lag, th. påvirkning af underlag/substrat, hvorpå prøveemne har været monteret – der ses "spor" på spånpladen).

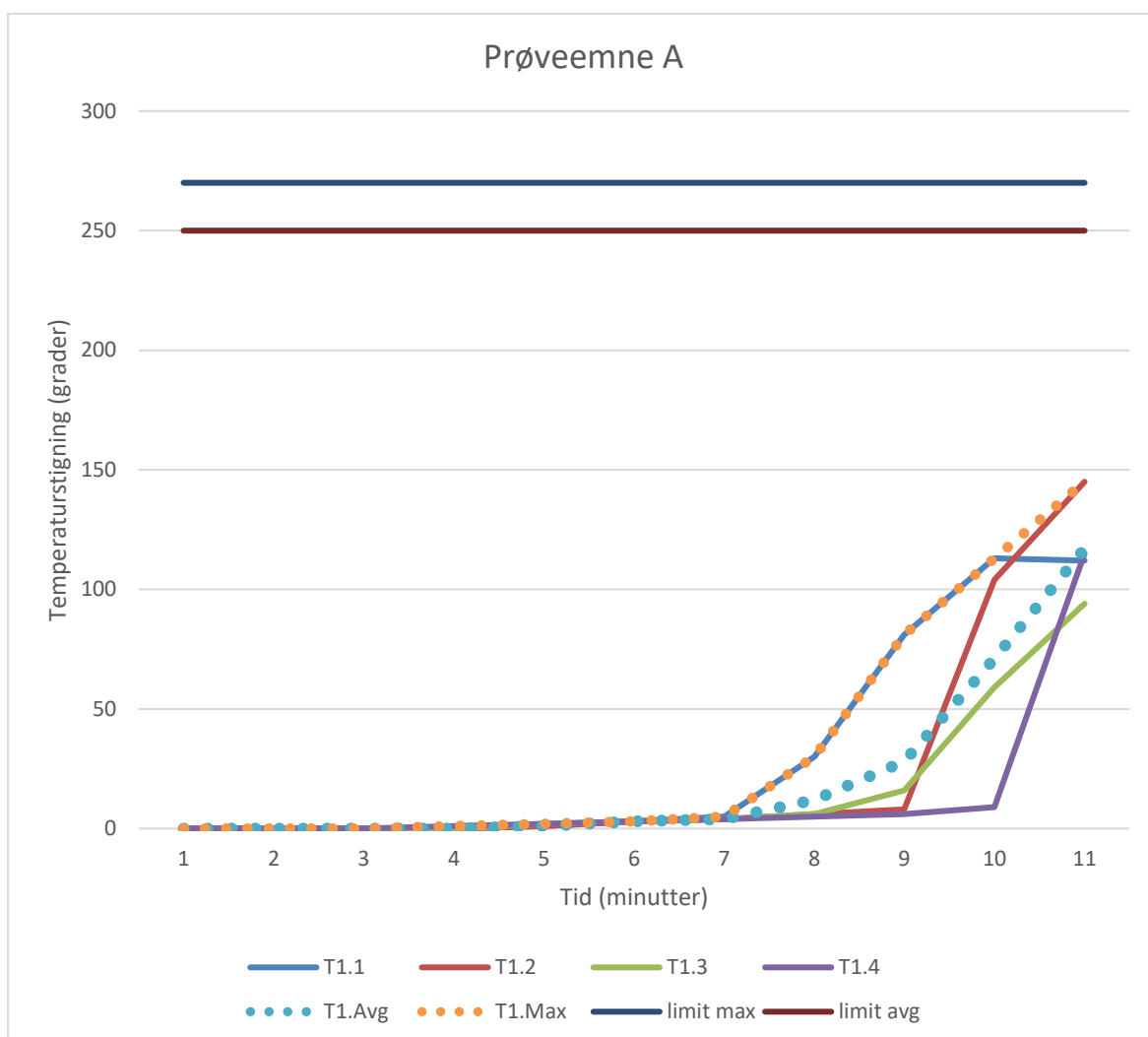
Måleresultater af beklædnings-test (termoelementer)

Der blev benyttet fire termoelementer mellem vådrumspladen og spånpladen - to termoelementer monteret i en pladesamling og to andre bag en vådrumsplade. Temperaturmålinger (temperaturstigning) er angivet i grader i interval af et minut. T1.Avg er et gennemsnit af de fire termoelementer (T1.1-T1.4). T1.Max angiver maksimum temperaturstigning for det pågældende tidsinterval i et vilkårligt målepunkt/termoelement.

Klassifikationskriteriet for brandbeskyttelsesevnen $K_1 10$ er maks. 250 grader gennemsnitlig temperaturstigning og maks. 270 grader temperaturstigning i et vilkårligt punkt (er på efterfølgende figurer/grafer vist som vandret liggende streger).

Prøveemne A – Flisebeklædning:

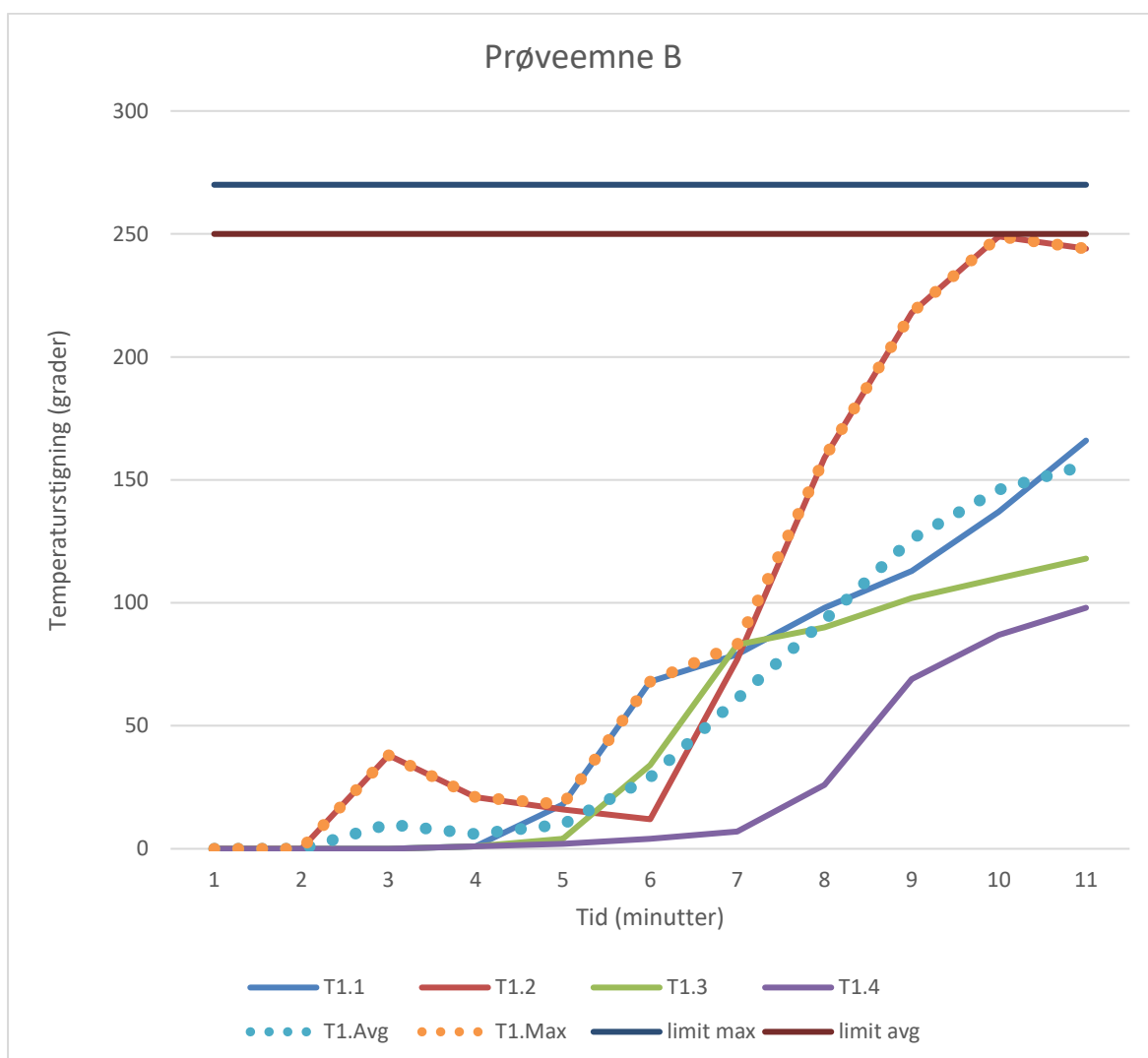
Min. / °C	T1.1	T1.2	T1.3	T1.4	T1.Avg	T1.Max
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	1
4	1	1	2	2	1	2
5	3	3	3	3	3	3
6	5	4	4	4	4	5
7	30	6	6	5	12	30
8	81	8	16	6	28	81
9	113	104	59	9	71	113
10	112	145	94	115	117	145
Failure [min]	-	-	-	-	-	-
Failure °C	270	270	270	270	250	270



Figur 18: Prøveemne A. Temperaturmålinger ved brandtest

Prøveemne B – Armeret cementpuds:

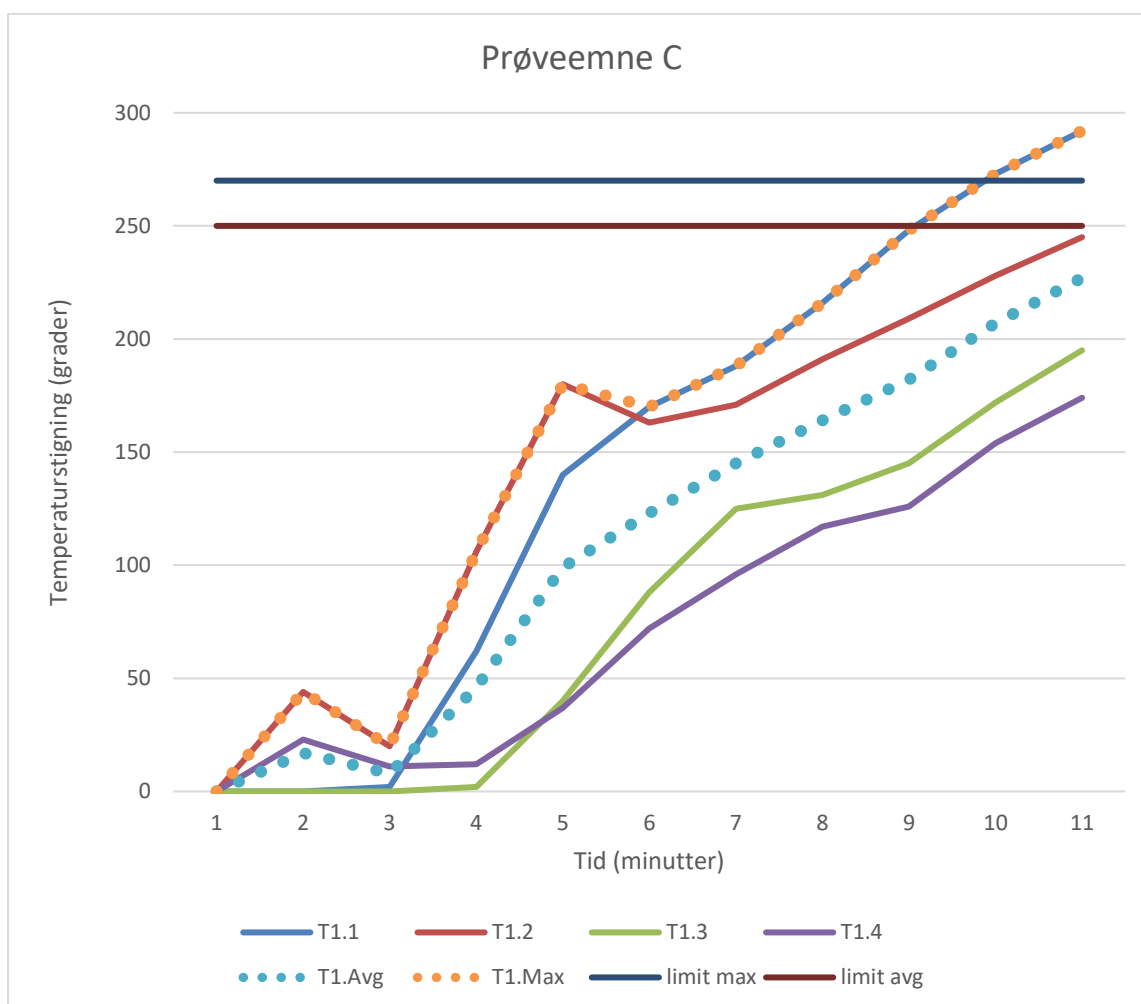
Min. / °C	T1.1	T1.2	T1.3	T1.4	T1.Avg	T1.Max
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	38	0	0	10	38
3	1	21	1	1	6	21
4	18	16	4	2	10	18
5	68	12	34	4	29	68
6	79	77	83	7	61	83
7	98	159	90	26	93	159
8	113	218	102	69	126	218
9	137	249	110	87	146	249
10	166	244	118	98	156	244
Failure [min]	-	-	-	-	-	-
Failure °C	270	270	270	270	250	270



Figur 19: Prøveemne B. Temperaturmålinger ved brandtest

Prøveemne C – Malersystem:

Min. / °C	T1.1	T1.2	T1.3	T1.4	T1.Avg	T1.Max
0	0	0	0	0	0	0
1	0	44	0	23	17	44
2	2	20	0	11	8	20
3	62	106	2	12	46	106
4	140	180	40	37	99	180
5	170	163	88	72	123	170
6	188	171	125	96	145	188
7	216	191	131	117	164	216
8	248	209	145	126	182	248
9	273	228	172	154	207	273
10	292	245	195	174	227	292
Failure [min]	8.83	-	-	-	-	8.83
Failure °C	270	270	270	270	250	270



Figur 20: Prøveemne C. Temperaturmålinger ved brandtest

Delkonklusion

Betydning af det brandbeskyttende lag:

- Det brandbeskyttende lag sås intakt ved både prøveemne A og B, og næsten intakt ved prøveemne C.
- Ved flisebeklædning sås temperaturforøgelse på bagsiden af det brandbeskyttende lag efter syv minutter, ved cementpuds efter fem minutter og ved malersystem efter tre minutters brandpåvirkning med standardbrandkurve.
- Et brandbeskyttende lag udført som flisebeklædning eller cementpuds tilgodeser klassifikationskriteriet for temperaturstigning som $K_1 10$. Prøveemne C overstiger kriterier for maks. temperaturstigning, i et vilkårligt punkt, efter ca. ni minutter.

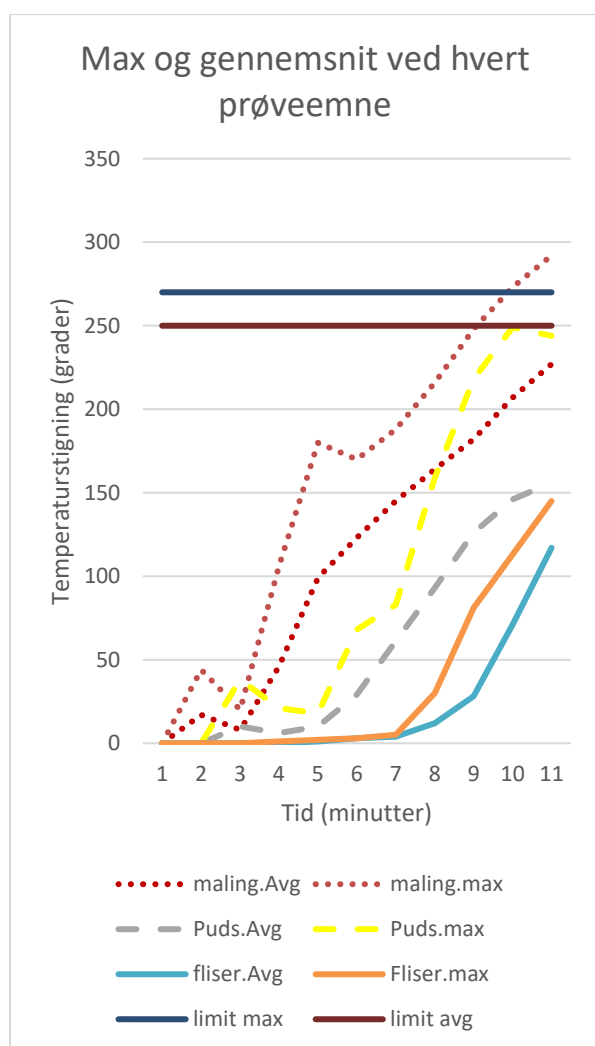
Bidrag/indflydelse fra vådrumsplade:

- Isoleringsmaterialet (XPS) i vådrumspladen er i alle prøveemner stort set bortsmeltet. Størst bortsmeltning ses i prøveemne C (malersystem).
- I alle tre prøveemner er der tale om smeltning af vådrumsplade og ikke reel antændelse af pladen.
- Ingen af de tre prøveemner tilgodeser klassifikationskriteriet for $K_1 10$ i relation til ændringer i det bagvedliggende materiale. Der sker smeltning og forkulning.

Vurdering:

Grundet smeltning og forkulning, hvilket kunne konstateres for samtlige prøveemner, kan der ikke opnås egentlig klassifikation som $K_1 10$.

Når vådrumsplader bliver forsynet med en beklædning (et brandbeskyttende lag) med tilstrækkelig masse og stabilitet/integritet, ses der ved brandtest udelukkende bortsmeltning af pladernes XPS-isolering og begrænset varmepåvirkning af det bagved liggende materiale. En samlet tykkelse af det brandbeskyttende lag på mindst 6 mm (tilgodeset for prøveemne A og B) sikrer, at temperaturkriteriet for brandbeskyttelsesevnen $K_1 10$ kan opfyldes. Ved mindre tykkelse som anvendt i et malersystem (prøveemne C) opleves, at integriteten i overfladelaget bevares, men massen i laget er ikke tilstrækkelig til at reducere temperaturstigning på bagsiden i samme grad.



Figur 21: Maks. og gennemsnitstemperaturstigning ved hvert prøveemne. Vandrette streger (blå og brun) er målkriterie