



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# Brannspredning i fasader murt med Leca fasadeblokk

---



Hovedoppgave utført ved  
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag  
Sikkerhet, brannteknikk

---

Skrevet av: Ajkunic, Mersad  
Markhus, Erik  
Steinstø, Espen

Kandidatnr. 46  
Kandidatnr. 33  
Kandidatnr. 6

# HOVEDPROSJEKT

**Studentenes navn:** Ajkunic, Mersad  
Markhus, Erik  
Steinstø, Espen

---

**Studieretning:** Brann, sikkerhetsingeniør

**Oppgavens tittel:** Brannspredning i fasader murt med Leca Fasadeblokk  
Risikovurdering med referanse til preaksepterte løsninger utført i trekonstruksjoner.

**Oppgaveteksten:**

maxit as ønsker en teknisk godkjenning fra Sintef Byggforsk

Prosesen er igangsatt men Sintef Byggforsk har foreløpig vegret seg fordi det er antatt fare for brannspredning i luftspalten. Luftspalten dannes når fasadeblokkene mures og festes til bakenforliggende vegg.

maxit hevder at den uventilerte spalten med riktig utførte tettedetaljer gir en løsning med vesentlig bedre brannsikkerhet enn for eksempel den tradisjonelle treveggen som er preakseptert inntil 4 etasjer i brannklasse 2.

Oppgaven går ut på å vurdere disse påstandene ved å gjennomføre fullskala forsøk ved RESQ, og småskala forsøk ved brannlaben på HSH.

Fullskala forsøket testes i samsvar med SP FIRE 105. Småskala forsøkene følger ingen bestemt standard, men brannen i forsøkene skal følge ISO 834.

**Intern veileder:** Jon Arve Brekken

**Eksterne veiledere:** Bjørn Vik ved BMB og Ole Fredrik Fodnes ved maxit

---

**Godkjent av studieansvarlig:**

Sted

Studieansvarligns navn

Dato





HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund

*Studie for ingeniørfag*

Bjørnsonsgt. 45

5528 HAUGESUND

Tlf. nr. 52 70 26 00

Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Brannspredning i fasader murt med Leca Fasadeblokk		
Utført av		
Ajkunic, Mersad		
Markhus, Erik		
Steinstø, Espen		
Linje		Studieretning
Ingeniørfag		Sikkerhet, Brannteknikk
Gradering	Innlevert dato	Veiledere
Åpen	30.04.08	Jon Arve Brekken ved HSH
		Ole Fredrik Fodnes ved maxit
		Bjørn Vik ved BMB

#### Ekstrakt

Denne rapporten er ment som dokumentasjon for arbeidet med å skaffe Leca Fasadeblokk teknisk godkjenning. Stiftelsen for industriell og teknisk forskning (SINTEF) mener at 20-25mm luftspalten som dannes når fasadeblokken mures og festes til bakenforliggende vegg, utgjør en stor risiko for brannspredning. maxit hevder at fasadeblokken på sin side vil gi et bedre grunnlag for brannsikkerhet enn det som er gitt i veiledningen til teknisk forskrift (VTEK) pr dags dato.

Det har blitt gjennomført en rekke små- og fullskalaforsøk for å teste maxit sin påstand, resultatet har vist seg å være positivt og arbeidet har gitt svar på en rekke spørsmål.





## Forord

Denne oppgaven har vært et samarbeid mellom HSH studentene, maxit og Brannsamarbeidet Mur og Betong (BMB). I begynnelsene av november 2007 fikk studentene et utkast til hovedoppgaven om å sammenligne Leca mot standard preakseptert trevegg. Oppgaven ble definert som vanskelig og krevende på flere plan, og av den grunn valgte studentene å satse på oppgaven.

Torsdag 06.12.07 ble det første møte mellom de tre partene satt, og rammene for oppgaven ble diskutert. Selv i starten fikk studentene øynene opp for hvor stor og omfattende oppgaven virkelig kunne bli, og ikke minst hvor lærerik og nyskapende oppgaven er på et bachelor nivå. Selve ideen til oppgaven er en videreføring av hovedoppgaven som ble utført av Thomas Hoftun og Marlene Bårdsen våren 2007 [5]. BMB og maxit ønsket å videreføre det som var blitt oppdaget i fjorårets oppgave, og jobbe videre mot en teknisk godkjenning av fasadeblokken.

Gjennom forsøk på RESQ og brannlaben ved HSH, skal faren for brannspredning gjennom luftspalten vurderes. Det ble gjennomført 10 varianter av småskalaforsøk og 2 fullskalaforsøk. Alt har blitt nøye dokumentert gjennom film og bilder. Siden det ble tatt over 1000 bilder, og mer enn 10 timer med film, har vi valgt å ta med det som er mest vesentlig å ha med som dokumentasjon i denne rapporten. Skulle det være nødvendig av den som leser rapporten, ha alt, må leseren av rapporten ta kontakte Espen Steinstø for mer informasjon.

Før man leser rapporten, vil studentene gi en anbefaling at leseren først leser definisjonslisten over ord og uttrykk som ofte blir brukt. Leserens vil da få et bedre grunnlag for å forstå selve rapporten.

Til slutt retter studentene en stor takk til alle hovedpersoner og nøkkelpersoner som var med, og gjorde oppgaven til en fantastisk avslutning på ingeniørutdanninga ved HSH.

Takk til, Bjørn Vik fra BMB, som var med fra starten. Ole Fredrik Fodnes og muremester Jan Ø. Christensen fra maxit. Studentene vil også takke HSH for at de fikk herje fritt med muring og brenning på brannlaben våren 2008. Takk til RESQ som lot oss få lov til å bygge denne gigantiske prøveriggen, som vi håper kan brukes i fremtiden også. Stort takk til Roger Forland for korrektur lesning og hans innspill til studentenes skrive- og formulerings kunnskaper. Takk til Kristin Jacobsen og Manish Sharman for fotografering og filming.

Takk til Røthing AS og Byggmaker AS for levering av varer og hjelp til å tilpasse enkelte materialer.

Takk til alle andre som fikk oss gjennom utrolig mange timer med testing og prøving som har resultert til i denne hovedoppgaven.

Mersad Ajkunic

Erik Markhus

Espen Steinstø

Haugesund 30.04.08







## Innhold

Forord.....	6
Innhold .....	8
Figurliste .....	10
Diagramliste.....	11
Tabell liste.....	11
Bildeliste .....	12
Definisjoner .....	13
Sammendrag .....	16
1. Innledning.....	17
2. Bakgrunn og materialene.....	18
2.1 Regelverk.....	18
2.2 PUR .....	19
2.3 Ekspandert polystyren.....	20
2.4 Rockwool steinull .....	20
2.5 Trekledningen.....	20
3. Fremgangsmåte.....	21
3.1 Fullskalaforsøket.....	21
3.1.1 Fullskalariggen .....	22
3.1.2 Trekledningen.....	24
3.1.3 Montering av prøvestykkene .....	24
3.1.4 Endringer i henhold til SP FIRE 105 .....	24
3.1.5 Plassering av termoelementer .....	25
3.2 Småskalaforsøket .....	26
3.2.1 Riggen .....	26
3.2.2 Oppbygningen .....	27
3.2.3 Kalibrering og validering.....	28
3.2.4 Plassering av termoelementer .....	29
3.2.5 Algoritmen for småskala forsøkene .....	29
3.2.6 Utstyr og feilkilder .....	30
4. Resultatene.....	31
4.1 Resultater fra småskalaforsøkene .....	31





4.1.1 Test nr 1, pusset fasadeblokk med 50mm dytt .....	31
4.1.2 Test nr 2, pusset fasadeblokk med 100mm dytt i bunn .....	32
4.1.3 Test nr 3, upusset fasadeblokk med 100mm dytt i bunn .....	33
4.1.4 Test nr 4, upusset fasadeblokk med 100mm dytt i topp.....	34
4.1.5 Test nr 5, pusset fasadeblokk med 100mm dytt i bunn og topp.....	35
4.1.6 Test nr 6, vestlandspanel med 100mm dytt i bunn og topp .....	36
4.1.7 Test nr 7, luftet trekledning.....	37
4.1.8 Test nr 8, trekledning med 100mm dytt i bunn .....	38
4.1.9 Test nr 9, ISOLITT med 100mm dytt i toppen.....	39
4.1.10 Test nr 10, ISOLITT med 100mm dytt i bunn .....	40
4.2 Resultater fra fullskalaforsøket. ....	41
4.2.1 Test nummer 1, Leca fasadeblokk.....	41
4.2.2 Test nummer 2, preakseptert trekledning .....	43
5. Simuleringer av fullskalaforsøkene .....	45
5.1 Parametere for simuleringene .....	45
5.2 Simeluringsresultater .....	45
6. Diskusjon .....	47
7. Konklusjon .....	49
8. Referanser .....	50

VEDLEGG A: Detalj tegning av småskalarigg

VEDLEGG B: Detalj tegning av storskalarigg

VEDLEGG C: Kalibreringsdata av småskalariggen

VEDLEGG D: Material data

VEDLEGG E: Branntekniske klasser på materialer, kledninger og overflater

VEDLEGG F: Inputfil til simuleringen

VEDLEGG G: Snitt av prøvestykkene.



## Figurliste

Figur 1: Plantegning av fullskalarigg, for mer detaljer av utforming av riggen se SP FIRE [8].....	22
Figur 2: Riggen for storskalaforsøket, delen til venstre er en ekstra støttevegg .....	23
Figur 3: Treveggen sett fra siden .....	24
Figur 4: Bildet viser plassering av termoelementer .....	25
Figur 5: Småskala rigg sett forfra.....	26
Figur 6: Småskala rigg sett forfra.....	27
Figur 7: Figuren viser plassering av termoelementer i småskala riggen .....	29



## Diagramliste

Diagram 1 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 50mm dytt i bunn. ....	31
Diagram 2 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i bunn. ....	32
Diagram 3 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i bunn. Upusset fasadeblokk .....	33
Diagram 4 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i topp. Upusset fasadeblokk .....	34
Diagram 5 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i alle åpninger.....	35
Diagram 6 viser temperaturen i luftspalten, og flammen. 100mm dytt i alle åpninger .....	36
Diagram 7 viser luftet trekledning. Uten noen form for dytt.....	37
Diagram 8 viser luftet trekledning, med 100mm dytt i bunn. ....	38
Diagram 9 viser luftspalte temperaturen, med bruk av ISOLITT i stedet for PUR. ....	39
Diagram 10 viser luftspalte temperaturen, med bruk av ISOLITT i stedet for PUR.....	40
Diagram 11 viser luftspaltetemperaturen, ved fullskalaforsøket. Pusset og 100mm dytt i alle åpninger. ....	41
Diagram 12 viser strålingen i vinduet under brannforløpet.....	42
Diagram 13 viser luftspaltetemperaturen i trekledning. 100mm dytt i alle åpninger .....	43
Diagram 14 viser strålingen i vinduet under brannforløpet.....	43
Diagram 15 simulering av fullskalaforsøk nr.1 .....	45

## Tabell liste

Tabell 1: Branntekniske egenskaper til PUR.....	19
Tabell 2: Branntekniske egenskaper til EPS ol.....	20
Tabell 3: Verdier målt under kalibreringen .....	28



## Bildeliste

Bilde 1: Bildet viser risten over karet .....	21
Bilde 2: Bildet viser en remse steinull som skal brettes dobbelt for å bli en dytt tilsvarende 50mm ..	30
Bilde 3: Nederste fasadeblokk etter brenningen .....	35
Bilde 4: Bildet viser prøvestykket etter brannen.....	36
Bilde 5: Bilde viser riggen etter brenning.....	38
Bilde 6: Bildet viser brenning av ISOLITT med 100mm dytt i bunn av spalten.....	40
Bilde 7: Bildet viser 16cm innbrenning i PUR- skummet.....	42
Bilde 8: Til venstre er riggen like etter at heptan brannen har stanset, til høyre viser kledningen 20min senere .....	44
Bilde 9: Bildet er tatt ca 1,5min ut i simuleringen.....	46

## Definisjoner

<b>Autocad</b>	Tegne/konstruksjonsprogram (Produsent: Autodesk)
<b>BI- skinner</b>	Skinner som holder fasadeveggen på plass, festes på bakenforliggende vegg. Se Leca produktkatalog for mer informasjon.
<b>BKL</b>	Brannklasser på bygninger, brannklassen bestemmes ut fra hvilken konsekvens en brann i byggverket kan få. Der brannklasse 1 er lavest og 4 er høyest.
<b>BMB</b>	Brannvernsamarbeidet BrannMurBetong
<b>Branncellebgr.</b>	Vegg/etasjeskiller som hindrer brannspredning videre i et bygg.
<b>Brannenergi</b>	Summen av varmemengde som frigis ved forbrenning av alle faste og mobile brennbare materialer i et område.
<b>Brannrommet</b>	Arnestedet, der brannen starter.
<b>Branntrekant</b>	De tre grunnleggende elementene som skal til for å få en brann. Luft, brennbar material og varme.
<b>Bunsenbrenner</b>	Gassbeholder hvor gassen kan antennes for å få flamme (primus)
<b>Dos</b>	Et operativsystem
<b>Dytt</b>	En remse med mineralull eller steinull som dyttes inn i et hulrom eller luftspalte for å gjøre dem tette. I denne rapporten er det kun brukt Rockwool som er steinull.
<b>EPS</b>	Ekspandert polystyren (isolasjonsmateriale), eksempel på et slikt materiale kan være ISOLITT
<b>Fasadeblokk</b>	Leca blokk belagt med PUR skum på ene siden, 125x250x500mm.
<b>FDS</b>	Fire Dynamics Simulator, et brannsimuleringsprogram
<b>Fullskala</b>	Forsøk i 1:1 størrelse
<b>Heptan</b>	Type nafta, antenkelig væske C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> .
<b>HSH</b>	Høgskolen Stord Haugesund
<b>ISO 834</b>	Temperatur-tid kurve som har blitt brukt, som utgangspunkt for kalibreringen.
<b>Isolitt</b>	Se EPS



<b>Kalibrering</b>	Innjustering av f.eks instrumenter eller en brann som i denne rapporten.
<b>Lekter</b>	Trestendere som festes til en bakenforliggende vegg.
<b>Leca Fiberduk</b>	Glassfiber armert armeringsduk, se maxit produktkatalog
<b>Leca Fiberpuss</b>	Puss ilagt glassfiber, se maxit produktkatalog
<b>Leca Fugearmering</b>	Armeringsjern, se maxit produktkatalog
<b>Luftespalte</b>	Område mellom kledning og bakenforliggende vegg, med fri flyt av luft
<b>Luftspalte</b>	Område mellom kledning og bakenforliggende vegg, uten fri flyt av luft
<b>maxit</b>	Utvikler, produserer og markedsfører av Leca produkter
<b>Metodikk</b>	Utførelse av arbeidet eller fremgangsmåte.
<b>Mineralull</b>	Isolasjonsmateriale, mest kjente produsent av mineralull er Glava
<b>Måledata</b>	Data som er målt fra selve testen, f. eks temperatur fra luftspalten
<b>NBI Blad</b>	Byggforsk dokumentasjon
<b>NIST</b>	National Institute of Standards and Technology, utvikleren av FDS programmet
<b>NS- EN ISO 11925-2</b>	Norsk Standard (Prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning)
<b>NT FIRE 002</b>	Nortest method (testmetode)
<b>Preakseptert</b>	Forhåndsdefinerte anbefalte løsninger
<b>Puss</b>	Utvendig behandling av betongoverflater
<b>Parametre</b>	Gitte betingelser
<b>PUR- skum</b>	Polyuretan skum
<b>RESQ</b>	Brannøvingsfelt nord for Haugesund, her ble fullskala forsøkene utført 03.04.08
<b>Rigg</b>	Konstruksjon for testing av prøvestykke
<b>RKL</b>	Risikoklasse, det er risikoen for skade på liv og helse som legges til grunn når byggverk deles inn i risikoklasser. Der 1 er lavest og 6 er høyest.
<b>Rockwool Flexi A</b>	Isolasjonsmatte



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



<b>SINTEF</b>	Skandinavias uavhengige forskningsorganisasjon
<b>Skift</b>	Antall blokker i høyden
<b>SP FIRE 105</b>	Swedish National Testing and Research Institute (testmetode)
<b>Steinull</b>	Isolasjonsmateriale, mest brukt i Norge er Rockwool
<b>Småskala</b>	Testing i mindre skala av fullskala
<b>Validering</b>	Gyldighet av måldata.
<b>Vestlandspanel</b>	Liggende dobbeltfalsset kledning. Dette ble brukt under test nummer 2 03.04.08





## Sammendrag

Rapporten er skrevet i samarbeid på vegene av maxit AS. Innholdet i rapporten tar for seg faren for brannspredning i Leca fasadeblokk og usikkerhetsmomentet rundt blokken. Stiftelsen for industriell og teknisk forskning (SINTEF), hevder at faren for brannspredning er for stor og ønsker ikke å gi teknisk godkjenning av blokken pga dette. maxit hevder at fasadeblokken gir et bedre grunnlag for brannsikkerhet enn det som er gitt i veiledningen til teknisk forskrift (VTEK) pr dags dato.

Det har blitt utført en rekke forsøk for å finne den best mulige løsning som kan brukes og som gir minst fare for brannspredning. Ved hjelp av termoelementer i luftspalten som dannes når Leca fasadeblokk mures, til en bakenforliggende vegg, kan en få datamålinger som gir gode indikasjoner om faren for brannspredning er til stedet. Det er denne luftspalten som er av interesse. Faren for brannspredning i luftspalten er stor, hvis det ikke finnes noen form tetting eller beskyttelse. Bruk av steinull har vist å gi gode resultater, mengden steinull og hvordan denne er delt opp blir beskrevet i rapporten.

Forsøkene har vist at fasadeblokken sin PUR- skum side bidrar til økt fare for brannspredning hvis ikke riktige tette detaljer er utført. Ved å dytte en remse med steinull som er større enn 100mm inn i luftspalten, vil faren for brannspredning bli minimal. Ved minimal i denne rapporten, menes liten eller ingen brannspredning, med en brannenergi som tilsvare utviklingen i ISO 834. Under hovedtesten av blokkene ble det brukt en brannenergi som var noe større, med en branntid på 25 min. Første skift av fasadeblokkene fikk denne påkjenningen i over 20min. Undersøkelse av hver enkelt blokk viste noe innbrenning ved kritiske punkt. Med tanke på at det ikke var noen form for beslag over vinduene eller på undersiden av riggen kan man tolke dette som et positivt resultat.



## 1. Innledning

maxit (skrives med liten m) er mest kjent for sin Leca blokk som er mye brukt i norske bygninger. Leca blokken er solid, lett og har gode isolasjonsegenskaper. maxit jobber også i disse dager med å få teknisk godkjenning for Leca fasadeblokk. Fasadeblokken består av to like store deler, en del med lettklinker betong og en del med polyuretanskum (PUR-skum).

Denne fasadeblokken har gode egenskaper når det gjelder isolasjonsevne, men det har blitt stilt spørsmål rundt brannsikkerheten ved produktet. Stiftelsen for industriell og teknisk forskning (SINTEF) mener at 20-25mm luftspalten som dannes når fasadeblokken mures og festes til bakenforliggende vegg utgjør en stor risiko for brannspredning. maxit hevder på sin side at fasadeblokken gir et bedre grunnlag for brannsikkerhet enn det som er gitt i veiledningen til teknisk forskrift (VTEK) pr dags dato. Grunnen til at SINTEF har vegret seg mot å gi godkjenning, er på grunn av usikkerheten ved luftspalten. Luftspalten er et hulrom som er helt tett, hvor det finnes ingen form for sirkulasjon av luft. En luftespalte har derimot fri flyt av luft. Spørsmålet er hvorfor SINTEF verger seg mot å gi godkjenning for fasadeblokken.

Denne rapporten vil ta for seg maxit sin påstand, hvor den vurderes etter forsøk som vil bli gjort på brannlaben ved HSH og RESQ. Målet med småskalaforsøkene er å kunne finne ut hvorvidt det er fare for brannspredning i luftspalten, og mulighetene til å forhindre dette. Denne løsningen vil bli videreført til en fullskalatesting etter den svenske standarden SP FIRE 105. Dette er for å prøve å dokumentere at maxit sin påstand vil fungere bedre enn det som er angitt i VTEK pr dags dato.

## 2. Bakgrunn og materialene

Siden oppgaven er en dokumentasjon for å få teknisk godkjenning av Leca fasadeblokk, må relevant teori mht. forskrifter og veiledninger knyttes opp mot testingen av blokken.

### 2.1 Regelverk

Det er lov å fravike VTEK som angir gir minimums ytelse for brannsikkerhet, så lenge en har tilstrekkelig dokumentasjon for en lik eller bedre løsning. TEK kan ikke fravikes.

I henhold til Teknisk forskrift (TEK) § 7-24 om antennelse, utvikling og spredning av brann og røyk, er det generelle kravet:

*”Byggverk skal bygges og utstyres slik at sannsynligheten for at brann skal oppstå reduseres til et akseptabelt nivå, og slik at faren for spredning av brann og røyk kan reduseres tilsvarende. Det skal tas hensyn til byggverkets bruk og nødvendig tid for rømning og redning.”[1]*

TEK § 7 -24 andre ledd:

*”Det skal velges materialer og overflater som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det legges vekt på tid til overtenning, varmeavgivelse, røykproduksjon og utvikling av giftige gasser.”[1]*

VTEK skriver følgende om fare for brannspredning:

*”For å redusere faren for brannspredning i fasaden, må utvendig overflater og kledninger være iht. § 7-24 tabell 1A og 1B.*

*Når faren for spredning av brann i ytterkledningen er liten, kan det likevel benyttes materialer med dårligere branntekniske egenskaper. I brannklasse 2 og 3 kan utvendig overflate være D-s3,d0 [Ut 2], når faren for brannspredning i utvendig kledning er liten. Dette vil normalt være tilfelle når*

- yttervegg er utformet slik at den hindrer brannspredning i fasaden
- bygningen har inntil fire etasjer og det er liten fare for brannspredning til/fra nabobygninger

*Overflater og kledninger i hulrom i ytterveggskonstruksjoner betraktes på samme måte som utvendig overflate og kledning, og må ha samme branntekniske egenskaper.”*

Maxit hevder at, ved riktig utført tettedetaljer gir dette en bedre løsning med vesentlig større brannsikkerhet enn f. eks. den tradisjonelle treveggen som er en preakseptert inntil 4 etasjer i brannklasse 2 (BKL 2). Ytterkledning i ubehandlet trepanel er også preakseptert i BKL 3.

Et panel med tetthet på 400 kg/m<sup>3</sup> og tykkelse minst 12mm vil normalt være klassifisert som D-s3,d0. Dette betyr at panelet kan bli brukt som ytterkledning.[5]

Ettersom den mest vanlige kledningen på trehus i dag er liggende trekledning, vil Leca fasadeblokken bli vurdert opp mot den.

I henhold til VTEK § 7-24, sier det generelle kravet om isolasjon følgende:

*”Isolasjon i konstruksjoner må generelt tilfredsstillere klasse A2-s1,d0 [ubrennbar/begrenset brennbar].*

*Isolasjon som ikke tilfredsstillere klasse A2-s1,d0 [ubrennbar/begrenset brennbar] kan likevel benyttes såfremt bygningsdelen oppfyller den forutsatte branntekniske funksjon og isolasjonen anvendes slik at den ikke bidrar til brannspredning.*

*Dette kan for eksempel ivaretas ved at alle deler/flater av isolasjonen tildekkes, mures eller støpes inn. Isolasjonen må dessuten brytes ved branncellebegrensende konstruksjoner, slik at brannspredning inne i konstruksjonene hindres og den branncellebegrensende funksjonen opprettholdes.*

*Dette gjelder alle bygningsdeler inklusive fasader, med mindre utformingen av fasaden i seg selv hindrer brannspredning mellom ulike brannceller.”*

## 2.2 PUR

Leca fasadeblokk har innstøpte PUR- skum. Med en total tetthet og varmekapasitet på henholdsvis  $900 \text{ kg/m}^3$  og  $1400 \text{ J/kg K}$  blir den karakterisert som svært varmeisolerende. PUR – skummet er klassifisert i brannklasse E etter prøvelse i NS-EN ISO 11925-2. PUR-skummet begynner å mykne ved ca.  $140^\circ\text{C}$  og tåler  $250^\circ\text{C}$  i en kort stund hvis den ikke blir belastet.[3]

Tabell 1: Branntekniske egenskaper til PUR

Type (herdeplast)	Antennelighet	Røykmengde og farge	Dråpedannelse	Lukt
PUR (uten brannhemmede tilsetningsstoffer)	Lett	Svak, hvit røyk	Svak	Bitter

## 2.3 Ekspandert polystyren

Ekspandert polystyren (EPS) er plastisolasjon og blir mye brukt i norske bygg. Det har liknende egenskaper som PUR, men den begynner likevel å mykne ved ca. 80°C. Smeltepunkt er 100°C og maksimaltemperatur for bruk over lang tid er ca. 75°C, uten belastning, etter prøvelse i NS-EN ISO 11925-2.[4]

Tabell 2: Branntekniske egenskaper til EPS ol.

Type (termoplast)	Antennelighet	Røykmengde og farge	Dråpedannelse	Lukt
EPS (uten brannhemmede tilsetningsstoffer)	Svært lett	Tykk, svart røyk	d3	Søtlig

Siden EPS ofte blir brukt som plastisolasjon i bygninger, vil Leca fasadeblokken bli vurdert opp mot dette samt en preakseptert trekledning

## 2.4 Rockwool steinull

Rockwool har en varmeledningsevne på 0,037W/mK og er et ubrennbart produkt som kan brukes i bygninger som isolasjonsmateriale. Steinull er klassifisert i Euroklasse A1 etter prøving i henhold til NS-EN ISO 1182 og NS-EN ISO 1716. Materialet tåler en temperatur på ca. 250°C over en lang tid, og smelter ved en temperatur på ca. 1000°C. Ved 250°C dannes farlige brann- og røykgasser pga bindemiddelet (fenol). Steinullfiberen krystalliserer ved ca. 600-700°C og faller sammen ved berøring [4]

## 2.5 Trekledningen

I trekledningen er det benyttet ubehandlet trevirke. [7]

### 3. Fremgangsmåte

Fullskalaforsøket baserer seg på SP FIRE 105. Småskalaforsøkene følger ingen kjent standard, men baserer seg på egen dokumentasjon, ved hjelp av bilder, filming og observasjoner.

#### 3.1 Fullskalaforsøket

SP FIRE 105 er en standard for testing av fasademateriale slik som fasadeblokken. Den baserer seg på å lage en side av et hus på 3 etasjer, hvor det brenner i første etasje (brannrommet). I brannrommet er det et kar som måler 2x0,5m, noe som gir en brannflate på 1m<sup>2</sup>. På karet er det plassert en rist som tilsvarende brannflaten, for å redusere tilbakestrålingen, som vist på bildet. Rørene som går ned i karet er påfyllingsrør, dette er for å ha muligheten til å øke branntiden. I fullskalaforsøkene, var dette ikke nødvendig.



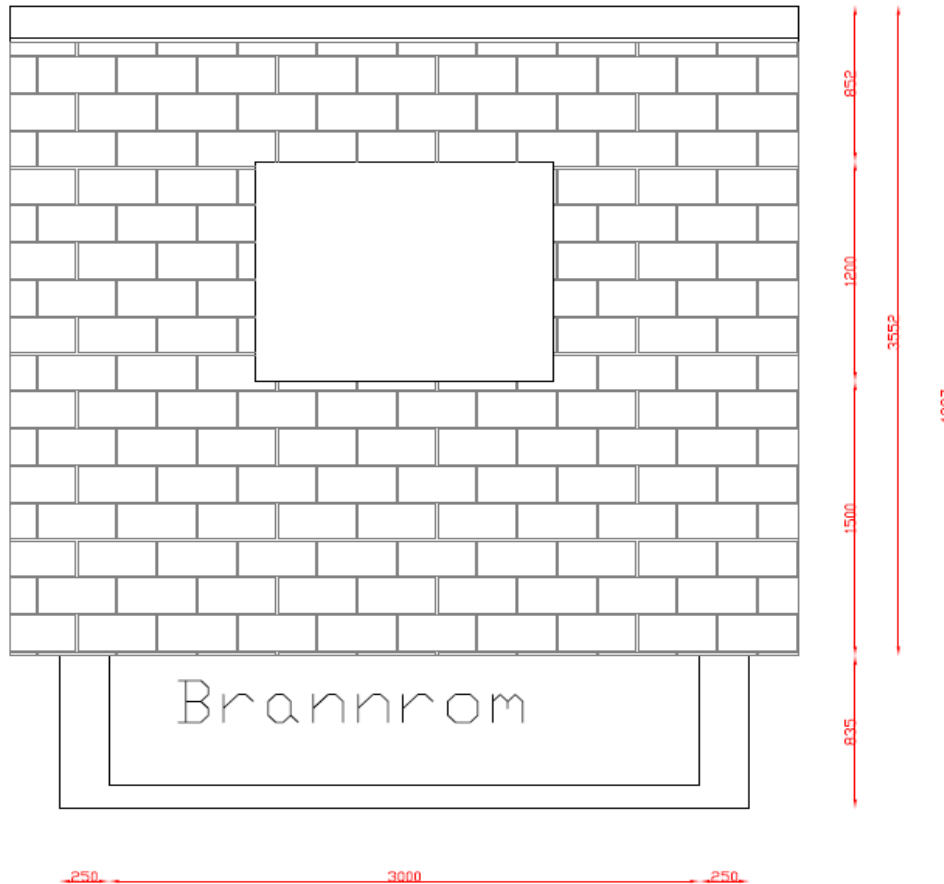
Bilde 1: Bildet viser risten over karet

I brannrommet ble det plassert tre kar med størrelser 63x48, 66x50 og 68x53cm. Alle karene var 15cm høy, hvor arealet var noe over 1m<sup>2</sup>, dette ble tilpasset med opphugget Leca blokker slik at arealet ble redusert til ca 1m<sup>2</sup>, noe som er i henhold til SP FIRE 105. Det ble brukt totalt ca. 120liter heptan under forsøk med fasadeblokkene som utgjorde en effekt på brann til 1,5 – 2,0 MW, mens det ble brukt 60 liter mot trekledningen. I begge forsøkene ble det brukt

vann tilsvarende 3cm høyde i bunn av karene, dette er for å få en fin jevn horisontal forbrenningsflate.

Overflaten til prøvestykket som plasseres i riggen kan være opptil 4x6m. På grunn av plassproblemer ble riggen endret til 2 etasjer.

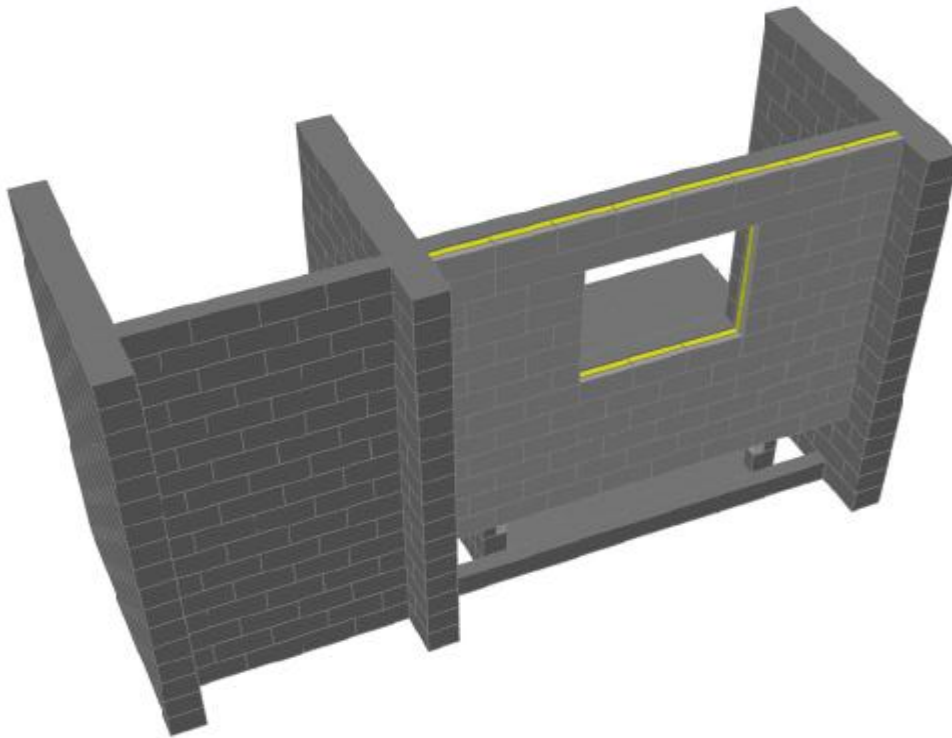
### 3.1.1 Fullskalariggen



Figur 1: Plantegning av fullskalarigg, for mer detaljer av utforming av riggen se SP FIRE [8].

Jan Øyvind Christensen er serviceingeniør/muremester hos maxit. Han har 20års erfaring innen murerfaget. Han stod ansvarlig for at riggen var i samsvar med maxit sine retningslinjer og SP FIRE 105.





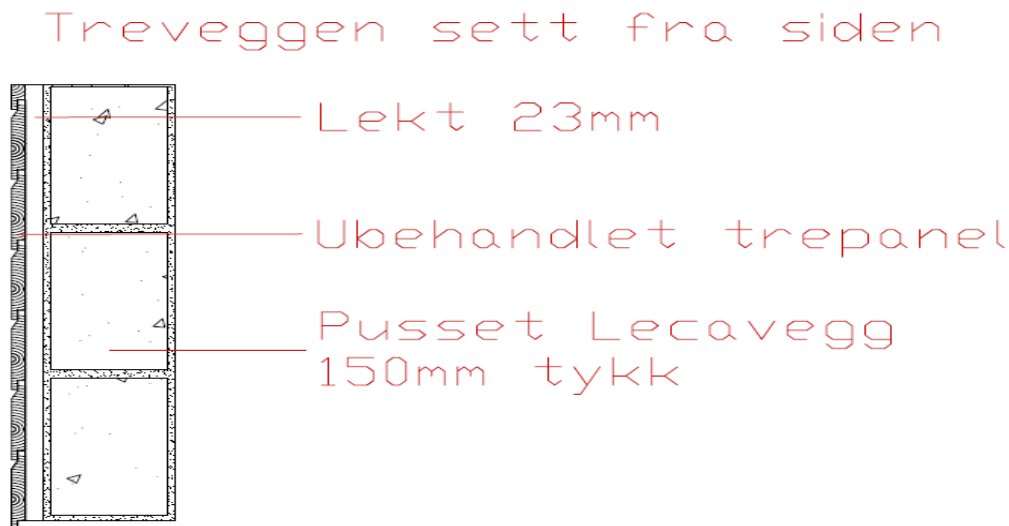
Figur 2: Riggen for storskalaforøket, delen til venstre er en ekstra støttevegg

Siden muringen av riggen i hovedsak ble foretatt av en profesjonell, vil utredningen her bli minimal. Gruppen var med på utførelsen, men under overvåkning av muremester Jan Øyvind Christensen.

Før muringen begynte, ble det utført oppmålinger og antakelser vedrørende størrelsen på veggen. Det var viktig for alle parter at arbeidet ble utført korrekt, slik at det ble en god støtte for en ekte vegg. Derfor var vater og oppmålingstau en viktig del av prosessen. Det var luftspalten som var interessant i utførelsen, ettersom det var et hovedpunkt i oppgaven. Riggen ble bygd opp med 150mm Lecablokker, og etter hvert lag ble det brukt mørtel og annet hvert lag armering. Hele riggen ble pusset, også brannrommet, slik at optimale ventilasjonsforhold ble oppnådd. I brannrommet var det viktig å få til rett åpning i bakkant for å sikre god lufting, i henhold til SP FIRE 105. Samtidig ble alle uønskede åpninger tettet igjen med puss og steinull av type Rockwool Flexi A-Plate.

### 3.1.2 Trekledningen

Trekledningen ble utført etter retningslinjer fra NBI bladet 542.102 [7]. På riggen ble det påmontert lekter med 60cm avstand som trekledningen ble spikret fast på. Luftspalten ble tettet igjen med 100mm steinull oppe og nede, samt i vinduet, under brannforsøket. Denne typen trekledning er den mest brukte i Norge per dags dato.



Figur 3: Treveggen sett fra siden

### 3.1.3 Montering av prøvestykkene

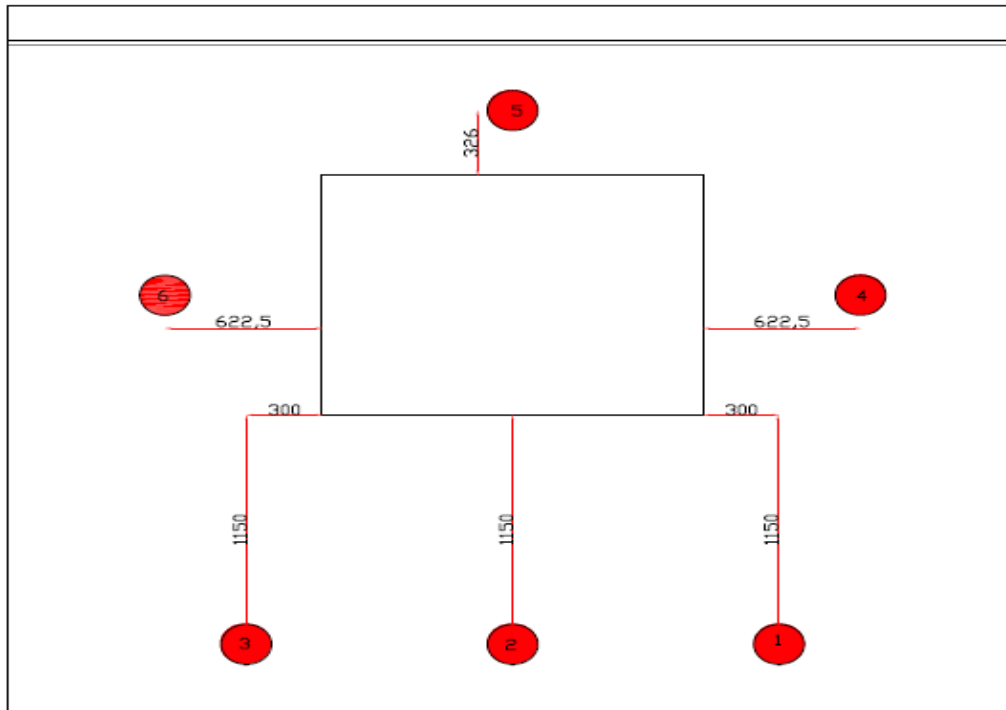
Veggen bestående av fasadeblokkene ble murt og festet etter maxit sine rettingslinjer. For å få veggen til å stå stødig ble den festet med BI - skinner som skal brukes når en murer med fasadeblokken. Det ble også murt opp to støttesøyler i bunn av fasadeveggen. Dette var for at BI – skinnen ikke skulle bære all vekten. Trekledningen ble snekret rett på veggen som forklart i punkt 3.1.2.

### 3.1.4 Endringer i henhold til SP FIRE 105

Etasjeantallet ble forandret fra 3 til 2 etasjer. Bredden på riggen måtte reduseres noe pga. lengde og belastings begrensning på fasadebjelken. SP FIRE 105 sier at en skal bruke 60 liter heptan. I fullskalaforsøk nr 1, ble det brukt 120 liter, i fullskalaforsøk nr 2 ble det brukt 60 liter.

### 3.1.5 Plassering av termoelementer

Figuren viser plassering av termoelementer. Termoelementene nummer 1 til 6 var plassert i luftspalten, og de to siste var plassert ca 30cm over risten på karet.



Figur 4: Bildet viser plassering av termoelementer

Ved måling av temperatur og datalogging ble det brukt samme utstyr som ved småskalaforsøkene. Det ble brukt dobbelt sett med termoelementet som sikkerhet hvis noe skulle gå galt. Resultatene vil da komme i to separate filer, som igjen kan importeres i Excel. Det ble litt forskjell på filene og noe temperatur avvik, derfor har det blitt utarbeidet et diagram som viser den gjennomsnittlige temperaturen i spalten til enhver tid. Dette gjelder for begge forsøkene.

Termoelementene var jevnfordelt over hele riggen, 3 stk i bunn, 2 i midten av riggen og en i toppen. Det var også plassert 2 målere i flammen. Figur 4 viser nøyaktig plassering av selve målerne.

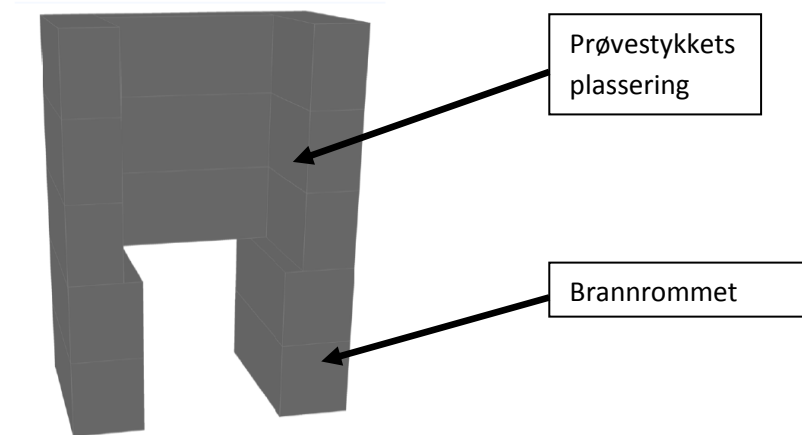
Resultatene av fullskalaforsøkene kommer under kapittel 4.2

### 3.2 Småskalaforsøket

For å kunne gjennomføre 2 vellykkede fullskalaforsøk, er det fordelaktig å teste teori på laben før man gjennomfører det i praksis. Småskalaforsøket i dette prosjektet er ment som en forberedelse til fullskalaforsøket. Siden man ved en fullskalatest som regel bare har et forsøk, er småskaletestene svært viktige. Tanken bak småskalaforsøket er å få teste hvor mye steinull som skal til for å hindre brannspredning i luftspalten.

#### 3.2.1 Rigger

For å ha et passe stort prøvestykke som viser resultater, falt valget på følgende design;



Figur 5: Småskala rigg sett forfra

Figurer viser riggen sett forfra i vinkel. Riggeren er hesteskoformet, noe som gjør at man kan lage en tett luftspalte uten tilluft fra sidene. Ved tetting i topp og bunn vil spalten være helt tett. Prøvestykket som kan få plass er 500x250x750mm. Det er viktig å få frem at riggen er tilpasset en Leca blokk med 500mm lengde.

### 3.2.2 Oppbygningen

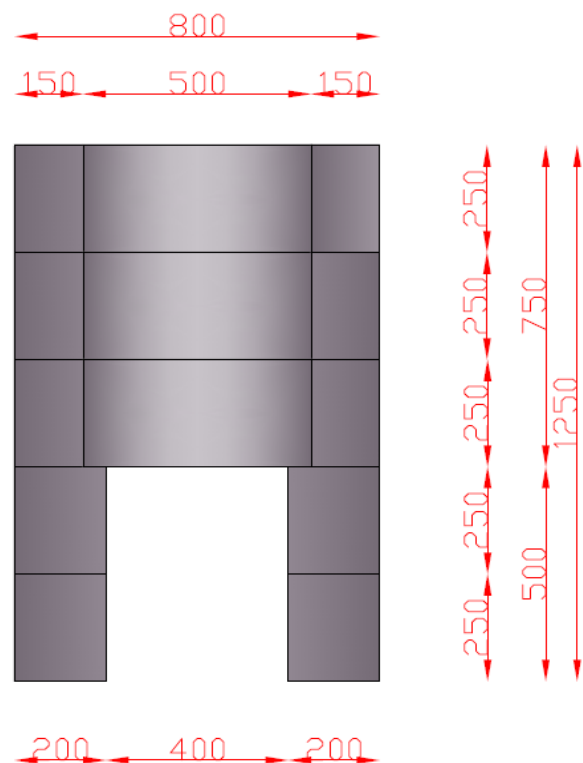
Ved testing av fasadeblokker mot bakenforliggende vegg, må man tenke litt annerledes enn det en ville ha gjort i et fullskalaforsøk. Siden SP FIRE 105 skal ligge til grunn for fullskalaforsøkene, bør forsøkene på det mindre plan være mest mulig lik det store forsøket.

Sist vår ble et lignende prosjekt gjennomført av HSH, BMB og maxit, der småskalaforsøkene ble utført etter NT FIRE 002. Etter nøye vurdering av oppgaven som ble skrevet i fjor var det noe årets kandidater stilte spørsmål med, ved testing på det mindre plan.

1. Det som ble regnet som luftspalte i fjorårets forsøk, virker mer som en luftespalte sammenlignet med forsøkene som blir gjort i år.
2. Brannenergien fra en bunsenbrenner, er i seg selv en alt for liten brann. Den kan virke tilgjort og for svak, hvis resultatene skal sammenlignes med hvordan en brann arter seg i virkeligheten.

En hovedforutsetning ble lagt til grunn:  
Brannen og riggen skulle være så reell som mulig.

I riggen kan en få plass til et prøvestykke som er 500x250x750mm. Det plasseres inn i åpningen på riggen som først begynner etter 2. skift. Skift 1 og 2 er selve brannrommet. Her er det helt åpent opp og igjennom bortsett fra på sidene.



Figur 6: Småskala rigg sett forfra

Riggen kan deles inn i 2 deler, øvre og nedre del. Nedre del kan betegnes som brannrommet. Øvre del betegnes som fasaden.

For å få plass til brannrommet ble det benyttet to stk Leca blokker 200mm. Blokkene ble plassert parallelt 400mm fra hverandre som Figur 6 viser. Deretter ble det påført mørtel, samt et nytt skift med blokker. Her kan det varieres etter behov, men minimum 2 skift bør det være, ellers ville man få problemer med å utføre riktige tette detaljer, noe som var svært viktig i disse testene.

For at teststykkene skulle stå stødig og godt, måtte det lages 2 støttevegger, samt en bakenforliggende vegg. Hensikten var at prøvestykket ikke skal ha tilluftning fra sidene, samtidig som det stod stødig.

### 3.2.3 Kalibrering og validering

En standard brann kan f. eks være ISO 834. Dette er en bestemt temperatur- tid kurve. Kalibreringsdataene settes opp mot ISO kurven for å se at temperaturrene ligger langs kurven. Det er åpenbart at måledataene vil avvike noe i forhold til kurven. Usikkerhetsmomenter kan skyldes ujevn luftstrøm, feilplasserte målere, feil i måleutstyret osv.

SP FIRE 105 bruker heptan som brensel, dette brukes også i småskalaforsøkene. Selve brannkaret er trapesformet, hvor brannflaten på toppen er  $0,02646\text{m}^2$  og i bunn er  $0,015275\text{m}^2$ .

Den neste utfordringen ble nå varigheten av brannen, hvor fasadeblokkene måtte bli utsatt for brannenergi i ca. 20minutter. Selve karet rommet 1,6l væske, og det ble plassert en fin hønsenetting over karet. Dette for at tilbakestrålingen mot heptanet ble redusert, slik at branntiden ble lengre.

maxit foreslo at vi skulle plassere en treplanke under fasadeblokken, slik at den ble direkte utsatt for brannen. Tanken var å få en innbrenning på 1mm/min, for å oppnå riktig brannenergi. Når organiske materialer brenner, forkuller de. Siden tre er organisk, kan forkullingen ses på som en slags forsvarsmekanisme, og treplanken vil heller ikke brenne like mye over alt. Senter av planken vil naturligvis være mindre brent enn ytterkantene. Dette medførte at målingene av planken ble foretatt i ytterkantene.

Tabellen under er en presentasjon av 6 tester som ble gjort med varierende varighet av brannen. Målet var å ligge rundt 1mm/min for hver test. Det ble gjort 10 målinger på hver planke, jevnt fordelt over planken. For utregninger av målingen, se vedlegg C

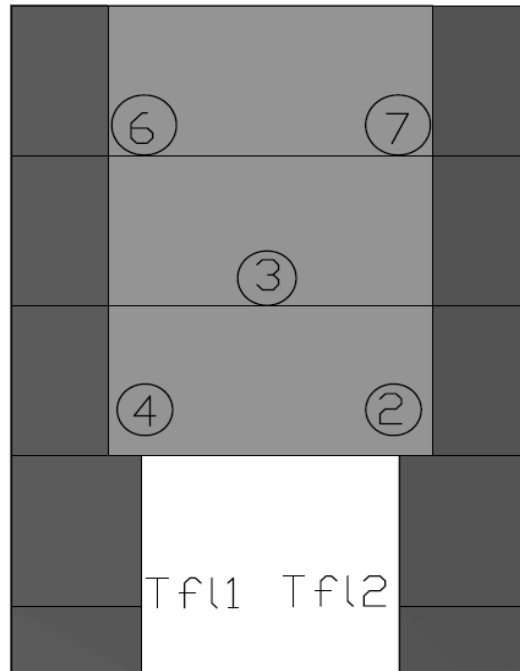
Tabell 3: Verdier målt under kalibreringen

Planke nr	Snitt av målingene	Brennetid	Er målet nåd med hensyn på tiden?
Planke nr 1	6,25 mm	4,5 min	1,38 mm/min (litt høyt)
Planke nr 2	6,33 mm	6,0 min	1,05 mm/min (JA)
Planke nr 3	10,58 mm	11,5 min	0,92 mm/min (noe lavt)
Planke nr 4	11,00 mm	11 min	1,00 mm/min (JA)
Planke nr 5	15,16 mm	15 min	1,01 mm/min (JA)
Planke nr 6	18,08 mm	20 min	0,90 mm/min (noe lavt)

Av tabellen kommer det frem at planke 2, 4 og 5 gir positive resultater. Planke 1, 3 og 6 ligger noe over/under målet. På brannlaben ble det observert noe trekk, som kan ha påvirket selve brannen. Flammen blafret vekk fra testplanken i enkelte perioder, dette er et sikkert tegn på trekk. Årsaken til dette kan være ventilasjonsanlegget. Tas dette i betraktning kan planke 1, 3 og 6 også anses som godkjent.

### 3.2.4 Plassering av termoelementer

Termoelementene har blitt plassert slik som vist på figuren under. 2 stk i selve flammen, 2 stk langs nederste blokk, og 2stk i nedre kant av øverste blokk og 1 i midten. Termoelementene som var plassert i flammen var 20cm i fra nederste fasadeblokk. Disse lå da i flammene.



Figur 7: Figuren viser plassering av termoelementer i småskala riggen

### 3.2.5 Algoritmen for småskala forsøkene

Det ble i alt satt opp 11 forskjellige varianter som skulle testes. Hver test ble utført 2-3 ganger. Noen av testene viste stabile resultater, med liten spredning, andre igjen hadde større spredning.

1. Fasadeblokk med pusset underkant, 50mm dytt
2. Hvis 1 ikke ok, kjør fasadeblokk med pusset underkant, 100mm dytt
3. Hvis 1 ok, kjør fasadeblokk uten pusset underkant, 50mm dytt
4. Hvis 2 ok, kjør fasadeblokk uten pusset underkant, 100mm dytt
5. Fasadeblokk kun med 100mm dytt i overkant (sperrer skorsteinsvirkningen)
6. Fasadeblokk med de samme detaljene som i fullskala
7. Vestlandspanel med de samme detaljer som i fullskala
8. Vestlandspanel luftet
9. Vestlandspanel med 100mm dytt



10. ISOLITT med 100mm dytt i topp

11. ISOLITT med 100mm dytt i bunn

### 3.2.6 Utstyr og feilkilder

Testutstyret som ble brukt under testingen:

- Datamaskin med loggeprogram
- Datalogger, type Hydrafluke,
- 7 termoelementer

Utstyret fungert til tider veldig bra, men det oppstod noen feilmålinger, dvs. at termoelementet ikke klarte å måle temperaturen. Da temperaturen ble målt hvert 5 sekund, ble det ved hver feilmåling gjort et gjennomsnitt av målingene som kom før og etter feilmålingen. Årsak til feilmåling kan være, dårlig kontakt i koblinger mellom logger og termoelement, sot på følerne og at loggeren ikke klarte å registrere måledata. Tiltak som ble gjort for å forhindre dette, var isolere følerne bedre, og å kontrollere koblingen mellom hvert forsøk.

Ordet dytt blir ofte nevnt i teksten. Med dytt menes en oppkuttet remse av steinull som brukes til å tette igjen åpninger i riggen. Det ble brukt Rockwool Flexi A-Plate med tykkelse på 50mm. Platen ble delt i 2 for å få 25mm tykkelse. For 100mm dytt måtte en skjære en remse på 200mm som brettes dobbelt, og føres inn i luftspalten. Isolasjonen gikk da 100mm opp i spalten, og tykkelsen ble 50mm komprimert sammen til 20-25mm.



Bilde 2: Bildet viser en remse steinull som skal brettes dobbelt for å bli en dytt tilsvarende 50mm

## 4. Resultatene

Hensikten med å teste fasadeblokken på brannlaben var å få et bedre grunnlag for selve fullskalaløstestingen. Siden fullskalaforsøket baserer seg på SP FIRE 105, må testingen på det mindre plan inneholde mye av samme tankegangen. Rigger der prøvestykkene ble plassert er satt sammen uten noen form for standard. Alt har blitt nøye dokumentert.

### 4.1 Resultater fra småskalaforsøkene

Grafene viser luftspalte- og flammemetemperaturen i småskalaforsøkene.

#### 4.1.1 Test nr 1, pusset fasadeblokk med 50mm dytt

Denne testen gav veldig usikre resultater, og man kan enda ikke helt slå fast hva som gjør at resultatene variere. Rundt 8-9min kom det en kraftig temperaturøkning. Dette resulterer i at vi får noe flammespredning i selve spalten, uten at PUR-skummet ble antent. Grafen under viser resultatet fra den testen som gikk best. Pga stor spredning i målingene, ble det ikke brukt noe mer tid på 50mm dytt. Faren for brannspredning blir for stor.

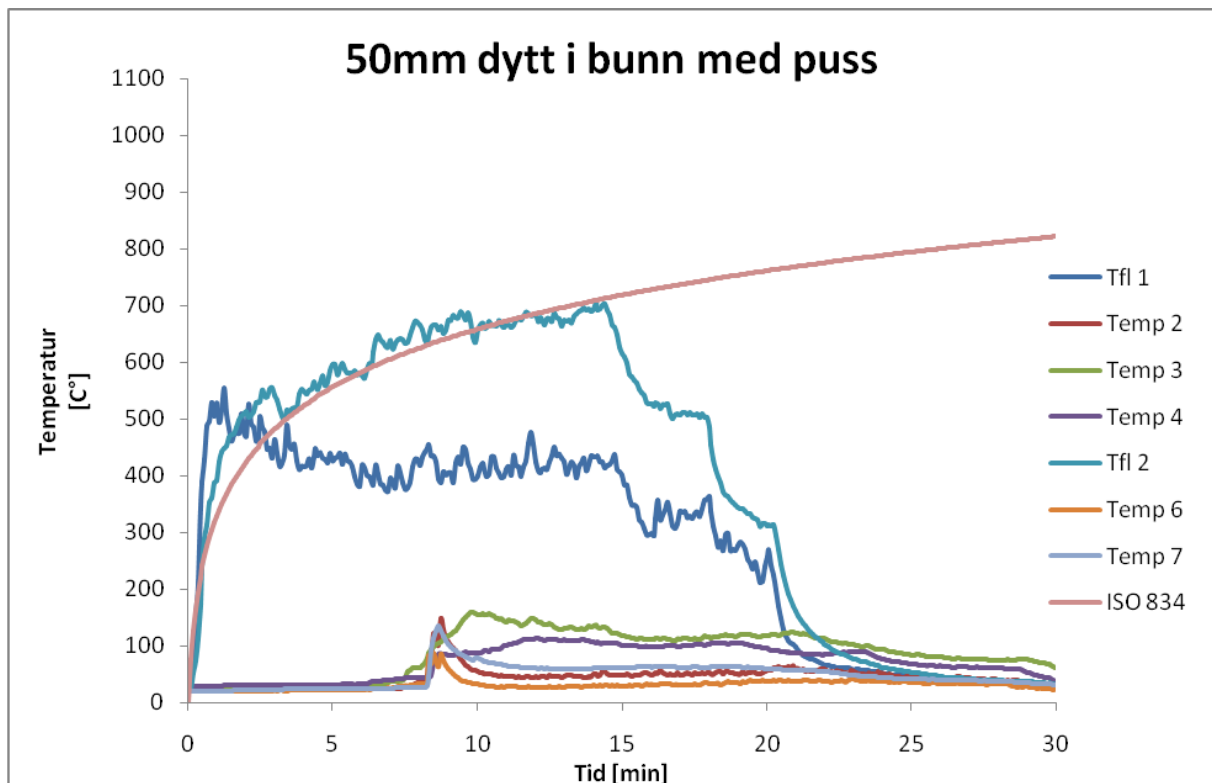


Diagram 1 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 50mm dytt i bunn.

#### 4.1.2 Test nr 2, pusset fasadeblokk med 100mm dytt i bunn

Av diagrammet ser man ideelle temperaturer i luftspalten. De har en lineær økning, og forsetter noe etter at selve heptan brannen har stanset. Flammemetemperaturen holdt seg jevn under hele forsøket.

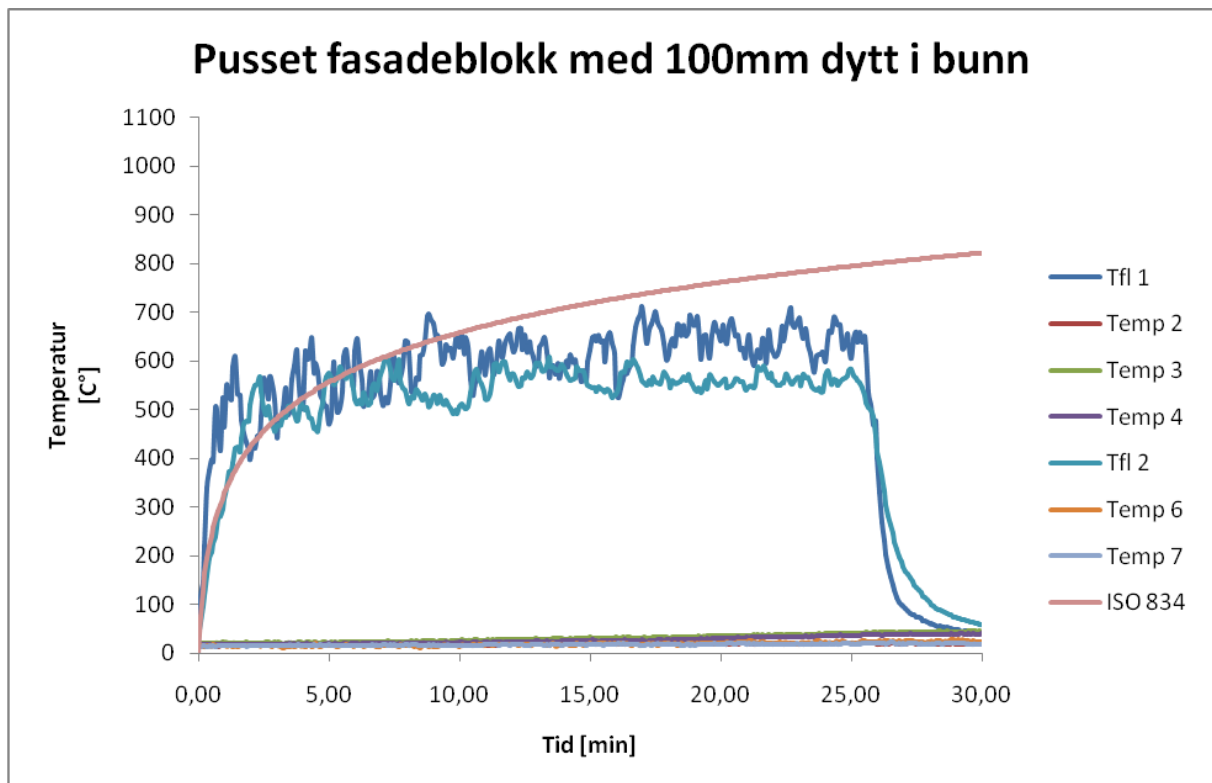


Diagram 2 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i bunn.

#### 4.1.3 Test nr 3, upusset fasadeblokk med 100mm dytt i bunn

Grafen viser nesten samme målinger som test nummer 2. Temperaturøkningen er lineær og forsetter å øke noe etter selve brannen er slukket.

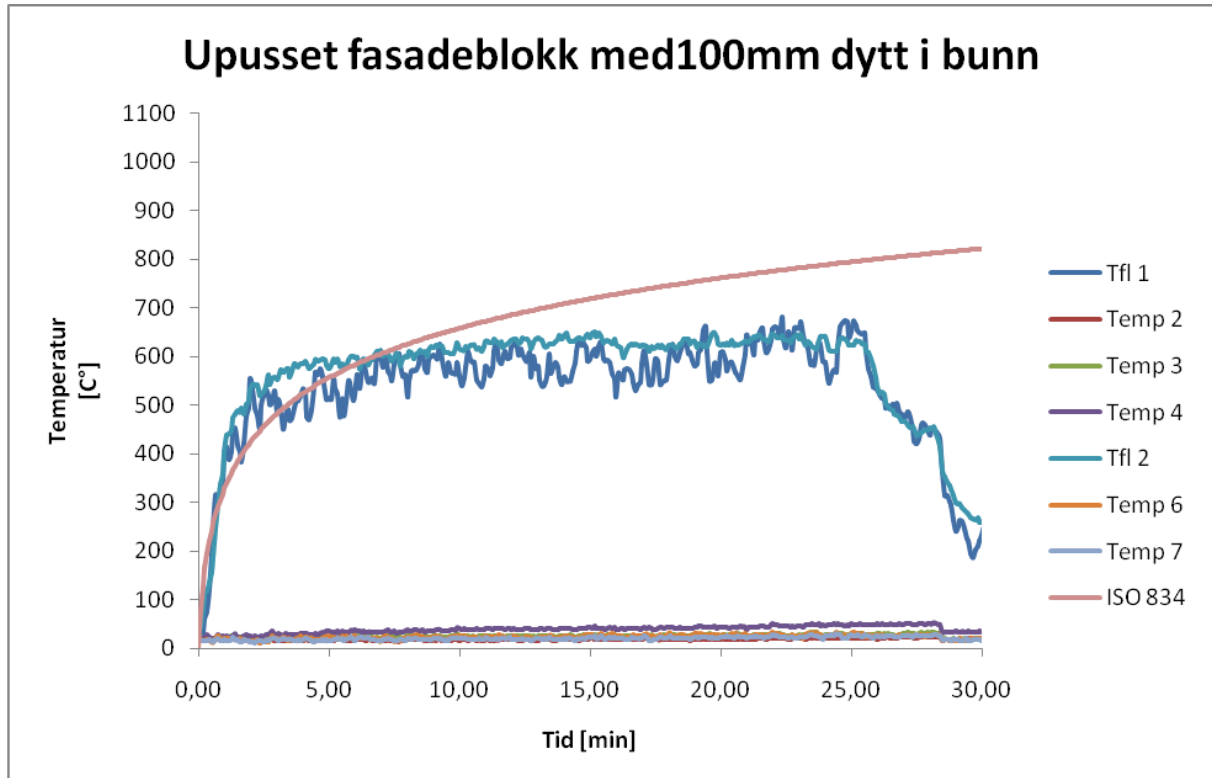


Diagram 3 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i bunn. Upusset fasadeblokk

#### 4.1.4 Test nr 4, upusset fasadeblokk med 100mm dytt i topp

Branntrekanten krever tre ting: Brennbart materiale, varme og luft. Ved å plassere dytten i topp vil det ikke være tilstrekkelig nok luft bak i spalten til at flammen vil kunne utvikle seg på rett måte. Luften brenner opp og flammen klarer ikke å ta et skikkelig tak. Resultatet er at første blokk ble noe brent. Her ble termoelementene skjøvet ut av flammene under breningen. Årsaken er uviss.

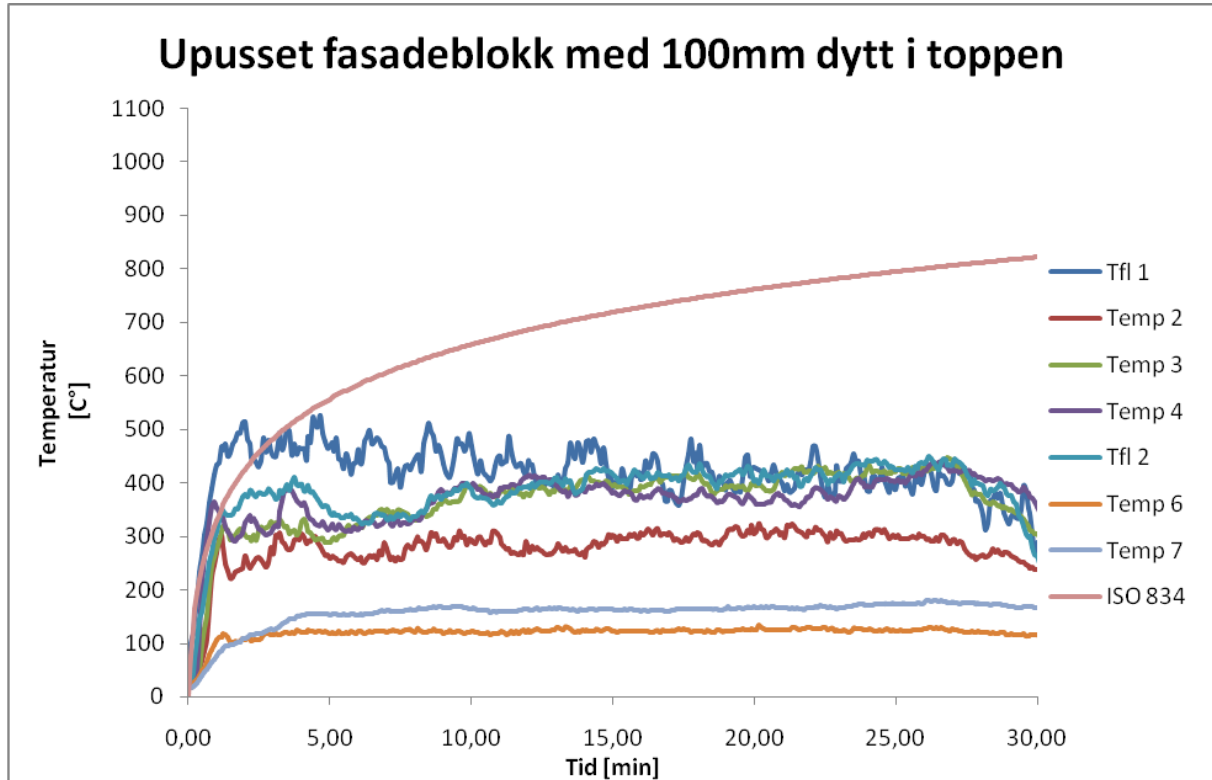


Diagram 4 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i topp. Upusset fasadeblokk

#### 4.1.5 Test nr 5, pusset fasadeblokk med 100mm dytt i bunn og topp

Test nummer 5 er løsningen som blir valgt til fullskalaforsøket, dette var den klar beste løsningen og gav en sakte temperaturutvikling.

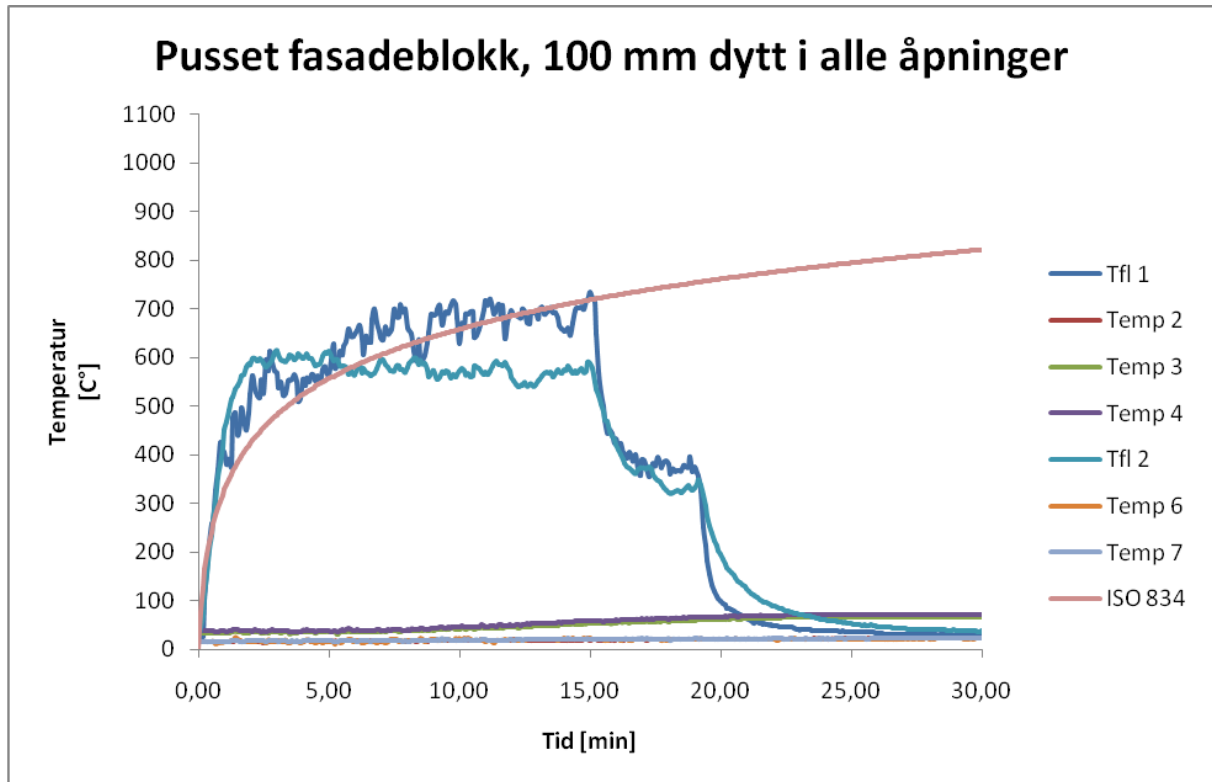


Diagram 5 viser temperaturen i luftspalten, samt flammemetemperaturen ved 100mm dytt i alle åpninger

Bildet til høyre viser den nederste fasadeblokken. Blokken er plassert opp ned slik at man kan se innbrenningen i PUR-skummet. Man kan se at fiberpussen fremdeles er på plass, og innbrenningen er nesten halvveis. Innbrenningen er ca 10cm på det meste, noe som er lik lengden av steinull som er blitt brukt.

Bildet viser også at det ikke har vært noen form for sot i luftspalten ved bruk av 100mm dytt.



Bilde 3: Nederste fasadeblokk etter brenningen



#### 4.1.6 Test nr 6, vestlandspanel med 100mm dytt i bunn og topp

Test nummer 6 har samme detaljer som vil bli benyttet i fullskalaforsøket

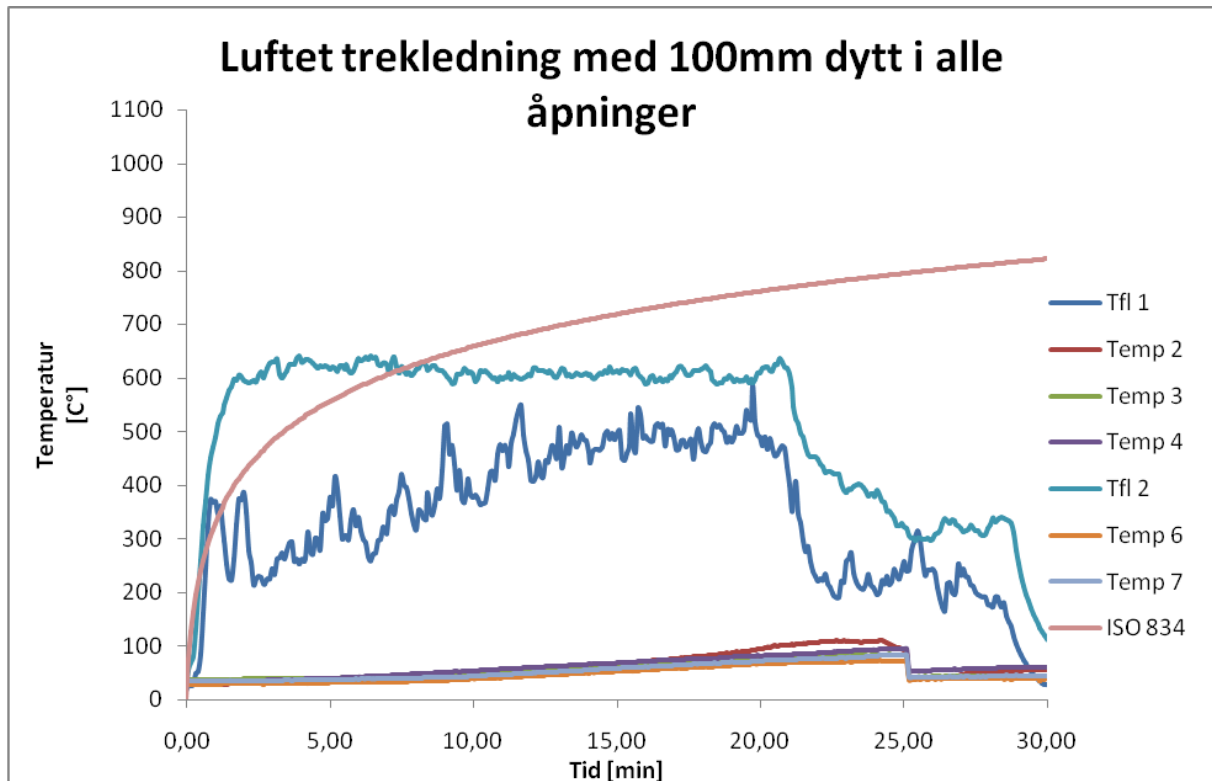


Diagram 6 viser temperaturen i luftspalten, og flammen. 100mm dytt i alle åpninger

Man ser at prøvestykket er godt brent på utsiden, men ikke på innsiden. Dette skyldes at dytten gjør jobben sin og hindrer brannspredning i luftspalten, men dette hindrer ikke spredningen på fremsiden av prøvestykket.

Bilde viser også tydelig at tre forkuller raskt, noe som bremser innbrenningen.



Bilde 4: Bildet viser prøvestykket etter brannen

#### 4.1.7 Test nr 7, luftet trekledning

Testen gikk ut på at det var en god gjennomtrekk i selve luftspalten, med ingen form for tetting. Dette viste seg å være en dårlig løsning, slik som først antatt. Trekledningen fortsatte å brenne en stund etter selve brannen var opphørt

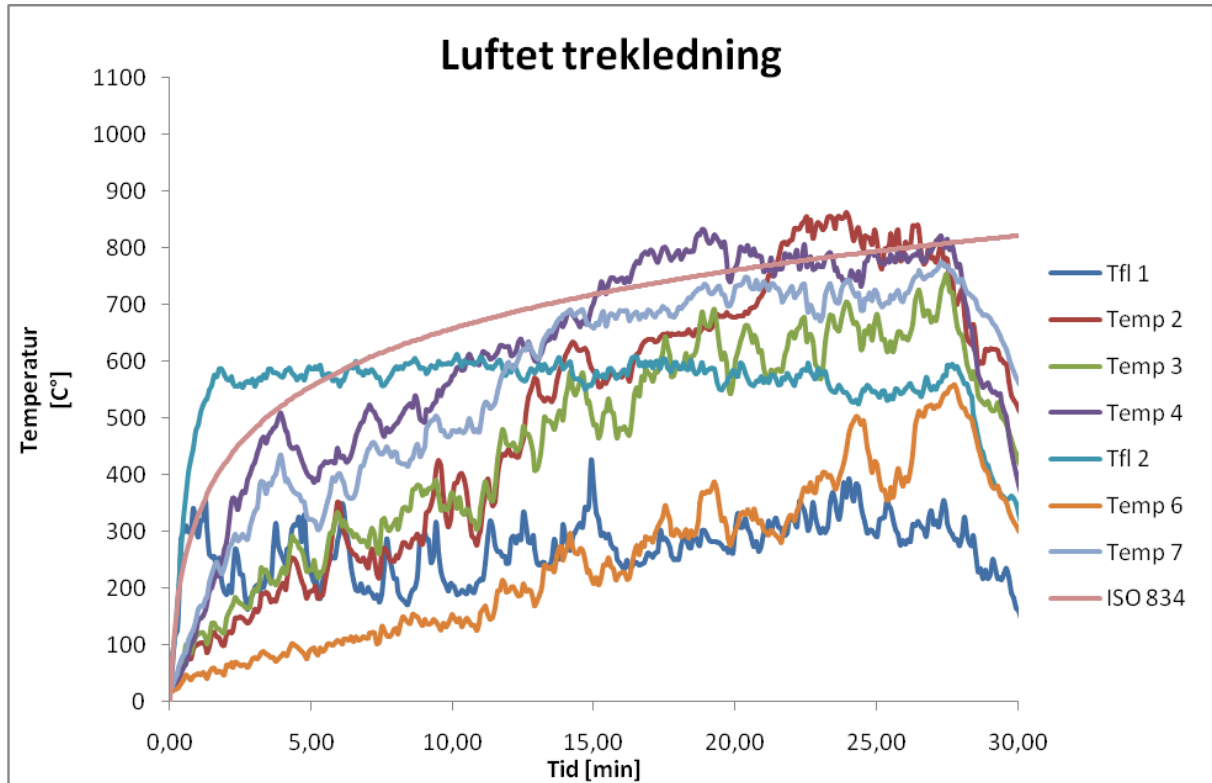


Diagram 7 viser luftet trekledning. Uten noen form for dytt.

Det er ingen vitenskapelig oppdagelse at dette brenner dårlig, men det er viktig utgangspunkt for de andre testene som har blitt utført. Det er ingen bilder å vise til her, siden prøvestykket ble totalskadet, det var bare noen kullbiter igjen.



#### 4.1.8 Test nr 8, trekledning med 100mm dytt i bunn

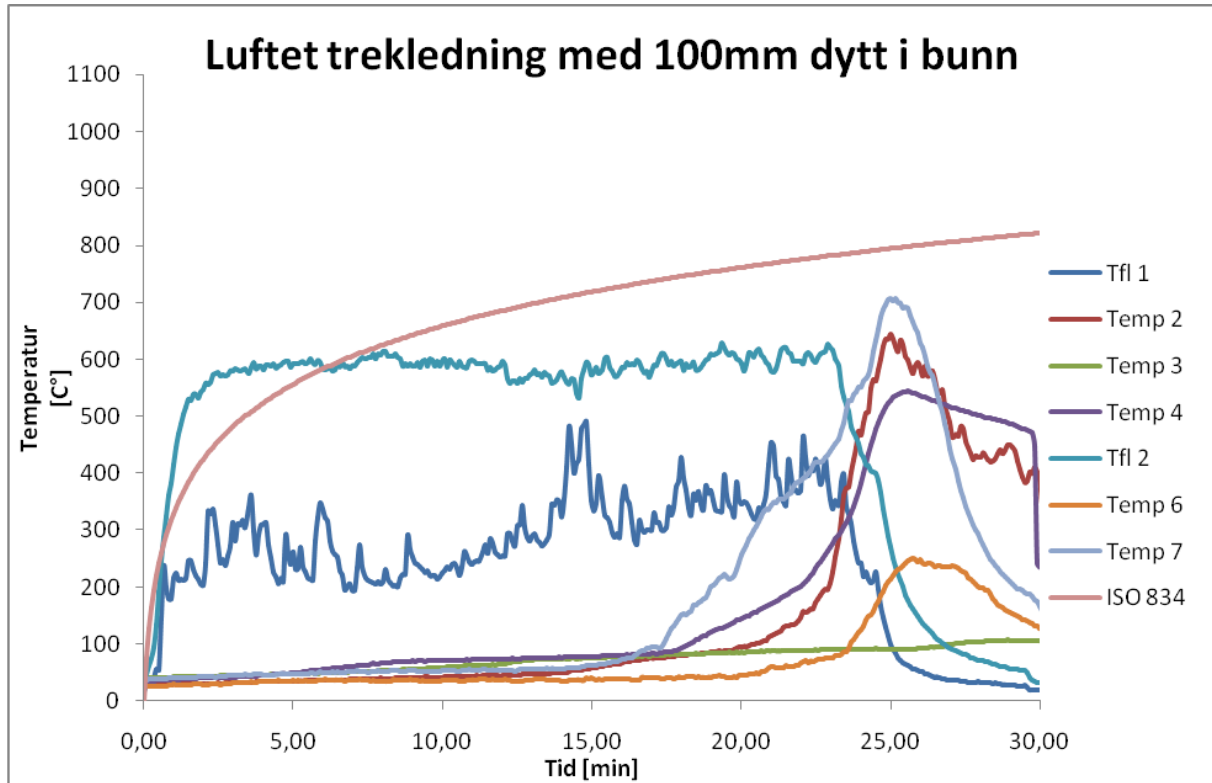


Diagram 8 viser luftet trekledning, med 100mm dytt i bunn.

Her har den ene flammemåleren falt litt ut av sin plassering og har gitt noe lavere temperatur målinger enn det som var forventet. Diagrammet viser en jevn økning i luftspalten. Dyttene gir god nok beskyttelse i de første 20min. Når heptanbrannen slukker, forsetter trekledningen å brenne. Resultatet vises i bildet under.



Bilde 5: Bilde viser riggen etter brening

#### 4.1.9 Test nr 9, ISOLITT med 100mm dytt i toppen

I stedet for PUR- skum ble ISOLITT brukt som isolasjonsmateriale. ISOLITT er plassert i brannklasse F, og er svært brannbart, noe testen på brannlaben bekreftet. Det tok ikke mer enn sekunder før ISOLITTen begynte å smelte. Disse varme dråpene antente etter hvert, og selve brenningen tok bare 6-7 min. Dette skyldes all ISOLITTen som smeltet og brant, lå seg rundt selve brannkaret. Dette resulterte i en mye større brannenergi, slik at forbrenningen av heptan ble mye raskere. All ISOLITT var til slutt brent opp, med uakseptable høye temperaturer i luftspalten. Lavt smeltepunkt og høy brennbarhet gjør dette til et dårlig isolasjonsmateriale. 100mm dytt var til liten hjelp, siden flammene klarte å brenne seg igjennom all ISOLITTen på kort tid. Røykutviklingen under selve brannforløpet gav en kraftig og mørk røyk.

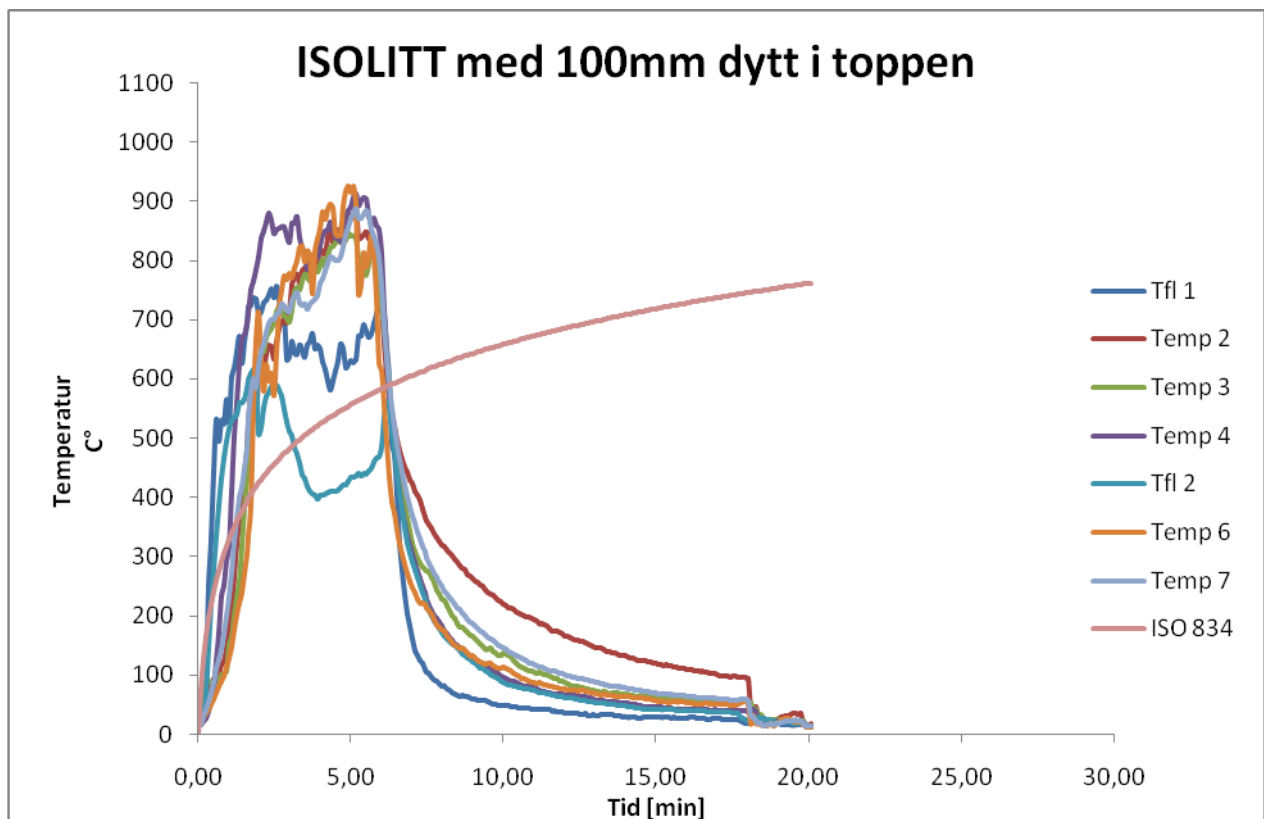


Diagram 9 viser luftspalte temperaturen, med bruk av ISOLITT I stedet for PUR.

#### 4.1.10 Test nr 10, ISOLITT med 100mm dytt i bunn

Etter test 9, var det liten sannsynlighet at steinullen i bunn ville utgjøre den store forskjellen. Som grafen viser, var temperaturen noe lavere enn test 9, og branntiden var noe lengre.

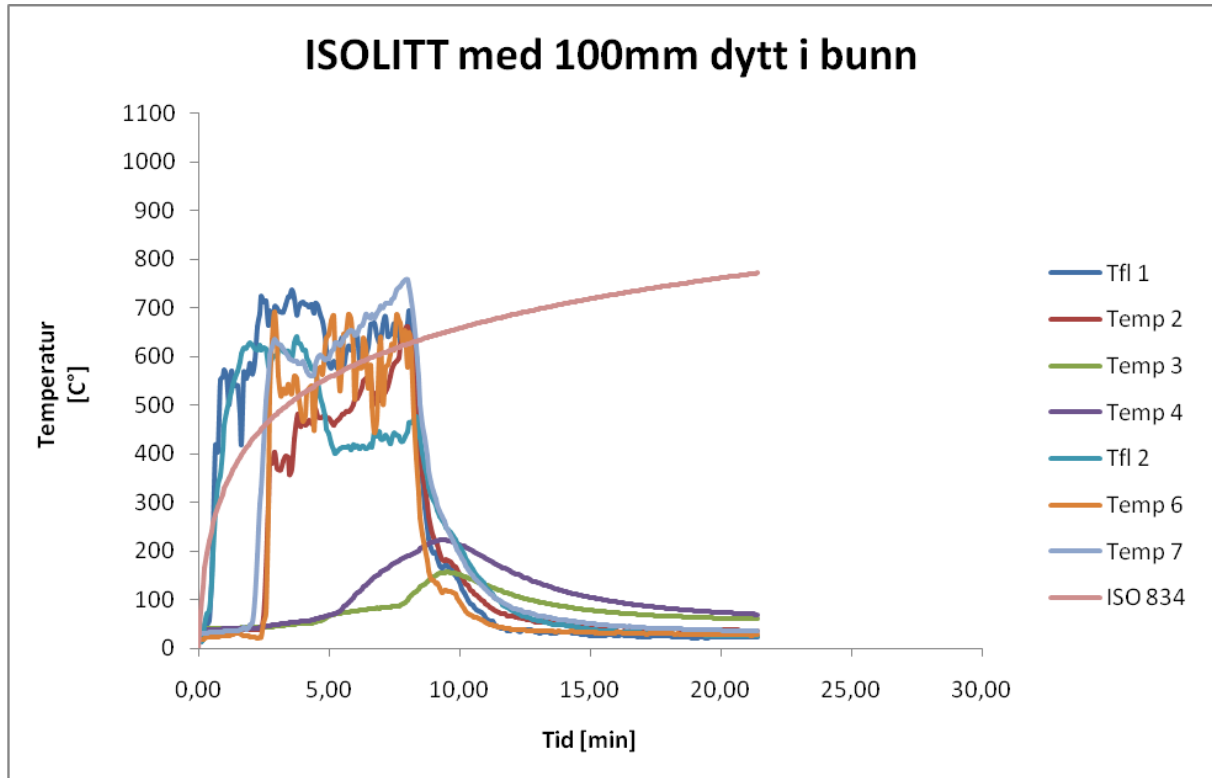


Diagram 10 viser luftspalte temperaturen, med bruk av ISOLITT I stedet for PUR.

Under viser et bilde som kort oppsummerer faren ved å bruke ISOLITT eller lignende typer isolasjons materialer.

Sett opp mot diagram 10 viser det seg at temperaturen er noe lavere i dette tilfellet, men over lengre perioder langt over 500°C°. Bildet viser hvor godt ISOLITT brenner. Bildet til høyre er tatt ca 5min ut i selve brannforløpet, med en flammehøyde på over 2 meter. Av bildet ser en også at ISOLITTen er smeltet og har antent på selve steinen som brannkaret står på. Dette medfører økt brannenergi som igjen øker forbrenningshastigheten og faren for at brannspredning blir kritisk



Bilde 6: Bildet viser brenning av ISOLITT med 100mm dytt i bunn av spalten

## 4.2 Resultater fra fullskalaforsøket.

### 4.2.1 Test nummer 1, Leca fasadeblokk

Fullskalaforsøket har 100mm dytt i alle åpninger, fra brannlaben har man positive resultater. Fullskalaforsøket viste seg her å gi samme resultater. Temperaturen i luftspalten lå ved start av brannen på 5-6C°, og det var intet regn, men en flau vind som aldri kom over 1m/s.

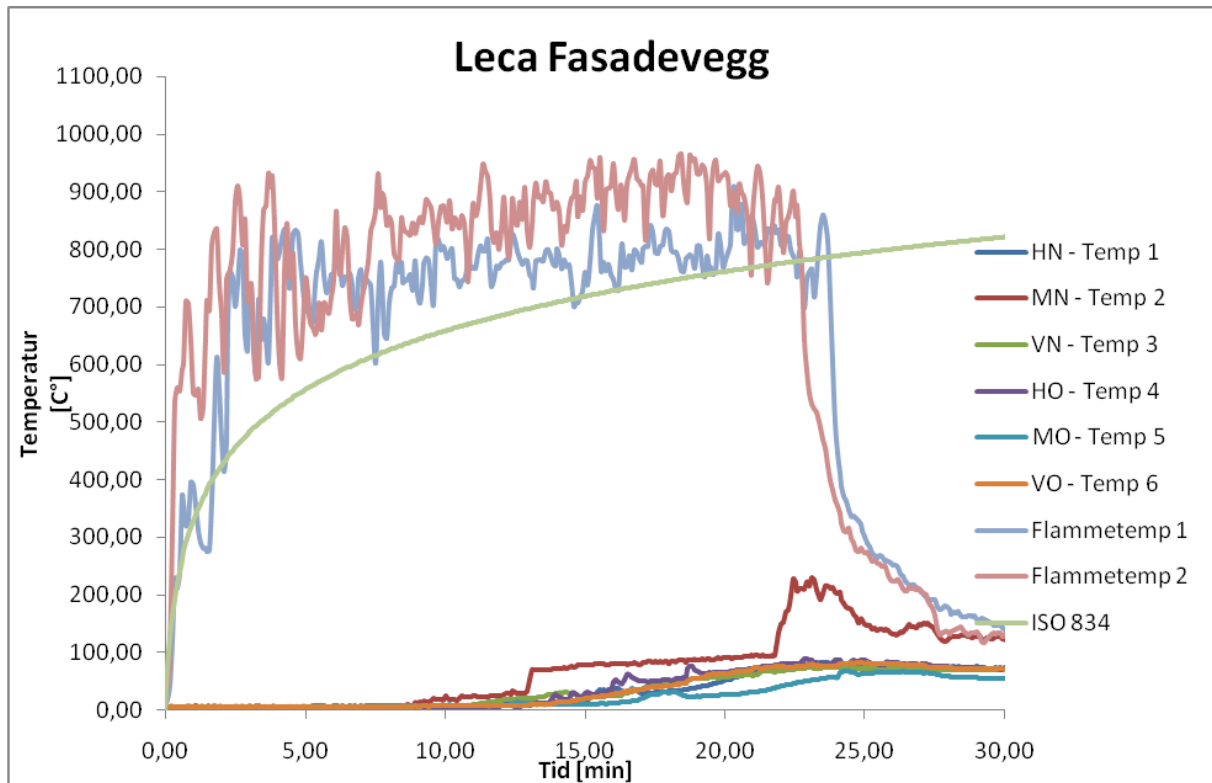


Diagram 11 viser luftspaltetemperaturen, ved fullskalaforsøket. Pusset og 100mm dytt i alle åpninger.

Under selve brenningen begynte mye av pussen å sprekke. Dette skyldes at selve riggen inneholdt noe fukt. Enkelte av delene som kom flygende var på størrelse med en femtiøring. På slutten av brenningen var det en betydelig temperatur økning på termoelementet som var plassert i nederst i midten på fasadeveggen. Dette skyldes en bit med mineral dytt som falt ut. Og flammene fikk dermed noe mer tak. Bildet under viser innbrenningen, men også på side 7 finner man et oversiktsbilde over hele PUR siden av fasadeveggen. Hver enkelt blokk har da blitt forsiktig meislet ut av fasadeveggen. Og lagt opp ned på bakken noen meter unna. Under denne prosessen ble det også lagt merke til at det var god varmt i selve spalten selv etter nesten 1 times avkjøling. BI – skinnen var også noe smeltet, men hang fremdeles godt fast i veggen.



Bilde 7: Bildet viser 16cm innbrenning i PUR- skummet

I vinduet ble det også plassert en måler som målet strålingen til en hver tid. Høyeste måling var ca  $90\text{kW/m}^2$  ved 15 og 20min. Ved en reel brann ville alt brennbart i vinduet antent.

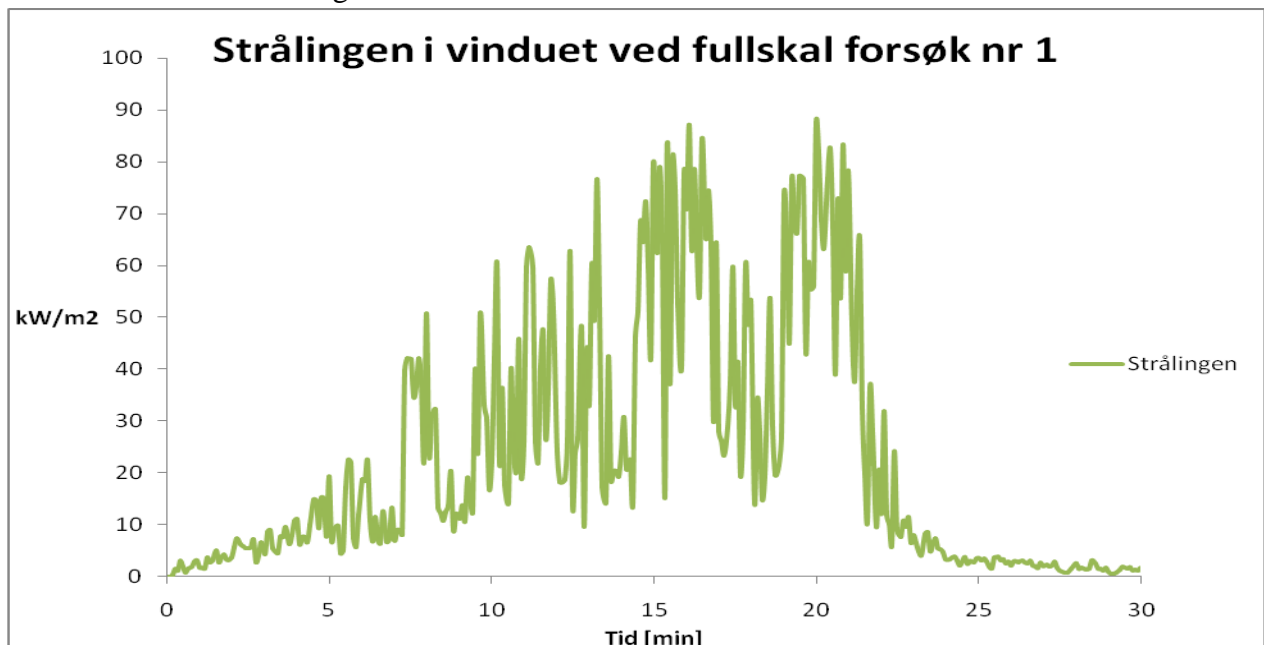


Diagram 12 viser strålingen i vinduet under brannforløpet



#### 4.2.2 Test nummer 2, preakseptert trekledning

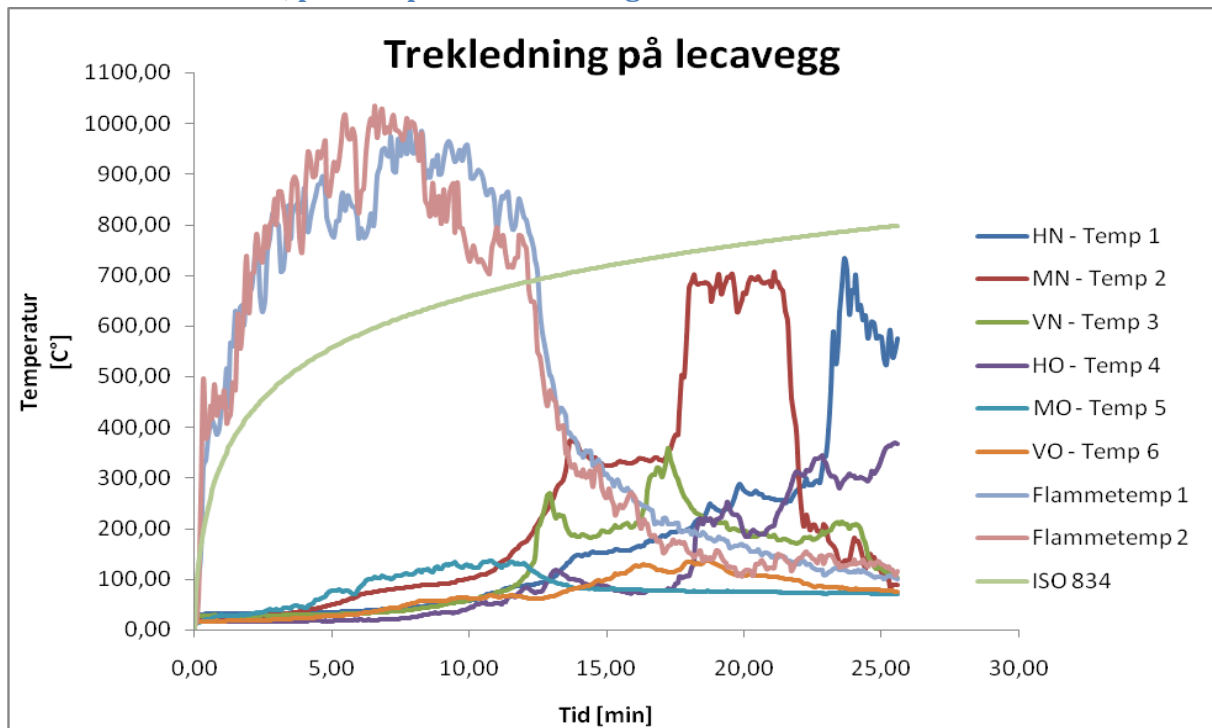


Diagram 13 viser luftspaltetemperaturen i trekledning. 100mm dytt i alle åpninger

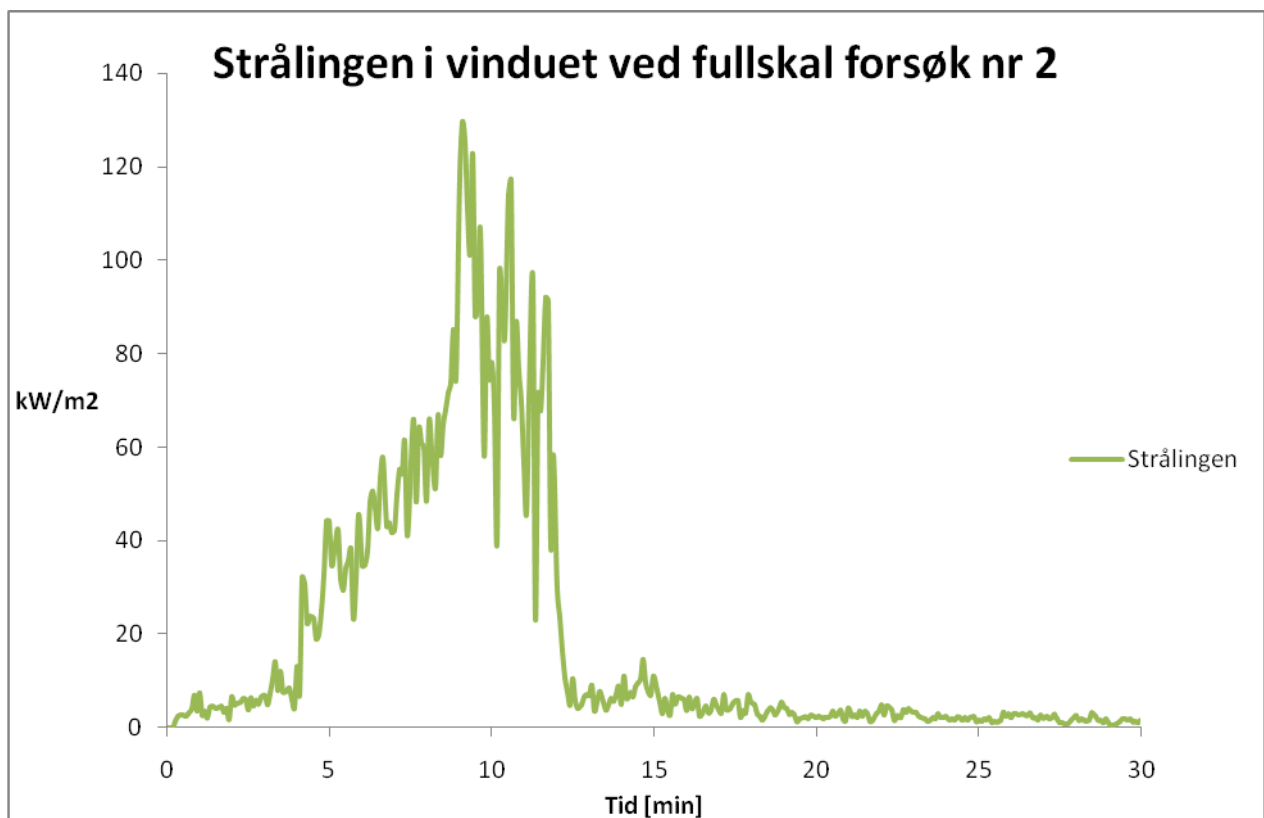


Diagram 14 viser strålingen i vinduet under brannforløpet

Av diagrammet kan man se at temperaturen i luftspalten ikke begynte å stige før etter selve heptan brannen stoppet. Dette skyldes at overflaten på trekledningen har antent og brenner da igjennom. Bildene under illustrerer dette klart og tydelig. Strålingen i vinduet ligger også veldig høyt, ca  $130\text{kW/m}^2$ , noe som er nesten vesentlig større enn fullskalaforsøk 1. Ulempen til trekledningen er at den har en brennbar overflate, mens fasadeblokken er av lettklinker betong og brenner ikke. Når strålingen i vinduet når  $130\text{kW/m}^2$  er det ikke passert 10min i brannforløpet.



Bilde 8: Til venstre er riggen like etter at heptan brannen har stanset, til høyre viser kledningen 20min senere

## 5. Simuleringer av fullskalaforsøkene

Som ekstra verifikasjon, har studentene valgt å simulere fullskalaforsøk nummer 1. Dette er for å vise at fasadeblokken tåler en stor brann, og at luftspalten ikke bidrar til økt brannfare.

National Institute of Standards and Technology (NIST) har utviklet et program som heter Fire Dynamics Simulator (FDS)[6]. Og kan brukes til å gjøre avanserte CFD modelleringer.

### 5.1 Parametere for simuleringene

Det er viktig at rammene rundt simuleringen gjøres så realistisk som mulig, slik at en kan gjenskape dagen der fullskalaforsøket fant sted.

FDS er Dos basert, slik at det å kjøre ut en simulering kan ta lang tid. Det er detaljene som avgjør hvor nøyaktig det vil bli, og hvor lang tid det vil ta.

Denne simuleringen er meget komplisert og krever mye minne for å komme i mål, så detaljene vil ikke bli så nøyaktige som i fullskalaforsøket. Dette kan igjen gå ut over resultatet og FDS kan tolke ting på en annen måte enn det den som skriver input filen ønsker, men kan gi et bilde om det realistiske forsøket stemmer overens med simuleringen.

### 5.2 Simuleringsresultater

Resultatene av simuleringen skal aldri nyttes som et fasit svar, men skal brukes objektivt. Resultatet skal underbygge resultater en har fått i praksis.

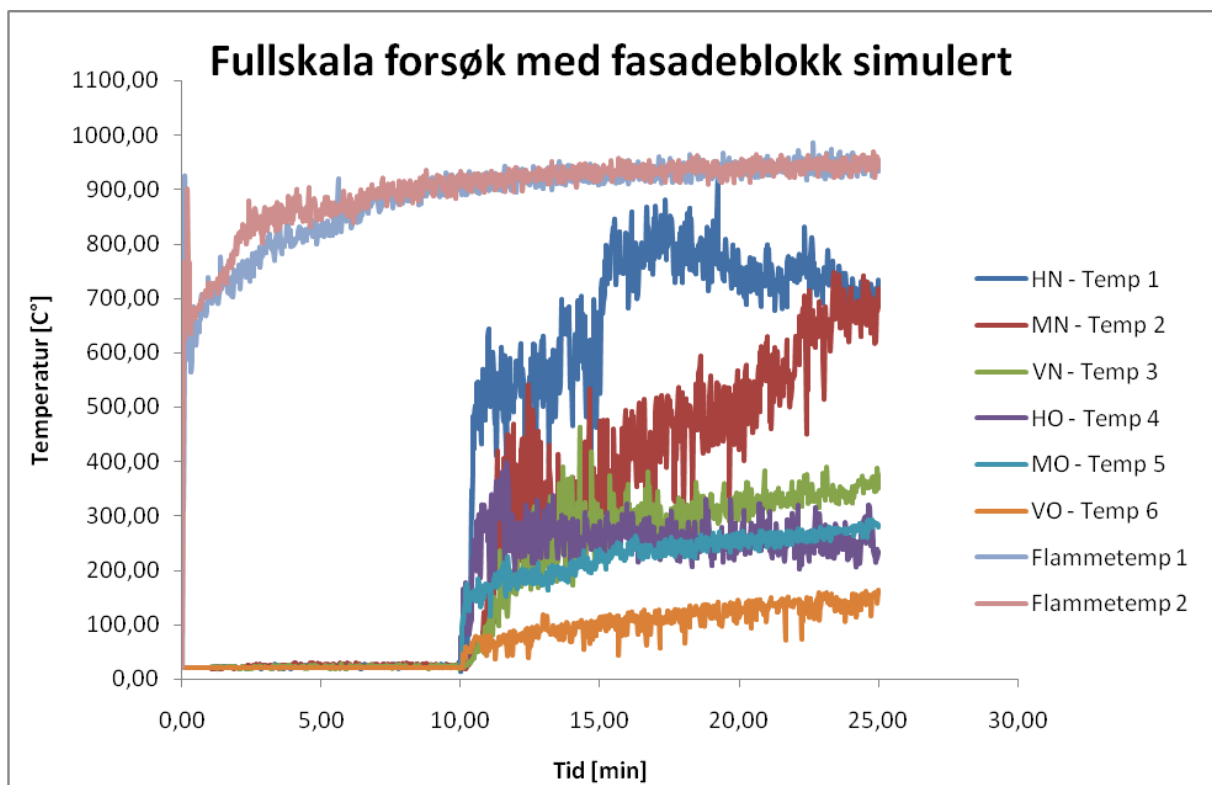
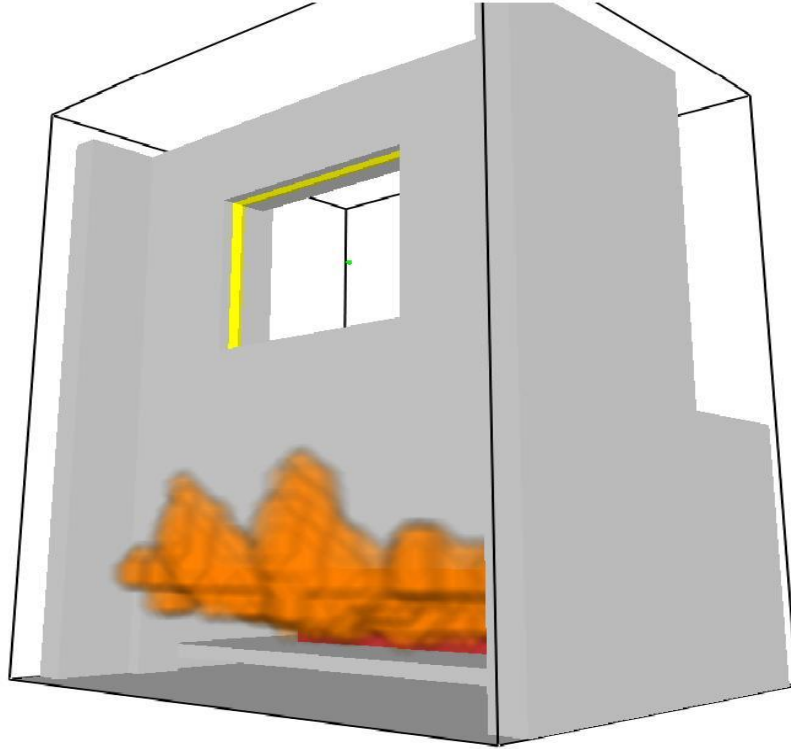


Diagram 15 simulering av fullskalaforsøk nr.1



Resultatet viser brannspredning i luftspalten. Årsaken til dette kan være flere ting, men legg merke til at temperaturen i flammen er mye høyere enn fra fullskalaforsøket. Her er brannen gitt en effekt på 1,5MW.



Bilde 9: Bildet er tatt ca 1,5min ut i simuleringen

## 6. Diskusjon

For å få et inntrykk av hvordan brannspredningen i spalten ville arte seg, uten noen form for sikring, ble det først brukt et prøvestykke uten noe form for puss og tetting. Her ble alt PUR-skummet brent opp. Videre arbeid var å gjøre tettinger av forskjellig varianter med Rockwool.

Totalt ble det gjennomført 12 forsøk, mange med varierende resultat. Tetting med 50mm dytt gav varierende resultat. Her ble det gjennomført 3 tester av samme type. Som diagram 1 viser, ser resultatet bra ut og temperaturen ligger rundt stabilt ved 200C°. Ved en nærmere tolking av grafene ser en at det er en betydelig temperatur økning. Dette kan skyldes at PUR-skummet er brent vekk i den nederste blokken, slik at en har fått et større hulrom i selve blokken. Dette hulrommet bidrar med å øke brannfaren, siden flammen nå går ved siden av dytten.

Ved å øke dytten til 100mm ble det notert en markant forskjell. Temperaturen i spalten holdt seg under 100C°, selv om brenntiden på over 20min. Første blokka i prøvestykket viste også en kraftig innbrenning, men siden dytten var plassert 100mm opp i spalten var dette tilstrekkelig for å hindre at flammen gikk forbi. Selve temperatur økningen i spalten var lineær og forsatte å øke litt etter at selve heptanbrannen var slukket.

Ved å plassere dytt kun i topp fikk man en høy spalte temperaturer, men ingen flamme. Her var selve innbrenning på første fasadeblokk var merkbar, men flammene klarte ikke å ta tak.

Som en referansetest til småskala- og fullskalaforsøket, ble det gjennomført en rekke brenninger av liggende dobbeltfalsert trekledning [7]. Ved ikke tilstrekkelig tetting, viste denne kledningen seg å være svak. Ved riktig tetting i alle åpninger fikk en positive resultater. Men selv om temperaturen i spalten var lav, er det viktig å understreke at faren for brannspredning på overflaten til trekledningen, er uakseptabel høy. Ved test av trekledningen var veggen intakt etter endte 15min, men overflaten av kledning forsatte å brenne til kledningen var gjennombrent og ubrukelig. Stålingen i vinduet var mye høyere ved testing av trekledningen, kontra fasadeblokk veggen. Fasadeblokken har en klar fordel med sin lettklinker betong side. Sidene på riggen hadde noen åpninger der ble det ble brukt inntil 50mm dytt. Selve brannen varte i nesten 25min, med positivt resultatet. På side 7 i denne rapporten ser man et bilde av fasadeveggen PUR- skum side, der en kan legge merke til at noe av nederste skift er noe brent, med størst innbrenning i midtpartiet. Dette kan en også se ut ifra figur 18. Termoelement nr.2 er plassert for innbrenning er størst, grafen viser en kraftig temperatur økning etter 22min. Etter å ha studert videoopptakene av brenningen, så en tegn til at noe av steinullen har falt ut av spalten.

Det ble også brukt et annet isolasjonsmateriale, ISLOITT, denne formen for EPS viste seg å være svært brannfarlig og er plassert i BKL F. PUR- skum er plassert i BKL E, men smelter ikke og avgir ikke noen form for dråper eller partikler.

Det er viktig å understreke at testingen som har blitt gjort her, er et verst tenkelig tilfelle, noe som ikke er vanlig. Dvs. at været var vindstille og tørt. PUR- skummet ble direkte utsatt for brannen. Det var kun fiber puss på overflaten og på ene siden var det en steinullremse på 100mm. I et reelt tilfelle ville det etter all sannsynlighet være et vindu eller andre hindringer som hadde dekket over åpningen, der steinull dytten var plassert. Og etter all sannsynlighet ville ikke brannen ha rukket å bli så kraftig, før brann- og redningsmannskap var på stedet. Det fine med å bruke steinull ved tetting er at dette materialet har høy antennelsestemperatur over tid.

Simuleringen viser at brannspredning i luftspalten er en realitet. Fra fullskalatesten var resultatet noe annerledes, men simuleringen skal ikke tolkes som et fasit svar. Det er viktig å få frem at det som skjer under simuleringen er tørre forhold. Dagen der fullskalaforsøkene fant sted, var det noe fukt i riggen pga lengre tid med nedbør. Simuleringen gir nesten samme resultater som forsøkene har gitt.

Spørsmålet som da kan stilles, er hvem som står ansvarlig for at riktig tetting har blitt utført. Dette spørsmålet vil falle litt utenfor denne rapporten, men siden steinullen kan tåle mye varme og kan overleve større branner, vil det være lett å avgjøre om mengden steinull som har blitt brukt var tilstrekkelig. Dette kan være en god måte å undersøke hvis det skulle ha vært en brann i et hus, hvor det blir påstått at fasadeblokken har bidratt til økt brannspredning. Ved å undersøke restene etter brannen, vil en mest sannsynlig finne steinullen uten noe særlig problem. Dette er et viktig spørsmål for videre arbeid med teknisk godkjenning av fasadeblokken.

Fasadeblokken er i seg selv på mange måter unik, Den har en god isolerende effekt, motstandsdyktig mot mekanisk påkjenning og er lett å overflatebehandle. PUR- skummet smelter ikke ved brann og danner heller ingen former for dråper eller partikler. Forkullingen som skjer under brannen gjør at PUR- skummet blir porøst. Det laget med forkullet PUR som dannes, hindrer spredning videre inn i blokken, slik at flammene får tak i yttersiden av PUR- skummet. Ved bruk av steinull kan dette lett hindres, og vil gjøre luftspalten mer sikker mot brann. Uten noen form for tetting, vil risikoen for brannspredning være uakseptabel høy. Som ekstra sikringstiltak, kan det være fordelaktig å bruke en for beslag eller lignende rundt vinduer og underkant av fasaden.

Forsøkene som har blitt gjort, har vist at 100mm skal være nok. Som en sikkerhets margin bør denne økes til 150mm. Dette vil medføre at spalten vil bli ekstra tett og dytten vil sitte bedre, men kan være vanskelig å få den riktig plassert i luftspalten.

VTEK sier at overflater i hulrom eller spalter skal være av samme brannklasse som ytterste lag av veggen. Dette er ikke tilfelle i fasadeblokken. Betong brenner ikke, men PUR- skumet vil brenne godt hvis det blir utsatt for en tilstrekkelig brannenergi. TEK sier at overflaten i hulrom eller luftspalter skal ha tilstrekkelig eller bedre sikringstiltak, noe som ikke vil føre til økt brannspredning. Ved bruk av steinull vil en da kunne oppnå et bedre sikringstiltak.



## 7. Konklusjon

Leca fasadeblokk er et bra produkt å bruke i sammenheng med etterisolering av fasader. Faren for brannspredning vil være minimal med bruk av steinull dytt større enn 100mm, tykkelsen vil da være ca 50mm. Ved dårlig tetting rundt selve spalten vil faren for brannspredning være større. Uten noen form for dytt, vil faren for brannspredning være uakseptabel høy.

Den klare fordelen med fasadeblokken er at fremsiden er laget av betong, og betong brenner ikke. Som testen av trevveggen viste, brant denne på fremsiden og igjennom, til tross for det var tettet med steinull på alle sider.

PUR- skum tåler høye temperaturer og den smelter ikke, men forkuller istedenfor hvis den blir eksponert for flammer over lengre tid.

Som en endelig konklusjon kan fasadeblokken anbefales med den forutsetning at tetting av spalten er riktig utført med Rockwool, der dytten ikke er mindre enn 100mm. Det bør også brukes en form for beslag, som hindrer at steinullen kan tas ut eller falle ut.

## 8. Referanser

- [1] Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997, Kommunal- og arbeidsdepartementet
- [2] Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, utgave 4. mars 2007, Statens byggt tekniske etat
- [3] Byggforskserien Byggdetaljer A 571.803 Plastmaterialer i bygg. Typer og egenskaper. Norges byggforskningsinstitutt, høsten 1985. Kan kun observeres fra byggforsk sine hjemmesider, må være registrert.
- [4] Byggforskserien Byggdetaljer A 573.344, Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper
- [5] Brann i PUR- skum på Leca fasadeblokk, Bacheloroppgave våren 2007, Marlene Bårdsen og Thomas Hoftun
- [6] <http://www.fire.nist.gov/fds/documentation.html> dokumentasjon for programmet FDS. Manualer og dokumentasjonen kan lastes ned gratis her. Sist innom 10.04.08
- [7] Byggforskserien Byggdetaljer A 542.102, Utvendig liggende trekledning.
- [8] SP FIRE 105, utgave 5 09.09.94, Swedish National Testing and Research Institute.