

Brannbekjempelse med vanntåke i verneverdige bygninger



Hovedprosjekt utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund
avd. Haugesund – Ingeniørfag

Studieretning - Brann

Av:

Rune Baastad

Kandidatnummer. 32

Eirik Hugnastad

Kandidatnummer. 12

Per Malvin Aa. Wichmann

Kandidatnummer. 13



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



HOVEDPROSJEKT

Studentenes navn: Rune Baastad
Eirik Hugnastad
Per Malvin Aa. Wichmann

Linje & studieretning Sikkerhet, brannteknikk

Oppgavens tittel: *Brannbekjempelse med vanntåke i verneverdige bygninger*

Oppgavetekst:

Brann utgjør den største risikoen for totalskade på verneverdige trebygninger. Denne oppgaven skal ha fokus på et brannforløp som starter i fasade og sprer seg til baksiden av utvendig kledning. Det skal undersøkes om vanntåke kan slokke en brann som har spredt seg bak fasadekledningen. I tillegg vil det bli gjort forsøk uten automatisk slokkeanlegg, for å få et godt sammenligningsgrunnlag. Forsøkene med vanntåke vil bli samkjørt med et deteksjonsforsøk som utføres av en annen gruppe, på samme testvegg. Vanntåkesystemet vil bli utløst etter at deteksjonssystemet har detektert brannen.

I kirker har det vist seg at påsatte branner i fasade er den vanligste brannårsaken. Oppgaven vil derfor ha fokus på brann i kirker, men vil også være anvendelig for annen verneverdig trehusbebyggelse med hulrom bak utvendig kledning.

Endelig oppgave gitt: *06. mai. 2014*

Innleveringsfrist: Fredag 9.mai 2014 kl. 12.00

Intern veileder Bjarne Christian Hagen (HSH)

Ekstern veileder Karin Axelsen (Riksantikvaren)

Godkjent av studieansvarlig:

Dato:

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
Brannbekjempelse med vanntåke i verneverdige bygninger		
Utført av		
Rune Baastad, Eirik Hugnastad & Per Malvin Aa. Wichmann		
Linje	Studieretning	
Sikkerhet, Brannteknikk	Ingeniør	
Gradering	Innlevert dato	Veiledere
Åpen	8. mai. 2014	Bjarne Christian Hagen (HSH) Karin Axelsen (Riksantikvaren)



Ekstrakt

Riksantikvarens arbeid går ut på å bevare verneverdige trebygninger i Norge.

Brannverntiltak er viktig i dette arbeidet, noe storbrannen i Lærdal tydelig viste. Utvendige automatiske slokkeanlegg er allerede installert i enkelte verneverdige bygninger, og det jobbes med å optimalisere slokkeanleggene. Dersom det oppstår en brann i fasade, kan den spre seg raskt og usett bak kledning, noe som gjør slokkearbeidet komplisert.

I denne oppgaven ble det bygget en testvegg hvor det ble utført forsøk for å avdekke vanntåkens effekt på en «skjult» brann i hulrom bak utvendig kledning. I forsøkene ble det brukt ulike tennkilder, både med og uten ekstra brannbelastning i hulrom, i form av veggpapp.

Det kan konkluderes med at forsøkene viser at vanntåke ikke slukker brannen i hulrom hvor brannen sprer seg i lettantennelige materialer, som asfalt-papp. Videre viser forsøkene at slokkesystem kombinert med tidlig deteksjon kan hindre brannen i å etablere seg i hulrommene.



Forord

Denne hovedoppgaven markerer avslutningen på vår treårige branningeniørutdanning ved Høgskolen Stord/Haugesund. Hovedoppgaven består av en skriftlig rapport, samt en muntlig presentasjon, som til sammen gir 15 studiepoeng. Høsten 2013 ble Høgskolen Stord/Haugesund kontaktet av Riksantikvaren angående forslag til en hovedoppgave, som inkluderte praktiske forsøk. Forsøkene i forbindelse med oppgaven ble gjennomført i brannlaboratoriet ved HSH.

Vi har fått god assistanse og veiledning under arbeidet med oppgaven, og ønsker derfor å takke:

- Bjarne Christian Hagen, førsteamanuensis for ingeniørfag ved Høgskolen Stord/Haugesund, som har vært vår internveileder. Hagen har gjennom hele prosjektet bidratt med uvurderlig veiledning og oppfølging. Han var også tilstede under flere av forsøkene, noe som ga oss mulighet til å dra nytte av hans ekspertise
- Karin Axelsen, Riksantikvaren, som har vært vår eksternveileder. Vi ønsker å takke for all veiledning og oppfølging under oppgaven. Spesielt vil vi takke for møtet i vinter, der vi fikk svar på mange spørsmål knyttet til oppgaven
- Arjen Kraaijeveld, høgskolelektor ved Høgskolen Stord/Haugesund, for ideer, innspill og anskaffelse av materialer. Kraaijeveld deltok også aktivt som brannmann under forsøkene. Hans erfaring og ekspertise bidro i stor grad til at forsøkene ble utført under sikre og kontrollerte forhold
- Ingrid G. Staurheim, Kirkelig arbeidsgiver- og interesseorganisasjon, for innspill og ideer under møtet i vinter
- Sandra Winge, COWI, for å ha bidratt med litteratur og faglig ekspertise
- Alex Palle, VID Fire-Kill AsP, for å ha bidratt med vanntåkedyser og tilhørende utstyr. Vi ønsker også å takke for all veiledning og oppfølging i forbindelse med forsøkene
- Erling Mengshoel og Erik Lomsdal, Prevent Systems AS, for å ha bidratt med vanntåkedyser og tilhørende utstyr. Vi ønsker også å takke for all veiledning og oppfølging i forbindelse med forsøkene
- Cristian Daniel Francescangeli, for hjelp med testoppsett og deteksjonssystem
- Alle som har besøkt oss i brannlaboratoriet og vist interesse for oppgaven



Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag.....	iv
1. Innledning	- 1 -
1.1 Formål	- 1 -
1.2 Problemstilling	- 1 -
1.3 Begrensninger	- 2 -
2. Teori	- 3 -
2.1 Norske kirkers historie og byggestil.....	- 3 -
2.1.1 Norske kirkers historie	- 3 -
2.1.2 Byggestil	- 4 -
2.2 Brannteori.....	- 6 -
2.2.1 Grunnleggende brannteori.....	- 6 -
2.2.2 Brann i trematerialer.....	- 7 -
2.2.3 Materialer i hulrom bak utvendig kledning	- 8 -
2.2.4 Brann i hulrom	- 8 -
2.3 Deteksjon og sløkking.....	- 9 -
2.3.1 Deteksjon.....	- 9 -
2.3.2 Vann som sløkkemiddel	- 10 -
2.4 Automatiske sløkkeanlegg	- 10 -
2.5 Vanntåkeanlegg.....	- 11 -
2.5.1 Virkemåte og bruksområder	- 11 -
3. Forsøk.....	- 13 -
3.1 Innledning	- 13 -
3.2 Tennkilde.....	- 13 -
3.2.1 Gassbrenner	- 13 -
3.2.2 Tennbriketter	- 15 -
3.3 Testoppsett	- 16 -
3.3.1 Testvegg	- 16 -
3.3.2 Termoelementer	- 19 -
3.3.3 Deteksjon.....	- 21 -
3.3.4 Oppsett for vanntåke	- 22 -
3.4 Gjennomføring av forsøk	- 26 -



3.4.1 Dokumentasjon.....	- 26 -
3.4.2 Forsøk med gassbrenner, uten slokkeanlegg (Forsøk 1)	- 26 -
3.4.3 Forsøk med gassbrenner og veggpapp (Forsøk 2 og 3).....	- 28 -
3.4.4 Forsøk med tennbriketter og veggpapp (Forsøk 4 og 5)	- 28 -
3.4.5 Forsøk med gassbrenner, uten veggpapp (Forsøk 6 og 7).....	- 30 -
3.5 Sikkerhet i brannlaboratoriet.....	- 30 -
3.6 Feilkilder	- 31 -
4. Resultater.....	- 32 -
4.1 Forsøk med gassbrenner, uten slokkeanlegg (Forsøk 1)	- 32 -
4.2 Forsøk med gassbrenner og veggpapp (Forsøk 2 og 3).....	- 34 -
4.2.1 Lang deteksjonstid, Prevent vanntåkedyse (Forsøk 2)	- 34 -
4.2.2 Kort deteksjonstid, VID vanntåkedyse (Forsøk 3)	- 36 -
4.3 Forsøk med tennbriketter og veggpapp (Forsøk 4 og 5)	- 38 -
4.3.1 Prevent.....	- 38 -
4.3.2 VID.....	- 40 -
4.4 Forsøk med gass, uten veggpapp (Forsøk 6 og 7).....	- 42 -
4.4.1 Vanntåkedyse fra Prevent (Forsøk 6).....	- 42 -
4.4.2 Vanntåkedyse fra VID (Forsøk 7).....	- 44 -
5. Diskusjon.....	- 46 -
5.1 Materialer i hulrom.....	- 46 -
5.2 Deteksjonstid.....	- 47 -
5.3 Vanntåke	- 48 -
6. Konklusjon	- 49 -
7. Videre arbeid.....	- 50 -
8. Referanseliste	I
9. Vedlegg	III
Vedlegg 1 – Sikkerhet i brannlaboratoriet	III
Vedlegg 2 – Resultater fra konkalorimeter	V
Vedlegg 3 – Datablad fra Prevent Systems	IX
Vedlegg 4 – Datablad fra VID Fire-Kill	XI
Vedlegg 5 – Datablad for brannslange	XIV
Vedlegg 6 – Oppsett for vann- og gass-system.....	XV



Sammendrag

Riksantikvaren i Norge forvalter en rekke eldre verneverdige trebygninger, som er svært sårbare med tanke på brann. Det jobbes kontinuerlig med å finne gode brannsikringstiltak for å unngå at kulturminner går tapt. I forbindelse med dette arbeidet, ønsket Riksantikvaren å teste en hypotese om eksternt vanntåkeanlegg. Vanntåken skal i følge hypotesen kunne slokke en brann som har spredt seg fra fasade, til hulrom bak utvendig kledning.

Eldre trehusbebyggelse er ofte konstruert med luftet hulrom, som skal forhindre fuktskader. I slike hulrom kan brannspredning skje hurtig og usett. Tidlig branndeteksjon er en avgjørende faktor for tidsnok å kunne iverksette tiltak som begrenser skadeomfanget. Eksterne vanntåkeanlegg er sløkkesystem som automatisk aktiveres ved deteksjon. En av fordelene i forhold til tradisjonelle sprinkleranlegg, er redusert vannforbruk, som er gunstig for eldre trebygninger med tanke på vannskader.

For å kunne teste hypotesen ble det i brannlaboratoriet ved HSH oppført en testvegg, hvor det ble gjennomført sju forsøk. Ved bruk av to ulike tennkilder, skulle forsøkene påvise slokkeeffekten til eksterne vanntåkeanlegg. I tillegg ble det utført forsøk med ulik brannbelastning, i form av veggpapp av asfalt, plassert i hulrommet bak utvendig kledning. Vanntåkedyser fra to produsenter ble benyttet under forsøkene.

Det ble innhentet resultater fra forsøkene i form av temperaturmålinger, video-opptak, samt observasjoner under og etter forsøkene.

Resultatene fra forsøkene viste at kort deteksjonstid er avgjørende for vanntåkens evne til å bekjempe et branntilløp. En annen viktig observasjon gjort under forsøkene, var påvirkningen materialene i hulrommet hadde for brannforløpet. I forsøkene utført med veggpapp, spredte brannen seg hurtig, og vanntåken var ikke tilstrekkelig for å slokke brannen i hulrommet. I forsøkene uten veggpapp derimot, slokket vanntåken brannen. Dette er med på å understreke viktigheten av å tilpasse brannverntiltak for hvert enkelt brannobjekt.

For å kunne fastslå hvordan vanntåkesystemet vil fungere i reelle bygg, anbefales videre testing på en fullskala veggkonstruksjon.



1. Innledning

1.1 Formål

Formålet med oppgaven er å undersøke om det er mulig å slukke en brann som har spredt seg til hulrom bak utvendig kledning, ved hjelp av et eksternt vanntåkesystem. I Norge er det stort fokus på brannbeskyttelse av verneverdige bygninger. Uerstattelige kulturminner kan gå tapt dersom det oppstår brann i eldre trebebyggelse, noe storbrannen i Lærdal 2014 var et bevis på. I tillegg til brann utgjør også vannskader en trussel. Det er derfor viktig å finne slokkemetoder som reduserer skadeomfanget både med tanke på brann og eventuelle vannskader. Moderne vanntåkesystemer har et redusert vannforbruk i forhold til tradisjonelle sprinklersystemer, og kan derfor være hensiktsmessig å benytte i verneverdige trebygninger.

Oppgaven vil være nyttig for vanntåkeprodusenter, Riksantikvaren, samt andre aktører som ivaretar brannsikkerheten for eldre trehusbebyggelse.

Det skal utføres forsøk både med og uten vanntåkesystem, for å kunne sammenligne brannforløp. Utløsning av vanntåkesystemet skjer ved ekstern linjedeteksjon, som er mye brukt på kirker. Det skal gjennomføres forsøk på en testvegg i mindre skala i brannlaboratoriet ved Høgskolen Stord/Haugesund. Det vil bli lagt vekt på temperaturmålinger, samt observasjoner under og etter forsøkene, for å kunne besvare problemstillingen.

1.2 Problemstilling

En vanntåkeprodusent har påstått at et eksternt vanntåkeanlegg vil kunne slukke et branntilløp i hulrom bak utvendig kledning. Denne påstanden danner grunnlaget for oppgaven. Riksantikvaren ønsket å undersøke denne påstanden nærmere. Påstanden går ut på at vanntåke vil utnytte luftstrømmer som en brann i hulrom vil generere, og dermed trekke vanntåke inn bak utvendig kledning, slik at brannen sløkkes. Følgende hypotese vil bli testet:

Ved lang deteksjonstid vil en brann i hulrom bak utvendig kledning få tid til å etablere seg, slik at et eksternt vanntåkeanlegg ikke er tilstrekkelig for å slukke.

Ved kort deteksjonstid vil et branntilløp kunne bli sløkket av eksternt vanntåkesystem, før brannen får tid til å etablere seg i hulrom bak utvendig kledning.



1.3 Begrensninger

Forsøkene ble utført innendørs i brannlaboratoriet ved Høgskolen Stord/Haugesund. Forholdene på laboratoriet betraktes som konservative, i den forstand at veggen var skjermet fra ytre påvirkninger, som vær og vind. Testveggen ble bygget i mindre skala enn vegger som vanntåkesystemer normalt er beregnet for. Deteksjonslinjer og vanntåkedyse hadde derfor kortere avstand til bakkenivå enn ved et reelt byggverk.

Testoppsettet ga vanntåkesystemet gode forutsetninger til å fungere optimalt, derfor vil resultatene fra forsøkene være med på å gi gode indikasjoner på om hypotesen stemmer.



2. Teori

2.1 Norske kirkers historie og byggestil

I Norge finnes mange kulturminner i form av verneverdige bygg, noen av disse stammer helt tilbake fra middelalderen. Målet med fredede kulturminner er at de skal bevares for evigheten. Byggene som blir fredet har en historisk verdi da de forteller om hvordan levekår, industri, jordbruk, samfunn og byer har utviklet seg gjennom århundrene.

Alle bygninger som ble reist før 1537 er automatisk fredet. Bygg oppført før 1650 er også det, men bare etter at Riksantikvaren har stadfestet dateringen og erklært bygningen fredet. Bygninger og anlegg oppført etter 1650 kan også fredes, men bare hvis bygningene har nasjonal verdi. I Norge er det i dag opp mot 6.000 fredede bygninger og anlegg [1].

Alle verneverdige bygg krever vedlikehold og tilsyn, men byggene må også vernes mot farer som brann. Brann er den kanskje største årsaken til totalskade av verneverdige bygg i Norge.

2.1.1 Norske kirkers historie

De første kirkene som ble oppført tidlig på 1000-tallet var av typen stolpekirker. Denne type kirker var spesielt utsatt for fukt og råte, da hjørnestolper av tre ble gravd ned i bakken. Stavkirketeknikken som ble tatt i bruk på 1100-tallet hadde ikke det samme problemet med fukt og råte som kirkene fra 1000-tallet. Stavkirkene hadde en bunnramme av kraftige sviller som hvilte på store steiner, trygt over bakkenivå. I Norge var det en utbredt tradisjon for kirkebygging i tre. Det regnes at det under middelalderen ble oppført opp mot 1.500 stavkirker, men bare 28 av disse er bevart i dag [2].

I Europa på 1600-tallet ble de fleste kirker bygd i stein med romanske og gotiske stiltrekk. Det var derfor også vanlig at norske fylkeskirker og kirker i rike distrikter ble bygget i stein etter Romanske og Gotisk stilart. I mindre og fattigere distrikt ble de fleste norske kirkene fra denne perioden laftet i tre. Stavbyggeteknikken fra middelalderen ble på 1600-tallet erstattet med den mer moderne lafteteknikken.

1700-tallet var barokkens tid i Norge, og det ble reist over 300 nye kirker i landet. Bare 130 av de 300 kirkene reist på 1700-tallet er bevart [2].

Gjennom 1800-tallet var fremdeles lafteteknikken dominant, men en stadig utvikling i produksjon og håndverksteknikk gjorde at kirkene fikk en lettere og mer detaljert form. Det ble vanlig å ha panel på både ytter- og innervegger, da tømmeret på denne tiden ble mer bearbeidet enn før. I 1851 kom det en ny kirkelov som krevde at kirkene skulle romme 3/10 av menigheten. Det ble også opprettet flere nye sokn på den tiden. Alt dette førte til

en økt byggeaktivitet og det ble reist 623 kirker siste halvdel av 1800-tallet [2]. På 1900-tallet ble mur og armert betong i økende grad brukt som byggmateriell. Trekirkene som tidligere ble bygget i tømmer, ble nå konstruert ved hjelp av mer moderne teknikker som limtre eller bindingsverk. Det ble bygget over 600 kirker i løpet av 1900-tallet, 2/3 av etterkrigstidens kirker ble bygget i mur [2].

På 2000-tallet er det i gjennomsnitt vigslet tre nye kirker per år [2]. Mange av kirkene fra 2000-tallet frem til i dag ble bygget i tradisjonell form, mens andre bærer preg av lokal byggeskikk. Noen av kirkene er flerbrukskirker, mens mange er friere komposisjoner med skulpturelt preg.

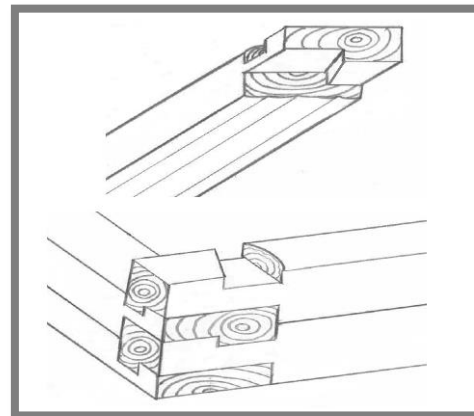
2.1.2 Byggestil

Frem til omkring 1900-tallet ble flesteparten av norske bolighus oppført ved lafting (se Figur 1). Ved lafting legges massive trestokker på hverandre i en horisontal konstruksjon. Ved hjørnene settes stokkene sammen med bruk av ulike typer nov [3].

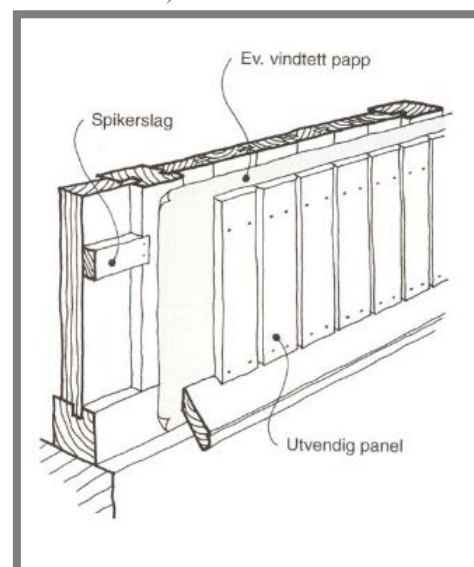
Lafting var veldig populært, da en laftekonstruksjon var både enkel å bygge, rive, og flytte. Da sageteknikken ble mekanisert på 1700- og 1800-tallet, ble det vanlig å kle inn laftekonstruksjonen med panel utvendig, og delvis innvendig.

Reisverksteknikken er kjent fra siste halvdel av 1700-tallet, men det var spesielt under sveitserstilperioden på 1850- og 1900-tallet at den virkelig ble populær (se Figur 2). Fordelen med reisverksvegg framfor laftevegg er at veggen krymper langt mindre når tømmeret tørker [4].

En ny laftevegg brukte gjerne flere år på å ”sette seg”. Under denne perioden var det ikke uvanlig at veggen krympet (sank) 10 cm eller mer. En måtte derfor vente noen år før en kunne kle veggene med panel. Dette problemet hadde en ikke med reisverk. Reisverk kunne kles med panel med én gang fordi dets synking var ubetydelig lite. Treverk krymper nemlig langt mindre i lengderetning enn i bredderetning.



Figur 1 - Skisse av kamnov (populær lafteteknikk)



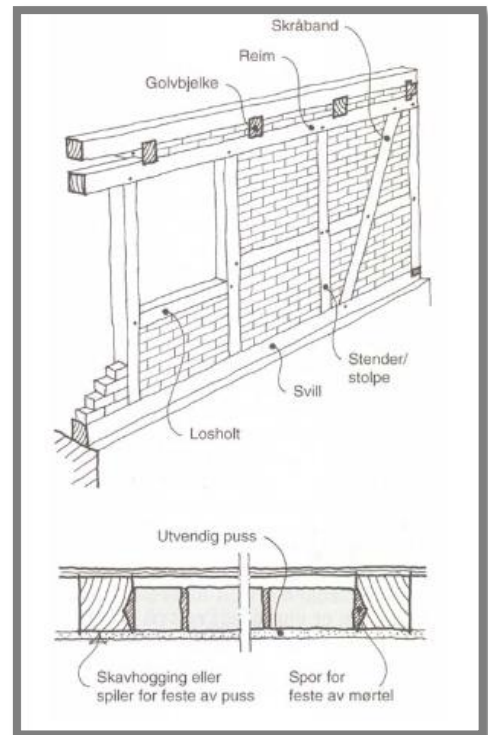
Figur 2 - Reisverksvegg. (Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)

Helt fra 1600-tallet var det vanlig å bruke bindingsverk ved konstruksjon av tilbygg eller mellombygg som ikke hadde behov for oppvarming. Bindingsverk er en veggkonstruksjon med rammeverk av sviller og bærende stolper [3].

Tidlig på 1800-tallet var det vanlig for bolighus i bystrøk å ha utmurt bindingsverk. I byene var det av brannhensyn ikke tillat å føre opp våningshus med åpent bindingsverk [3].

Tidlig på 1900-tallet ble det utviklet mange nye former for bindingsverk. Dette medførte at bindingsverk ble både raskere å bygge og mer materialbesparende enn reisverk. På 1900-tallet ble det også vanlig å bruke vindtett papp bak panelkledningen.

I 1928 kom det en ny byggeforskrift som tillot bindingsverk uten utmuring av bærende vegger. I tiden som fulgte ble det prøvd ut mange ulike isolasjonsmaterialer som sagmugg og kutterflis, men til syvende og sist var det mineralull som skulle bli dominant. Mineralull ble for første gang importert fra USA i 1930, og det ble raskt konstatert at det var meget godt egnet til isolasjon. Etter at materialrasjoneringen tok slutt rundt 1955, ble mineralull for alvor tatt i bruk.

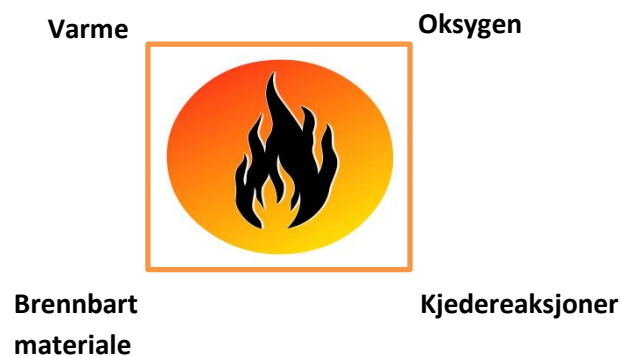


Figur 3 - Øverst: Utmurt bindingsverk.
Nederst: Tungt bindingsverk.
(Frøstrup: Rehabilitering - konstruksjoner i tre)

2.2 Brannteori

2.2.1 Grunnleggende brannteori

For at en brann skal kunne starte og opprettholdes, må det være en riktig balanse i forbrenningssonen mellom alle elementene i brannfirkanten (se Figur 4). Brannfirkanten består av varme, oksygen og brennbart materiale, i tillegg må det være frie radikaler som inngår i kjedereaksjonene i selve forbrenningssonen [5].



Figur 4 – Brannfirkanten (bilde av flamme hentet fra colourbox.com)

Forvarming av brennbare materialer er en viktig faktor for at en brann skal kunne etableres og opprettholdes. Forvarming skjer på tre forskjellige måter: Konveksjon, varmestråling og varmeledning. For at faste stoffer skal antenne, må det varmes opp tilstrekkelig først. En etablert brann vil i kjemien betegnes som en eksoterm prosess, som er en prosess der energi frigjøres. Ved en brann frigjøres energien i form av varme. Varmen forvarmer mer brennbart materiale som igjen kan antenne. Brannen vil fortsette å utvikle seg helt til det blir begrenset tilgang på én eller flere av produktene i brannfirkanten. Produktene fra en brann er flammer, røyk og varme.

2.2.2 Brann i trematerialer

I eldre trehusbebyggelse vil hovedandelen av brennbart materiale bestå av ulike typer treverk. Det er derfor viktig å se nærmere på hvordan en brann arter seg i treverk og hvordan den kan slokkes.

Et prinsipp i brannkjemi er at faste stoffer aldri kan brenne. For at et fast stoff skal bli brennbart må det omdannes til brennbar gass. Dette skjer gjennom en kjemisk spalting som omtales som pyrolyse. Pyrolyse skjer når et brennbart materiale varmes opp og brennbar gass begynner å frigjøre seg fra overflaten. Ved ca. 230-260 °C når treverket sitt flammepunkt, dvs. ved den temperaturen treets letteste gasser antennes i kontakt med luft og flammer [6]. Faste stoffer kan pyrolysere på to måter: Ved den ene måten smelter det faste stoffet til væske før det fordampes til brennbar gass som kan antennes. Den andre måten er når faste stoffer gjennomgår sublimasjon, slik treverk gjør. Sublimasjon betyr at fast stoff går direkte over til brennbar gass når det varmes opp [5].

Fordampingsvarmen til tre har vist seg å være svært varierende i ulike tresorter, og verdiene strekker seg helt fra 1,8 kJ/g (og mindre) til 7 kJ/g [7]. Treverk ansees likevel å brenne på en forutsigbar måte, med nesten konstant hastighet. Ettersom treverk brenner vil det forkulle. Forkullet tre vil danne et lag utenpå det uforbrente treverket og fungere som isolasjon. Som en følge av dette kan det være nødvendig med en økt varmeproduksjon for å opprettholde brannen [7].



Figur 5 - Forkulling av tre (bilde hentet fra colourbox.com)

2.2.3 Materialer i hulrom bak utvendig kledning

I eldre trehus kan hulrommet bak utvendig kledning ha stor oppsamling av tørkede partikler, som støv, flis og ulike materialer som ble brukt for å isolere mellom tømmerstokker. Disse partiklene vil ofte være *termisk tynne*, som betyr at de typisk har tykkelse eller radius mindre enn 1 mm [8]. Termisk tynne materialer vil oppvarmes med uniform temperaturfordeling og vil derfor ikke behøve mye forvarming for å antenne ved tilførsel av varme. Et praktisk eksempel med antennelse av termisk tynne materialer, vil være at en treflis antenner lettere enn et massivt stykke tre.

2.2.4 Brann i hulrom

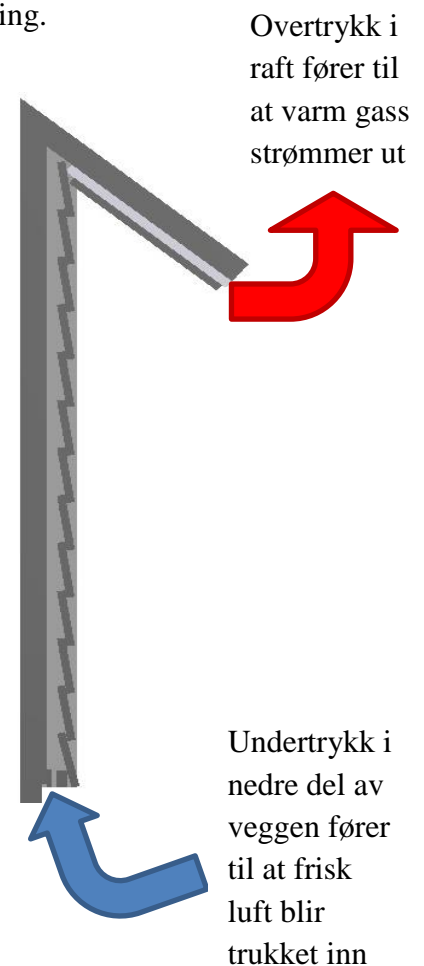
Det er flere utfordringer knyttet til brann i hulrom. I tillegg til deteksjons- og slokkeutfordringer, kan det være fare for veldig hurtig brannspredning.

Luftstrømmer

I tilfeller der luft har tilgang til å strømme inn i bunnen av hulrom og slippe ut i toppen, kan et meget raskt brannforløp etableres. I det en brann får feste i hulrommet bak utvendig kledning, vil varm gass stige opp og presses ut gjennom lufting i toppen av veggen. Dette skaper et undertrykk i hulrommet og ny frisk luft vil bli trukket inn i bunnen av veggen. Den nye luften vil gi mer oksygen til brannen, og brannen får mulighet til å spre seg på baksiden av veggen. En luftstrøm har etablert seg hvor varm røyk kommer ut i toppen av veggen, og frisk luft trekkes inn i bunnen. I slike tilfeller kan brannen spre seg flere meter i minuttet [9].

Dersom luftspaltene er små, vil det raskt kunne oppstå oksygenmangel. Brannen vil da søke oksygen lenger opp langs veggen for å opprettholde forbrenningsprosessen. Dette fører til at flammene vil kunne forlenges med mellom fem og ti ganger hva den originale flammehøyden var, uavhengig av hva slags materialer hulrommet består av. Dette kommer av at varm, brennbar gass tar fyr der den kommer i kontakt med oksygen, som kan være høyt over brenselssonen [9].

Ved en etablert brann kan bord som er ødelagt av brannen gi større rom der luft kan strømme inn/ut og brannen kan øke i omfang.



Figur 6 - Luftstrømning i hulrom bak utvendig kledning



Spredning

I startfasen av en brann i treverk vil konveksjon være den dominerende faktoren for brannspredning. Brannspredning ved konveksjon forekommer når varm gass eller væske strømmer over en overflate og forvarmer den, slik at flammene lettere kan antenne overflaten [5]. Som et resultat av konveksjon vil brannen spre seg mye raskere oppover langs veggen enn sidelengs/nedover.

På grunn av det begrensede arealet i et hulrom, vil temperaturen raskt kunne øke. Det blir kritisk når det blir tilført mer energi til hulrommet enn det som blir avgitt. Brannen vil kunne spre seg hurtig og usett. Det begrensede arealet er også med på å øke brannens effekt, da overflatene i hulrommet vil varmes opp og bidra med varmestråling, som øker temperaturen.

2.3 Deteksjon og slokking

2.3.1 Deteksjon

Deteksjon er en viktig faktor for å ivareta sikkerhet og verdier i bygninger. Tidlig deteksjon vil kunne sørge for sikker rømning og tidlig innsats for å redde liv og verdier.

Ulike typer deteksjonsutstyr er konstruert for å detektere ulike aspekter ved en brann, som varme, flammer eller røyk. Hvilke type som velges avhenger av bruksområde. Detektorer vil for eksempel kunne ha problemer med å skille mellom røyk og vanndamp, så i rom hvor det vil forekomme vanndamp, vil en røykdetektor kunne gi unødvendige feilutløsninger. For bygg med store arealer, som lagerhaller og flyhangarer, vil optiske deteksjonssystemer kunne være gunstige. Med stor høyde, vil en brann kunne gjøre stor skade innen deteksjonstemperaturen nås der detektorene er plassert.

For utvendig deteksjon på verneverdige bygninger, vil termisk linjedeteksjon være gunstig å anvende. Fordelene med linjedeteksjon er flere, blant annet at linjen detekterer langs hele sin lengde. Dette gjør at deteksjonstiden i mange tilfeller vil være lavere enn ved konvensjonelle varmedetektorer. Videre er deteksjonslinjer lite synlige langs veggen, og de er enkle å vedlikeholde. Det er i tillegg få feilmeldinger knyttet til termiske linjedetektorer.

Ildspåsetting av søppelkasser som står i direkte tilknytting til brennbar kledning, vil raskt kunne spres og utvikle seg i fasaden. Det er derfor avgjørende å kunne detektere et utvendig branntilløp i så tidlig fase som mulig [10].



2.3.2 Vann som slökkemiddel

Når en brann skal slokkes, må minst ett av elementene fra brannfirkanten fjernes, eller reduseres tilstrekkelig. Som tidligere nevnt består brannfirkanten av oksygen, varme, brennbart materiale og kjedereaksjoner ved frie radikaler.

Vann er det mest brukte slökkemiddelet. Grunnen til dette er at det er lett tilgjengelig, billig, og godt egnet til mange typer branner. Vann som slökkemiddel utgjør heller ingen fare for mennesker, og det er ikke skadelig for miljøet rundt bygningen. Brann i treverk utgjør ingen store utfordringer for vann som slökkemiddel, men derimot kan vann påføre store vannskader innendørs. Sett bort fra lekkasje i rørdeler, utgjør ikke vannskader noen trussel ved eksterne slökkeanlegg.

2.4 Automatiske slökkeanlegg

De vanligste automatiske brannsløkningsanleggene er tradisjonelle sprinkleranlegg og boligsprinkleranlegg. Et sprinkleranlegg er et rørsystem påmontert sprinklerhoder, dimensjonert for å detektere en brann og slukke den på et tidlig tidspunkt, eller holde brannen under kontroll inntil sløkking kan utføres med andre midler [11]. Sprinklerhodene er designet slik at de utløses ved en gitt temperatur, og vann spres ut over et gitt areal.

En bygning kan enten fullsprinkles, hvor bygningen sprinkles i sin helhet, eller den kan være delvis sprinklet. Punkt- eller objektsikring er en annen mulighet, hvor spesielt sårbare innretninger som maskiner og liknende, er sikret med sprinkler. Fasadepresprinkling er utvendig brannsikring, som har til hensikt å hindre brannspredning mellom nærliggende bygninger, ved at ytterveggen fuktes/kjøles for å oppnå større effektiv brannmotstand [12].

De første eksemplene på utstrakt bruk av sprinkleranlegg fant sted i industri- og fabrikklokaler i USA på 1870-tallet, etter at enkelte tekstilfabrikker i New England på østkysten av USA hadde eksperimentert med automatiske slökkeanlegg fra rundt 1860. Utviklingen fortsatte, og i 1953 ble det første standardiserte sprinkleranlegget installert, hvor 100 % av vannet for første gang ble rettet mot brannen. Tidligere ble 40-60 % av vannet spredt oppover i retning taket [13].

På 1970-tallet investerte amerikanske myndigheter i et antall forskningsprosjekter rundt utviklingen av sprinkleranlegg for boliger. Inntil da hadde det vært fokus på å beskytte materielle verdier mot brann ved hjelp av sprinkler, men nå ble det i tillegg fokusert på å benytte sprinkleranlegg for å redde menneskeliv [13]. USA og Canada er foregangslandene når det kommer til å benytte boligsprinkleranlegg, men både i Europa og Australia har effekten av sprinkleranlegg i boliger blitt mer og mer anerkjent. Blant annet har det i Norge vært krav om sprinkleranlegg i sykehus, sykehjem, hoteller, og i nye høyere leilighetsbygg, siden 2010.



Over 100 års erfaring viser at 97 % av alle branner slokkes eller kontrolleres i bygninger hvor sprinkleranlegg er installert [12].

2.5 Vanntåkeanlegg

I de senere år er det lagt ned betydelig forskning med formål å redusere vannforbruket i automatiske slokkeanlegg, i forhold til de tradisjonelle sprinklersystemene. Én retning i utviklingen av denne teknologien er gitt betegnelsen vanntåke, som i dag betegner en gruppe vannbaserte slokkesystemer basert på redusert vannforbruk. Disse systemene produserer betydelig mindre vandråper pr. volumenhet vann enn det sprinkleranlegg gjør [11].

Vanntåkeanlegg ble i utgangspunktet utviklet for bruk i båter og maritime anlegg, for å erstatte halonanlegg, som ble forbudt da halongass viste seg å gjøre skader på ozonlaget [12]. For at et slokkeanlegg skal kunne betegnes som et vanntåkeanlegg, skal 90 % av mengden vann i en spray inneholde dråper med diameter mindre enn 1000 µm (mikrometer), målt én meter under utløpet [12].

Det finnes ingen norsk standard eller regelverk for vanntåkeanlegg [14]. Det jobbes med en felles europeisk standard for vanntåkeanlegg, men denne er ennå ikke godkjent. Man må derfor benytte regelverk og godkjenningssertifikater fra andre land. Amerikanske NFPA 750 og FM standard 5560 er regelverk som aksepteres av myndighetene.

Forsikringssekskapenes godkjenningnemd (FG) har gitt ut en veiledning om vanntåke som angir minimumskrav til hvordan et vanntåkeanlegg skal være utformet for at forsikringsbransjen skal akseptere vanntåke som et skadereduserende anlegg [15].

Veiledningen til teknisk forskrift (VTEK10) anbefaler at FG- veiledningen følges.

VTEK10 angir også hvilke godkjenninger og regelverk som aksepteres for at anlegg kan dokumenteres tilfredsstillende.

2.5.1 Virkemåte og bruksområder

Vanntåke utnytter vannets slokkeegenskaper optimalt, ved at stor kjøleeffekt oppnås da små dråper med diameter mindre enn 0,5 mm, gir stor kontaktflate mellom vannet og de varme branngassene. Gjennom denne kontakten brukes store mengder energi til både å varme opp og fordampe vannet.

Dersom vann ved 5 °C varmes opp til 100 °C og fordamper, må det tilføres 2655 kJ/kg. Vanddamp har et mye større volum enn vann. Én liter vann ved 5 °C vil utvides 1673 ganger ved omforming til damp ved 100 °C [5].



Dampen fortrenger oksygen slik at brannen kveles. Tilgang på oksygen hindres ved at romfylling og varmestråling dempes av vanntåke. Brannmaterialene fuktes også av vanntåken. Brannkilden blir hindret i å utvikle brann ved at vann stadig må fordampes, og dermed opptar varmeenergi. Fuktingen forebygger ytterligere antennelse av brennbare materialer.

For å lage de små dråpene må man ha dyser med små åpninger. Tilstrekkelig trykk kan oppnås ved å benytte en trykkøkingspumpe. Pumpen drives enten av elektrisitet, diesel, eller gass.

I tillegg til bruk i båter og maritime anlegg, benyttes vanntåke som slokkesystem i blant annet verneverdige bygninger, muséer, kirker og andre bygninger hvor vannskader utgjør en trussel [12]. I slike bygg vil det som oftest benyttes dyser som utløses enkeltvis ved varmepåvirkning fra brann. Der det er begrenset vanntilgang, vil også vanntåkeanlegg være gunstig. Anleggene kan også gi effektiv beskyttelse av spesielle områder som traforom, datarom og kabelbaner.

Vanntåkeanlegg er spesielt effektivt der brannen kan bli stor i forhold til størrelsen på rommet, og i rom hvor det kan oppstå hydrokarbonbrann i form av gass eller væskebrann, men er noe mindre egnet der det er fare for gløde- og ulmebranner [15].

Det finnes flere fordeler ved å benytte vanntåke som slokkemiddel. Redusert vannforbruk er i mange tilfeller en stor fordel, som i tillegg er med på å gi andre fordeler. Siden vannmengden er mindre enn i tradisjonelle sprinklersystemer, vil dimensjoner på dyser, koplinger, rørsystemer og andre komponenter også være mindre, som vil være materialbesparende. Redusert vannforbruk stiller mindre krav til vannforsyning, som gjør at man i mange tilfeller kan kople vanntåkesystemet direkte på eksisterende vann-nett.

Med mindre dimensjoner på de ulike komponenter, vil systemet kunne monteres direkte på vegger uten at det blir fremtredende. Dette gir vanntåkesystemer en estetisk fordel. Med tradisjonelle sprinklersystemer vil det ofte være behov for å skjule blant annet koplinger og rørsystemer for å bevare det estetiske aspektet ved bygninger. Det at vanntåkesystemer ofte kan monteres uten å behøve tiltak for å skjule komponentene, vil utgjøre en monteringsmessig fordel.

Vann som slokkemiddel er lett tilgjengelig og lite kostbart sammenlignet med slokkegasser, som ofte benyttes i datarom, traforom og andre steder hvor store vannmengder vil kunne være ødeleggende [12].

3. Forsøk

3.1 Innledning

Det ble utført sju separate forsøk med to ulike tennkilder, på en testvegg bygget etter dagens standard. Det var behov for å skaffe data fra et fullt brannforløp, derfor ble Forsøk 1 utført på en testvegg uten vanntåkeanlegg. Vanntåkesystem fra to produsenter ble så testet i Forsøk 2 til 7.

3.2 Tennkilde

Det ble benyttet to ulike tennkilder; gassbrenner og tennbriketter:

3.2.1 Gassbrenner

Gassbrenneren var den største tennkilden som ble benyttet. Energiproduksjonen ble beregnet til ca. 30 kW. En slik brann vil i praksis være relativt liten. Til sammenligning vil en brann i en papirkurv produsere ca. 100 kW [16].

Det ble utført et forsøk for å justere effekten av gassbrenneren. To propantanker ble plassert på en digital vekt som viste masseendringen over et ønsket tidsintervall, som ble satt til 10 minutter.

$$\dot{Q} = x \cdot \dot{m}''_{ute} \cdot A_f \cdot \Delta H_c \quad [7].$$

$$\dot{Q} = x \cdot \dot{m} \cdot \Delta H_c$$

$$x = 1$$

Ved å sette $x = 1$ antas det en 100 % ren forbrenning. Ren forbrenning vil si at alt brenselet blir forbrent til CO_2 og H_2O .

$$\dot{m} = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{380g}{600s} = 0,633 g/s$$

$$\Delta H_{c \text{ propan}} = 46,45 \text{ kJ/g} \quad [7]$$

$$\dot{Q} = 0,633 \text{ g/s} \times 46,45 \text{ kJ/g} = 29,42 \text{ kW}$$

Energiproduksjonen på 29,42 kW er tilnærmet lik de ønskede 30 kW. Regnestykket over gjelder for en brann som står på en flate uten ytre påvirkninger. I Forsøk 1 og 2 vil brannen være plassert inntil en vegg. Veggen gjør at bare halvparten så mye luft blir innblandet i flammene. Flammene vil da søke oppover langs veggen for å få tilgang på tilstrekkelig mengder luft, resultatet er da at flammehøyden vil øke. Mindre luftinnblanding vil også kunne føre til høyere temperaturer i røyksøylen.



Figur 7 - Gassbrenner med tilhørende propantanker og måleinstrument

3.2.2 Tennbriketter

Til Forsøk 4 og 5 ble det brukt tennbriketter av type Kemetyl Firelighter Cubes. For å måle varmekraften til tennbrikettene, ble det benyttet et konkalorimeter ved Høgskolen Stord/Haugesund. Det ble foretatt en test med fire tennbriketter som utgjorde en flate på ca. 25 cm². Ut fra målingene (se Vedlegg 1) kom det frem at de fire tennbrikettene tilsammen utgjorde 2,776 kW. I Forsøk 4 og 5 skulle tennkilden simulere en liten gressbrann, så en tennkilde på ca. 11 kW var derfor ønskelig.

Utregning av varmekraft for én tennbrikett

$$\dot{q}_1 = \frac{\text{varmekraft 4 briketter}}{\text{antall briketter}} = \frac{2,776 \text{ kW}}{4} = 0,694 \text{ kW}$$

Én tennbrikett utgjør 0,694 kW

Utregning av antall tennbriketter for å oppnå 11 kW

$$\dot{q}_{16} = \frac{\text{ønskelig varmekraft tennkilde}}{\text{varmekraft 1 brikett}} = \frac{11 \text{ kW}}{0,694 \text{ kW}} = 15,85 \approx 16 \text{ briketter}$$

For å oppnå en tennkilde på ca. 11 kW, måtte 16 tennbriketter benyttes.



Figur 8 - 16 tennbriketter

3.3 Testoppsett

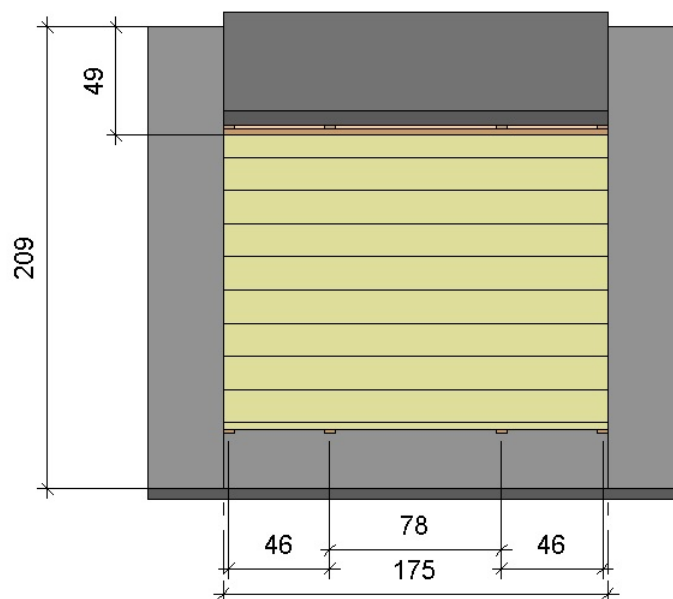
3.3.1 Testvegg

Under møtet med Riksantikvaren i vinter, ble det bestemt at testveggen skulle utformes etter dagens norm, da eldre trehusbebyggelse ikke har en standardisert utforming [17]. En ferdigstilt testvegg av Jøtul brannmurplater ble kledd med kryssfinérplater i både raft og vegg. Kryssfinérplatene simulerte en vegg av bindingsverk, eller en slett tømmervegg, som videre ble utlektet og kledd med horisontal utvendig kledning.

En helt slett tømmervegg vil være en konservativ tilnærming til en reell tømmervegg med luftlommer og sprekker. Det ble derfor gjennomført to typer forsøk, med og uten vindsperre. Forsøk 1 til 5 ble gjennomført med bruk av veggpapp som vindsperre i hulrommet bak utvendig kledning. Veggpapp av asfalt har tidligere blitt mye brukt som vindsperre, men er nå gått mer bort fra, da den har brannklasse **F** [18], som er svært brannfarlig og gir stor røykproduksjon. De to siste forsøkene (Forsøk 6 og 7) ble gjennomført uten vindsperre.

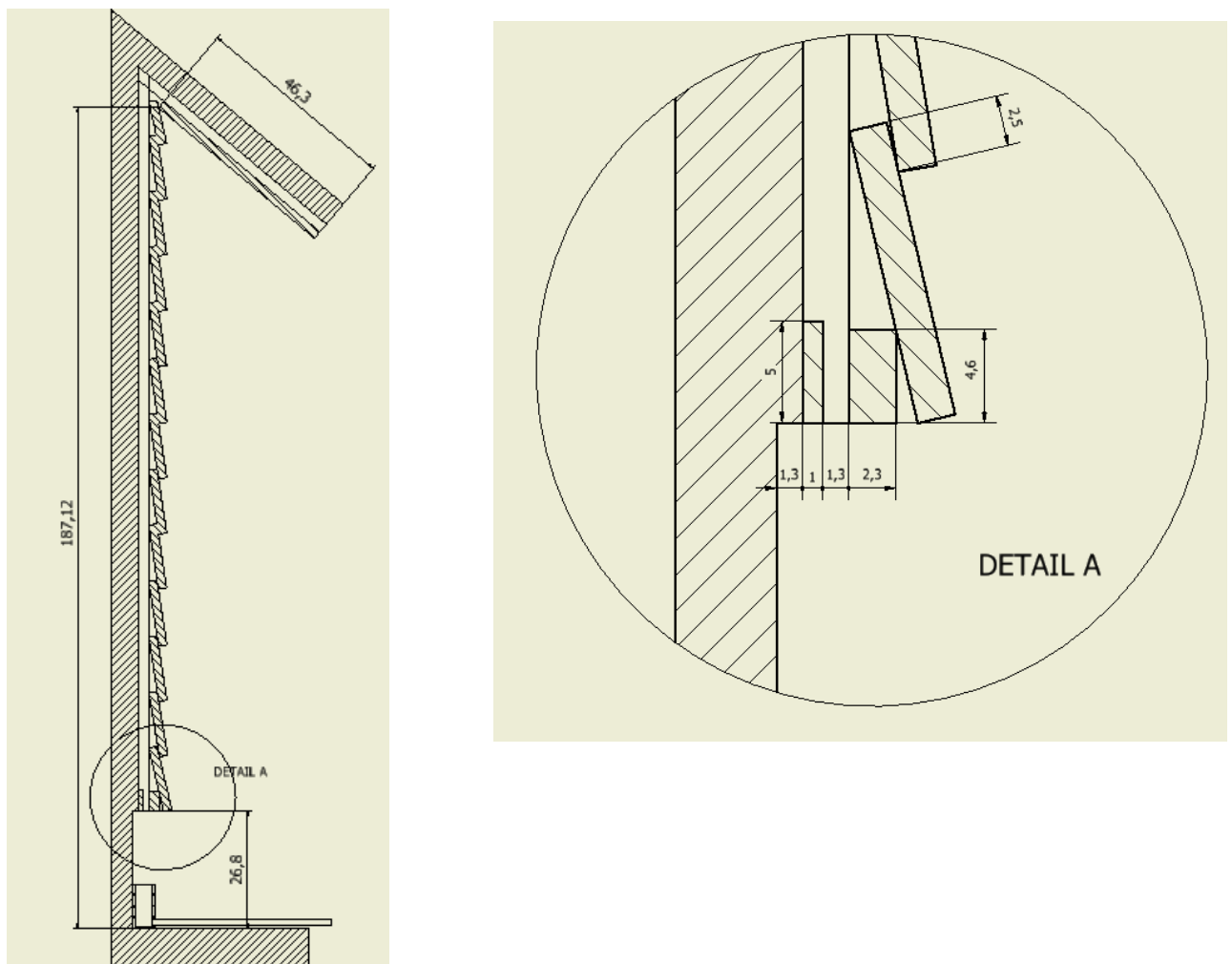
Testveggen hadde åpen lufting, som vil si at det var åpning i bunn (mellom musesperre og kledning) og åpning i enden av raftet (mellom kledning og kryssfinérplate). For at testveggen skulle være mest mulig lik ved hvert forsøk, ble alltid materialer som var brannskadet byttet ut, og våte materialer ble satt til tørking før en ny test ble gjennomført.

Figur 9 og 10 og Tabell 1 viser utforming av testveggen med mål og detaljerte dimensjoner.



Figur 9 – Fremside av vegg med de viktigste målene. Målene oppgitt i centimeter

Figur 9 viser veggens høyde, størrelse på takraft, og avstand mellom lekter i hulrom. Mellomrom mellom de midterste lektene ble dimensjonert opp fra dagens norm (fra cc 60 cm til cc 78 cm). Dette ble gjort for å kunne gi brannen større spillerom, og dermed øke luftstrømmer i hulrom, slik at hypotesen om at vanntåke vil trenge inn i hulrom kunne testes bedre.



Figur 10 - Snitt av testvegg med detaljtegning av avslutning mot grunnmur. Målene er oppgitt i centimeter

Figur 10 viser et snitt av testveggen, sett fra siden. Detaljtegningen til høyre viser at utlektingen er 2,3 cm og bredden på luftspalte nederst på veggen er 1,3 cm.



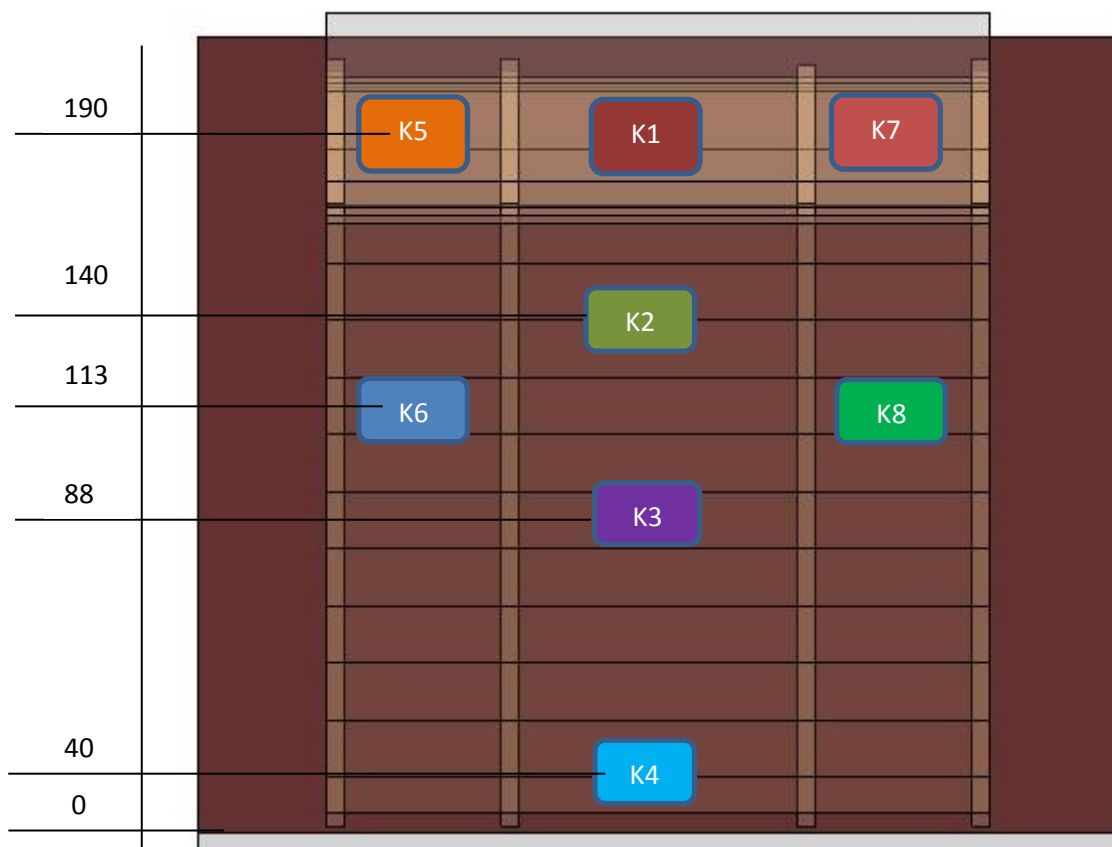
	Plassering	Montering	Dimensjoner	Brannklassifisering
Kryssfinérplate	På vegg og i raft	Skrudd direkte på bakenforliggende konstruksjon, av brannmurplater fra Jøtul	På vegg: 1745 mm x 2092 mm I raft: 1745 mm x 575 mm	K2
Veggpapp av asfalt (bare på Forsøk 1 - 5)	Over kryssfinérplate på vegg Ikke montert i raft	Spikret på kryssfinérplate med pappspiker. Overlapp på 5 cm	1745 mm x 2092 mm	F
Lekter	Utenpå veggpapp på vegg, og på kryssfinérplate i raft	På vegg: Festet til utvendig panel og skrudd fast til veggen med fire lange skruer for enkel demontering I raft: Skrudd på kryssfinérplate	23 mm x 48 mm	Brennbar
Ufalset, horisontal, utvendig kledning	På lekter	På vegg: Delt inn i tre horisontale deler, der hele/ deler av midtdelen byttes etter hvert forsøk og sidene er mer permanente I raft: Skrudd på lekter, i flykt med øverste panel på vegg.	19 mm x 148 mm	Brennbar
Musesperre av kryssfinér	Nederst ved avslutning av vegg	Plasseres mellom lekter, på asfaltpapp med spiker.	12 mm tykkelse	Brennbar

Tabell 1 - Utforming av testvegg

3.3.2 Termoelementer

Et termoelement er et relativt lite temperaturmålingsinstrument som lett kan plasseres der det er vanskelig å komme til. Termoelementer består av en metallstreng, hvor den ene enden er temperatursensitiv. Den andre enden kobles til en logger som registrerer og lagrer temperaturmålinger ved et ønsket tidsintervall. I forsøkene ble det brukt termoelement av type K, som ble plassert på både fremside og bakside av kledningen.

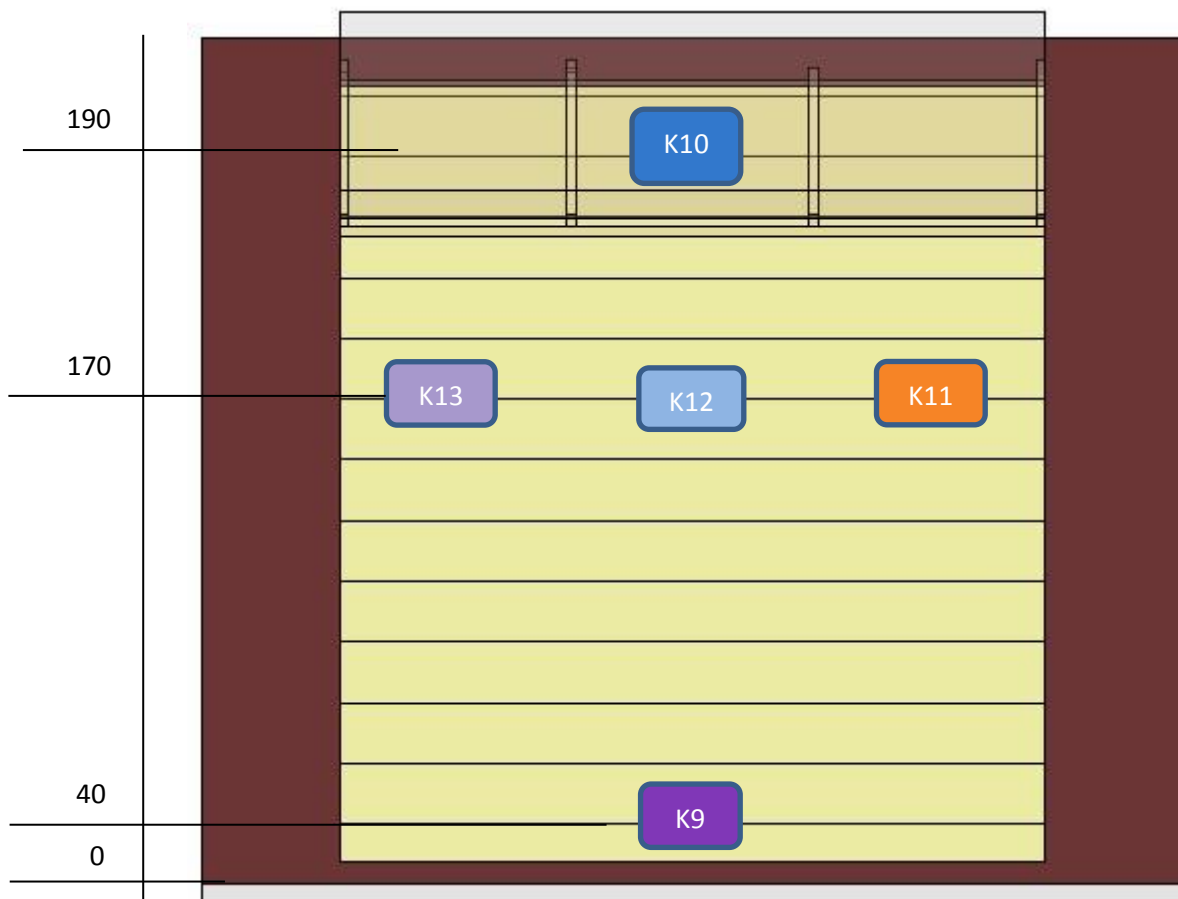
Termoelementene i hulrommet ble montert ved å bore hull fra baksiden av konstruksjonen og gjennom kryssfinérplaten. Termoelementene ble festet fra baksiden ved hjelp av fugemasse. Plassering av termoelementer i hulrommet er vist i Figur 12, hvor fargen samsvarer med fargene i grafer vist i kapittel 4 - Resultater.



Figur 11 - Plassering av termoelementer i hulrom. Avstand (i centimeter) målt fra tennkilde

Termoelementene på utsiden av panel ble montert sammen med deteksjonslinjene for å kunne fastslå ved hvilken temperatur brannen ble detektert. Dette omtales nærmere i Cristian Daniel Francescangelis rapport om deteksjon [19].

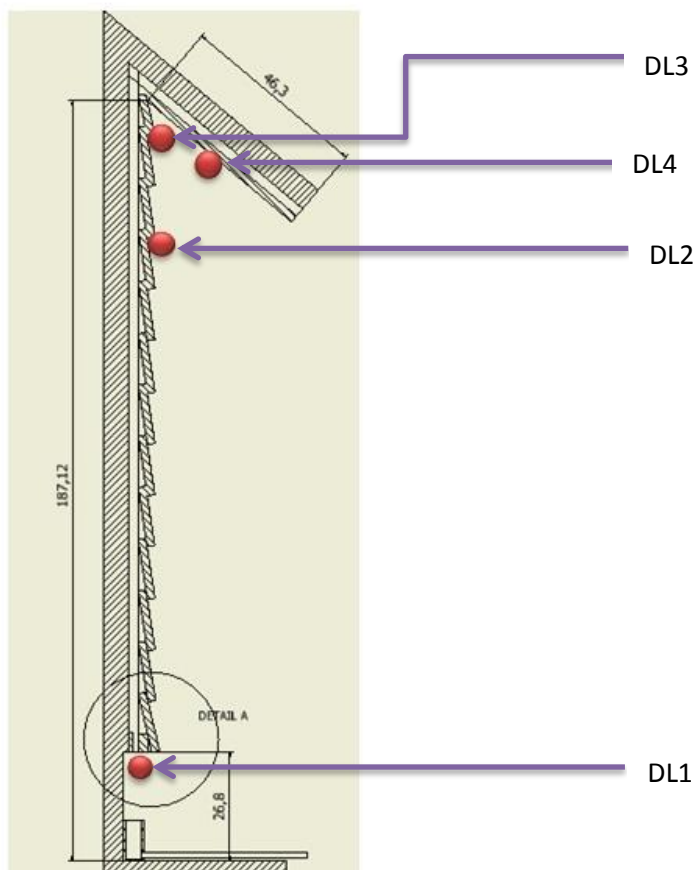
Plassering av termoelementene er vist i Figur 13. Fargen på termoelementene samsvarer med fargene som er brukt på grafene i kapittel 4 Resultater.



Figur 12 - Termoelementer plassert på fremside av vegg. Avstand (i centimeter) målt fra tennkilde

3.3.3 Deteksjon

Forsøkene som ble gjort i forbindelse med denne oppgaven var utstyrt med deteksjonssystem av typen pneumatisk varmedetekterende linje (PVDL). Valget ble gjort på bakgrunn av en tidligere hovedoppgave ved Høgskolen Stord/Haugesund, som ble utført på samme vegg, dog uten treverk. Deteksjonssystemet, PVDL, er basert på slanger med lufttrykk. Når slangene blir utsatt for varme, vil de sprekke, noe som fører til trykkfall som igjen fører til deteksjon. Deteksjonssystemet er normalt koblet til en brannalarmsentral eller til et automatisk brannsløkkeanlegg. I dette tilfellet ble sløkkeanlegget igangsatt manuelt med utgangspunkt i deteksjonstidene. Detaljerte forklaringer av deteksjonssystemet finnes i Cristian Daniel Francescangelis hovedoppgave [19].



Figur 13 - Plassering av deteksjonslinjer



3.3.4 Oppsett for vanntåke

Til forsøkene bidro både Prevent Systems AS og VID Fire-Kill AsP med vanntåkedysere.

Prevent Systems AS er lokalisert på Lillehammer, hvor de forsker, utvikler og distribuerer egenpatentert lavtrykks vanntåketeknologi for brannslukking. Til forsøkene i forbindelse med denne oppgaven, bidro Prevent med to eksemplarer av sin «Prev5osw automatisk lavtrykk vannspraydyse», som i følge dysens datablad er utviklet og branntestet for fast installerte brannslukningsanlegg for sikring av utvendige fasader. For å fungere optimalt, er vanntåkedysene avhengige av et vanntrykk på minimum 6 bar og en vannmengde på minimum 42 liter pr. minutt. Datablad for Prevents vanntåkedyse finnes i Vedlegg 3, kapittel 8.

VID Fire-Kill ApS er et dansk firma som har spesialisert seg innen produksjon av sprinkler og lavtrykks vanntåkesystemer til ulike brannvernkonsepter og utstyr. Til forsøkene bidro VID med tre eksemplarer av sin «VID Fire-Kill Low Pressure Water Mist System Model Facade-dyse», samt rørutstyr for montering. For å fungere optimalt, er vanntåkedysene avhengige av et vanntrykk på mellom 5 og 16 bar og en vannmengde på minimum 25-30 liter pr. minutt for seks meter rørlengde. Datablad for VIDs vanntåkedyse finnes i Vedlegg 4, kapittel 8.

Et lavtrykks vanntåkeanlegg benytter normalt et vanntrykk på mellom 5 og 12 bar [20].

Tilgjengelig vanntrykk i brannlaboratoriet ble målt til 4,2 bar, noe som var for lavt for å kunne utføre forsøkene i henhold til vanntåkedysenes spesifikasjoner. Det ble derfor anskaffet en bensindrevet trykkpumpe for å øke vanntrykket så det tilfredsstilte minimumskravet for vanntåkedysene. Med trykkpumpen ble vanntrykket målt til 7,9 bar, som var tilstrekkelig for å gjennomføre forsøkene. Detaljert beskrivelse av vannsystemet, med slanger, koplinger og annet utstyr benyttet under forsøkene, finnes i Vedlegg 5.



Figur 14 - Bensindrevet vanntrykkspumpe

K-faktor

For å kontrollere at forsøkene ble gjennomført med riktig vannmengde og trykk, ble det gjort utregninger av K-faktor for begge vanntåkedysene. K-faktor er forholdet mellom vanntrykk og vannmengde over tid. Det ble brukt en vannmengde- og vanntrykksmåler i alle forsøkene. Da alle testoppsett var like, med samme vanntrykk og mengde, blir det bare vist utregninger for ett av forsøkene for hver vanntåkedyse.

Prevent (data fra Forsøk 6):

$$V_1 = 84210,5L$$

$$V_2 = 84429,3L$$

$$\Delta V = 84429,3L - 84210,5L = 218,8L$$

$$q = \frac{\Delta V}{t[\text{min}]} = \frac{218,8L}{5,33 \text{ min}} = 41,05 \text{ L/min}$$

$$K = \frac{q}{\sqrt{p}} = \frac{41,05 \text{ L/min}}{\sqrt{7,9 \text{ Bar}}} = \underline{\underline{14,6}}$$

Av datablad (se Vedlegg 3) skal K-faktor være 17,2. I forsøkene ble K-faktoren noe lavere grunnet høyt trykk fra trykkpumpen. Oppnådd vannmengde, 41,05 L/min, var svært nærme ønsket vannmengde på 42 L/min.

VID (data fra Forsøk 7)

$$V_1 = 84429,9L$$

$$V_2 = 84511,1L$$

$$\Delta V = 84511,1L - 84429,9L = 81,2L$$

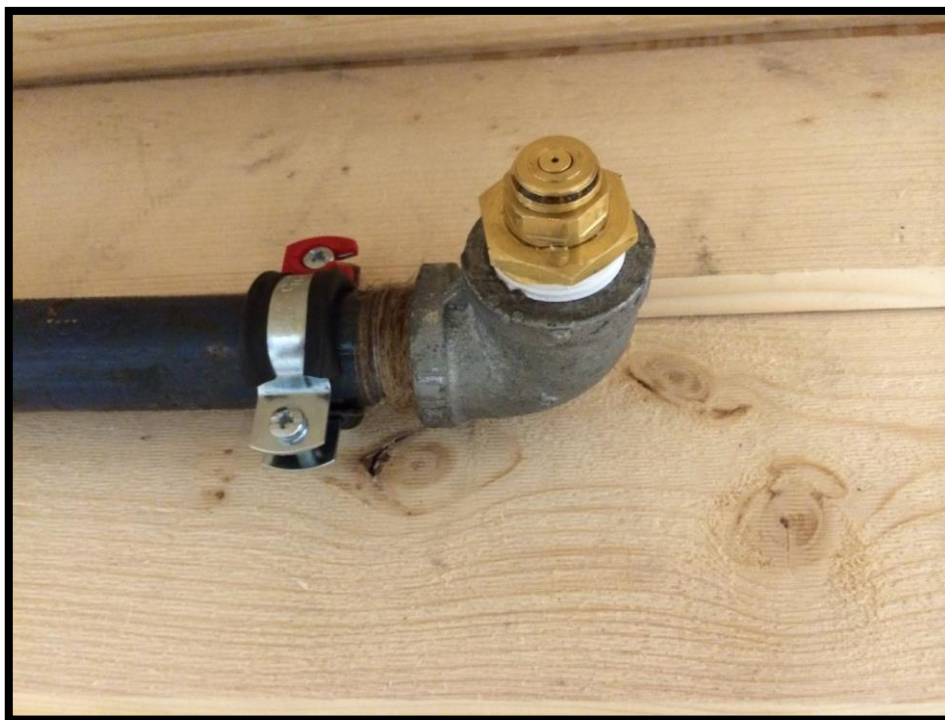
$$q = \frac{\Delta V}{t[\text{min}]} = \frac{81,2L}{5,95 \text{ min}} = 13,65 \text{ L/min}$$

$$K = \frac{q}{\sqrt{p}} = \frac{13,65 \text{ L/min}}{\sqrt{7,9 \text{ Bar}}} = \underline{\underline{4,856}}$$

I databladet (se vedlegg 4) oppgir VID K-faktor for seks dyser som opererer samtidig. I forsøket ble det brukt én dyse sentrert over tennkilden. K-faktor for én dyse blir da i følge databladet $\frac{1}{6} \times 25,8 = 4,3$.



Figur 15 - Til venstre: Prevent - Prev5osw automatisk lavtrykk vannspraydyse
Til høyre: VID – Fire-Kill Low Pressure Mist System Model Facade-dyse



Figur 16 - Prevents vanntåkedyse montert på testveggen



Figur 17 - VIDs vanntåkedyse montert på testveggen

3.4 Gjennomføring av forsøk

3.4.1 Dokumentasjon

Dokumentasjon av forsøkene ble gjort i form av temperaturmålinger på begge sider av utvendig kledning, video-opptak, tidtaking, samt observasjon under og etter forsøkene. Observasjonene i etterkant av forsøkene var spesielt viktige for å kunne avdekke brannens utvikling og vanntåkens effekt, i hulrommet bak utvendig kledning. Veggen ble demontert umiddelbart etter hvert forsøk for å kunne avgjøre om vanntåken hadde trukket opp i hulrommet, slik hypotesen påstår. På bakgrunn av observasjonene som ble gjort, og ved fysisk å kjenne på materialene, lot det seg gjøre å konkludere med vanntåkens evne til å trekke opp i hulrommet.

3.4.2 Forsøk med gassbrenner, uten slokkeanlegg (Forsøk 1)

Det første forsøket (Forsøk 1), ble utført uten slokkeanlegg. Hensikten var å danne et bilde av hvordan et brannforløp i testveggen ville se ut. Veggen fikk brenne fritt uten andre ytre påvirkninger enn tennkilden. Noe av det mest interessante med tanke på de senere forsøkene var å se hvordan, og hvor hurtig, brannen spredte seg. Og da særlig om det var ulikheter mellom hvordan brannen utviklet seg på fremsiden av veggen og i hulrommet

bak utvendig kledning. Brannens røykutvikling var et annet aspekt det var nyttig å danne seg et bilde av før forsøkene med slokkeanlegg ble iverksatt.

Forsøk 1 ble utført med propangass som tennekilde. Effekten av startbrannen ble målt og beregnet til ca. 30 kW, og var ment å simulere et mindre brannforløp langs en utvendig vegg, med søppel, aviser, eller liknende som tennekilde.

Forsøk 1 ble gjennomført med veggpapp på bakenforliggende plate. Veggpapp er et lettantennelig materiale, som ble benyttet i testveggen for å simulere termisk tynne materialer i eldre trevegger. Hulrom i vegger på eldre trebygninger inneholder gjerne gammelt tørt støv og liknende, som gjør at en brann kan utvikle seg hurtig.

Forsøket ble gjennomført uten automatisk slokkeanlegg, da hensikten var å få innsikt i et fullstendig brannforløp i testveggen. Deteksjonstidene i forsøket ble loggført, og veggen fikk brenne videre. Likevel var deteksjonstidene nyttige for å kunne gjøre sammenlikne med senere forsøk.



Figur 18 - Foto fra Forsøk 1, som viser brannspredning til fremside av kledning



3.4.3 Forsøk med gassbrenner og veggpapp (Forsøk 2 og 3)

Etter ett forsøk uten slokkeanlegg (Forsøk 1), ble det utført to forsøk med vanntåkeanlegg (Forsøk 2 og 3). Begge forsøkene ble utført med gass som tennkilde. Både Forsøk 2 og 3 ble utført med veggpapp på bakenforliggende plate, som skulle simulere termisk tynne materialer i eldre trevegger.

Deteksjonstiden til den nedre deteksjonslinjen (DL1) ble ikke bestemmende for når vanntåkeanlegget ble utløst. Deteksjonstiden ble notert, men brannen fikk fortsette helt til det ble registrert deteksjon ved en av de andre deteksjonslinjene (DL2-3-4). Da ble vanntåkeanlegget utløst. Ved Forsøk 2 var det Prevents vanntåkedyse som ble brukt, og ved Forsøk 3 var det VIDs vanntåkedyse.

Formålet med de to forsøkene var å undersøke hvorvidt vanntåke kan klare å slokke en brann som har spredt seg til hulrom bak utvendig kledning. Ved Forsøk 2 ble startbrannen plassert inntil bakveggen, direkte under luftspalten. Dette skulle sørge for at det ble brann i hulrommet, men ikke på veggens fremside.

Ved Forsøk 3 ble startbrannen plassert ca. 5 cm ut fra bakvegg, for å få brann både på fremsiden av kledning og i hulrommet bak. Siden deteksjonslinjene var plassert på yttervegg og i raft, var det sannsynlig å forvente en kortere deteksjonstid for Forsøk 3 enn for Forsøk 2.

3.4.4 Forsøk med tennbriketter og veggpapp (Forsøk 4 og 5)

Ifølge Riksantikvaren er mange påsatte branner ikke planlagt på forhånd, men heller en spontan handling på stedet, hvor søppel og andre gjenstander i umiddelbar nærhet blir brukt som tennkilde [17]. Tennbriketter ble i denne oppgaven benyttet som den minste av to tennkilder under forsøkene. Startbrannens effekt ble beregnet til ca. 11 kW, og den skulle simulere en liten gressbrann eller annen antennelse på bakkenivå langs en utvendig vegg.

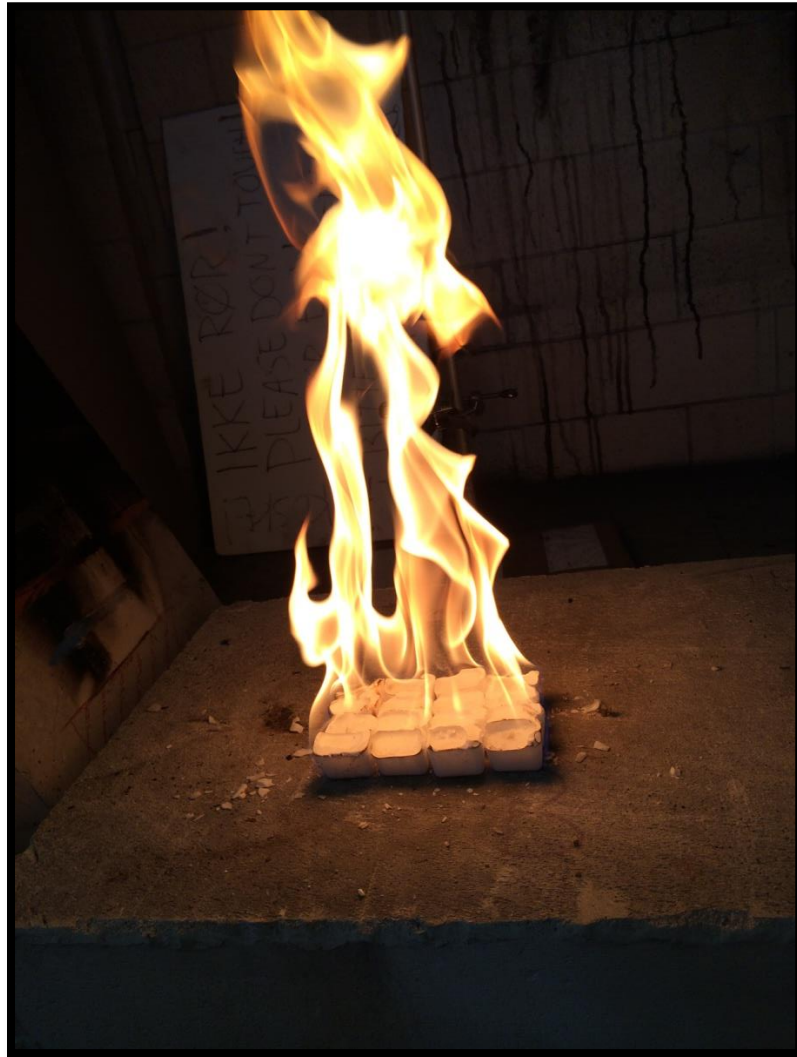
Det ble utført to identiske forsøk med tennbriketter som tennkilde (Forsøk 4 og 5). Ved Forsøk 4 ble Prevents vanntåkedyse benyttet i slokkeanlegget, og ved Forsøk 5 ble VIDs vanntåkedyse benyttet.

Formålet med forsøkene var å undersøke om vanntåke vil kunne stoppe et branntilløp på bakkenivå langs grunnmur, i en tidlig fase. Dersom brannen skulle spre seg til hulrom bak utvendig kledning, vil vanntåken da kunne klare å slokke brannen, eller eventuelt hindre at den øker i omfang?

For hurtig deteksjon av et branntilløp på bakkenivå langs en vegg, vil plasseringen av deteksjonslinjene spille en stor rolle. Forsøkene ble utført som beskrevet i testoppsettet, med deteksjonslinjer plassert både høyt på veggen, i raft, og nederst på undersiden av

kledning. Vanntåkeanlegget ble aktivert ved tidligste deteksjon. Siden forsøkene simulerte et branntilløp på bakkenivå, var det grunn til å forvente at deteksjonslinjen plassert nederst på veggen (DL1) ville være den første til å detektere brannen, og at deteksjonstiden ville bli svært kort.

De to forsøkene med tennbriketter som tennkilde ble i likhet med Forsøk 1, 2 og 3, gjennomført med veggpapp på bakenforliggende plate.



Figur 19 - Tennbriketter



3.4.5 Forsøk med gassbrenner, uten veggpapp (Forsøk 6 og 7)

Etter forsøkene med tennbriketter, ble det gjennomført to nye forsøk med gass som tennkilde (Forsøk 6 og 7). Startbrannen hadde samme effekt som ved de tidligere forsøkene med gass som tennkilde, ca. 30 kW. Ved Forsøk 6 ble Prevents vanntåkedyse benyttet i slokkeanlegget, og ved Forsøk 7 ble VIDs vanntåkedyse benyttet. Bortsett fra ulike vanntåkedyser, var de to forsøkene identiske. Startbrannen ble plassert 5 cm ut fra bakvegg, noe som sørget for at både luftspalte og utvendig kledning fikk samme eksponering av flammene.

Det som var annerledes ved Forsøk 6 og 7 i forhold til Forsøk 1 til 5, var at de ble utført uten at det var festet veggpapp på bakplaten i testveggen. Veggpapp av asfalt er et lettantennelig materiale, som ble benyttet i testveggen ved Forsøk 1 til 5, for å simulere termisk tynne materialer i eldre trevegger.

Formålet med å gjøre forsøk uten veggpapp, var å undersøke hvordan vanntåke ville fungere dersom det kun var trematerialer involvert i brannen. Dette ville gjøre at brannen utviklet seg tilnærmet likt både på forsiden og baksiden av utvendig kledning. Med veggpapp var sannsynligheten stor for at temperaturen i hulrom bak utvendig kledning var signifikant høyere enn på fremsiden av veggen da brannen ble detektert.

Under Forsøk 6 og 7 fungerte deteksjonen av brannen på samme måte som ved Forsøk 1 til 5, hvor gass var tennkilde. Da deteksjonslinjen nærmest startbrannen (DL1) detekterte brannen, ble tiden notert, men slokkeanlegget ble ikke igangsatt. Brannen fikk utvikle seg fritt inntil en av de tre andre deteksjonslinjene (DL2-3-4) detekterte brannen. Slokkeanlegget ble aktivert umiddelbart ved deteksjon, og tennkilden ble fjernet.

3.5 Sikkerhet i brannlaboratoriet

Det ble utarbeidet sikker-jobb-analyse (SJA) til byggingen av testveggen og gjennomføringen av forsøkene (se Vedlegg 1). En SJA beskriver de ulike aktivitetene jobben inneholder, hvilken type verneutstyr man skal bruke, identifisering av uønskede hendelser, og prosedyrer for håndtering av uønskede hendelser. En inndeling av oppgaver ble utarbeidet, hvor det ble presisert hvem som hadde ansvar for de ulike oppgavene.

Under forsøkene ble det brukt røykventilasjonsvifter som var plassert i taket. I brannlaboratoriet var det to utganger som kunne benyttes til evakuering. Den ene utgangen i form av en stor halldør, tjente også formålet å ventilere ut eventuell røyk som ventilasjonsanlegget ikke tok. Under forsøkene var det også en erfaren brannmann til stede, iført røykdykkerutstyr. Ved et eventuelt nødtilfelle var både brannslange og mindre hageslanger tilgjengelig for slokking.



3.6 Feilkilder

Uansett om utgangspunktet for en brann er det samme, vil resultatene variere fra gang til gang. Flere faktorer kan ha påvirket forsøkene på ulike måter.

Materialer og konstruksjoner

Det ble benyttet samme type konstruksjon og materialer for testveggen ved samtlige forsøk. Det er imidlertid mulig at noen av panelene som ble brukt flere ganger, hadde mindre skader eller spor av fukt fra tidligere forsøk. Dette kan ha påvirket resultatene med hensyn på selve brannutviklingen.

Luftstrømmer

Under forsøkene var en stor halldør åpen for å ventilere ut eventuell røyk som ventilasjonsanlegget ikke tok. Som en del av testoppsettet var det også en vanntrykkspumpe ved halldøren. Det kan tenkes at trekk og vind fra halldøren kan ha gitt ulike luftstrømmer i brannlaboratoriet fra dag til dag. Hvis dette var tilfelle, kan det ha påvirket deteksjonstiden.

Gassbrenner

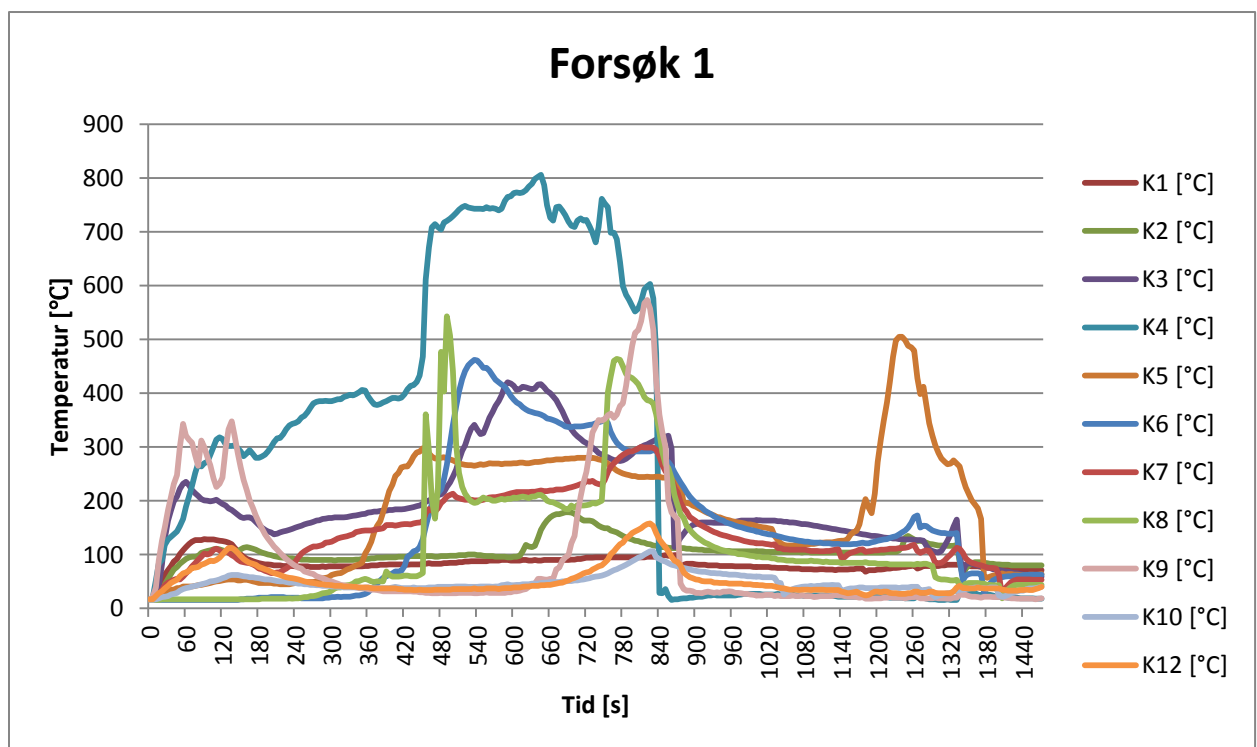
For hvert forsøk ble gassbrenneren manuelt innstilt, noe som ga mulighet for en mindre variasjon i ytelse. Dette har neppe påvirket verken brann eller deteksjon nevneverdig.

4. Resultater

Resultater fra samtlige forsøk presenteres med grafer, tidslinjer og forklaringer. Alle grafene tar utgangspunkt i data målt av termoelementer. Tidslinje og forklaringer av hendelsesforløp bygger på observasjoner og tidtakinger gjort under og etter forsøkene.

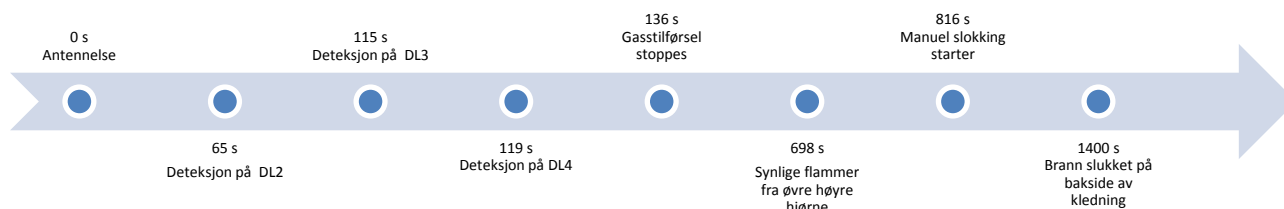
4.1 Forsøk med gassbrenner, uten slokkeanlegg (Forsøk 1)

Forsøk 1 ble utført uten slokkeanlegg. Brannen ble slokket etter at samtlige deteksjonslinjer hadde detektert brannen, og data fra brannforløpet var innhentet. Resultatene danner sammenligningsgrunnlag for de andre forsøkene som ble gjennomført med vanntåkeanlegg.



Graf 1 - Temperatur som funksjon av tid for Forsøk 1. Forsøket fikk brenne fritt uten bruk av automatisk slokkeanlegg.

Graf 1 viser 11 temperaturmålinger. K1 til K8 viser målinger i hulrom bak kledning, K9, K10 og K12 viser målinger på fremsiden av vegg. Plasseringen av termoelementene er vist i Figur 11 og 12, i kapittel 3.3.2 Termoelementer.



Beskrivelse av hendelsesforløp til Forsøk 1

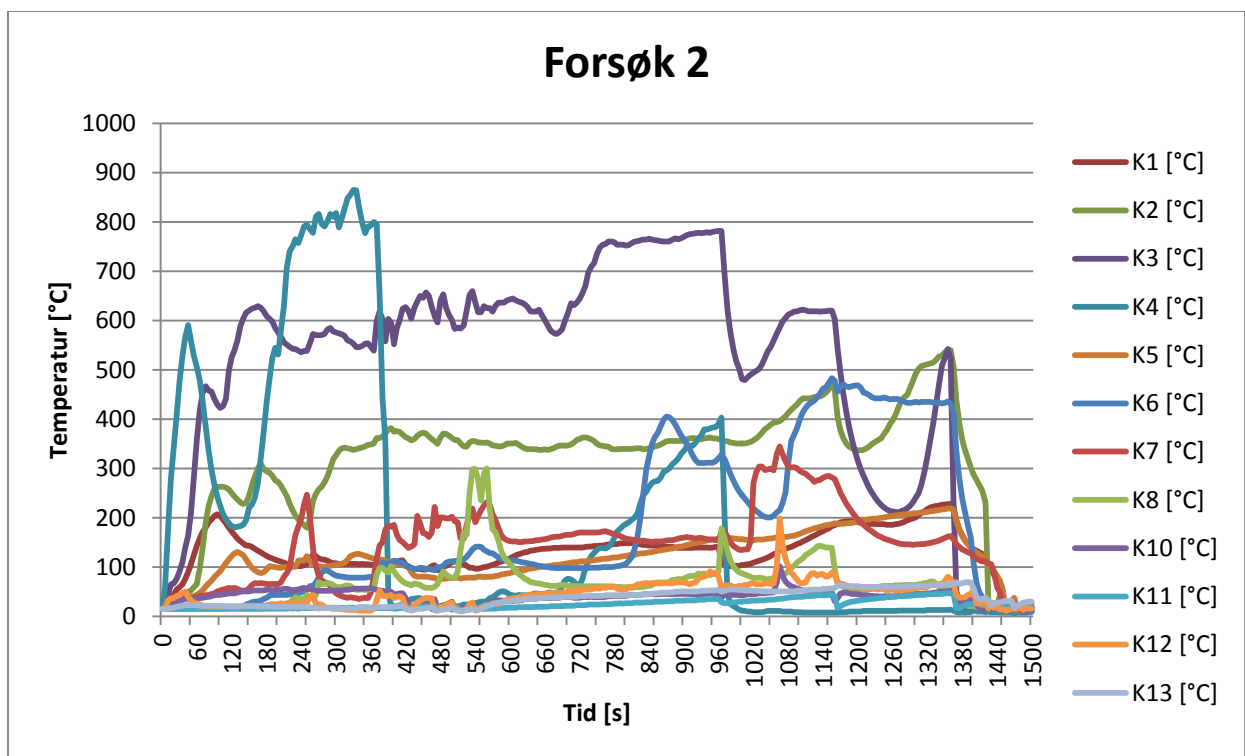
- Like etter antennelse økte temperaturen raskest i K3, K4 og K9. Disse termoelementene lå nærmest tennkilden, K4 og K9 var i direkte kontakt med flammene fra gassbrenneren, og på kort tid steg temperaturen her til rundt 300 °C
- Etter 136 sekunder ble gasstilførselen slått av og brannen fortsatte uten ekstern varmetilførsel. Av temperaturgrafene kan det observeres at temperaturen i K9 avtok. Det indikerer at brannen på fremsiden av veggen avtok, mens temperaturen bak kledningen begynte å stige
- 420 sekunder etter antennelse tok brannen i hulrommet seg kraftig opp, mens brannen på fremsiden av veggen fortsatt var liten. Termoelementene K9, K10 og K12 var plassert på fremside av veggen og viste rundt 40-50 °C
- Brannen på nedre del på veggens fremside tok seg opp etter 660 sekunder, noe som ble tydelig observert da nedre del av panelet raste sammen og flammene sto opp på fremsiden av veggen
- Etter 810 sekunder ble røykproduksjonen stor, og manuell slokking ble iverksatt. Alle temperaturmålingene falt da til under 200 °C
- Etter ca. 1.200 sekunder (20 minutter) tok brannen seg opp igjen ved K5, som var plassert på venstre side øverst i hulrommet på veggen. Her var det vanskelig å komme til for å slokke, og deler av veggen måtte demonteres før brannen ble slokket

4.2 Forsøk med gassbrenner og veggpapp (Forsøk 2 og 3)

I Forsøk 1 ble det observert meget hurtig brannspredning i hulrommet. For å kunne gi svar på hypotesen som gikk ut på å undersøke hvordan deteksjonstid påvirker slokkeegenskapene til et vanntåkesystem, ble det gjennomført to forsøk (Forsøk 2 og 3). I Forsøk 2 og 3 ble det brukt gassbrenner som tennekilde og veggpapp som vindsperre. Da oppsettene for disse forsøkene ikke var like, ble ikke resultatene lagt til grunn for sammenligning av vanntåkedysene fra de to produsentene.

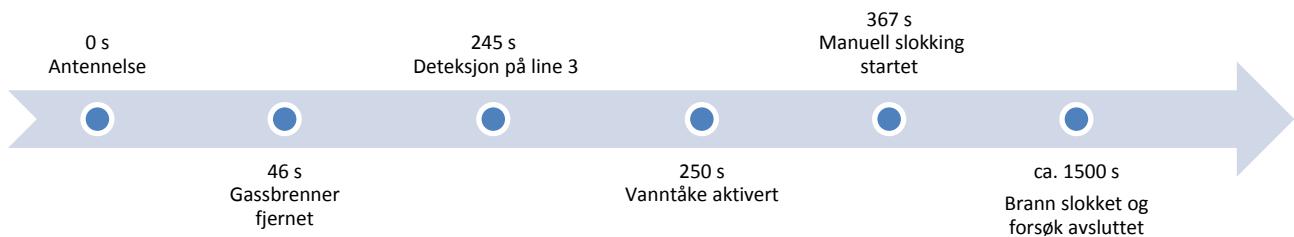
4.2.1 Lang deteksjonstid, Prevent vanntåkedyse (Forsøk 2)

I Forsøk 2 ble gassbrenneren fjernet etter 46 sekunder, da brannen hadde etablert seg i hulrommet. Siden deteksjonslinjene var plassert på fremsiden av veggen, og brannen var i hulrommet, ble deteksjonstiden lang. Vanntåkesystemet ble aktivert etter at brannen var detektert på fremsiden av veggen.



Graf 2 - Temperatur som funksjon av tid for Forsøk 2. Forsøket ble forsøkt slokket med vanntåke

Graf 2 viser 12 temperaturmålinger. K1 til K8 viser målinger i hulrom bak kledning, og K10 til K13 viser målinger på fremsiden av veggen. Plasseringen av termoelementene er vist i Figur 11 og 12, i kapittel 3.3.2 Termoelementer.

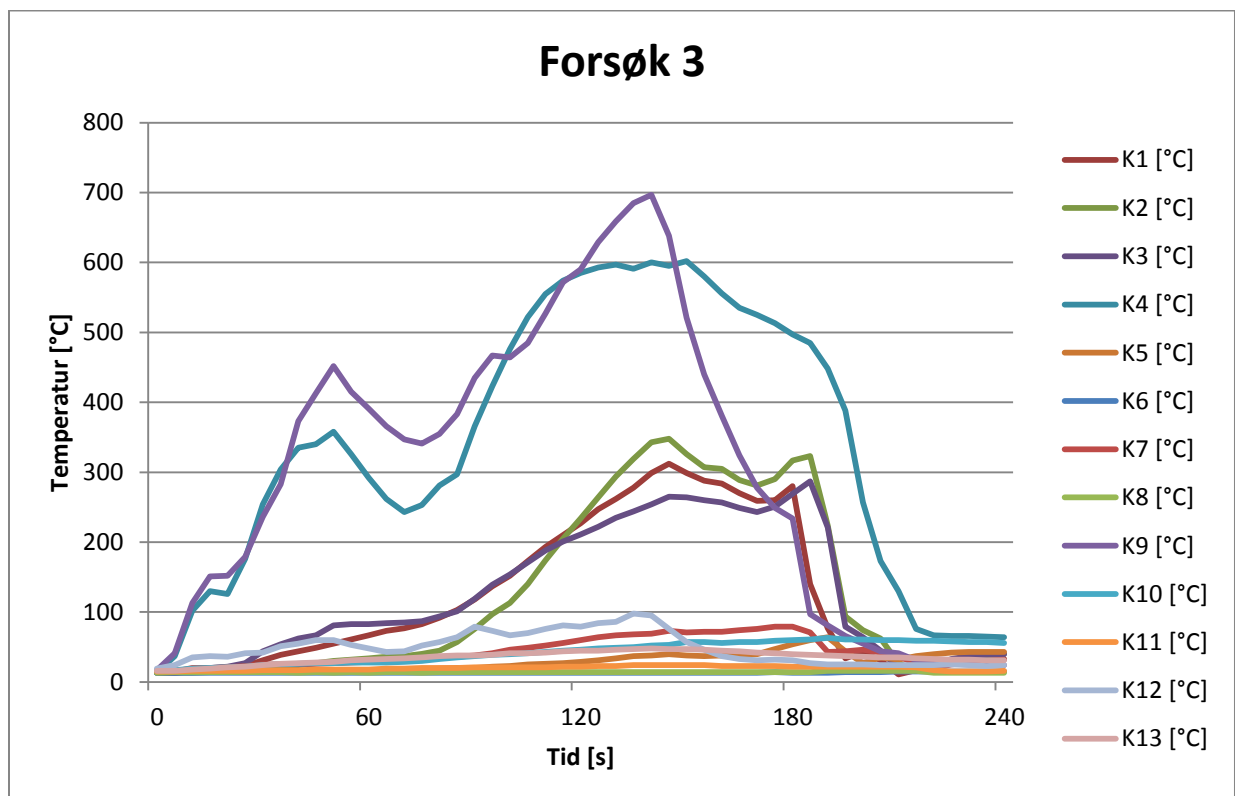


Beskrivelse av hendelsesforløp til Forsøk 2

- Temperaturene nederst i midten av hulrom steg raskest. K4 og K3 målte over 400 °C, 60 sekunder etter antennelse
- Gassbrenner ble fjernet etter 46 sekunder, og temperaturene falt i noen sekunder før brannen tok seg opp igjen
- 250 sekunder etter antennelse ble brannen detektert og vanntåke aktivert. Den eneste målingen som tydelig indikerte temperaturfall var K7, som var plassert øverst på høyre side i hulrom. De andre temperaturmålingene ble ikke påvirket av vanntåken
- Etter 367 sekunder ble det iverksatt manuell slokking, ettersom brannen i hulrommet ikke viste tegn til å slokke. Vanntåkesystemet hadde da virket i ca. to minutter
- Veggen ble demontert og brannen slokket etter ca. 1.500 sekunder

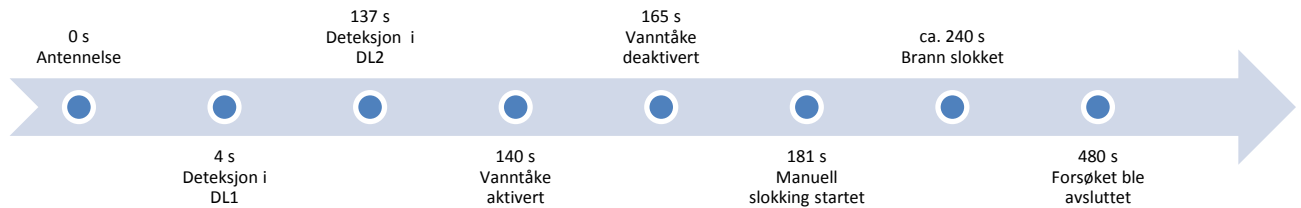
4.2.2 Kort deteksjonstid, VID vanntåkedyse (Forsøk 3)

I Forsøk 3 ble det plassert en brannmursplate bak gassbrenneren, slik at gassbrenneren stod 5 cm ut fra veggen. Deteksjonstiden ble i dette tilfellet kortere, da flammer og varm gass befant seg både på bakside og framside av utvendig kledning. For å oppnå tidligere deteksjon ble gassbrenneren stående å brenne til brannen ble detektert. Etter deteksjon ble gassbrenneren fjernet og vanntåkesystemet aktivert. Ved å plassere tennkilden lenger ut ble det oppnådd deteksjon i DL2, etter 137 sekunder. Deteksjon skjedde 113 sekunder tidligere enn ved Forsøk 2.



Graf 3 - Temperatur som funksjon av tid for Forsøk 3

Graf 3 viser 13 temperaturmålinger. K1 til K8 viser målinger i hulrom bak kledning, og K9 til K13 viser målinger på fremsiden av veggen. Plasseringen av termoelementene er vist i Figur 11 og 12, i kapittel 3.3.2 Termoelementer.



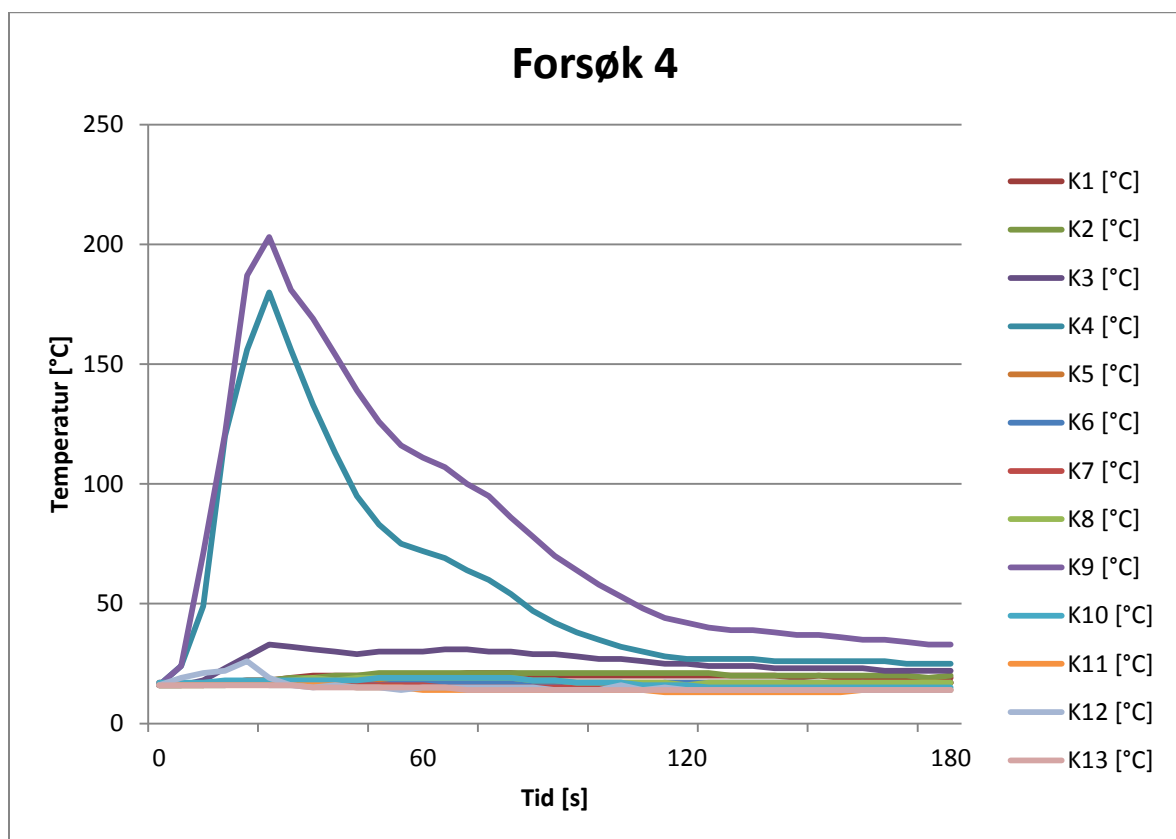
Beskrivelse av hendelsesforløp til Forsøk 3:

- Nederst på veggen etablerte brannen seg likt på fremside og bakside av kledning, det kan sees ved at temperaturene nederst på fremside og bakside av veggen (K4 og K3) steg likt de første 40 sekundene
- Etter 137 sekunder ble brannen detektert og vanntåke aktivert
- Termoelement K8 viste temperaturfall fra ca. 700 °C til ca. 300 °C, 25 sekunder etter at vanntåke ble aktivert. Også temperaturmålinger i hulrom, ved K1, K2 og K3 viser en nedgang etter vanntåkesystemet ble aktivert
- 181 sekunder etter antennelse ble det iverksatt manuell slokking. Forsøket ble avsluttet etter brannen var slokket

4.3 Forsøk med tennbriketter og veggpapp (Forsøk 4 og 5)

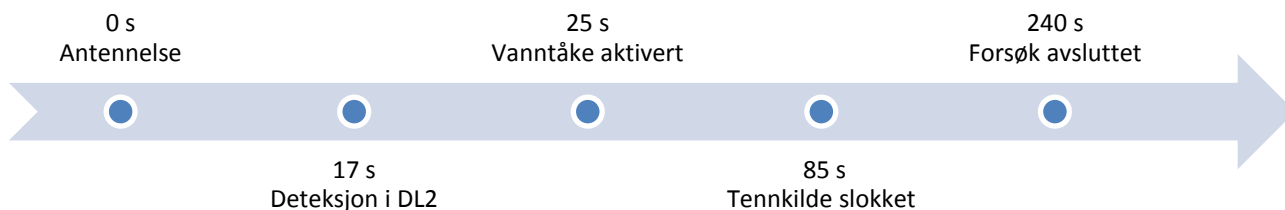
Tennbriketter ble benyttet som tennkilde ved Forsøk 4 og 5. Tennbrikettene hadde en effekt på ca. 11 kW når de ble plassert som vist i Figur 8. En brann på 11 kW nederst langs grunnmur skal simulere en gressbrann eller liknende. Det ble brukt en deteksjonslinje nederst på testveggen, som ga kort deteksjonstid (ca. 16 sekunder).

4.3.1 Prevent



Graf 4 - Temperatur som funksjon av tid for Forsøk 4

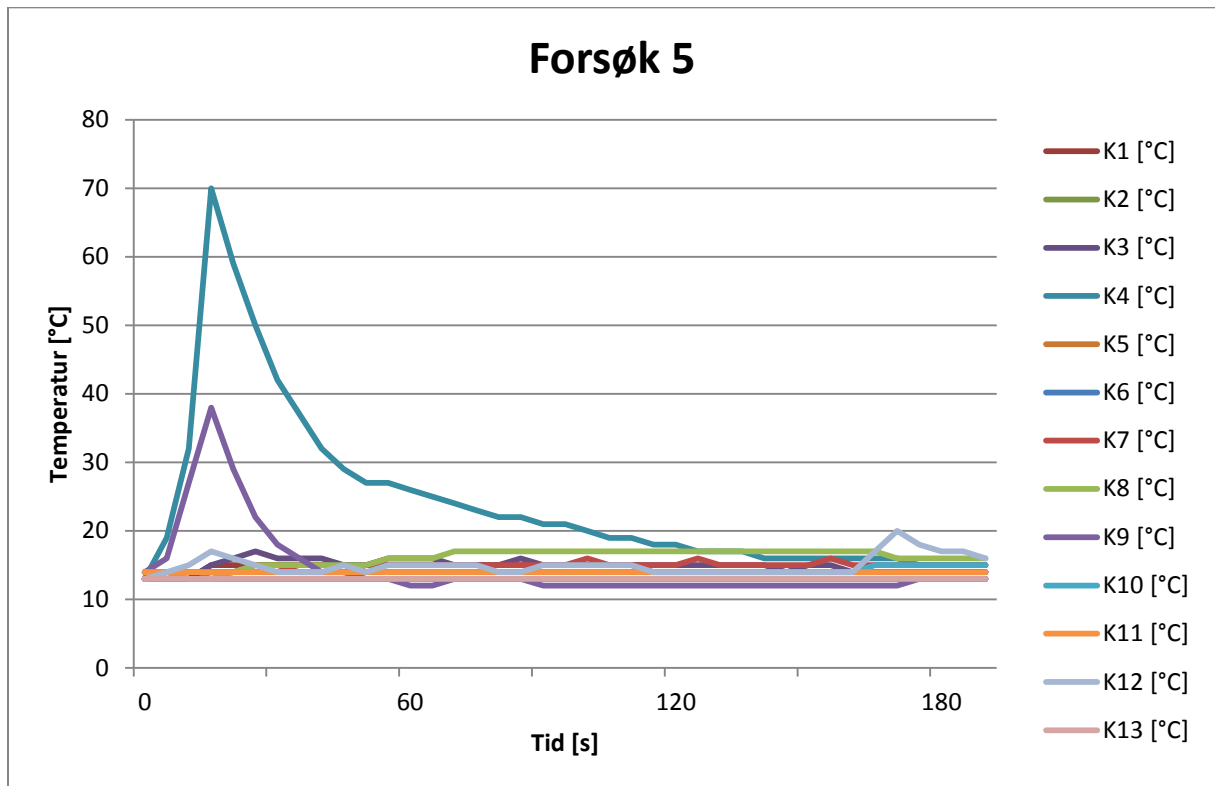
Graf 4 viser 13 temperaturmålinger, K1 til K8 viser målinger i hulrom bak kledning, og termoelement K9 til K13 viser målinger på fremsiden av veggen. Plasseringen av termoelementene er vist i Figur 11 og 12, i kapittel 3.3.2 Termoelementer.



Beskrivelse av hendelsesforløp til Forsøk 4

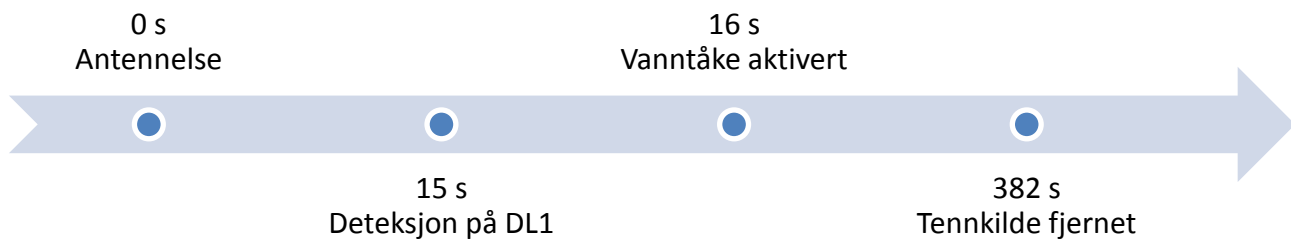
- Kort tid etter antennelse steg temperaturen ved K9 og K4 til opp mot 200 °C. K9 lå like ved DL1 på utsiden av veggen, og var i direkte kontakt med flammene. K4 lå i samme høyde på baksiden av kledningen. Det var også merkbar endring ved K3 og K12. K3 og K12 var plassert omtrent midt på veggen, K12 på utsiden, K3 bak panelet. Temperaturen ved K3 og K12 steg til ca. 30 °C, dette indikerer at varmen fra brannen ble spredt både på innsiden så vel som utsiden av kledningen
- Etter 17 sekunder ble brannen detektert av DL1
- Etter 25 sekunder ble vanntåkesystemet aktivert. Etter planen var det vanntåkesystemets oppgave å slokke tennkilden, derfor ble tennkilden ikke fjernet
- Temperaturmålingene sank umiddelbart ved K9, K4, og K12 da vanntåkesystemet ble aktivert. Termoelementene K9 og K12 var lokalisert på utsiden av panelet og fikk direkte kontakt med vanntåken, samtidig som vanntåkesystemet hemmet flammene fra tennkilden. K4 ble utsatt for flammer fra tennbrikettene, men selve veggkonstruksjonen tok aldri fyr, derfor falt temperaturen ved K4 fort da vanntåken kontrollerte brannen, og senere slokkes den
- Tennkilden slokkes etter 85 sekunder. Det var da ingen tegn til brann i veggen, og forsøket ble avsluttet etter 240 sekunder

4.3.2 VID



Graf 5 – Temperatur som funksjon av tid for Forsøk 5

Graf 5 viser 13 temperaturmålinger, K1 til K8 viser målinger i hulrom bak kledning, og termoelement K9 til K13 viser målinger på fremsiden av veggen. Plasseringen av termoelementene er vist i Figur 11 og 12, i kapittel 3.3.2 Termoelementer.



Beskrivelse av hendelsesforløp til Forsøk 5

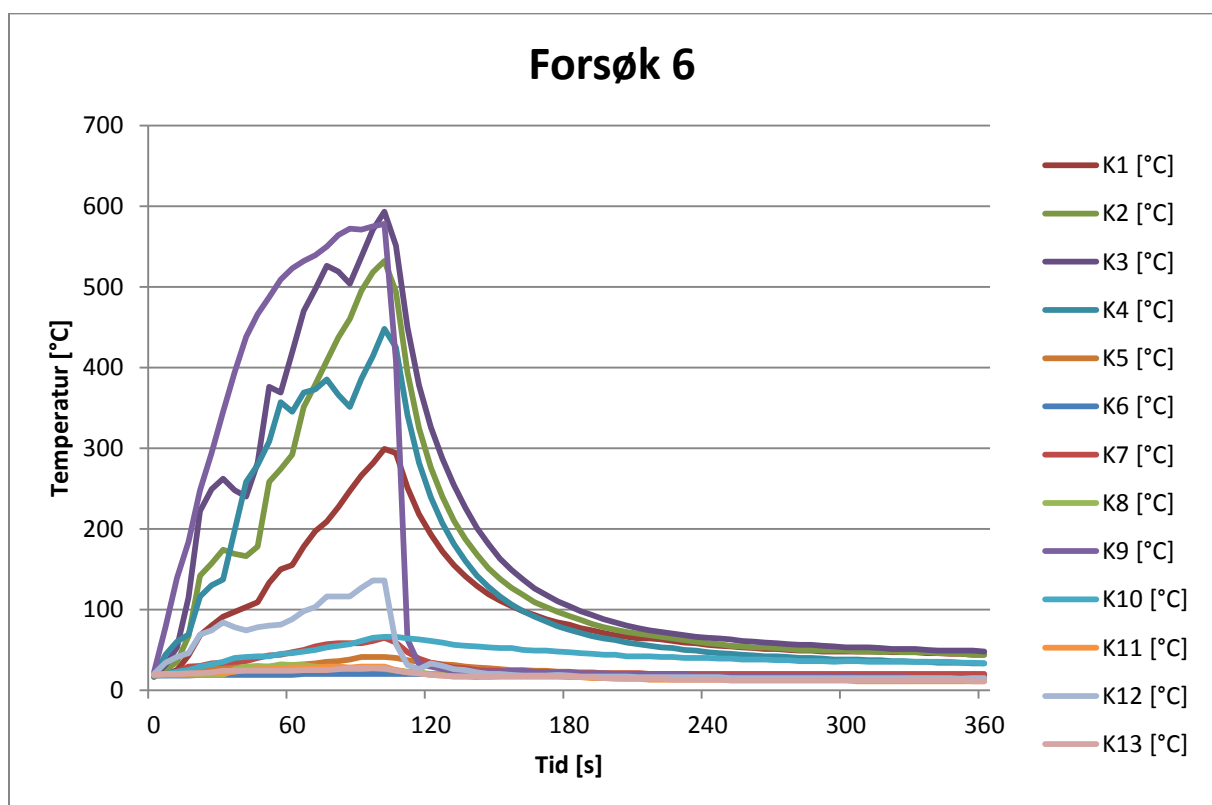
- Kort tid etter antennelse, steg temperaturen ved K4 og K9. K4 viste temperaturen nederst i midten av hulrommet, som steg til 70 °C. K9 lå like ved DL1 på utsiden av veggen og var i direkte kontakt med tennkilden, temperaturen kom her opp mot 40 °C
- Etter det hadde gått 15 sekunder ble brannen detektert av DL1
- Etter 16 sekunder ble vanntåkesystemet aktivert. På dette tidspunkt brant tennkilden fremdeles, og etter planen var det vanntåkesystemets oppgave å slukke den, derfor ble ikke tennkilden fjernet
- Temperaturmålingen sank umiddelbart ved K9 og K4 da vanntåkesystemet ble aktivert. K9 fikk direkte kontakt med vanntåken samtidig som vanntåkesystemet hemmet flammene fra tennkilden. K4 ble utsatt for flammer fra tennbrikettene, men selve veggkonstruksjonen tok aldri fyr, derfor falt temperaturen ved K4 fort da vanntåken kontrollerte brannen
- Tennkilden ble ikke sløkket, men vanntåken kontrollerte startbrannen, og hindret den i å antenne veggen. Forsøket ble avsluttet etter ca. 360 sekunder

4.4 Forsøk med gass, uten veggpapp (Forsøk 6 og 7)

I Forsøk 6 og 7 ble det undersøkt om vanntåke kunne slokke en brann dersom materialene i hulrommet ikke var like lett antenkelige som tidligere forsøk. Derfor ble Forsøk 6 og 7 gjennomført uten veggpapp. Gassbrenneren ble brukt som tennkilde og den ble plassert 5 cm ut fra veggen for å få en brann både på fremside og bakside av vegg. Gassbrenneren ble fjernet og vanntåkesystemet aktivert etter branndeteksjon på øvre del av vegg. I Forsøk 6 og 7 slokket vanntåkesystemene begge brannene uten hjelp av manuell slokking.

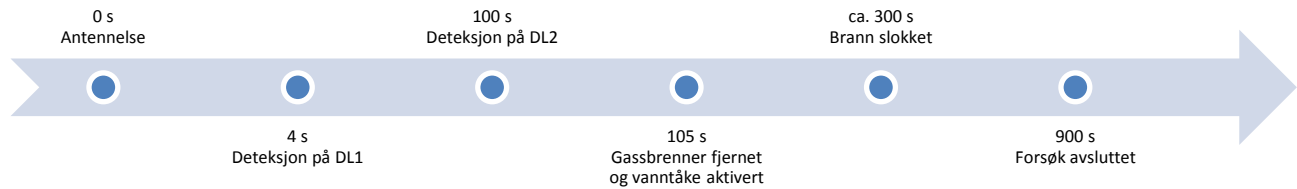
Etter kun 4 sekunder (Forsøk 6) og 5 sekunder (Forsøk 7) detekterte DL1 brannen. DL1 var lokalisert nederst på veggen og var tidlig i direkte kontakt med tennkilden, det var derfor forventet hurtig deteksjon. Vanntåkesystemet skulle i Forsøk 6 og 7 kun utløses dersom DL2, DL3 eller DL4 detekterte brannen.

4.4.1 Vanntåkedyse fra Prevent (Forsøk 6)



Graf 6 - Temperatur som funksjon av tid for Forsøk 6

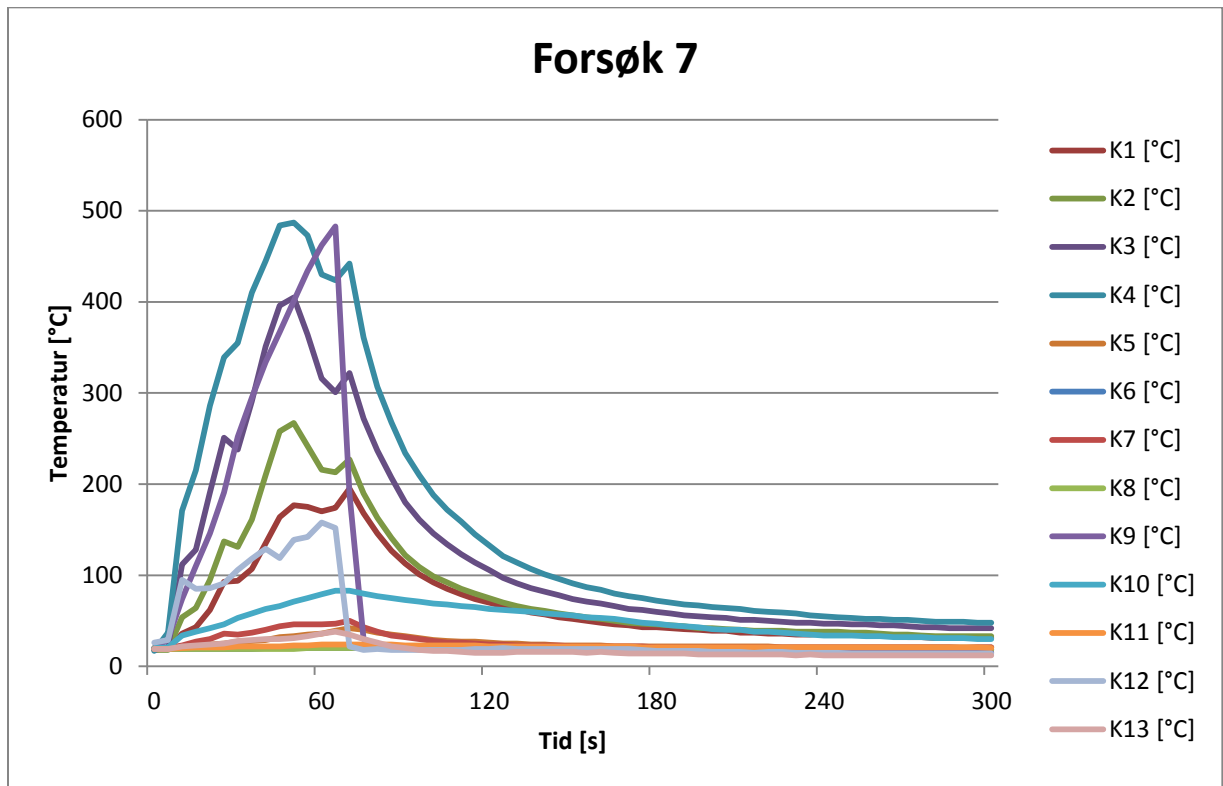
Graf 6 viser 13 temperaturmålinger, K1 til K8 viser målinger i hulrom bak kledning, og termoelement K9 til K13 viser målinger på fremsiden av veggen. Plasseringen av termoelementene er vist i Figur 11 og 12, i kapittel 3.3.2 Termoelementer.



Beskrivelse av hendelsesforløp til Forsøk 6

- Ved 45 sekunder hadde brannen etablert seg i den lavere delen av panelet, både på innsiden og utsiden. K9, K4 og K3 oversteg da 260 °C
- Ved 70 sekunder ble det observert brann både på innsiden og utsiden av de fire nederste panelene i utvendig kledning
- Etter 100 sekunder ble brannen detektert av DL2, tennkilden ble da fjernet og vanntåkesystemet aktivert. På dette tidspunktet var det flere steder i hulrommet som holdt over 400 °C, K3 viste opp mot 600 °C. Det brant på dette tidspunktet godt både på fremside og bakside av de seks nederste panelene i utvendig kledning
- Ved 105 sekunder ble vanntåkesystemet aktivert. Etter 135 sekunder var temperaturen på samtlige kanaler redusert til under 230 °C og brannen fortsatte å avta
- Ved 128 sekunder ble det for siste gang observert flammer bak panelet i utvendig kledning
- Etter 340 sekunder var temperaturen ved samtlige målepunkter lavere enn 50 °C. Det var da tydelig at det ikke lenger var noen brann verken fremside eller bakside av kledning. Vanntåkesystemet ble likevel holdt i gang en stund til for å sikre at ikke brannen skulle ta seg opp igjen
- Forsøket ble avsluttet etter 720 sekunder da brannen var slokket
- Testveggen ble demontert umiddelbart etter forsøket. Det fantes ingen tegn til at vanntåke hadde trukket inn i hulrommet

4.4.2 Vanntåkydye fra VID (Forsøk 7)



Graf 7 - Temperatur som funksjon av tid for Forsøk 7

Figur 4 viser 13 temperaturmålinger, K1 til K8 viser målinger første i hulrom bak kledning, og K9 til K13 viser målinger på fremsiden av veggen. Plasseringen av termoelementene er vist i Figur 11 og 12, i kapittel 3.3.2 Termoelementer.



Beskrivelse av hendelsesforløp mht. Forsøk 7

- Etter 50 sekunder var det brann på utsiden av de fire nederste panelene i utvendigkledningen
- Etter 60 sekunder detekterte DL2 brannen og tennkilden ble fjernet. På dette tidspunkt viste K4 og K3 over 400 °C
- Ved 65 sekunder ble vanntåkesystemet aktivert, brannen på fremsiden av utvendig kledning slokket umiddelbart og temperaturen ved alle målepunkt begynte å synke
- Ved 71 sekunder ble den siste synlige flammen på innsiden av utvendig kledning observert
- Etter 95 sekunder var temperaturene under 230 °C ved samtlige målepunkter, og temperaturene fortsatte å synke
- Ved 280 sekunder var samtlige temperaturmålinger under 50 °C. Vanntåkesystemet ble holdt i gang en stund til for å sikre at brannen ikke skulle ta seg opp igjen
- Forsøket ble stanset etter 660 sekunder, da temperaturmålingene indikerte at brannen var slokket
- Testveggen ble demontert umiddelbart etter forsøket. Det fantes ingen tegn til at vanntåken hadde trukket inn i hulrommet

Sammenlikning mellom Forsøk 6 og 7

Testoppsettet for begge forsøkene var identiske. Det ble likevel vist ulik temperatur og varmeutvikling ved flere målepunkter på samme tidspunkt. Dette skyldes trolig ulik deteksjonstid og andre ytre faktorer, som trekk i brannlaboratoriet.

Da Forsøk 6 og 7 var avsluttet, ble veggen demontert og den bakenforliggende kryssfinéplaten inspisert. Det var ingenting som tydet på at vanntåken hadde trukket opp bak panelet under brannen, slik en vanntåkeprodusent tidligere har hevdet.



5. Diskusjon

Riksantikvaren arbeider for at flere kulturminner, kulturmiljøer og landskap skal bli tatt bedre vare på [21]. I Norge er Riksantikvaren ansvarlig for bevaring av verneverdige bygninger, blant annet en rekke eldre kirker og trebygninger. Slike bygninger er veldig sårbare ved brann, og det jobbes kontinuerlig med å finne brannsikringstiltak som ivaretar bygningene på best mulig måte.

Denne oppgaven har tatt utgangspunkt i Riksantikvarens arbeid, og har hatt fokus på å utføre forsøk med vanntåkesystemer som sløkkeanlegg. Tidligere i oppgaven ble det formulert en problemstilling som dannet grunnlag for forsøkene som ble utført.

Problemstillingen gikk ut på å undersøke hvordan vanntåke vil fungere mot brann i hulrom bak utvendig kledning i eldre trebygg. En vanntåkeprodusent har ment at luftstrømmer som en brann i hulrom genererer, vil kunne trekke vanntåke opp bak utvendig kledning og slukke brannen.

Videre ble det utarbeidet en hypotese som antydte at deteksjonstiden vil spille en avgjørende rolle for vanntåkesystemers evne til å bekjempe brann, da spesielt bak utvendig kledning. Lang deteksjonstid vil ifølge hypotesen gi et branntilløp tilstrekkelig med tid til å utvikle seg slik at den ikke lar seg slukke av et eksternt vanntåkeanlegg.

5.1 Materialer i hulrom

Det ble utført forsøk både med og uten veggpapp montert på testveggenes bakplate. Veggpapp er et lettantennelig materiale, som tidligere er brukt som vindspærre i flere typer byggverk. Forsøkene med veggpapp skulle også være relevante for bygninger uten denne type vindspærre. I gamle trebygninger med luftspalte bak utvendig kledning, vil det samle seg støv og andre tørre lettantennelige partikler. Tidligere var det også vanlig å bruke blant annet flis og trespon som isolering i vegger. Alt dette kan være med på å gi et branntilløp i vegg en rask utvikling. Veggpapp var under forsøkene ment å simulere slike lettantennelige materialer i hulrom bak utvendig kledning i eldre trebygninger.

Rapporten *Fire safety of cavity spaces* [22] omtaler effekten av hvordan varierende mengde og type brannenergi kan påvirke et branntilløp i hulrom. Rapporten fastslår at materialers branntekniske egenskaper er like viktig som mengde brannenergi. Dersom et hulrom inneholder materialer som er lett antennelige og gir stor varmeproduksjon, vil brannen spre og utvikle seg fort. Materialer som er lite brennbare vil gi langsommere branntilløp i hulrom.



Resultatene fra denne forsøksserien viser svært ulike brannforløp med og uten veggpapp, noe som samsvarer med rapporten *Fire safety of cavity spaces* [22]. Under forsøkene med veggpapp hvor gass var tennkilde (Forsøk 2 og 3), fikk brannen lov til å utvikle seg helt til en av deteksjonslinjene plassert høyt på testveggen (DL2, DL3 eller DL4) detekterte brannen. Forsøk 1, 2 og 3 førte med seg en stor røykutvikling, som skyltes forbrenning av veggpapp. Det faktum at veggpappen brant i hulrommet bak utvendig kledning, gjorde at tilgangen til oksygen var liten, og røykutviklingen økte i omfang. Dersom en bygning brenner, vil røyken kunne føre til brannspredning til overliggende etasjer eller loft, via fasade.

5.2 Deteksjonstid

Det ble gjort forsøk både med tennkilden helt inntil bakveggen, og forsøk hvor tennkilden var plassert ca. 5 cm ut fra bakvegg. Resultatene fra forsøkene viste tydelig viktigheten av tidlig deteksjon av brann, og rask igangsetting av slokkesystem. Ved Forsøk 2 fikk brannen utvikle seg i hulrommet bak utvendig kledning (hvor det ikke var plassert deteksjonslinjer) uten at det var brann på veggens fremside. Da fremsiden til slutt nådde temperaturer som resulterte i deteksjon (etter 245 sekunder), var brannen bak kledning for stor til at vanntåkeanlegget klarte å slokke brannen. Dette stemmer med hypotesen om at lang deteksjonstid vil gi et branntilløp tid til å etablere seg, slik at det trolig ikke lar seg slokke av vanntåke.

Ved Forsøk 3 var det tidlig brann både på fremsiden av veggen og i hulrommet bak kledning. Det førte til at temperaturen steg hurtigere på fremsiden (hvor deteksjonslinjene var plassert) og deteksjonstiden ble kortere (137 sekunder) enn ved Forsøk 2. På grunn av lettantennelige veggpapp, utviklet likevel brannen seg hurtigere i hulrommet enn på fremsiden.

På bakgrunn av Forsøk 2 og 3 kan det ikke trekkes konkrete konklusjoner om hvilken deteksjonstid som er kort nok til at et vanntåkeanlegg skal kunne slokke en brann bak utvendig kledning. Likevel viser resultatene fra Forsøk 3 en temperaturreduksjon i hulrommet etter at vanntåkesystemet ble aktivert. Dette er ikke tilfelle ved Forsøk 2, hvor vanntåkesystemet ble aktivert 108 sekunder senere enn ved Forsøk 3. Både ved Forsøk 2 og 3 måtte manuell slokking iverksettes, da vanntåkeanlegget ikke var i stand til å slokke brannen.

I tillegg til forsøkene med propangass som tennkilde, ble det også utført to forsøk med tennbriketter som tennkilde (Forsøk 4 og 5). Hensikten med forsøkene var å simulere en liten startbrann på ca. 11 kW inntil en vegg langs bakkenivå, som for eksempel en liten gressbrann. Her ble deteksjonstiden fra den nederste deteksjonslinjen (DL1), lagt til grunn for aktivering av vanntåkesystemet. Da startbrannen var lokalisert rett under deteksjonslinje 1, ble det korte deteksjonstider ved de to forsøkene (17 sek. og 15 sek.).



Ved begge forsøkene ble brannstilløpet slokket av vanntåkeanlegget (Prevent ved Forsøk 4 og VID ved Forsøk 5).

5.3 Vanntåke

Etter hvert gjennomførte forsøk, ble testveggen umiddelbart demontert for å undersøke i hvilken grad vanntåken hadde klart å trekke opp gjennom luftspalte, og inn i hulrom. Dette lot seg imidlertid ikke gjøre ved Forsøk 2 og 3, siden det ble iverksatt manuell slokking.

Forsøk 6 og 7 hadde deteksjonstid på henholdsvis 100 og 60 sekunder. Ved begge forsøkene ble brannstilløpet slokket av vanntåkesystemet, uten at det var behov for manuell slokking. Hensikten med de to forsøkene var å undersøke hvordan vanntåkesystemet ville fungere dersom veggen ikke inneholdt lettantennelig veggpapp. Temperaturmålinger fra hulrommet bak kledningen, samt observasjoner av veggen etter brannen, viste at det hadde vært brann i hulrommet. Brannen hadde imidlertid ikke utviklet seg like hurtig som da det var veggpapp på veggens bakplate. Veggen ble demontert umiddelbart etter slokking, og det ble undersøkt både visuelt og fysisk om det var tegn til vann eller fukt på baksiden av veggen. Det viste seg imidlertid at veggen var helt tørr på baksiden, noe som ikke stemte overens med resultatet som ble forespeilet fra vanntåkeprodusenten. Brannen ble slokket av vanntåkesystemet, men mye tyder på at det skjedde på en annen måte enn teorien tilsa. Vanntåken hadde utvilsomt en kjølede effekt på fremsiden av veggen, men trolig ikke nok til å slokke brannen i hulrommet bak kledningen. Det som imidlertid kan ha ført til at brannen slokket, er at vanntåken blokkerte luftspalten nederst på veggen og på den måten stengte av brannens oksygentilførsel.

På testveggen var vanntåkesystemet effektivt når brannen ble tidlig detektert, som i Forsøk 4 og 5. Der ble vanntåkeanlegget aktivert før brannen fikk tid til å etablere seg i hulrom. Imidlertid hadde vanntåke begrenset effekt i tilfeller der brannen fikk tid til å etablere seg i hulrommet bak utvendig kledning.

I forsøksserien ble det erfart at når en brann får etablere seg i hulrom vanskeliggjør det slokkearbeidet. Ved Forsøk 1, 2 og 3 måtte deler av veggen demonteres før brannen kunne slokkes fullstendig. Testveggen ble utformet for rask demontering, noe som ikke vil være tilfellet ved reelle bygninger. Dersom en brann får etablere seg i hulrom på for eksempel en kirke, kan skadeomfanget fra brann og slokkearbeid bli omfattende. Særlig hvis deler av fasaden må rives for å slokke brannen. Passive branntiltak som hindrer brannen i å nå baksiden av utvendig kledning bør vurderes.

Det kan konkluderes med at forsøkene viser at vanntåke ikke slokker brannen i hulrom hvor brannen sprer seg i lettantennelige materialer, som asfaltpapp. Videre viser forsøkene at slokkesystem kombinert med tidlig deteksjon kan hindre en brann i å etablere seg i hulrommene.



6. Konklusjon

Etter å ha utformet og bygget en testvegg, ble det gjennomført sju forsøk. Forsøkene hadde til hensikt å undersøke hvorvidt et vanntåkesystem vil klare å bekjempe en brann i hulrom bak utvendig kledning. I tillegg skulle forsøkene være med på å belyse hvilken rolle deteksjonstiden spiller for brannbekjempelse.

Resultatene fra forsøkene viste at vanntåke fungerte effektivt når et branntilløp ble detektert i en tidlig fase (15-100 sekunder). Dersom brannen derimot fikk tid til å utvikle seg i hulrom bak utvendig kledning, var effekten av vanntåken begrenset. Det ble utarbeidet en hypotese som antok at deteksjonstiden vil spille en avgjørende rolle for om en brann i hulrom vil kunne bekjempes av et eksternt vanntåkeanlegg. Ut fra forsøkene som ble utført i forbindelse med denne oppgaven, ser hypotesen ut til å stemme. Deteksjonslinjene plassert nederst på veggen ga kort deteksjonstid. Dette vil i kombinasjon med slokkesystem være viktig for å forhindre at et branntilløp i eldre trebygninger får etablere og utvikle seg bak kledningen.

En vanntåkeprodusent har hevdet at vanntåken vil utnytte luftstrømmene brannen generer og trekke vanntåke opp gjennom luftspalten nederst på veggen. Ved å utnytte luftstrømmene kan vanntåken slokke en potensiell brann på baksiden av kledning. I forsøkene hvor brannene ble slokket av vanntåkesystemet, viste resultatene imidlertid ingen tegn til at vanntåken hadde trukket opp i hulrommet gjennom luftspalten. Resultatene tyder heller på at vanntåken blokkerte oksygentilførselen i luftspalten, og på den måten var med på å kvele brannen i hulrommet. Fullskalaforsøk som genererer sterkere luftstrømmer vil imidlertid kunne gi andre resultater, og dette anbefales gjennomført.

Ved fem av de sju forsøkene, var det festet veggpapp på veggens bakplate. Veggpapp av asfalt er et lettantennelig materiale, som ga hurtig brannutvikling i hulrom bak kledning, i tillegg til stor røykutvikling. I forsøkene med veggpapp hvor deteksjonstiden var lang og brannen fikk utvikle seg bak utvendig kledning, hadde vanntåken ingen synlig effekt. Uten veggpapp så vanntåken ut til å ha større effekt, det var mindre røykproduksjon, og brannen spredte seg langsommere. Slokkesystem kombinert med tidlig deteksjon viste seg å kunne hindre en brann i å etablere seg i hulrom.

Forsøkene viste tydelig viktigheten av å konstruere bygg med gode branntekniske løsninger. Ved eldre trebygninger er det viktig å kartlegge hver enkelt bygnings branntekniske behov og svakheter, for å finne løsninger som best mulig ivaretar brannsikkerheten.



7. Videre arbeid

Forsøkene ble utført på en testvegg som var underdimensjonert med hensyn på høyde. En reell kirkevegg vil som oftest være høyere enn testveggen som ble benyttet. Til videre arbeid anbefales det å utføre forsøk på en fullskala testvegg, for å undersøke om det da oppnås andre resultater.

Forsøkene ble utført innendørs, skjermet fra andre luftstrømmer enn fra røykventilasjonsvifter og åpen halldør. Derfor kan det være aktuelt å utføre noen forsøk utendørs, på den måten vil testene bli mer lik en reell situasjon.

Testeveggen ble bygget slik at den i bredden var tilpasset én vanntåkedyse. Det kan være interessant å gjøre forsøk på en større testvegg der flere vanntåkedyser opererer sammen.

Vanntåke ble benyttet under alle forsøkene som involverte slokkesystem i forbindelse med denne oppgaven. Det kunne derfor være aktuelt å gjøre forsøk med sprinkleranlegg på samme type testvegg. Dette vil gi resultater som er sammenlignbare med de fra vanntåkesystemene, og man kan da fastslå om det er vanntåke eller sprinkler som er mest effektivt.

COWI har tidligere utarbeidet en rapport, som omhandler brannstopp i luftede fasader. I følge rapporten kan brannstopp beskytte hulrom fra flammer og gnister. Det kan derfor være interessant å teste disse brannstoppene på en veggkonstruksjon av samme type som ble brukt under vanntåkeforsøkene.

8. Referanseliste

- [1] «Fredete og verneverdige bygninger og anlegg,» 2012. [Internett]. Available: <https://www.bfk.no/Tjenesteomrade/Kulturminnevern1/Fredete-og-verneverdige-bygninger-og-anlegg/>. [Funnet 26 Mars 2014].
- [2] Kirkesøk, «Webområde for Kirkesøk,» [Internett]. Available: <http://www.kirkesok.no/epoke/vis>. [Funnet 14 Februar 2014].
- [3] Sintef, «Fiin gammel aargang, energibesparing i verneverdige hus,» SINTEF Byggforsk, 2004.
- [4] A. Drange, A. H O og B. J, Gamle trehus, Oslo: Universitetsforlaget, 1992.
- [5] B. Hagen, Grunnleggende brannteknikk, Haugesund: Hagens Forlag, 2004.
- [6] TreFokus AS, «Webområde for Trefokus,» 21 April 2005. [Internett]. Available: <http://www.trefokus.no/fullstory.aspx?m=524&amid=854>. [Funnet 32 Mars 2014].
- [7] D. Drysdale, An introduction to fire dynamics 3rd edition, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., 2011.
- [8] M. Delichatsios, «Ignition times for thermally thick and intermediate conditions in flat and cylindrical geometries,» The International Association for Fire Safety Science , 200.
- [9] S. Colwell og T. Barker, «Fire performance of external thermal insulation for walls of multistorey buildings 3rd. edition,» BRE trust, Watford, 2013.
- [10] COWI AS, «Brannstopp i luftede fasader - Kirkene år 1600-1900 Konfidensiell rapport,» COWI, Trondheim, 2013.
- [11] Direktoratet for byggkvalitet, «Plan- og bygningsloven, Veiledning til Teknisk Forskrift 2010 §11-12, første ledd,» dibk, Oslo, 2010.
- [12] Opplysningskontoret for automatiske slokkeanlegg, «Webområde for OFAS,» [Internett]. Available: <http://www.slokkeanlegg.no/Slokkeanlegg>. [Funnet 26 Februar 2014].
- [13] R. Arnold, «DisasterRecovery Journal vol. 5,» vol. 2007, 2007.
- [14] Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap, «Webområde for DSB,» 1929, sist endret 2013. [Internett]. Available: <http://www.dsb.no/en/Rettskilder/Regelverk/Oppslagsverket/3898/3899/5519/5618/5652/>



5657/5659/. [Funnet 20 Mars 2014].

- [15] Sprinkler Partner, «Webområde for Sprinkler Partner,» [Internett]. Available: http://sprinklerpartner.no/vannt_KEANLEGG_1/. [Funnet 18 Februar 2014].
- [16] B. Karlsson og J. G. Quintiere, *Enclosure Fire Dynamics*, Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 1999.
- [17] K. Axelsen og I. G. Staurheim, Interviewees, *Samtale med Riksantikvaren*. [Intervju]. 12 mars 2014.
- [18] Isola, «webområde for Isola,» 2013. [Internett]. Available: <http://www.isola.no/produkter/vegg/vindsperrer/isola-veggpapp-2/>. [Funnet Mars 2014].
- [19] C. D. Francescangeli, «Fire detection with pneumatic heat detection lines on wooden walls (Publiseres Mai 2014),» HSH, Haugesund, 2014.
- [20] G. Jensen, I. Alvsåker og COWI, «Detaljprosjektering – Branntekniske installasjoner: Vanntåke, boligsprinkler og sprinkler. NTNU Kursdagene,» COWI, Trondheim, 2014.
- [21] Riksantikvaren, «Riksantikvarens nettside,» 2013. [Internett]. Available: http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Om_Riksantikvaren/Historikk/. [Funnet Januar 2014].
- [22] VTT Technical Research Senter og Finland, «Fire safety of cavity spaces, characteristics of fires in building voids and their structural prevention,» VTT, 2000-2004.

9. Vedlegg

Vedlegg 1 – Sikkerhet i brannlaboratoriet

Aktører:

Per Malvin Wichmann
 Rune Baastad
 Eirik Hugnastad
 Cristian D. Francescangeli
 Arjen Kraaijeveld

Oppgaver:

Bygging, brenning og slokking av testvegg i brannlaboratoriet ved HSH.

Dato: 20.02.2014

Deloppgaver	Hva kan føre til uønsket hendelse?	Forebyggende tiltak
Bygging av testvegg		Pass på at dekselet til bladet på el-sagen er i låst posisjon etter kutting.
Kappe bord, lekter og kryssfinéerplater	Kutte seg på sagen. Midlertidige hørselsskader	Vær to når bord og lekter kappes, så den ene kan holde og den andre kan fokusere på saging. Bruk verneutstyr: Vernebriller, hansker, støvmaske og hørselsvern.
Kutte veggpapp med tapetkniv	Kutte seg på tapetkniv	Bruk verneutstyr og kutt på et jevnt underlag.
Montering av vegg	Miste gjenstander på føttene, mindre kutt-, klem- og slagskader ved montering.	Bruk verneutstyr.
Brenning av vegg Påtenning av vegg med gassbrenner	Gasslekkasje	Pass på at gassen er avstengt når det ikke skal brennes. Avtrekksvifte skal være på Slokkeutstyr skal være klart til bruk, her brukes brannslange



Brannforløp	Brann ute av kontroll	Brannslange og verneutstyr skal være på plass. Pass på avstand til brannen. Bruk avtrekksvifte for å transportere røyk ut av rommet. Flytt brennbare gjenstander i umiddelbar nærhet til veggen før brenning. Plasser gasstanker i fornuftig avstand til brannen. Evakuer umiddelbart, dersom forholdene ansees som farlige.
Slokking av veggen	Bli utsatt for røyk og varme	Hold fornuftig avstand til brannen. Bruk verneutstyr som er flammehemmende. Begynn slokking forsiktig med stor spredning på strålen, for å opprettholde kontroll på situasjonen.



Vedlegg 2 – Resultater fra konkalorimeter

Report produced with the Fire Testing Technology ConeCalc software

page 1

Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name
 Operator Gruppe 4
 Filename C:\CC5\Data\14030022.CSV
 Report name tennkuber
 Sample description Kemetyl Firelighter Cubes
 Material name/ID Tennbriketter

Specimen information

E	13.1 MJ/kg	Specimen number	1	Conditioned?	No
Thickness		Nominal duct flow rate	24 l/s	Temperature	N/A
Initial mass	36.9 g	Edge frame used?	Yes	RH	N/A
Surface area	25 cm ²	Grid used?	No		
Heat flux	20 kW/m ²	Fixed to substrate?	Yes		
Separation	25 mm	Substrate	Monolite M1		
Orientation	Horizontal	Manufacturer			
		Sponsor			

Test

Standard used ISO 5660-1
 Date of test 04/04/2014
 Time of test 12:25
 Date of report 04/04/2014

Pre-test conditions

Ambient temperature N/A
 Ambient pressure N/A
 Relative humidity N/A

Test times

Time to ignition 0 s
 Time to flameout 626 s
 End of test criterion ISO 5660-1:2002
 End of test time 170 s
 (for calculations)

Apparatus specifications

C-factor 0.04068
 Duct diameter 0.114 m
 O₂ delay time 18 s
 CO₂ delay time 11 s
 CO delay time 12 s
 OD corr. factor 0.3811

Initial conditions

Baseline oxygen 20.948%
 Baseline carbon dioxide -0.0500%
 Mass at sustained flaming 36.9 g

Heat Release Results

THR (0-300) -
 THR (0-600) -
 THR (0-1200) -
 Fuel load 10.54 MJ/kg

Test results (between 0 and 170 s)

		Mean	Peak	at time (s)
Total heat release	155.5 MJ/m ²	Heat release rate (kW/m ²)	914.74	1124.10 50
Total oxygen consumed	24.6 g	Effective heat of comb. (MJ/kg)	29.90	43.01 170
Mass lost	13.0 g	Mass loss rate (g/s)	0.076	0.096 50
Average specific MLR	32.01 g/(s·m ²)	Specific extinction area (m ² /kg)	21.31	35.61 170
Total smoke release	110.8 m ² /m ²	Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0029	0.0053 170
Total smoke production	0.3 m ²	Carbon dioxide yield (kg/kg)	1.00	1.70 170
MAHRE	991.3 kW/m ²			

Test averages

from ignition to ignition plus...	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	6 min	0 s - 0 s	0 s - 170 s
Heat release rate (kW/m ²)	991.25	947.84	-	-	-	-	0.00	914.74
Effective heat of comb. (MJ/kg)	29.39	29.66	-	-	-	-	0.00	29.90
Mass loss rate (g/s)	0.083	0.079	-	-	-	-	0.000	0.076
Specific extinction area (m ² /kg)	17.54	20.00	-	-	-	-	0.00	21.31
Carbon monoxide yield (kg/kg)	0.0025	0.0028	-	-	-	-	0.0000	0.0029
Carbon dioxide yield (kg/kg)	0.78	0.95	-	-	-	-	0.00	1.00

Smoke results

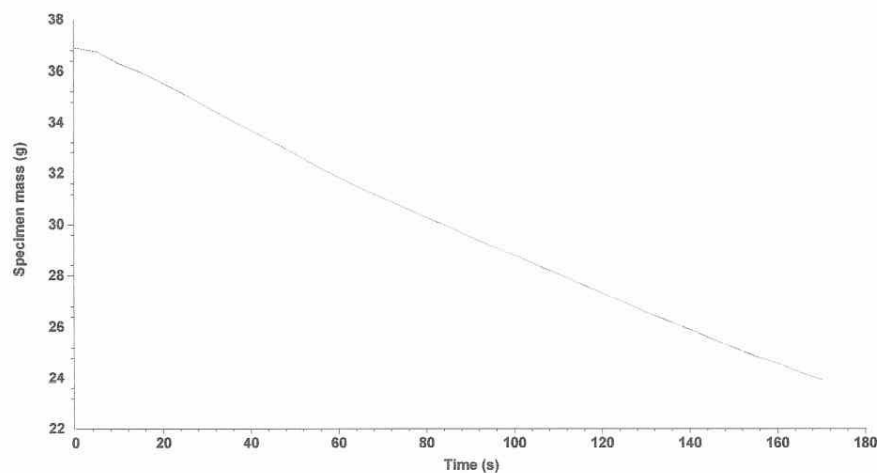
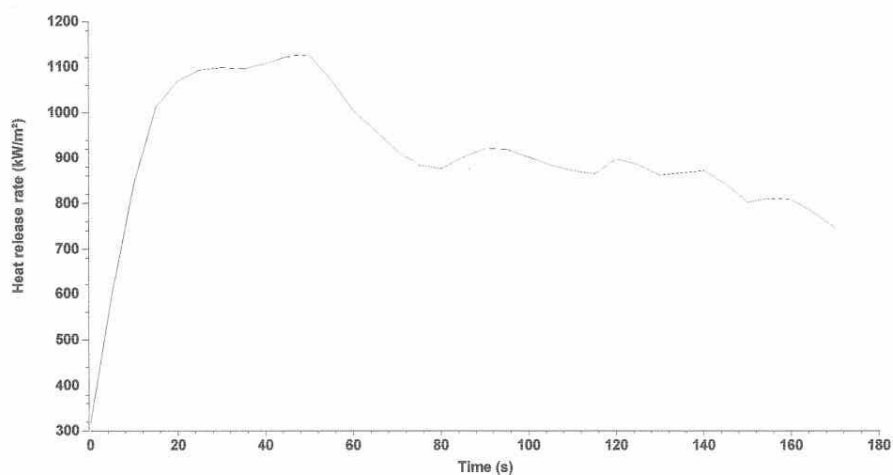
Total smoke release: non-flaming phase (0 s - 0 s) 0.0 m²/m²
 Total smoke release: flaming phase (0 s - 170 s) 110.8 m²/m²
 Total smoke release: whole test (0 s - 170 s) 110.8 m²/m²

The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.



Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name
Operator Gruppe 4
Filename C:\CC5\Data\14030022.CSV
Report name tennkuber
Sample description Kemetyl Firelighter Cubes
Material name/ID Tennbriketter

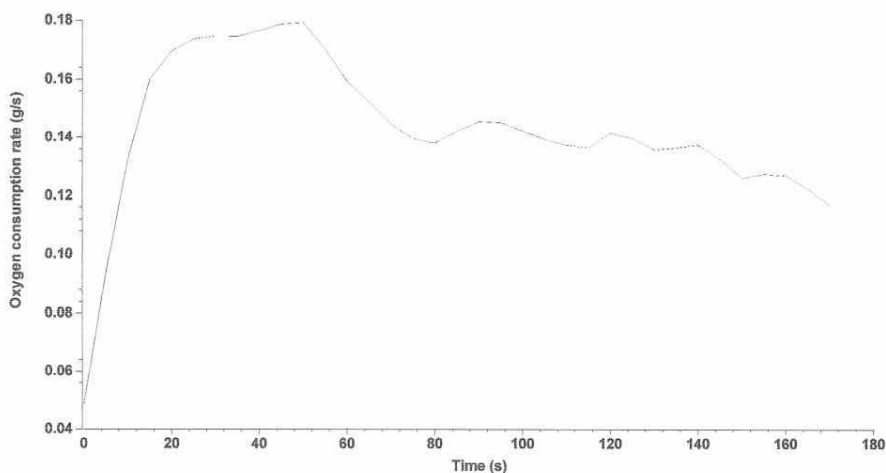
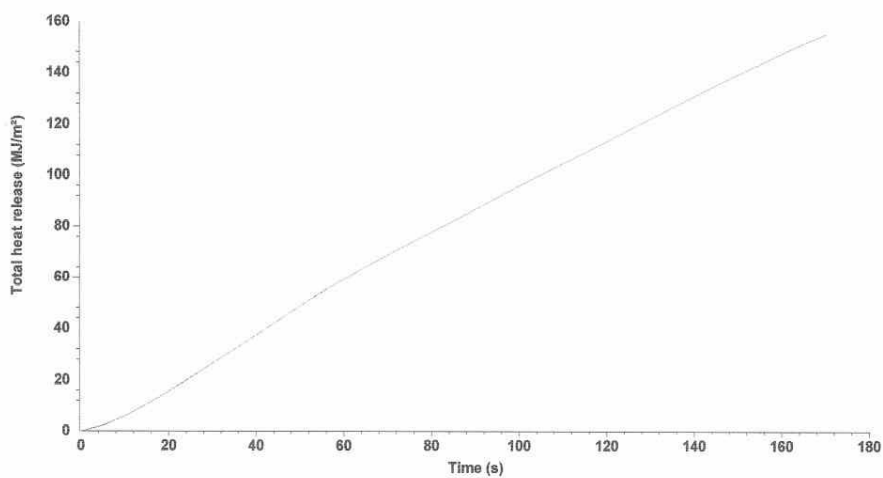


The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.



Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name
Operator Gruppe 4
Filename C:\CC5\Data\14030022.CSV
Report name tennkuber
Sample description Kemetyl Firelighter Cubes
Material name/ID Tennbriketter

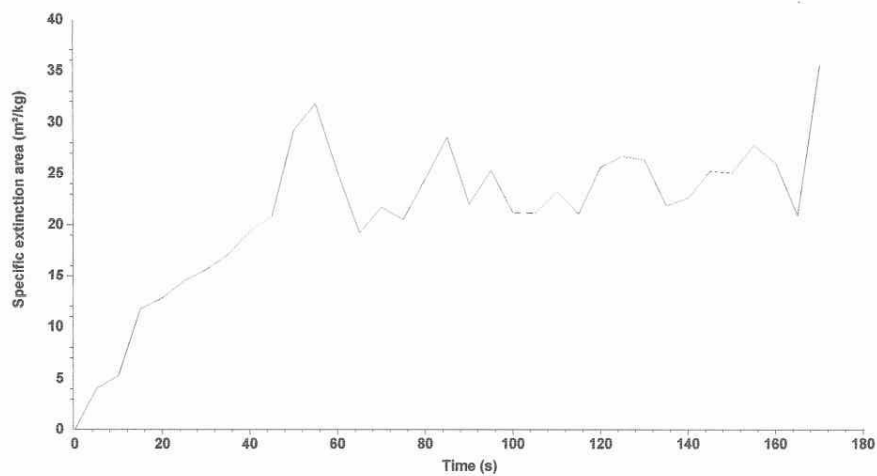


The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.



Cone Calorimeter Test Report

Laboratory name	
Operator	Gruppe 4
Filename	C:\CC5\Data\14030022.CSV
Report name	tennkuber
Sample description	Kemetyl Firelighter Cubes
Material name/ID	Tennbriketter



The test results relate to the behaviour of the test specimens of a product under the particular conditions of the test; they are not intended to be the sole criterion for assessing the potential fire hazard of the product in use.



Vedlegg 3 – Datablad fra Prevent Systems



Prev5OSW automatiske lavtrykk vannspray dyser

Generell beskrivelse

Prevent Systems lavtrykk vannspraydyse, type Prev5osw er utviklet og branntestet for fast installerte automatiske brannslukningsanlegg for sikring av utvendige fasader. Dysene installeres øverst på yttervegg under takutstikket, og ved en utløsning kjøler de ned og forhindrer overtenning av branngasser på loftet.

Tekniske Data

Bruksområde	Utvendig
Type dyse	Sidewall
Maks avstand mellom dysene	5m
Vanntrykk	6 bar
K-faktor	17.2
Vannmengde	42 l/min
Dyse material	Messing (CW602N) med tinn nikkell overflate
Gjengestørrelse	½" BSP
Aktivering av anlegget	Det anbefales 2 stk. varmedetekterende kabler med tosidig avhengighet som gir signal til magnetventil ved 72°C
Dyse størrelse	Total lengde = 30mm, Maks. diameter = 27mm Lengde ut fra vegg = 15mm
Rørsystem	Rustfritt Stål
Sil	Y-Sil med 0.8mm syrefast stål netting
SIN	Prev5osw



Prev5OSW med og uten støvdeksel



Prosjekterings kriterier

Prev5osw dysene installeres med en maks avstand på 5m mellom dysene og maks 2,5m fra hjørne. Hvert anlegg må hydraulisk beregnes ihht. krav til utløsningsareal, samt minimum vannforbruk og vanntrykk, som spesifisert over i Tekniske Data.

Installasjon Prev5OSW

Dysene må behandles forsiktig før, under og etter installasjonen. Dyser som er skadet på noen måte, må erstattes. Følg følgende installasjonsprosedyre:

- Tre eventuell dekkskive som skal dekke over gjennom boringen i veggen, på dysen.
- Påfør gjengesnor, hamp eller tetningsmasse (Loctite) på gjengepartiet.
- Dysen entres for hånd inn i rørkoblingen.
- Bruk en forlenget 6-kant 22 mm pipenøkkel og trekk til dysen. Dysens 6-kant skal flukte med vegg eller dekkplate.
- Dysen skal posisjoneres slik at halvsirkelen med dysehull peker nedover.
- Sett på svart støvdeksel.
- Det skal installeres en Y-sil med 0,8mm netting på hovedrørstrekk, som skal være lett tilgjengelig for vedlikehold.

Operasjon

Anlegget aktiveres av deteksjon som gir et signal til en magnetventil som åpnes slik at vann flyter ut i rør på tørr sone og gjennom dysene for å produsere vannspray som kjøler ned branngasser og forhindrer overtenning på loftet. I tillegg vil vannsprayen kontrollere eller slokke brannen utvendig.

Vedlikehold

Dysene må behandles forsiktig før, under og etter installasjonen. Dyser som er skadet på noen måte, skal erstattes. Dysene skal ikke males, overflatebehandles eller forandres på. Det vises ellers til FDV-dokumentasjonen som medfølger det automatiske slokkeanlegget.

Garanti

Se Prevent Systems prisliste eller kontakt Prevent Systems direkte.

Teknisk Support

Prevent Systems AS
Fåberggaten 126
N-2615, Lillehammer
Norway

Tel: +47 612 60909

E-mail: post@prevent-systems.no

Web site: www.prevent-systems.no

Vedlegg 4 – Datablad fra VID Fire-Kill

Datasheet Facade Protection System Model: FACADE



Description

The VID Fire-Kill Low Pressure Water Mist System Model Facade is a system utilizing very small open water mist nozzles integrated in stainless steel pipes designed specifically for the protection of facades. The system can however also function as a water curtain in openings not higher than 7m.

Besides saving water, the system is designed to blend into the building structure for esthetic appearance. The design does further save cost on fittings as well as reduces the risk of getting impurities into the pipe when installing the system.

Design

The system being a deluge system needs a control valve and electrical detection system. VID Fire-Kill recommends the use of a fast and reliable detection system which can locate the fire independent of wind and other such external impacts. Such method could be approved flame detectors. VID Fire-Kill further recommends the use of control deluge valves designed for watermist systems.

As the system is a deluge system, it can be zoned up in smaller zones to reduce the total amount of water needed as well as to reduce the amount of water which is sprayed into the application in case of fire. Each zone shall be minimum 6m long and the full height of the facade (up to 7m height per system), and the system shall be designed so minimum two zones can operate at the same time. The water supply shall be able to supply water for minimum 30 min, or the specified time required from the AHJ.



General Stats	
System Type	Model FACADE
Minimum water pressure (bar)	5 bar
Maximum working pressure (bar)	16 bar
K-factor 6m pipe (metric (l/t/√bar))	25.8 l/min/bar ^{0.5}
Flow 6m pipe (L/min)	57.69 l/min
Drop size	DV ₉₀ < 300 μm
Application	
Coverage Area under Model FACADF	2-2.5m from wall measured 7m below (see drawing A)
Wall height	1.5 m – 7 m
Wall Length	Unlimited
System Stats & Dimensions	
Standard Pipes	6m AISI316L ø28x1.2mm with open ends for press fitting connections. 6 installation holes each with M10x1mm female thread.
Standard nozzles	6 nozzles model 32-45A each with a M10x1mm male thread.
Hydraulic System	
Water density on a 5m wall	1.92 l/min/m ²
Water density on a floor	9.62 l/min/m ²
Design area and system operation time	Minimum 2 zones each minimum 6m long, and minimum 30 min operation time.
Related Products	
Name	Model
Nozzle Extensions (For hidden applications)	Custom length & ø12x1.5 mm (see drawing B)
Zone Control valve	Model C-EL
Flame detector	Model Deflametec

Datasheet
Facade Protection System
Model: FACADE

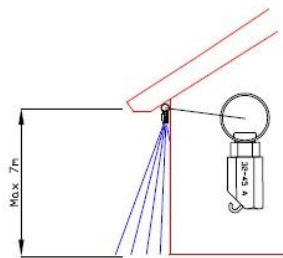


The system is supplied in 6 meter length stainless steel pipes with 6 prefabricated installation holes (Thread type M10x1) positioned 0.5m from each pipe end and with 1m between them on the pipes. The pipes can be supplied in the dimensions found to be appropriate for the installation. In each installation hole a Model 32-45A nozzle is installed positioned downwards. Each nozzle has a metric k-factor of 4.3 and work with a minimum pressure of 5 bar. The nominal flow rate per meter Model FACADE is therefore 9.61 l/min. The final design shall always undergo a hydraulic pressure loss calculation determining the project flow and pressure needed.

In case of 2 zones of each 6m length and 5 m height, and required 30 min operation time, the water supply shall be able to deliver a minimum of 3162 liter at nominal pressure.

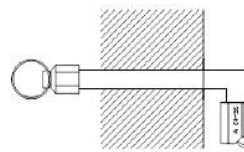
Installation

The system pipes can be positioned where the roof and wall meets, and the nozzles shall be positioned downwards with the hook pointed away from the wall.



Drawing A – position on wall

The nozzles can be installed directly on the pipes, but can also be installed on extension pipes, provided by VID Fire-Kill, so the main stainless steel pipe can be installed indoor and only the nozzles outdoor for a more esthetical expression.



Drawing B – Extension kit installation

Other requirements found in local watermist codes such as NFPA 750, CEN/TS 14972, etc. and not mentioned here, shall be followed together with the VID Fire-Kill requirements.

Approvals

The Model FACADE is an extension of the well tested VID Fire-kill Model APS systems designed to protect atriums and other such applications, which has been tested in accordance with DFL TM 70111-04, developed in accordance with CEN/TS 14972, appendix B and tested in an ISO 17025 accredited fire test laboratory.

Datasheet
Facade Protection System
Model: FACADE



Caution

The Model FACADE System consists of fragile components and should be handled with care as not to compromise any of the components.

Dropped or otherwise damaged nozzles should not be installed.

Contact

For further information on the FACADE Systems or similar products, please contact our sales department at Sales@vidaps.dk



Vedlegg 5 – Datablad for brannslange

mandals Guardman

SINCE 1775



Mandals Guardman is a high quality fire hose made from a blend of nitrile rubber and PVC.

Mandals Guardman is a fully extruded hose where the rubber blend has been extruded through the circular woven polyester jacket, ensuring exceptionally good bonding and no delamination.

After extrusion, the hose is vulcanized and hydro tested. The hose is designed to absorb the pressure increase by swelling rather than stretching. This means increased diameter under pressure and reduced friction loss.

The special rubber blend renders Mandals Guardman light and pliable with no adverse effects on operability all the way from +75°C down to -30°C. Intermittent use up to +80°C. The rubber blend has added UV barrier to prevent damage to the rubber from UV radiation. It can tolerate most low aromatic oil products as well as commonly used chemicals.

Mandals Guardman has been chosen by the most demanding of customers over the years. Offshore oil rigs and installations in the Norwegian North Sea sector has standardized on this firehose. So has also international shipping – a proof of quality in the most demanding of markets. Mandals Guardman has been approved by a large number of national authorities and has obtained the maritime “wheel – mark” certification.

Tested in accordance with

- NS 4016 – 4018
- SS 2840
- DIN 14811
- NEN 2242
- BS 6391 type 3

Standard lengths

- 15 – 20 – 25 – 30 – 60 meters
- 50 – 75 – 100 – 200 ft.

Lengths up to 200 meters on request.

Technical Data

Inner Diameter		Wall Thickness		Weight		Burst Pressure	
inch	mm	inch	mm	lbs/ft	kg/m	psi	bar
1	25,4 +1,6	0,10	2,5	0,17	0,26	1500	100
1 1/2	38,0 +1,6	0,09	2,2	0,20	0,30	800	55
1 2/3	42,0 +1,6	0,09	2,2	0,21	0,32	800	55
1 3/4	45,0 +1,6	0,09	2,2	0,25	0,37	725	50
2	51,0 +2,0	0,09	2,2	0,25	0,38	725	45
2 1/2	65,0 +2,0	0,09	2,2	0,35	0,53	650	45
3	76,0 +2,0	0,10	2,6	0,49	0,73	650	45
3 1/2	90,0 +2,0	0,11	2,8	0,67	1,00	580	40
4	102,0 +2,5	0,11	2,7	0,72	1,07	525	36
6	150,0 +3,0	0,12	3,0	1,14	1,70	525	36

To obtain maximum lifetime for the hose, it is recommended that actual Working Pressure does not exceed 1/3 of the above listed values.



Vedlegg 6 – Oppsett for vann- og gass-system

Vannsystem:

1. Fra uttak – 4 m slange med diameter 34 mm
2. Nor-kupling (Lock 1) mellom 4 m slange med diameter 34 mm og 25 m Mandals Guardman flatslange med diameter 45 mm (1 3/4")
3. Nor-kupling (Lock 1) mellom 25 m Mandals Guardman flatslange og bensindrevet Homelite 67 GMP centrifugal 1 1/2" trykkpumpe.
4. Nor-kupling (Lock 1) mellom bensindrevet trykkpumpe og ny 25 m Mandals Guardman flatslange med diameter 45 mm (1 3/4")
5. Nor-kopling (Lock 1) mellom 25m Mandals Guardman flatslange og Spanner Pollux GMBH vann- og trykkmåler.
6. Nor-kopling (Lock 1) mellom Spanner Pollux GMBH vann- og trykkmåler og 6 m slange med diameter 34 mm
7. Claw-kupling mellom 6 m slange med diameter 34 mm og rør med påmontert vanntåkedyse.

Vanntåkedyser:

1. Prevent Systems - Prev5osw automatisk lavtrykk vannspraydyse
2. VID - Fire-Kill Low Pressure Water Mist System Model Facade-dyse

Gass-system:

1. To 25 kg gassbeholdere med propan koblet via slange til en GOK trykkregulator (art.no 51 033-00)
2. GOK trykkregulator koblet via slange til Brooks Low Flow glassrørsflowmeter
3. Brooks glassrørsflowmeter via slange til forbrenningskar