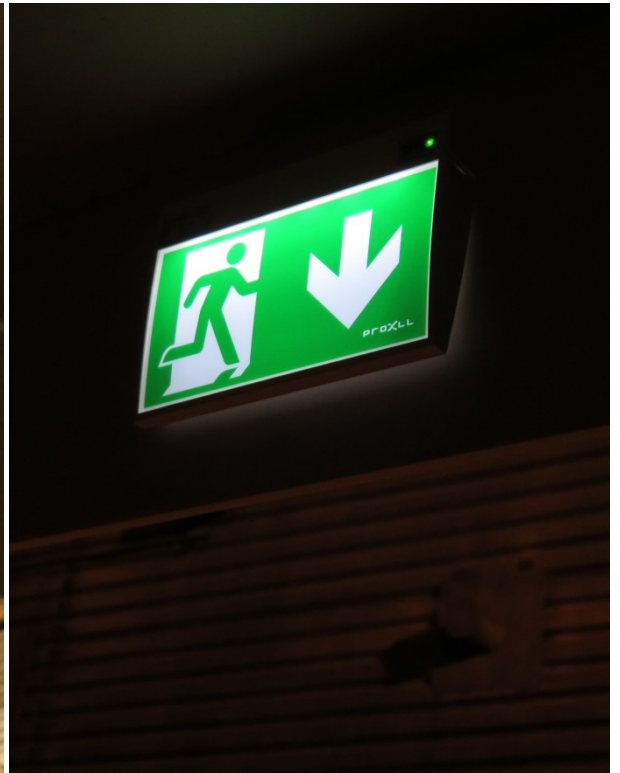


Studie av synlighet til høytmonterte markeringsskilt i brannrøyk

SP Fire Research AS



Studie av synlighet til høytmonterte markeringsskilt i brannrøyk

VERSJON

1

DATO

2015-03-10

NØKKELOD:Markeringsskilt
Brannrøyk
Høytmontert
Synlighet

FORFATTER(E)

Ragni Fjellgaard Mikalsen

OPPDRAGSGIVER(E)

TekØk Rådgivning AS

OPPDRAGSGIVERS REF.

Geir Drangsholt

PROSJEKTNR

20095

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

22 + 3 vedlegg

PRØVEOBJEKT

Høytmonterte markeringsskilt, ett elektrisk og ett etterlysende

PRØVEOBJEKT MOTTATT

2014-12-10

PRØVESTED

SP Fire Research AS

PRØVEDATO

2014-12-12 og 2014-12-17

SAMMENDRAG

Målet for prosjektet er å undersøke synlighet til høytmonterte markeringsskilt i brannrøyk.

Dette ble dokumentert gjennom en forsøksserie på to forsøk. Forsøkene ble utført i et hybel/ korridoroppsett hvor ett etterlysende og ett elektrisk markeringsskilt ble montert høyt i hver sin ende av korridoren utenfor startbranncellen. Forsøksserien innebar utløsning av optisk røykvarsler og sprinkleranlegg i hybel/ korridoroppsettet.

Skiltenes synlighet ble vurdert kvalitativt gjennom observasjon og videoopptak. Brannrøykens sjikting og tetthet ble vurdert ut fra optisk måling av røytetthet, samt observasjoner av synlighet til høyde- og dybdemarkeringer i rommet.

Resultatene indikerer at høytmonterte markeringsskilt kan være synlige i lett, lys, ikke-tubulent brannrøyk, men at tettere, mørkere og turbulent brannrøyk kan på kort tid føre til at høytmonterte markeringsskilt ikke lengre er synlige.

Prøveresultatene gjelder kun de objekter som er prøvd.

UTARBEIDET AV

Ragni Fjellgaard Mikalsen

SIGNATUR

GODKJENT AV

Karolina Storesund

SIGNATUR

RAPPORTNR.

SPFR A15-20095-1

GRADERING

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
1	2015-03-10	Versjon 1 fra SP Fire Research AS

Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse	3
1 Innledning	3
1.1 Oppsummering	3
1.2 Mål	3
1.3 Metodekritikk	3
2 Forsøksoppsett	4
2.1 Store forsøkshall ved SP Fire Research	4
2.2 Hybel- og korridoroppsett	4
2.3 Montering av markeringsskilt	5
2.4 Høyde- og dybdemarkører	7
2.5 Optisk måling av røyktetthet	7
2.6 Visuelle observasjoner	8
2.7 Annen info om forsøksoppsettet	8
3 Forsøkgjennomføring	9
4 Resultater	10
4.1 Brannforløpets varighet og spredning	10
4.2 Forsøk 1- observasjoner og registreringer	11
4.3 Forsøk 2- observasjoner og registreringer	15
4.4 Røykens tetthet og fordeling i korridoren, sammenligning av forsøk 1 og forsøk 2	20
5 Diskusjon og konklusjon	21
5.1 Vurdering av synlighet til høytmonterte markeringsskilt i brannrøyk	21
5.2 Forslag til videre arbeid	21
6 Referanser	22
A Bilder av forsøksoppsettet	
B Bilder fra forsøkene	
C Resultater fra observasjoner av høyde- og dybdemarkører	
D Skjema for utfylling under forsøk	

Forsidefigur:

Etterlysende og elektrisk markeringsskilt montert på vegg over korridoråpning i forsøksoppsett.

Foto: SP Fire Research AS

1 Innledning

1.1 Oppsummering

På oppdrag fra TekØk Rådgivning AS, har SP Fire Research AS (SPFR) gjennomført to brannforsøk i en fullskalamodell (1:1 modell) av et hybel/ korridoroppsett, hvor ett etterlysende og ett elektrisk markeringsskilt ble montert høyt i hver sin ende av korridoren utenfor startbranncellen.

Begge forsøkene innebar utløsning av optisk røykvarsler og sprinkleranlegg. Det ene forsøket ble gjennomført med hele sprinkleranlegget aktivt i korridor og hybel, mens den andre ble gjennomført med deaktivert sprinkler i hybelen.

I forsøkene er det brukt brensel som gav reell brannrøyk, ut fra en brannlast som regnes som representativ for en hybel. Brenselet besto blant annet av tre, polyuretanskum og heptan. Det ble gjort visuelle observasjoner av brannrøyken og det ble gjort målinger av røyktettheten. Forsøkene ble også dokumentert gjennom video og fotoopptak.

Forsøkene ble utført samtidig med en parallell forsøksserie på oppdrag for en annen kunde, ref. rapport nummer SPFR A15101. Forsøkene ble gjennomført 12. og 17. desember 2014. Forsøkene ble bevitnet av Geir Drangsholt fra TekØk Rådgivning AS.

1.2 Mål

Målet for prosjektet er å undersøke synligheten til høytmonterte markeringsskilt i brannrøyk. Skiltenes synlighet skulle vurderes kvalitativt gjennom observasjon og videoopptak. Videre skulle brannrøykens sjikting og tetthet vurderes i den grad det var mulig, ut fra optisk måling av røyktetthet, samt observasjoner av synlighet til høyde- og dybdemarkeringer i rommet.

1.3 Metodekritikk

Det ble gjennomført to forsøk i denne forsøksserien. Antall forsøk er derfor for få for å kunne gi statistisk signifikante resultater, og må derfor ansees som en indikasjon på hva man kan finne i en større forsøksserie.

I forsøksserien stod observatørene i ro og så på synligheten til markeringsskiltene. En slik test av synlighet vil kun gi et bilde av hvordan observatørene oppfatter komponentenes utseende, belysningsstyrke og design. En test av funksjon, altså hvor fort en person beveger seg gjennom et bygg og finner veien, vil kunne gi innsikt i hvordan et system av komponenter vil kunne lede personer trygt og raskt til et sikkert sted. En funksjonstest er derfor bedre egnet enn en synlighetstest for å kunne vurdere slike systemer. I denne forsøksserien ble ikke dette gjort på grunn av at forsøksriggen var av begrenset størrelse, og at det kun ble gjennomført to forsøk.

I hver ende av korridoren stod det to observatører. Flere observatører kunne ha gitt en bedre sikkerhet i resultatene, og en mer nøyaktig gjennomsnittsverdi for de ulike observasjonene. Generelt er observasjoner gjort av folk subjektive, og kan påvirkes av mange faktorer. Observasjonene kan for eksempel påvirkes av i hvilken grad observatørene er vant til brannsituasjoner, samt om de er vant til denne typen observasjonsoppgaver.

Det ble gjort én optisk røykmåling per forsøk. Ideelt sett burde det ha blitt gjort én måling per korridorside, per forsøk. Dette ble ikke gjort ettersom det kun var én optisk røykmåler tilgjengelig. Dette gjør at det kun ble gjort måling i nærheten av ett skilt per forsøk, og at skiltet på motsatt side dermed kan ha hatt noe andre røykforhold enn det den optiske målingen viste.

I forsøkshallen var det ujevn belysning. Viftene i forsøkshallen var slått av under forsøkene, men det kan likevel ha vært trekkforhold som kan ha påvirket røykfordelingen i korridoren. Både belysning og trekk er forhold som kan ha påvirket de visuelle observasjonene av røykens fordeling og tetthet i korridoren.

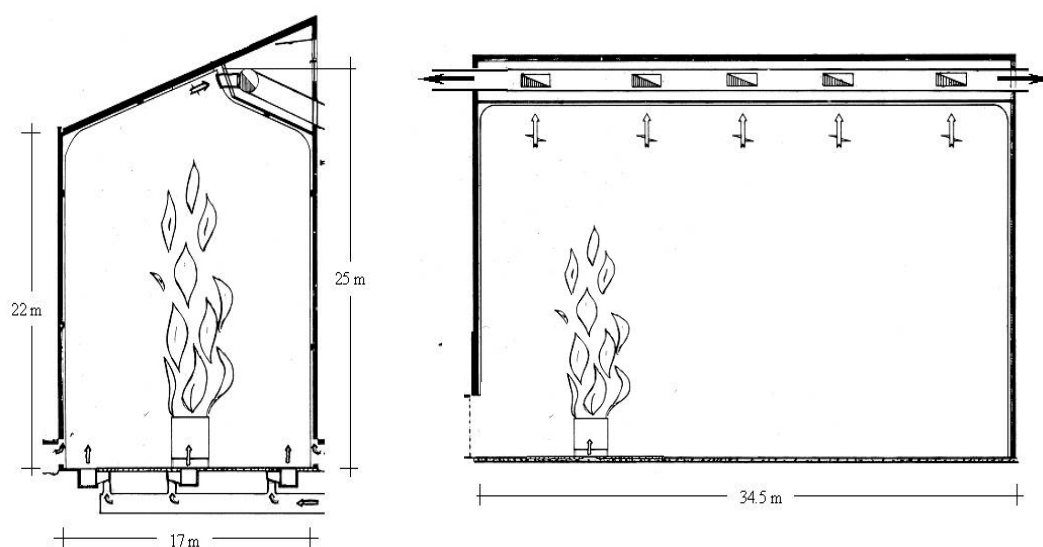
Som beskrevet nærmere beskrevet i avsnitt 2.3, ble det byttet side på markeringsskiltene i forsøk 1, i forhold til i forsøk 2. Dette for å forsikre at eventuelle trekkforhold i forsøkshallen ikke påvirker synligheten til ett skilt mer enn det andre. Det gav også mulighet for å kvantifisere røyktettheten nær skiltet med den ene optisk røykmålingen som ble gjort per forsøk. Observatørene forble på samme side i begge forsøk, for å unngå at ulike lys, kontrast og trekkforhold skal ha påvirket de visuelle observasjonene mellom forsøkene. Likevel kan det tenkes at byttet kan ha påvirket observasjonene som ble gjort, ettersom at observatørene ikke så på det samme skiltet i forsøk 1 og forsøk 2.

Det kunne med fordel ha blitt satt opp et videokamera som dokumenterte forsøksoppsettet fra siden, for å dokumentere røykfordelingen gjennom korridoren, altså hvorvidt røyken trakk mot en retning.

2 Forsøksoppsett

2.1 Store forsøkshall ved SP Fire Research

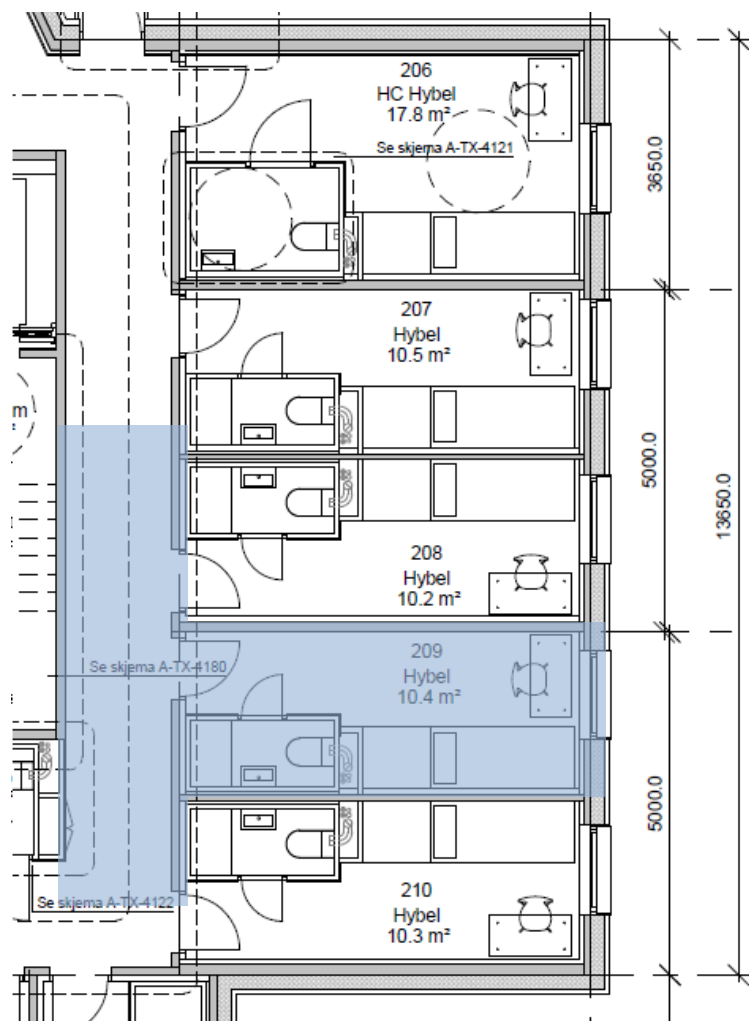
Forsøkene ble gjennomført inne i store forsøkshall ved SP Fire Research, Trondheim. Forsøkene ble gjennomført med ventilasjonssystemet avstengt. En skjematisk oversikt over hallen er presentert i Figur 2-1.



Figur 2-1: Oversikt over dimensjoner og ventilasjon for store forsøkshall ved SP Fire Research AS. Ventilasjonen i hallen var avstengt under forsøkene.

2.2 Hybel- og korridoroppsett

Forsøksoppsettet bestod av en kopi av en hybel med tilliggende korridor utenfor. Korridorens totale lengde var 7,5 m med lik avstand til hver korridoråpning fra dør inn til hybelen. Korridoren var 136 cm bred. Takhøyden i hybelen og korridoren var 280 cm. I korridoren var himlingen nedsenket til 220 cm. På grunn av den parallelle forsøksserien var det ikke mulig å montere dører i endene av korridoren, det ble derfor montert et 30 cm «skjørt» ned fra taket i hver ende av korridoren for å representere dørhøyde. Forsøksoppsettet er uthevet på etasjetegningen i Figur 2-2 og illustrert i Figur 2-3 og Figur 2-4. Bilder fra hybel- og korridoroppsettet er gitt i vedlegg A.



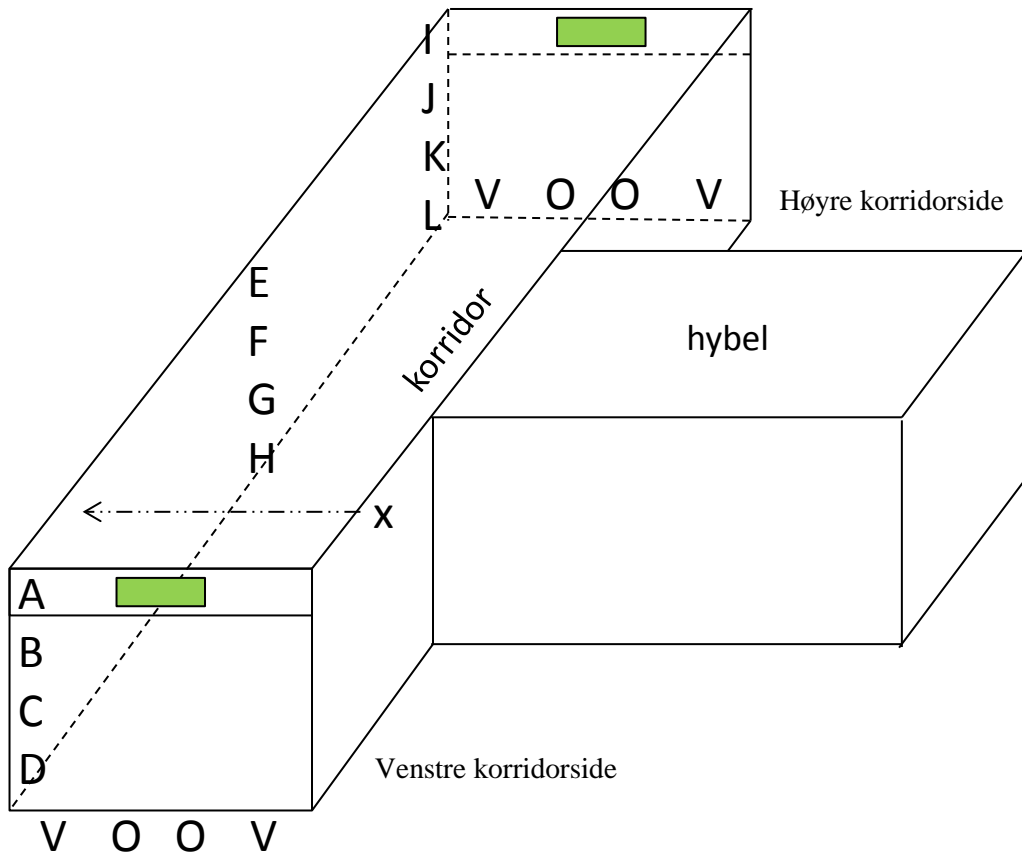
Figur 2-2 Utsnitt av etasjetegning for hybel/ korridoroppsett. Forsøksoppsettet er skravert på tegningen.

2.3 Montering av markeringsskilt

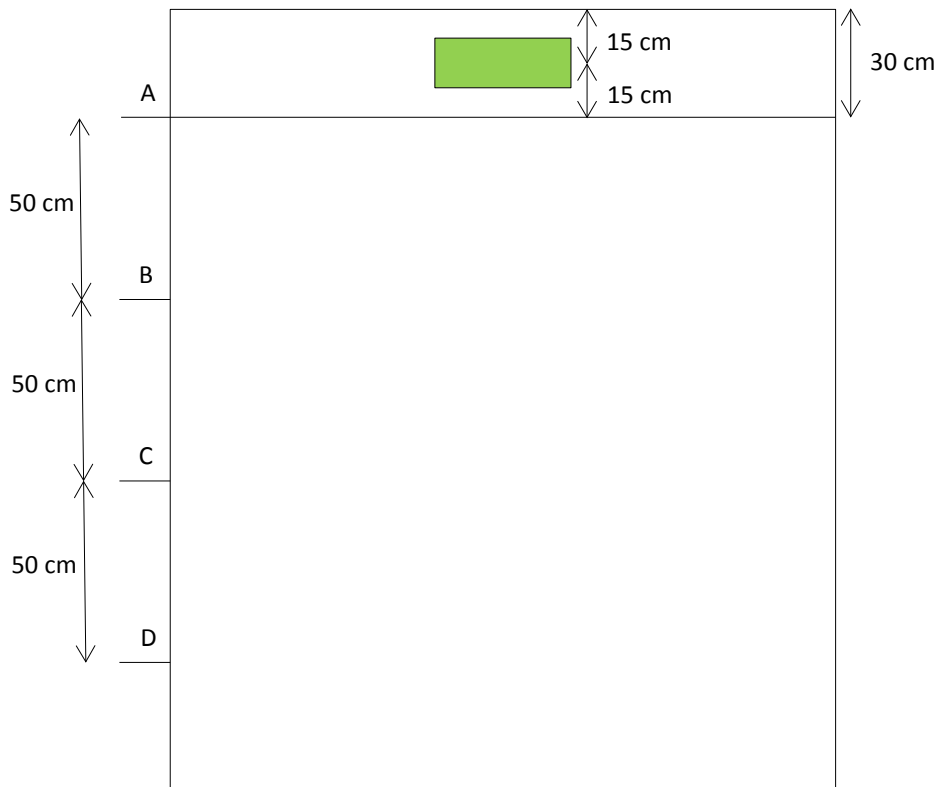
Det ble montert ett markeringsskilt i hver ende av korridoren. Markeringsskiltene ble montert på «skjørtet» ned fra taket, tilsvarende markeringsskilt montert på vegg over en døråpning. Skiltene ble montert sentrert på «skjørtet», slik illustrert i Figur 2-3. Avstanden fra dør inn til startbranncellen var den samme for begge skilt. Figur 2-3 og Figur 2-4 viser en illustrasjon av forsøksoppsettet. Bilder av markeringsskiltene ferdig montert er å finne i vedlegg A.

Det elektriske markeringsskiltet ble montert og koblet til strøm dagen før forsøk. Det etterlysende markeringsskiltet ble montert ca. 10 minutter før forsøksstart. Før dette lå det etterlysende markeringsskiltet til lading. Markeringsskiltene ble ladet og montert i henhold til instruksjer gitt fra kunden.

Det etterlysende markeringsskiltet var montert over korridoråpning på venstre korridorside i forsøk 1, og på motsatt ende av korridoren i forsøk 2. Det elektriske markeringsskiltet var montert over korridoråpning på høyre korridorside i forsøk 1 og i motsatt ende av korridoren i forsøk 2. Dette for å forsikre at eventuelle trekkforhold i forsøksoppsettet ikke påvirket synligheten til ett skilt mer enn det andre. Det gav også mulighet for å kvantifisere røyktheteten nær skiltet med en den ene optisk røykmålingen som ble gjort per forsøk, som beskrevet i avsnitt 2.5.



Figur 2-3: Illustrasjon av forsøksoppsett, inkludert markeringsskilt (grønne rektangler), høyde- og dybdemarkeringer A-L, optisk måling av røykthet (x/pil), observatører (O) og videoopptak (V). Merk at avstander i illustrasjonen ikke er skalert til virkelige mål.



Figur 2-4: Illustrasjon av plassering av markeringsskilt og høyde-dybdemarkeringer. Merk at avstander i illustrasjonen ikke er skalert til virkelige mål.

2.4 Høyde- og dybdemarkører

For å kunne kvantifisere de visuelle observasjonene av røyksjikking og -tetthet i korridoren, ble det tegnet opp 4 cm x 20 cm hvite og sorte markører på den ene korridorveggen. Markørene ble tegnet opp i fire høyder. Den høyeste var plassert i flukt med nedre kant av dør-«skjørtet», det vil si i dørhøyde 30 cm ned fra tak. De påfølgende markeringene nedover veggen var plassert med en senter til senter avstand på 50 cm. Det ble plassert markører på tre steder i korridoren, alle på den samme veggen. Markører A-D og I-L var plassert ved korridoråpningene, 30 cm inn i korridoren. Markører E-H var plassert sentrert i korridoren, midt ovenfor døra inn til startbranncella. Figur 2-5 og Figur 2-6 viser bilder av markørene, Figur 2-3 og Figur 2-4 viser en illustrasjon av markørenes plassering.



Figur 2-5: Høyde og dybdemarkører, tegnet opp i fire høyder og tre dybder på korridorveggen. Bildene viser markører A-D (venstre bilde), markører E-H (senterbilde) og markører I-L (høyre bilde).



Figur 2-6: Detaljbilde av en høyde- og dybdemarkør.

2.5 Optisk måling av røyktetthet

Det ble gjort en kontinuerlig optisk måling av røyktettheten i hvert forsøk. Utstyret som ble brukt til dette er en lasermåler (NBL 633), et system bestående av en rød laser, 1 mW halvleder, detektor og speil. Lasermåleren er kontrollert mot en referanse av kalibrerte glass med 0%, 50%, 78.9% og 90% lysdemping. Usikkerheten i målingene estimeres til pluss/minus 5%. Røyktettheten ble målt som prosentvis lysdemping av laserstrålen på tvers av den 136 cm brede korridoren.

Målingen var plassert i samme høyde som senter på markeringsskiltet, det vil si 15 cm ned fra taket. Målingen ble gjort på tvers av venstre korridorside, 1 meter fra korridoråpningen. Det ble

gjort én kontinuerlig optisk måling per forsøk. Plasseringen til den optiske målingen vises i illustrasjonen i Figur 2-3.

2.6 Visuelle observasjoner

I hver av forsøkene stod det to observatører på hver side av korridoren. Disse stod rett utenfor korridorens åpning, se plassering angitt i Figur 2-3. Observatørene hadde som hovedoppgave å observere synligheten til markeringsskiltet som var montert i andre enden av korridoren i forhold til der de selv stod i løpet av forsøket. Avstanden fra observatør til markeringsskilt var følgelig ca. 7,5 meter. I tillegg til markeringsskiltene synlighet skulle observatørene se på brannrøykens utseende, fordeling og tetthet. Det ble brukt et skjema for utfylling under forsøket, alle observatører hadde det samme skjemaet, se vedlegg C.

I skjemaene skulle observatørene fylle inn tidspunkt for følgende observasjoner:

- Markeringsskiltets piktogram ikke lengre synlig
- Markeringsskiltet ikke lengre synlig
- Markeringsskiltets lys/glød ikke lengre synlig
- Høyde- og dybdemarkeringer A-L ikke lengre synlige
- Høyde- og dybdemarkeringer A-L kom til syne igjen
- Røykvarsler utløst
- Sprinkler utløst

I tillegg inneholdt skjemaet mulighet for å fylle inn følgende:

- Notater om brannrøyken (farge, effekt av sprinkler, tetthet, turbulens)

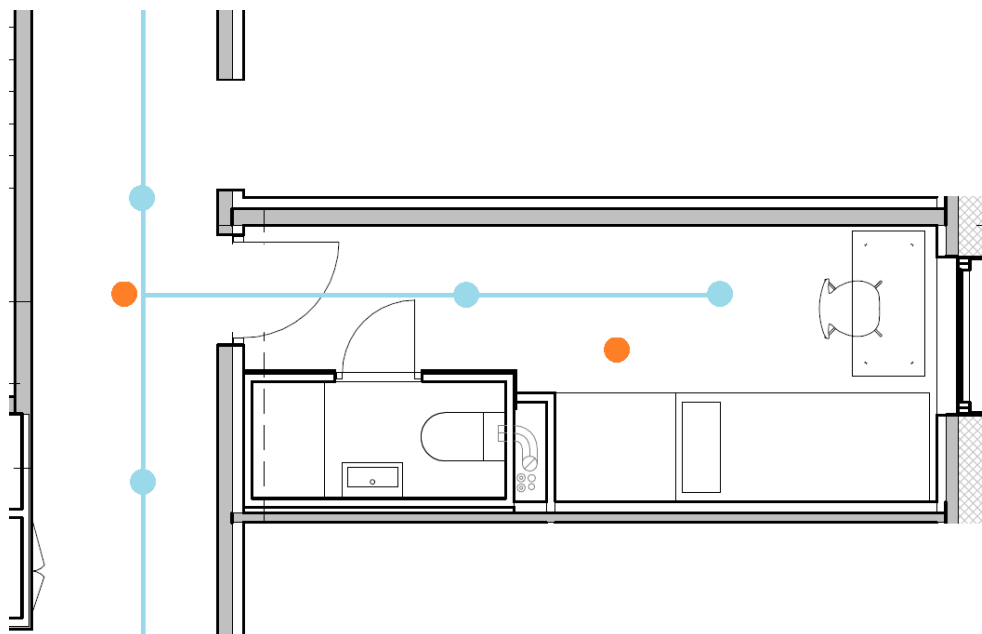
Observatørene var mellom 170-180 cm høye. Tre av observatørene hadde ikke nedsatt syn. En av observatørene hadde en svak synsnedsetting, som under forsøkene var korrigert ved bruk av linser.

Det ble gjort videoopptak av forsøkene, i HD-videokvalitet. Det var plassert ett videokamera i krypehøyde (60 cm over bakken), og ett videokamera i ståhøyde (165 cm over bakken), rett utenfor hver av korridoråpningene. Videokameraene var rettet mot markeringsskiltet i andre enden av korridoren, og var zoomet helt ut. Plassering av videokameraene er angitt i Figur 2-3.

2.7 Annen info om forsøksoppsettet

Det var montert en optisk røykvarsler av typen Deltronic PHR-1211 i hybelen og en i korridoren som vist på Figur 2-7. Røykvarsleren ble ikke benyttet aktivt til annet enn varsling. Røykvarslerne ble i denne studien brukt kun som en indikator på røykutviklingen i forsøksoppsettet.

Det var montert sprinkleranlegg i forsøksoppsettet. Sprinkleranlegget ble installert i henhold til NS-EN 12485 OH1 sprinkler[4]. Det var installert 2 sprinklerhoder i hybelen, 2 sprinklerhoder i korridoren under himlingen og 2 sprinklerhoder i korridoren i taket over himlingen. Dysene hadde et vanntrykk på 46,7 l/min. En oversikt over plassering av dysene og røykvarslerne er vist på Figur 2-7.



Figur 2-7 Oversikt over plassering av sprinklerhoder i blått. I korridoren er det sprinklerhoder både over og under himlingen i samme posisjon. Avstanden mellom dysene er 3 m. De oransje merkene viser hvor røykvarslerne var plassert.

Brenselet som ble brukt i forsøksoppsettet var plassert inni hybelen. En typisk brannlast i en hybelleilighet inkludert fast og variabelt inventar ble representert som angitt i Tabell 2-1. Brenselet som ble brukt gav reell brannrøyk, noe som er verd å merke seg ettersom at det i enkelte studier brukes teaterøyk eller lignende i stedet for reell brannrøyk.

Tabell 2-1: Oversikt over type og mengde brensel som ble brukt under forsøkene.

Brensel	Brannlast	Antall	Sum brannlast
Skumgummi madrass ¹	170 MJ/stk	4 stk	680 MJ
Pult av tre	17,5 MJ/kg	28,4 kg	497 MJ
Seng av tre	17,5 MJ/kg	23,6 kg	413 MJ
Heptan	30 MJ/L	5 l	150 MJ
Europaller av tre	394 MJ/stk ²	12 stk	4728 MJ
Trekrybber ³	112 MJ/stk	20 stk	2240 MJ
SUM			8708 MJ

3 Forsøksgjennomføring

Forsøk 1 ble gjennomført med aktivert sprinkler i hybel og korridor. Karet med 1 liter heptan som var plassert under pulten i hybelen (arnestedet) ble antent samtidig som klokken ble startet. Den optiske røyktetthetsmålingen ble startet samtidig som klokken ble startet. Tiden det gikk før hver enkelt røykvarsler og sprinklerhode løste ut ble notert. Observasjoner omkring synligheten til markeringsskilt, samt høyde- og dybdemarkeringer i korridoren ble notert. Observasjoner omkring brannrøyken ble notert. Sprinkleranlegget ble skrudd av og resterende flammer ble slukket manuelt ved hjelp av brannslange etter at brannen var tilstrekkelig begrenset. Forsøket regnes som avsluttet når alle synlige flammer var slukket.

¹ Madrassen var i henhold til spesifikasjonene i IMO Res. 265(84) [1].

² Gjennomsnittlig vekt 22,5 kg/palle og 17,5 MJ/kg.

³ Krybbene var laget tilsvarende de i IMO 1165 og FM 5560 G og en krybbe veide 6,4 kg [2], [3].

Forsøk 2 ble gjennomført med deaktivert sprinkler i hybelen, og aktivert sprinkler i korridor. Karet med heptan under pulten ble antent på samme måte som i forsøk 1 og klokkene ble startet ved antennelse. Den optiske røyktetthetsmålingen ble startet samtidig som klokkene ble startet. Det ble gjort notater tilsvarende som i forsøk 1 under forsøk 2.

Forsøket var forutsatt avsluttet når brannen slukket av seg selv, eller når flammene står ut av korridoråpningene.

I begge forsøkene var døra inn til hybelen satt i åpen stilling ettersom dette er antatt å være det verste scenarioet. En lukket dør vil kunne hindre brannspredning ut til korridoren for en begrenset periode. I forsøk 1 var vinduet i hybelen dekket til av plater på innsiden, for å hindre at det ble ødelagt, noe som ikke var ønskelig med tanke på gjennomføring av forsøk 2. I forsøk 2 var vinduet i hybelen ikke dekket til.

4 Resultater

Resultater fra forsøkene er gitt i dette kapittelet. Alle tidfestede observasjoner og registreringer fra forsøkene er oppsummert i figurene på side 13-14 og 18-19. Observasjoner fra ett forsøk, sett fra én korridorside er angitt i én figur. Grafen i hver figur viser røyktettheten som funksjon av forsøksstid. Røyktettheten er angitt i prosent lysdemping på tvers av venstre korridorside. Tidfestede hendelser er markert inn i figurene. Figurene inneholder også noen bilder hentet fra videoopptak, som illustrerer hvordan korridoren så ut på de ulike tidspunktene. Resultatene er presentert i tabellform i hvert avsnitt. Andre observasjoner fra forsøket er beskrevet i avsnittene under hver tabell. Bilder fra ulike tidspunkt i forsøkene, tatt av videokamera både i stå- og i krypehøyde er å finne i vedlegg B.

4.1 Brannforløpets varighet og spredning

I forsøk 1 utløste sprinkleranlegget inne i hybelen. Det ble ikke registrert flammer ut i korridoren. Brannen viste ikke tegn til å avta i løpet av forsøket. Etter 9 minutter ble brannen manuelt slukket. Dette ble gjort for at det skulle være mulig å gjennomføre forsøk 2 i forsøksserien.

I forsøk 2 var sprinkleranlegget i hybelen stengt av. Sprinkleranlegget under himling i korridoren løste ut (sprinkleranlegget over himling løste ut etter at dette forsøket var avsluttet). Det ble registrert flammer ut av hybelen til korridoren, og videre ut fra korridoråpningene. Vinduet knuste etter 5:45 minutter, noe som gav mer enn nok lufttilgang til å underholde brannen gjennom et fullstendig brannforløp. Dette forsøket ble avsluttet da det stod stikkflammer ut av begge korridoråpningene.

4.2 Forsøk 1- observasjoner og registreringer

Figur 4-1 og Figur 4-2 på side 13 og 14 gir en grafisk fremstilling av observasjoner og registreringer fra forsøk 1. Merk at det er samme graf som er brukt i begge figurer, da det kun ble gjort én måling av røyktetthet per test, på tvers av venstre korridorside. Resultatene er presentert i tabellform i Tabell 4-1. Bilder fra forsøkene, hentet fra videoopptak i stå- og krypehøyde i begge ender av korridoren er vist i vedlegg B.

Tabell 4-1: Forsøk 1- Oversikt over hendelser observert i forsøk 1 og tidspunkt for hendelsene. Tidsintervaller er angitt der observatørene har oppgitt ulike tider. Røyktettheten, som er målt ved optisk måling, er angitt for de ulike tidspunktene.

Hendelse	Tidspunkt	Røyktetthet på tidspunktet [%lysdemping]
Forsøksstart	0:00	-1% *
Røykvarsler i hybelen aktiveres	1:06	-2% *
Røykvarsler i korridoren aktiveres	1:10	-2% *
Sprinkler nærmest brannen i hybel løser ut	1:59	39%
Hvit røyk observeres ut gjennom korridoråpning	2:11	57%
Etterlysende markeringsskilt: Piktogram ikke lengre synlig	2:40	90%
Etterlysende markeringsskilt: Skilt ikke lengre synlig	2:36-2:43	86-90%
Etterlysende markeringsskilt: Lys/glød ikke lengre synlig	2:37-2:50	87-92%
Maks røyktetthet	3:12	97%
Etterlysende markeringsskilt: Skilt, inkludert piktogram synlig igjen.	4:07-4:13	92-93%
Sprinkler stengt av	9:00	80%
Resterende brann slokkes	9:30	82%
Observering avsluttes, forsøket er avsluttet	11:08	90%

* Den negative verdien skyldes usikkerheten i målingene, som estimeres til pluss/minus 5%.

Visuelle observasjoner som ble notert under forsøk 1:

Røyken beskrives som hvit i starten av forsøket, deretter lys grå til grå. Røyken beskrives som gjennomskiktig. Det var tydelig sjikting av røyken, den var tettest ca. 30 cm ned fra taket. Røyken ble mer voluminøs etter at sprinkler løste ut, så ble sjiktingen etter hvert svakere, men fortsatt til stede, da ca. 60 cm ned fra tak. En observatør som stod ved venstre korridoråpning noterte at røyken ble mer optisk tett rett før eller i samme tidsområde som sprinkler i hybel løste ut. En observatør som stod ved høyre korridoråpning noterte at røyken ble mindre tett da sprinkler løste ut. Røykspredningen i rommet beskrives som laminær, uten nevneverdig turbulens i røyken.

Det etterlysende markeringsskiltet var ikke lengre synlig for observatørene, ved tidspunkt som angitt i Tabell 4-1.

Det elektriske markeringsskiltet var synlig for observatørene gjennom hele forsøket.

Observasjoner hentet fra bilder og videoopptak under forsøk 1:

Det var en tydelig røyksjikting av lys grå røyk under taket i korridoren i starten av forsøket. Etter hvert ble røyken tettere og mørkere, fremdeles med tydelig røyksjikting.

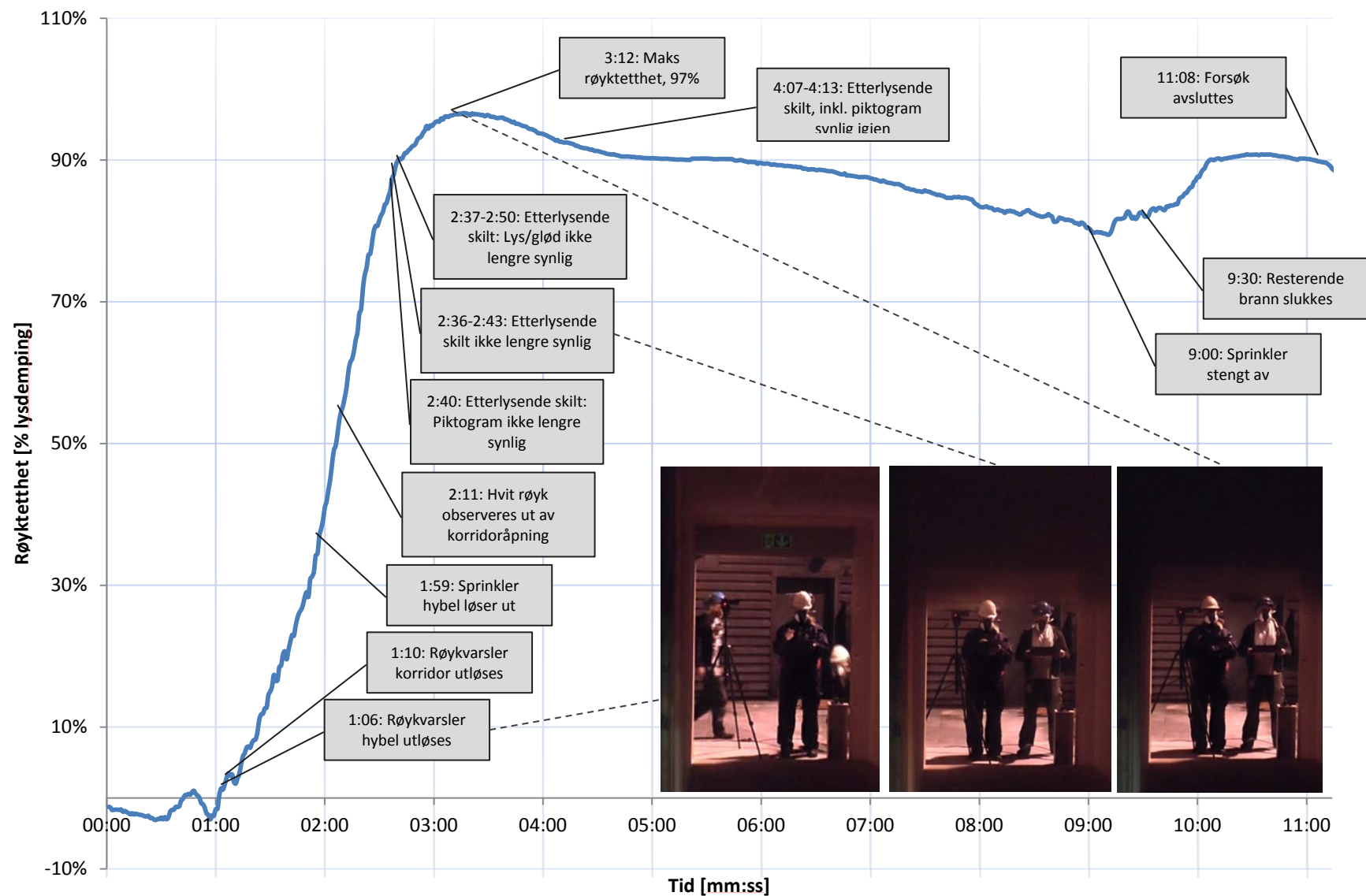
Videoopptakene gjort i ståhøyde er sammenlignet med de visuelle observasjonene. Tidspunktene da det etterlysende skiltens piktogram, selve skiltet og skiltets glød/lys ikke lengre var mulig å se er sammenlignet med de visuelle observasjonene. Det menneskelige øye klarte å se skiltene ca. et halvt til ett minutt lengre enn det linsa i videokameraet klarte å oppfange. Det elektriske markeringsskiltet var synlig for både det menneskelige øye og linsa i videokameraet gjennom hele forsøket.

På videoopptakene i krypehøyde er begge typer skilt synlige gjennom hele forsøket, også på tidspunktet for maks røyktetthet.

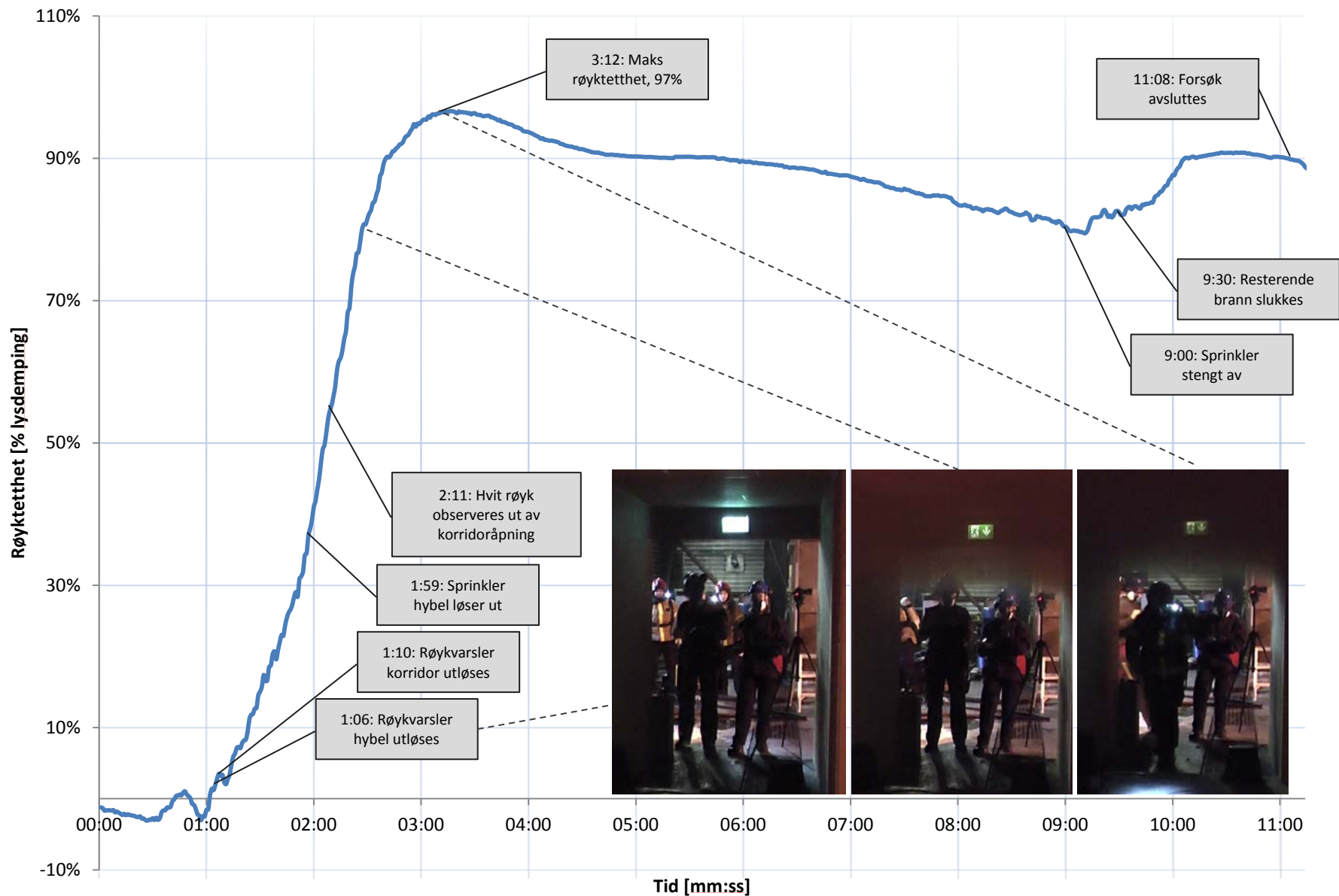
Bilder fra forsøket er å finne i vedlegg B.

Røykfordeling under forsøk ut fra høyde- og dybdemarkører i forsøk 1:

Markørene A og I, som satt høyest oppe, nærmest korridoråpningene var ikke lengre synlig på ca. samme tidspunkt, sett fra de to korridoråpningene (2:12 og 2:22-2:43). Tidspunktet da markør E, plassert midt i korridoren og øverst på veggen, ikke lengre var synlig var det samme sett fra begge sider (3:05 sett fra vestre korridorside og 3:15 sett fra høyre korridorside). De resterende markørene var synlige gjennom hele forsøket. Nøyaktige tidspunkt for de ulike høyde- og dybdemarkeringene er gjengitt i tabellform i vedlegg C.



Figur 4-1 Forsøk 1: Tidsbestemte registreringer, samt observasjoner av det etterlysende markeringsskiltet er angitt i tekstbokser. Grafen angir røyktetthet målt på tvers av venstre korridorside, som prosent lysdemping som funksjon av forsøksstid. Et utvalg av bilder tatt fra høyre korridorside mot venstre korridoråpning er vist.



Figur 4-2: Forsøk 1: Tidsbestemte registreringer, samt observasjoner av det elektriske markeringsskiltet er angitt i tekstbokser. Grafen angir røyk tetthet målt på tvers av venstre korridorside, som prosent lysdemping som funksjon av forsøks tid. Et utvalg av bilder tatt fra venstre korridorside mot høyre korridoråpning er vist.

4.3 Forsøk 2- observasjoner og registreringer

Figur 4-4 og Figur 4-5 på side 18 og 19 gir en grafisk fremstilling av observasjoner og registreringer fra forsøk 1. Merk at det er samme graf som er brukt i begge figurer, da det kun ble gjort én måling av røyktetthet per test, på tvers av venstre korridorside. Resultatene er presentert i tabellform i Tabell 4-2. Bilder fra forsøkene, hentet fra videoopptak i stå- og krypehøyde i begge ender av korridoren er vist i vedlegg B.

Tabell 4-2: Forsøk 2- Oversikt over hendelser observert i forsøk 2 og tidspunkt for hendelsene. Tidsintervaller er angitt der observatørene har oppgitt ulike tider. Røyktettheten, som er målt ved optisk måling, er angitt for de ulike tidspunktene.

Hendelse	Tidspunkt	Røyktetthet på tidspunktet
Forsøksstart	0:00	0%
Røykvarsler i hybelen aktiveres	1:10	2%
Lett, lys røyk observeres i korridoren	1:20	9%
Røykvarsler i korridoren aktiveres	1:24	13%
Etterlysende markeringsskilt: Piktogram ikke lengre synlig	-	
Etterlysende markeringsskilt: Skilt ikke lengre synlig	1:50	58%
Røyken blir svartere	1:52	64%
Etterlysende markeringsskilt: Lys/glød ikke lengre synlig	2:13-2:15	84-85%
Tydelig røyksjiktning	2:43	94%
Første sprinkler i korridor under himling løser ut	2:50	94%
Lavt, svart røyksjikt	2:58	94%
Mer turbulens i røyken	3:13	95%
Hele korridoren observeres å være tettet av røyk	3:46	97%
Svart og mye røyk.	3:50	97%
Andre sprinkler i korridor under himling løser ut	4:00	98%
Overtening i hybel	4:10	97%
Første glass av vinduet i hybel knuser	4:30	97%
Flammer observeres ut fra hybel	4:30	97%
Elektrisk markeringsskilt: Piktogram ikke lengre synlig	4:34	98%
Elektrisk markeringsskilt: Skilt ikke lengre synlig	4:34-4:40	98-99%
Elektrisk markeringsskilt: Lys/glød ikke lengre synlig	4:34	98%
Maks røyktetthet	4:35	99%
Optisk måler av røyktetthet kobles fra, for å unngå flammekontakt.	4:35	99%
Andre glass av vinduet i hybel knuser	4:55	-
Tett, lav røyk	4:59	
Flammer observeres ut av høyre korridoråpning	5:08-5:40	-
Tredje og siste glass i vinduet i hybel knuser – flammene slår ut av rommet og ut av korridoråpninger.	5:45	-
Forsøk avsluttes	5:45	

Visuelle observasjoner som ble notert under forsøk 2:

Det var rolig, lys røyk i starten av forsøket, med distinkt røyksjiktning. Røyksjiktningen ble tydeligere frem til sprinkler i korridor ble utløst. Sjiktningen ble mer diffus etter at sprinkler ble utløst. Det ble dårligere sikt, og det ble observert at røyken ble mye sortere da sprinkler i korridor utløste. En observatør beskrev effekten av utløst sprinkler som at røyken på et tidspunkt på et vis ble «vasket ut», det ble litt bedre sikt og mer damp enn røyk, før flammer begynner å komme ut i korridoren.

Røyken var mørkere nå enn i forsøk 1, mer mørk grå denne gangen. Ca. et minutt etter første sprinkler var utløst var det lav røyksjiktning i korridoren. Mengde brannrøyk tiltok etter hvert,

brannrøykutviklingen beskrives etter ca. 4 minutter som heftig. Det var mer turbulens i røyken på dette tidspunktet. Flammer ble observert ut fra hybel, deretter forplantet flammer seg i røyksjiktet seg ut i korridoren. På slutten av forsøket kom det flammer ut fra korridoråpningene.

Helt på slutten bøyde en observatør som stod ved åpning til høyre korridorside seg ned, for å se om det elektriske skiltet var synlig fra lav observasjonsvinkel. Observatøren kunne ikke se det elektriske skiltet fra lav observasjonshøyde heller.

Tidspunktene da det etterlysende og det elektriske markeringsskiltet ikke lengre var synlig for observatørene er angitt i Tabell 4-2.

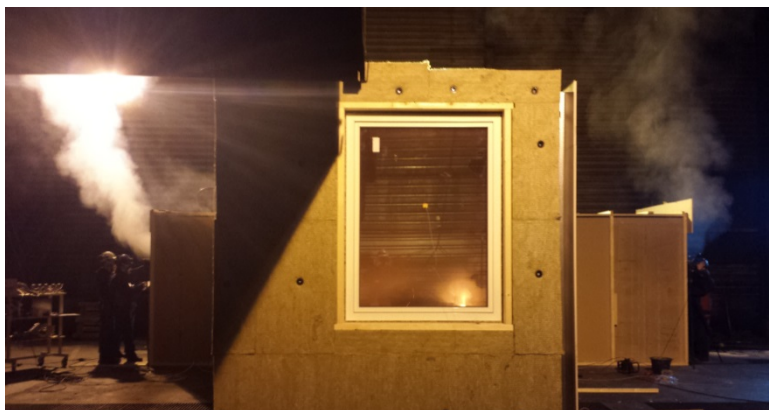
Observasjoner hentet fra bilder og videoopptak under forsøk 2:

I starten av forsøket var røyken lys grå, med tydelig røyksjiktning. Etter første sprinkler ble utløst (2:50) ble røyken mer turbulent og det ble en mindre tydelig røyksjiktning. Et halvt minutt etter at sprinkler var utløst, var utseendet til brannrøyken endret betraktelig. Brannrøyken var mørkere, tettere, mer turbulent og fylte store deler av romvolumet.

Videoopptakene, både i ståhøyde og i krypehøyde viste at det ikke lengre var mulig å se verken det etterlysende eller det elektriske markeringsskiltet, fra og med gitte tidspunkt under forsøket. Tidspunktene da skiltene piktogram, selve skiltet og skiltets glød/lys ikke lengre var mulig å se er sammenlignet med de visuelle observasjonene. Det menneskelige øye klarte å se skiltene ca. et halvt til ett minutt lengre enn det linsa i videokameraet klarte å oppfange. Dette gjelder begge typer skilt.

Begge typer skilt var synlig på video fra krypehøyde ca. et halvt minutt lengre enn de var synlige på video fra stående høyde.

Ut fra et bilde tatt fra siden av forsøksriggen under forsøket, kan det se ut som at brannrøyken spredte seg mer mot venstre korridorside enn mot høyre, se Figur 4-3. Merk at dette kan være en reell ulikhet i røykspredning på grunn av trekkforhold i forsøkshallen, eller en kun en visuell effekt av at lys og kontrastforhold ikke var lik på ulike steder i hallen.



Figur 4-3: Forsøksriggen sett fra siden, under forsøk 2.

Flere bilder fra forsøket er å finne i vedlegg B.

Røykfordeling under forsøk ut fra høyde- og dybde markerer i forsøk 2:

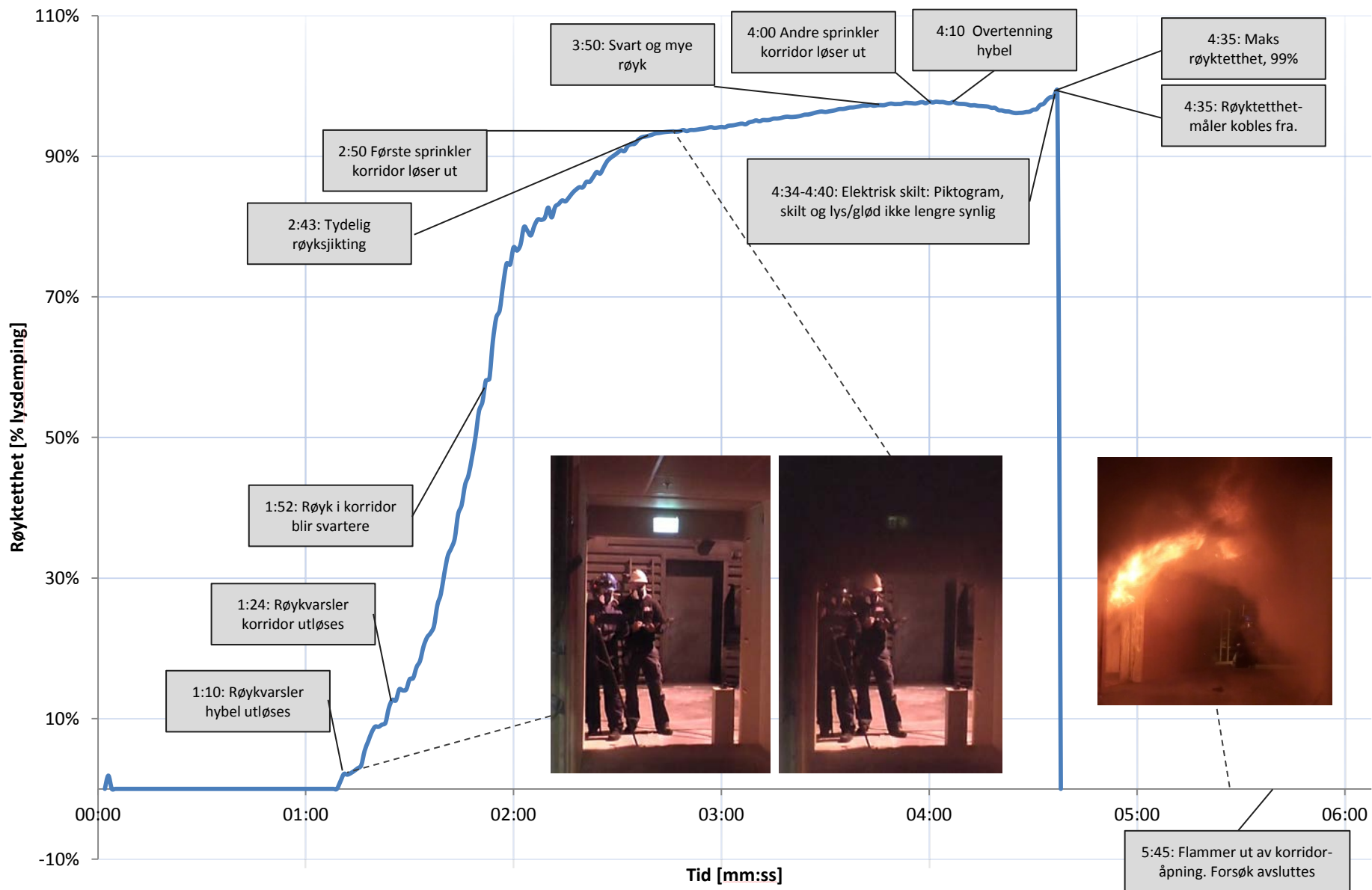
Markørene A og I, som satt høyest oppe, nærmest korridoråpningene var ikke lengre synlig fra rundt 1,5 minutt, sett fra de to korridoråpningene på motstående side (1:47-1:51 og 1:35-1:43). Den øverste markøren i midten av korridoren, samt alle de nest øverste markørene i korridoren forsvant fra syne etter ca. 2-2,5 minutter- sett fra ståsted lengst unna markørene. Dette bekrefter de visuelle observasjonene av en tydelig røyksjiktning i korridoren på dette tidspunktet.

I tidsrommet 3-4 minutter ut i forsøket forsvant mange markører fra syne, sett fra begge observasjonssider. I tidsrommet etter at andre sprinkler under himling i korridoren er løst ut (ved 04:00), kom noen markører til syne igjen, før de igjen forsvant i brannrøyken. På slutten av

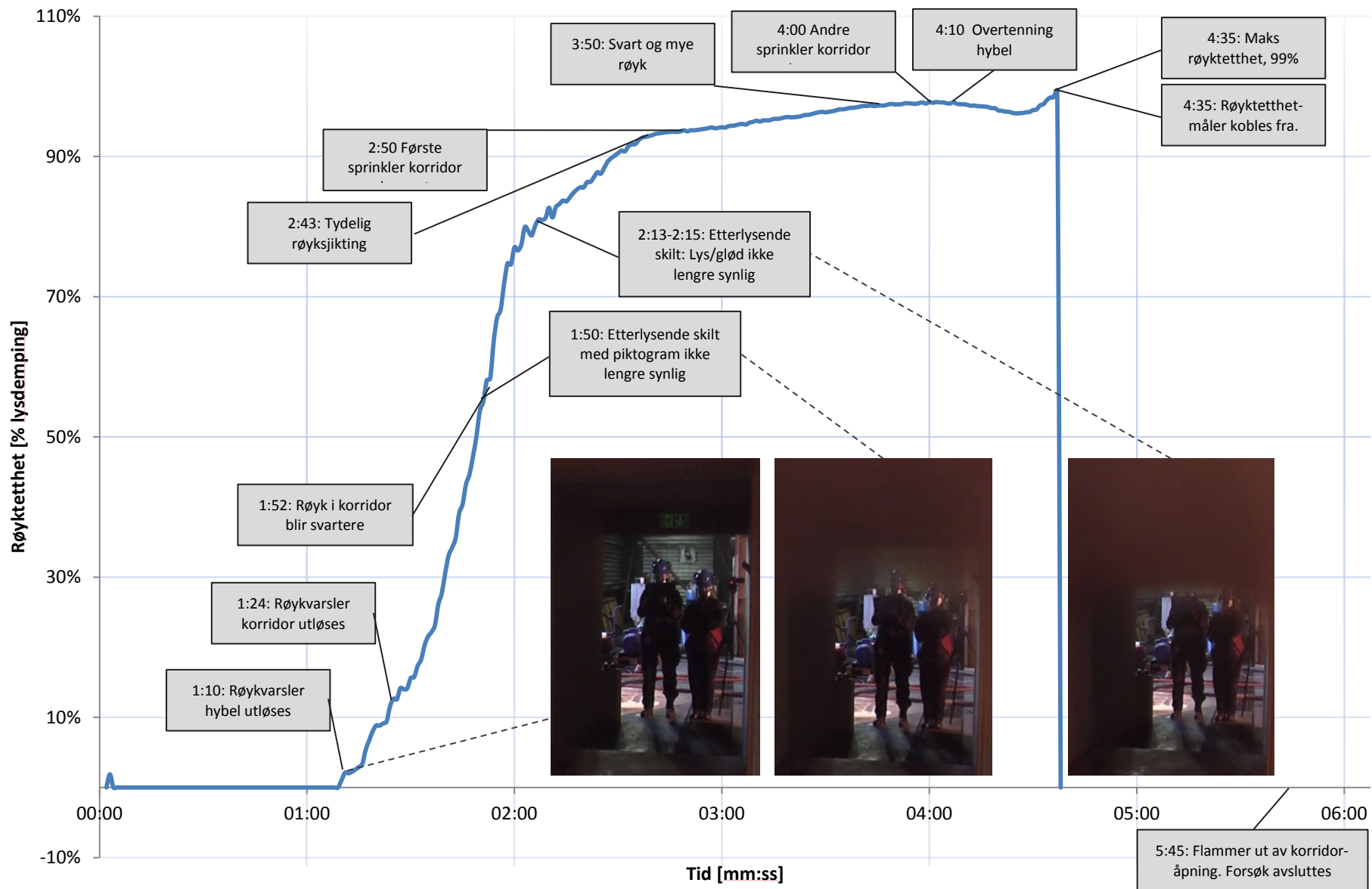
forsøket var brannrøyken så tett at flere av markørene som var kun en halv meter fra observatørene, plassert høyt på veggen, også forsvant: For observatørene på høyre korridorside var kun de nederste, nærmeste markørene synlige. For observatørene som stod på venstre korridorside var de midterste, nederste markørene, samt de nærmeste, nederste markørene synlige. Helt på slutten av forsøket, ved 5:21 minutter, noterte en observatør på venstre korridorside at røyksjiktet med flammer strakk seg ned til markering G (nest nederst, i midten).

Generelt var det slik at markørene på motstående side av observatørene som stod på venstre korridorside (markører I-L) forsvant fra syne noe tidligere (gjennomsnittlig ca. 20 sekunder) enn tilsvarende markører (A-D) for observatørene som stod på høyre korridorside. Dette kan tyde på en noe ujevn røykfordeling i korridoren, eventuelt kan det være en effekt av ulike lys og kontrastforhold på ulike steder i korridoren og forsøkshallen.

Nøyaktige tidspunkt for når de ulike høyde- og dybdemarkeringene forsvant fra syne er gjengitt i tabellform i vedlegg C.



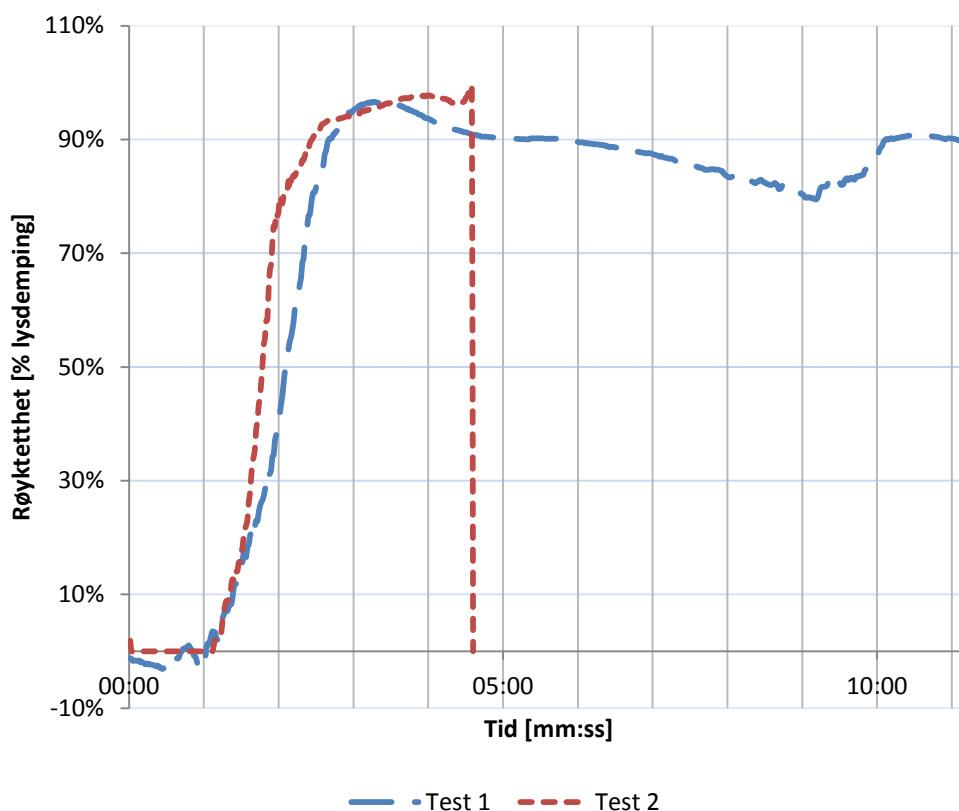
Figur 4-4: Forsøk 2: Tidsbestemte registreringer, samt observasjoner av det elektriske markeringskiltet er angitt i tekstbokser. Grafen angir røyktetthet målt på tvers av venstre korridorside, som prosent lysdemping som funksjon av forsøks tid. Et utvalg av bilder tatt fra høyre korridorside mot venstre korridoråpning er vist.



Figur 4-5: Forsøk 2: Tidsbestemte registreringer, samt observasjoner av det etterlysende markeringsskiltet er angitt i tekstbokser. Grafen angir røyktetthet målt på tvers av venstre korridorside, som prosent lysdemping som funksjon av forsøksstid. Et utvalg av bilder tatt fra venstre korridorside mot høyre korridoråpning er vist.

4.4 Røykens tetthet og fordeling i korridoren, sammenligning av forsøk 1 og forsøk 2

Røyktetthetsmålingen som ble gjort i de to forsøkene er vist i Figur 4-6. De samme grafene er brukt i sammenstillingen av alle tidfestede observasjoner og registreringer fra forsøkene i figurene side 13-14 og 18-19.



Figur 4-6: Røyktetthetsmåling, gitt i prosent lysdemping, som funksjon av forsøks tid, for forsøk 1 og forsøk 2.

Slik figuren viser, var den målte røyktettheten ganske lik de fram til ca. 1,5 minutt ut i forsøket. Deretter økte røyktettheten i forsøk 2 raskere enn i forsøk 1. Røykmaks for forsøk 1 og forsøk 2 var oppnådd etter henholdsvis 3:12 og 3:35 minutter. Denne målingen er gjort i samme høyde under taket som markeringsskiltene var montert.

Observasjoner som ble gjort av hele korridoren, viser at røyken var tilsvarende det første halvannet minuttet, en lys grå røyk med tydelig røyksjiktning. I begge forsøkene ble røyken mørkere etter dette. I forsøk 1 fortsatte røyken å ha en ikke-turbulent strømming, med en tydelig sjiktning. I forsøk 2 ble røyken mer turbulent etter at sprinkler i korridor løste ut, og fylte etter hvert en større andel av romvolumet. Observasjonene av når de ulike markørene på korridorveggen forsvant i løpet av forsøkene bekrefter dette.

I forsøk 1 var det ikke observert flammer ut i korridoren. I forsøk 2 var det flammespredning ut i røyken i korridoren, og videre ut av korridoråpningene mot slutten av forsøket.

Hovedforskjellen på de to forsøkene var at i forsøk 1 ble ikke sprinkler i korridor utløst, mens i forsøk 2 ble den det. Dette viser at sprinkling har påvirkning på brannrøykens romlige utbredning og turbulens, noe som igjen påvirker synligheten til de høytmonterte markeringsskiltene.

5 Diskusjon og konklusjon

5.1 Vurdering av synlighet til høytmonterte markeringskilt i brannrøyk

Dette er et svært begrenset studie, av én høytmontert punktmarkering (i form av et markeringskilt) ved hver korridoråpning. I mange tilfeller er disse punktmarkeringene en del av et større ledesystem, med andre markeringer og komponenter som til sammen skal lede folk fra til et sikkert sted. Resultatene fra denne studien gjelder kun for de enkeltstående, høytmonterte markeringskiltene som er testet.

I lett, lys, ikke-turbulent brannrøyk var både det elektriske og det etterlysende høytmonterte markeringskiltet synlige for observatører som stod 7,5 meter unna.

Når brannrøyken ble mørkere og tettere, fremdeles ikke-turbulent, var det etter hvert vanskelig å se det etterlysende skiltet for observatører som stod oppreist. Det var fremdeles mulig å se skiltet på videoopptak gjort i krypehøyde. Det elektriske skiltet var synlig både fra stå- og krypehøyde i denne typen brannrøyk.

I begge forsøkene var det en tydelig røyksjiktning under taket i starten, med mye bedre sikt langs gulvet enn lengre opp i korridoren. Da sprinkleranlegget i korridoren ble utløst i forsøk 2, ble røyken mer turbulent og fylte mesteparten av romvolumet.

Når brannrøyken ble tett, mørk og turbulent, var ingen av de høytmonterte markeringskiltene synlige. Dette gjelder både fra stå- og krypehøyde. Denne typen brannrøyk var observert i forsøk 2, da brannen i hybelen fikk utvikle seg uten sprinkling i nærheten, noe som gav overtenning i rommet etter 4:10 minutter. Med litt over fire minutter fra antennelse til overtenning, og kun tre minutter fra utløst røykvarsler til overtenning, er det ikke urealistisk at personer som skal rømme ut fra et lokale må rømme gjennom brannrøyk som er tett, mørk og turbulent. Det er derfor verd å merke seg at med denne typen brannrøyk i rømningsveien var det ikke mulig å se verken skilt eller lys/glød fra skiltet etter 2:13 minutter og 4:34 minutter, for henholdsvis høytmontert etterlysende og elektrisk markeringskilt.

5.2 Forslag til videre arbeid

Det er sannsynlig at lavtmonterte markeringer, plassert nært de som skal observere dem og rømme, ville ha forblitt synlige for observatørene gjennom hele forsøket, i begge forsøk, ettersom at alle observatørene var i stand til å se de markeringene på vegg som var plassert lengst ned og nærmest dem, gjennom begge forsøkene.

Dette arbeidet bør derfor videreføres i et videre studie, hvor både høyt- og lavtsittende komponenter testes, gjerne både i form av punktmarkeringer (som markeringskilt) og i form av ledelinjer (enten i form av kontinuerlige linjer eller ved separate markeringer som kan oppfattes som kontinuerlige). Både etterlysende og elektriske ledelinjer («ledelys») kan undersøkes. Dette bør gjennomføres som en forsøksserie med like og repeterbare brannscenarier. Synlighet av systemene er ikke nok å vurdere i en slik studie, funksjonen til systemene bør også vurderes, det vil si å undersøkes i hvilken grad folk er i stand til å evakuere fra A til B ved bruk av systemet.

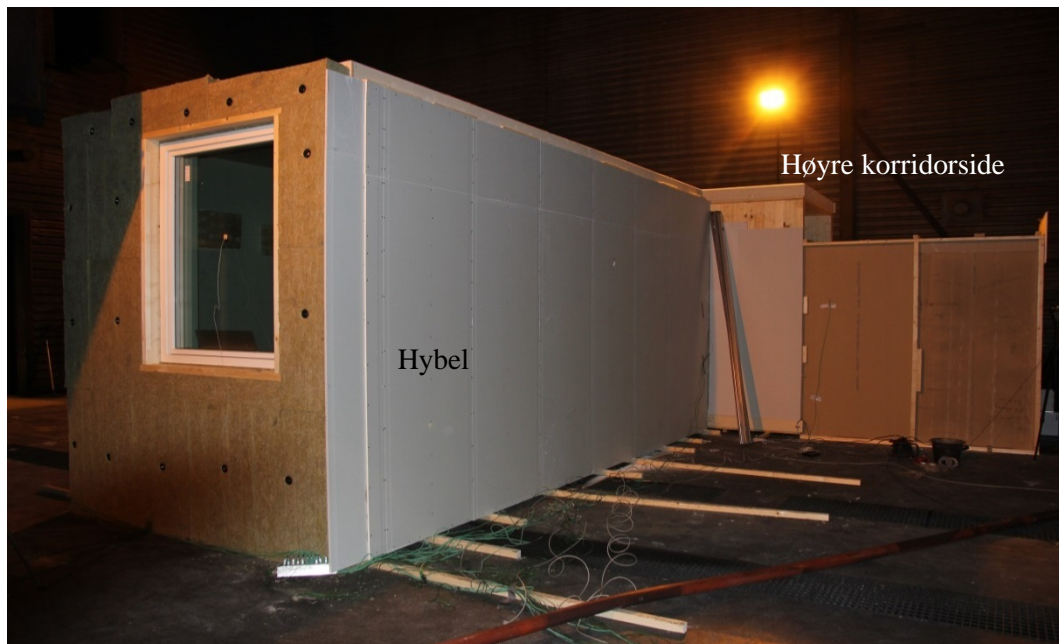
6 Referanser

- [1] "IMO Res. MSC.265(84) Annex 14 Amendments to the revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS regulation II-2/12 (Resolution A.800(19))." International Maritime Organization, 2008.
- [2] "IMO MSC/Circ. 1165 Revised guidelines for the approval of equivalent water-based fire-extinguishing systems for machinery spaces and cargo pump-rooms." International Maritime Organization, 2005.
- [3] "FM 5560 Approval standard for water mist systems." FM Approvals, Nov-2012.

A Bilder av forsøksoppsettet



Figur A- 1 Oversikt over hybel og korridor fra utsiden.



Figur A- 2: Oversikt over hybel og korridor fra utsiden.



Figur A- 3: Oversikt over plassering av brensel inne i hybelen i forsøket. Brannen startet under pulten til venstre i bildet, i et kar med heptan med en trekrybbe over.



Figur A- 4: Forsøk 1. Etterlysende markeringsskilt montert på venstre korridorside (venstre bilde). Elektrisk markeringsskilt montert på høyre korridorside (høyre bilde).



Figur A- 5: Forsøk 1. Detaljbilde av montering av markeringsskiltene. Begge er montert sentrert mellom tak og korridoråpning.



Figur A- 6: Forsøk 2. Elektrisk markeringsskilt montert på venstre korridorside (venstre bilde). Etterlysende markeringsskilt montert på høyre korridorside (høyre bilde).



Figur A- 7: Forsøk 2. Detaljbilde av montering av markeringsskiltene. Begge er montert sentrert mellom tak og korridoråpning.

B Bilder fra forsøkene

På de neste sidene er bilder fra forsøkene. Bildene er tatt fra videoopptak på videokamera plassert i krypehøyde og i ståhøyde, ved høyre og ved venstre korridoråpning. Under hvert bilde er det angitt observert hendelse for det tidspunktet. Hvert bildet er tatt fra det tidspunktet som er understreket.

Bilder fra forsøk 1, tatt fra høyre korridoråpning, ståhøyde:



1:06: Røykvarsler
hybel utløses



2:36-2:43: Etterlysende
skilt ikke lengre synlig



2:37-2:50: Etterlysende
skilt: Lys/glød ikke
lengre synlig

2:40: Etterlysende skilt:
Piktogram ikke lengre
synlig



3:12: Maks
røyktetthet, 97%

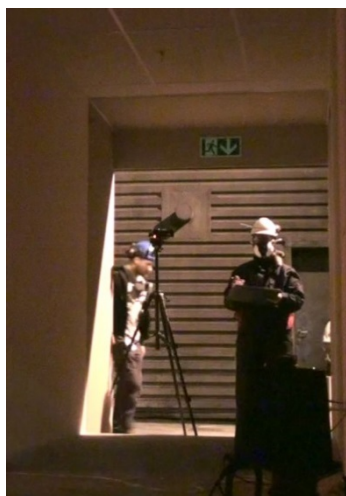


4:07-4:13: Etterlysende
skilt, inkl. piktogram
synlig igjen



9:00: Sprinkler
stengt av

Bilder fra forsøk 1, tatt fra høyre korridorside, krypehøyde:



1:06: Røykvarsler
hybel utløses

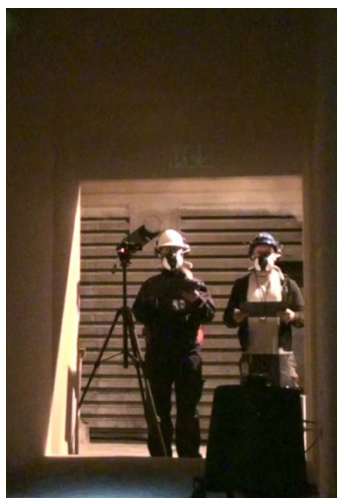


2:36-2:43: Etterlysende
skilt ikke lengre synlig

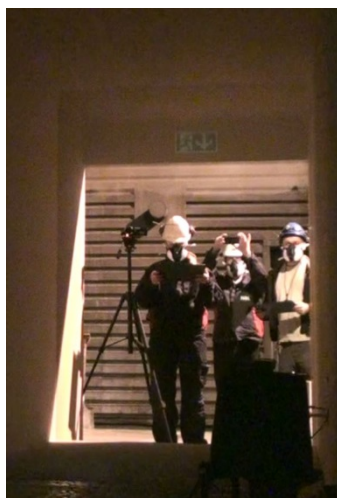
2:40: Etterlysende skilt:
Piktogram ikke lengre
synlig



2:37-2:50: Etterlysende
skilt: Lys/glød ikke
lengre synlig



3:12: Maks
røyktetthet, 97%

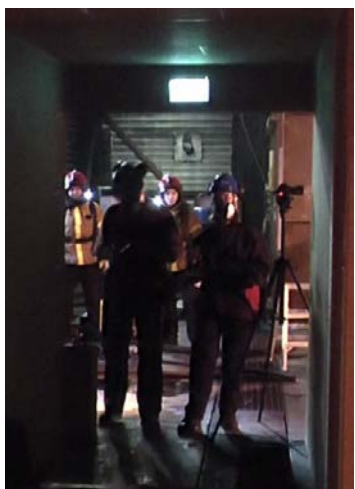


4:07-4:13: Etterlysende
skilt, inkl. piktogram
synlig igjen



9:00: Sprinkler
stengt av

Bilder fra forsøk 1, tatt fra venstre korridorside, ståhøyde:



1:06: Røykvarsler
hybel utløses



2:36



2:50



3:12: Maks
røyktetthet, 97%



4:07



9:00: Sprinkler
stengt av

Bilder fra forsøk 1, tatt fra venstre korridorside, krypehøyde:



1:06: Røykvarsler
hybel utløses



2:36



2:50



3:12: Maks
røyktetthet, 97%



4:07



9:00: Sprinkler
stengt av

Bilder fra forsøk 2, tatt fra høyre korridorside, ståhøyde:



1:10: Røykvarsler
hybel utløses



1:50



2:13



2:50 Første sprinkler
korridor løser ut



3:50: Svart og mye
røyk



4:03: Siste bilde tatt
med videokameraet

Bilder fra forsøk 2, tatt fra høyre korridorside, krypehøyde:



1:10: Røykvarsler
hybel utløses



1:50



2:13



2:50 Første sprinkler
korridor løser ut



4:34-4:40: Elektrisk skilt: Piktogram,
skilt og lys/glød ikke lengre synlig

4:35: Maks
røyktetthet, 99%



5:39: Flammer ut av
korridoråpning.

Bilder fra forsøk 2, tatt fra venstre korridderside, ståhøyde:



1:10: Røykvarsler
hybel utløses



1:50: Etterlysende skilt
med piktogram ikke
lengre synlig



2:13-2:15: Etterlysende
skilt: Lys/glød ikke
lengre synlig



2:50 Første sprinkler
korridor løser ut



3:29: Siste bilde tatt
av videokameraet

Bilder fra forsøk 2, tatt fra venstre korridorside, krypehøyde:



1:10: Røykvarsler
hybel utløses



1:50: Etterlysende skilt
med piktogram ikke
lengre synlig



2:13-2:15: Etterlysende
skilt: Lys/glød ikke
lengre synlig



2:50 Første sprinkler
korridor løser ut



3:50: Svart og mye
røyk



4:15 Siste bilde tatt
med videokameraet

C Resultater fra observasjoner av høyde- og dybdemarkører

Tabellene under viser observerte tidspunkt for når de ulike høyde og dybdemarkørene ikke lenger var synlig, slik observert av observatørene som stod utenfor korridoråpningene på høyre og venstre korridorside. Tabellene angir tidspunkt for når de ulike markørene ikke lenger var synlig, og (hvis aktuelt) når de kom til syne igjen.

Merk at tabellene er todelt, den ene delen er slik sett fra høyre og den andre er slik sett fra venstre korridorside. De markørene som var lengst unna hver av sidene er plassert øverst i tabellene, det vil si A-D sett fra høyre korridorside, og I-L sett fra venstre korridorside. Dette for å enklere kunne sammenligne hvordan røykspredningen i rommet var, sett fra de to ståstedene.

Tabell C- 1: Forsøk 1- Oversikt over tidspunkt når de ulike høyde- og dybdemarkørene ikke lenger var synlig.

Markør nr.	<i>Sett fra høyre korridorside</i>	
	Ikke lenger synlig [mm:ss]	Synlig igjen [mm:ss]
A	2:22-2:43	Aldri
E	3:05	4:21
I	Aldri	Aldri
Resterende markører	Aldri	Aldri

Markør nr.	<i>Sett fra venstre korridorside</i>	
	Ikke lenger synlig [mm:ss]	Synlig igjen [mm:ss]
I	2:12	4:46
E	3:15	4:27
A	Aldri	Aldri
Resterende markører	Aldri	Aldri

Tabell C- 2: Forsøk 2- Oversikt over tidspunkt når de ulike høyde- og dybdemarkørene ikke lenger var synlig.

Markør nr.	<i>Sett fra høyre korridorside</i>	
	Ikke lenger synlig [mm:ss]	Synlig igjen [mm:ss]
A	1:47-1:51	Aldri
B	2:01-3:08	Aldri
C	3:48-3:59	Aldri
D	3:53-3:59	4:23
E	2:24	Aldri
F	3:33-4:05	4:12-4:12
G	3:59-4:16	4:08
H	3:59-4:20	4:08
I	4:42	Aldri
J	4:42-4:45	Aldri
K	4:42	Aldri
L	Aldri	Aldri

Markør nr.	<i>Sett fra venstre korridorside</i>	
	Ikke lenger synlig [mm:ss]	Synlig igjen [mm:ss]
I	1:35-1:43	Aldri
J	1:59-2:25	4:50
K	3:03-3:10	4:50
L	3:13-3:20	4:50
E	1:59	4:30
F	2:35	Aldri
G	5:21 (røyksjikt m. flammer ned til hit)	Aldri
H	Aldri	Aldri
A	5:01	Aldri
B	5:07	Aldri
C	Aldri	Aldri
D	Aldri	Aldri

D Skjema for utfylling under forsøk

Det følgende skjemaet ble benyttet for observatørens utfylling under forsøk.

Fyll inn tidspunkt for når markeringer ikke lengre er synlig.

Dato, signatur for den som fyller inn skjema

hybel

korridor

A B C D

E F G H

J K L

Piktogram ikke lengre synlig:

Skilt ikke lengre synlig:

Lys/glød ikke lengre synlig:

Piktogram ikke lengre synlig:

Skilt ikke lengre synlig:

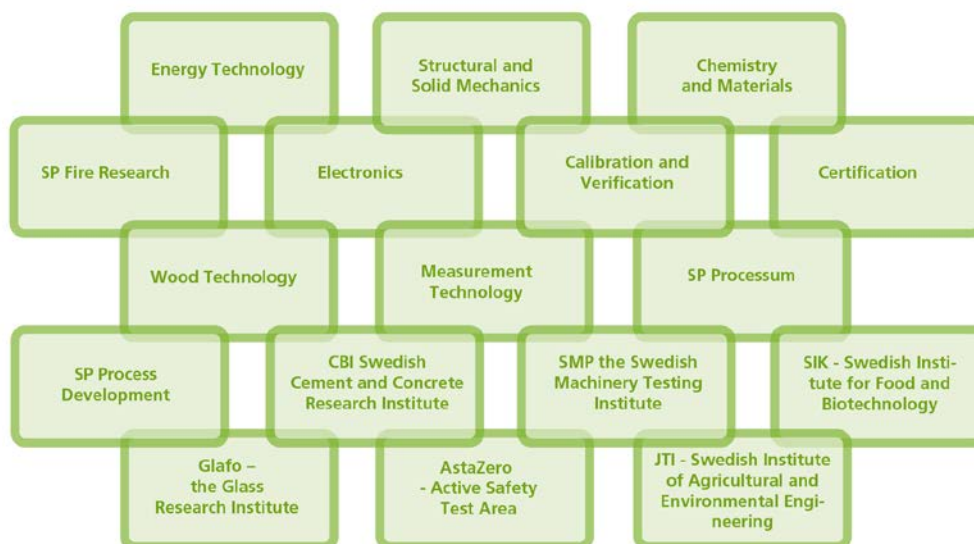
Lys/glød ikke lengre synlig:

Sprinkler utløst:

Notater om brannrøyken: (farge, effekt av sprinkler, tetthet, turbulens)

SP Technical Research Institute of Sweden

Our work is concentrated on innovation and the development of value-adding technology. Using Sweden's most extensive and advanced resources for technical evaluation, measurement technology, research and development, we make an important contribution to the competitiveness and sustainable development of industry. Research is carried out in close conjunction with universities and institutes of technology, to the benefit of a customer base of about 10000 organisations, ranging from start-up companies developing new technologies or new ideas to international groups.



SP Fire Research AS

Postboks 4767 Sluppen, 7465 Trondheim

Telefon: 464 18 000

E-post: post@spfr.no, Internett: www.spfr.no

www.spfr.no

SPFR-rapport SPFR A15-20095-

1

For mer informasjon om publikasjoner utgitt av SP: www.sp.se/publ