

**SINTEF****SINTEF NBL as**Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Tiller Bru, TillerTelefon: 73 59 10 78
Telefaks: 73 59 10 44
E-post: nbl@nbl.sintef.no
Internet: nbl.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 982 930 057 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Vanntåkeanlegg i omsorgsboliger**En kartlegging av hvilken effekt mobile og lett flyttbare vanntåkeanlegg har på brannsikkerheten i omsorgsboliger**

FORFATTER(E)

Geir Drangsholt, Bjørn Egil Rossebø

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap

RAPPORTNR. NBL A06108	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Berit Svensen	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 82-14-02462-5	PROSJEKTNR. 107331	ANTALL SIDER OG BILAG 32
ELEKTRONISK ARKIVKODE A06108_DSB_VanntaakeOmsorgsboliger.doc		PROSJEKTLEDER Geir Drangsholt	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Petter Aune
ARKIVKODE	DATO 2006-05-12	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Kjell Schmidt Pedersen	

SAMMENDRAG

Hovedmålet med prosjektet har vært å etablere mer kunnskap om hvilken effekt mobile eller lett flyttbare vanntåkeanlegg har på personsikkerheten med hensyn på brann i omsorgsboliger og vurdere effekten av mobile og lett flyttbare vanntåkeanlegg i forhold til boligsprinkleranlegg.

Denne delen av prosjektet har gått ut på å gjennomføre en serie storskala forsøk av mobile og lett flyttbare vanntåkeanlegg for å etablere mer kunnskap om hvilken effekt disse har på personsikkerheten i omsorgsboliger. I mangel av dimensjoneringsregler for vanntåkeanlegg i alminnelighet, har ytelsesegenskapene til de respektive vanntåkeanleggene som deltok i prosjektet blitt vurdert opp imot et boligsprinkleranlegg. Totalt er det gjennomført 40 tester fordelt på et boligsprinkleranlegg og fem vanntåkeanlegg. Anleggene som ble testet er designet forskjellig når det gjelder behov for ekstern vannforsyning, utløsningsmetode og behov for ekstern energikilde. Enkelte av anleggene som er testet har et vannbehov som overgår eksisterende boligers normale kapasitet. Det er stor spredning i graden av kompleksitet for de ulike anleggene, og noen av anleggene må fortsatt beskrives som på utviklingsstadiet.

Forsøkene viser at boligsprinkling opprettholder levelige forhold i brannrommet ved en eventuell brann, og at et riktig dimensjonert vanntåkeanlegg kan ivareta personsikkerheten minst like godt som et tradisjonelt boligsprinkleranlegg.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Brann	Fire
GRUPPE 2	Sikkerhet	Safety
EGENVALGTE	Vanntåke	Water mist
	Omsorgsbolig	Care residence

INNHold

Sammendrag og konklusjoner.....	3
1 Mål og forutsetninger for prosjektet.....	6
1.1 Mål	6
1.2 Forutsetninger.....	6
2 Beskrivelse av testprogrammet.....	8
2.1 Testrom	8
2.2 Brannscenarier.....	9
2.3 Målinger og beregninger (metoder og teknikk)	9
3 Beskrivelse av slokkeanleggene	11
3.1 Boligsprinkler.....	11
3.2 Vanntåkeanlegg - A.....	12
3.3 Vanntåkeanlegg - B.....	13
3.4 Vanntåkeanlegg - C.....	13
3.5 Vanntåkeanlegg - D.....	14
3.6 Vanntåkeanlegg - E.....	15
4 Analyse av resultater	16
4.1 Observasjoner.....	16
4.1.1 Kjøkkenbrann (selvantenning av matolje i stekepanne)	16
4.1.2 Brann i sofa	17
4.1.3 Brann i simulert møbel.....	18
4.2 Deteksjon.....	20
4.3 Giftighet – Gasskonsentrasjon	22
4.4 Temperaturer	25
4.5 Sikt	26
4.6 Pålitelighet.....	28
5 Tilgjengelighet og kostnad	30
6 Konklusjoner	31
7 Referanser	32

Sammendrag og konklusjoner

Bakgrunnen for dette prosjektet er et stadig økende antall av personer med pleie- og omsorgsbehov som bor i sine opprinnelige hjem. Disse boligene blir da å betrakte som omsorgsboliger der behovet for brannsikring er stort.

Det er et uttalt mål fra helsemyndighetene å gi personer med pleie- og omsorgsbehov hjelp hjemme. Det medfører at vi i økende grad vil få flere personer i denne persongruppen som trenger hjelp for å evakuere i ”vanlige” flermannshus, boligblokker og leiegårder. Det er hver enkelt kommune som avgjør hvorvidt en person får omsorgstilbud i hjemmet. Betraktes boenheten som en omsorgsbolig, skal boligen være tilrettelagt for at beboeren skal kunne få heldøgns pleie og omsorg.

Persongruppen som bor i omsorgsboliger tilhører en risikogruppe med hensyn på brann. Døds hyppigheten som følge av brann, er vesentlig større hos denne persongruppen sammenlignet med resten av befolkningen. Skal brannsikkerheten være den samme i omsorgsboliger som i andre boliger, må det derfor iverksettes flere brannverntiltak i omsorgsboliger enn i boliger generelt.

Av praktiske og økonomiske årsaker er det behov for å finne egnede brannverntiltak for enkeltstående omsorgsboliger i eksisterende bygningsmasse, hvor det for eksempel er vanskeligere å få til ordninger med vakt. Mobile eller lett flyttbare vanntåkeanlegg kan i denne sammenhengen være et aktuelt tiltak.

En viktig forutsetning for å kunne vurdere bruk av slike vanntåkeanlegg er at en godtar å installere et slikt anlegg i en omsorgsbolig i en bygning, uten å kreve at resten av bygningen beskyttes. Dette avviker fra standard for installasjon av sprinkleranlegg, hvor delsprinkling av en enkelt leilighet normalt ikke godtas. I denne sammenhengen vurderes derfor virkningen av et anlegg i forhold til virkningen av boligsprinkler i et enkelt rom. Virkningen måles ut ifra mulighetene til å overleve i rommet hvor brannen starter og hvorvidt anlegget bergrenser potensialitet for spredning av brann fra startbrannrommet. Kostnadene og nytteverdien av mobile og lett flyttbare vanntåkeanlegg må også vurderes opp i mot påliteligheten av referanseanlegget, et boligsprinkleranlegg installert i en enkeltstående omsorgsbolig.

Andre bygningseiere og institusjoner med ansvar for bygninger på land, har også uttrykt stor interesse for bruk av vanntåkeanlegg. Dette gjelder blant annet forsikringsselskapene, Riksantikvaren, Forsvarsbygg og Statsbygg. Det er interesse for både stasjonære og flyttbare vanntåkeanlegg for forskjellige forhold og ulike typer bygninger, med spesiell interesse for eksisterende bygninger. Dette prosjektet, som retter seg mot mobile og lett flyttbare vanntåkeanlegg til bruk i boenheter for personer med pleie- og omsorgsbehov, utgjør derfor en avgrenset del av en større satsing.

Hovedmålet med prosjektet har vært å etablere mer kunnskap om hvilken effekt mobile eller lett flyttbare vanntåkeanlegg har på personsikkerheten i eksisterende omsorgsboliger, samt vurdere effekten opp mot boligsprinkling.

En person med pleie- og omsorgsbehov, kan i seg selv være medvirkende årsak til branntilløp. En slik person vil kunne være ute av stand til å bringe seg selv i sikkerhet, til å varsle eksternt hjelp, eller til å utføre slukke- eller redningsarbeid. I en eksisterende omsorgsbolig er det derfor en rekke forhold som det er viktig å kontrollere for at det ved en eventuell brann skal være mulig å redde liv.

Som eksempler i denne sammenheng kan følgende nevnes:

- Tid til deteksjon og varsling av trenet innsatspersonell
- Pålitelighet for utløsning av slokkeanlegget (utløsning ved brann/hindre feilutløsning)
- Hindring av brannspredning
- Begrensning av temperaturutviklingen for å unngå skade ved innånding av varme røykgasser
- Begrensning av brannen på et tidlig stadium for å begrense produksjon av giftige gasser

For å oppnå dette er det viktig at slokkeanleggene er dimensjonert og installert riktig. Forsøkene i dette prosjektet viser at det er spesielt viktig å:

- Bruke en deteksjonsmetode for utløsning av vanntåka som er robust og sikker, uavhengig av type brannscenario
- Detektere branntilløp eller brann på et tidlig stadium for å kunne foreta tidlig varsling av innsatspersonell
- Benytte vanntåkedyser som er testet ut i rom med tilsvarende størrelse og geometri som i de rom en skal beskytte
- Plassere dysen(e) slik at vanntåken dekker påregnelige skjulte branner

I de forsøkene som er gjennomført i dette prosjektet, er det blitt testet en rekke forskjellige kombinasjoner med tanke på deteksjon, utløsning og dyseplassering for både høy- og lavtrykk vanntåke. Disse kombinasjonene har vært knyttet til følgende parametere:

- Avhengighet mellom detektorer av samme type med hensyn på å skulle løse ut vanntåkeanlegget (røyk)
- Avhengighet mellom ulike detektorer med hensyn på å skulle løse ut vanntåkeanlegget (røyk og temperaturstigning, røyk og flamme)
- Bruk av to forskjellige uavhengige deteksjonsprinsipper med hensyn på å skulle løse ut vanntåkeanlegget (røyk og temperaturstigning + temperatur)
- Uavhengige systemer for deteksjon med påfølgende varsling (røyk) og utløsning (temperatur)
- Ulike prinsipper for utløsning (glassbulb og magnetventil)
- Kontinuerlig og sekvensiell påføring av vanntåke
- Sekvensiell påføring av vanntåke med re-deteksjon
- Ulik dyseplassering (vertikal, horisontal, sentrisk i taket, langs vegg)

De gjennomførte testene viser at et riktig dimensjonert vanntåkeanlegg kan ivareta personsikkerheten minst like godt som et tradisjonelt boligsprinkleranlegg.

I de tilfellene der brannene ble detektert tidlig, slokkevannet påført med liten tidsforsinkelse, og vanntåkeanlegget var riktig dimensjonert i forhold til brannscenarioene, var den målte CO-konsentrasjonen i testrommet under kritisk verdi. Ved å begrense brannens utvikling på et tidlig stadium, produseres det mindre CO i slokkefasen sammenlignet med om brannen får lov til å vokse seg stor.

I tilfeller med sen deteksjon og sen aktivering av sløkkesystemet, ble også temperaturene i røykgassene høyere, med mulig økt eksponering av eventuelle personer i rommet. Disse forholdene anses imidlertid ikke livstruende for de slokkeanleggene som fungerte tilfredsstillende.

Det ble målt liten reduksjon i oksygenkonsentrasjon i de fleste forsøkene. I de tilfellene der oksygenkonsentrasjonen ble redusert til under 18 %, skyldtes det at sløkkeanleggene ikke klarte å begrense eller kontrollere brannen tilstrekkelig.

Av de vanntåkeanleggene som deltok i prosjektet, kan noen med mindre justeringer anses klare for bruk. Resultatene viser at når anleggene virker tilfredsstillende, vil man kunne opprettholde levelige forhold i brannrommet, og dermed gi mulighet for overlevelse inntil hjelp ankommer.

Det vil kunne reises spørsmål om hvorvidt noen av vanntåkeanleggene som ble testet er mobile eller lett flyttbare, da de er avhengig av ekstern vanntilførsel og fastmontert rørsystem mellom pumpe og dyse. Imidlertid kan sannsynligvis alle anleggene monteres i eksisterende bebyggelse, uten nevneverdige inngrep i vegger og tak.

Det er en forutsetning for å kunne redde liv under de betingelser som forsøkene representerer, at det er installert et totalt brannsikkersystem. Dette systemet må håndtere alle faser fra brannstart til redning (deteksjon-varsling-brannbekjempelse-redning). Det forutsetter at et komplett vanntåkeanlegg er bygget opp av komponenter som er riktig designet i forhold til hverandre slik at:

- Unødig deteksjon unngås
- Innsatspersonell blir varslet tidlig
- Deteksjon medfører utløsning av sløkkesystemet på riktig tidspunkt
- Kritiske komponenter ikke svikter
- Vannforsyningen ikke svikter

Forsøkene har avdekket flere svakheter ved anleggene som ble testet. Noen av disse svakhetene medførte redusert brannbekjempelseeffekt, mens andre medførte total svikt. De nevnte svakhetene omfatter blant annet:

- Monteringsdetaljer for rør og detektorer av plast som smeltet og medførte at enhetene falt ned
- Elektriske komponenter, som ikke tålte vann, sviktet og medførte at anlegget stoppet
- Signaloverføring fra detektorer sviktet slik at anlegget ikke løste ut

Når produsentene av vanntåkeanleggene har foretatt de endringer som er nødvendig, samt ferdigutviklet et endelig design, anbefales det at anleggenes virkning dokumenteres gjennom nye tester.

Kostnadmessig er det per i dag noe vanskelig å sammenlikne de forskjellige anleggene. Dette siden noen av produsentene og leverandørene opererer med fast pris, noen opererer med pris pr m² og noen ikke har oppgitt noen pris. Av erfaring varierer faste sprinklerinstallasjoner i pris fra kr 200 til 300,- pr m², forutsatt at en kan benytte eksisterende vannforsyning til den enkelte leilighet. Dersom arealet som skal sprinkles er lite, vil prisen bli høyere. Boligsprinkleranlegget inkluderer ikke noe system for deteksjon og varsling, og dette vil komme i tillegg til disse prisene. Til sammenligning er prisen for et komplett høytrykk vanntåkeanlegg, inkludert system for deteksjon og varsling, av leverandørene antydnet å koste fra kr. 20.000,- til 50.000,-. Anleggene er dimensjonert for et rom i størrelsesorden 25m². Prisen vil derfor bli høyere for større og flere rom.

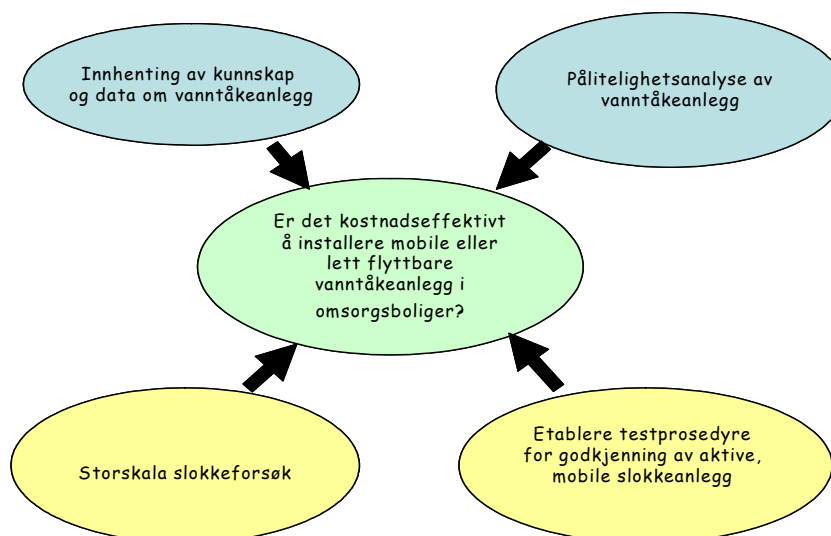
De forskjellige sløkkeanleggene er anonymisert, og kun et representativt utdrag av forsøksdata og resultater er presentert. I tillegg har hver enkelt leverandør fått en oppsummering av sine egne resultater ved at det er utarbeidet en separat teknisk rapport for hvert system.

1 Mål og forutsetninger for prosjektet

1.1 Mål

Hovedmålet med dette prosjektet har vært å få mer kunnskap om hvilken effekt mobile eller lett flyttbare vanntåkeanlegg har på personsikkerheten i omsorgsboliger, samt vurdere effekten i forhold til boligsprinkling.

Prosjektet inngår i og utgjør del 2 av prosjektet ”Vanntåkeanlegg i omsorgsboliger”, der del 1 tok for seg innhenting av data og en pålitelighetsanalyse for vanntåkeanlegg. Sammen med del 1, danner dette prosjektet et grunnlag for å kunne vurdere hvorvidt det vil være kostnadseffektivt (med hensyn på sikkerhet) å installere mobile eller lett flyttbare vanntåkeanlegg i omsorgsboliger.



Figur 1.1: Beskrivelse av delaktiviteter i prosjektet ”Vanntåke i omsorgsboliger”. Figuren viser delaktiviteter i prosjektet, hvor de to øverste ellipsene beskriver del 1 av prosjektet og de to nederste beskriver del 2 av prosjektet.

1.2 Forutsetninger

I en virkelig brann i en omsorgsbolig vil det være svært mange forhold som er med på å bestemme hvordan brannen kommer til å utvikle seg. Typiske forhold som påvirker brannen er mengde og type brennbart materiale, i tillegg til brannrommets geometri og ventilasjonsforhold. Disse forholdene er også av stor betydning for et slokkeanleggs suksess eller ikke.

Typisk brennbart materiale i en leilighet kan være: gulvbelegg, tepper, gardiner, elektriske apparater, møbler, papir, plast, strie og panel, og liknende. I forbindelse med komfyr på kjøkken vil også avtrekksvifte med gammelt fett kunne være en mulig brannkilde.

Sprinkler og vanntåke er avhengig av at vannet rekker fram til brannen for å oppnå slokking. Plassering av møbler og annet inventar vil kunne ”skjule” branner og dermed hindre slokking. I en virkelig omsorgsbolig vil det være møbler og inventar som både er en del av brannlasten og som vil kunne være til hinder for effekten av slokkeanlegg. Variasjoner i geometri og ulik grad av ventilasjon vil også være med på å bestemme brannens forløp.

I dette prosjektet er realistiske brannforløp forsøkt gjenskapt ved bruk av enkle og repeterbare brannscenarier i et rom med størrelse og geometri som vil kunne være typisk for en omsorgsbolig. I brannscenariene er det brukt materialer som gir en realistisk brannbelastning i brannens start- og

tidlig utviklingsfase, som i dette prosjektet er av særlig interesse, og brannscenariene er plassert slik at de gir slokkeanleggene realistiske utfordringer. Brannscenariene representerer både sakte og raskt voksende branner. Variasjonen i brennbare materialer er imidlertid begrenset slik at brannscenariene skal være repeterbare.

Testtriggen og brannscenariene som er brukt i prosjektet, er valgt på bakgrunn av realistiske forhold i en omsorgsbolig og allerede anerkjente testmetoder for testing av slokkeanlegg. De parametervalg som er foretatt i prosjektet omfatter:

- Rommets geometri (bredde, høyde og lengde)
- Brannscenarier (kjøkkenbrann, sofabrann og brann i simulert møbel)
- Brennbar kledning/inventar i rommet
- Ventilasjon (plassering av dør)

For at det skulle være mulig å installere vanntåkeanleggene i testtriggen under like forhold med hensyn på kostnad, fleksibilitet og helhet, ble i tillegg til parameterne over, følgende forutsetninger lagt til grunn:

- Vanntåkeanleggene skulle være komplette med hensyn på deteksjon, varsling og brannbekjempelse
- Strøm og telefonforbindelse var forutsatt tilgjengelig i leiligheten
- Det var vann tilgjengelig med renhet og mengde tilsvarende normalt i en eksisterende bolig (krav til vannforsyning skulle beskrives for de respektive slokkeanleggene)
- Bruker av omsorgsboligen var ikke i stand til å varsle, bringe seg selv i sikkerhet, betjene slokkesystemet eller foreta brannbekjempende innsats
- Den totale installasjonen skulle installeres i boenheten uten for store inngrep i de faste installasjonene

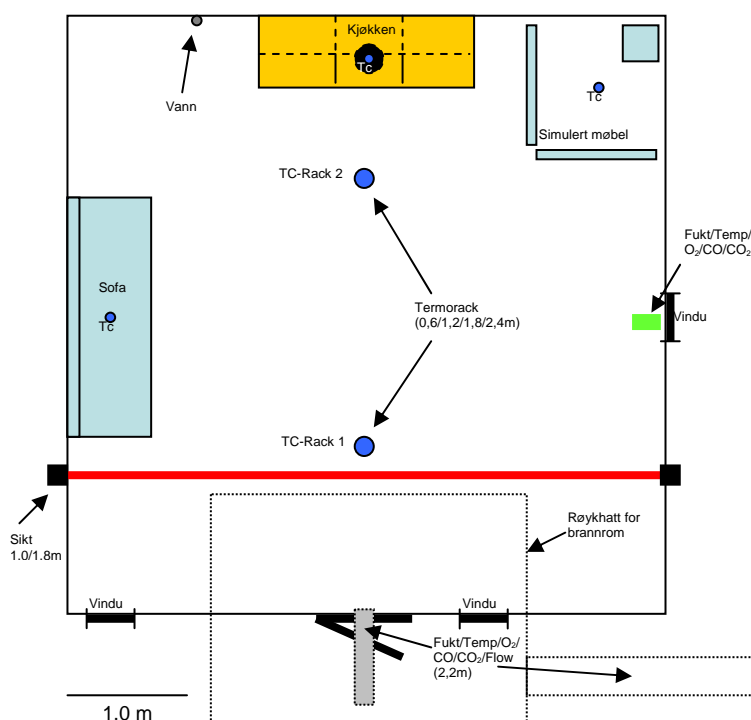
De respektive leverandørene designet sine vanntåkeanlegg i henhold til følgende:

- Slokkemetode (dysetype, antall dyser, plassering av dyser, trykk, vannforsyning, etc)
- Deteksjonsmetode (varmedeteksjon, røykdeteksjon, flammedeteksjon, kombinasjon av detektorsystem)
- Varslingsmetode (lydsignal, talevarsling, lyssignal, overføring av signal via GSM-system eller tilsvarende)
- Design og utførelse

2 Beskrivelse av testprogrammet

2.1 Testrom

En omsorgsbolig kan ha varierende størrelse og geometri, og det finnes derfor ikke noen generell mal for størrelse og utforming av en slik bolig. For å komme frem til en representativ utforming av testtriggen, ble det derfor tatt utgangspunkt i en romstørrelse som kan være representativ for et oppholdsrom i en omsorgsbolig og som volummessig vil kunne gi boligsprinkler og vanntåke realistiske utfordringer.



Figur 2.1: Planskisse som viser testrommet med plassering av brannscenarier, målepunkter og måleutstyr (T_c = posisjon for temperaturmålinger).

Testrommet ble bygd som et oppholdsrom der vegger og tak er satt sammen av 1 meter brede og 2,4 meter høye vegg-/takelementer. Elementene bestod av en rammekonstruksjon laget i 48 x 98 mm plank med innvendig kledning av gips. Veggkledningen bestod av 13 mm gipsplater, mens takkledningen bestod av 9 mm GU gipsplater.

Betonggulvet i testtriggen ble dekket med ubrennbare kalsiumsilikatplater.

I testrommet ble det installert en dør med dimensjon 90 x 210 cm, og tre vinduer med dimensjon 50 x 50 cm. Døra ble plassert midt på den ene vegg, mens vinduene ble plassert slik at de gav mulighet til observasjon og filming av de ulike brannscenariene. To av vinduene ble derfor plassert på hver sin side av døra, mens det tredje vinduet ble plassert midt på en av de andre veggene (se fig. 2.1).

2.2 Brannscenarier

Det ble benyttet tre forskjellige brannscenarier i gjennomføringen av prosjektet. Valg av scenarier var ment å skulle representere et spekter av realistiske branner. Brannscenariene skulle gi vanntåkesystemene en reell utfordring samtidig som scenariene skulle være repeterbare og sammenlignbare med andre standardiserte testmetoder.

Utgangspunktet for prosjektet var test av lett flyttbare eller mobile vanntåkeanlegg, og rommet ble derfor møblert på en slik måte at det i minst mulig grad skulle være mulig å skreddersy et vanntåkeanlegg for de valgte brannscenariene. Posisjon for de valgte brannscenariene er angitt på Figur 3.1 og omfatter:

- Brann i kjøkken (selvantenning i stekepanne med matolje og ”trekrybber”)
- Brann i sofa
- Brann i simulert møbel (skjult brann)

Det simulerte møbelet ble hentet fra branntesten i UL 1626 /2/. Sofaen ble hentet fra “public space fire tests” i IMO Res. A800(19) /1/. Kjøkkenet ble konstruert ved NBL ut fra hva som kan være et realistisk brannforløp på et kjøkken, samt muligheten til å repetere dette.

Kjøkkenet ble sentrisk plassert på motsatt vegg i forhold til inngangsdøra, sofaen ble plassert sentrisk på venstre vegg sett fra inngangsdøra, og det simulerte møbelet ble plassert i hjørnet til høyre for kjøkkenet (se fig. 2.1). Plasseringen av brannscenariene gav ulike forutsetninger med tanke på omrøring av luft inne i rommet og tilførsel av frisk luft gjennom døra.

Vegger og tak i brannrommet var delvis kledd med kryssfinerplater (veggene 2,5m ut på hver side av brannscenariet, og i taket et areal på 2,5m x 2,5m ut fra brannscenariet).

Kjøkkenbrannen har et brannforløp som utvikler seg sakte. Brannen karakteriseres av relativt kraftig røykutvikling før antennelse, og en relativt sakte temperaturstigning etter. Sofabrannen har et raskt brannforløp med rask temperaturstigning, mens brannen i det simulerte møbelet, i tillegg til å ha et raskt brannforløp med rask temperaturstigning, også er en skjult brann.

2.3 Målinger og beregninger (metoder og teknikk)

Ved de 40 forsøkene som ble gjennomført, ble det foretatt målinger i forskjellige posisjoner i rommet (punktmålinger). I tillegg ble det foretatt målinger i en avtrekkskanal over døra og i røykoppamlingsshetta over rommet. Målingene som ble foretatt i oppamlingsshetta utenfor døra, ble gjennomført for å kunne si noe om hvor store mengder O₂, CO₂ og CO som akkumuleres over tid i tilstøtende rom.

En oversikt over målepunktene og deres posisjoner i brannrommet er gitt i Figur 2.1. Følgende målinger ble foretatt:

- Gasskonsentrasjoner i rommet og i røyk ut av rommet (O₂, CO₂, CO)
- Sikt i rommet
- Slokkeanleggenes vannforbruk, vanntrykk og vanntemperatur
- Temperaturer i ulike høyder i rommet
- Temperaturer i og ved brannene for indikasjon på sløkking
- Fukt i lufta i rommet

Temperaturmålingene ble foretatt ved bruk av to termoelementstrenger plassert på en akse sentrisk slik at de delte rommet i tre sett fra døra (punkter merket ”TC-rack” på fig. 2.1). Hver

termoelementstreng bestod av 4 termoelementer montert henholdsvis 0,6 m, 1,2 m, 1,8 m og 2,4 m over gulvet. I tillegg ble enkle termoelementer brukt for å måle temperaturene i og 0,5 m over brannen i hvert brannscenario.

Måling av gasskonsentrasjoner i rommet ble utført i et målepunkt 20 cm inn i rommet 1,8 meter over gulvet, midt på den høyre veggen sett fra døra. Måling av gasskonsentrasjoner i røyken ut av rommet ble utført i et røykrør over døra i tester med lukket dør, og i røykhetta over rommet i tester med åpen dør.

Måling av luftfuktighet ble utført i målepunktet for gasskonsentrasjoner i rommet, i et røykrør over døra og i røykhetta. Målingene av luftfuktighet ble brukt til å beregne vandampens volumprosentandel av lufta og dens bidrag til reduksjon av gasskonsentrasjonen.

Måling av sikt ble utført i to høyder på henholdsvis 1,0 og 1,8 meter over gulvet i en avstand på 1,2 meter fra døra.

Måling av hastighet på røykgassene ble utført i et røykrør over døra til rommet og i røykhette.

3 Beskrivelse av sløkkeanleggene

3.1 Boligsprinkler

Boligsprinkleranlegget ble i utgangspunktet valgt for å etablere et referansenivå for vanntåkeanleggene. Boligsprinkleranlegget ble installert etter NFPA-reglene (13D) med følgende tekniske data fra leverandør:

Dyse(r):	1 stk boligsprinklerdyse/plassert sentrisk i tak
Vannforsyning:	Nettvann
Trykk:	1 bar
Vannforbruk:	62 liter/min
K-faktor:	4,9 liter/min•bar ^{1/2}
Deteksjon:	Varsling ved røykdetektor og sprinkleralarm (ikke prøvd)/Utløsning glassbulb 68 °C
Varsling:	Automatisk brannalarm (ikke prøvd)
Utløsning:	Glassbulb i dyse
Driftstid:	Kontinuerlig
Dekningsareal:	30,25 m ² per dyse
Vanntetthet:	2,05 l/min•m ²

Rørsystemet som ble benyttet er av plast som kun skal benyttes i væskefylte sprinklerinstallasjoner (ikke tørrørssystem). Glassbulben som ble benyttet i sprinklehodet, hadde en utløsningstemperatur på 68 °C.

Boligsprinkleranlegget ble installert som et stasjonært anlegg der rørene var montert med åpen føring på vegg og tak. Vanntilførselen ble hentet fra hovedvannledningen til laboratoriet. Trykk og mengde ble regulert ned til de verdiene som er presentert ovenfor.

Deteksjon og varsling var forutsatt ivaretatt av et separat brannalarmanlegg med tilhørende varslingssystem. Dette var ikke en del av forsøksoppsettet.

3.2 Vanntåkeanlegg - A

Vanntåkeanlegg A var et høytrykksbasert vanntåkeanlegg med følgende tekniske data:

Dyse(r):	1 stk høytrykksdyse/plassert sentrisk i tak
Vannforsyning:	Elektrisk høytrykkspumpe/nettvann
Trykk:	90-110 bar
Vannforbruk:	11 liter/min
K-faktor:	1,1 liter/min•bar ^{1/2}
Deteksjon:	Varsling – 1 stk røykdetektor (ikke prøvd)/Utløsning - Glassbulb 57 °C
Varsling:	Automatisk brannalarmanlegg (ikke prøvd)
Utløsning:	Glassbulb i dyse – start av pumpe ved trykkfall
Driftstid:	Kontinuerlig
Dekningsareal:	25 m ²
Energikilde:	220V, 16A
Maks takhøyde:	3,0 meter
Ekstra dyse:	Kan tilkoples

For fremføring av vann til dysa fra høytrykkspumpa ble det benyttet en fleksibel høytrykkslange fra pumpe til vegg og derfra rør langs vegg og tak frem til dysa. Som en opsjon kan leverandøren tilby skjult fremføring der dette er aktuelt. Glassbulben som ble benyttet i vanntåkedysa hadde en utløsningstemperatur på 57 °C. Produsenten har meddelt at denne er endret til 46 °C som et resultat av forsøkene.

Basissystemet er designet for én dyse med dekningsareal inntil 25 m², men systemet kan også dekke flere separate rom, hvert med et areal inntil 25 m². Ved beskyttelse av rom som er større enn 25 m², må det benyttes flere dyser og flere pumpeenheter.

I forbindelse med forsøkene var dette slokkeanlegget rent slokketeknisk å anse som tilnærmet ferdigutviklet. Det ble imidlertid avdekket mindre svakheter ved anlegget som må utbedres. Strømforsyningen og brytersystemet til pumpa var ikke godt nok sikret mot vann, og sviktet som følge av dette. Produsenten har forutsatt at pumpeenheten kan monteres i eksisterende skap eller benkinnredninger, men dersom det er ønskelig vil produsenten kunne tilby innkapsling av pumpehus som et ferdig møbel.

I forsøkene ble slokkevannet hentet direkte fra vannledningsnettet til laboratoriet, men det ble presisert fra produsenten at det var mulig å forsyne vanntåkeanlegget med vann fra en separat vanntank, enten som et supplement til nettvann eller som egen vannforsyning.

Deteksjon og varsling er ifølge leverandøren ivaretatt ved hjelp av et separat brannalarmanlegg med trådløse detektorer (ikke testet). Brannalarmanlegget er via et modem forberedt for varsling av innsatspersonell.

Vanntåkeanlegget var ikke ferdig designet, men leverandøren anser det likevel ferdigutviklet rent teknisk.

3.3 Vanntåkeanlegg - B

Vanntåkeanlegg B var et høytrykksbasert vanntåkeanlegg der alle komponentene var integrert i en flyttbar enhet. Denne slokkeenheten hadde følgende tekniske data:

Dyse(r):	1 stk høytrykksdyse plassert horisontalt i topp av enhet
Vannforsyning:	Elektrisk høytrykkspumpe/130 liter tank
Trykk:	125 bar
Vannforbruk:	9 liter/min
K-faktor:	Ikke oppgitt
Deteksjon:	2 trådløse optiske røykdetektorer med gjensidig avhengighet.
Varsling:	Automatisk brannalarmanlegg
Utløsning:	Start av pumpe – digital styringssentral
Driftstid:	Ca 12 min
Dekningsareal:	Ikke oppgitt
Energikilde:	220V, 16A
Ekstra dyse:	Kan tilkobles

Styresystemet til vanntåkeanlegget var mikrodatabasert, noe som blant annet gjorde det mulig å programmere systemet med hensyn på utløsning, driftstid og ekstern kommunikasjon.

Vannforsyningen var integrert i slokkeenheten i form av vanntank på 130 liter. Vanntrykket til dysa ble ivarettatt av en høytrykkspumpe som leverte et vanntrykk på 125 bar.

For å sikre at ikke nedsoting forringet følsomheten til detektorene, ble de trådløse røykdetektorene byttet ut for hvert forsøk.

Vanntåkeanlegget anses ferdig utviklet, men det har behov for noen enkle justeringer for å forbedre deteksjons- og slokkeegenskapene til anlegget. Dette gikk primært på tidsforsinkelser knyttet til sen deteksjon og sen utløsning.

3.4 Vanntåkeanlegg - C

Vanntåkeanlegg C var basert på lavtrykk og hadde følgende tekniske data:

Dyse(r):	1 stk lavtrykksdyse plassert sentrisk i tak
Vannforsyning:	Nettvann
Trykk:	Minimum 5 bar
Vannforbruk:	30 liter pr minutt ved sekvensiell vannpåføring 60 liter pr minutt ved kontinuerlig vannpåføring
K-faktor:	Ikke oppgitt
Deteksjon:	2 stk optiske røykdetektorer
Varsling:	Automatisk brannalarmanlegg
Utløsning:	Magnetventil utløst på deteksjon
Driftstid:	Sekvensiell 30 sek på/30 sek av
Dekningsareal:	25 m ²
Energikilde:	Kontrollsentral-220V
Ekstra dyse:	Kan tilkobles

Anlegget ble i forsøkene forsynt med vann direkte fra vannettet, frem til en magnetventil. Denne magnetventilen ble aktivert av en styringssentral som var tilkoblet to uavhengige røykdetektorer.

Ved utløsning ved en detektor ble anlegget aktivert og gav da vannpåføring i 2 minutter. Deretter ble vannpåføringen styrt sekvensielt med 30 sekunder av og 30 sekunder på. Anlegget forble aktivt inntil det fysisk ble stoppet ved å stenge isoleringsventilen, eller ved å slå av bryter for magnetventilen.

Dette vanntåkeanlegget er ikke å betrakte som et mobilt vanntåkeanlegg, men et lett flyttbart anlegg bestående av både stasjonære og mobile komponenter. Vanntåkeanlegget var ikke ferdig designet, men teknisk sett var det gjennomarbeidet.

3.5 Vanntåkeanlegg - D

Vanntåkeanlegg D var et lavtrykksbasert vanntåkeanlegg som var under utvikling. De tekniske data for anlegget var som følger:

Dyse(r):	2 stk lavtrykksdyser plassert 1,6 m fra hverandre sentrisk i tak
Vannforsyning:	60 liter tank + nettvann
Trykk:	10 bar fra tank, deretter nettrykk
Vannforbruk:	Variierende pga den sekvensielle styringen (ca 15 l/min ved sekvens 2 sek på: 2 sek av)
K-faktor:	Ikke oppgitt
Deteksjon:	2 stk optiske røykdetektorer og 1 stk flammedetektor
Varsling:	Automatisk brannalarmanlegg
Utløsning:	Magnetventil
Driftstid:	Sekvensiell med re-deteksjon
Energikilde:	Nitrogen på tank/Brannalarmanlegg - 220 V

Anlegget ble forsynt med vann både fra tank og fra vannettet. Systemet virket slik at tanken ble tømt først. Deretter ble vannet hentet fra vannettet. Vanntanken var sammen med en nitrogenflaske montert i et eget kabinett, og den inneholdt ca 50 liter vann som var trykksatt til 10 bar ved hjelp av nitrogen.

Dysene i anlegget var montert på en metallprofil (dyseenhet). Mellom tanken og denne dyseenheten ble vannet ført i en fleksibel varmebestandig slange. I følge produsenten vil det være mulig å forsyne flere dyseenheter fra et og samme kabinett. Kabinettet var utstyrt med egen dyse for å sikre dette mot opphetning.

I tillegg til å være et slokkeanlegg, var det planlagt at vanntåka skulle virke rensende på røyken.

Anlegget hadde et brannalarmanlegg bestående av 2 røykdetektorer, 1 flammedetektor, elektronisk styringssentral og en taleenhet. Detektorene var tilkoblet anleggets elektroniske styringssentral, som igjen styrte lukking og åpning av en magnetventil.

Gjennom anleggets taleenhet ble det gjennom talemeldinger varslet hva som var detektert og hva som ville iverksettes. Anlegget var utstyrt med en bryter for å deaktivere anlegget.

Styresystemet til anlegget sørget for en sekvensiell påføring av vann. Sekvensene for vannpåføring når røykdetektor ble aktivert, var henholdsvis 2 sekunder på og 2 sekunder av. Etter 5 minutter sekvensiell vannpåføring ble vannet stoppet og detektorene resatt. Etter 10-20 sekunder re-detekterte eventuelt detektorene og vann ble eventuelt igjen påført sekvensielt. Denne funksjonen sviktet i testene da detektorene ikke virket som følge av brannbelastningen. Ved aktivering av flammedektoren ble det benyttet andre intervaller ved sekvensiell påføring av vann.

Produsenten har etter forsøkene varslet at følgende utbedringer vil bli foretatt på anlegget:

- Nye slangetyper
- Nytt skap for vanntank med endret størrelse
- Trykksetting av vanntanken ved direkte innblanding av Nitrogengassen
- Ekstra sikkerhetsventiler for å unngå lekkasje av Nitrogengass
- Et annet deteksjonssystem med en annen utløsningsfilosofi

Dette vanntåkeanlegget er ikke ferdig utviklet, men det kan bli et mobilt system når det er ferdig utviklet. Det må sikres at de forskjellige komponentene er riktig dimensjonert i forhold til hverandre.

3.6 Vanntåkeanlegg - E

Vanntåkeanlegg E var et lavtrykksbasert vanntåkeanlegg som var under utvikling. Anlegget hadde tekniske data som følger:

Dyse(r):	17 stk lavtrykksdyser/plassert langs overgang mellom tak og vegg og i overskap over stekepanne
Vannforsyning:	Nettvann
Trykk:	4 bar
Vannforbruk:	50 liter/min
K-faktor:	1,1 liter/min•bar ^{1/2}
Deteksjon:	1 stk optisk røykdetektor og 1 stk varmedetektor tilkoblet kontrollenhet
Varsling:	Ikke installert
Utløsning:	Glassbulb med varmetråd (utløst fra kontrollenhet)
Driftstid:	Kontinuerlig
Energikilde:	Kontrollsentral-220V

Dette vanntåkeanlegget var ikke ferdig utviklet, og det er ikke å betrakte som mobilt. Produsenten har ikke levert fullgod dokumentasjon av vanntåkeanlegget.

4 Analyse av resultater

4.1 Observasjoner

Under og etter de enkelte forsøkene, ble det foretatt manuelle observasjoner som et supplement til de data som ble samlet inn ved hjelp av instrumenteringen av brannrommet. Et sammendrag av data og de manuelle observasjonene er gjengitt og analysert i påfølgende kapitler. Observasjonene er sammenlignet for de ulike brannscenariene.

4.1.1 Kjøkkenbrann (selvantemming av matolje i stekepanne)

Kokeplata som var montert i kjøkkeninnredningen var på 2,0 kW. Fra kokeplata ble skrudd på, inntil det var mulig å observere røyk fra stekepanna med soyaolje og trekrybber, tok det om lag 6 minutter. Fra om lag 8 minutter og frem til antenning, var røykutviklingen betydelig. Røyken samlet seg oppunder taket i et markant røyksjikt som økte i tykkelse. Temperaturen i dette røyksjiktet var omlag 10 °C høyere enn temperaturen i rommet ved start av forsøket.

Tiden det tok fra kokeplata ble skrudd på til soyaoljen i stekepanna selvantente ved omlag 360 °C, varierte i forsøkene fra 11,5 til 14,5 minutter. Brannen i soyaolja medførte at trekrybba antente.

Hvert forsøk med kjøkkenbrann hadde en varighet på om lag 30 minutter og forsøket pågikk 15 minutter etter antenning. For det vanntåkeanlegget som hadde basert seg på en begrenset vannmengde fra tank, ble forsøkene avsluttet da tanken var tom og vannpåføringen stoppet.

I første innledende forsøk med boligsprinkleranlegget løste dette ikke ut. Dette skyldes at det var for liten brannbelastning i stekepanna, og brannen slokket av seg selv etter at olja og trekrybba hadde brent opp. Etter dette ble brannbelastningen øket fra henholdsvis 1 dl soyaolje og 1 trekrybbe til 2 dl soyaolje og 2 trekrybber.

I et av forsøkene ble vannet stengt av mens kokeplata fortsatt stod på. Dette resulterte i re-antenning etter om lag 20 sekunder.

Boligsprinkleranlegget benyttet glassbulb med en utløsningstemperatur på 68 °C. Innen glassbulben sprakk og anlegget løste ut, hadde flammene nådd taket og brannen var i ferd med å ta tak i overskap og veggen bak kjøkkeninnredningen. Boligsprinkleranlegget løste ut etter henholdsvis 1 minutt og 46 sekunder (lukket dør) og 2 minutter (åpen dør) etter antenning i stekepanna. Anlegget brukte henholdsvis 1 minutt og 30 sekunder og 1 minutt på å slokke brannene.

Vanntåkeanlegg A hadde en glassbulb med bruddtemperatur lik 57 °C. Denne løste ut etter 1 minutt og 48 sekund (lukket dør) og etter 1 minutt og 45 sekunder (åpen dør) etter antenning i stekepanna. Brannen med lukket dør ble slokket etter 1 minutt og 7 sekunder, mens anleggets høytrykkspumpe pga fukt i styringssystemet ikke startet i testen med åpen dør. Pumpa ble startet manuelt og brannen ble slokket etter ca 2 minutter.

Vanntåkeanlegg B detekterte på røyk og løste ut etter henholdsvis 46 sekunder (lukket dør) og 38 sekunder (åpen dør) etter antenning i stekepanna. Vanntåkeanlegget slokket begge brannene etter vel 4 minutter.

Vanntåkeanlegg C detekterte på røyk, og **vanntåkeanlegg D** detekterte på røyk og flamme. Begge disse anleggene detekterte på røyken som ble produsert fra innholdet i stekepanna, og

anleggene løste ut før innholdet i stekepanna antente (10 til 11 minutter etter at kokeplata ble skrudd på). I de fire forsøkene med disse anleggene ble det derfor ikke flammebrann.

Vanntåkeanlegg D med sin sekvensielle styring av vannpåføringen skulle ha en røykvaskende effekt. Denne effekt var vanskelig å observere eller måle under forsøkene. Det kan stilles spørsmål ved om de 2 sekunders intervallene dette anlegget hadde for vannpåføring, er optimalt med hensyn på at vannet ut av dysa skal kunne gi en stabil spray.

Vanntåkeanlegg E detekterte på røyk og varmestigning, og anlegget løste ut etter henholdsvis 34 (lukket dør) og 48 sekunder (åpen dør) etter antenning av innholdet i stekepanna. Anlegget hadde en dyse plassert under overskapene med direkte treff i stekepanna, og brannene ble slukket etter henholdsvis 2 minutter og 8 sekunder og 2 minutter og 24 sekunder. Vannet fra dysa under overskapene fylte stekepanna med vann og vasket soyaoljen ut av stekepanna.

4.1.2 Brann i sofa

Fra skumplastmadrassen i sofaen ble antent, til slokkeanleggene som detekterte på varme ble løst ut, tok det fra 1 til 1,5 minutter.

For slokkeanleggene med glassbulb, var det i hovedsak utløsningstemperaturen for denne som var bestemmende for aktiveringstiden av slokkeanlegget. For de øvrige slokkeanleggene varierte aktiveringstiden fra 30 sekunder til 2 minutter pga følgende forhold:

- Ulike detektorer med ulik følsomhet
- Forsinkelser knyttet til aktivering av pumper og ventiler

Sofabrannen karakteriseres av en hurtig brannutvikling. Dette betyr at tidspunktet for når vannpåføringen starter er avgjørende. En forsinkelse på eksempelvis et halvt minutt vil kunne utgjøre betydelige forskjeller.

Boligsprinkleranlegget reduserte ved lukket dør brannen til en liten brann innen 2 minutter og slokket brannen helt innen 6 minutter. Ved åpen dør ble slokking oppnådd etter ca 2 minutter. Etter forsøket ble det kun registrert små skader på madrassene og ingen skader på veggpanelet.

Vanntåkeanlegg A, som hadde glassbulb med bruddtemperatur lik 57 °C, slokket sofabrannene i løpet av 2 til 4 minutter. Etter testene har leverandøren byttet glassbulb til en med bruddtemperatur lik 47 °C. Effekten av denne endringen er ikke dokumentert.

Vanntåkeanlegg B, som hadde røykdeteksjon, løste ut etter om lag 1 minutt og slokking ble oppnådd etter 2 til 2,5 minutter. Med utløsningstid på mer enn 1 minutt, rakk flammene å slå opp i taket, samt at de begynte å spre seg utover takflaten. De trådløse røykdetektorene til vanntåkeanlegg B hadde en opphengsanordning som smeltet og medførte at detektorene løsnet og falt ned.

Vanntåkeanlegg C, som var et lavtrykksanlegg, hadde vanskeligheter med å oppnå slokking. Dette kunne se ut til å skyldes følgende forhold:

- Kort deteksjonstid medførte lave gasstemperaturer i rommet og liten fordampning av vannråpene
- Sofabrannen lå delvis utenfor vannsprayens dekningsområde
- Sekvensiell vannpåføring gav brannen anledning til å utvikle seg i pausene

Vanntåkeanlegg D som var et lavtrykksanlegg, reduserte brannstørrelsen etter 3-4 minutter, men oppnådde ikke slokking før etter 12- 13 minutter. Dette kunne se ut til å skyldes følgende forhold:

- Kort deteksjonstid medførte lave gasstemperaturer i rommet og liten fordampning av vandrdåpene
- Trykk og vannmengde virket noe underdimensjonert i forhold til de gitte brannscenariene
- Valgt sekvensiell vannpåføring var ikke optimal for det aktuelle brannscenariet
- Re-deteksjon med pause i vannpåføringen, tillot brannen å utvikle seg i pausene

Vanntåkeanlegg E, som var et lavtrykksanlegg, reduserte brannstørrelsen etter 2 til 4 minutter i den ene testen. Det ble ikke oppnådd slokking før etter 9 til 10 minutter. I den andre testen smeltet opphengsanordningen, og som følge av dette falt anlegget ned etter 1-2 minutter.

Trykk og vannmengde for dette anlegget virket underdimensjonert i forhold til de aktuelle brannscenariene. Siden sofabrannen i testene med dette systemet fikk anledning til å utvikle seg fritt de første 2 til 4 minuttene, samt at det tok 5 til 10 minutter å redusere brannstørrelsen vesentlig, ble det utviklet store mengder med CO og CO₂ som ble akkumulert i brannrommet. I tillegg ble det observert gjennombrenning i veggpanelet og flammespredning på baksiden av dette. Dette var med på å vanskeliggjøre slokkingen.

4.1.3 Brann i simulert møbel

Etter at trekrybba og de to møbeldelene ble antent, tok det fra 30 til 50 sekunder før slokkeanlegg med termisk utløsning (glassbulb) ble aktivert (boligsprinkler og vanntåkeanlegg A). Åpen dør ga en kortere aktiveringstid enn lukket dør. Dette skyldtes at tilluften sørger for en raskere brannvekst. Type glassbulb (temperatur) er i utgangspunktet bestemmende for hvor lang aktiveringstid et slokkeanlegg med denne utløsningstypen får. For de øvrige vanntåkeanleggene varierte aktiveringstida fra 6 til 108 sekunder på grunn av følgende forhold:

- Forskjell på detektortypene med hensyn til følsomhet
- Varierende forsinkelser knyttet til aktivering av pumper og ventiler

Boligsprinkleranlegget hadde en utløsningstid fra 30 til 50 sekunder avhengig av om døra var åpen eller lukket. Dette medførte at siden tiden til utløsning var kort, ble brannen kontrollert og redusert til et minimum i løpet av 3 minutter. Med en utløsningstid på 50 sekunder rakk flammene å få tak i kledningen på veggene og i taket, og slokking inntraff etter omlag 9 minutter.

Vanntåkeanlegg A løste ut ved glassbulb med smeltetemperatur på 57 °C og slokket brannene i løpet av 1 til 2 minutter med lukket dør. Vanntåkeanlegget klarte ikke å slokke brannen med åpen dør.

Vanntåkeanlegg B løste ut ved røykdeteksjon med deteksjonstid på omlag 27 sekunder. Med utløsningstid for vanntåkeanlegget på omlag 1 minutt, klarte vanntåkeanlegget å kontrollere brannen, men oppnådde ikke slokking. Dette anlegget hadde en begrenset tid med vann til rådighet, 12 minutter, noe som viste seg å ikke være tilstrekkelig til å slokke brannen. Umiddelbart etter at vannet tok slutt, økte brannen i intensitet, og brannen gikk til overtenning i rommet.

Vanntåkeanlegg C hadde vanskeligheter med å oppnå slokking. Dette så ut til å kunne skyldes følgende forhold:

- Kort deteksjonstid medførte lave gasstemperaturer i rommet og dermed liten fordampning av vanndråpene
- Sekvensiell vannpåføring gav brannen anledning til å utvikle seg i pausene

Vanntåkeanlegg D løste ut etter 53 sekunder. I dette tilfelle ble det benyttet sekvensiell styring med 30 sekunder av og 30 sekunder på. Vanntåka klarte ikke å dempe brannen i løpet av de 30 sekundene vannet ble påført, og brannen økte i intensitet de neste 30 sekundene da vanntåka var av. Dette resulterte i at brannen gikk til overtenning. Årsaken til dette så ut til å være:

- Lang deteksjonstid med påfølgende høye gasstemperaturer
- Noe underdimensjonert med hensyn på vannmengde og trykk
- Valgt sekvensiell vannpåføring var ikke optimal for det aktuelle brannscenariet
- Re-deteksjon med pause i vannpåføringen, tillot brannen å utvikle seg i pausene

Vanntåkeanlegg E løste ut etter om lag 23 sekunder. Ved lukket dør inntraff slokking etter omlag 3 minutter. Med åpen dør klarte ikke vanntåkeanlegget å slokke brannen. Årsaken til dette så ut til å være at vanntåkeanlegget var noe underdimensjonert med hensyn på vannmengde og trykk.

4.2 Deteksjon

Slokkeanleggene (boligsprinkler og vanntåke) som ble testet i prosjektet benyttet forskjellige prinsipper for deteksjon og utløsning av vann. Nedenfor er de forskjellige prinsippene for deteksjon beskrevet. Hvilke system de respektive leverandørene benyttet for sine forsøk er gitt under beskrivelsen av slokkeanleggene.

Følgende deteksjonsprinsipp ble benyttet:

- Varmedeteksjon (glassbulb)
- Temperaturstigning
- Røykdeteksjon (optisk)
- Flammedeteksjon
- Kombinasjoner av overstående deteksjonsprinsipper

Følgende posisjoner ble benyttet med hensyn på plassering av detektorene:

- Røykdetektorene ble plassert i taket (sentrisk ved bruk av en detektor, eller symmetrisk om senterlinje i akse dør til kjøkken, ved bruk av to detektorer)
- Glassbulb var plassert i dysen i taket eller i aktiveringsventil
- Flammedetektor ble plassert i hjørne diagonalt overfor simulert møbel (60 cm under tak)
- For måling av temperaturøkning ble det plassert en sensor i eller ved røykdetektor

Før forsøksprogrammet startet, ble detektorplasseringen vurdert med hensyn på en generell plassering uavhengig av brannscenario.

Forsøkene viste at følgende parametere påvirket deteksjonen:

- Ventilasjon (tilførsel av friskluft og turbulens i rommet)
- Branntype:
 - Røykutvikling uten flamme og med minimal temperaturøkning
 - Flammebrann med rask temperaturøkning
- Brenseltype:
 - Væske (heptan, soyaolje)
 - Trevirke (trekrybbe, kryssfiner, sponplate, heltre furu, trefiberplate)
 - Skumplast (polyetylen)
 - Madrasstrekk (bomull)

Effekten av ulik ventilasjon på deteksjonen (åpen kontra lukket dør) er avhengig av brannscenario. Dette gav følgende effekt:

a) Langvarig røykutvikling med påfølgende flammebrann:

- Lukket dør medførte liten transport/sirkulasjon av luft hvilket igjen medførte akkumulering av varme røykgasser og rask utløsning av glassbulb
- Lukket dør medførte økt røykkonsentrasjon og dermed rask røykdeteksjon
- Åpen dør medførte innblanding av "frisk" luft og dermed uttynning av røyk. Dette medførte igjen sen røykdeteksjon
- Åpen dør medførte innblanding av "frisk" luft og dermed redusert akkumulering av varme røykgasser og sen utløsning av glassbulb
- Flammedetektor reagerte ikke på røyk

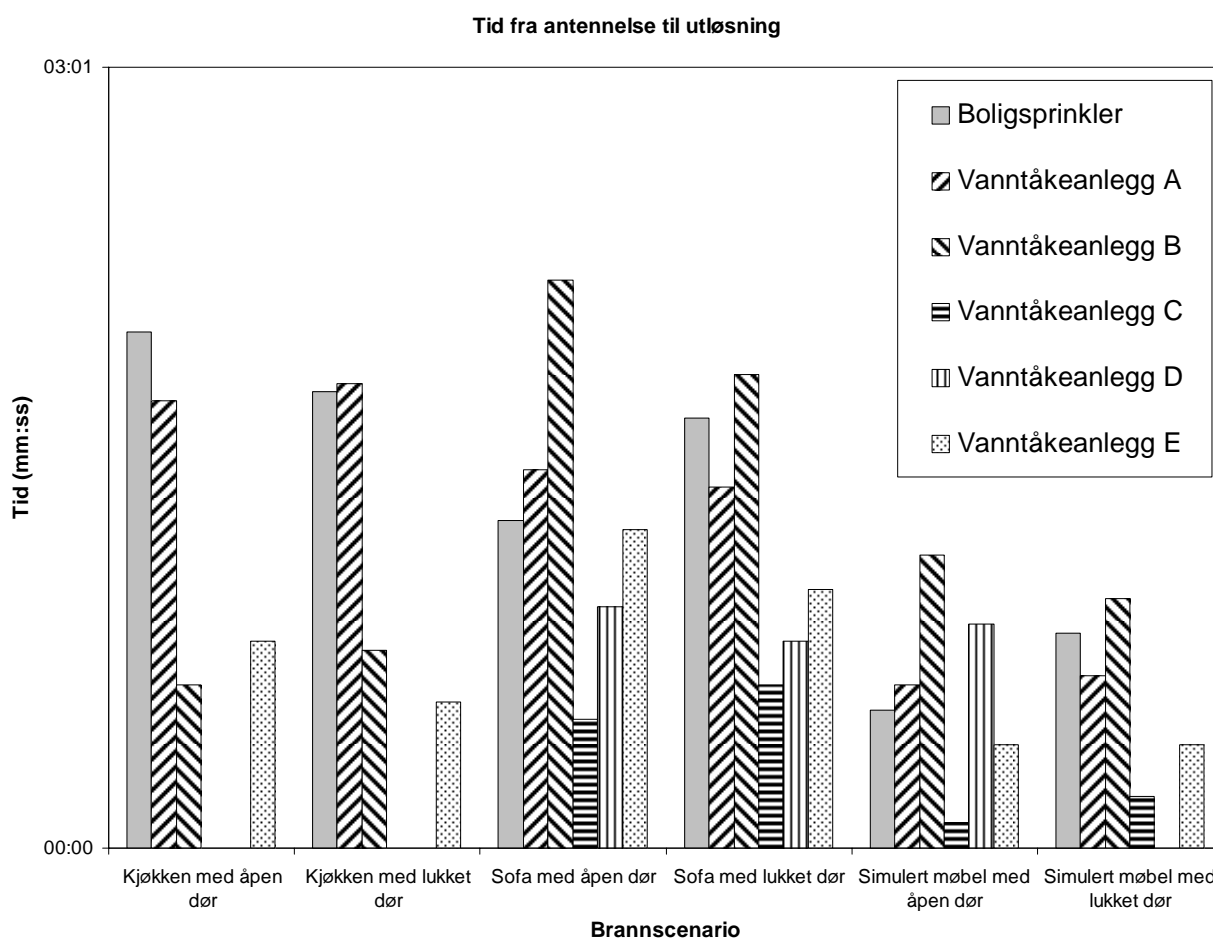
b) Flammebrann

- Lukket dør medførte en langsommere brannutvikling enn åpen dør, og det medførte igjen lengre tid til utløsning av glassbulb
- Åpen dør gav større luftinnblanding, raskere brannspredning og raskere utløsning av glassbulb
- Røykdeteksjon var lite ømfintlig for åpen eller lukket dør ved flammebrann
- Flammedeteksjon detekterte umiddelbart på flamme uten hensyn til flammestørrelse, men røyk medførte redusert sikt og følsomhet for detektoren

Slokkeanleggene påvirkes også av tiden til utløsning og hvor mye brannen får lov til å utvikle seg. Figur 4.1 viser tiden fra antennelse til deteksjon for slokkeanleggene i de ulike brannscenariene.

De forskjellige deteksjonstypene som ble benyttet har varierende egenskaper. Dette har betydning for følgende forhold:

- Tid til varsling av innsatspersonell
- Mulighet for feilutløsning
- Hvor effektivt systemene oppnår slokking /kontroll
- Mengden giftige gasser som utvikles i brannrommet
- Temperaturnivået som opptrer i rommet



Figur 4.1: Diagrammet viser tid fra antennelse til utløsning av de ulike slokkeanleggene i de forskjellige brannscenariene.

4.3 Giftighet – Gasskonsentrasjon

Det ble foretatt målinger av CO konsentrasjonen i brannrommet både med hensyn på maksimalverdier og akkumulert mengde over tid. De CO konsentrasjonene som ble registrert, varierte med følgende forhold:

- Tid til påføring av slokkevann (temperaturstigning i rommet samt økning i brannstørrelse)
- Effekten av slokkevannet (inertisering og kjøling)

Tid til påføring av slokkevann varierte som funksjon av deteksjonstype og som funksjon av forskjellige utløsningsmekanismer. Glassbulb som både ble benyttet for utløsning i boligsprinkleranlegget og i vanntåkeanlegg A, hadde med henholdsvis 57 °C og 68 °C, noe lengre reaksjonstid enn røykdeteksjon.

Effekten av slokkevannet varierte på grunn av følgende forhold:

- Underdimensjonert kapasitet på noen av systemene i form av for lavt trykk og for lite vann ut av dysene
- Dyseplassering i kombinasjon med vannspray (mangel på direkte treff)
- Treghet og forsinkelse med hensyn på deteksjon og tid til utløsning

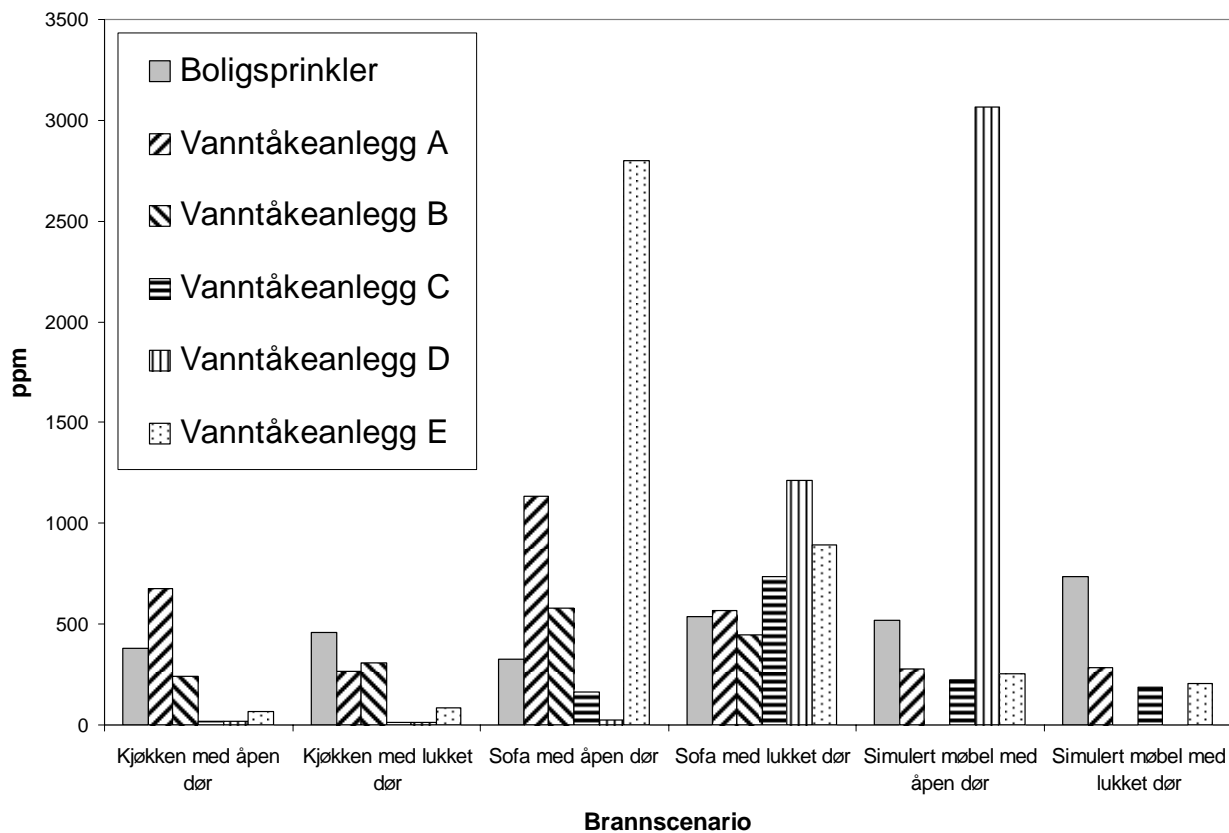
I de tilfellene der brannen ble detektert tidlig, slokkevannet påført med liten tidsforsinkelse og dysene riktig designet i forhold til brannscenariene, var det begrenset hvor store CO verdier som ble oppnådd i brannrommet. Ved å begrense brannstørrelsen tidlig, produseres det mindre CO i slokkefasen sammenlignet med om brannen får lov til å vokse seg stor.

I de tilfellene der vanntåkeanleggene løste ut sent eller ikke klarte å kontrollere brannen, ble det oppnådd høyere CO konsentrasjoner i brannrommet, se figur 4.2.

Det er vanlig å bruke en CO konsentrasjon på 3000 ppm som kritisk grense i forbindelse med brannforsøk /4/. I de to testene med vanntåke hvor CO konsentrasjonen oppnådde verdier i denne størrelsesorden, var dette et resultat av svikt hos vanntåkeanleggene (sen deteksjon, forsinket utløsning av vann, feiltilpasning av dysetype og dyseplassering samt underdimensjonert vannkapasitet). Dette er forhold som sannsynligvis kan forbedres betraktelig med mindre endringer i slokkeanleggene.

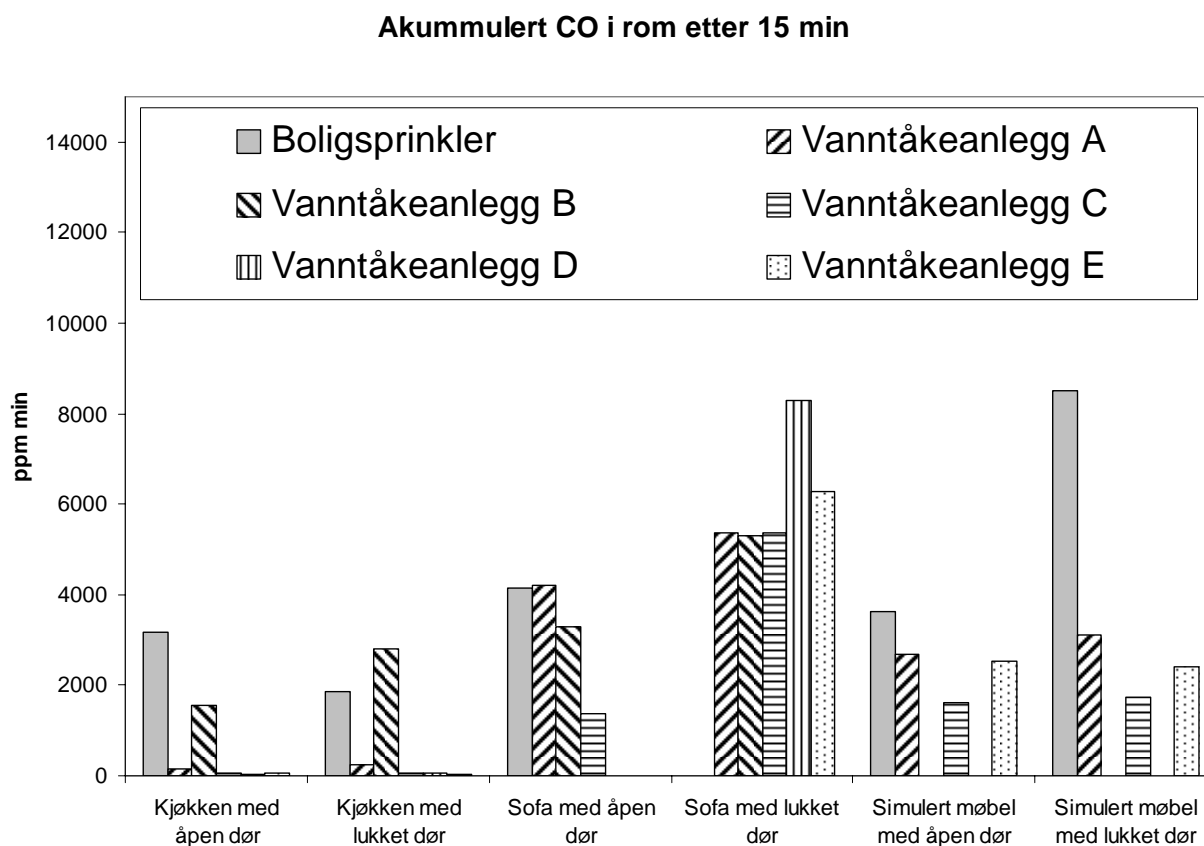
I figur 4.2 er det gjengitt maksimalverdier for CO konsentrasjoner i de forskjellige forsøkene.

Maksimale CO-konsentrasjoner



Figur 4.2: Grafisk fremstilling av maksimale verdier for CO-konsentrasjonen i brannrommet under forsøkene.

I figur 4.3 er det vist akkumulert dose av CO i løpet av 15 minutter for de forskjellige slokkeanleggene.



Figur 4.3: Grafisk fremstilling av akkumulerte verdier for CO-dose i brannrommet 15 minutter etter antenning.

I og med at CO akkumuleres i kroppen, vil akkumulert mengde være avgjørende med tanke på dødelighet. Dødelig akkumulert dose anslås til om lag 30 000 – 50 000 ppm minutter /4/.

De akkumulerte verdiene viser viktigheten av å løse ut vanntåkeanleggene på et tidlig tidspunkt for å holde CO verdiene på et lavt nivå. Samtidig er det viktig å unngå uønskede utløsninger. Et tradisjonelt boligsprinkleranlegg som løses ut termisk ved glassbulb, har lang aktiveringstid og tillater således produksjon av mer CO. Den samme effekten kan vi se for de vanntåkeanleggene der sen deteksjon i kombinasjon med forsinket påføring av vannet gir lang for-brenningstid.

I forsøkene der systemene sviktet og medførte CO konsentrasjoner rundt 3000 ppm, ble brannen sløkket manuelt. Disse er derfor ikke tatt med i den grafiske fremstillingen av akkumulert mengde CO.

4.4 Temperaturer

Det ble valgt å måle temperaturer i to hovedposisjoner i rommet. I disse posisjonene ble temperaturen målt i fire høyder: Liggehøyde, sittehøyde, ståhøyde og oppunder taket.

Kritisk grense for temperatur i brannforsøk er ofte satt til 100 °C eller i underkant av dette. Sprinklerkriteriene i UL og FMs tester angir for eksempel at temperaturen ikke skal overstige 93 grader 1,6 meter over gulvnivå /4/.

For brannscenariene knyttet til kjøkkenet, ble det kun registrert liten temperaturstigning i rommet i sittehøyde. Oppunder taket varierte maksimaltemperaturene kort tid etter antenning fra 40 °C til 200 °C for de forskjellige sløkkeanleggene. For de vanntåkeanleggene der deteksjon løste ut på røyk uten flammebrann, forble romtemperaturen tilnærmet uforandret.

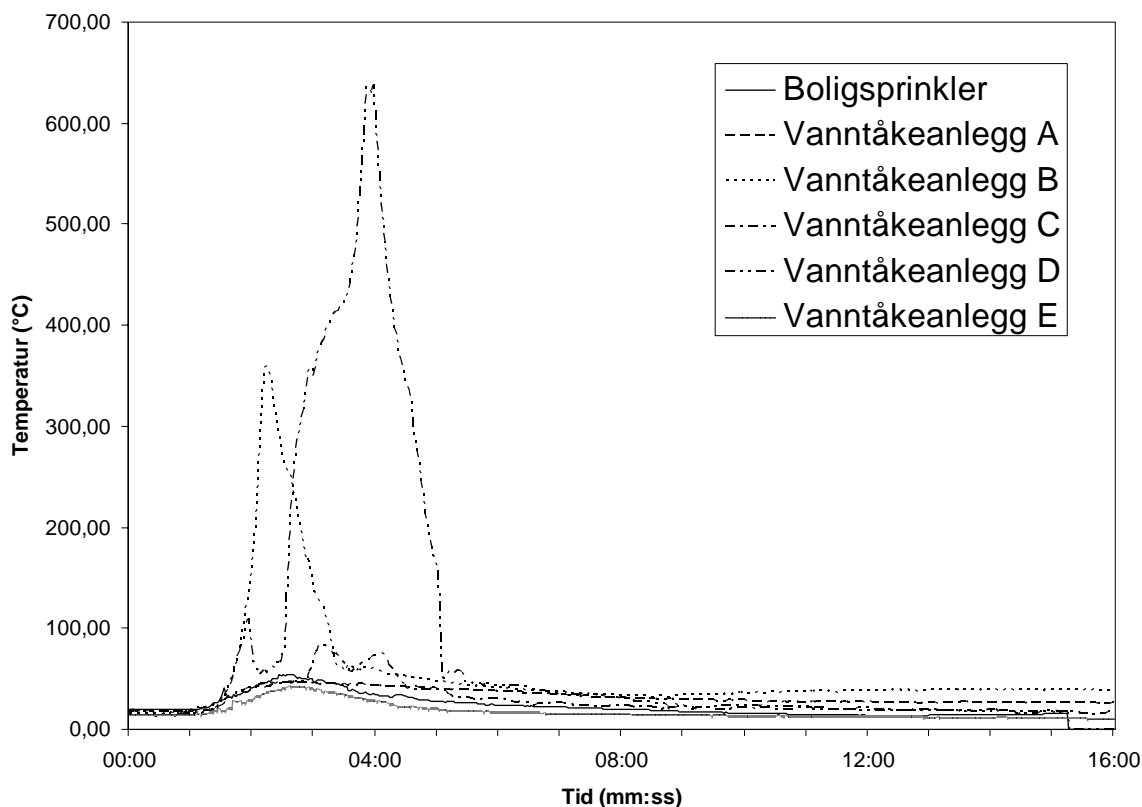
For brann i sofa, ble det fra brannstart og frem til utløst vanntåke, registrert en temperaturstigning i sittehøyde som varierte fra 30 °C til 70 °C. I ståhøyde varierte temperaturen fra 40 °C til 260 °C. Det er her sett bort fra mislykkede forsøk der brannen kom ut av kontroll og måtte sløkkes manuelt.

For brann i simulert møbel ble det fra brannstart og frem til utløst vanntåke registrert en temperaturstigning i sittehøyde som varierte fra 40 °C til 100 °C. Oppunder taket varierte temperaturen fra 50 °C til 240 °C. Svikt hos noen av vanntåkeanleggene resulterte i høyere verdier enn dette.

I de fleste forsøkene ble temperaturene redusert hurtig i det vanntåka ble utløst. I forsøkene hvor det tok lang tid fra brannstart til vannpåføring, ble maksimaltemperaturene høyere i startfasen. Sløkkesystemene brukte da noe lengre tid på å redusere temperaturnivået.

Vanntåkeanlegg C og D benyttet sekvensiell vannpåføring, og dette medførte at temperaturene steg i pausene uten vannpåføring.

Figur 4.4 viser hvordan temperaturen varierte i sittehøyde for de forskjellige sløkkeanleggene for brann i simulert møbel.

Temperaturer termorack 1 - 1,2m


Figur 4.4: Temperatur i sittehøyde (1,2 meter over gulv) under brann i simulert møbel med åpen dør.

4.5 Sikt

Det ble målt sikt i to nivå i rommet ved hjelp av lasere og lysømfintlige objektiver. Røyktransporten var forskjellig for de seks brannscenariene fra brannstart og til sløkkanleggene ble utløst. I kjøkkenbrannen ble det produsert røyk i lang tid før antennelse. Denne røyken fordelte seg over et sjikt som strakk seg fra taket og ned til en meter over gulvet. Røyksjiktet hadde liten tetthet og det var sikt gjennom rommet.

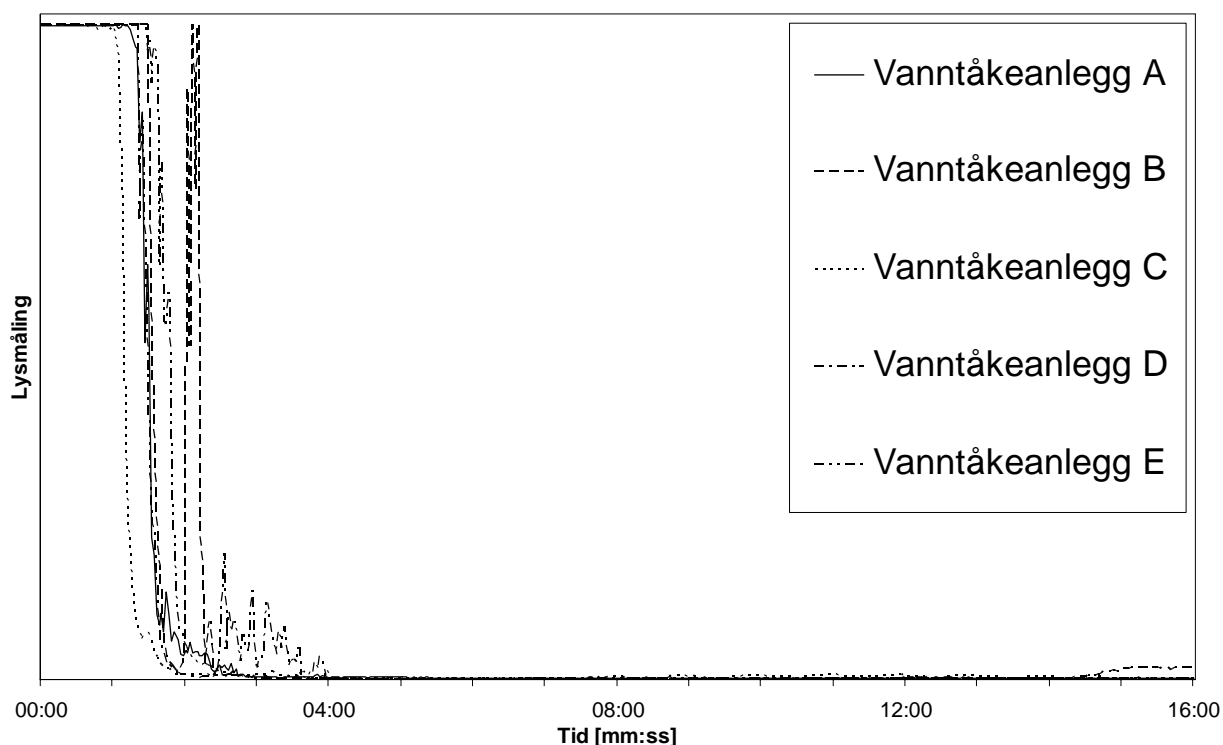
Sofabrann og brann i simulert møbel, var raske flammebranner. Den røyken som ble produsert i startfasen holdt en høyere temperatur enn røyken fra kjøkkenbrannen. Dette medførte at røyken samlet seg i et konsentrert sjikt oppunder taket. På grunn av det kraftige lyset som flammene gav, var det vanskelig å se hvor tett dette sjiktet egentlig var.

Vanndråper og røykpartikler hindret etter hvert laserstrålen fra å nå det lysømfintlige objektivet. Dette ble av det lysømfintlige objektivet registrert som redusert sikt. Intensiteten fra selve flammene gjorde at det ved visuell observasjon var vanskelig å registrere at sikten ble redusert.

Følgende observasjoner ble gjort inne i brannrommet idet slukkeanleggene løste ut:

- Røyksjiktet ble avkjølt av vannet
- Omrøring i røyksjiktet på grunn av turbulens og impuls fra vanntåka
- Redusert forbrenning i senter av brannen som resulterte i ufullstendig forbrenning og økt produksjon av sotpartikler
- Sikten ble fullstendig redusert som resultat av omrøring av røyk, vanndamp og reduksjon av brannen (reduisert lys fra flammer)

Sikt - 1,8 m



Figur 4.5: Måling av sikt (lysmåling fra laser) i ståhøyde i rommet (1,8 m over gulv) fra brann i simulert møbel med åpen dør. Sikt i forsøk med boligsprinkler er ikke tatt med da det der ble brukt en svakere laser.

Målesystemene registrerte at sikten ble redusert som følge av omrøring av røyken og på grunn av vanndamp i rommet. I figur 4.5 er det vist et eksempel på hvor raskt sikten reduseres som følge av de forholdene som er nevnt ovenfor.

4.6 Pålitelighet

Vanntåkeanleggene som ble testet i dette prosjektet, baserer seg på forskjellige løsninger med varierende pålitelighet. Følgende parametere og faktorer har betydning i denne sammenhengen:

- Deteksjon (detektortype, kvalitet, to-detektoravhengighet)
- Utløsningsmekanisme (start av pumpe, glassbulb, ventiler)
- Plassering av vanntåkedysene (antall og posisjon)
- Dysetype (høytrykk, lavtrykk, sprinkler)
- Metode for vannpåføring (sekvensiell- eller kontinuerlig)
- Energikilde (elektrisitet, nitrogen)

Boligsprinkleranlegget kan generelt beskrives som en robust og pålitelig teknologi bestående av enkle og velprøvde komponenter. Påføringsstiden vil være tilnærmet ubegrenset ved tilstrekkelig dimensjonert vanntilførsel, og ved riktig dimensjonert utløsningsmekanisme (glassbulb) anses sannsynligheten for feilutløsning liten når det ikke brenner i rommet. Dette må imidlertid balanseres og dimensjoneres i forhold til et ønske om kort tid til utløsning. Boligsprinkleranlegget hadde ikke noe eget system for varsling til ekstern beredskap, men det anses løsbart på linje med de valg som vanntåkeleverandørene benyttet. Boligsprinkleranlegget, slik det ble designet og installert i forsøksrommet, baserte seg på minimum vannleveringsmengde i henhold til regelverket for boligsprinkler.

Vanntåkeanlegg A hadde et separat brannalarmanlegg med en røykdetektor for deteksjon og varsling via telefon. Slokkeanlegget ble utløst av en glassbulb med bruddtemperatur på 57 °C. Dette gir en god pålitelighet ved at ekstern beredskap vil bli varslet tidlig, og vanntåkeanlegget løser ut etter brannstart. Sannsynligheten for uønsket utløsning er liten med en slik løsning. Vanntåkeanlegg A var et delvis mobilt anlegg. Pumpeenheten var en mobil enhet, mens slange- og rørsystem for fremføring av vann til dyse var montert på vegg og i tak. Vanntåkeanlegget har et lite vannforbruk, har ubegrenset virketid, men krever høyt trykk. Påliteligheten til dette anlegget er avhengig av strøm for drift av pumpe som skal sikre et dysetrykk på om lag 100 bar. En forbedring av påliteligheten for dette anlegget kan gjøres ved å redusere faren for strømbrydd.

Vanntåkeanlegg B hadde to detektorer med gjensidig avhengighet. Dette medførte at detektorenes innbyrdes plassering i forhold til brannstedet fikk betydning for hvor lang tid det tok å detektere brannen. I tillegg til dette var det lagt inn en tidsforsinkelse i oppstart av pumpe for å hindre uønsket utløsning av slokkeanlegget. Dette medførte at brannen fikk utvikle seg over et lengre tidsrom og at vanntåka derfor hadde problemer med å få kontroll over brannen for enkelte av scenariene. Vanntåkeanlegg B var et mobilt og lett flyttbart slokkeanlegg der alle komponenter var integrert i en og samme enhet. Anlegget hadde egen vannforsyning bestående av vanntank og høytrykkpumpe, noe som medførte en begrenset virketid. Påføringsstiden var 12 minutter, noe som ved et par anledninger viste seg å være kritisk. Påliteligheten til dette anlegget er avhengig av strøm for drift av pumpe som skal sikre et dysetrykk på om lag 130 bar. Påliteligheten til dette anlegget kan forbedres på følgende måte:

- Raskere og sikrere deteksjon og utløsningsmekanisme
- Økt vannreservoar for å sikre lengre vannpåføringstid
- Redusere faren for strømbrydd

Vanntåkeanlegg C, D og E var alle lavtrykk vanntåkeanlegg. Vanntåkeanlegg C og D var delvis mobile og lett flyttbare, men vanntåkeanlegg E var ikke å betrakte som verken mobilt eller lett flyttbart. Dette vanntåkeanlegget var spesialtilpasset til rommet og krevde omfattende montering.

Vanntåkeanlegg C benyttet en dyse sentrisk plassert i taket, samt deteksjon og utløsning ved to uavhengige røykdetektorer med rask respons. Vanntåkesystemet ble styrt av et tidsrelé med strømforsyning, for å utføre en sekvensiell vannpåføring. Med rask deteksjon ble vanntåka påført alle brannene på et tidlig stadium i brannforløpet. Det medførte at vanntåka ble løst ut ved lave temperaturer og mens brannene var små. Lav temperatur medførte liten fordampning av vannet og redusert inert virkning av vanntåka. Dette medførte at de vanskeligste brannscenariene ikke lot seg kontrollere. Muligheten for uønsket utløsning er til stede når det benyttes røykdetektorer med høy følsomhet og hurtig respons.

Vanntåkeanlegg D brukte både flammedeteksjon og røykdeteksjon. Det var kopling (avhengighet) mellom detektorene og vanntåkeanleggets sekvensielle styring. Detektorene ble resatt for hver sekvens og skulle detektere på ny. Den sekvensielle styringen av vannpåføringen var ikke tilpasset de aktuelle brannscenariene. Dette resulterte i at brannen økte voldsomt i intensitet i pausen før re-deteksjon. Dette vanntåkeanlegget hadde følgende variable som medførte at påliteligheten var under et akseptabelt nivå:

- Røykdeteksjon ble benyttet til å kjøre korte sekvenser med vannpåføring i den hensikt å oppnå røykvasking
- Flammedeteksjon ble benyttet til å kjøre lange sekvenser med vannpåføring i den hensikt å mette atmosfæren med vanndamp med bruk av minst mulig vann
- Re-setting av detektorer med påfølgende re-deteksjon fungerte ikke i de tilfeller der brannen økte så mye i intensitet mellom to faser med vannpåføring at detektoren ble brannskadet

Dette vanntåkeanlegget fremsto mer som en prototyp under utvikling. Deteksjon- og varslingssystemet var ikke tilpasset vanntåkeanlegget.

Vanntåkeanlegg E hadde en røykdetektor og en varmedetektor for utløsning av totalt 17 dyser. Dette vanntåkeanlegget var under utvikling, noe også forsøksresultatene viste. Rørsystemet var basert på plastrør lagt som en ringledning rundt rommet i overgangen mellom tak og vegg. Alle 17 dysene stod åpne, og deteksjon medførte åpning av ventilen fra vannforsyningen. Vanntåkeanlegget hadde en rekke problemer under gjennomføringen av forsøksserien:

- Rørsystemet hadde en opphengsmekanisme som smeltet og anlegget falt ned under et av forsøkene
- Trykk og vannmengde fra de enkelte dysene var utilfredsstillende, noe som medførte begrensede slokkeegenskaper

På grunn av manglende dokumentasjonsunderlag, er vanntåkeanlegg E ikke tatt hensyn til i oppsummeringer og konklusjoner.

5 Tilgjengelighet og kostnad

De vanntåkeanleggene som ble testet i dette prosjektet, befinner seg på forskjellig stadium hva gjelder utvikling og tilgjengelighet. Boligsprinkleranlegget er tilgjengelig som et prefabrikkert system som enkelt kan monteres opp i en leilighet. Vannbehovet til boligsprinkleranlegget vil i mange eksisterende boliger ikke være dekket. I slike tilfeller må det legges opp ny vannforsyning og installasjonskostnadene for et boligsprinkleranlegg vil da sannsynligvis være som for et tradisjonelt sprinkleranlegg.

Produsent og leverandør av vanntåkeanlegg A har antydnet at deres system vil komme til å koste i størrelsesorden kr. 50.000,- pr enhet. Vanntåkeanlegg A var ikke ferdig designet med hensyn på pumpehus og innkapsling av komponenter. Da de ikke har fått ferdig et endelig system som er priset og designet, kan den endelige kostnaden bli endret.

Produsent og leverandør av vanntåkeanlegg B har antydnet en pris pr komplett enhet på ca kr. 20.000, -. Dette systemet er ferdig utviklet for installasjon, men resultatene viser at det er behov for noen forbedringer og oppgraderinger knyttet til deteksjon og utløsningssystem for å redusere reaksjonstiden til vanntåkeanlegget.

Leverandør av vanntåkeanlegg C har antydnet at de vil operere med en kvadratmeterpris. De har ikke presentert en endelig kostnad for systemet da systemet må designes ferdig med hensyn til innkapsling av komponenter, men det er antydnet en pris på om lag 250 kr/m².

De øvrige leverandørene av vanntåkeanleggene har ikke oppgitt noen pris på sine systemer.

6 Konklusjoner

Forsøkene som er gjennomført i dette prosjektet, viser at det er mulig å designe et mobilt og lett flyttbart vanntåkeanlegg som slukker eller undertrykker branner så effektivt at det er mulig å overleve for de som befinner seg i rommet. Dette forutsetter imidlertid:

- At den som oppholder seg i rommet, tåler den fysiske og psykiske påkjenningen som disse brann- og slukkescenariene medfører
- At vanntåkeanlegget er designet med vanntrykk og vannmengder som kan kontrollere, undertrykke eller slukke de brannene som her er demonstrert
- At deteksjonsløsningen og utløsningsmekanismen er designet på en måte som gjør det mulig for vanntåka å løse ut på et tidspunkt som sikrer at brannene kontrolleres, undertrykkes eller slukkes
- At vanntåkeanlegget er designet slik at alle komponentene som benyttes er tilpasset hverandre
- At alle komponentene som benyttes i vanntåkeanlegget er dokumentert mhp robusthet og pålitelighet

CO konsentrasjonen varierte for de forskjellige brannscenariene. Akkumulert CO dose i de forskjellige forsøkene hvor slukkeanleggene klarte å slukke eller kontrollere brannen, varierte fra 1.000 til 9.000 ppm minutter i løpet av 15 minutter. Det opereres med varierende tålegrenser i litteraturen. Kritisk grense for dødelighet anslås gjerne til 30.000 - 50.000 ppm minutter /4/.

En mer optimal løsning som reduserer temperaturene i rommet og CO konsentrasjonene, kan se ut for å være følgende:

- Bruk av utløsningsmekanisme med så lav utløsningstemperatur som mulig for å løse ut vanntåke og sprinklervann
- Sikre at slukkeanleggene har tilgang til minimum 20 minutter vannpåføringskapasitet (kan være nødvendig med noe lengre varighet i usentrale strøk)
- Tilstrebe løsninger som sikrer at slukkevann utløses ikke senere enn 30 sekunder etter brannstart (flammebrann)
- Bruk av vanntåkedyser eller sprinklerdyser som kan dokumentere sin effekt i forhold til de valgte brannscenariene

En optimal løsning må også inneholde et system for tidlig deteksjon og varsling av trenet hjelp.

I mange eksisterende bolighus og leilighetsbygg i Norge, vil vannrørene i selve boligene ikke gi tilstrekkelig kapasitet til å kunne forsyne et boligsprinkleranlegg eller lavtrykk vanntåkeanlegg med tilsvarende vannforbruk. Leverandøren av boligsprinkleranlegget valgte å dimensjonere slukkeanlegget med et minimum vannbehov, og det er derfor tenkelig at vannbehovet i enkelte tilfeller vil kunne være større. I eksisterende bebyggelse vil boligsprinkleranlegg og noen lavtrykk vanntåkeanlegg derfor ofte kreve at det installeres ny vannforsyning med større kapasitet eller at det installeres egen vanntank.

7 Referanser

- /1/ Revised guidelines for approval of Sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS Regulation II-2/12, IMO Resolution A.800, 1995
- /2/ Residential Sprinklers for Fire-Protection Service, UL 1626, 2001
- /3/ Effekt av boligsprinkling i omsorgsboliger, SINTEF NBL, NBL A02117, 2002
- /4/ Forventet effekt av faste, aktive sløkkeanlegg - Boligsprinkler og vanntåke, SINTEF NBL, NBL A03105, 2003