TITLE

KA PROSJEKTET Test rapport

Ytelsetesting av systemer for å bekjempe brann inne og ute ved store trebygg

ADDRESS COWI AS
Otto Nielsens veg 12
Postboks 4220 Torgarden
7436 Trondheim
Norway
TEL +47 02694
WWW cowi.com

DATE August 2018
TO Ingrid Staurheim, KA
AUTHOR Geir Jensen
QA Knut Vang
PROJECT NO A075349

Sammendrag

KA, arbeidsgiver og ineresseorganisasjonen for eiere av kirkebygg i Norge, har engasjert COWI for å undersøke tradisjonelle og nye systemer for bekjempelse av brann som oppstår inne i eller utenfor kirkebygg reist i det nittende århundret. En tredelt rapportserie ble utarbeidet i 2016. Den identifiserte flere systemkatogorier som kvalifisert for fullskala testing og nærmere vurdering av egnethet. Prosjektet som helhet er kalt *KA Prosjektet*. Riksantikvaren, Knif Trygghet Forsikring AS og Stiftelsen UNI støttet dette KA-styrte prosjektet.

I denne rapporten gis resultatene fra testserien utført 2016-2018 ved Danish Fire Laboratory. 8 ulike systemer ble testet. Tre 1:1 testrigger i tre ble benyttet. En for innvendige branner, en for utvendige og en for overtenning i rom. Test-riggene inkluderte vegger, takutstikk og skrånende himling. Veggene var 7 eller 8 m høye og rommet 8,5 m høyt på 10x10 m grunnflate. To brannkilder basert på EUR standard trepaller ble benyttet, en for tilfeldig brann kalt "Ordinary" og en for verst realistiske brann kalt "Arson".

Når testplanen tillot det, ble trepanel testet og vurdert mht gjennombrennings-tid, dvs tidspunkt det oppstår brann skjult bak panelet. Se egen rapport om system for brannbekjemping. Tid til brannmannskap er i innsats på stedet er viktig. Hvis gjennombrenning skjer før brannmannskap er i angrep er fare for totalskade betydelig. Brannbekjempelsesystem sin evne til å hindre skade avhenger sterkt av *tid til slokking* versus *tid til gjennombrenning*. Sistnevnte medfører altså skjult brann i konstruksjon eller rom.

Resultatene viser tydelig at sprinkler og vanntåke ved disse vegghøydene må avgi omtrent samme nedbør i liter per minutt over brannen for å lykkes. System som aktiveres av varmestråling brukte mindre vann enn de som ble aktivert av varmekonveksjon (glassampulle). Når dyseplassering, K-faktor og trykk ble tilpasset brannscenariene, økte sannsynligheten for å slokke og for å redusere tiden til slokking, sammenliknet med reglene i standarder. Flere anbefalinger er gitt basert på analyser av resultatene.

Underveis i prosessen ble det klart at resultatene også vil være gyldige for andre typer bygg med utvendig eller innvendig trepanel og lignende geometri, ikke bare kirker. For eksempel forsamlingsbygg, gallerier, historiske bygg og museer.

1 Introduksjon

Rapportserien fra 2016 viste at sprinkler og vanntåkeanlegg fungerer bra i små og mellomstore rom iht standard regler, men det er ikke ønskelig med store vannmengder. Flere kirkebygg har svært lang innsatstid for brannberedskap.

En vesentlig utfordring er forsamlingsrom, store loft og liknende rom med høye tak i kirkebygg og andre historiske bygg. Takhøyden er omtrent på, eller over grensen for det dyser blir testet og godkjent for. Rommene kan også være dekorert med malerier. Typisk inventar står på gulv i form av benker og stoler på faste plasser til enhver tid, mens romvolumet over dem er tomt. Testserien ble utført for å undersøke ytelsen til slokkesystemer særlig i slike rom.

Kirkebygg og historiske bygg i tre er særlig sårbare for utvendig brann. Planleggingsstandarder for slokkesystemer ivaretar ikke scenarier med brann i trekledning eller vinduer uten brannmotstand etc. Vindu- og takfot-sprinklere finnes godkjent for ubrennbare fasadeflater. NFPA og FM har forenklede anbefalinger for brennbare fasadeflater. Men disse framstår som faglig konservative estimat og er ikke dokumentert. Derfor kreves i dag deluge og nedbør på over 40 l/min per fasade-lengdemeter, som igjen økes dersom etasjeantall er over 3. I praksis er det ikke kjent at slike system er installert. De synes ikke realistiske for bruk.

Denne testserien forsøker å kartlegge hvilke system som er mest egnet, og som gir minst inngrep i konstruksjon og visuelt samt medfører minst sekundærskade.

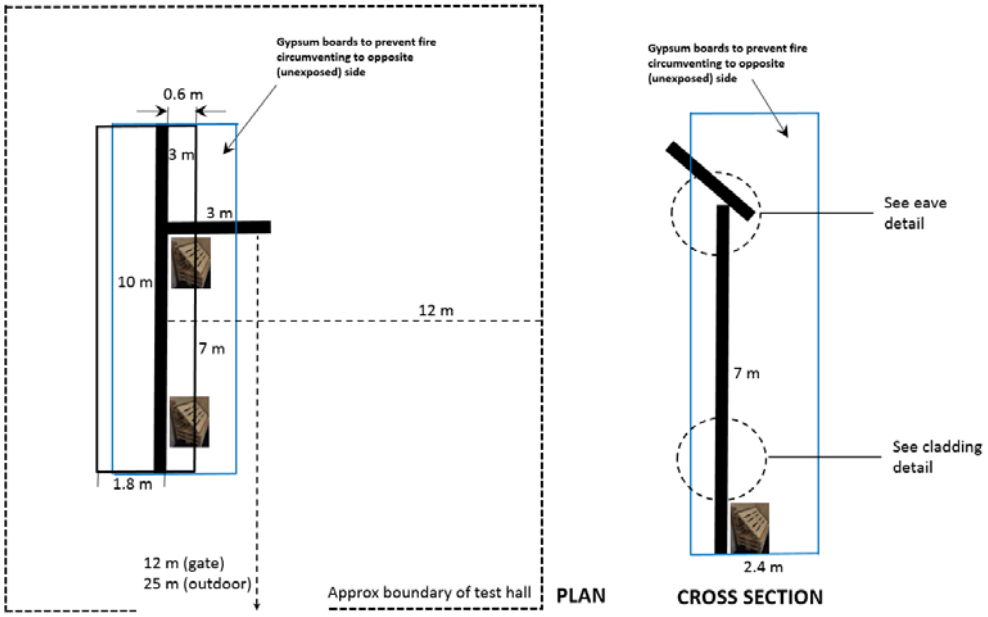
Brannkilder og testrigger ble utformet som ad hoc realistiske scenarier for å utfordre systemene på grensen av hva de klarer, både mtp deres kapasitet for scenariene og iht standard regler. Det ble utført flere tester med hvert system slik at en fikk vurdert ytelsen når de er montert iht standard og når de er justert for å fungerte optimalt i scenariene.

Testserien ble utført ved Danish Fire Laboratory.

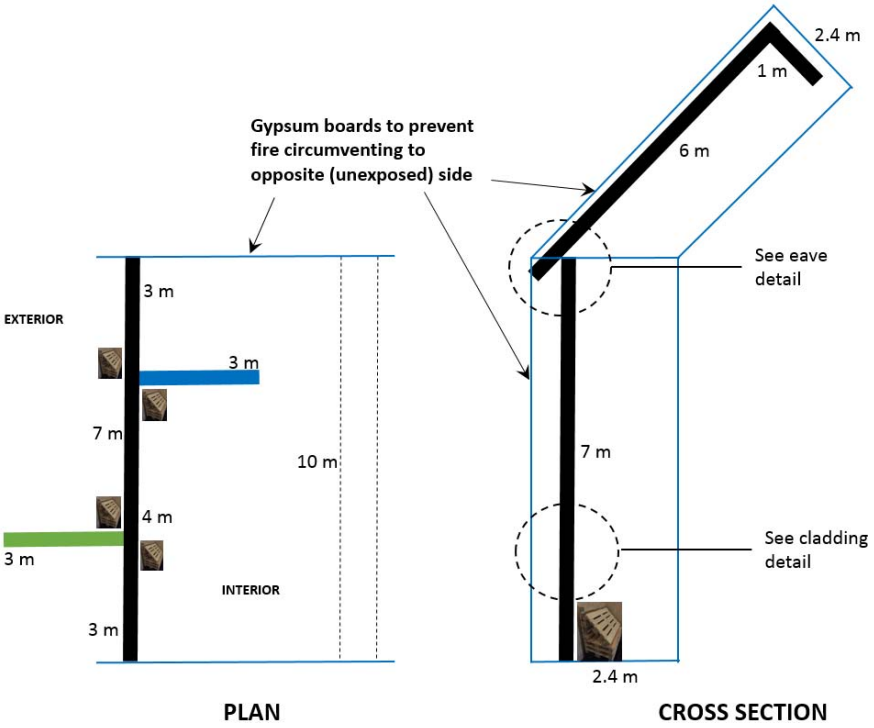
Standard Norge utvikler en standard for beskyttelse av brannskallet til bygg, prNS 3912, i mangel av en standard som dekker brennbare fasadeflater og tak.

Resultatene fra testene er presentert slik at de ikke bare kan utnyttes av sponsorene for prosjektet, men som støtte for utvikling av SN standarden eller andre standarder som kan ha behov for dem.

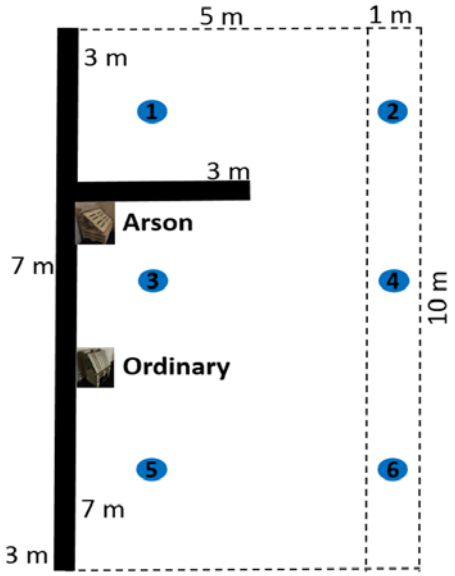
2 Test rigger og gjennomføring



Testhallens planriss er stiplet. Blå strek markerer test rigg, brann ute i snitt.

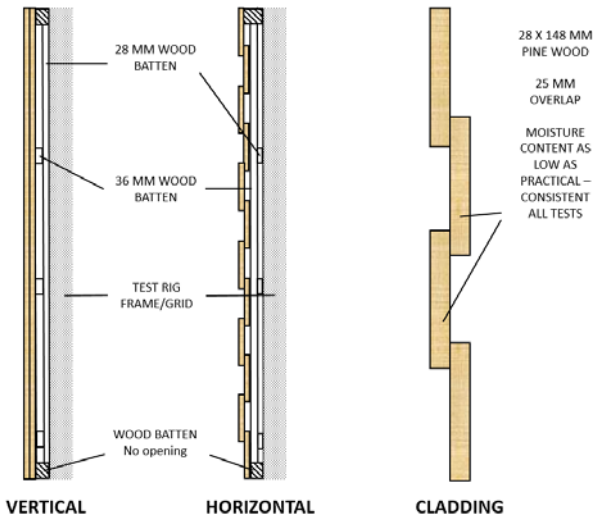


Til venstre plan av testrigg, grønn hjørnevegg markerer utvendig, blå innvendig.

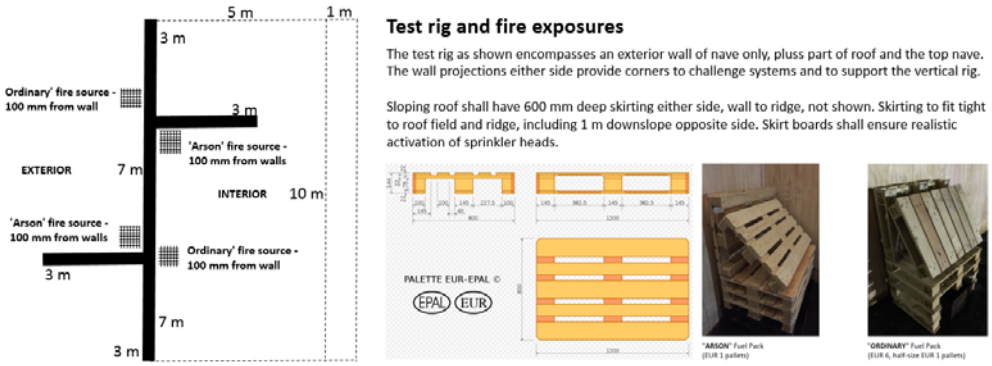


Plan over generell plassering dyser i tak for sprinkler, lav- og høytrykk vanntåke. Plasseringen ble litt endret for de fleste systemene for å optimalisere dem bedre til brann mot vegg der brann bidrar til effektutviklingen, etter at de først ble testet iht regelverk. Plasseringsendringene var små, ikke mer enn 1 m, men ga vesentlig effekt på ytelsen.

Nøyaktige plasseringer er ansett som fortrolig for system-eier, og utelatt her. Uansett skal en forholde seg til systemleverandørens regler for eget system. Reglene kan vise til disse testene om system-eier ønsker det.



Med hensikt ble de skisserte trekledningene benyttet i alle slokketestene.
Merk: Egen rapport beskriver gjennombrenningstester for flere ulike typer panel/kledning som ikke er vist her. Men gjennombrenningstid og slokkeytelser hører sammen fordi gjennombrenning er en kritisk hendelse hvoretter brann blir skjult i konstruksjon og ikke lenger kan slokkes utenfra eller fra romsiden.



Plan over brannkilder og deres plasseringer.

Brannkilder

Se plan over brannkilder. 0,5 l heptan ble fylt i 0,1 m² kar og satt under pallestabel i en åpning etter en utskåret del av nederste palle for type Ordinary. For type Arson ble det brukt to heptankar lik den for Ordinary.

Arson type brannkilde er estimert til toppeffekt 2,8 MW, Ordinary 2 MW.

Trepanel bak brannkilde er estimert å bidra med 0,25 MW pr m² Arson brannkilde i hjørnet er derfor estimert til toppeffekt nær 6 MW når flamme treffer himling ved 7 m eller ved de høyere veggene 8,5 og 10 m.

Gjennomføring

Væskebrannene var identisk i størrelse og varighet for alle testene. Uheldigvis var forbrenningstiden på over 5 min, samtidig noen branner ble avsluttet før væskebrann var utbrent og andre etter. Det ble krevende å sammenlikne systemene i analysen. Ideelt sett bør det ikke benyttes mer heptan enn nødvendig for å oppnå vedvarende forbrenning i paller, og det anbefales for senere tester.

Hvert system med dyser i tak (sprinkler, lav- og høytrykk tåke) ble testet flere ganger. Første test ble utført iht produsents regler/standardregler for plassering, dyseorientering, K-faktor, glassampulle-type og vanntrykk. Deretter ble alt tilpasset for å oppnå bedre resultat for det spesifikke brannscenarioet.

Ved å vurdere alle testene i *Table 1 ble slokking definert å inntreffe når brann i palle er opphørt og kun resten av væsken brenner*. I noen få av testene der systemet kontrollerte brannen uten å slokke, var dette vanskelig å vurdere.

3 Vannbaserte system som er testet

Innvendige system som ble testet i 7-10 m i høye forsamlingsrom

Sprinkler
Høytrykk vanntåke
Lavtrykk vanntåke
Robotdyser i himling *(dyser som detekterer, sikter og slokker automatisk)*

Utvendig system testet ved 7 m høy vegg med trekledning og takutstikk

Sprinkler
Lavtrykk vanntåke
Robotdyser *(dyser som detekterer, sikter og slokker automatisk*)
Manuell slokking med lettskum (*CAF demonstrert*)

Utvendig system demonstrert utenfor testhallen

Utvendige vann-barriere dyser (*demonstrert*)

Systemer som ikke er testet

Tidsrammen tillot ikke at følgende kvalifiserte system ble inkludert: Automatisk indirekte slokking med vann, pop-up dyser gulv, veggmonterte dyser, vann-drevet pumpe, semi-robot dyser og påle-spraydyser.

3.1 Innvendig sprinkler

Et sprinkleranlegg ble montert med 4 sprinkler i himling: 2 på skråtakflate mot veggen med brannkilde og 2 andre på motsatt skråtakflate. Innbyrdes avstand 3,5 m. K40 metrisk sprinkler ble brukt, men K57 var planlagt. Dette er lav fare-klasse og det kan diskuteres om det er relevant her. Rommet ansees å ikke ha brennbart inventar utenom benker på gulv eller lagret materiale og høyden er litt i overkant av grense for test standarder. K80 brukes ofte i slike rom. Glass-ampulle 57ºC som planlagt var ikke tilgjengelig på testdagen så 68 ºC ble brukt. Åpning av ventil i første test ble 40 s forsinket pga en feil ved den testen. Derfor ble test 102 (Tabell 1) særlig utfordrende å analysere for sprinklersystemet. Arson brannen ble kontrollert til romtemperatur ved tak <50ºC.

Test 103 ble en gjentakelse bortsett fra at sprinklerhoder ble orientert vertikalt og ikke 90 grader mot skråflaten iht databladet. Sprinklere ble flyttet fra 1,7 m fra vegg til 1 m fra vegg. Innbyrdes avstand 4 m. Testen mislyktes.

Test 102b ble lik 102, men 3 bar på K57 og ingen forsinket ventilåpning. Sprink-lerene 1 m fra vegg. Brannen ble kontrollert til <60ºC romtemperatur ved taket.

Test 202 var lik 102b, men brannkilde var nå Ordinary type på slett vegg. Brannen ble slokket ved tid 5:35.

Merk at K40 sprinklere ble brukt og testet med 5 bar. K57 ble testet med 3 bar.

I innvendige tester åpnet de fleste glassampuller. Det førte til at alle vegger og tak ble vætet. Sprinklersystemet ble hardt påkjent av både Ordinary og Arson brannene og slokking skjedde >5 min etter antenning. Sammenliknet med vann-tåke-systemene var sprinkler på grensen av hvor lite vann sprinkler kan avgi, mens vanntåke-systemene heller måtte maksimere trykk og nedbør for å lykkes.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.

Sprinklere forberedt for innvendig test.

Venstre: Straks etter dette (merk intensiteten i brann) knuste 57 ºC glass-ampullene og åpnet for vann.

Senter: Flammesøyle i denne høyden skyver vannspray fra seg, t.o.m. ved sprinkleranlegg, slik at dråpene ikke lander i brannkilden, men på gulvet. Mindre dråper så ut til å fordampe av strålingen og påvirket ikke brannen på noen måte. K40 sprinklere ble flyttet nærmere vegg/brannkilde, glassampuller ble senere byttet fra 68 til 57 ºC, og også da det ble brukt K 84 ble slokking oppnådd i senere tester.

Høyre: Omfang av forkulling etter en gjennombrenningstest uten slokkesystem.

3.2 Utvendig sprinkler

I test 704 ble det benyttet 4 window sprinkler K84 på et deluge rør under takutstikk. Delugeventil ble åpnet manuelt ved 3,5 m flammehøyde. Trykk var forutsatt 3,45 bar, men ble 3 bar. Brannkilde var Ordinary ved yttervegg. Brannen ble slokket ved 5:00.

Test 705 var lik 704, men nå med brannkilde Arson i utvendig hjørne. Brann ble kontrollert til <50 ºC under taktutsikk.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.

Utvendig brann, rett etter antenning.

3.3 Høytrykk vanntåke innvendig

Dette høytrykk vanntåkesystemet benyttet 4 stykk K2,6 dyser ved 100 bar i fem ulike tester. De første to (Arson og så Ordinary) hadde dyser 2 m fra vegg og ellers likt sprinkler-dysekonfigurasjonen iht produsentens datablad. De neste to testene (Arson og Ordinary) var som de to første bortsett fra at dyser ble flyttet til 1,5 m fra vegg. Femte test (303b2) ble som foregående, men nå ble Ordinary brannkilde plassert inntil vegg i vertikalplanet til en dyse (tilnærmet rett under).

Av de fem testene sviktet første (ingen kontroll, ingen slokking). De neste tre kontrollerte brannen til hhv <40, <140 og <30 ºC ved tak. Fjerde test

kontrollerte brannen inntil avsluttet 6:50. Den femte (brannkilde tilnærmet under dyse) slokket (under tvil) ved 12:00.

I disse testene knuste ikke alle glassampuller i alle dyser. I test-rekkefølgen knustes hhv. 3, 2, 4, 3 og 1 glassampuller, dvs at Arson knuste 3 og 4. Siste brann ble plassert nær under en dyse og da knuste bare denne ene.

Det er antatt at færre dyser blir aktivert av varme i høytrykksystemet pga kjøle-effekten av den først utløste. Det kan i sin tur gjøre det krevende for en enkel dyse eller få dyser å takle brannen alene. Det bør undersøkes av produsenter.

Høytrykk vanntåke slet med å slokke og til og med kontrollere de to typene brannkilder fra denne høyden. Jo nærmere dyser ble flyttet til brannen jo bedre. En vanlig plassering av dyser iht regelverk og datablad gikk mindre bra (302), men med dysen nesten rett over (303) ble Ordinary brann godt kontrollert.

Vanntåke spray ble trykket utover i rommet, hovedsakelig bort fra flammesøylen pga kraftig oppdrift. I møte med sterk stråling fra flammesøylene fordampet tilsynelatende alle små dråper og påvirket ikke brannen noe. *Det må sies at dette fenomenet ble observert også for sprinkler og lavtrykk vanntåke*, men framsto mest dominerende med små dråper fra høytrykk.

Årsaken til at alle tåke- og sprinklersystemene fikk utfordringer er sannsynligvis at den brennbare veggkledningen tar del i brannen og forsterker den til 2-3 ganger effekten av kilden alene på aktiveringstidspunktet. Den svært kraftige oppdriften og flammer treffer takflater i 7-10 m. Men standardtester for serti-fisering dekker ikke dette scenariet: dvs design-brann er inntil brennbar vegg med stor takhøyde.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.

Til venstre sees brannsted etter at et system har sviktet og ble slokket manuelt ved 8 min. Til høyre vises en vellykket test med samme brannkilde, men nå plassert nesten rett under en dyse i taket.

3.4 Lavtrykk vanntåke inne

Lavtrykk vanntåkesystemet benyttet 4 stykk K30 dyser ved 3 bar (52 l/min) i fire tester. De to første (Arson og så Ordinary) hadde dyser nesten likt sprinkler-dysekonfigurasjonen iht produsentens datablad. De neste to testene (Arson og Arson en gang til) var som de to første bortsett fra at dyser ble flyttet. I siste testen (Arson) ble dysene nær hjørnet flyttet slik at de var 1 m fra veggene.

Av de fire testene sviktet første (402). Neste (403) ble slokket ved 8:10. Den tredje (402b) sviktet. Den fjerde kontrollerte brann til <90 ºC.

I disse testene knuste i testrekkefølge hhv. 5, 2, 4 og 4 glassampuller. Merk at andre test knuste kun 2, men Ordinary brann ble slokket ved 8:10.

I hovedsak ble ytelsene slokke/kontrollere som for både sprinkler og høytrykk vanntåke. Flammesøylen flyttet også her sprayen utover, men flere dråper virket å nå fram til brannkilden enn høytrykk tåke og i så måte mer likt sprinkler.

Det må bemerkes at systemet opererte uten trykkforsterker, dvs 3 bar, samme som sprinkler, som ble testet ved 3 og 5 bar. Dette systemet har K30 i stedet for K40 og K47 som sprinkler hadde. Ikke så ulike. Tid til å slokke ble lenger med lavtrykk vanntåke.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.

3.5 Lavtrykk vanntåke ute

I test 702 ble det bruk 3 lavtrykk vanntåke dyser på en deluge kurs med 6 bar. Systemet aktiveres av flammedetektorer. Brannkilde var Ordinary inntil rett yttervegg. Brann ble detektert og system aktivert 0:12 etter antenning. Brann var slokket ved 3:15.

Test 703 ble som 702, men med Arson brannkilde i hjørne ute. Brann ble detektert og system aktivert 0:15. Brannen var slokket ved 1:05 etter antenning.

Systemet var meget effektivt pga varmestrålingsaktivering (her flammedetektorer). Brann begynte ikke å klatre på veggen og det ble usedvanlig lett å slokke.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.

Flammedetektor til venstre. Lavtrykk vanntåke deluge med rør under takutstikk.

Varmestråingsaktiverte systemer fungerte alltid som forutsatt og slokket svært tidlig. Systemene etterlater ingen forkullingsskader utenom litt på pallestabelen. Bildene viser at lavtrykk vanntåke og robotdyser ga nesten samme resultat.

3.6 Robotdyse ute (dyse *detekterer, sikter og slokker automatisk*)

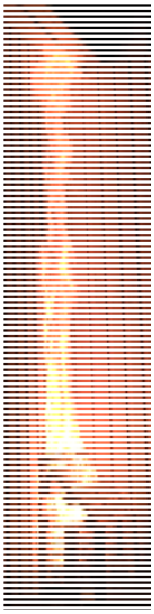
Før branntesten ble systemets funksjonertestet: To IR sensorer (flammegjenkjenning) overvåket posisjonen til en flammekilde som ble flyttet rundt. 3D koordinater ble overført til robot som så fulgte bevegelsen av brannen. Robotdysen beregnet vinkel før slokking på bakgrunn av avstand, trykk og vannstrøm.

Arson brannkilde ble antent i hjørne ute. IR sensoren ble frakoblet så ventil ble åpnet når flammen traff takutstikket – for å observere slokkeegenskapene til roboten (den vil i normal bruk aktiveres på tidspunkt omtrent som for lav trykk vanntåke), dvs etter ca 2 min og kan sammenliknes med manuell lettskum test. Slokking av Arson brannen skjer raskt (under 10 s), som i lettskum test, men å slokke *væske*brannen tok lenger tid med bare vann enn med lettskum.

Viktig, testen utnyttet kun <u>en</u> robot dyse, ikke to som vanlig for slike systemer. I virkelighet brukes slike roboter ofte med skum. En velger mellom skum og vann. Uansett vil slike systemer medføre meget liten skade og bare lokalt både fordi de sikter og treffer brannkilden og fordi de aktiveres svært tidlig.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.

Robot ute, med varmestrålings-skannere. En av disse ses helt til høyre. Roboten står her kun 12 m fra målet som er uvanlig kort avstand for dette systemet.



Venstre: Robot ute ble manuelt aktivert da brann skulle til å angripe takutstikk, slik at en kunne observere slokkeytelsen.

Høyre: Etablert brann ble slokket på 2 min inklusive væskebrann. Bildet er tatt ca 5 s etter vannet treffer brannkilden og en ser at kun væskebrannen lever videre. Merk at etablerte glødepartiene i vegghjørnet ble slokket ved at robot sveiper dem ut med en opp-ned bevegelse.

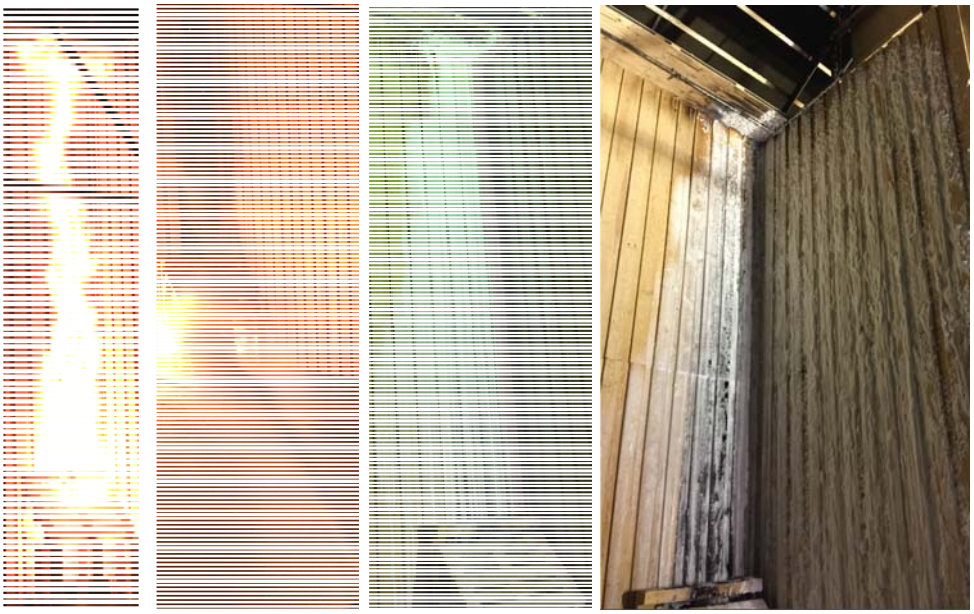
3.7 Manuell bruk av CAF Class A 0.3 Skum

Brannkilde er Arson i et hjørne ute. En erfaren operatør av systemet bes om å slokke med håndholdt strålerør ved 1:49 etter antenning. På det tidspunktet hadde flammesøylen forkullet deler av takutstikket. Brannen ble slokket på 16 s. Væskebrann pågikk fortsatt, men ble slokket med ekstra skumskvett like etter. Denne testen var manuell med operatør på stedet så "tiden til å stenge ventil" ble veldig kort. Typen skum kan benyttes i fast installerte sprinkleranlegg eller for robot dyser, men da blir innsatstid for kvalifisert personell avgjørende.

Der skum i seg selv er akseptabelt for byggeier er bruk i fjernkontrollerte robot-dyser lovende. Da vil varmestråling sikre tidlig aktivering og med kvalifisert

vakt-operatør er en uavhengig av å ha personell på stedet før en stenger ventil. Det betyr også at brann kan slokkes mye tidligere som gjør slokking sikrere og fører til mye mindre forkullingskade før slokking.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.



Bilder fra venstre fra testen/demonstrasjonen: 'Når flamme forkuller takutstikk' ble brukt som kriterium for starte slokking. Skumspray treffer kilden etter 3-4 s og litt ca 15 s senere. Siste bildet viser skum på vinkelrett vegg påført 25 s etter antenning. I praksis kan det være nyttig for å hindre spredning eller ny antenning. Skummet ble sittende bra og lenge på vegg, om enn ikke så lenge som branngele (branngele er ikke testet i denne serien, men er kjent fra før).

3.8 Vanntåke robotdyse montert i himling (*dyse detekterer, sikter og slokker automatisk*)

Dette systemet likner robotdyse testet ute, men er utformet i liten størrelse og for montering i tak i rom som beskyttes. Hver robot-enhet inkluderer en infrarød sensor. Når det er to enheter i hvert kirkerom f eks vil de sammen se brannen og koordinat-adressere den tredimensjonalt i rom som det vi testet i eller større.

Før branntest ble funksjonene verifisert med to roboter i himling: De søkte etter en fakkel båret av operatør. Koordinatene ble overført til robothjernen som beregnet opp-ned og sveip-innstillinger utfra brann-kildens avstand og høyde, samt trykk og vannstrøm. Testene med robot inne ble utført i det store rommet bygd for overtenning og full brann, 10 x 10 m med horisontal himling ved 8,5 m.

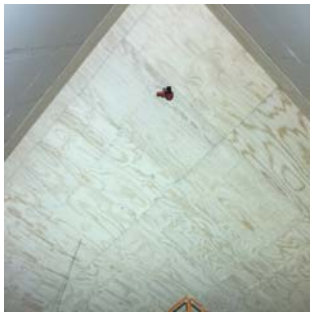
Slokke-funksjonstest: Robotene detekterte og stilte inn dyser til angrep mot heptan-brann i kar (stengt vannventil). Prosessen varte til 1:18 fra antenning.

Slokketest Ordinary brannkilde: To roboter detekterte og stilte inn dyser til angrep mot brannkilden (ca. 1:18 s som i funksjonstest). For å teste ytelsen til kun en robot (240 l/min) ble vannforsyning til den andre stengt. Tid til å slokke

er registrert som 26 s. Men her er det viktig å minne om at væskebrann i kar fortsetter selv om pallestabelen er slokket og ikke blir antent. For å sjekke dette nærmere ble kar med heptan trukket bort fra kilden 1 min og 8 s etter slokking av pallestabelen i tre. Det kunne da ikke observeres flammer i pallene og de gjentente ikke. Pallene ble snudd og de viste bare mindre forkullede partier på undersiden. Det var ingen brannskader på panelet i kirkebygget.

Det må minnes om at i denne romtesten ble det selvslokkende systemet overlatt til seg selv for å detektere, beregne og slokke etc uten noen manuell påvirkning. Derimot ble test av utvendig robot gjort ved at ventilen for vann til den ble holdt stengt inntil brann var godt etablert, for å observere slokkeytelse i senere fase.

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.



Selvslokkende robot montert i tak h=8,5 m i et hjørne i rommet på 10x10 m².

Robot inne i det øyeblikket den sender vanntåke spray (40 l/min) mot brannen.

Robot-test inne: Ordinary brannkilde ved vegg hhv før, under og etter slokking.

3.9 Vannskjerm – demonstrasjon uten brann, utenfor testhall

Vanndyser utformet i skålform for å beskytte bygg mot brann i andre bygg ble demonstrert. Dysene kan være montert på stedet, være lagret på stedet eller medbringes av utrykningskjøretøy. To versjoner ble demonstrert: Henholdsvis 2" og 1.5" på ca 5 m høye påler, bygd for 620 l/min ved 10 bar og 300 l/min ved 10 bar. Skålformen ble vist vertikal som er vanligst, men kan også vinkles eller gjøres horisontal ved behov.

Ved demonstrasjonen ble det brukt 8 bar. 1.5" nozzle gir skåldiameter 14 m og 2" gir 16 m diameter. Sprayen består av større antall ståler som drar de lettere dråpene med seg i vesentlig lengde. Dette gir en visuelt overbevisende, relativt jevn og effektiv blokkering av varmestråling.

Vannvegg mellom bygg for å verne personell, lette redning og hindre spredning: Bildet er ikke fra demonstrasjonen, men viser lik spray brukt ved brannriving.

(RISE rapport om systemet: Forbedret sikkerhet for mannskap. Reduksjon av CO og CO_2 nivå, temperatur and partikler i røyk. Økt O_2 nivå i røyk. Det er en lukket rapport tilgjengelig fra produsent på anmodning).

Se Tabell 1 for å sammenlikne resultat og test-vilkår for alle system i oversikt.

3.10 Referansetest: Rombrann uten slokking

Rom for branntester uten slokking, for brann-test av selvslokkende robot i himling, over-tenningstest og forkullingsskader hadde mål 10x10x8.5 m.

Testen førte til skadeforløp og konsekvenser av verste realistiske brannscenarie - når det ikke blir slokket. Er med andre ord referansen for å bedømme skadebegrensningsevnene til de testede brannbekjempelsesystemene.

4 Resultater

Testresultatene og dels de forutgående analysene har fokusert på:

- Konsekvens av tid til aktivering
- Konsekvens av tid til å stenge kontrollventil
- Konsekvens av tid til kvalifisert mannskap er i angrep på stedet
- Konsekvens av ulike vanntrykk på dyse/sprinkler
- Konsekvens av vanntetthet (nedbør)
- Konsekvens av antall dyser som blir utløst i brann
- Konsekvens av vætede flater (tak og vegger)
- Konsekvens av total mengde vann levert i brann
- Konsekvens av robot-dyser (selvslokkende dyser) versus faste dyser
- Manuell påføring a skum (CAF)
- Vannvegg mellom hus/bygninger

Omfang av testserie

Test av ytelsene til vannbaserte brannbekjempelse-system i forsamlingsrom med stor takhøyde og veggpaneler i tre, og ved høye fasadekledninger i tre eksponert for verste realistiske brann.

Merk
Fysiske og estetiske inngrep eller sekundærskader er ikke med her. Dette er dekket av forutgående rapporter (ref 1). Kostnad, drift og vedlikeholdsaspekter, miljøeksponering og krav til brukerkompetanse er ikke del av prosjektet.

Mål

Minst mulig inngrep som kan skade gjenstander, inventar og bygninger

Minst mulig skade av gjenstander, inventar og bygninger

Testdokumentasjon til støtte for generelle veiledere hos KA og RA

Testdokumentasjon til utvikling av prNS 3912 ved Standard Norge

Testdokumentasjon til støtte for relevante standarder, testmetoder, veiledere

4.1 Sammenstilling av data fra test serien

Tabell 1 viser nøkkel-resultater fra alle forsøk framkommet av observasjoner og beregninger, som kan tjene hensikten å sammenlikne og gi oversikt.

Table 1 KA PROJECT OVERVIEW - FIRE TESTS COWI Design and directing on behalf of KA. Carried out at Danish Fire Laboratory.

GJEN May 2018

Test	System	Exposure	Configur-ation	Pres-sure bar	Nozzles opened in test no/bulb	Time to activ-ate	Extinguish or Control or Failure	Time to end test /valve closed	Total water flow of nozzles opened (l/min m²) l/min*	Wet-ted wall area m²	Total amount of water used in test l	Total amount of water if valve closed at 10 min l	Total amou-nt of water if valve closed at 1min after extinguished (not tested) l	Burn time (end of test) min:s	Charred area m²	Burn-through of panel	Notes
FIRE FIGHTING SYSTEMS																	
102	**Sprinkler**	Arson	Standard K40	5	4 / 68°	2:30	Ctrl <50°C	6:40	(5.8)235	~180	979	2350	-	6.40	12	No	K40: Testing limitations. (K57 (LH) or K80 are typical in use). 103: Head vertical. 102, 102b, 202: 90° to slope. 102: Valve delay 40 s after bulb.
103	**Sprinkler**	Arson	Adapted K40	5	3 / 68°	2:10	Failed	6:55	(6.5)195	~180	926	1950	-	6:55	14	Eave 4:10	
102b	**Sprinkler**	Arson	Adapted K57	3	3 / 68°	2:30	Ctrl. <60°C	9:50	(7.0)210	~180	1540	2100	-	9:50	9	No	
202	**Sprinkler**	Ordinary	Adapted K57	3	2 / 68°	4:35	Exting. 5:35	6:00	(8.6)173	~180	173	1730	346	6:00	2.5	No	
302	**HP Mist**	Arson	Standar. K2.6	100	3/57°	2:35	Failed	7:00	(4.0)120	~180	534	1200	-	7:00	19	No	Nozzles 2 m from wall
303	**HP Mist**	Ordinary	Standar. K2.6	100	2/57°	4:20	Ctrl <40°C	14:10	(3.9) 78	~120	741	780	-	14:10	4	Wall 9:00	Nozzles 2 m from wall
302b	**HP Mist**	Arson	Adapted K2.6	100	4/57°	2:25	Ctrl <140 °C	6:20	(3.8)150	~180	585	1500	-	6:20	13	No	Nozzles 1.5 m from wall
303b1	**HP Mist**	Ordinary	Adapted K2.6	100	3/57°	5:10	C/E <30°C	6:50	(4.2)125	~180	213	1250	-	6:50	3	Wall 5:00	Nozzles 1.5 m from wall
303b2	**HP Mist**	Ordinary	Adapted K2.6	100	1/57°	3:00	Exting <30°C	12:00	(4.3) 43	~40	387	400	140	5:00	1	No	Source in plane under nozzle
402	**LP Mist**	Arson	Standard[1]K30	3	4/57°C	1:50	Failed	3:30	(5.3)210	~180	1155	2100	-	3:30	16	No	[1] Nozzle locations same as sprk.
403	**LP Mist**	Ordinary	Standard[1]K30	3	2/57°C	4:00	Exting 8:10	8:10	(5.4)108	~120	378	1080	550	8:10	2.5	Wall	Two nozzles installed only
402b	**LP Mist**	Arson	Adapted K30	3	4/57°C	1:50	Failed	2:55	(4.5)180	~180	190	718	-	2:55	16	No	All nozzles moved
403b	**LP Mist**	Arson	Standard K30	3	4/57°C	1:40	Ctrl <90 °C	8:20	(5.3)210	~180	619	2100	-	8:20	14	Wall	Corner nozzles 1 m from walls
802	**Interior robot**	Ordinary	Adapted	4.2	1 Robo	2:16	Exting in 35s	2:52	(60) 240	~4	132/310	2400	550	2:52	<1	No	Infrared activation. 1 robot only.
702	**LP Mist**	Ordinary	Exterior	6	3/delug	0:12	Exting 3:15	3:15	(1.7)122	~120	366	1220	488	3:15	<1	No	Flame detector activation. Error temp recording 702
703	**LP Mist**	Arson	Exterior	6	3/delug	0:15	Exting in 65s	7:00	(1.7)122	~120	168/1160	1220	1280	9:30	<1	No	
704	**Sprinkler**	Ordinary	Exterior K84	3	3/delug	3:45	Exting 5:00	5:00	(4.6)320	~120	640	3200	960	5:00	1	No	Man. activation at 3.5 m flame h. Planned: 3.45 bar. Test run: 3 bar
705	**Sprinkler**	Arson	Exterior K84	3	3/delug	2:15	Ctrl <50°C	6:15	(4.6)320	~120	1280	3200	-	9:30	3	No	
603	**Exterior robot**	Arson	Ext Adapted	5	1 Robo	1:25	Exting 3:50	3:50	(33) 500	~15	1250	5000	1750	3:50	4	No	Infrared activation. 1 robot only.
607	**Manual foam**	Arson	Ext Manual	8	1 Man	1:49	Exting 2:05	2:05	-	~15	31.21	-	-	2:05	4	No	Ext in 16s, plus 3s.Ext. liquid pans
WATER CURTAIN		No fire	Standard	10	2"	-	-	-	620	16mØ	-	-	-	-	-	-	8 bar: 2" and 1.5" 760 l/min each
		No fire	Standard	10	1.5"	-	-	-	300	14mØ	-	-	-	-	-	-	Demonstration outdoor.
FIRE BLANKET		Ordinary	Experimental			See description											
EXTERIOR CONSTRUCTION																	
Test 1	Cladding type EI	2x Ordin	See descrip.	Results: 19 or 28 mm both likely to make 15 min until burn-through. Distortion of lower end early failure.										15	100 %	Yes	Burn-through via gap in joints. Charring of full board thickness occurred behind fire source near end of tests, except 35 mm or 28 mm sealed overlap. *Test 3 and 4 no full burn-through of boards.
Test 2	Cladding type EII	2x Ordin	See descrip.	Results: Charring speed made 35 better than 25 mm. Gaps distorted at lower end caused early integrity failure.										15	100 %	Yes	
Test 3A	Cladding type EIII	2x Ordin	See descrip.	Results: Extra fixing of lower ends of boards deemed to extend time to burn-through.										15	100 %	Yes*	
Test 3B	Cladding type EI	2x Ordin	See descrip.	Results: See description of preparation of test 3 and interpretations of results. Openings in boards increase spread.										15	100 %	Yes*	
Test 3A	Eaves traditional	2x Ordin	Traditional	Results: Infrequent penetration of flames, otherwise good. Estimated time to burn-through: 25 min										10	100 %	Yes	17th century type
Test 3B	Eaves strengthe.	2x Ordin	Strenghtened	Results: No penetration or charring. Estimated time to burn-through: 50 min										10	100 %	Yes	17th century added battens, seal
Test 3	Horis.cut-cladding	2x Ordin	Steel sheet	Results: Reduced temperat. 1 m above itself, but heat accumulated at top of cavity causing double sided charring.										10	100 %	Yes	See note test 1-3
Test 3	Openings in panel	2x Ordin	200x100 mm	Results: Both openings emitted hotter smoke than exterior heat plume and were seen to increase impact on eaves										10	100 %	Yes*	See note test 1-3
Test 4	Cladding type EII	2x Ordin	See descrip.	Results: 75 mm nails in 28 mm panel and 25 mm overlap casued early failure due to distortion at lower end										15	100 %	Yes*	See note test 1-3
Test 4	Window	2x Ordin	3 panes float	Results: Window did not fail. 2 panes broken only: 8 mm facing fire and second 4 mm. Last 4 mm remained intact.										15	100 %	Yes	0,6x0,4 m. Glass: 8+4+4 mm float
INTERIOR CONSTRUCTION																	
FLASHOVER ROOM FIRE		Room fire	See described room, test, results	Reference scenario with no extinguishing. Manually extinguished at 4:20, 25 s after flashover.										4:20	h >1.5m	-	Flashover - full room fire
Wall panel type I		Arson w	See drawing. Ends securely fixed.	Test demonstrated how and where fire damage occur in a partly wooden clad congregation room after fire. The fire caused flashover at 3:30 min and was extinguished 4 min from ignition by 3 "Arson" fire sources. Charring depth 0-8 mm. Suspended cribs, wood panels investigated.										4:20	All	No	Flashover - full room fire
Wall panel type II		Arson w	See drawing. Ends securely fixed.											4:20	All	No	Flashover - full room fire
Wall panel type III		Arson w	See drawing. Ends securely fixed.											4:20	All	No	Flashover - full room fire

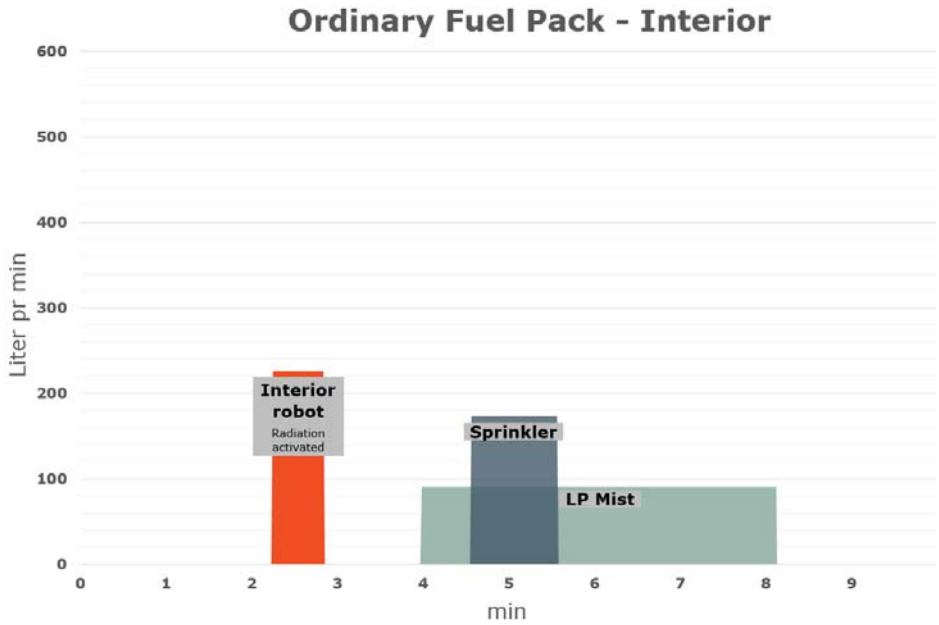
Tests to verify spray or to assess spray suitability without fire, were done and not reported in table 1. However, any deviations from specified sprays are observed and noted in description of the respective system.

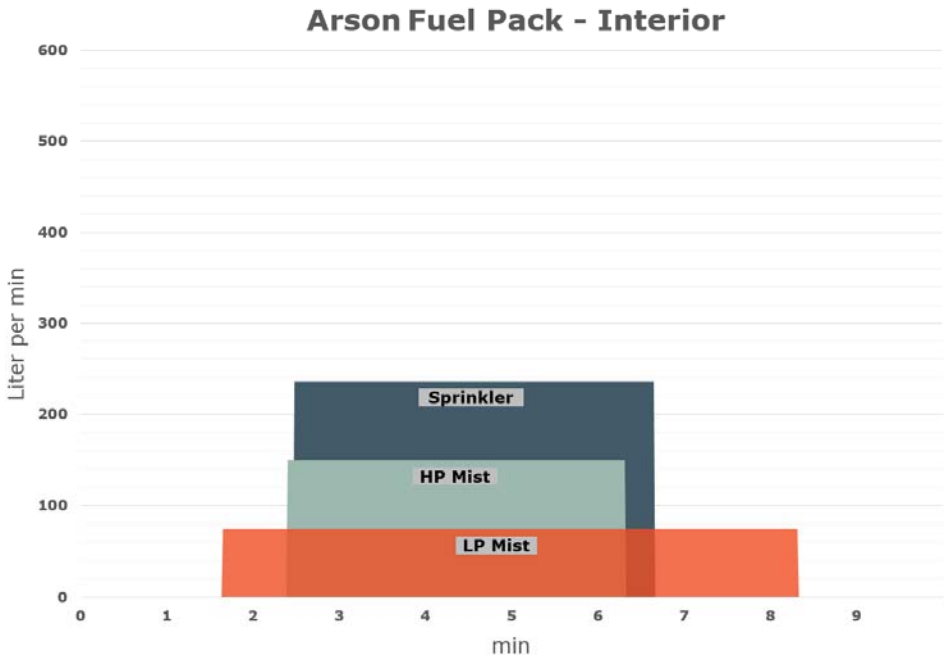
* Density is determined by measured total flow rate and number of nozzles opearated in the actual test, assuming each nozzle cover 10 m² (+/- 1.5 m²). The exterior coverage for deluge is set as 70 m² (7 m length, 1 m from foundation).

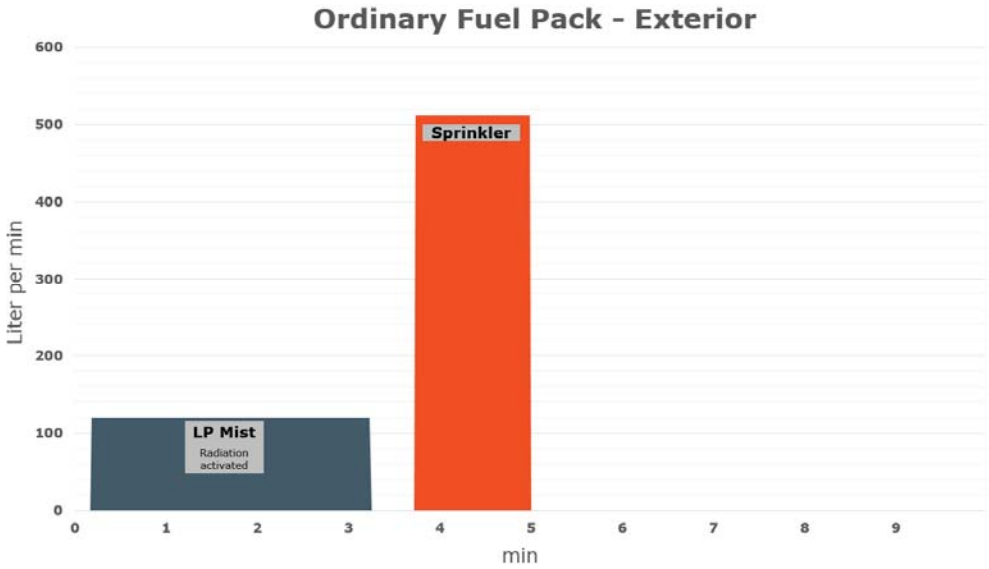
4.2 Hvordan ulike system svarer til funksjonskrav fra byggeiere

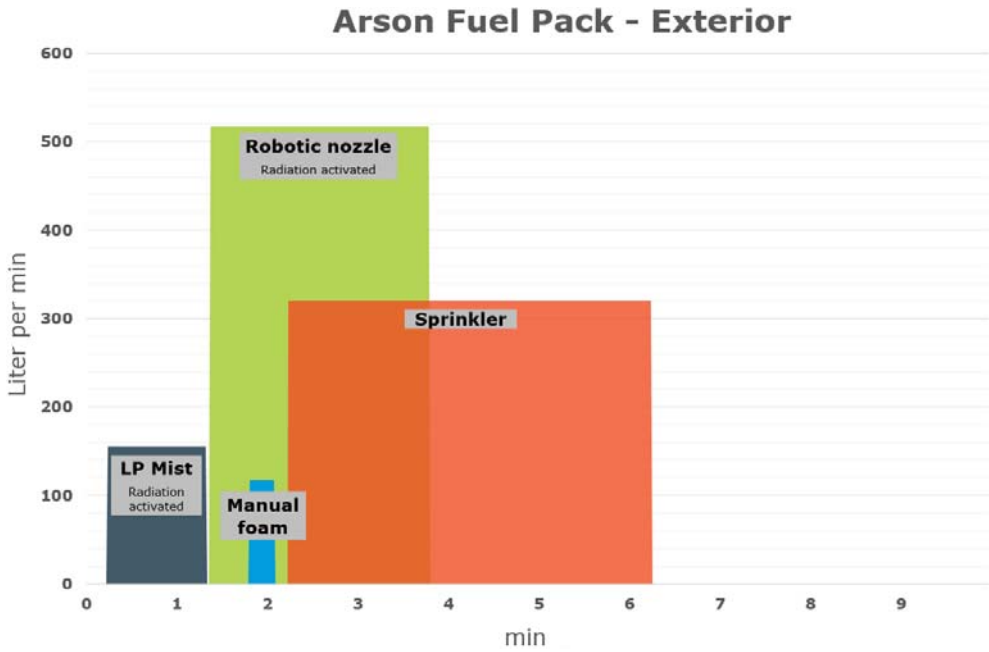
Følgende fire diagram bruker kun data fra tester med vellykket slokking. Arealet av hvert rektangel representerer hvor mye vann som totalt er tilført fra ventil åpnes (aktiveringstidspunkt) og stenges (tidspunkt slokket). Vannstrøm vises i Y-aksen og tid i X-aksen. Eksempel, se sprinkler i første diagram: Vann ut av sprinkler 4:30 og slokket 5:30 gir 1 min tømmetid. Dvs ca 280 liter tilført.

Siste diagrammet: Areal for vætet vegg- og tak-flate, og tilsvarende for forkullet areal, representerer vurdering av vått areal og forkullet areal etter slokking. Merk at de fleste testene ble mislykkede (ikke vist i diagram) og når det skjedde ble arealene betydelig større, dvs at redningsmannskap vil møte større skade.









Wetting

Charring

4.3 Resultat av tester inne vurdert mot mål og ytelser

Tid til å aktivere

Systemer som ble aktivert av varmestråling (infrarød skanner, flammedetektor varmekamera etc) reduserte konsekvent tiden til aktivering og reduserte derved behov for levert vannmengde til gjennomsnittlig 222 l, dvs 42 % mindre enn systemer aktivert av konveksjonsvarme som kun kontrollerte brann.

Forkullingsareal ble redusert med omtrent 50 % og ned til mindre enn 1 m² for 4 innvendige tester som oppnådde slokking. De andre 10 førte til gjennomsnittlig 11 m² forkullingsareal på vegg og himling.

Tid til å stenge ventil

Gitt at en ordning tillater at ventil kan stenges etter verifikasjonstid uten gjentenning på 1 min etter slokking kan de beste systemene stenges ved 3:52 og i verste tilfelle ved 9:10. Det betyr at de beste systemene kan ha 2,3 x høyere nedbør enn de verste og fremdeles ikke levere mer vann totalt enn de verste.

I tillegg stoppet røyk- og varme-produksjonen fra brannen nesten umiddelbart ved slokking for de beste systemene. De systemene som brukte mer tid på slokking medførte økt areal av forkulling og væting. Den mest alvorlige følgen av sen slokking ble at gjennombrenning til hulrom skjer. Da vil slokkemannskap kunne møte skjulte branner i konstruksjonen ved ankomst.

Innsatstid og tid til å være i angrep på brannstedet for kvalifiserte

Selv om det ikke ble testet helt ut, kan det utledes av resultatene at når mannskap møter ved 10 min etter brannstart og kan stenge ventil er det levert vann fra 0,7 til 2,4 tonn. Der fjernovervåking med varmekamera kan brukes av kvalifisert operatør og kan stenge og eventuelt åpne ventil kan mengde levert vann reduseres med over 70 %. Se forrige avsnitt om å kontrollere ventil.

Variasjon i vanntrykk til sprinkler/dyser

Rørbaserte system ble testet med de laveste trykk som produsent kunne tillate i disse anvendelsene. Sprinkler ble tested med 3 og 5 bar uten vesentlig endret ytelse. Enkel flytting av sprinklerhoder og endret K faktor fikk vesentlig effekt.

Nedbør

En klar konklusjon er at minst skader blir resultatet når aktivering skjer tidlig, nedbør er stor og har store dråper. *Etter* slokking er det svært avgjørende om nedbør er stor eller lav mens en venter i lengre tid på å få stenge ventil. En kan imidlertid ikke konkludere det uten å påpeke at systemene som opererte med minst nedbør konsekvent ga lange slokketider. Det medfører vesentlig mer produsert røyk og væting samt fare for gjennombrenning før mannskap er på plass.

Antall dyser aktivert i brann

Typisk ble alle fire takmonterte dyser med glassampulle aktivert i testene iht standard. Eneste test hvor kun 1 dyse ble aktivert var da Ordinary brannkilde ble plassert i planet under dyse (høytrykk). For lavtrykk vanntåke ble slokking oppnådd med kun to dyser, men aktiveringstid ved 4:10 og slokketid ved 8:10 ble lange. Selv om det ikke er absolutt bør installasjoner dimensjoneres for at alle dyser i tak i slike rom kan blir aktivert samtidig.

Et interessant resultat er at kun ¼ av vannmengden trengs hvis en dyse er rett over brannen, og knapt noen sekundærskader av vann og forkulling. Mao vil alle branner i rommet ende omtrent slik hvis det er 40 dyser i taket i stedet for 4. Det ble verifisert at slokking med slange til samme tidspunkt gir samme resultat.

Dette er vel kjent, men aldri gjennomførbart siden tett monterte dyser aktiverer flere, og fordi brannslange ikke er tilgjengelig så tidlig. *Derimot er nettopp dette konseptet med robotdyser, og de ble verifisert i testene ute og inne, s.d.*

Vegg- og tak-areal som blir vått

4 dyser ble ofte aktivert samtidig og da ble alle 4 vegger samt taket våte på få sekunder og forble helt våte inntil ventil ble stengt og tørking startet. Det gjelder alle typer sprinkler, lavtrykk og høytrykk vanntåke med dyser i tak. I Tabell 1 er presisert at gulv ikke regnes med i fuktet areal ettersom gulv oftest tåler vann og kan tørkes. I vernede bygg er gulv mer robust enn vegger og tak.

Som beskrevet i foregående avsnitt oppnås mye bedre skadereduksjon med robotdyser, se verifikasjon av dette for testene utført inne og ute.

Brannskade på grunn av gjennombrenning og forkulling

Gjennombrenning av trepaneler skjedde mellom tidspunktene 4:10 og 9:00 fra antenning og berørte en test der slokking ble oppnådd og to tester der brann ble kontrollert. Gjennombrenning er resultatet av sen aktivering, vedvarende brannkontroll eller lang slokketid og medfører mulighet for at det blir skjult brann i hulrom bak panel. Denne kan ikke nås av noen type vannspray i rommet og har ofte ført til totalskade av bygget.

Forkullet areal etter slokking eller etter kontroll (Tabell 1 inkluderer også testene som sviktet helt) varierte fra <1 m² (slokket) opptil 14 m² (kontrollert).

Røykskader er ikke vurdert i testserien, men kan vurderes i sammenheng: Mens slokking eller varig kontroll av brann pågår produseres betydelige mengder røyk. Branner som slokkes tidlig avgir tilsvarende lite og knapt noe i innsatstiden. Derfor er røykskadebegrensende evne hos de testede systemene svært ulike og avgitte røykmengder kan sammenliknes rimelig utfra total brann-tid og –effekt.

Total tilført vannmengde

Total tilført mengde vann i hver test som ble slokket av et automatisk system varierte fra 132 l til 366 l regnet fra aktivering til slokking utfra målt vannstrøm.

Total tilført mengde vann i hver test som ble kontrollert av et automatisk system og slokket manuelt for å avslutte, varierte fra 718 l til 2 350 l. De siste verdiene er beregnet vann tilført fra aktivering av system og med innsatstid 10 min siden testene av praktiske årsaker ble avsluttet på ulike tidspunkt.

Robotdyser (selvslokkende dyser) **versus fast monterte dyser**

Takmonterte robotdyser detekterte brannsted ved varmestråling og styrte spray som slokket effektivt og tidlig. Det ga minst skade av alle testede system når en kombinerer forkulling, vann, væting og røyk. Årsak er forklart i avsnittene over.

Når robotdyse-system er i full selvslokke-modus stenger det ventil etter slokking og åpner dersom brann gjentenner. Avhengig av anvendelse og brukerkrav kan styreprogram slokke flere samtidige branner i den rekkefølge de oppsto, forebyggende fukte veggfelt rett over brann etc. En kan velge å la dyse stå åpen (ikke stenge ventil) slik at brannkilden blir påført vann hele tiden til profesjonell person vurderer situasjonen og stenger manuelt. I vår test ville det gitt 240 l/min konstant, men bare på kilden. Dette er sammenliknbart med en enkelt utløst sprinkler, men typisk blir flere sprinklere aktivert; uansett om kun en sprinkler åpnes vil større samlet areal på vegg og tak bli vætet.

Robust praksis fra utlandet er at robotdysene i tak alltid monteres i par selv om rom er relativt små: Det forenkler deteksjon og lokalisering og gir økt pålitelighet. Samtidig blir begge roboter aktivert og sprayer brannstedet fra to vinkler. Altså dobbel vannmengde, men fortsatt bare til kilden som gir pålitelig slokking.

Sprinkler versus lavtrykk vanntåke versus høytrykk vanntåke

Det ble klart etter observasjoner, videoopptak og data at for disse brannscenariene vil alle disse takmonterte systemene operere med små marginer, eller svikte hvis de er installert etter dagens standarder eller produsentenes sertifiseringer.

Sprinkler og lavtrykk vanntåke fungerte godt eller tilfredsstillende når dysene ble flyttet litt nærmere veggplanet med ca 1 m. Dette bør anbefales for disse anvendelser i store rom uten høydelagring. Branner som ikke er inntil vegg kan ikke klatre, så avgitt effekt er kun 1/2 eller 1/3 av den vi erfarte ved vegg. Dyse iht standard vil fungere problemfritt mot brann som ikke får bidrag fra trevegg.

Sprinkler, lavtrykk og høytrykk vanntåke systemer må som alle andre måter å slokke brann med vann på, få store dråper eller mindre dråper med svært høy impuls inn i brannsetet for å oppnå slokking. Høytrykksystem slet mest med det. Alle tre system klarer krav til slokking hvis de modifiseres litt (K-faktor, plassering dyser eller trykk). *En interessant konklusjon er at når de såvidt slokker tilfredsstillende forsvinner ulikhetene i stor grad. Spray, dyseplassering, dråpestørrelser og tid til å slokke blir da nesten like for de tre systemene.*

Blant dyser med glassampulle fungerte sprinkler best og medførte mindre vann og mindre forkullingsareal enn de andre.

4.4 Resultat av tester ute vurdert mot mål og ytelser

Vanlig godkjent sprinkler med glassampulle for takutstikk

Dette systemet forekommer ofte i tidligere sprinkleranlegg for fasader. Deluge slokket brann ved slett vegg og kontrollerte hjørnebrann v/3 bar. Men i hjørnebrann var 28 mm utvendig trekledning gjennombrent. Skjult brann kunne på det tidspunktet (9:30 etter antenning) være etablert. Ofte er innsatstid lenger. Det ble vurdert om 5 bar kunne slokke den kontrollerte brannen, men er ikke testet.

Viktig: I deluge testene med sprinkler ble aktivering gjort manuelt basert på flammehøyde lik den som utløste glassampuller i de andre testene.

Varmestrålings-aktivert lavtrykk vanntåke

Delugesystemet brukte flammedetektorer og slokket begge brannscenariene med mindre enn halve vannmengden i sprinklertest. Vanntrykk var dog 6 bar.

Igjen ble det påfallende at hvis et sprinklersystem blir testet med samme trykk vil det sannsynligvis oppnå samme slokketid og med nær samme nedbør. Videre vil varmestrålingsaktivert sprinkler med stor sannsynlighet fungere enda bedre.

Sprinkler versus vanntåke ved gitt aktiveringstid, trykk og vindhastighet

Det var ikke vind med i testene ute (heller ikke inne). Vanntåken ble aktivert av varmestråling og sprinkler av simulert tid for gassampulle ved 3 bar, så direkte sammenlikning er umulig. Ulempe ved deluge er at ett system alene kan beslaglegge nesten all vannkapasitet ved bygget. Det anslås, basert på testene samlet, at ved samme slokkeytelse og aktiveringstid vil nedbør fra sprinkler versus vanntåke ikke variere vesentlig og heller ikke påvirkes vesentlig ulikt av vind.

Utvendig er vanligvis ikke slokkenedbør så kritisk som inne mhp sekundære skader. Men deluge ute kan overbelaste vannforsyningen alene, spesielt når nedbør er dimensjonert for å motstå vind tilfredsstillende. Dette er utledet fra testresultat og ikke eksplisitt testet for både sprinkler og vanntåkesystemer.

Varmestrålingsaktivert robotdyse versus sprinkler eller vanntåke

Varmestrålingsaktivert robot ute slokket Arson brann i hjørne som i lik test med sprinkler ble kontrollert. Robot brukt 1,6 ganger vannstrøm fra de tre deluge sprinklerene. Slokkingen var definitiv og alt vann ble anvendt på brannkilden.

Roboten kan bli programmert for å automatisk foreta en avsluttende sveip med spray opp og ned på vegghjørnet over brann og deretter stå stand by mens den overvåker for gjentenning eller flere branner som den i så fall vil slokke.

Roboten var definitivt det mest effektive av de utvendige systemene vi testet.

Manuell bruk av CAF system (skum)

Anvendelse av CAF ble demonstrert manuelt mot Arson (hjørne) brannscenariet ute. Skum kan også tilføres i automatisk sprinklersystem, faste vannkanoner eller robotdyser. Bruk av skum tillot meget kvikk og definitiv slokking. Skummet etterlot et dekkende sjikt som kan forhindre gjentennig over lengre tid. Manuell bruk avhenger av innsatstid av personell som kan benytte systemet, men det har også kapasitet til å slokke vesentlig større branner senere i forløpet. Det kan ikke uten videre slokke hulrombranner som en må regne kan opptre fra ca. 5 min, men det ble demonstrert at en kan bore hull i kledning og levere skum effektivt inn i hulrom fra en tilpasset strålespiss.

Vannbarriere mellom bygninger ute (demonstrert)

Som det manuelle skumsystemet beskrevet i forrige avsnitt er vannbarriere-systemet manuelt, men kan tilpasses automatisk eller semi-automatisk aktivering. Det framstår som et enkelt og robust alternativ til faste slokkesystem ute: Det frigjør mannskap ved brannbekjemping ved å hindre spredning til nabobygg mens mannskap fokuserer på å redde liv og verdier og angripe brannen direkte.

Dyser i standard versjon er ikke designet for det, men de kan også bli vinklet og posisjonert for dels å slokke fasade- og tak-branner. Systemet ble demonstrert, ikke testet sammen med automatisk system.

4.5 Oppsummering av resultatene

1 Best ytelse inne: Robotdyse (selvslokkende). Systemene inne er vurdert utfra total mengde vann tilført, tid til aktivering, tid til slokking vs gjennom-brenning, vætet areal og forkullingsareal/-dybde.

2 Best ytelse ute: Robotdyse (selvslokkende) eller varmestrålingsaktivert lavtrykk deluge vanntåke. Systemene ute er vurdert utfra tid til å slokke vs tid til gjennombrenning samt vannstrøm i forhold til vannforsyningkapasitet.

3 Fjernkontrollert brannbekjemping (RFF) benytter fjernkontrollerte dyser. Autonome robotdyser fortrekkes her siden de fungerer alene uten inngripen fra operatør i tilfelle sambandsbrudd eller annet. Døgnvakt verifiserer utfra video fra varme- og synlig lys-kameraer om det er behov for utrykning, om robot skal aktiveres straks og eventuelt hjelpe den med å styres i posisjon.

Basert på resultatene i testserien er det opplagt at RFF konsept med robot-dyser tilfredsstiller brukerbehovene ute og inne best. Systemene er raske, treffer brannsted med *horisontal* spray (som brannslange) og slokker de-finitivt. De reduserte vætings- og forkullings-areal til minimum i alle tester.

4 Tester viste at fastmonterte sprinkler eller vanntåke dyser i tak inne må slokke før brann overstiger estimert 3-4 MW. Oppdriftskreftene ved høyere effekt kan presse vannspray bort fra f eks K57 sprinkler så den ikke treffer brannen. Robotdyser eller manuell slange med vann/skum-påføring har kapasitet til å slokke ved mye høyere branneffekt, fordi de sprayer i vinkel og horisontalt og unngår påvirkning av oppdrift. Robot testet inne har såkalt vanntåkedyse og viste at vanntåke blir effektiv når den kommer fra siden.

5 Tiden til ventil kan stenges er faktoren som mest påvirker skadeomfanget.

6 Varmestrålingsaktivering er en forutsetning for unngå at brann får starte å klatre på trepanel. Om brann gjør det dobles avgitt effekt på bare 1-2 min.

7 Robotdyser som overvåker og aktiverer seg selv (selvslokkende) fungerte best, inne og ut. Ute fungerte varmestrålings-aktivert lavtrykk vanntåke deluge like bra (tilsvarende aktivering ikke testet med sprinkler og høytrykk).

8 Alle varmestrålingsaktiverte system slokket alltid brannen, på sekunder. Det er sannsynlig at alle de andre system konsistent ville slokket/kontrollert bra hvis de var varmestrålingsaktivert.

9 Systemer med aktivering basert på konveksjon (glassampulle) system tillot ofte at brannen fikk vokse så mye at den 'overmannet sprayen' når de omsider aktiverte: Mindre enn 1/3 av branntester med glassampulle (bulb)-aktiverte system slokket brann først etter flere minutter, 1/3 kontrollerte brann, 1/3 sviktet.

10 Skjulte branner, som følge av gjennombrenning til hulrom i konstruksjon, oppsto før mannskap ville vært på stedet dersom innsatstiden var 10 min.

11 10 min innsatstid før profesjonelle personer kan stenge ventil betyr at 0,7-2,4 tonn vann blir tilført. Fjernkontrollert system (RFF) vil redusere >70 %. Ofte er innsatstid lengre – 30 min betyr f eks 2,1-7,2 tonn, og red. >90 %.

12 Trykk har mindre betydning for ytelse enn nedbør (K-verdi) ved sprinkler.

13 Når sprinkler ble redusert til nedbør som bare såvidt klarer å slokke (K40, K57), og vanntåke nedbør økt inntil systemene så vidt klarer å slokke, viste seg å konvergere mot en felles grense for nedbør. Dette bekrefter på nytt at den dominerende faktoren for ytelse i brannbekjemping er knyttet mer til nedbør enn til hvilken systemkategori som benyttes.

14 Vætet areal økte med faktor på 10 når glassampulle(bulb) ble brukt i stedet for varmestrålings-sensorer (flammedetektorer/IR sensorer/varmekamera).

15 Forkullet areal økte med faktor 15 når glassampull(bulb) ble brukt i stedet for varmestrålings-sensorer (flammedetektorer/IR sensorer/varmekamera).

5 Begrensninger

Resultatene bør ikke tas som gyldige for andre anvendelser enn de scenariene som er beskrevet i denne rapporten. Særlig påpekes at alle testene ble utført med høye og rette trepanelte vegger i rom eller i fasader i høyder 7-10 m. Videre påpekes at inne-scenariene forutsetter forsamlingsrom/midtskip i kirker o.l. rom uten lagring av brennbart utover benker eller stoler i høyde <2 m, eller brennbart som ikke kan føre til kritisk brannspredning vertikalt eller horisontalt.

Hvert testet system ble bevisst valgt som typisk for sin systemkategori. Bare ett system fra hver kategori er valgt. Begrenset budsjett og tid hindret noen aktuelle systemer å bli testet, bl.a. automatisk indirekte slokking, pop-up dyser i gulv, veggmonterte dyser, vanndrevet pumpe og semi-robotiske påledyser.

6 Konklusjoner

8 vannbaserte brannbekjempelse-systemer ble testet for ytelser i 1:1 skala rom 10 x 10 m². Høyder til takutstikk ute og himling inne varierte fra 7-10 m. Rom simulerer høye forsamlingsrom og utstillingsrom o.l. i trebygg og tilsvarende høye fasader med brennbar kledning (tre) som forekommer i kirker, historiske bygg, gallerier, store loft, møterom, haller o.l. som ikke har noe brennbart høyere enn benker og stoler. 3 av systemene ble testet for bruk ute ved høye trefasader med 7 m til takutstikk.

Både system ute og inne ble testet mot to ulike store trepallestabler for å sammenlikne. Begge scenariene utfordret systemene betydelig. Brannkildene er moderate i effekt, men den øker 2-3 ganger på meget kort tid når brann klatrer på veggen og trepanel tar del i den. Scenariene er laget som verste realistiske påsatt brann for design av automatiske slokkesystem til slike bygg/rom/fasader.

Testresultatene kan påvirke arbeid med nye og relevant standarder og veiledere. Noen resultater verifiserte hypoteser og andre avviste. Resultatene for faktorer som påvirker hva som totalt sett fører til minst skadeomfang ble en åpenbaring. Robotiserte system kom best ut.

Prosjektet har kun vurdert ytelser mhp brannbekjemping og sekundære skader. Referanse 1 vurderte flere slokkesystem, flere egenskaper og ledet til testserien.

7 Referanser

[1] Jensen, G: *Automatiske slokkeanlegg for 1800-talls trekirker*. Report series in three parts. COWI on behalf of KA. 2016. (Norwegian)

[2] Jensen, G: *Performance Test Series on Exterior and Interior Water Based Fire Suppression Systems - Technical Spec*. COWI on behalf of KA. 2016.