



SAFETY & TRANSPORT
RISE FIRE RESEARCH



IG-541 og personsikkerhet – behov for dokumentasjon for byggverk i risikoklasse 4 og 6

Are Wendelborg Brandt og Ragnar Wighus

RISE-rapport 2019:07

IG-541 og personsikkerhet –behov for dokumentasjon for byggverk i risikoklasse 4 og 6

Are Wendelborg Brandt og Ragnar Wighus

Abstract

IG-541 and personal safety – required documentation for use in construction works designed for overnight stays

The use of the extinguishing gas IG-541 for fire protection of construction works designed for overnight stays has been discussed in Norway in recent times.

For buildings where automatic fire extinguishing systems are required according to the Norwegian regulations on technical requirements for construction works (TEK17) § 11-12, the guidance to the regulations states that sprinkler systems as described in NS-EN 12845 and NS-INSTA 900-1 (for residential buildings and parts of buildings intended for residential purposes), are accepted.

In Norway, the owner of the building has to "prove" that the requirements of the regulations are fulfilled. It is then necessary that competent actors are providing the needed documentation, and this is mainly done by fire safety engineers.

The standards that apply in Norway for application of IG-541 are prNS-EN 15004-1 Fixed fire-fighting systems - Gas-extinguishing systems - Part 1 Design, installation and maintenance (ISO 14520-1: 2015, modified) and NS-EN 15004-10 Fixed fire extinguishing systems - Gas extinguishing systems - Part 10: Physical properties and system design of gas extinguishing systems for IG-541 extinguisher (ISO 14520-15: 2015, modified). Another standard relevant to the assessment of personal safety of IG-541 is ISO 14520-1.

It is not explicitly described in any of the current standards that IG-541 can be used in dwellings, but it is also not stated that IG-541 cannot be used in such areas. A process has been carried out within the standardization committees that are responsible for gas-based extinguishing systems, in order to highlight this issue. This has been discussed in the Norwegian mirror committee for CEN TC191, SN KO14. The committee concluded in April 2017 that there was a lack of clear guidelines for using IG-541 in construction works designed for overnight stays, and that there was a need to start a separate activity to get these conditions described in the current Norwegian standard. The committee could not find sufficient resources to prepare a satisfactory standard or provide a supplement to an existing standard, but if individual actors would voluntarily conduct the work, one could evaluate possible proposals. Since this, no actors have expressed an interest in taking part in such a working task, and nothing is so far carried out.

IG-541 is described as a gas mixture that allows humans to continue breathing and take up oxygen from air with a reduced oxygen content, even at oxygen concentrations lower than the limits stated for other types of inert extinguishing gases. This is due to the addition of CO₂ which stimulates the breathing reflex. This effect has not been assessed here, since this is not a part of RISE Fire Research's field of expertise. Quality assurance of the medical information is therefore left to the expertise in this discipline.

Since it is not explicitly mentioned in NS-EN 15004-1 that IG-541 can be used dwellings, we have searched for documentation that could indicate if this can be justified. The practice that some of the suppliers of IG-541 systems seem to follow, is to claim that since it has been carried out qualification tests to determine the extinguishing gas

concentration that is required to achieve the minimum requirements of EN 15004-1, this gas is eligible to extinguish fires in flammable liquids, fires in electrical installations and Class A fires. The qualification tests have been carried out according to test methods described in NS-EN 15004-1, Annex B and Annex C.

For other extinguishing systems that are used as an alternative to sprinkler systems and which must fulfill the requirements in TEK17, extensive documentation work has been carried out. Separate test standards have been developed to document the extinguishing properties of the systems.

In order to facilitate and clarify the requirements for documentation of the extinguishing properties of IG-541, there is a need for test standards which can be used to document the extinguishing properties of IG-541 in realistic fire scenarios that can be expected in construction works designed for overnight stays. By conducting a successful test series, a system would be qualified to be considered equivalent to sprinkler systems with regard to the extinguishing properties.

Conclusion

Based on the current standards that have been reviewed in this report, there is no basis for using IG-541 in construction works designed for overnight stays, without fulfilling the evacuation requirements that apply to gas extinguishing systems in general. For design concentration for IG-541, this means that persons must be evacuated within 5 minutes after activation of the system. IG-541 is not treated differently from other inert gases in the standards.

The term "personnel" used in NS-EN 15004-1 also gives a clear indication that the standard is not intended for construction works designed for overnight stays.

It is recommended to initiate work to investigate whether it is possible to extend the allowed duration of exposure to IG-541 based on medical conditions.

It must also be documented that the requirements for air tight rooms and buildings, at the same time as requirements for pressure relief when triggering gas extinguishing systems, can be fulfilled in the application areas that include permanent residence. If the duration of exposure to the gas can be increased, it may give rise to an increased application time for IG-541 resulting in a slower pressure build-up than required by standards, and thereby reducing the potential for exposing people for a high overpressure.

If it is possible to document that longer duration of exposure to a design concentration of IG-541 does not lead to increased health risks, it must also be documented that the extinguishing effect of IG-541 is equivalent to sprinkler systems. This can be done either by developing a new test standard or by changing the already existing standard NS-EN 15004-10.

Key words: IG-541, gass, sløkking, brannsikkerhet, regelverk

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2019:07

ISBN: 978-91-88907-28-8

Prosjektnummer: 20384

Kvalitetssikring: Karolina Storesund

Finansiert av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)

Forsidebilde: Photo 27679469 © Yury Kosourov - Dreamstime.com Trondheim 2019

Innhold

Abstract	2
Innhold	5
Sammendrag	7
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Målsetting	9
1.3 Omfang	9
1.4 Metode	10
1.5 Termer og definisjoner	11
2 Litteraturstudie	12
2.1 Regelverk	12
2.2 Standarder	14
2.2.1 prNS-EN 15004-1 Fixed firefighting systems - Gas extinguishing systems.	14
2.2.2 NS-EN 15004-10 Faste brannsløkkesystemer - Gass-slokkesystemer - Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-slokkesystemer for IG-541- slokkemiddel	17
2.2.3 NS-EN 12845 Faste brannsløkkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold.....	20
2.2.4 INSTA 900-1 Boligsprinkler Del 1: Dimensjonering, installering og vedlikehold	21
2.2.5 NS-EN 16750 Faste brannsløkkesystemer - Inert luft-systemer - Dimensjonering, installasjon, planlegging og vedlikehold	21
2.2.6 NFPA 2001 - Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems.....	22
2.2.7 VdS 2380en – Fire Extinguishing Systems Using Non-liquefied Inert Gases	22
2.3 Brannscenarier og sløkkeeffekter ved bruk av IG-541.....	22
2.3.1 Branntester ved fastsetting av minimum konsentrasjon av sløkegasser	22
2.4 Ekvivalens med andre sløkkesystemer	26
2.4.1 Mulige tester for å demonstrere ekvivalens med sprinkleranlegg	28
2.4.2 Ikke-standardiserte tester	30
3 Dokumentasjon	32
3.1 Anvendelse av sløkegass i andre land	32
3.2 Dokumentasjon av vanntåkeanlegg.....	32
3.1 RRR -Realisme, Reproduserbarhet og Repeterbarhet	33
3.2 Uavhengighet	34
4 Diskusjon	34

4.1	Hva kreves av dokumentasjon for at IG541 kan benyttes i bygninger i risikoklasse 4 og 6?	34
4.2	Dokumentasjon av ulike slokkeeffekter for ulike konsentrasjoner	35
4.3	Pålitelighet	35
4.4	Egnetheten til bruk av NS-EN 15004-1 for bygg beregnet for overnatting	36
4.5	Egnetheten av andre internasjonale standarder til bruk i bygg beregnet for overnatting.....	38
4.6	Deteksjon	38
4.7	Aktivering inkludert utsatt aktivering	39
4.8	Variasjon i konsentrasjon – over- og underfylling av rom.....	39
4.9	Holdetid (åpninger, ventilasjon, brannindusert ventilasjon)	39
4.10	Branntesting – likeverd med preaksepterte system (sprinkler, boligsprinkler)	40
5	Konklusjon og anbefalinger	41
6	Referanser	42

Sammendrag

Bruk av slokkegassen IG-541 til brannbeskyttelse av byggverk beregnet for overnatting har blitt diskutert i Norge i den seinere tid.

For byggverk hvor automatisk brannsløkkeanlegg er et krav, jf. byggt teknisk forskrift (TEK17) § 11-12, angir veiledningen at sprinkleranlegg som beskrevet i NS-EN 12845 og NS-INSTA 900-1 (for boligbygninger og deler av byggverk avsatt til boligformål), er preakseptert.

I Norge vil det være eier av bygningen som skal «bevise» at forskriftens krav er oppfylt, det er da nødvendig at faglig kompetente aktører står for denne bevisførselen. Dette foretas i all hovedsak av brannrådgivere.

De standarder som gjelder i Norge for bruk av IG-541 er prNS-EN 15004-1 Faste brannsløkkesystemer – Gass-sløkkesystemer – Del 1 Design, installasjon og vedlikehold (ISO 14520-1:2015, modifisert) og NS-EN 15004-10 Faste brannsløkkesystemer - Gass-sløkkesystemer - Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-sløkkesystemer for IG-541-slokkemiddel (ISO 14520-15:2015, modifisert). En annen standard som er relevant for vurdering av personsikkerhet ved IG-541 er ISO 14520-1.

Ingen av de gjeldende standarder beskriver eksplisitt at IG-541 kan benyttes i beboelsesrom, men det er heller ikke beskrevet at IG-541 ikke kan benyttes. Det er gjennomført en prosess innenfor standardiseringskomitéene som har ansvar for gassbaserte sløkkesystemer for å belyse problemstillingen. I Norge ble dette behandlet i den norske speilkomiteen for CEN TC191, SN KO14. Komiteen konkluderte med at det manglet klare retningslinjer for bruk av IG-541 i beboelsesrom, og den norske speilkomiteen konstaterte at det var behov for å starte en egen aktivitet for å få disse forholdene behandlet i en norsk standard. I april 2017 var resultatet etter flere møter at en ikke fant ressurser til å utarbeide en fyllestgjørende standard eller tillegg til en standard. Dersom enkeltaktører frivillig ville ta på seg arbeidet, kunne en vurdere et eventuelt forslag. Siden den tid har ingen enkeltaktører gitt uttrykk for å ville ta på seg en slik oppgave, så dette arbeidet ligger stille.

IG-541 er beskrevet som en gassblanding som gjør det mulig å fortsette å puste og ta opp oksygen fra luft med redusert oksygeninnhold, selv ved oksygenkonsentrasjon lavere enn de normene som gjelder andre inertgasser. Dette kommer av tilsetningen av CO₂ som stimulerer pusterefleksjonen. Denne effekten er ikke vurdert her, idet dette ikke er RISE Fire Research sitt fagområde. Kvalitetssikring av de medisinske opplysningene er da overlatt til ekspertise på dette fagområdet.

Siden det ikke er eksplisitt nevnt i NS-EN 15004-1 at IG-541 kan benyttes i beboelsesrom, har vi undersøkt om det finnes dokumentasjon som tilsier at dette allikevel kan forsvares. Den praksis som noen av leverandørene av IG-541-systemer følger, er å hevde at siden det er utført kvalifiseringstester for hvilken slokkegasskonsentrasjon som er påkrevet for å oppnå minimumskravene i NS-EN 15004-1, er denne gassen kvalifisert til å slokke branner i brennbare væsker, branner i elektriske anlegg, og klasse A-branner. Kvalifiseringstestene er utført i henhold til testmetoder beskrevet i NS-EN 15004-1, Annex B og Annex C.

For andre slokkesystemer som er i bruk som alternativ til sprinkleranlegg, og som skal oppfylle kravene i TEK17, er det utført et omfattende dokumentasjonsarbeid. Det er utviklet egne teststandarder for å dokumentere slokkeegenskapene til systemene.

For å lette og tydeliggjøre kravene til dokumentasjon av slokkeegenskapene til IG-541, er det behov for teststandarder som entydig kan benyttes for å dokumentere slokkeegenskapene til IG-541 i realistiske brannscenarier som en kan påregne i byggverk beregnet for overnatting. Ved å gjennomføre en vellykket testserie ville systemet entydig være kvalifisert som sprinklerekvivalent med hensyn til slokkeegenskaper.

Konklusjon

Ut ifra de gjeldende standardene som er gjennomgått i denne rapporten er det ikke grunnlag for å benytte IG-541 i byggverk beregnet for overnatting uten at evakueringskrav som generelt gjelder for gass-slokkesystemer er oppfylt. For designkonsentrasjon for IG-541 vil dette si at rom skal kunne evakueres innen 5 minutter etter at systemet er utløst. IG-541 behandles ikke annerledes enn andre inertgasser i standardene.

Begrepet «personell» som benyttes i NS-EN 15004-1 gir også en klar indikasjon på at standarden ikke er beregnet for bygg beregnet for overnatting.

Det anbefales å iverksette et arbeid for å undersøke om det er mulig å forlenge oppholdstiden for personer eksponert for IG-541 basert på medisinske forhold.

Det må også dokumenteres at kravene til tette rom og bygninger er oppfylt, samtidig med at krav om trykkavlastning ved utløsning av gass-slokkeanlegg kan oppfylles i de anvendelsesområder som omfatter permanent opphold. Dersom oppholdstiden i slokkekassen kan økes, kan det eventuelt føre til økt påføringstid for IG-541. Dermed kan trykkoppbyggingen skje langsommere enn påkrevet i standarder, og risiko for at personer blir utsatt for høye overtrykk reduseres.

Dersom det er mulig å dokumentere at lengre opphold i designkonsentrasjon av IG-541 ikke medfører økt helserisiko, må det også dokumenteres at slokkevirkningen av IG-541 er ekvivalent med sprinkleranlegg. Dette kan gjøres ved enten å utvikle en egen teststandard, eller ved å endre den allerede eksisterende standarden NS-EN 15004-10.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Dette prosjektet er utført på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) som en del av forskningsavtalen mellom DSB og RISE Fire Research.

Sprinkleranlegg som utføres i henhold til NS-EN 12845:2015 [1] eller NS-INSTA 900-1:2013 [2] er preakseptert i henhold til veiledning til byggt teknisk forskrift (TEK17 [3]). Den siste tiden har imidlertid den inertiserende gassen IG-541 blitt vurdert som erstatning for sprinkleranlegg i nye bruksområder, som i boliger og andre bygninger i risikoklasse 4 og 6. Siden et sløkkesystem med IG-541 ikke er preakseptert i henhold til byggt teknisk forskrift, er det opp til byggeier å dokumentere at et slikt system oppfyller funksjonskravene ved å gi likeverdig beskyttelse som sprinkleranlegg. Dette har medført debatt og uenighet i fagmiljøet, og dette prosjektet er derfor kommet i stand for å frambringe fakta om og belyse problemstillingen.

IG-541 består av en blanding av nitrogen (~50%), argon (~40%) og karbondioksid (~10%). Denne gassen har vært mest brukt i tekniske rom. Nå som bruksområdet foreslås utvidet, stilles det spørsmål ved om forskriftene åpner for denne bruken, og hva som eventuelt trengs av dokumentasjon.

1.2 Målsetting

Målet med prosjektet har vært å vurdere hvilken dokumentasjon som må foreligge i byggesaker for at IG-541 kan brukes i bygninger i risikoklasse 4 og 6 i henhold til TEK17.

Prosjektet har også hatt i oppgave å utrede

- hva som er dokumentert av sløkkeeffekter for ulike konsentrasjoner av IG-541 systemer i ulike brannscenarier med ulike brenselstyper.
- hvordan påliteligheten til IG-541 systemer kan dokumenteres.
- hvorvidt standarden NS-EN 15004-1 [8] er egnet for bygg beregnet for overnatting, og eventuelt hvilke sikkerhetskrav denne stiller for sløkkeanlegg som installeres.
- hvorvidt andre internasjonale standarder, som NFPA 2001, VdS 2380 eller ISO 14520, er bedre egnet for installering av IG-541 anlegg i bygg beregnet for overnatting.

1.3 Omfang

Problemstillingen gjelder bruk av IG-541 i boliger og andre bygninger i risikoklasse 4 og 6, det vil si bygninger beregnet for overnatting.

Når det gjelder vurdering av personsikkerhet, tar denne rapporten kun for seg personsikkerhet med hensyn til brann.

Denne rapporten tar ikke stilling til eksisterende slukkeprodukter på markedet eller dokumentasjonen av disse, men evaluerer i hvilken grad slökkeanlegg basert på IG-541 kan benyttes etter gjeldende regelverk.

Prosjektet har ikke hatt til hensikt å etablere ny kunnskap om ubesvarte spørsmål, men gir en oppsummering av eksisterende kunnskap innenfor utvalgte problemstillinger, samt en begrenset vurdering av relevansen til regelverket.

1.4 Metode

Gjennom en litteraturstudie er relevant nasjonalt og internasjonalt regelverk og standarder identifisert for å evaluere i hvilken grad disse åpner for å benytte IG-541 i boliger og andre bygninger i risikoklasse 4 og 6.

1.5 Termer og definisjoner

I denne rapporten er følgende termer og definisjoner benyttet:

ABS: Akrylnitril-butadien-styren

Brannklasse – slokkemiddel: Klasse som angir hvilken type brensel et slokkemiddel er egnet for [9].

A: egner seg for brann i faste materialer

B: egner seg for brann i væsker

C: egner seg for brann i gasser

D: egner seg for brann i metaller

E: gammel klasse som ikke brukes lenger

F: egner seg for brann i fett og matoljer

CEN: European Committee for Standardization

Hypoksisk atmosfære: En atmosfære hvor oksygenivået er permanent redusert (typisk 15 % oksygen) for å forhindre antennelse og brannutvikling.

IMO: International Maritime Organization

Inert gass: Ubrennbar gass som brukes som slokkemiddel eller som brannforebyggende tiltak ved fortrenging av luft/oksygen [9].

Inertisere: Introduksjon av en inert gass inn i et lukket system for å skape en oksygenfattig atmosfære.

ISO: International Organization for Standardization

LOAEL: Forkortelse for: Lowest observed adverse effect level. Laveste eksponeringsdose av et kjemikalium der det er statistisk eller biologisk signifikante økninger i frekvens eller alvorlighetsgrad av skadelige effekter observert i den eksponerte populasjonen i forhold til en relevant kontrollgruppe [9]

NOAEL: Forkortelse for: No observed adverse effect level. Den eksponeringsdosen av et kjemikalium der det ikke er noen statistisk eller biologisk signifikante økninger i frekvens eller alvorlighetsgrad av skadelige effekter observert i den eksponerte populasjonen i forhold til en relevant kontrollgruppe.[9]

PMMA: Polymetylmetakrylat

PP: Polypropylen

Sprinklerbulb: En glassbeholder delvis fylt med væske, som brister når den når en gitt temperatur.

Sprinklerhode: Dyse for å spre vann som en del av et sprinkleranlegg. Dysen kan være åpen eller utstyrt med en termisk følsom åpningsmekanisme [9].

2 Litteraturstudie

2.1 Regelverk

I innledningen til kapitel 2 i TEK17 står det skrevet:

«Å dokumentere innebærer å føre bevis, synliggjøre, begrunne og underbygge, ved hjelp av dokumenter. Forvaltningsloven definerer et dokument som en logisk avgrenset informasjonsmengde som er lagret på et medium for senere lesing, lytting, framføring, overføring eller lignende.

Dokumentasjonen i et byggeprosjekt (tiltak) omfatter skriftlig eller digitalt materiale som tegninger, beskrivelser, analyser, beregninger, protokoller, sjekklister, fotografier osv. Denne dokumentasjonen må samlet sett bevise at kravene i forskriften er oppfylt.

Paragraf 2-1 gir generelle krav til dokumentasjon. Paragrafene 2-2 til 2-4 stiller krav til dokumentasjon av

- *Konsept (hovedutforming) – dokumentasjon for oppfyllelse av funksjonskrav og underlag som er tilstrekkelig for detaljprosjektering*
- *Detaljprosjektering – dokumentasjon for oppfyllelse av ytelser og produksjonsunderlag som er tilstrekkelig for utførelsen*
- *Utførelse – dokumentasjon for at utførte løsninger er i samsvar med produksjonsunderlaget*

Det er mest aktuelt å skille dokumentasjonen for de to første fasene når det gjelder krav til sikkerhet ved brann og krav til energieffektivitet i større byggeprosjekter. Ansvar for konsept og detaljprosjektering kan da ligge hos ulike foretak, spesielt for sikkerhet ved brann».

Videre står det i veiledningen til kapitel 2 paragraf 2-1, tredje ledd:

«I en del tilfeller er spesifikke standarder angitt i forskriften, i tilknytning til preaksepterte ytelser eller i veiledning.

Der forskriften angir at bestemte standarder skal brukes, er dette enten fordi forskriftskravet er konkretisert i en standard (for eksempel NS 3059:1994 Lukkede vedfyrte ildsteder – Røykutslipp - Krav), eller fordi det kreves en standardisert metode for å dokumentere at krav i forskriften er oppfylt (for eksempel NS 3031:2014 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data).

Der forskriften angir at bestemte standarder kan brukes, er dette standarder som i praksis må brukes fordi det ikke finnes alternativer. Eksempler er Eurokodene og NS 8175:2012 Lydforhold i bygninger – Lydklasser for ulike bygningstyper. Det aksepteres likevel at disse standardene fravikes uten at det krever dispensasjon, men det må da dokumenteres på annen måte at krav i forskriften er oppfylt. Krav til konstruksjonssikkerhet kan altså dokumenteres på annen måte enn ved å bruke Eurokodene, men dette er svært krevende og i praksis lite aktuelt. Ansvarlig prosjekterende må da dokumentere i byggesaken at det oppnås minst samme konstruksjonssikkerhet som om Eurokodene ble lagt til grunn.

I noen tilfeller er preaksepterte ytelser knyttet opp mot bestemte standarder. Den tilknyttede standarden er da en del av den preaksepterte ytelsen, og det er angitt at standarden må brukes. Dette gjelder for eksempel der automatisk sprinkleranlegg er angitt som preakseptert ytelse for et automatisk slokkeanlegg. Det er da forutsatt at sprinkleranlegget prosjekteres og utføres etter NS-EN 12845:2015 Faste brannslukkesystemer. Automatiske sprinklersystemer. Dimensjonering, installering og vedlikehold eller NS-INSTA 900-1:2013 Boligsprinkler - Del 1: Dimensjonering, installering og vedlikehold.

Det er mulig å fravike preaksepterte ytelser, inklusiv en tilknyttet standard, dersom det dokumenteres at de valgte ytelsene oppfyller funksjonskravene i forskriften på minst samme nivå som de preaksepterte. Når det gjelder automatisk slokkeanlegg er det altså mulig å velge andre typer slokkeanlegg enn sprinkleranlegg. For automatiske sprinkleranlegg er det også mulig å fravike de angitte standardene. I begge tilfeller forutsettes det imidlertid at det foreligger dokumentasjon som viser at kravene i forskriften er ivaretatt med tiltak som gir minst samme ytelse, inklusiv effektivitet og pålitelighet.»

Veiledningen til TEK17 § 11-10 Tekniske installasjoner sier følgende [3]:

«Preaksepterte ytelser

Der det er angitt alternative ytelser ved installasjon av automatisk sprinkleranlegg, må anlegget prosjekteres og utføres etter NS-EN 12845:2015. I boligbygninger, og deler av byggverk avsatt til boligformål, kan anlegget prosjekteres og utføres etter NS-INSTA 900-1:2013, men med varighet av vannforsyning minst 30 minutter for type 1- og 2-anlegg, og minst 60 minutter for type 3-anlegg.»

I veiledningen til § 11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider står det:

«Aktive tiltak (anlegg og utstyr) kan prosjekteres og utføres i samsvar med relevante norske standarder (NS, NS-INSTA, NS-EN eller NS-ISO). For vanntåkeanlegg vises til veiledning fra Forsikringsseksjonen Godkjennelsesnevnd (FG). Denne kan benyttes inntil standarder er på plass.

Dersom det ikke finnes relevante norske standarder, kan det benyttes standarder fra andre land, eller fra internasjonalt anerkjente institusjoner som VdS Schadenverhütung GmbH (VdS), The Loss Prevention Certification Board (LPCB), National Fire Protection Association (NFPA), Factory Mutual (FM) og Underwriters Laboratories (UL).

Når det brukes en standard som ikke er norsk, må relevansen og gyldigheten til standarden vurderes i hvert enkelt tilfelle. Prosjekteringsgrunnlag og spesifikasjon av produkter som er gitt i standardene, må benyttes fullt ut. Deler av ulike standarder kan ikke kombineres. Vurderingen må være dokumentert og tilgjengelig for uavhengig kontroll og tilsyn.»

2.2 Standarder

I dette kapitlet er de mest aktuelle nasjonale og internasjonale standardene som kan ha relevans for bruken av IG-451 i boliger og andre bygninger i risikoklasse 4 og 6, nærmere beskrevet. Disse er:

- *ISO 14520-1:2015 Fixed firefighting systems - Gas extinguishing systems*, er den internasjonale standarden for gass-slokkesystemer [10].
- *EN 15004-1:2008 Fixed Firefighting Systems systems - Gas extinguishing systems* [8], den europeiske utgaven av ISO 14520-1, er den europeiske standarden for gass-slokkesystemer. Denne standarden vi refererer til her er utgitt i 2008, men den er revidert etter det. Planen var at den skulle utgis på nytt i 2017, men den er ennå ikke ferdig.
- *prNS-EN 15004-1:2016 Faste brannslokkesystemer. Gass-slokkesystemer. Del 1: Planlegging, installasjon og vedlikehold. (ISO 14520-1:2015, modifisert)* [11]. Hovedkapitlene i denne er oversatt til norsk, og er inntil videre forslag til norsk standard. Denne standarden skal være lik EN 15004-1, som ble planlagt utgitt i 2017.
- *NS-EN 15004-10:2017 (ISO 14520-15:2015 Faste brannslokkesystemer - Gass-slokkesystemer - Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-slokkesystemer) for IG-541-slokkemiddel* [12]. Denne standarden gjelder spesifikt IG-541-slokkemiddel, i tillegg til det som er spesifisert i EN 15004-1. Det er en inkonsistens når det gjelder denne referansen, idet det i EN 15004-10 refereres til EN 15001-1:2017, som ennå ikke er utgitt.
- *NS-EN 12845:2015 Faste brannslokkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold* [1]. Dette er den gjeldende europeiske standard for sprinklersystemer.
- *NS-INSTA 900-1:2013 Boligsprinkler Del 1: Dimensjonering, installering og vedlikehold* [2]. Dette er den inter-nordiske gjeldende standard for boligsprinkler-anlegg, som ligger til grunn for hva som er kravene for bygninger til boligformål i Norge.
- *NFPA 2001 - Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems* [13]. Dette er en meget benyttet amerikansk standard for gass-slokkeanlegg, også utenfor Amerika.
- *VdS 2380en – Fire Extinguishing Systems Using Non-liquefied Inert Gases* [14]. Dette er en tysk standard som er skrevet og gitt ut av VdS Schadenverhütung GmbH, som er en privat sertifiseringsorganisasjon med stor utbredelse og betydning i Tyskland og ellers i Europa.

2.2.1 prNS-EN 15004-1 Fixed firefighting systems - Gas extinguishing systems

EN 15004-1 er basert på at Technical Committee CEN/TC 191 «Fixed Firefighting Systems» i CEN gjorde den internasjonale standarden ISO 14520-1 [10] om til europeisk standard. Den er oversatt til norsk (prNS-EN 15004-1), men er ennå ikke ferdig

behandlet i Standard Norge. Standardbetegnelsen har derfor prefikset «pr», hvilket indikerer at den har status som forslag. Vi har valgt å benytte denne standarden som vurderingsgrunnlag i denne rapporten, siden den er den mest oppdaterte versjonen av den europeiske standarden. Del 1 av prNS-EN 15004-1 inneholder standard for design, installasjon og vedlikehold av gass-slokkesystemer. Slokkegassen IG-541 er en av flere, og del 1 beskriver generelle krav for alle slokkegassene. NS-EN 15004-10 [12] gjelder spesifikt for IG-541, og er beskrevet i neste kapittel.

En oversikt over gasser som er omfattet av prNS-EN 15004-1 er gjengitt i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Liste over slokkegasser som dekkes av prNS-EN 15004-1 [11].

Slokkemiddel	Kjemisk	Formel	CAS Nr.	Europeisk standard
FK-5-1-12	Dodecafluor-2-methylpentan-3-one	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$	756-13-8	NS-EN 15004-2
HCFC Blend A				NS-EN 15004-3
HCFC-123	Diklortrifluoretan	CHCl_2CF_3	306-83-2	
HCFC-22	Klordifluormetan	CHClF_2	75-45-6	
HCFC-124	Klortetrafluoretan	$\text{CHClF}_2\text{CF}_3$	2837-89-0	
	Isopropenyl-en-metylsykloheksen	$\text{C}_{10}\text{H}_{16}$	5989-27-5	
HFC 125	Pentafluoretan	CHF_2CF_3	354-33-6	NS-EN 15004-4
HFC 227ea	Heptafluorpropan	$\text{CF}_3\text{CHF}_2\text{CF}_3$	2252-84-8	NS-EN 15004-5
HFC 23	Trifluormetan	CHF_3	75-46-7	NS-EN 15004-6
IG-01	Argon	Ar	74040-37-1	NS-EN 15004-7
IG-100	Nitrogen	N_2	7727-37-9	NS-EN 15004-8
IG-55	Nitrogen (50%)	N_2	7727-37-9	NS-EN 15004-9
	Argon (50%)	Ar	74040-37-1	
IG-541	Nitrogen (52%)	N_2	7727-37-9	NS-EN 15004-10
	Argon (40%)	Ar	74040-37-1	
	Karbondioksid (8%)	CO_2	124-38-9	

prNS-EN 15004-1 gjelder for total fylling (total flooding) av rom, det vil si at virkningen skal oppnås i hele rommet hvor anlegget benyttes, ikke bare en del av det eller for spesielle objekter som er i rommet.

2.2.1.1 Generelle sikkerhetsforhold for gass-slokkesystemer

Sikkerhetsforhold knyttet til slokkegasser er behandlet i prNS-EN 15004-1 kapittel 5.2 og 5.3. Her gis krav om installasjon og bruk av utstyr for utsatt utløsning av systemet, automatiske og manuelle brytere og passiviseringsutstyr. Disse skal oppfylle intensjonen i Annex G.

I vedlegget Annex G, som kun er informativt, er sikker eksponering av personell omhandlet (Safe personnel exposure guidelines). Det innledes med at vedlegget inneholder informasjon for å etablere praksis som er nødvendig for å hindre unødvendig eksponering av personer mot utslipp av slokkegasser eller atmosfære som inneholder

slokkegasser etter utslipp. Vedlegget tar ikke for seg toksikologiske eller fysiologiske effekter av forbrenningsprodukter fra brann. Maksimum eksponeringstid som benyttes ved fastsetting av sikkerhetsforanstaltninger er i denne standarden satt til 5 minutter. Eksponering utover 5 minutter kan involvere toksikologiske eller fysiologiske effekter som ikke er tatt med i standarden.

Slokkegassen kan være farlig enten på grunn av selve gassen, eller på grunn av nedbrytningsprodukter som dannes når gassen er i kontakt med brann eller varme overflater. Unødvendig eksponering av personell for nedbrytningprodukter bør unngås. Annex G omhandler også støy ved utstrømning fra dyser, turbulens som kan flytte tyngre gjenstander og papir og andre lette objekter. Gasser med lav temperatur ved utstrømning kan ha en sterk kjøleeffekt, og kan gi frostskafer i hud. Dette gjelder i første rekke gasser som er flytende ved utstrømning og helt i nærheten av utslippet. I fuktig atmosfære kan det oppstå noe redusert sikt på grunn av kondensasjon av vanndamp.

Inertgasser er omtalt i Annex G.5. Disse gassene er argon (IG-01), nitrogen (IG-100), blanding 50/50 argon og nitrogen (IG-55) og IG-541. CO₂ som slokkegass alene er ikke omfattet av prNS-EN 15004-1, det er egne internasjonale standarder for denne gassen. Kvelning og oksygenmangel i kroppsvev er helsemessige forhold som omtales. De ulike slokkegassene og ved hvilke konsentrasjoner de har henholdsvis ingen og liten effekt på fysiologisk effekt på mennesker er listet opp i Tabell 2-2 nedenfor. Konsentrasjon av slokkegassene på 43 % tilsvarer 12 % oksygen (No Observed Adverse Effect Level (NOAEL)). 52 % slokkegass tilsvarer og 10 % oksygen (Lowest Observed Adverse Effect Level (LOAEL)).

Tabell 2-2 Fysiologiske effekter av inertgass [11].

Slokkemiddel	Nivå: Ingen effekt *	Nivå: Liten effekt *
IG-01	43 %	52 %
IG-100	43 %	52 %
IG-55	43 %	52 %
IG-541	43 %	52 %

* Basert på fysiologiske effekter hos mennesker i hypoksiske atmosfærer. Disse verdiene er funksjonelt likeverdige med NOAEL og LOAEL-verdier, og korresponderer til 12 % minimum oksygen for *Nivå: Ingen effekt* og 10 % minimum oksygen for *Nivå: Liten effekt*.

Det skilles mellom områder som normalt er bemannede og normalt ikke-bemannede områder.

Ved referering til Annex G i teksten under er det tekst oversatt fra engelsk til norsk.

For IG-541 sier Annex G.5.1.2: «IG-541 benytter karbondioksid (CO₂) for å fremme pustekaraktistikk med henblikk på å opprettholde liv i en oksygenfattig atmosfære, for å beskytte personell. Man må sørge for ikke å benytte inertgass-systemer i normalt

bemannede områder med designkonsentrasjoner høyere enn det som er spesifisert i produsentens listeførte design-manual for den fareklasse som skal beskyttes.

G.5.1.3 sier: «Inerte gasser dekomponeres ikke målbart i brann. Derfor er det ikke funnet giftige eller korrosive nedbrytningsprodukter. Varme og mengde nedbrytningsprodukter fra selve brannen kan allikevel være betydelig, og kan gjøre området utålelig (untenable) for opphold.»

G.5.2 gir retningslinjer for sikker eksponering for inerte gasser.

«G.5.2.1. Unødvendig eksponering av inertgass-systemer som resulterer i redusert oksygen i atmosfæren skal unngås. Kravene til alarm før utløsning og tidsforsinkelse har som intensjon å hindre folk i å bli eksponert. Tilleggsforanstaltningene gitt i G.5.2.2 til G.5.2.5 skal komme til anvendelse for å motvirke følgene av feil ved i disse sikkerhetsforanstaltningene.

G.5.2.2. Inertgass-systemer designet med konsentrasjoner under 43 % (tilsvarende en oksygenkonsentrasjon på 12 % i forhold til oksygenivå ved havets overflate) skal være tillatt, gitt at følgende forutsetninger er oppfylt:

a) området er normalt bemannet;

b) tiltak er iverksatt for å begrense eksponering til ikke lengere enn 5 minutter

Tilsvarende gjelder for konsentrasjoner mellom 43 % og 52 % (tilsvarende en oksygenkonsentrasjon mellom 12 % og 10 % i forhold til oksygenivå ved havets overflate) er 3 minutter, og for konsentrasjoner mellom 52 % og 62 % (tilsvarende en oksygenkonsentrasjon på 10 % og 8 %) ikke lengere enn 30 sekunder.

2.2.2 NS-EN 15004-10 Faste brannslukkesystemer - Gass-slukkesystemer - Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-slukkesystemer for IG-541-slokkemiddel

NS-EN 15004-10:2017 (ISO 14520-15:2015 [15]) beskriver IG-541 som en fargeløs, luktfri, ikke elektrisk ledende gass med tetthet omtrent den samme som luft. Den er en inert gassblanding som nominelt består av 52 % nitrogen (N), 40 % argon (Ar) og 8 % karbondioksid (CO₂). Spesifikasjon for IG-541 er som følger (basert på 8 % karbondioksid med toleranse ±5 %):

- a) karbondioksid prosentområde 7,6 % til 8,4 %
- b) argon prosentområde 37,2 % til 42,8 %
- c) nitrogen prosentområde 48,8 % til 55,2 %

Avsnitt 4.2 av NS-EN 15004-10 angir at IG-541 kan benyttes som system for fullstendig fylling til å slokke branner av alle klasser, innen grensene spesifisert i EN 15004-1.

Kravene til slokkekonsentrasjoner for hvert beskyttet område er vist i Tabell 2-3 og Tabell 2-4 nedenfor. Disse kravene er basert på metoder vist i prNS-EN 15004-1, avsnitt 7.6.

Tabell 2-3 Utdrag av kravene til slokkekonsentrasjoner for heptan og klasse A-branner [12].

Temperatur T °C	Spesifikt gassvolum S m ³ /kg	Mengde IG-541 per volumenhet av beskyttet område V/V (m ³ /m ³)							
		Designkonsentrasjon (volum)							
		34 %	38 %	42 %	46 %	50 %	54 %	58 %	62 %
-40	0,5624	0,521	0,600	0,684	0,773	0,870	0,975	1,089	1,214
-30	0,5863	0,500	0,575	0,656	0,742	0,834	0,935	1,044	1,165
-20	0,6102	0,481	0,553	0,630	0,713	0,802	0,898	1,003	1,119
-10	0,6341	0,463	0,532	0,606	0,686	0,772	0,864	0,966	1,077
0	0,6580	0,446	0,513	0,584	0,661	0,744	0,833	0,931	1,038
10	0,6819	0,430	0,495	0,564	0,638	0,717	0,804	0,898	1,001
20	0,7058	0,416	0,478	0,545	0,616	0,693	0,777	0,868	0,968
30	0,7297	0,402	0,462	0,527	0,596	0,670	0,751	0,839	0,936
40	0,7536	0,389	0,448	0,510	0,577	0,649	0,727	0,812	0,906
50	0,7775	0,377	0,434	0,494	0,559	0,629	0,705	0,787	0,878
60	0,8014	0,366	0,421	0,480	0,543	0,610	0,684	0,764	0,852
70	0,8253	0,355	0,409	0,466	0,527	0,593	0,664	0,742	0,827
80	0,8492	0,345	0,397	0,453	0,512	0,576	0,645	0,721	0,804
90	0,8731	0,336	0,386	0,440	0,498	0,560	0,628	0,701	0,782
100	0,8970	0,327	0,376	0,429	0,485	0,545	0,611	0,683	0,761

Tabell 2-4 IG-541 slokke- og designkonsentrasjon [12].

Brensel	Slokkekonsentrasjon volum%	Minimum designkonsentrasjon volum%
Klasse B		
Heptan (cup burner)	33,8	48,1
Heptan (room test)	37	
Overflate klasse A		
Trekrybbe	28,2	39,9
PMMA	30,7	
PP	30,6	
ABS	30,7	
Høyere klasse A	*	45,7

* Høyere klasse A er karakterisert i "CAUTION statement" i EN 15004-1:2017, 7.5.1.3. Minimum designkonsentrasjon for høyere fareklasse A brensel skal være den høyeste verdien av klasse A eller 95 % minimum designkonsentrasjon for klasse B.

2.2.2.1 Spesielle sikkerhetsforhold for IG-541

NS-EN 15004-10 kapittel 5 angir bemerkninger om sikkerhet for personell. Der står det at enhver fare for personell forårsaket av utløsning av IG-541 skal tas i betraktning ved design av systemet. Potensielle faremomenter kan oppstå fra følgende:

- a) slokkegassen selv, ved reduksjon av oksygenkonsentrasjon
- b) forbrenningsprodukter fra selve brannen

For minimum sikkerhetskrav, se NS-EN 15004-10:2017, kapittel 5. Informasjon om grenseverdier for fysiologisk effekt av IG-541, se Tabell 2-5.

Tabell 2-5 Grenseverdier for fysiologisk effekt av IG-541 [12].

	Konsentrasjon av IG-541, Vol%
NOAEL (No observed adverse effect level)	43
LOAEL (Lowest observed adverse effect level)	52

I NS-EN 15004-10 angis ikke andre krav til IG-541 enn til øvrige inerte gasser som beskrives i prNS-EN 15004-1.

Inerte gasser er definert som gasser som ikke deltar i forbrenningsprosessen, og ikke skaper reaksjonsprodukter i brann. Siden de ikke inngår i forbrenningsprosessen, er det reduksjon av oksygen i luften som er årsaken til at de begrenser eller helt stopper

brannutvikling. I tørr luft ved normalt atmosfæretrykk er nitrogen (78,08 %) og argon (0,93 %), og CO₂ (400 ppm) inerte gasser.

Ufortynnet, inne i beholderen, er IG-541 en inert gass som alle de øvrige inerte gassene som omhandles av EN 15004. Siden den ikke inneholder oksygen, vil den være farlig å puste inn, og som for andre inerte gasser er det satt grenseverdier for hvor høy konsentrasjon av den som kan være i rom med mennesker. Nasjonale, europeiske og internasjonale standarder angir at maksimal oppholdstid før evakuering av mennesker er 5 minutter, idet er det ikke tatt hensyn til endring i pustemønster på grunn av CO₂-innholdet i IG-541.

2.2.3 NS-EN 12845 Faste brannsløkkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold

Sprinkleranlegg som er dokumentert i henhold til NS-EN 12845 og NS-INSTA 900-1 er preakseptert for å beskytte bygninger og anlegg etter TEK17, og oppfyller derved formålet i byggteknisk forskrift.

Denne europeiske standard spesifiserer krav og gir anbefalinger om design, installasjon og vedlikehold av faste sprinkleranlegg i bygninger, industriområder og sprinkleranlegg som skal beskytte liv. Standarden omfatter bare typen av sprinkler som er spesifisert i NS-EN 12259-1 Endringsblad A3-Faste brannsløkkesystemer - Deler til sprinkler og vannspraysystemer - Del 1: Sprinkler [16]. Denne omfatter klassifisering av risiko, vannforsyning, komponenter som skal benyttes, installasjon og testing av systemet, vedlikehold og utvidelse av systemer. Den fastsetter også konstruksjonsdetaljer og utførelse av bygningsdeler som utgjør et minimum for å oppnå tilfredsstillende virkning av sprinkleranlegg.

NS-EN 12845 er en såkalt preskriptiv standard, som spesifiserer med høy detaljeringsgrad alle sider ved et sprinkleranlegg. I utgangspunktet er det få krav til egne branntester for å kvalifisere eller dokumentere systemet, og påliteligheten til systemet baserer seg på statistikk av pålitelighet og sjokkeffekt innhentet over en lang tidsperiode.

Prinsippet for et sprinkleranlegg er at sprinklerhodene (også nevnt sprinklere eller sprinklerdyser) er utført slik at en bestemt mengde vann spres utover et bestemt areal, og blir aktivisert ved varmen fra en brann. De mest benyttede sprinklerhodene har en glassbeholder (kalt bulb) delvis fylt med væske, og denne blokkerer for vannutstrømning ved normal temperatur. Ved aktiveringstemperatur sprekker glassbulben og lar vannet strømme ut. Selve sprinklerhodet er ikke avhengig av eksternt aktiveringssignal og heller ikke elektrisitet, men er «på vakt» så lenge det er vanntrykk ved sprinklerhodet.

Hovedvirkningen av sprinkleranlegg for å begrense eller stanse utviklingen av en brann, er å fukte brennbart materiale overalt hvor brannen kan spre seg, og derved stanse forbrenningen ved å begrense tilgangen på brennbart materiale.

Sprinkleranlegg vil også kjøle ned forbrenningsgasser, og i en viss grad kan fordampnet vann og forbrenningsprodukter som inertiserer atmosfæren i brannrommet medvirke til

brannbegrensning og slokking. Vanndamp og CO₂, som er inerte gasser, dannes ved forbrenning av karbonholdige materialer.

Hele sprinkleranlegget kan få vannforsyning fra anlegg som står under trykk fra et vannforsyningssystem, eller kan være trykksatt av pumper. Ved pumpeanlegg er en avhengig av strømforsyning, og det er i mange tilfeller krav til alternativ drift av pumper ved hjelp av aggregater eller maskiner som er drevet uavhengig av strømforsyning.

2.2.4 INSTA 900-1 Boligsprinkler Del 1: Dimensjonering, installering og vedlikehold

Boligsprinkleranlegg i henhold til NS-INSTA 900-1 [2] er beskrevet som en preakseptert løsning for boligbygninger og deler av byggverk avsatt til boligformål, hvor byggteknisk forskrift krever automatisk sprinkleranlegg. Et slikt anlegg vil ha som formål å detektere en brann og kontrollere den med vann i den tidlige fasen, slik at sikker evakuering kan gjennomføres. Boligsprinkleranlegget skal også holde brannen i sjakk, slik at muligheten for slokkeinnsats med andre midler vil øke.

NS-INSTA 900 har også to andre deler, som beskriver tester av komponenter til anlegget og branntester for å dokumentere at sprinklerhodene (Del 2) [17] eller alternative dyser (vanntåkedysers, Del 3) [18] kan begrense temperaturutviklingen i testbranner som representerer typiske boligbranner.

2.2.5 NS-EN 16750 Faste brannslokkesystemer - Inert luft-systemer - Dimensjonering, installasjon, planlegging og vedlikehold

Internasjonalt er bruken av oksygenreducerende systemer for brannbekjempelse blitt mer vanlig, og de systemer som benytter konstant oksygenreduert atmosfære som brannforebyggende tiltak har fått sin egen standard NS-EN 16750:2017 [19]. Grenseverdiene for opphold i slik atmosfære over lengre tid kan gi indikasjoner på hva som er tålbart, men det er ulike forutsetninger for brannbeskyttelse av denne karakteren og aktivt påført inertgass som ved IG-541 etter NS-EN 15004-10. Ved konstant oksygenreduert atmosfære vil alle deler av beskyttet område opprettholde designkonsentrasjonen til enhver tid og ved ethvert branntilløp. Ved et aktivt system vil gassen måtte fordeles i det beskyttede området og trenge inn i lommer med oksygenrik luft og hulrom før branntilløpet kan stanses.

2.2.6 NFPA 2001 - Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems

NFPA 2001 [13] er en amerikansk standard utarbeidet på basis av standardutviklingsarbeid administrert av NFPA, en metode godkjent av American National Standards Institute.

Standarden er bygget opp på samme måte, og presenterer mye av den samme fremgangsmåten og kravene som prNS-EN 15004-1. Den beskriver samme krav til evakuering og utsatt utløsning av slokkegass-systemet. Det er heller ikke i denne standarden presisert noen spesielle unntak for IG-541 med hensyn til eksponering og personsikkerhet.

2.2.7 VdS 2380en – Fire Extinguishing Systems Using Non-liquefied Inert Gases

VdS 2380en [14] er en tysk standard som er skrevet og gitt ut av VdS Schadenverhütung GmbH. På lik linje med de andre standardene, så er det i denne beskrevet krav til evakueringstid og utsatt utløsning, blant annet i kapittel 4.1 og 8.1.

IG-541 blir beskrevet som en av de gassene som er omfattet av standarden, men det blir ikke skilt mellom IG-541 og de andre slokkegassene, og det blir ikke spesifisert at det kan gjøres noen spesielle unntak på bakgrunn av de spesielle pustefysiologiske egenskapene som skiller IG-541 fra de andre gassene.

2.3 Brannscenarier og slokkeeffekter ved bruk av IG-541

2.3.1 Branntester ved fastsetting av minimum konsentrasjon av slokkegasser

I prNS-EN 15004-1 er det spesifisert testmetoder for å kvalifisere slokkevirkningen av gassene ved designkonsentrasjon. Fem testmetoder er angitt. Den første er en «cup-burner test» for å finne grensekonsentrasjonene av slokkegassen ved henholdsvis væske- og gassbrann. Dette er en test i liten skala. De tre neste testene er kalt «nozzle distribution verification tests», og utføres i et rom med luker som kan åpnes for trykkavlastning for tilført slokkegass. Disse testene skal gi minimum høyde/maksimum dekningsareal for dyser. Den siste testen er brann i plastmaterialer, «polymeric sheet fire test».

For test beskrevet i C.5.1, minimum høyde og maksimum dekningsareal for dyser, brukes små bokser med heptan lokalisert i rommet, i hjørnene i ulike høyder, og bak en hindring (baffle).

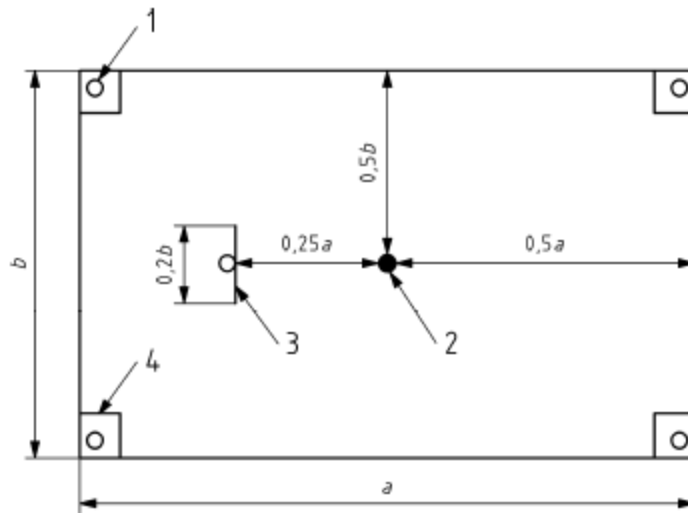
Figur 2-1 viser oppsettet for denne testen for dyser som har henholdsvis 180° og 360° spredningsvinkel. Produsenten velger dimensjoner på testrommet ut fra dekningsareal og høyde for dysen.

Under testen måles oksygenkonsentrasjon og temperatur i forskjellige posisjoner i rommet.

Testen går ut på at de heptanfylte boksene antennes og brenner med de trykkavlastningslukene i åpen posisjon i 30 sekunder. Det er et krav at oksygenkonsentrasjonen i rommet ikke skal være mer enn 0,5 % lavere enn atmosfærekonsentrasjonen på tidspunktet for aktivering av systemet. Videre skal oksygenkonsentrasjonen ikke minske mer enn 1,5 % på grunn av forbrenning av heptan i løpet av testen. Dette måles og bestemmes ved å sammenlikne målingene i en kald test uten tente bokser med målingene i den aktuelle testen.

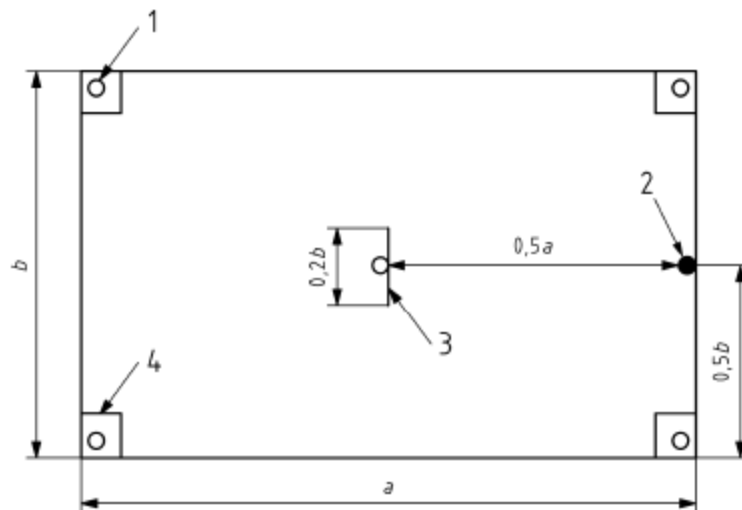
Under testen loggføres tid for påføring av slokkegassen. Noen av gassene er i væskefase i beholderne, og da observeres også om de er i væskefase ved dysen. Tid for slokking av testbrannene registreres, enten visuelt ved observasjon, eller på annen måte. Total mengde gass tilført rommet registreres.

Kravet til testresultatet er at alle boksene med heptan skal være slokket maksimalt 30 sekunder etter avslutning av påføring av slokkegass.



Key (see Figure C.2)

Figure C.1 —Example configuration for nozzle minimum height/maximum area coverage test for 360° nozzles



Key

- | | |
|-------------|----------|
| 1 test cans | 3 baffle |
| 2 nozzle | 4 vents |
- $a \times b$ = maximum nozzle area coverage for a single nozzle

Figure C.2 —Example configuration for nozzle minimum height/maximum area coverage test for 180° nozzles

Figur 2-1 Testoppsett i henhold til prNS-EN 15004-1 [11].

Den neste testmetoden, C.5.2, som tester maksimal høyde for plassering av dyser, utføres i et rom med minimum volum 100 m³. Gulvarealet skal være slik at bredde og lengde på gulvet er minimum 4 m. Høyden velges av produsenten av slokkesystemet. Rommet skal ha trykkavlastningsluker, og luker over testboksene, som kan åpnes for å tillate

ventilasjon før utløsning av slokkesystemet. Testene er lik dem som skal utføres i test C.5.1, og akseptkriteriene er de samme.

Test C.6, som har to ledd, skal dokumentere gasskonsentrasjon ved slokking. Test C.6.1 «wood crib test», skal dokumentere kritisk gasskonsentrasjon ved en brann i en såkalt trekrybbe, bygget opp av seks lag av krysslagede trestaver, 40 mm x 40 mm, med lengde 450 mm ± 50 mm, av gran eller furu. Denne trekrybben plasseres over et 0,25 m² kvadratisk fat som inneholder 1,5 liter heptan. Trekrybben plasseres på et stativ 0,6 m over gulvnivå, og fatet med heptan plasseres direkte under, 0,3 m over gulvet.

Rommet hvor testen utføres skal være minimum 100 m³, minimum 3,5 m høyt, og lengde/bredde minimum 4 m.

Det er et krav at oksygenkonsentrasjonen i rommet ikke skal være mer enn 0,5 % lavere enn atmosfærekonsentrasjonen på tidspunktet for aktivering av systemet. Videre skal oksygenkonsentrasjonen ikke minske mer enn 1,5 % på grunn av forbrenning av heptan i løpet av testen. Dette måles og bestemmes ved å sammenlikne målingene i en kald test uten tente bokser, med målinger i den aktuelle testen.

Etter antennelse av Heptanen skal det brenne i seks minutter. Deretter påføres slokkegassen etter produsentens prosedyre. Etter slutten av påføringen skal rommet holdes lukket i ti minutter. Deretter skal trekrybben inspiseres for glør, det observeres om glørne reantennes, og vekttapet av trekrybben skal registreres.

Den laboratoriebestemte slokkegasskonsentrasjonen er den som medfører tre etterfølgende tester uten reantennelse. Alternativt kan det benyttes tre vellykkede tester, men som ikke er gjort etterfølgende. I dette tilfellet skal den høyeste konsentrasjonen være utgangspunktet for den kritiske slokkegasskonsentrasjonen. Designkonsentrasjonen fastsettes som denne konsentrasjonen multiplisert med en sikkerhetsfaktor.

Test C.6.2 er en test med heptan i et kvadratisk kar med areal på 0,25m². Prosedyren er sammenliknbar med trekrybbetesten, men det anvendes kun et kar fylt med 12,5 liter heptan. Heptanen antennes og skal brenne i 30 sekunder. Deretter skal alle åpninger i rommet lukkes og slokkegassen påføres. Testen anses som vellykket etter tre påfølgende tester med oppnådd slokking.

Test C.6.3 er test med fire flak av plastmaterialer, «polymeric sheet test». Det skal gjennomføres tester med tre typer plastflak: polymetylmetakrylat (PMMA), polypropylen (PP) og akrylnitril-butadien-styren (ABS). Disse flakene, med tykkelse 10 mm ± 1 mm, 405 mm ± 5 mm høyde, 200 mm ± 5 mm bredde, festes i en stålramme og plasseres 12 mm over et 51 mm × 112 mm kar fylt med 6 milliliter heptan over 40 milliliter vann. Hele oppsettet plasseres midt i testrommet, som er identisk med det i test C.5.1. En hindring av stålplater monteres rundt brannobjektet. I tillegg monteres hindringer mellom dyse og brannobjekt. Produsenten velger dimensjoner på testrommet ut fra dekningsareal og høyde for dysen.

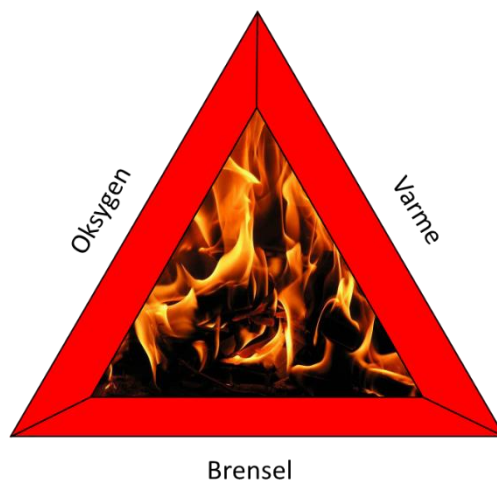
Heptanen antennes og brenner til det er fullstendig oppbrent. 210 sekunder etter antennelse lukkes alle åpninger i rommet og slokkegassen påføres. Rommet skal holdes lukket i ti minutter etter slutten av påføring av slokkegass. En skal deretter ventilere rommet og observere om det er brensel igjen til å underholde en forbrenning, og om det er tegn til reantennning.

Suksessfull test oppnås ved slokking av tre etterfølgende tester, og kun flamme over to indre plastflak 60 sekunder etter start av påføring av slokkegass.

2.4 Ekvivalens med andre slokkesystemer

Som nevnt i avsnitt 1.1 er sprinkleranlegg angitt som preakseptert slokkeanlegg i veiledningen til TEK17.

Vannbaserte slokkesystemer er karakterisert ved at disse angriper flere deler av brannprosessen, ikke bare inertiseringsdelen (fortrengning av oksygen), som gassbaserte slokkesystem i all hovedsak benytter. Vannbaserte slokkesystemer, særlig sprinkleranlegg, benytter fukting av brennbart materiale som slokkemetode. Ved å spre vann utover et område der brannen oppstår, med relativt store mengder lokalt, fuktes materialene som brannen kan spre seg i. Vannet må derfor først fordampes for at materialene skal kunne brenne. Dette er noe som er velkjent fra fying med ved og bålrensning, fuktig treverk er vanskelig å få antent. Branntrekanten, vist i Figur 2-2, er en mye brukt illustrasjon på forutsetninger for at det skal oppstå brann. Fukting av brensel inngår delvis i den delen av trekanten som betegnes tilgang på brennbart materiale.



Figur 2-2 Branntrekanten.

Tilgang på varme, tilstrekkelig til å starte og underholde forbrenning, er også en forutsetning som angripes ved bruk av vannbaserte slokkeanlegg. Kjøleeffekten av vann, både ved å kjøle gasser, væsker og fast stoff, er en vesentlig effekt for sprinkleranlegg og ikke minst i vanntåkeanlegg, hvor fordampningsvarmen til vann utnyttes i stor grad til å kjøle gassene som deltar i forbrenningsprosessen. De små dråpene i vanntåkeanlegg, i en viss grad også i sprinkleranlegg, fordampes raskt i kontakt med flammer og varme gasser, og tar opp omtrent seks ganger så mye varme som det som er nødvendig for å varme opp vann fra omgivelsestemperatur til kokepunktet.

Det tredje leddet i branntrekanten, oksygentilgang, påvirkes i noen grad av sprinkleranlegg og i stor grad i vanntåkeanlegg, ved produksjon av vanndamp, som også er en inert gass som fortrenger oksygen.

For å vurdere om et gass-slokkesystem med IG-541 kan være likeverdig med et preakseptert system, må brannscenariene som en vurderer opp imot være realistiske med hensyn til alle potensielle sløkkemekanismer. Derfor må en stille krav til at et ferdig installert gass-slokkesystem ved branntilløp som kan tenkes å oppstå i bygninger ment for beboelse skal gi likeverdig beskyttelse som et preakseptert system (sprinkleranlegg).

Ved valg av testmetode for brannbekjempelsesplanlegg, har det erfaringsmessig vist seg å være nødvendig å ta hensyn til materialbruk i realistiske scenarier, til størrelse og utforming av bygninger og rom, til konstruksjoner og innredning som påvirker brannutvikling og eventuelt fordeling av sløkkemiddel og til potensielle muligheter for antennelse.

Deteksjonstidspunkt, alarm, forsinkelse i utløsning, evakueringsmuligheter og innsatsmuligheter for utrent eller trent personell, er momenter som kan påvirke effekten av brannbekjempelsessystemet. Tidsaspektet er av stor betydning.

Dersom en brann får utvikle seg slik at temperaturen i brannrommet øker vesentlig, vil forholdene for slokking endre seg. Høyere temperatur medfører at brannen kan fortsette med lavere oksygenkonsentrasjon enn ved lav temperatur. Denne tendensen har blitt observert i en rekke forsøk, blant annet i prosjektene FIREDASS [20] og Blast and Fire Engineering for Topside Structures [21]. Alle observasjonene viser at det er en klar sammenheng mellom temperatur og sløkkenivå. Jo høyere temperatur, jo lavere oksygenkonsentrasjon er nødvendig for å oppnå slokking.

Forsøkene i FIREDASS prosjektet ble gjennomført i en 31 m³ stor stål-kontainer. Testene var del av et prosjekt finansiert av EU-kommisjonen under programmet BRITE/EURAM, og ble utført av et konsortium av industri, forskningsinstitutter og universitetspartnere i Europa [20]. Rommet var 2,3 m bredt, 2,3 m høyt og 5,9 m langt. Det var lufttett, og var utstyrt med et lufttilførselssystem, ett vanntåke brannbekjempelsessystem, forskjellige brannkilder og instrumentering for å måle strømning av luft, vann og brensel, temperaturer, hastigheter, trykk, varmeflukser og gasskonsentrasjoner. Rommet hadde volum og dimensjoner som simulerte et bagasjerom på et fly. Brannkildene var henholdsvis propanbrenner med overflatearealer 0,09 m² og 0,25 m² samt pappkartonger fylt med oppstrimlet papir. Vannapplikasjonsraten ble variert, fra ikke noe vann til vann fra fire dyser som et maksimum. Den relative posisjonen til brannkildene og vanntåkedysene ble variert. Det ble også plassert obstruksjoner mellom dysene og brannkildene. 35 forsøk ble utført. Hovedformålet med testene var å framskaffe valideringsgrunnlag for beregningsmodeller, inkludert basis for modellering av betingelser for slokking av branner påvirket av vanndamp.

Oksygenkonsentrasjonen i et rom kan reduseres på grunn av forbrenning, brannen forbruker O₂, slik at brannen er lettere å slokke ved inertisering. Samtidig med at produksjon av CO₂, som i seg selv er en inert gass, ved forbrenning øker inertgassvirkningen.

Basert på testresultatene ble en korrelasjon utviklet for å beskrive sammenhengen mellom oksygenkonsentrasjon ved slokking mot middeltemperatur. Den viser tendensen til at forbrenning kan foregå ved redusert oksygenkonsentrasjon når temperaturen øker. Dette indikerer at inertisering med gass ikke kan beskrives bare ved en enkel test i liten skala, men må fastlegges ved representative forhold som kan oppstå ved brann.

2.4.1 Mulige tester for å demonstrere ekvivalens med sprinkleranlegg

For å dokumentere at et slokkesystem med IG-541 skal være ekvivalent med preakseptert ytelse, det vil si et sprinkleranlegg, kan en teste IG-541-systemet for å oppfylle de krav som stilles til disse slokkemetodene etter gjeldende standard. Noen relevante metoder er nevnt nedenfor.

IMO Resolution MSC.265(84) ANNEX 14

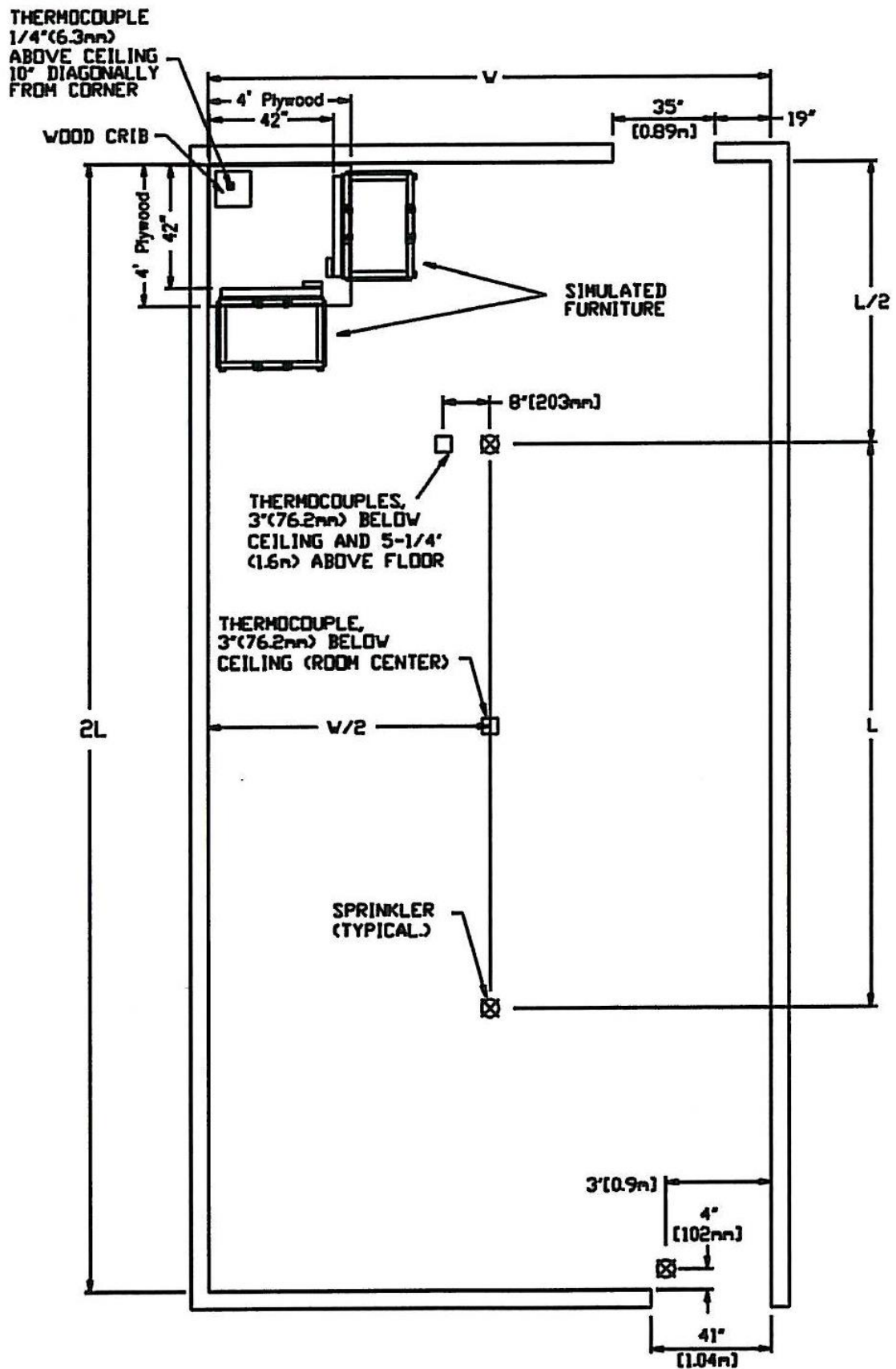
IMO Resolution MSC.265 [5] angir en metode for å demonstrere ekvivalens med sprinkleranlegg for passasjerområder på skip. For lugarområder, som er ganske likt med bygninger benyttet til overnatting på land, beskrives tester som i stor grad benyttes til å kvalifisere vanntåkeanlegg. Det som er mest relevant er en test for lugarer og korridorer.

I denne metoden vil lugar og korridor-testene omfatte brann i madrasser og brennbar kledning på vegger (finerplater), med realistisk geometri for lugarer på passasjerskip. Testene kan utføres med gass-slokkesystem designet etter leverandørens spesifikasjoner, med realistisk deteksjons- og aktiveringssystem.

NS-INSTA 900

NS-INSTA 900 omhandler boligsprinkling. Del 1 [2] inneholder hva slags bygningstyper med boliger som omfattes av standarden, mens del 2 og 3 [17,18] er testmetoder for henholdsvis boligsprinklerdyser med spesifisert vannlevering og alternative systemer uten spesifikke vannmengdekrav (i praksis vanntåkesystemer).

NS-INSTA 900-2 er utviklet for å demonstrere vannfordelingen i rom som skal beskyttes med boligsprinkler og inneholder også en branntest med et simulert møbel, som vist i Figur 2-3. Rommet er ventilert ved to åpne dører. Det simulerte møbelet består av polyuretanskum montert på kryssfinerplater, i en konfigurasjon som ligner en lenestol. Det simulerte møbelet plasseres i et hjørne, hvor veggene er kledd med kryssfiner. Standarden inneholder også en rekke tester av egenskaper, som korrosjonsmotstand, motstand mot fysisk påkjenning, lekkasje og reaksjonstid til dyser med glassbulb, og gir et predefinert krav til levert vannmengde per arealenh.



Figur 2-3 Testoppsett i henhold til INSTA 900- 2 [17].

Akseptkriteriene for branntesten består i at temperaturer målt oppe under taket og i takplatene skal begrenses, og at branngassene som strømmer ut gjennom døren ikke skal utløse flere dyser på utsiden av rommet.

NS-INSTA 900-3

NS-INSTA 900-3 er utviklet for å dokumentere at bygninger for beboelse (residential occupancy) er sikret ved bruk av vanntåke. Typiske bygninger for beboelse er direkte nevnt i formålet med standarden:

- Private hjem (eneboliger og tomannsboliger, rekkehus, feriehus)
- Leiligheter
- Prefabrikkerte hus
- Leiligheter og rømningsveier fra disse områdene for bygningstyper så som:
 - o Pleieinstitusjoner (sykehjem, sykehus etc.)
 - o Hotell, motell etc.
 - o Studentboliger, sovesaler
 - o Asylmottak

I standardens kapittel 5 beskrives branntester som skal demonstrere vanntåkesystemenes evne til å forhindre overtenning og opprettholde tålbare forhold (tenability) i startbrannrommet, og forbedre beboernes mulighet til å rømme i en brannsituasjon.

Den viktigste utfordringen i branntestene er å bekjempe brann i et simulert møbel plassert i tre posisjoner i testrommet, og spesifikke akseptkriterier skal tilfredsstilles. I tillegg til maksimale temperaturer målt i gitte posisjoner, skal det også gjennomføres tester med tvungen ventilasjon gjennom åpne dører i rommet. Dette kan være utfordrende for slokkesystemer i forhold til små dråper som følger luftstrømmen.

2.4.2 Ikke-standardiserte tester

Det blir fra tid til annen lagt fram dokumenter som beskriver ikke-standardiserte tester av gass-slokkesystemer med IG 541. Disse blir lagt fram som dokumentasjon på at slokkesystemet oppfyller krav i forskrift og veiledning. I denne rapporten er ikke slike dokumenter vurdert, idet de ikke er i henhold til noen formelle og reelle krav som stilles til slike tester.

De formelle kravene knyttes i hovedsak til det som angår akkreditering av de som utfører standardiserte tester, som for eksempel *NS-EN ISO/IEC 17025:2017, Generelle krav til prøvnings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse (ISO/IEC 17025:2017)* [22]. Dette er en akkrediteringsstandard for alle typer prøvnings- og kalibreringslaboratorier. Standarden brukes for å akkreditere alt fra medisinske laboratorier til feltkalibrering av måleutstyr. Standarden brukes også for akkreditering av prøvetaking og fortolkning av analysesvar. Institusjoner som har akkreditering etter denne standarden må forholde seg til en rekke krav, som omfatter både standardiserte metoder, ikke-standardiserte metoder og metoder som er utviklet av laboratorier. Hvis laboratoriet ønsker anerkjennelse som uhildet tredjeparts laboratorium, må det være i stand til å bevise at

det er upartisk, og at laboratoriet og dets personell ikke er utsatt for noen utilbørlige økonomiske eller andre påvirkninger som kan innvirke på deres tekniske bedømmelse

De reelle kravene til ikke-standardiserte tester består av kvalitetssikring av planlegging, gjennomføring, målinger, kalibrering av måleutstyr, og forhold om uavhengighet. Dette er nærmere beskrevet i kapitlet om representativitet, repeterbarhet og reproduserbarhet.

Universiteter og høyskoler praktiserer i stor grad krav om fagfellevurdering av publikasjoner som skal telle ved vurdering av kvalitet. Dette er et system hvor kvaliteten til publikasjonene blir vurdert av personer som praktiserer innen samme fagfelt og innehar stor faglig anerkjennelse. Dette benyttes blant annet ved vurdering ved ansettelse og stillingsopplykk. Forskning ved slike institusjoner foregår også ved studentarbeider under veiledning av fagpersoner. Imidlertid vil studentoppgaver ikke være representative for kvalitet, fordi dette utføres av relativt uerfarne personer og skal vurderes for karaktersetting. Publisering i anerkjente tidsskrift eller ved anerkjente symposier, seminar eller konferanser hvor det gjennomføres fagfellevurdering kan gi studentarbeider status som dokumentasjon, men ikke nødvendigvis.

I noen tilfeller vil de som har kommersielle interesser av et produkt arrangere demonstrasjoner og gjennomføre tester av produktet. Noen ganger blir autoriteter og fagpersoner invitert til å overvære slike tester. Det er ikke noen grunn til at slike tester ikke oppfyller krav til representativitet, repeterbarhet og reproduserbarhet, men dette vil komme i konflikt med uavhengigheten til de som gjennomfører testene. Derfor har slike tester ikke status som dokumentasjon på samme måte som de som er gjennomført av akkrediterte laboratorier.

3 Dokumentasjon

I innledningen til kapittel 11 i TEK17 [4] står følgende om automatiske slokkeanlegg:

Det er mulig å benytte andre typer automatiske slokkeanlegg enn sprinkleranlegg. Det forutsetter at det foreligger dokumentasjon i byggesaken som viser at det alternative anlegget vil gi minst likeverdig beskyttelse og pålitelighet som et automatisk sprinkleranlegg utført i samsvar med standardene angitt ovenfor. Samtidig må det dokumenteres at det slokkemiddelet som brukes, ikke kan medføre fare for liv og helse.

I kapittel 2 i TEK17 står det ikke noe konkret om hvordan det skal dokumenteres at det alternative anlegget vil gi likeverdig beskyttelse, noe som gjør at det åpner for varierende praksis mellom ulike kommuner og brannrådgivere.

3.1 Anvendelse av slokkegass i andre land

For bruk av inertiserende gasser er det gjennomført en forespørsel internasjonalt i 2018 som samlet informasjon om hvilke regler og hva slags praksis ulike land har når det gjelder oksygenreduert atmosfære. Dette ble gjort gjennom Inter-jurisdictional Regulatory Collaboration Committee (IRCC). Dette er en komité med medlemmer fra en rekke land, som har som oppgave å fremme felles forståelse av og et rammeverk for bygningslover og reguleringer. Svarene på spørreundersøkelse viste at i alle de spurte land ble alle inertgasser behandlet likt i forhold til krav til personsikkerhet, og for de landene som svarte var akseptkriteriet for konsentrasjon av oksygen i bemannede rom varierende. Utgangspunktet for dette er at inerte gasser regnes som ikke-toksiske, og derved er det bare dersom de fortrenger oksygen at de utgjør noen risiko ved innånding. I noen av landene ble grensene for akseptert gasskonsentrasjon oppgitt ut fra det som er akseptabelt for opphold under daglig eksponering under arbeid, mens andre land svarte at det som var oppgitt i standard for gass-slokkeanlegg var gjeldende. Svarene fra de ulike land gir også inntrykk av at begrepene «oksygenreduert atmosfære» og «gass-slokkeanlegg» ikke var avklart,

I svar fra Sverige og Norge ble det opplyst om at IG-541 ble benyttet i enkelte prosjekter i bygninger til boligformål.

3.2 Dokumentasjon av vanntåkeanlegg

Slokkegassen Halon ble forbudt på 1990-tallet, etter at det ble oppdaget at denne brøt ned ozonlaget i atmosfæren. For vanntåkeanlegg, som ble lansert som likeverdig med halon, ble det utviklet en rekke nye standarder for ulike bruksområder, spesielt for bruk på skip og i industrien. International Maritime Organization (IMO) var tidlig ute med standarder, både for normalt bemannede og ikke-bemannede rom. Dette ble internasjonalt gjeldende fra midt på 1990-tallet og videre utover. Testene for skip inneholder reelle brannscenarier, med branntilløp i madrasser, med brennbar kledning, og i tekniske rom. Systemene som testes er dimensjonert etter produsentenes spesifikasjoner. I disse inngår realistiske brannforsøk som skal dokumentere at

sikkerheten for å oppnå tilsvarende sikkerhet og pålitelighet som eksisterende systemer blir ivaretatt. Begrepet «ekvivalente systemer» blir benyttet, blant annet for å sammenlikne med sprinkleranlegg.

For maritime slokkesystemer ble det utviklet en fullskala testmetode spesielt for vanntåkesystemer for lugarer og korridorer, samt for publikumsområder med møbler og lager av brennbar emballasje med plastkopper (IMO Res. MSC.265(84)) [5]. Det er også en test som skal representere en brannstiftelse ved sabotasje (arsonist test). Her benyttes brennbar væske som spres over madrasser, og i tillegg er vanntåkedysene inne i lugaren deaktivert, slik at det er dysene i korridoren som skal begrense brannutviklingen. Disse testene framkom som en følge av katastrofebrannen på passasjerskipet «Scandinavian Star» i 1990, hvor 159 personer omkom.

For testene i publikumsområder, som også omfatter tax-free butikker og lager, er det påkrevet at en gjennomfører en referansetest med sprinkleranlegg utført etter gjeldende standard. Skadeomfanget med det alternative systemet må ikke være større enn for sprinkleranlegget.

Det ble også utviklet tester for maskinrom og andre tekniske rom (IMO MSC/Circ.1165) [6] som erstatning for Halon slokkeanlegg. Her er brannscenariene potensielt store branner i dieselolje eller heptan, som strømmer ut over en simulert skipsmotor. Rommene som det testes i er i utgangspunktet av samme størrelse som en får godkjenning for, og rommet har en åpning til omgivelsene på 4 m² i én vegg.

Disse standardene har også blitt tatt i bruk på land. Siden slutten av 1990-tallet ble det lansert en rekke standarder for vanntåke til bruk i bygninger. Både internasjonale og nasjonale standarder er utviklet og lansert. For tiden lanseres en europeisk standard for vanntåkesystemer (CEN/TS 14972:2011 [7]), med en rekke anvendelser både i bygninger med permanent opphold, og for industri og lager med mer sporadisk bemanning. Flere av vanntåkestandardene er basert på dokumentasjon av likeverdighet med sprinkleranlegg.

3.1 RRR - Realisme, Reproduserbarhet og Repeterbarhet

I branntester av materialer, konstruksjoner og brannbekjempelsesanlegg er det tre faktorer som må være oppfylt for at disse skal aksepteres som representative for en reell brannrisiko.

- Realisme: hvorvidt branntesten representerer en fullskala brann en vil beskytte mot.
- Reproduserbarhet: uttrykker i hvilken grad gjentatte målinger på samme materiale og med samme målemetode stemmer overens, når de utføres under varierende betingelser. De varierende betingelsene kan dreie seg om at målingene utføres i ulike laboratorier, det er ulike personer som utfører målingene med forskjellig utstyr og ved forskjellig tidspunkt.
- Repeterbarhet: uttrykker i hvilken grad gjentatte målinger på samme materiale og med samme metode stemmer over ens, når de utføres under mest mulig samme

betingelser. Målingene utføres i samme laboratorium, med samme utstyr og av samme person.

Realisme krever ofte at branntester utføres i relativt stor skala. Dette gjelder både størrelsen på rommet og størrelsen på brannene. Dette skyldes at en må reprodusere varmeoverføring både ved konduksjon (varmeledning), konveksjon (varmeoverføring ved strømming av gasser og væsker) og varmestråling. De to første fenomenene kan skaleres relativt enkelt, siden det er et lineært forhold mellom temperatur og de forhold som påvirker konduksjon og konveksjon. Det som imidlertid ikke kan skaleres lineært er stråling. Forholdet mellom temperatur og stråling er at varmeoverføringen er proporsjonal med temperaturen i fjerde potens.

Dette gjør at branntesting ofte representerer branner som har egenskaper som gir et sammenlikningsgrunnlag for ulike løsninger, men ikke nødvendigvis representerer en fullskala brann.

Demonstrasjonstester hvor en ikke oppfyller de tre R-ene kan gi indikasjoner på virkemåten til et brannbekjempelsessystem, men de gir ingen sikkerhet for at slike demonstrasjoner representerer en virkelig brann.

3.2 Uavhengighet

I tillegg til at dokumentasjon av egenskaper til et brannbekjempelsesanlegg bør oppfylle kravene i forrige avsnitt, må det stilles krav til at dokumentasjon utføres av uavhengige aktører. Oppfyllelse av kravene er gitt av at den som utfører dokumentasjonen er akkreditert i henhold til ISO/IEC 17025 [22], men det er også viktig at de som skal planlegge og vurdere dokumentasjon av virkemåten til systemer er uhildet når det gjelder eierskap og egeninteresse.

4 Diskusjon

4.1 Hva kreves av dokumentasjon for at IG541 kan benyttes i bygninger i risikoklasse 4 og 6?

For at IG-541 kan brukes i bygninger i risikoklasse 4 og 6 i henhold til TEK17, er det påkrevet at slokkesystemet har gjennomgått tester og at det er utstedt dokumentasjon som viser at systemet oppfyller samme funksjon som preaksepterte sprinkleranlegg. Siden de anerkjente standardene for gass-slokkesystemer ikke er preaksepterte i veiledningen til TEK17 for de risikoklassene som er nevnt, må det dokumenteres at slokkesystemet alternativt er likeverdig med et preakseptert system. Det er hele slokkesystemet, fra deteksjon, via påføring av IG-541, romfylling, eventuelle tap av slokkegass via åpninger og ventilasjonsanlegg, trykkoppbygging og trykkavlastning, evakuering av personer og i siste ledd slokking eller begrensnig av brannutvikling, som må dokumenteres. Det er ikke nok å teste minimumskonsentrasjon av slokkegassen etter enkelte deler av anerkjente standarder for gass-slokkesystemer.

4.2 Dokumentasjon av ulike slokkeeffekter for ulike konsentrasjoner

Når IG-541 er testet i henhold til prNS-EN 15004-1, bestemmes minimumskonsentrasjonene for ulike brannklasser for sløkkemiddel ved småskala tester (cup burner test), og tester i et tett rom. Testbrannene som skal vise at fordelingen av slokkegassen er tilstrekkelig til slokking i ulike nivå i rommet er små pilotbranner. Testbrannene er relativt små branner i henholdsvis en standard tre-krybbe, et kar med heptan og en testbrann med ulike plastfolier. Disse testbrannene har utgangspunkt i det som standarden primært er utviklet for, nemlig tekniske rom og lager for brennbare væsker og gasser. Akseptkriteriene for oppfylling av testenes formål er for gass- og væskebrannene slokking uten gjenantennning i en gitt tidsperiode, og for trekrybbebrannene og plastbrannene at flammebrann opphører og at glør ikke reantenner innen en gitt tidsperiode. Storskala branntester kan gi andre utfordringer med hensyn til blant annet slokkegrenser enn tester i liten skala.

For brannscenarier i realistiske geometrier og størrelser, og der formålet med slokkesystemet er beskyttelse av liv og helse, er det andre kriterier som kommer i tillegg til slokking av flammer. Krav om temperatur i rommet, eventuelt i hodehøyde for folk som oppholder seg der, kan komme i tillegg. Likeså kan det i enkelte tilfeller stilles krav til konsentrasjon av giftige gasser og partikler, selv om dette ikke er særlig utbredt.

Slokking av brann med inertgass kan være avhengig av temperaturen som er i brannrommet når slokkegassen påføres. Branntester utført av RISE Fire Research har vist at flammebrann kan fortsette ved meget lave oksygenkonsentrasjoner når temperaturen kommer over normal romtemperatur [20]. Dette er forhold som ikke er gjenspeilet i standarder for bestemmelse av slokkegasskonsentrasjoner, og som heller ikke har så stor relevans ved bruk av vannbaserte systemer, hvor temperaturene i brannrommet blir vesentlig redusert ved kjøleeffekten til vannet.

Slokkeeffekter for IG-541-systemer er dokumentert i henhold til gjeldende standarder for ulike brenselstyper i oppsett som for andre slokkegasser [11]. Testoppsettet representerer typiske tette rom hvor trykkoppbygging ved utløsning av slokkegassen blir avlastet ved ventilasjonsluker. Temperaturoppbygging i testrommet er moderat, og effekten av forhøyet temperatur i rommet ved grenseverdiene for slokkekonsentrasjon er derved ikke undersøkt. Dokumentasjon av slokkeeffekter ved ulike konsentrasjoner av IG-541 blir derfor utført på samme måte som for andre inertgasser.

4.3 Pålitelighet

Pålitelighet er uttrykk for i hvor stor grad et helt system, her et gass-slokkesystem, forventes å levere gass til det objektet det skal beskytte, Dette er ikke det samme som om systemet har evne til å oppfylle krav om brannbekjempelse i reelle brannsituasjoner, men går ut på om systemet fungerer under ulike omstendigheter.

Påliteligheten til slokkesystemer kan enten dokumenteres som erfaringsdata (statistikk) basert på branner og branntilløp, eller ved risikoanalytiske metoder. Ved å benytte erfaringsdata fra inertgass-systemer, fra skipsfart, industri og lagervirksomhet, burde det være mulig å finne antatt pålitelighet også for IG-541. Siden IG-541 ikke har blitt benyttet i beboelsesrom i særlig grad, finnes det knapt noen statistikk som er pålitelig for virkemåten i slike bygg.

Brukes risikoanalytiske metoder for å beregne påliteligheten, kan en sette sammen hele systemer som består av komponenter med kjent eller antatt pålitelighet. Sannsynligheten for feil kan deretter beregnes. Slike metoder er utbredt og anerkjent. Dersom en ikke har statistiske verdier for feilfrekvenser, eller har manglende kunnskap om hele systemet satt inn i en risikosituasjon, vil nøyaktigheten av slik feilanalyser reduseres. Noe som typisk vil stilles som krav til risikoanalyse av IG-541-systemer benyttet i beboelsesrom, vil være analyse av ulike brannscenarier, ulik grad av erfaring ved evakuering og redningsoperasjoner enn i den typiske anvendelsen, og muligheter for andre feilmodi når det gjelder åpne dører og vinduer. Det stilles høye krav til de som utfører slike analyser, og ofte er det tredjepartskontroller som garanterer nøyaktighetsnivået.

Påliteligheten til IG 541-systemer må i mangel av statistikk i hovedsak baseres på erfaring fra den anvendelsen som har vært for inertgasser generelt. Statistikk for slike systemer i beboelsesrom vil derfor måtte baseres på data fra typisk anvendelser for inertgasser (tekniske rom, lager o.l.). Det mangler statistikk for byggverk i risikoklasse 4 og 6.

4.4 Egnetheten til bruk av NS-EN 15004-1 for bygg beregnet for overnatting

Gjennomgang av NS-EN 15004-1 gir et klart bilde av at denne standarden ikke er beregnet for bygg beregnet for overnatting. Grunlaget for dette ligger blant annet i de krav til evakuering som er oppgitt, og er underbygget av den terminologien som er benyttet. I Annex G (informativt) som beskriver retningslinjer for sikker eksponering av personell, står det beskrevet at ved bruk av slokkegasskonsentrasjoner under 43 % (tilsvarende oksygenkonsentrasjon på 12 %), så skal det tilrettelegges for en evakuering av området på ikke mer enn 5 minutter.

Hvis slokkegasskonsentrasjonen økes til mellom 43 % og 52 % (tilsvarende oksygenkonsentrasjon på mellom 12 % og 10 %), så reduseres denne tiden til 3 minutter.

Disse kravene sammenfaller ikke med forholdene som en normalt ville forbinde med bygg beregnet for overnatting.

«Bemannet område» er et nøkkelbegrep i denne sammenhengen. Vi kan ikke se at dette omfatter «bygg beregnet for overnatting» slik en benytter i boliger, institusjoner for pleie, hoteller og liknende bygninger. Begrepet «bemannet» brukes heller ikke i forbindelse med boligbygninger.

Standarden er klart innrettet på dokumentasjon av inertgasser som medfører fare ved eksponering av mennesker på grunn av lavt oksygeninnhold i pusteatmosfæren. IG-541 er ikke spesifikt unntatt kravene til begrenset eksponering.

Det er gjennomført en prosess innenfor standardiseringsorganisasjonene som har ansvar for gassbaserte sløkkesystemer for å belyse problemstillingen. Dette arbeidet er behandlet i den norske speilkomiteen for CEN/TC191, SN KO14, rundt 2015 [23].

Komiteen konkluderte med at det manglet klare retningslinjer for bruk av IG-541 i beboelsesrom, og konstaterte at det var behov for å starte en egen aktivitet for å få disse forholdene behandlet i en norsk standard.

I april 2017 var resultatet etter flere møter at en ikke fant ressurser til å utarbeide en fyllestgjørende standard eller tillegg til en standard, men at dersom enkeltaktører frivillig ville ta på seg arbeidet, kunne en vurdere et eventuelt forslag. Siden den tid har ingen enkeltaktører gitt uttrykk for å ville ta på seg en slik oppgave, så dette arbeidet ligger stille.

4.5 Egnetheten av andre internasjonale standarder til bruk i bygg beregnet for overnatting

Vi har i litteraturstudien gått gjennom standarder fra andre kilder enn CEN, blant annet *NFPA 2001-Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems* (USA), og *VdS 2380en – Fire Extinguishing Systems Using Non-liquefied Inert Gases* (Tyskland). Disse standardene avviker ikke i vesentlig grad fra NS-EN 15004-1 og 15004-10 når det gjelder sikkerhetskrav og krav til rask evakuering.

I tillegg har standarden for Inert luft *NS-EN 16750 Faste brannsløkkesystemer - Inert luft-systemer* blitt gjennomgått. Denne standarden gjelder for permanent lav oksygenkonsentrasjon for å hindre branntilløp. I slike lokaler kan folk oppholde seg og arbeide, og det er yrkeshygiene regler og forskrifter som gjelder.

prNS-EN 15004-1 indikerer at standarden er beregnet for slokkegasser som kan ha et farepotensial etter utløsning. Derfor stilles det krav til alle involverte i prosessen, fra spesifisering og design til operasjon og vedlikehold av systemet.

Selv om det er omtalt branner i brennbare væsker, elektrisk utstyr og normal brannklasse A, gjenspeiler standarden at det er spesielle områder i en bygning som normalt beskyttes med gassbaserte slokkesystemer. Dette er oftest tekniske rom og lager for brennbare væsker.

Dersom en skal kunne benytte IG-541 i bemannede områder og utnytte muligheten som ligger i CO₂-innholdet i gassblandingen sin evne til å fremme pustekaraktistikk som medfører økt overlevelse i en oksygenfattig atmosfære, står det i prNS EN 15004-1 at en må være forsiktig, og ikke benytte designkonsentrasjon høyere enn det som er oppgitt i produsentens listeførte design-manual.

Resultatene av denne dokumentasjonen er da det som produsenten må presentere. Begrepet *the system manufacturer's listed design manual* er i den norske oversettelsen beskrevet som brukerhåndbok. Hvordan en oppnår å få denne listeført, og hvem som kan utføre dette, er ikke beskrevet i prNS EN 15004-1: 2016.

4.6 Deteksjon

Deteksjon av brann er en vesentlig faktor for virkemåten til et brannbekjempelsessystem. Preakseptert anlegg for beboelseshus er sprinkleranlegg, som i all hovedsak er basert på termisk aktivering. En glassbulb fylt med væske sprekker ved en gitt temperatur, og dette åpner for vannstrømmen i anlegget. De mest benyttede sprinkleranleggene har en slik glassbulb i hver sprinklerdyse, og de dysene som utløses forutsettes å bekjempe brannen innen en viss radius fra dysen. Dersom brannen er lokalisert mellom flere dyser, kan flere enn én dyse åpne etter brannstart, og flere dyser kan også aktiveres dersom brannen øker etter at første dyse utløses.

I gassbaserte slokkeanlegg er ikke deteksjonsmetoden en del av standarden, men det refereres til andre standarder slik som EN 54 [24] eller EN 12094 [25].

Deteksjonsmetoden for brann kan ha avgjørende betydning for effekten av det aktive systemet. Derfor må en teste hele systemet, inkludert detektor, for å kunne evaluere et slokkesystem.

Dette i seg selv kan gi en fordel for et gassbasert slokkesystem med elektroniske detektorer. Disse vil i noen tilfeller kunne detektere brann og brantilløp, inklusive ulmebrann, tidlig og utløse anlegget tidlig før brannen har rukket å utvikle seg.

4.7 Aktivering inkludert utsatt aktivering

Aktivering av systemet er også noe av det som karakteriserer gass-slokkeanlegg. Dette skjer ved elektrisk aktiverte ventiler, styrt av et signal, enten direkte fra detektoren eller via en alarmsentral. Siden standarder for gasslokkeanlegg i hovedsak gjelder beskyttelse av ubemannede rom, er det lagt vekt på at en skal utsette aktiveringen inntil evakuering av personell har funnet sted. Dersom IG-541 hadde mindre farepotensiale ved eksponering, og en kunne ta hensyn til det, kunne det tenkes at tiden for utsatt aktivering kunne reduseres i slike systemer. Dette er ikke dekket i eksisterende standarder for gass-slokkeanlegg.

4.8 Variasjon i konsentrasjon – over- og underfylling av rom

Design og utførelse av gass-slokkeanlegg skal i utgangspunktet medvirke til å oppnå designkonsentrasjon av slokkegassen i alle rom som er dekket av anlegget. Dette vil måtte styres automatisk, siden aktivering av slokkeanlegget er basert på deteksjon i enkeltrom. Hvor mye gass som skal fylles i hvert rom kan beregnes. Imidlertid er det av vesentlig betydning for sikkerheten at enkelte rom ikke over- eller underfylles. Overfylling kan føre til at det er påkrevet med raskere evakuering enn tenkt, mens underfylling kan redusere virkningen av slokkegassen.

4.9 Holdetid (åpninger, ventilasjon, brannindusert ventilasjon)

I testene som er brukt til å finne minimum slokkegasskonsentrasjon, er rommet som benyttes trykkavlastet før antennelse av testbrannene, og i en periode inntil utløsning av slokkeanlegget. Trykkavlastningsmekanismer er påkrevet for å hindre for store overtrykk i rommet ved rask utløsning av gass-slokkeanlegget. Dersom IG-541 hadde mindre farepotensiale ved eksponering av personer enn øvrige slokkegasser, og en kunne ta hensyn til det, kunne en la ifyllingen av gassen ta lengere tid. Dermed vil overtrykket i rom som har begrensede utettheter og lekkasjeåpninger bli mindre.

Uansett hvilken gass en benytter, må eventuelt trykk indusert av rask brannutvikling (for eksempel ved påsatt brann med brennbare væsker eller gasser) vurderes sikkerhetsmessig i bemannede områder.

4.10 Branntesting – likeverd med preaksepterte system (sprinkler, boligsprinkler)

En kan ta utgangspunkt i at et gassbasert sløkkeanlegg med IG-541 skal kunne være likeverdig med den preaksepterte løsningen, med hensyn til slökkeeffekt, for beskyttelse av boenhet så fremt den består tester med samme forutsetninger som den preaksepterte løsningen.

Ved å gjennomføre tester som er utviklet for å demonstrere at et system er ekvivalent med sprinkleranlegg, så kan det være med på å dokumentere at en oppfyller kravene i byggeforskriften.

5 Konklusjon og anbefalinger

Slokkeeffekter for IG-541-systemer er dokumentert for ulike brenselstyper i oppsett tilsvarende som for andre slokkegasser i henhold til prNS-EN15004-1. Testoppsettet representerer typiske tette rom hvor trykkoppbygging ved utløsning av slokkegassen blir avlastet ved ventilasjonsluker. Temperaturoppbygging i testrommet er moderat og effekten av forhøyet temperatur i rommet på grenseverdiene for slokkekonsentrasjon er derved ikke undersøkt. Dokumentasjon av slokkeeffekter ved ulike konsentrasjoner av IG-541 er derfor utført på samme måte som for andre inertgasser.

Påliteligheten av IG 541-systemer må i hovedsak baseres på erfaring fra anvendelsesområder for inertgasser generelt. Statistikk for slike systemer i beboelsesrom vil derfor måtte baseres på data fra typiske anvendelser for inertgasser (tekniske rom, lager o.l.).

Gjennomgang av NS-EN 15004-1 gir et klart bilde av at denne standarden ikke er beregnet for bygg beregnet for overnatting, ettersom det er krav til evakuering innen maksimum 5 minutter etter utløst slokkegass-system. Begrepet som er benyttet («personell») gir også en klar indikasjon på dette.

De gjeldende standarder som er gjennomgått i denne rapporten gir ikke grunnlag for å benytte IG-541 i beboelsesrom, uten at evakueringskrav som generelt gjelder for gass-slokkesystemer er oppfylt. For designkonsentrasjon for IG-541 vil dette si at rom skal kunne evakueres innen maksimum 5 minutter etter utløst system. IG-541 behandles ikke annerledes enn andre inertgasser.

Vi anbefaler å undersøke om det er mulig å forlenge oppholdstiden for mennesker eksponert for IG-541 basert på medisinske forhold.

Det må også dokumenteres at kravene til tette rom og bygninger er oppfylt, samtidig med at krav om trykkavlastning ved utløsning av gass-slokkeanlegg kan oppfylles i de anvendelsesområder som omfatter permanent opphold. Dersom oppholdstiden i slokkegassen kan økes, kan det eventuelt føre til økt påføringstid for IG-541. Dermed kan trykkoppbyggingen skje langsommere enn påkrevet i standarder, og risiko for at personer blir utsatt for høye overtrykk reduseres.

Dersom det er mulig å dokumentere at lengre opphold i designkonsentrasjon av IG-541 ikke medfører økt helserisiko, må det også dokumenteres at slokkevirkningen av IG-541 er ekvivalent med preakseptert løsning i TEK17, dvs. sprinkleranlegg utført etter NS-EN 12845 eller NS-INSTA 900. Dette kan gjøres ved å utvikle en egen teststandard, eller ved å endre den allerede eksisterende NS-EN 15004-10.

6 Referanser

- [1] ‘NS-EN 12845:2015 Faste brannsløkkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold’. Standard Norge, Sep. 2015.
- [2] ‘NS-INSTA 900-1 Boligsprinkler - Del 1: Dimensjonering, installering og vedlikehold’.
- [3] Direktoratet for byggkvalitet, *Veiledning om tekniske krav til byggverk (VTEK)*. 2017.
- [4] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Forskrift 19. juni 2017 nr. 840 om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK17)*. 2017.
- [5] ‘IMO Res. MSC.265(84) Annex 14 Amendments to the revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS regulation II-2/12 (Resolution A.800(19))’. International Maritime Organization, 2008.
- [6] ‘IMO MSC/Circ. 1165 Revised guidelines for the approval of equivalent water-based fire-extinguishing systems for machinery spaces and cargo pump-rooms’. International Maritime Organization, 2005.
- [7] ‘CEN/TS 14972:2011. Fixed firefighting systems - Watermist systems - Design and installation’. 2011.
- [8] ‘NS-EN 15004-1:2008 Faste brannsløkkesystemer - Gass-sløkkesystemer - Del 1: Planlegging, installasjon og vedlikehold’. Standard Norge, 01 Oct. 2008.
- [9] ‘Kollegiet for brannfaglig terminologi’, 22 Oct. 2018. [Online]. Available: <http://www.kbt.no>.
- [10] ‘ISO 14520-1:2015 Gaseous fire-extinguishing systems — Physical properties and system design — Part 1: General requirements’. Standard Norge, 08 Dec. 2015.
- [11] ‘prNS-EN 15004-1:2016 Faste brannsløkkesystemer - Gass-sløkkesystemer - Del 1: Planlegging, installasjon og vedlikehold’. Standard Norge, 18 Aug. 2008.
- [12] ‘NS-EN 15004-10:2017 Faste brannsløkkesystemer - Gass-sløkkesystemer - Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-sløkkesystemer for IG-541-sløkkemiddel’. Standard Norge, 01 Mar. 2018.
- [13] ‘NFPA 2001 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems’. NFPA, 2012.
- [14] ‘VdS 2380en Fire Extinguishing Systems Using Non-liquefied Inert Gases-Planning and Installation’. VdS Schadenverhütung, Jun. 2016.
- [15] ‘ISO 14520-15:2015 Gaseous fire-extinguishing systems — Physical properties and system design — Part 15: IG-541 extinguishant’. Standard Norge, 13 Feb. 2015.
- [16] ‘NS-EN 12259-1:1999/A3 - Endringsblad A3 - Faste brannsløkkesystemer - Deler til sprinkler og vannspraysystemer - Del 1: Sprinkler’. Standard Norge, 2006.
- [17] ‘NS-INSTA 900-2 Boligsprinkler - Del 2: Krav og prøvingsmetoder for sprinkler med tilhørende rosetter’. 2010.
- [18] ‘NS-INSTA 900-3 Boligsprinkler - Del 3: Krav og prøvingsmetoder for vanntåkedyser’. 2014.
- [19] ‘NS-EN 16750:2008 Faste brannsløkkesystemer - Inert luft-systemer - Dimensjonering, installasjon, planlegging og vedlikehold’. Standard Norge, 01 Dec. 2017.
- [20] ‘FIREPASS – Fire Detection and Suppression Simulation’. 1996.
- [21] G. A. Chamberlain, M. A. Persaud, R. Wighus, and G. Drangsholt, ‘NBL A08102 Blast and Fire Engineering for Topsides Structures. Test Programme F3, Confined Jet and Pool Fires. Final report.’, SINTEF Report NBL A08102, 2008.
- [22] ‘NS-EN ISO/IEC 17025:2017, Generelle krav til prøvnings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse (ISO/IEC 17025:2017)’. 11 Jun. 2018.

- [23] 'Referat fra 4 møte 2017 med Go to meeting i grupppen Faste gasslokkeanlegg CEN/TC 191 (SN/K 014)'. Standard Norge, 23 Apr. 2017.
- [24] 'EN 54-1:2011 Fire detection and fire alarm systems -Part 1: Introduction'. Norsk Standard, 2011.
- [25] 'EN 12094-1:2003 Fixed firefighting systems Components for gas extinguishing systems Part 1: Requirements and test methods for electrical automatic control and delay devices'. Norsk Standard, 2003.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

Gjennom internasjonalt samarbeid med akademi, næringsliv og offentlig sektor bidrar vi til et konkurransekraftig næringsliv og bærekraftig samfunn. RISEs 2 200 medarbeidere driver og støtter alle typer innovasjonsprosesser. Vi tilbyr et hundretalls test- og demonstrasjonsmiljø for framtidssikre produkter, teknikker og tjenester. RISE Research Institutes of Sweden eies av den svenske staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Postboks 4767 Sluppen, 7465 TRONDHEIM
Telefon: 464 18 000
E-post: post@risefr.no, Internett: www.risefr.no

RISE Fire Research
RISE-rapport 2019:07
ISBN:978-91-88907-28-8