



**Norges brann tekniske
laboratorium as**

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: Tiller Bru, Tiller

Telefon: 73 59 10 78
Telefaks: 73 59 10 44
E-post: nbl@nbl.sintef.no
Internet: nbl.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 982 930 057 MVA

SINTEF RAPPORT

TITTEL

Effekt av boligsprinkler i omsorgsboliger (Revidert utgave)

FORFATTER(E)

Bodil Aamnes Mostue og Jan P. Stensaas

OPPDRAGSGIVER(E)

Arbeids- og administrasjonsdepartementet (AAD)

RAPPORTNR. NBL A02117	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Sølve Monica Steffensen	
GRADER. DENNE SIDE	ISBN	PROSJEKTNR. 107156	ANTALL SIDER OG BILAG 82
ELEKTRONISK ARKIVKODE \\nblnt1\IBM_2280\PRO\107156\Rapport\rapportversjon 2.doc		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Bodil Aamnes Mostue	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Kristen Opstad
ARKIVKODE	DATO 2002-11-08	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Kjell Schmidt Pedersen	

SAMMENDRAG

Rapporten inneholder resultater av et prosjekt som har som målsetting å få mer fakta og kunnskap som kan brukes til å avgjøre om det er kostnadseffektivt å bruke boligsprinkler i større grad enn i dag, for å redde liv i omsorgsboliger.

Erfaringer med boligsprinkler fra inntrufne branner og fra eksperimentelle forsøk er undersøkt. Beregninger og vurderinger er utført for å bestemme effekten av å installere boligsprinkler i omsorgsboliger. Boligsprinkler er et tiltak som hindrer brannspredning ut fra startbrannrommet. Muligheten for å overleve i startbrannrommet for personer som trenger hjelp for å evakuere, er større med boligsprinkler enn uten. Det kan imidlertid oppstå kritiske tilstander i startbrannrommet.

Boligsprinkler vil ikke være effektivt ved glødebrann eller ulmebrann.

Det er utført nytte/kost-analyser som viser at det er kostnadseffektivt å installere boligsprinkler i omsorgsboliger.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Brann	Fire
GRUPPE 2	Sikkerhet	Safety
EGENVALGTE	Boligsprinkler	Residential sprinklers
	Omsorgsbolig	Homes for persons who need care

INNHALDSFORTEGNELSE

FORORD	4
KONKLUSJON – EFFEKT OG KOSTNAD AV Å BOLIGSPRINKLE OMSORGSBOLIGER	5
1 BAKGRUNN	8
2 MÅLSETTING	8
3 DEFINISJONER	8
4 LESERVEILEDNING	9
5 BOLIGSPRINKLER	10
5.1 HISTORIKK.....	10
5.2 BOLIGSPRINKLER OG TRADISJONELT SPRINKLERANLEGG – NOEN FORSKJELLER	10
6 HVA ER EN OMSORGSBOLIG OG HVILKEN SIKKERHET SKAL DEN HA?	12
7 RISIKO FOR Å DØ SOM FØLGE AV BRANN	13
7.1 STØRRE DØDSBRANNHYPPIGHET HOS ELDRE	13
7.2 HVORFOR ER DØDSBRANNRISIKOEN STØRRE HOS ELDRE?	15
8 EFFEKT AV BOLIGSPRINKLER	16
8.1 ERFARINGER FRA INNTRUFNE BRANNER I ANDRE LAND	16
8.2 ERFARINGER FRA VANCOUVER- CANADA	16
8.3 NYTTE/KOST - ERFARINGER FRA ANDRE LAND	18
8.4 OPPSUMMERING AV ERFARINGER FRA INNTRUFNE BRANNER OG ANALYSER	20
8.5 ERFARINGER FRA FORSØK	20
9 EFFEKT AV BOLIGSPRINKLER I OMSORGSBOLIGER - BEREGNINGER	22
9.1 HVA ER BEREGNET OG ANALYSERT?.....	22
9.2 BEREGNINGSMODELLENE	23
9.3 KRITERIER FOR KRITISK TILSTAND	23
9.4 EKSEMPEL 1 – OMSORGSBOLIGER MED FELLE OPPHOLDSROM OG KORRIDOR.....	24
9.4.1 <i>Analyseobjekt</i>	24
9.4.2 <i>Brannscenarier</i>	25
9.4.3 <i>Oppsummering av beregningsresultater – Eksempel 1</i>	25
9.4.4 <i>Resultater – Brann i soverom</i>	27
9.4.5 <i>Resultater - Brann i stue</i>	27
9.4.6 <i>Resultater – Brann i felleskjøkken</i>	28
9.5 EKSEMPEL 2 – OMSORGSBOLIGER MED SVALGANG OG UTENDØRS BOLIGSPRINKLER.....	29
9.5.1 <i>Problemstillinger</i>	29
9.5.2 <i>Svalgang og boligsprinkler - Spørsmål og svar</i>	31
9.6 EKSEMPEL 3 – OMSORGSBOLIG I EKSISTERENDE FLERMANNSBOLIG	31
9.6.1 <i>Problemstillinger</i>	31
9.6.2 <i>Omsorgsleilighet i vanlig flermannsbolig - Spørsmål og svar</i>	31
9.7 ANDRE TILTAK I OMSORGSLEILIGHETER ENN BOLIGSPRINKLER.....	32
9.7.1 <i>Vakt</i>	32
9.7.2 <i>Dører</i>	34
9.7.3 <i>Vindu mellom leiligheter og korridor</i>	35
9.7.4 <i>Brannalarmanlegg</i>	35
9.7.5 <i>Tiltak for å hindre brann</i>	35
10 NYTTE/KOST-EFFEKT AV Å SPRINKLE OMSORGSBOLIGER	36
10.1 HVORDAN MÅLE NYTTE/KOST?.....	36
10.2 NYTTE/KOSTNAD AV Å INSTALLERE BOLIGSPRINKLER I OMSORGSBOLIGER	36
11 VEDLEGG A – NYTTE/KOSTNAD AV Å SPRINKLE	41

11.1	INNLEDNING	41
11.2	NYTTE/KOST-ANALYSER FRA ANDRE LAND	41
11.3	BEREGNINGER AV NYTTE/KOSTNAD AV INSTALLERE BOLIGSPRINKLING I OMSORGSBOLIGER	44
11.3.1	<i>Antakelser</i>	44
11.3.2	<i>Kostnader</i>	45
11.3.3	<i>Materielle tap ved branner i boliger uten boligsprinkler</i>	45
11.3.4	<i>Materielle tap ved branner i boliger med boligsprinkler</i>	47
11.3.5	<i>Gevinst materielle verdier – beregningsresultat</i>	48
11.3.6	<i>Gevinst – sparte liv</i>	51
12	VEDLEGG B – FORSØK MED BOLIGSPRINKLER	52
13	VEDLEGG C – UTFØRTE ANALYSER OG ANNEN INFORMASJON	60
14	VEDLEGG D – KRITISKE GRENSER	62
15	VEDLEGG E - BEREGNINGER	65
15.1	GENERELT OM BEREGNINGSMODELLENE	65
15.2	BRANNRATE, LUFTTILFØRSEL OG UTVIKLET VARMEEFFEKT I BRANNROMMET	65
15.3	BRANNTEMPERATUREN I BRANNROMMET.....	65
15.4	RØYKMENGDEN UT AV OG RØYKSJIKTHØYDEN I BRANNROMMET	65
15.5	BRANNSPREDNING TIL NABOROMMET	66
15.6	CO-PRODUKSJONEN, CO-KONSENTRASJONEN, SIKTEN OG K-VERDIEN I BRANNROMMET	66
15.7	AKTIVERING AV DETEKTOR	66
15.8	AKTIVERING AV SPRINKLER.....	66
15.9	BEREGNING AV TILSVARENDE VERDIER I NABOROM	67
15.10	LIGNINGER BEREGNINGENE ER BASER PÅ.....	67
15.11	KRITERIER FOR KRITISK TILSTAND FOR MENNESKER	74
15.12	FORUTSETNINGER OG ANTAKELSER.....	74
15.12.1	<i>Generelt</i>	74
15.12.2	<i>Brann i soverom eller stue</i>	74
15.12.3	<i>Brann i felleskjøkken</i>	75
15.13	RESULTATER AV BEREGNINGER	75
15.13.1	<i>Innledning</i>	75
15.13.2	<i>Scenario 1: Brann i soverom og alle dører er lukket (1A/1B: med/uten sprinkler)</i>	76
15.13.3	<i>Scenario 2: Brann i soverom og alle dører er lukket bortsett fra en dør til soverom</i>	77
15.13.4	<i>Scenario 3: Brann i stue, lukket dør til soverom og korridor</i>	78
15.13.5	<i>Scenario 4: Brann i stue, åpne dører til soverom og korridor</i>	79
15.13.6	<i>Scenario 5: Brann i felleskjøkken</i>	80
15.13.7	<i>Scenario 6: Brann i felleskjøkken</i>	81
15.13.8	<i>Scenario 7: Som scenario 3 (Brann i stue, lukket dør til soverom og korridor), men med røyktett dør mellom leilighet og korridor</i>	82

FORORD

Denne rapporten inneholder resultater fra prosjektet *Effekt av sprinkleranlegg som kompensierende tiltak*.

Utarbeidelsen av rapporten er finansiert av Arbeids- og administrasjonsdepartementet (AAD).

Prosjektet er utført ved Norges branntekniske laboratorium as, hvor Kristen Opstad har vært faglig ansvarlig, Bodil Aamnes Mostue har vært prosjektleder og Jan P. Stensaas har vært prosjektmedarbeider. Ragnar Wighus har vært med på prosjektmøter og kommet med konstruktive kommentarer underveis i arbeidet.

Styringskomitéen for prosjektet har bestått av Wiran Bjørkmann (BE), Elisabeth Selstad (BE), Per Endresen (Oljedirektoratet), Berit Svensen (DBE) og Helge Stamnes (DBE). Sistnevnte har vært leder for styringskomitéen.

Jeg vil med dette takke alle som har medvirket i gjennomføringen av prosjektet. En spesiell takk til Trond Dilling i DBE for mange konstruktive innspill og kommentarer underveis i arbeidet med prosjektet.

Trondheim 2002-06-27

Bodil Aamnes Mostue

Konklusjon – effekt og kostnad av å boligsprinkle omsorgsboliger

Resultatene om effekten og nytten av å boligsprinkle omsorgsboliger er basert på:

- erfaringer med boligsprinkler generelt, fra forsøk og inntrufne branner i andre land og
- beregninger og analyser som viser effekten og nytten av å boligsprinkle ved ulike branner i omsorgsboliger.

Rapporten inneholder også en vurdering av andre tiltak som har betydning for konsekvensene ved brann (vakt, brannalarmanlegg og hvorvidt dører og vinduer er åpne eller lukket).

Eldre personer tilhører en risikogruppe med hensyn til brann

Persongruppen som bor i omsorgsboliger tilhører en risikogruppe mht brann. Dødshyppigheten som følge av brann er nesten 4 ganger så høy hos denne persongruppen, som for resten av befolkningen. Skal brannsikkerhet være den samme i omsorgsboliger, som i andre boliger, må det iverksettes flere brannverntiltak i omsorgsboliger enn i boliger generelt. Tiltak for å hindre katastrofebranner (branner med flere enn 4 omkomne) er spesielt viktig.

Kritisk tilstand innen 3 minutter uten boligsprinkler

Beregningene viser at kritiske tilstander kan oppstå etter 2,5-3 minutter i en omsorgsbolig, dersom boligsprinkler ikke er installert. Personer som må vente lenger enn dette på hjelp for å redde seg ut, vil kunne omkomme. Dersom døren fra omsorgsleiligheten det brenner i står åpen ut til korridoren, vil brannen kunne spre seg til naboileiligheten i løpet av 3-10 minutter dersom også døren til naboileiligheten står åpen. Brannen vil derfor kunne ha et omfattende tak på bygningen når brannvesenet er på stedet (etter 10 minutter). Boligsprinkler vil hindre brannen i å gå til overtenning og brannen (flammene) vil ikke spre seg ut over startbrannrommet.

Intern slukke- og redningsinnsats mangler i omsorgsboliger

Hvilke konsekvenser en brann medfører, er svært avhengig av beboernes evne til å redde seg selv. I omsorgsboliger vil mange trenge hjelp for å evakuere. Konsekvensene er videre avhengig av:

- bygningsmessige forhold
- ekstern innsats fra brannvesen og
- intern slukke- og redningsinnsats.

I omsorgsboliger vil den interne innsatsen fra beboere og naboer være minimal, så lenge det ikke er vakt tilstede. Mangel på intern slukke- og redningsinnsats, har stor innvirkning på brannsikkerheten.

Vakt må gripe inn før overtenning

Vakten(e) må gripe inn før brannen går til overtenning, skal de(n) ha effekt. Det vil si etter 2-3 minutter. Tidlig varsling og kort tid til oppmøte har avgjørende betydning. Effekt av vakt er videre avhengig av følgende forhold:

- vaktens evne til å utføre slukkeinnsats (trening og utstyr tilgjengelig)
- antall vakter tilstede
- antall personer som trenger hjelp for å evakuere
- grad av førlighet hos beboerne (dvs hvor mye hjelp de trenger).

Omsorgsboliger har normalt ikke vakt i dag.

Brannalarmanlegg er nødvendig

I en omsorgsleilighet er det ikke tilstrekkelig med vanlig røykvarsler, som det er krav til i boliger. Det bør installeres alarm som gir varsel til andre (naboer, vaktentral, brannvesen o.l.) som kan iverksette evakuering og slokking.

Åpen eller lukket dør – Stor betydning for konsekvenser ved brann

Hvorvidt dører står åpne eller er lukket har stor betydning for røyk- og brannspredning. Tiltak som bidrar til at dører holdes lukket ved brann, er derfor effektive. Beregningsresultatene viser at en brann i en omsorgsleilighet med åpen dør til korridor, vil gi kritiske tilstander i korridoren etter omlag 3 - 10 minutter. Holdes døren lukket vil ikke kritiske tilstander oppstå i korridoren i løpet av de 15 minuttene som studeres.

Dersom dørene fra hver leilighet ut til felles korridor står åpne ved brann, vil effekten av bedre brannmotstand i hver branncelle (hver leilighet) ha underordnet betydning. Oppføring av omsorgsboliger i risikoklasse 6 vil derfor ikke nødvendigvis gi tilstrekkelig sikkerhet uten boligsprinkler eller organisatoriske tiltak.

Vindu mot rømningsvei må ha tilstrekkelig brannmotstand

Flere omsorgsleiligheter har vindu mellom leiligheten og felles korridor eller svalgang. Det er viktig at vinduene har samme brannmotstand som resten av veggen. Dessverre er dette ikke tilfellet i flere av eksisterende omsorgsboliger. Et vanlig to-lags vindu (uten klassifisert brannmotstand) vil knuses når brannen går til overtenning, dvs etter omlag 3 minutter. Konsekvensene blir da omtrent som om en dør står åpen.

Svalgang i omsorgsboliger må opprettholdes som rømningsvei i lengre tid enn en svalgang utenfor vanlige boliger for funksjonsfriske. Svalgangen må derfor være egen branncelle.

Boligsprinkler er et effektivt tiltak

Det er *ingen* tvil om at boligsprinkler er effektivt tiltak for å beskytte liv og materielle verdier. Boligsprinkler påvirker selve brannutviklingen på et tidlig tidspunkt og bidrar dermed i å reduseres konsekvensene ved brann. Det vil være et egnet tiltak i omsorgsboliger.

- Hensikten med boligsprinkler er å dempe eller kontrollere brannen på et tidlig stadium, slik at den er lett å slokke med andre midler.
- Beregningene viser at det ikke oppstår kritiske tilstander i andre rom enn startbrannrommet, når boligsprinkler er installert.
- Boligsprinkler vil øke sannsynligheten for at også personer i startbrannrommet vil overleve. NBLs anslår at minst 50% av de personer som oppholder seg i startbrannrommet og som må vente inntil 10-15 minutter før de får hjelp til å evakuere, kan bli reddet. Dette anses å være et konservativt anslag. Brannscenarier hvor kritiske tilstander kan oppstå er:
 - Glødebrann eller ulmebrann. I omsorgsboliger er det ved denne type branner viktig med brannalarmanlegg som gir varsling til andre som kan hjelpe.
 - Brann hvor vannsprayen ikke treffer brannkilden f.eks. ved brann i garderobeskap.
 - Svært raske branner og brann i klær eller sengetøy hvor brannskadene blir store før temperaturen blir så høy at sprinkler aktiverer.

- Brann hvor brannbelastningen er større enn det boligsprinkleranlegget er dimensjonert for.
- Når sprinklerne utløses skjer en omrøring av røykgassene og sikten reduseres raskt, noe som forverrer evakueringsforholdene. Dette vil spesielt ha betydning for personer som ikke er kjent i bygningen. Beregningseksemplene utført i dette prosjektet viser at selv om røyken blir omrørt, blir det ikke kritiske tilstander i rom utenfor startbrannrommet.

Det er kostnadseffektivt å boligsprinkle omsorgsboliger

En kan forvente å spare 1,3-2 liv i omsorgsboliger pr år dersom 60 000 omsorgsboliger boligsprinkles. En samlet gevinst med hensyn til materielle verdier og sparte statistiske liv er beregnet til 10-60 millioner NOK pr år.

Beregningsresultatene viser at nytte-kostnadsforholdet er 1 - 4,5. Nyten kan være 4,5 ganger så stor som kostnadene. De mest konservative beregningene viser at nytte og kostnader går i balanse.

En ytterligere gevinst, som kanskje er den største gevinsten en oppnår med boligsprinkling, er å redusere sannsynligheten for storulykker. Denne effekten er vanskelig å måle pga mangel på statistiske data.

Omsorgsleiligheter i "vanlige" flermannsboliger – Stor utfordring

Det er et uttalt mål fra helsemyndighetene å gi omsorgstrengende hjelp hjemme. Det medfører at vi i økende grad vil få flere og flere omsorgstrengende som trenger hjelp for å evakuere, i "vanlige" flermannshus, boligblokker og leiegårder. Det vil i tiden fremover være en stor utfordring å gi disse samme brannsikkerhet som resten av befolkningen har.

Se også konklusjoner på side 20, 21, 25 og 37.

1 Bakgrunn

Tradisjonelt har man i Norge tenkt brannalarmanlegg for å redde liv og sprinkleranlegg for å redde verdier. Det er imidlertid en økende bruk av en sprinkleranlegg i samfunnet, også for å redde liv. Det er derfor et behov for mer kunnskap om hvor effektivt boligsprinkler er med hensyn på å redde liv, i forhold til andre aktive og passive brannsikringstiltak.

Det er videre et ønske fra Direktoratet for brann- og elsikkerhet (DBE) å få en nytte/kostundersøkelse av sprinkleranlegg anvendt i objekter, hvor det i dag ikke stilles krav om sprinkleranlegg, og da spesielt i følgende objekter:

1. Omsorgsboliger
2. Sykehus/helseinstitusjoner
3. Objekter hvor det oppholder seg mange mennesker og hoteller.

Denne rapporten omhandle kun omsorgsboliger.

I de senere år har Norges branntekniske laboratorium as utført flere prosjekter som omhandler omsorgsboliger og sprinkler, som:

- "Evaluering av tiltak. Tilgjengelighet av seksjoneringsvegger" (Mostue og Opstad, 2001), som bl.a. inneholder en studie vedrørende tilgjengeligheten/påliteligheten av bl.a. sprinkleranlegg.
- "Sikkerhetsnivået mht brann ved preaksepterte løsninger. Risikoanalyse av et bo- og servicesenter" (Mostue og Stensaas, 2000).
- "Evaluering av tiltak mot brann. Har røykvarslere, håndsløkkingsapparater og sprinkleranlegg hatt effekt på brannsikkerheten i Norge?" (Mostue, 2000).

2 Målsetting

Målsetting med prosjektet er å få mer fakta og kunnskap som kan brukes til å avgjøre om det er kostnadseffektivt å bruke sprinkleranlegg og boligsprinkler i større grad enn i dag, for å redde liv i omsorgsboliger.

I en videreføring av prosjektet vil målsettingen være å gjøre tilsvarende for sykehus/helseinstitusjoner og objekter hvor det oppholder seg mange personer.

3 Definisjoner

Boligsprinkler

Sprinkler som kan dokumenteres å være "boligsprinkler" i henhold til testrapport fra anerkjent testlaboratorium (FG, 1999).

Demping av brann

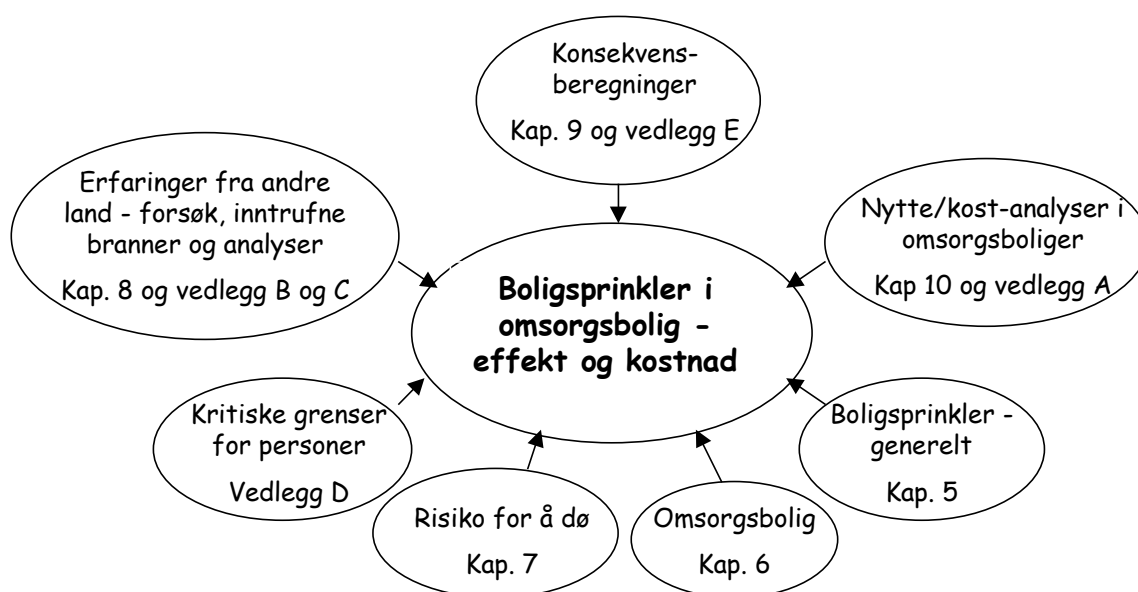
Demping av brannen (engelsk: suppression) defineres som en umiddelbar reduksjon av flammehøyde og branneffekt og brannen tillates ikke å ta seg opp igjen. I utførte forsøk slokkes ikke brannen, men brannen dempes ned til et nivå der flammene ikke er høyere enn ca 0,3 m (Arvidson, 2000b).

Kontroll av brann

Kontroll av brannen menes at brannen kontrolleres på det nivå den har når sprinkler utløses.

4 Leserveiledning

Rapportens konklusjoner om hvilken effekt en kan oppnå ved å boligsprinkle omsorgsboliger og hvilken kostnad dette vil medføre, er basert på egne beregninger og analyser og erfaringer fra andre land . Figur 1 gir en oversikt over underlaget for konklusjonene og hvor i rapporten opplysningene finnes.



Figur 1 En oversikt over rapportens innhold og hvilken informasjon konklusjonene baserer seg på.

5 Boligsprinkler

5.1 Historikk

- 1975: Første utgave av en bruksanvisning for installasjon av boligsprinkling ble utgitt i USA av NFPA (National Fire Protection Association). Denne fikk navnet NFPA 13 D (D = dwelling), og gjelder for én – og tomannsboliger. Tradisjonelle sprinklerhoder ble brukt.
- Tidlig på 1980-tallet: De første boligsprinklerne ble utviklet og godkjent. Disse hadde raskere aktivering og spredte vannet høyere opp på veggene enn tradisjonelle sprinklerhoder.
- Slutten av 1980-tallet: NFPA 13 R (R= residential) ble utgitt. Denne gjelder for boliger opp til og med 4 etasjer. Konseptet ble tillatt i hotell, motell og visse typer helseinstitusjoner.
- 1999 ”Tekniske retningslinjer for dimensjonering, prosjektering og installering av sprinkleranlegg i bygninger for boligbruk opp til 4 etasjer” ble utgitt i Norge av Forsikringsselskapenes Godkjenningsnevnd (FG) i samarbeid med Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern (DBE) og Statens bygningstekniske etat (BE). Retningslinjene er basert på NFPA 13R, NS-prEN 12845 Faste brannslukkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering og FG/CEA-regler, Sprinklersystemer – Planlegging og installasjon.

5.2 Boligsprinkler og tradisjonelt sprinkleranlegg – Noen forskjeller

Forskjellig formål

Tradisjonelt sprinkleranlegg installeres normalt for å redde materiell verdier. Boligsprinkler skal først og fremst redde liv og sekundært redde verdier.

Mindre vannbehov til boligsprinkler

Et tradisjonelt sprinkleranlegg er normalt dimensjonert for å kontrollere en stor brann i lang tid (normalt 60 minutter). Boligsprinkler er dimensjonert for å kontrollere en mindre brann i begrenset tid (10 minutter for eneboliger og 30 minutter for flermannsboliger). Når boligsprinkler er tilkoblet det kommunale vann-nettet som det er i Norge, vil vanntilførselen normalt vare lengre enn 30 minutter. Boligsprinkleranlegg i Norge dimensjoneres ut fra at maksimalt 4 sprinklere utløses.

Det stilles vesentlig høyere krav til vannmengde og at vanntilførselen varer lenger når tradisjonelt sprinkleranlegg dimensjoneres.

Enklere rørsystem til boligsprinkler

Et tradisjonelt sprinkleranlegg kobles til det vanlige, kommunale vannettet via et kontrollventilsett. For å opprettholde en høy pålitelighet kreves det at det installeres en

ringledning hvor vann kommer inn på to steder. Dersom det er behov for pumper, kreves det to pumper (en elektrisk og en dieselmotor dreven pumpe).

Boligsprinkler kan kobles til vannledningsnett i boligen. Det er tillatt å bruke plastrør (f.eks CPVC- og polybutulennør).

Rom kan unntas fra boligsprinkling

Det er lempeligere krav til hvilke rom som kan utelates ved bruk av boligsprinkler. Boligsprinkler kreves normalt ikke i:

- rene bade- og toalettrom ($\leq 5\text{m}^2$)
- garderobes, lintøyskap, spiskammers
- utvendige: vindfang, bislag, overbygde balkonger, svalganger, trappehus o.l.
- loftsrom, tilbygde redskapsboder, krypkjellere, under oppforet golv, over nedforet himling, heissjakter og andre skjulte rom som ikke er avsett til boligformål eller lagringsrom.

Raskere respons

Boligsprinkler var den første sprinkler som tok i bruk ”fast response”-teknologien. Forskning viste at for å sikre at sprinkleranlegg kontrollerer en brann i en bolig før små rom fylles med giftige gasser, må sprinkleren være betydelig mer sensitiv for varme enn standard sprinkler.

Testing av sprinkler

Alle sprinkler som installeres i henhold til NFPA-standarder må være listeførte. Det betyr at sprinklerne har bestått tester i henhold til en etablert standard. Det finnes to prøvningsmetoder for testing av boligsprinkler:

1. UL 1626 *Standard for Residential Sprinklers for Fire-Protection Service* utviklet av Underwriters Laboratories, Inc.
2. FM 2030 *Approval Standard for Residential Automatic Sprinklers*, utviklet av Factory Mutual Research Corporation.

Både UL og Factory Mutual Research har etablert spesielle kategorier i sine lister over sprinkler. I Norge har FG lister over godkjente sprinklerfirmaer.

Kvikk respons og boligsprinkler - Hva er forskjellen?

Kvikk respons sprinkler er testet under samme kriterier for produkt-testing som standard sprinkler, men innehar også kvikk respons karakteristikkene til listeførte boligsprinkler. Noen leverandører utvikler disse sprinklerne ved å sette inn driftsmekanismen til boligsprinkler i en standard sprinkler form. Andre leverandører har latt laboratorier teste sine boligsprinkler med de samme testene som for standard sprinkler. I listene til Underwriters Laboratories (UL) angis begge disse typene som kvikk respons sprinkler. I ULs lister har de etablert en separat kategori for kvikk respons sprinkler som er forskjellig fra både standard- og boligsprinkler. Til forskjell fra boligsprinkler er det ikke påkrevd at kvikk respons sprinkler skal ha spesielle egenskaper mht kjøling og spredning.

6 Hva er en omsorgsbolig og hvilken sikkerhet skal den ha?

Omsorgsbolig som begrep er ikke entydig definert og det brukes til dels forskjellig. St. melding nr. 50 «Handlingsplan for eldreomsorgen» har en definisjon, husbanken har sin og Byggeforskriften (TEK) sier noe om hva de legger i begrepet omsorgsboliger. Ser vi på fellestrekk i definisjonene er omsorgsbolig:

- boliger som er rettet mot omsorgs- og pleietrengende
- ikke institusjon eller sykehjem
- omsorgstjenester er ikke tilknyttet boligen (St. 50), men kommunen må ha heldøgns pleie- og omsorgstjenester (Husbanken).

Tabell 1 Definisjoner på omsorgsboliger.

Ulike definisjoner på omsorgsboliger:

Definisjon hentet fra St. melding nr. 50 «Handlingsplan for eldreomsorgen»:

Bolig som er tilpasset rullestolbrukere og andre med særskilte behov. Boligen må være tilrettelagt slik at det kan utføres pleieoppgaver i boligen og kommunen må ha heldøgns hjemmetjeneste.

Det er ikke omsorgstjenester tilknyttet boligen, men beboerne skal få tildelt pleie- og omsorgstjenester på linje med andre hjemmeboende. Omsorgsboliger må ikke forveksles med lovregulerte botilbud som:

a. Sykehjem eller bolig med heldøgns omsorg etter Lov om helsetjenesten i kommunene § 1 - 3

b. Institusjon eller bolig med heldøgns omsorgstjenester etter Lov om sosiale tjenester § 4 - 2d (aldershjem)

Husbankens definisjon:

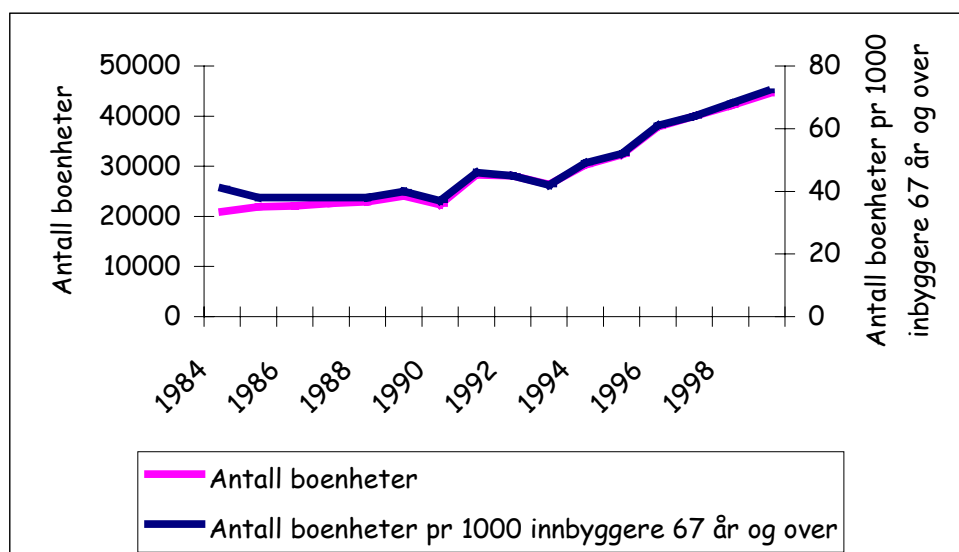
Botilbud utenom institusjon fysisk tilrettelagt slik at beboerne skal kunne få heldøgns pleie og omsorg etter lov om sosiale tjenester. Omsorgsbolig kan være selvstendige boliger eller ulike former for bokollektiv og bofellesskap.

Kommunen må ha fattet vedtak om heldøgns pleie- og omsorgstjenester.

Veiledningen til TEK-97

I veiledningen til TEK-97 er begrepet ment som beskrivelse på virksomheten i et bygg og tilhørende risikoklasse. Med omsorgsbolig menes der en bygning hvor boenhetene er beregnet for pleie- og omsorgstrengende.

Husbanken gir tilskudd til bygging av omsorgsboliger. Ved utgangen av år 2000 har vi nesten 46.500 boenheter for pleie og omsorgsformål (tall fra Statistisk sentralbyrå). Over 13 000 av disse er bygget med oppstartingsstilskudd fra Husbanken. Det har økt med ca 2000 boliger hvert år siden 1997. Så dette er en boligform vi må forvente en økning av også i årene fremover. Husbankens estimat er at det vil bli bygget 15-25 000 omsorgsboliger med tilskudd fra Staten.



Figur 2 Utvikling av antall boenheter for pleie- og omsorgstrengende og antall boenheter pr 1000 innbyggere > 67 år (Tall fra Statistisk sentralbyrå).

Det finnes mange ulike utforminger fra selvstendige boliger til ulike former for bokollektiv og bofellesskap. I følge Husbanken var det mer vanlig i starten da de ga tilskudd at omsorgsboligene ble bygd som flermannsboliger (med selvstendige boenheter) uten så mye fellesareal, mens nå krever Husbanken at det må være fellesområder.

Begrepet omsorgsbolig er ikke klart definert og hvilket sikkerhetsnivå som er akseptabelt for denne beboergruppen, er heller ikke klart definert noe sted. Skal beboerne ha samme brannsikkerhet som personer i institusjon? Vi aksepterer kanskje at personer i omsorgsboliger påfører seg selv større brannrisiko enn andre personer i befolkningen. Men vi har nok mindre aksept for at de som bor i omsorgsboliger har lavere brannsikkerhet som følge av naboenes adferd.

7 Risiko for å dø som følge av brann

7.1 Større dødsbrannhyppighet hos eldre

Dødsbrannhyppigheten som følge av brann er nesten 4 ganger høyere hos den eldre del av befolkningen enn de under 70 år (se Tabell 2). Det er rimelig å anta at gruppen av eldre som bor i omsorgsboliger er noe mer funksjonshemmet enn hele befolkningen over 70 år. Sannsynligheten for å dø i brann kan derfor være enda større for denne gruppen.

Tabell 2 Dødshyppighet i brann i Norge (Mostue, 2000).

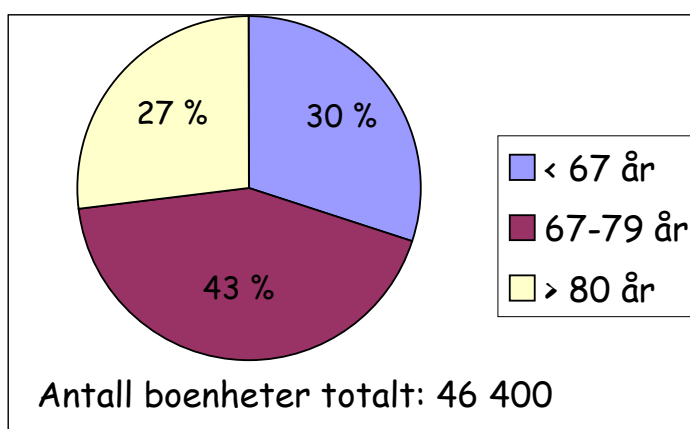
	Dødshyppighet i brann [antall døde pr 100 000 innbygger]	Kommentar
Hele befolkningen	1,4	Snitt for perioden 1995-1999
Personer \geq 70 år	4,3	Snitt for perioden 1985-1998
Personer < 70 år	1,1	Snitt for perioden 1990-1999

Spesielle grupper er overrepresentert blant dødsofrene i brann. Det er blant annet grupper som ikke kan redde seg ut selv og personer som er påvirket av rusmidler.

Av de som dør i brann er 20-40% 70 år eller eldre (som tilsvarer omlag 15-30 personer pr år). For perioden 1985-1998 var det 4,3 (2,8-5,6) brannofre pr 100 000 innbyggere \geq 70 år.

Studier viser at det er langt høyere *brannrisiko* i boliger der det bor uføretrygdede enn i andre boliger (DBE, 1999a). Det er bl.a. langt høyere brannrisiko i boliger der det bor uføretrygdede menn i alderen 30-49 år alene, enn i andre boliger. Denne gruppen har 4,9 ganger høyere brannrisiko enn andre personer (DBE, 1999b).

Det er ikke bare eldre som bor i omsorgsboliger, men også yngre personer som har behov for pleie- og omsorg.


Figur 3 Alder på personer i boliger til pleie- og omsorgsformål (Tall fra Statistisk sentralbyrå for år 2000).

I omsorgsboliger samler en mange personer i samme risikogruppe i samme bygning. Faren for storulykker blir derfor høyere, enn i flermannsboliger generelt. Det er mindre aksept i samfunnet for branner som krever flere døde i samme brann, enn flere branner med ett dødsoffer.

Persongruppen som bor i omsorgsboliger tilhører en risikogruppe mht brann. For at denne gruppen skal ha samme sikkerhet mht brann som resten av befolkningen, må det iverksettes flere bannverntiltak i omsorgsboliger enn i vanlige boliger. Tiltak for å hindre katastrofebranner¹ er spesielt viktig.

¹ Med katastrofebranner menes her branner hvor 5 eller flere personer omkommer i samme brann (jfr Stortingsmelding 41).

7.2 Hvorfor er dødsbrannrisikoen større hos eldre?

Begrepet dødsbrannrisikoen er sammensatt av to elementer:

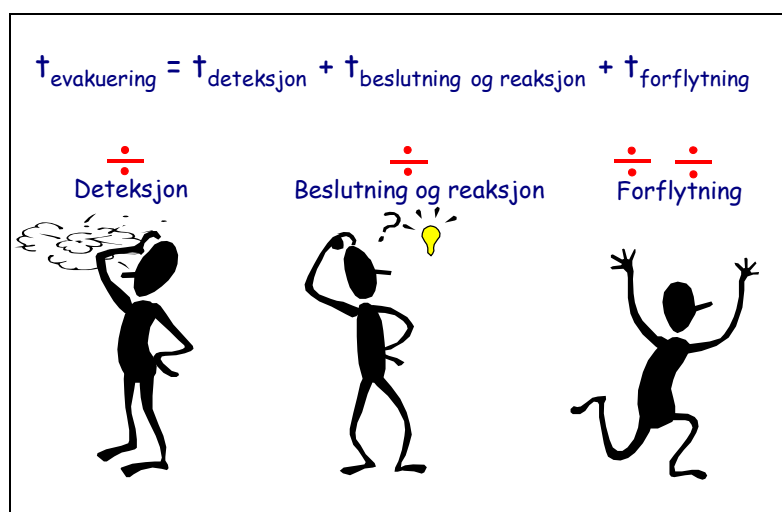
1. hyppighet av branner og
2. sannsynligheten for at personen dør, dersom brann oppstår.

Normalt vil de aller fleste branntilløp slukkes, antageligvis 90%. Denne sannsynligheten er sterkt avhengig av om det er personer tilstede som kan slukke (våken person med full førlighet). Den er også avhengig av tilgang på slukkemateriell (vannslange, pulverapparat). Vi kan ikke regne med at evnen til å slukke er stor hos beboerne i omsorgsboliger. Derfor er sannsynligheten for at et tilløp skal utvikle seg til en brann større for denne gruppen.

Sannsynligheten for at personer dør som følge av brann dersom en brann oppstår er også større fordi:

- beboerne kan ha større problemer med å *detektere* brannen
- dårligere reaksjonsevne
- bruker lengre tid på å forflytte seg
- de fleste vil ha problemer med å klatre ut gjennom vindu og bruke utradisjonelle rømningsveier og trapper
- de er i større grad avhengig av assistert rømning
- kan ikke forvente å få hjelp av andre beboere til å evakuere.

Med andre ord har mange av de eldre behov for lengre evakueringstid enn andre.



Figur 4 Beboere i omsorgsboliger trenger lengre evakueringstid enn andre.

Hvilke konsekvenser en brann vil få er foruten beboernes evne til å evakuere også avhengig av bl.a. bygningsmessige forhold, ekstern innsats fra brannvesen og intern innsats fra beboere og naboer (se også kap. 7.2). I omsorgsboliger vil den interne innsatsen være minimal så lenge det ikke er vakt tilstede. Mangel på intern slukke- og redningsinnsats vil ha stor innvirkning på brannsikkerheten. Brannvesenet vil ikke kunne greie å redde personer i startbrannleiligheten dersom de kommer etter 10-15 minutter.

Bygningsmessige tiltak	Eksterne innsats (brannvesen)	Intern innsats (beboer, naboer)
-------------------------------	--------------------------------------	---

Figur 5 Hovedkategorier av tiltak som har betydning for hvilke konsekvenser en brann vil ha. I omsorgsboliger vil den interne innsatsen være minimal.

8 Effekt av boligsprinkler

8.1 Erfaringer fra inntrufne branner i andre land

I Norge har sprinkler i hovedsak vært brukt som et tiltak for å sikre materielle verdier. Boligsprinkling er lite utbredt og vi kan derfor ikke måle hvilken effekt den har ut fra vår egen dødsbrannstatistikk. USA og Canada er land som har over 20 års erfaring med boligsprinkler.

Ser vi på dødsbrannstatistikken for USA og Canada, har de hatt en svært positiv nedgang i dødsbrannhyppigheten. Utbredelsen av boligsprinkler er for liten til at effekten av den kan måles i de nasjonale dødsbrannstatistikene for USA og Canada. I 2001 hadde 1% av alle én- og tomannsboliger og omlag 10% av alle flermannsboliger installert boligsprinkler (Östmann et.al., 2002). Skal en se på hvilken effekt sprinkler har hatt må en se nærmere på de byer og kommuner som har en stor utbredelse av boligsprinkler. Enkelte kommuner har krevd at boligsprinkler installeres i nye og ombygde boliger.

To byer som har hatt stor utbredelse av boligsprinkler over mange år og hvor resultatene er godt dokumentert, er byene Scottsdale i Arizona og Vancouver i Canada. Andre kommuner i USA som er av de som lengst erfaring med boligsprinkler er:

- San Clement i California
- Cobb County i Georgia
- Napa i California
- Port Aneles i delstaten Washington
- Greenburgh i delstaten New York.

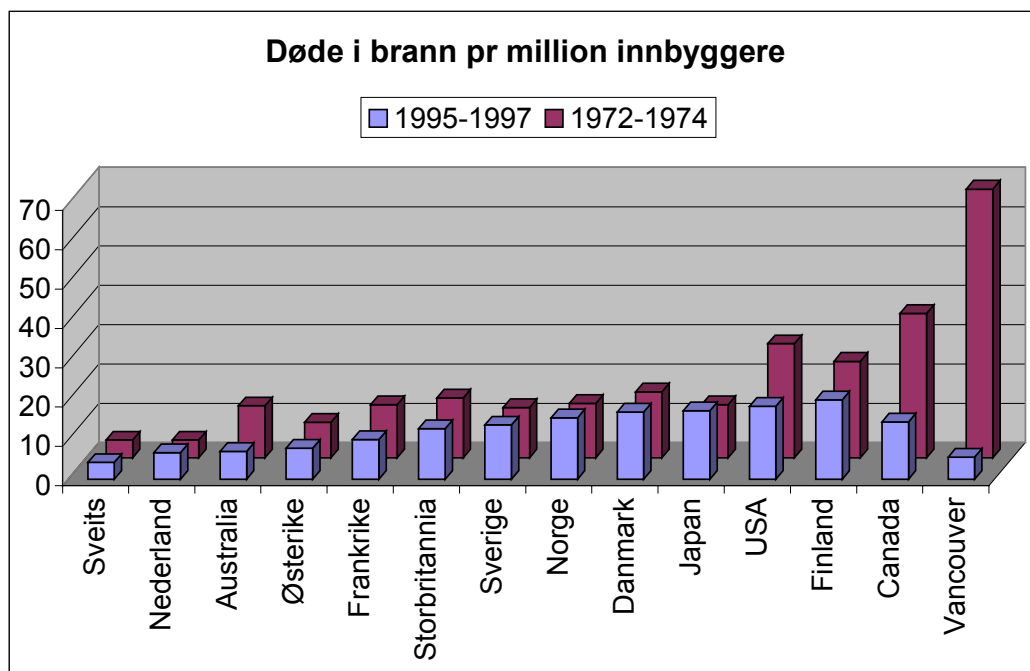
Noen erfaringer fra Scottsdale finnes på side 43. For mer detaljert beskrivelse av erfaringene derfra anbefales rapportene til Ford (Ford, 1989) og Östman (Östman et.al., 2002).

8.2 Erfaringer fra Vancouver- Canada

Vancouver hadde svært mange døde i brann før tiltakene ble iverksatt. Nå er dødsbrannhyppigheten lavere enn i Norge og andre land som har stor utbredelse av røykvarslere, men ikke sprinkler. Dette viser at sprinkler redder flere liv enn hva tilfellet ville ha vært med bare røykvarsler og andre tiltak.

Kraftig nedgang i antall døde i brann

Vancouver er en by hvor dødsbrannhyppigheten har sunket drastisk etter at en rekke tiltak ble iverksatt. Sprinkling var et av tiltakene. Utgangspunktet på begynnelsen av 1970-tallet var imidlertid svært dårlig, omlag 7 døde pr 100.000 innbygger. Til sammenligning har vi i Norge ca 1,4 døde pr 100.000 innbygger. Tidlig på 1980-tallet var dødshyppigheten i Vancouver redusert til mindre enn 2 døde pr 100.000 innbygger og ytterligere redusert til 0,6 døde i perioden 1992-98 (Robertson, 2001). I 1998 var det ingen omkomne i brann i byen som har 550 000 innbyggere (i 1973 hadde byen 40 døde i brann). Dette er svært bra og det er ingen tvil om at tiltakene har hjulpet.



Figur 6 Antall døde i brann pr million innbyggere i ulike land (Robertson, 2001)(The Geneva Association, 2000).

Årsaker til at utgangspunktet var så dårlig

Det var flere årsaker til at dødshyppigheten var så høy i Vancouver, som:

- gammel bygningsmassen som i hovedsak var bygd før det ble fokusert på brannverntiltak i byggeforskriftene.
- en stor andel av arbeidsledige og fattige innflyttere fra andre deler av Canada.
- det voksende innbyggertallet førte til at det ble et stort trykk på boligmarkedet drev leie- og husprisene i været. Dette førte til ombygging av mange store boliger og gamle hoteller i sentrum til losjihus og langtidsleie av hotellrom for den fattigste del av befolkningen.
- bruk av narkotika, alkohol og røyking av beboere i disse bygningene, sammen med lite brannsikre bygninger førte til økende antall branner og dødsbranner.

Tiltak som ble iverksatt

Tidlig på 1970-tallet ble det derfor besluttet å rette oppmerksomheten mot dårlige losjihus og hoteller. Følgende tiltak ble iverksatt i denne type bygninger:

- installering av automatisk sprinkleranlegg
- installering av røykdetektorer og brannalarmer
- oppgradering av dører og anskaffelse av lukkere

- oppgradering av utganger og brannstiger.

Senere ble oppgraderingsprogrammet utvidet til sykehus i byen og pleiehjem for de eldre.

Begrensede oppgraderingstiltak ble også gjennomført i leide boligblokker, selv om ikke sprinkler ble påbudt i denne type bygninger unntatt der store mangler mht sikkerhet forekom.

I 1990 innførte byen en forskrift som krever at alle nye boliger, inklusive en- og tomannsboliger skal sprinkles. Dette har gitt resultater. I 1998 hadde over 38% av alle boliger sprinkler (dvs 70 000 boliger).

8.3 Nytte/kost - erfaringer fra andre land

Å måle nytten av sprinkleranlegg er svært komplekst. Effekten må måles over flere år. Det er da vanskelig å vite hvilken effekt en kan tillegge boligsprinkleren og hvilken effekt som skyldes andre forhold, som f.eks. endring i boligstruktur, aldersfordeling i befolkningen og andre tiltak som er innført i samme perioden som f.eks. informasjonskampanjer, røykvarslere etc. I land med flere års erfaring med boligsprinkler er det utført flere nytte/kost-analyser. Nyttien er uttrykt og beregnet på flere ulike måter og resultatene er derfor ikke så lett sammenlignbare. Den største usikkerheten ved denne type beregninger er å bestemme hvor mange menneskeliv sprinkler har spart. Her oppsummeres resultater fra noen nytte/kost-analyser som er utført. Vedlegg A inneholder mer utdypende informasjon om de enkelte analysene.

Tabell 3 Resultater fra nytte/kost-analyser av å installere sprinkler fra andre land. Nyttien er uttrykt og beregnet på flere ulike måter og resultatene er derfor ikke så lett sammenlignbare.

Erfaringer	Nytte			Kommentar
	Sparte liv	Materielle verdier		
Vancouver - Canada (Robertson, 2001)	0,54 liv pr 100 000 innbygger pr år (når om lag 40% av alle boliger er sprinklet)	65 NOK pr innbygger pr år i form av sparte materielle tap ved brann 1,4 millioner NOK pr liv spart i netto kostnad (se kommentar)		<ul style="list-style-type: none"> • Hele befolkningen (ikke spesielt omsorgstrenende). • 50 års levetid på sprinkleranlegg. • Gevinst i sparte materielle kostnader minus investeringskostnader fordelt over bygningens levetid på 50 år.
USA (Rohr, 2000)	73% lavere dødsryppighet (antall døde pr 1000 branner) i sprinklede boliger	42% mindre tap pr brann i sprinklede boliger i forhold til boliger uten sprinkler (tilsvarende tall for helseinstitusjoner er 64%). Gjennomsnittlig tap pr brann: Bolig: - sprinkler: 48 000 NOK - ikke sprinkler: 83 000 NOK Helseinstitusjon: - sprinkler: 15 000 - ikke sprinkler: 41 000		Estimat ut fra reduksjon i dødsryppighet i andre bygningstyper enn boliger.
Scottsdale - USA (Östman et. al., 2002)	0,4-0,5 liv pr 100 000 innbygger pr år (når omtrent 55% av alle boliger er sprinklet)	Gjennomsnittlig tap pr brann: Enebolig: - sprinkler: 19 000 NOK - ikke sprinkler: 400 000 NOK Flermannsbolig: - sprinkler: 59 000 ² (13 500 NOK)		Ingen har dødd i sprinklede boliger i Scottsdale. Gevinsten i sparte liv er beregnet ut fra dødsryppighet pr brann i usprinklede boliger i Scottsdale. På 15 år døde 13 personer i boligbranner. I 2001 var 51% av eneboligene og 57% av flermannsboligene sprinklet. Uten sprinkler antar de at dødstallet ville ha vært fordoblet.

² En brann der sprinklerhodet som var nærmest brannen ikke ble aktivert. Denne brannen har stor innvirkning i statistikken. Sprinklerhodene i de øvrige rom ble aktivert slik at brannen ble begrenset og totalskade ble forhindret.

8.4 Oppsummering av erfaringer fra inntrufne branner og analyser

Menneskelige verdier

- Det er ingen tvil om at sprinkler har forhindret dødsbranner, fordi byer og kommuner med stor utbredelse har lavere dødsbrannhyppighet enn andre som bare har røykvarslere.
- Det er nesten ikke rapportert om omkomne i sprinklede bygninger. Det er rapportert om noen få tilfeller hvor det har vært feil på sprinkleranlegget og hvor det ikke er brukt ”fast response” sprinklerhoder. Et eksempel er en eldre mann som døde. Det oppstod brann i sengetøyet og han ikke var i stand til å redde seg selv.
- En kan forvente 50-75% lavere dødshyppighet i sprinklede boliger i forhold til boliger uten sprinkler.
- Installering av sprinkler i boliger generelt vil kunne redde omlag 0,8-1 liv pr 100 000 innbygger (ut fra erfaringer fra Vancouver og Scottsdale). I Norge vil dette tilsvare 35-45 liv pr år (omlag 55-75 % reduksjon).
- Boligsprinkler vil nødvendigvis ikke redde alle personer som oppholder seg i startbrannrommet. Det finnes beskrivelser av ekstreme branntilfeller hvor personer er reddet av boligsprinkler. Sprinkler reddet en kvinne som fikk olje fra en kasserolle over seg som ble antent. Et annet eksempel er at utløsning av sprinkler reddet en sovende mann som var dynket med bensin og påtent.

Materielle verdier

- Boliger *uten* sprinkler:
 - I boliger *uten* sprinkler er det store variasjoner i de ulike analysene, når det gjelder fastsettelse av gjennomsnittlig tap pr brann. Gjennomsnittlig tap pr boligbrann varierer fra omlag 80 000 – 400 000 NOK.

Gjennomsnittlig tap pr brann i bolig i Norge varierer ut fra hvilke datakilder en legger til grunn. Gjennomsnittlig tap pr brann i bolig i Norge varierer mellom 90 000 – 2,2 millioner NOK (se kap. 11.3.3).
- Boliger *med* sprinkler:
 - Gjennomsnittlig tap pr brann i boliger *med* sprinkler er fra 20 000- 50 000 NOK. Tapet er i samme kostnadsområde i flere undersøkelser fra andre land.
 - Sprinkler reduserer de materielle tapene ved brann i boliger med omlag 40-95%. Reduksjonen i materielle tap pr brann i boliger med sprinkler varierer mye i de ulike analysene, fordi tapet forbundet med brann i ikke-sprinklede boliger varierer så mye.

8.5 Erfaringer fra forsøk

Det er utført en rekke eksperimentelle forsøk med boligsprinkling. Det finnes trolig ingen sprinklerkonsept som er prøvd i så mange brannforsøk som boligsprinkler. Denne type forsøk er relativt billig og enkle å gjennomføre. Mange av forsøkene ble utført på slutten av 1970-tallet og begynnelsen av 80-tallet, og danner grunnlaget for utformingen av bruksanvisningene for installering av boligsprinkling (NFPA 13 D og NFPA 13 R).

De mest veldokumenterte forsøksseriene er nærmere beskrevet i vedlegg B. Under gis en oppsummering av hva forsøkene inneholder og de viktigste resultatene fra forsøkene.

Oppsummering av hva forsøkene inneholder

- De fleste av forsøkene som NFPA 14 D og R er basert på, måler når sprinkler aktiverer, hvilken effekt sprinkler har (hvor mange sprinkler som utløser, hvilken vannmengde som er nødvendig, og om sprinkler demper/kontrollerer brannen), CO-produksjon og tid/temperaturutvikling.
- Det er i hovedsak CO-konsentrasjonen som er målt. Produksjon av andre giftige avgasser er kun målt i noen av forsøkene.
- Referanseforsøk er sjelden gjennomført, dvs forsøk som viser tid/temperaturutvikling og CO-produksjon uten sprinkler installert. Det er nok økonomiske årsaker til at denne type forsøk ikke er utført.

Denne type informasjon må derfor tas fra brannforsøk hvor hensikten ikke har vært å teste sprinkler. Eksempler er brannforsøk som er utført for å måle CO-produksjon (Belles, 1985) og ulike detektorsystemer (Meland, 1989).

- En del forsøk sammenligner ulike sprinklerløsninger. Eksempler er sprinkler i rom med tak som heller og veggspinkler sammenlignet med taksprinkler. Andre forsøk tester effekten av sprinkleranlegg i forhold til brannens plassering, som f.eks. betydningen av hvordan sprinklersprøyten treffer en brann i lenestol.

Hovedresultater fra forsøkene

- *Effektivt tiltak*

Det er ingen tvil om at boligsprinkler er et effektivt tiltak mht å redusere antall døde i brann.

Boligsprinkler er egnet til å forhindre overtenning i et rom og at brannen sprer seg til andre boenheter.

Ved de fleste forsøk hvor konsentrasjoner av giftige avgasser er målt, oppstår det ikke kritiske tilstander i løpet av de 15 første minuttene av brannforløpet (det er den tiden det ofte referes til).

- *Brannen slokkes ikke, men dempes eller kontrolleres*

I forsøkene som er utført slokker ikke sprinklerne brannen, men brannen dempes/kontrolleres. Se definisjon på side 8.

I de to etablerte prøvningsmetodene som finnes for godkjenning av sprinkler, er det ingen krav til at sprinkler skal slokke brannen. Prøvningsmetodene inneholder rene mekaniske prøver på sprinklerne, korrosjonstest, forsøk for å måle nominell aktiveringstemperatur og termisk treghet (RTI), vanddistribusjonsforsøk og brannforsøk. I brannforsøkene stilles det kun krav til hvilke sprinkler som skal utløses og det gis temperaturkriterier som ikke må overstiges. Indirekte vil temperaturkriteriene være et mål på at ikke brannen tar seg opp igjen, men ikke på at brannen slokkes helt.

- *Effekten er avhengig av brannens plassering i forhold til sprinklerdysene*

Hvor mye sprinkleren reduserer brannen (temperatur, produksjon av giftige avgasser etc.), er avhengig av hvordan vannsprøyten treffer det som brenner.

En brann i et garderobeskap hvor vannsprayen ikke treffer det som brenner, vil hindre spredning av brannen, men ikke slokke/kontrollere det som brenner.

Sprinkler vil ha større effekt på en brann i en lenestol dersom brannen er i setet på stolen, enn om brannen oppstår ved golvnivå på sideflaten av lenestolen.

- *Aktiveringstiden har stor betydning*
Det er målt store forskjeller i hvilken effekt ulike boligsprinkler har, som i stor grad skyldes forskjeller i aktiveringstid.
- *Veggenes kledning har stor betydning, takets overflate har liten betydning*
Veggenes kledning har stor betydning for sprinklerens mulighet til å dempe eller kontrollere brannen. Takets overflate har liten betydning dersom sprinkleranlegget er riktig dimensjonert.
- *Boligsprinkler kan ikke redde alle personer i alle type branner*
Brannscenarier som kan bli livstruende for personer som ikke er i stand til å komme til sikkert sted ved egen hjelp og hvor det kan ta tid før hjelp kommer:
 - Glødebrann eller ulmebrann (da vil heller ingen andre tiltak virke). I omsorgsboliger er det ved denne type branner viktig med brannalarmanlegg som gir varsling til andre som kan hjelpe.
 - Brann i skap og områder hvor vannsprayen ikke treffer brannkilden.
 - Brann i klær eller sengetøy hvor brannskadene blir store før temperaturen blir så høy at sprinkler aktiverer.
 - Eksplosjoner eller svært raske branner som fører til kritiske tilstander før sprinkleren utløses.
 - Brann hvor brannbelastningen er større enn det boligsprinkleranlegget er dimensjonert for.

Dårlig vedlikeholdte anlegg (problemet skyldes hovedsakelig at ventiler/kraner er skrudd igjen under vedlikehold og ikke blitt åpnet etterpå) kan også føre til at boligsprinkler ikke gir forventet effekt.

9 Effekt av boligsprinkler i omsorgsboliger - Beregninger

9.1 Hva er beregnet og analysert?

Tre bygningstyper er benyttet som analyseobjekter:

1. Bygning med omsorgsboliger og fellesareal (Bergseng bo- og servicesenter).
2. Omsorgsboliger med svalgang utenfor.
3. En vanlig 4-mannsbolig hvor en omsorgstrengende person bor i 2. etasje.

De mest omfattende analysene er utført med den første bygningen som analyseobjekt. Den er valgt for å vise hvilken effekt boligsprinkler har i forhold til andre type tiltak, som vakt, brannalarmanlegg, selvlukkere på dører og røyktette/ikke røyktette dører. Resultatene er her basert på beregninger.

Den andre bygningstypen er valgt fordi det eksisterer flere omsorgsboliger av denne typen og for å belyse problemstillinger rundt blokkering av rømningsvei i svalgang. Resultatene presentert i kap. 9.5 er basert på vurderinger.

Den tredje bygningstypen er valgt for å belyse problemstillinger forbundet med at omsorgstrengende blir boende i sin vanlige bolig. Hvordan vil brannsikkerheten i en flermannsbolig påvirkes av at en eller flere av boenhetene er bebodd av omsorgstrengende personer? Resultatene presentert i kap. 9.6 er basert på vurderinger.

9.2 Beregningsmodellene

Beregningsmodellene, forutsetninger og antakelser som er benyttet for å bestemme konsekvensene av de ulike scenariene i eksempel 1 (kap. 9.4) er beskrevet i vedlegg E, side 65.

Her nevnes noen av forutsetningene og antagelsene beregningene er basert på:

- Det forutsettes at brannen starter som en flammebrann og at effektutviklingen tilsvarer en brann i en lenestol.
- Etter at sprinkleranlegget er blitt aktivert, forutsetter en at utviklet varmeeffekt til brannen faller til en tredel av verdien før sprinkleranlegget utløses. Sprinkleranlegget greier altså ikke å slokke brannen helt, men brannens effektutvikling blir altså dempet til ca en tredel av verdien før utløsning av sprinkleranlegget.
- Temperaturberegningene er konservative. I tillegg til at varmeeffekten faller til en tredjedel når sprinkleranlegget utløses, vil vandusjen fra sprinkleren ha en kjøleeffekt på branngassene. I beregningsmodellen er det ikke regnet med denne kjøleeffekten. NBLs vurdering er at denne kjøleeffekten vil redusere temperaturen ned til 60% av beregnet temperatur.
- Ved åpen dør forutsettes det at røyken sprer seg inn i naborommet først når røyksjiktet har nådd under den øvre karmen til døra.

9.3 Kriterier for kritisk tilstand

I beregningene er følgende kriterier benyttet for å angi kritisk tilstand for at personer overlever:

- CO-dose: 64 000 ppm x min
- CO-konsentrasjon: 6 400 ppm
(fører til bevisstløshet og mulig død i løpet av 10-15 minutter)
- Temperatur: 205°C (maksimal toleransetid er mindre enn 4 min.)

Dette er grenser for hva personer kan eksponeres for før de dør. Ved branntekniske analyser og beregninger benyttes ofte kriterier for udyktiggjøring i forhold til å kunne evakuere selv. I omsorgsboliger har vi antatt at evnen til å evakuere selv er liten. Kriterier som angir hvor lenge det er mulig å redde beboere, er derfor lagt til grunn.

Ved brann produseres flere giftige avgasser og kritiske tilstander oppstår som regel som et resultat av et samvirke mellom forskjellige giftige gasser. Den største forgiftningstrusselen ansees ofte å være karbondiosyd, CO. Den finnes som regel i store mengder, selv om det kan finnes gasser som er mer giftig. Hvor mye CO personer tåler avhenger av bl.a. alder og helsetilstand. Eldre personer og barn tåler mindre enn andre aldersgrupper. Videre er konsentrasjonen og tiden personen

eksponeres av betydning. CO-dosen (CO-konsentrasjonen x tiden) er derfor et bedre mål enn CO-konsentrasjonen.

Vedlegg D inneholder en nærmere beskrivelse av giftige avgasser ved brann og hvilke kritiske grenser som er satt i ulike litteraturkilder.

9.4 Eksempel 1 – Omsorgsboliger med felles oppholdsrom og korridor

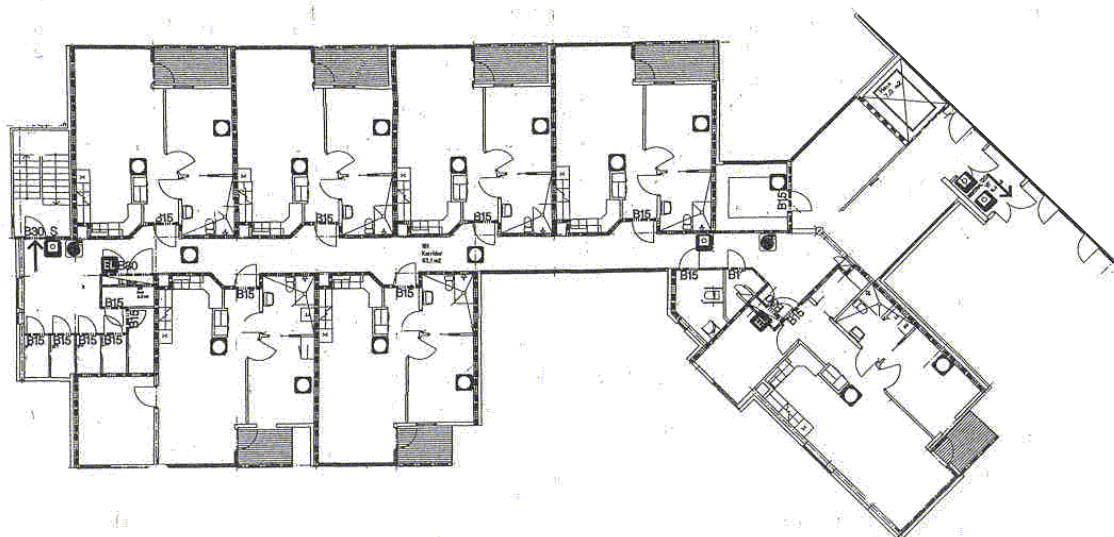
9.4.1 Analyseobjekt

Bergseng bo- og servicesenter er benyttet som analyseobjekt. Tre personer omkom i en brann i dette bo- og servicesenteret den 18. mars 2001. Denne analysen er avgrenset til 1. etasje og den seksjonen av bygningen som brannen begrenset seg til (jfr Figur 7). Bygget består av tre etasjer, underetasje, første etasje og andre etasje. Bygget er inndelt i to seksjoner, skilt med seksjoneringsvegg.

Seksjonen som analyseres består av 7 leiligheter, alle med inngang fra en korridor som går midt gjennom seksjonen. Hovedinngangen ligger i ene enden av korridoren med utgang direkte til terreng. I andre enden av korridoren er en rømningstrapp med utgang til det fri på underetasjenivå. Da bygningen ligger i skrånende terreng, har leilighetene i 1. etasje ikke direkte utgang til terreng, men hver leilighet har utgang til egen balkong.

Ved hovedinngangen, i den ene enden av korridoren, er et fellesareal som benyttes som oppholdssone/pratekrok, som er møblert med sofa og stoler. Fra denne sonen er det dør inn til et felleskjøkken.

Hver leilighet er egen branncelle med branncellebegrensende vegger med klasse B30. I leilighetene er det et soverom, stue og kjøkken i samme rom (heretter kalt stue) og bad.



Figur 7 Plantegning av analyseobjektet.

9.4.2 Brannscenarier

Brannforløp

Det kan oppstå mange ulike brannutviklingsforløp. Her er det valgt å analysere effekten av to ulike kritiske branner:

1. Brann som utvikler seg raskt og gir kritiske forhold for overlevelse i startbrannrommet etter kort tid. Her er det tatt utgangspunkt i en flammebrann i en stol som vil kunne gi overtenning i et normalt oppholdsrom innen 3-5 minutter.
2. Langsom utviklende brann som gir kritisk tilstand for overlevelse etter 10 minutter etter aktivering av røykvarsler. Det kan være en ulmebrann (glødebrann) som utvikler så mye CO at kritisk dose oppnås etter 10 minutter.

Boligprinkler vil ikke virke på en ulmebrann (glødebrann), beskrevet i pkt. 2 over, fordi temperaturene i rommet vil ikke bli så høye at sprinkleren utløses. En vakt vil kunne redde personen i startbrannrommet, dersom vekten hører røykvarsleren eller det er installert brannalarmanlegg.

Konsekvenser av den første brannen er svært avhengig av hvorvidt dører er lukket eller åpne og hvor brannen starter. Det er foretatt beregninger av brann start i flere type rom og med en rekke ulike dørposisjoner (jfr. Tabell 4). Konsekvenser av brannen med de ulike dørkombinasjonene er beregnet *med* og *uten* boligsprinkler (angitt som henholdsvis scenario nr A (med boligsprinkler) og B (uten boligsprinkler)).

Tabell 4 Brannscenarier. A-scenarier er *med* boligsprinkler og B-scenarier er *uten* boligsprinkler. Stue er betegnelsen for rommet som består av stue og kjøkken.

Startbrann-område	Start-brannrom	Dør	Dør-posisjon	Scenario nr
Leilighet	Brann i soverom	Soverom-stue	Lukket	1A og 1B
		Stue-korridor	Lukket	
		Soverom-stue	Åpen	2A og 2B
		Stue-korridor	Lukket	
	Brann i stue	Stue-soverom	Lukket	3A og 3B
		Stue-korridor	Lukket	
		Naboleilighet-korridor	Lukket	
		Stue-soverom	Åpen	4A og 4B
		Stue-korridor	Åpen	
		Naboleilighet-korridor	Åpen	
Felles-område	Brann i felles-kjøkken	Felleskjøkken- fellesområde	Åpen	5A og 5B
		Fellesområde-korridor utenfor leiligheter	Åpen	
		Felleskjøkken- fellesområde	Åpen	6A og 6B
		Fellesområde-korridor utenfor leiligheter	Lukket	

9.4.3 Oppsummering av beregningsresultater – Eksempel 1

En oppsummering av resultatene som er beskrevet i de neste kapitlene (kap. 9.4.4 - 9.4.6) er presentert i Tabell 5 og Tabell 6. Se også vurderingen av andre tiltak i kap. 9.7.

Resultatene viser at med boligsprinkler vil det ikke oppstå kritiske tilstander i andre rom enn startbrannrommet. Mulighetene for å overleve i startbrannrommet øker også for de som må vente på at andre får dem i sikkerhet.

Uten boligsprinkler kan det bli kritisk i startbrannrommet innen 3 minutter. Er døren fra startbrannleiligheten åpen ut til korridor, tar det omlag 3-10 minutter før brannen sprer seg til en naboileilighet, dersom også den har døren åpen ut til korridoren.

Tabell 5 En oppsummering av beregningsresultatene for brann i soverom og brann i stue i en omsorgsleilighet. Tegnene (- +) angir hvorvidt det oppstår kritisk (dødelig) tilstand eller ikke i angitt rom i løpet av 15 minutter etter brannstart.

	Brann i soverom				Brann i stue			
	Sprinkler		Ikke sprinkler		Sprinkler		Ikke sprinkler	
	Åpen dør ³	Lukket dør	Åpen dør ³	Lukket dør	Åpen dør	Lukket dør	Åpen dør	Lukket dør
Scenario nr	2A	1A	2B	1B	4A	3A	4B	3B
Soverom	-/+	+	-	-	+	+	-	-
Stue	+	+	-	+	-/+	-/+	-	-
Korridor	+	+	+	+	+	+	-	+
Naboleilighet	+	+	+	+	+	+	-	+

Tegnforklaring:

- Kritisk (dødelig) tilstand oppstår.
- + Ingen kritisk (dødelig) tilstand.
- /+ Kan oppstå kritiske tilstander for personer som trenger hjelp for å evakuere.

Tabell 6 En oppsummering av beregningsresultatene for brann i felleskjøkken. Døren mellom felleskjøkkenet og fellesområdet/pratekroken er åpen i alle scenariene. Tegnangivelsen er som tabellen over.

	Brann i felleskjøkken			
	Sprinkler		Ikke sprinkler	
	Ingen dør ⁴	Dør ⁵	Ingen dør	Dør
Scenario nr	5A	6A	5B	6B
Felleskjøkken	+	+	-	-
Fellesområde/-pratekrok	+	+	-	-
Korridor utenfor leilighetene	+	+	-	+
Leilighet med åpen dør til korridor	+	+	-	+

³ Døren er åpen mellom soverom og stue, men døren fra leiligheten ut til korridoren utenfor leilighetene er lukket.

⁴ Det er ingen dør mellom korridoren utenfor leilighetene og fellesområdet/pratekroken, dvs et stort åpent område.

⁵ Korridoren utenfor leilighetene og fellesområdet/pratekroken er adskilt med en dør som er lukket (se Figur 9).

9.4.4 Resultater – Brann i soverom

I det følgende presenteres hovedresultatene av beregningene for brann i soverom med brannforløp 1 (jfr kap. 9.4.2). En oppsummering av resultatene finnes i Tabell 5 på side 26, og en fyldigere utdyping av resultatene finnes i vedlegg D.

Brann i soverom – med boligsprinkler (scenario 1A og 2A)

- Ingen overtenning i soverommet, og ingen spredning av brannen til stue (som er naborommet).
- Sprinkler utløses etter ca 2,5 minutter.
- Brannalarmanlegg aktiveres etter knappe 10 sek.
- Kan oppstå kritiske tilstander i soverom.
Med åpen dør mellom soverom og stue oppstår kritisk CO-konsentrasjon på samme tidspunkt som sprinkler aktiveres. Denne CO-konsentrasjonen må imidlertid vedvare i 10-15 minutter for at den skal være dødelig, og slike tilstander oppnås ikke etter at sprinkleren aktiveres.
- Ikke kritisk tilstand i andre rom enn startbrannrommet (soverom).
- Røyken blir omrørt når sprinkler aktiveres og sikten reduseres.

Brann i soverom – uten boligsprinkler (scenario 1B og 2B)

- Kritisk tilstand oppstår i soverommet etter 2,5-3 minutter.
- Overtenning skjer etter knappe 3 minutter.
- Brannalarmanlegg aktiveres etter knappe 10 sek.
- Hvorvidt dører er lukket eller ikke har stor betydning for omliggende rom.
Med *lukket* dør inn til soverommet oppstår ikke kritisk situasjon i andre rom i løpet tiden som her studeres, dvs 15 minutter.

Med *åpen* dør mellom soverom og stue oppstår kritiske tilstander i stue etter 3-10 minutter.

9.4.5 Resultater - Brann i stue

En oppsummering av resultatene som beskrives i dette kapitlet, finnes i Tabell 5 og en fyldigere utdyping av resultatene finnes i vedlegg D.

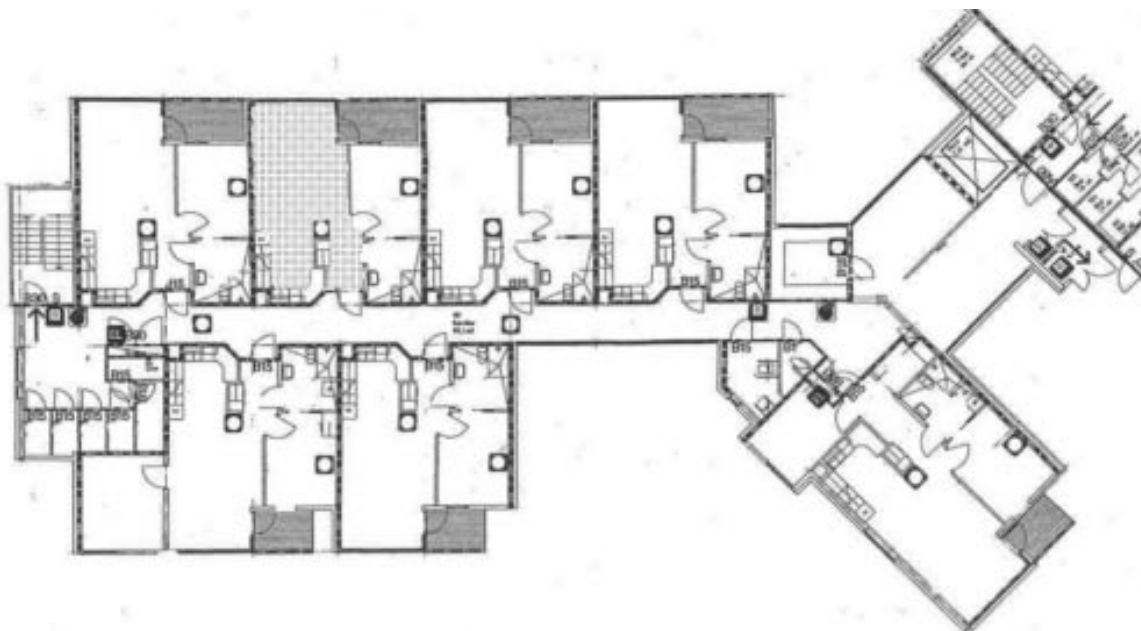
Brann i stue – med boligsprinkler (scenario 3A og 4A)

- Ingen overtenning i stue, og ingen spredning av brannen til naborom.
- Sprinkler utløses etter ca 2,5 minutter.
- Brannalarmanlegg aktiveres etter knappe 10 sek.
- Kritiske tilstander kan oppstå i stue.
Temperaturen i øvre røykgass-siktet er over 205°C en kort periode (15-30 sek.) før sprinkler aktiveres, men temperaturen synker raskt slik at den flater ut til godt under 100°C.
- Ikke kritisk tilstand i andre rom enn startbrannrommet (stue).
- Røyken blir omrørt når sprinkler aktiveres og sikten reduseres.

Brann i stue – uten boligsprinkler (scenario 3B og 4B)

- Kritisk tilstand oppstår i stue etter 2,5-3 minutter.
- Overtenning skjer etter 3 minutter.
- Brannalarmanlegg aktiveres etter knappe 10 sek.
- Hvorvidt dører er lukket eller ikke har stor betydning for omliggende rom.
Med *lukket* dør mellom stue og soverom, vil kritisk CO-dose oppstå etter 12 minutter i soverommet. Med lukket dør mellom leiligheten og korridor vil ikke kritiske tilstander oppstå i løpet tiden som her studeres, dvs 15 minutter.

Med *åpen* dør mellom leilighet og korridor og åpen dør mellom stue og soverom, vil brannen (flammene) spre seg til korridor og soverom etter omlag 3 minutter. Dersom en naboileilighet har åpen dør ut til korridor, vil brannen kunne spre seg til naboileiligheten i løpet av 3-10 minutter. Dersom brannvesenet er på stedet etter 10 minutter vil derfor brannen ha fått et omfattende tak på bygningen.



Figur 8 Brann i stue (skravert område) i en omsorgsleilighet.

9.4.6 Resultater – Brann i felleskjøkken

En oppsummering av resultatene som beskrives i dette kapitlet, finnes i Tabell 6 og en fyldigere utdyping av resultatene finnes i vedlegg D.

Brann i felleskjøkken – med boligsprinkler (scenario 5A og 6A)

Åpen dør mellom felleskjøkken og fellesområde/pratekrok utenfor felleskjøkken. Det er ingen dør mellom fellesområde/pratekrok og korridoren utenfor leilighetene.

- Ingen overtenning i felleskjøkken, og ingen spredning av brannen til naborom.
- Sprinkler utløses etter ca 2,5 minutter.
- Brannalarmanlegg aktiveres etter knappe 10 sek.
- Ikke kritisk tilstand i felleskjøkken.
Temperaturen er over kritisk temperatur en kort periode (15-30 sek.) før sprinkler aktiveres, men temperaturen synker raskt til under kritisk nivå. Ingen vil oppholde seg lenge i felleskjøkkenet.
- Ikke kritisk tilstand i andre rom.
- Røyken blir omrørt når sprinkler aktiveres og sikten reduseres.

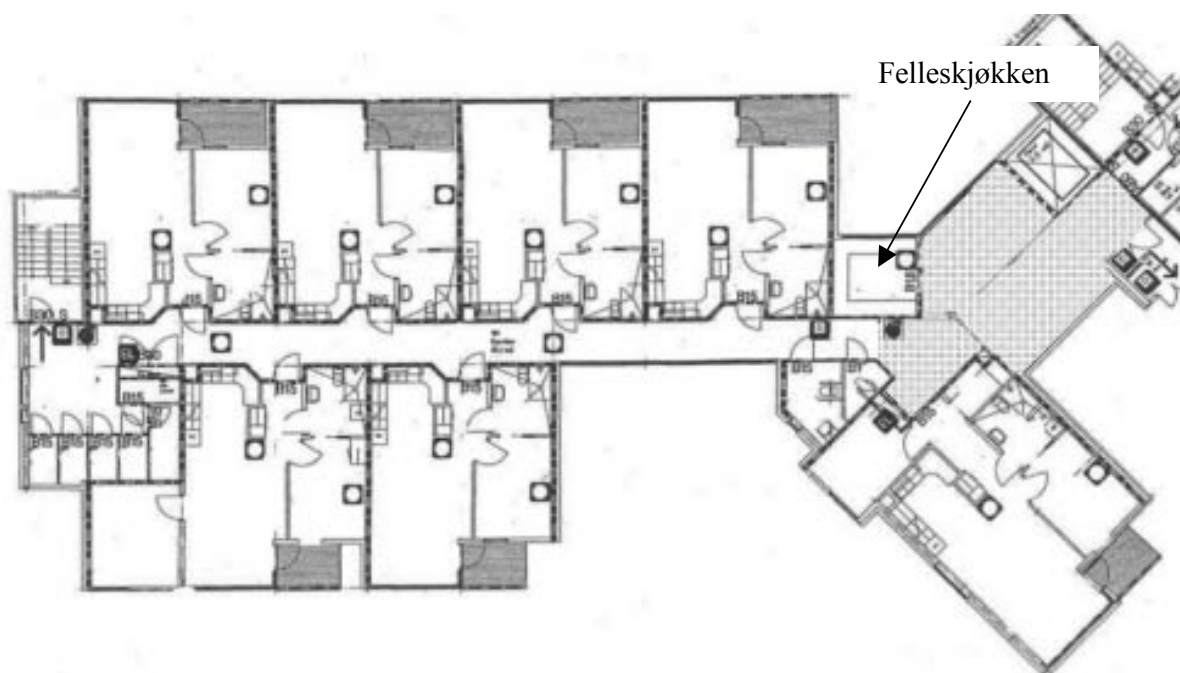
Brann i felleskjøkken – uten boligsprinkler (scenario 5B og 6B)

- Kritisk tilstand oppstår i felleskjøkken etter 2,5-3 minutter.
- Overtenning skjer etter 3 minutter.
- Brannalarmanlegg aktiveres etter knappe 10 sek.

Det er undersøkt hvilken betydning en oppdeling av det store åpne arealet bestående av fellesområde/pratekrok og korridor utenfor leilighetene vil ha. Arealet er delt i to med en dør i enden av leilighetskorridoren (jfr. Figur 9).

- *Lukket dør* mellom fellesområde/pratekrok og korridoren utenfor leilighetene: Kritiske tilstander oppstår i fellesområdet/pratekrok etter 5 - 7 minutter. I korridoren utenfor leilighetene vil det ikke oppstå kritiske tilstander i løpet av analysetiden på 15 minutter.
- *Ingen dør* mellom fellesområde/pratekrok og korridoren utenfor leilighetene: Kritiske tilstander oppstår i fellesområdet/pratekrok og korridoren utenfor leilighetene omlag 5-10 minutter.

Dersom døren til en leilighet står åpen vil kritiske tilstander oppstå etter 8-12 minutter.



Figur 9 Skravert område viser fellesområde/pratekrok utenfor felleskjøkken, avgrenset med dør mot korridor utenfor leilighetene.

9.5 Eksempel 2 – Omsorgsboliger med svalgang og utendørs boligsprinkler

9.5.1 Problemstillinger

Flere av omsorgsboligene som eksisterer er bygget med svalgang. I 1995 ble 10 av 22 leiligheter i en slik bygning i Søre Ål bo- og sevesesenter på Lillehammer, totalskadet i brann. Ytterligere 3 leiligheter ble delvis røyk- og brannskadet, men heldigvis ble det ingen personskader.

Det ble avdekket flere avvik fra Byggeforskriften etter brannen og dette bidro til at omfanget av brannen ble så stort. Utformingen av svalgangen avvek fra forskriftskravene ved at:

- det var for lange rømningsveier (Avstand fra leilighet til nærmeste trapp var opp til 42m. Kravet da bygget ble satt opp var høyst 15 m, når det bare finnes én trapp eller utgang.)
- svalgangsgolvvet hadde for liten brannmotstand.
- utilstrekkelig brannsikring av tak over svalgangen.

I prinsippet hadde disse leilighetene i andre etasje kun én rømningsvei, nemlig svalgangen med én trapp ned til terrengnivå. Da brannvesenet ankom var svalgangen overtent. Hadde brannen inntruffet på natten og brannvesenet hadde vært eneste bistand til evakuering, ville utfallet mht omkomne kunne ha blitt katastrofalt.

Mer detaljer om brannen i Søre Ål finnes i egen rapport (Statens bygningstekniske etat, 1995).

I utkast til ny veiledning til Byggeforskriften (Statens bygningstekniske etat, 2002) kreves to trappeløp ved bygging av svalgang. Et stort antall omsorgsleiligheter under samme tak, er bygget som bolig (risikoklasse 4). Forutsetningene for slike bygninger er at alle beboerne kjenner til rømningsveiene og kan bringe seg i sikkerhet ved egen hjelp. Rømningsvei(e) er i flere slike bygninger ofte ikke utført som branncelle. I bygninger hvor personer ikke er i stand til å evakuere selv, er det behov for at rømningsveiene er intakte i lengre tid enn i vanlige boliger. Svalganger og korridorer i omsorgsboliger bør derfor være egen branncelle. Vinduer ut mot svalgang og korridor må ha samme brannmotstand som resten av veggen. En må forvente at flere beboere i omsorgsboliger trenger hjelp for å redde seg, og derfor bør omsorgsboliger utføres i risikoklasse 6 (samme krav som institusjon).

I prosjektperioden har det dukket opp et par spørsmål om bruk av boligsprinkler for å bedre sikkerheten på eksisterende bygninger. Svar på spørsmålene er gitt i neste kapittel.



Figur 10 Fra brannen i Søre Ål bo- og servicesenter (Brann & Sikkerhet, 2002).

9.5.2 Svalgang og boligsprinkler - Spørsmål og svar

Følgende spørsmål og svar er stilt i forhold til omsorgsboliger med felles ytre svalgang:

1. *Dersom en brann starter ute på svalgangen, vil utendørs boligsprinkler med frostvæske f.eks. glykol, i svalgangen ha effekt på brannen?*

Det finnes ikke tilstrekkelig dokumentasjon på at en slik løsning vil ha tiltenkt effekt.

Effekten vil være svært avhengig av vindforhold. En fare er at vind kan medføre at retningen på røyk og flammer fører til at sprinkler utløses andre steder enn nærmest brannen, som en ønsker. Vannet vil dermed ikke treffe brannen i startfasen, slik at den kan dempes eller kontrolleres.

Et alternativ til utvendig boligsprinkling kan være utvendig fasadesprinkling. Ved utvendig sprinkling er det vanligvis ikke tale om et tradisjonelt sprinkleranlegg med sprinklerhoder som utløses ved en gitt temperatur. Ved de fleste anleggene som er montert er det åpne rør tilknyttet tørre rør. Det vil si såkalte delugeanlegg der vannet slippes fram til dysene ved at en ventil åpner for vanntilførsel. Denne form for utvendig sprinkler er benyttet på verneverdige trebygninger. Denne type anlegg krever langt større vannmengder enn vanlig boligsprinkleranlegg.

2. *Vil et utendørs boligsprinkleranlegg (med frostvæske) forhindre spredning av brann fra en leilighet uten boligsprinkler bortover svalgangen?*

Nei, en kan ikke forvente at et boligsprinkleranlegg vil kunne dempe eller kontrollere en fullt utviklet brann. For å hindre brannspredning fra en leilighet til en annen må boligsprinkler installeres i leilighetene. Se forøvrig også kommentarene til forrige spørsmål.

9.6 Eksempel 3 – Omsorgsbolig i eksisterende flermannsbolig

9.6.1 Problemstillinger

Det er en uttalt målsetting fra sosial- og helsedepartementet at omsorgshjelpen skal komme til den hjelpetrengende og den hjelpetrengende skal ikke måtte flytte dit hjelpen finnes. Det er dermed et ønske om at alle skal få bo i sine hjem så lenge som mulig. Dette betyr at stadig flere omsorgstrengende blir boende i eksisterende boliger. Dette er personer som vil ha liten evne til å evakuere selv. Dette vil påvirke sikkerhetsnivået for den omsorgstrengende og øvrige beboere i flermannsboligen. Når vil det være påkrevd med ekstratiltak for å opprettholde forsvarlig brannsikkerhet? Under besvares noen spørsmål mht hvilken effekt boligsprinkler vil ha i leiligheter med omsorgstrengende i en flermannsbolig.

9.6.2 Omsorgsleilighet i vanlig flermannsbolig - Spørsmål og svar

1. *Dersom kun omsorgsleiligheten boligsprinkles, hvilken effekt vil den ha på en brann som starter i omsorgsleiligheten?*

Effekt på beboer(e) i omsorgsleilighet:

- En kan forvente samme effekt som vist i eksempel 1 når brann starter i omsorgsleiligheten, dvs
 - Dersom beboeren oppholder seg i startbrannrommet og er avhengig av hjelp for å evakuere, vil sannsynlighet for å overleve øke med 50%.
 - Boligsprinkler vil forlenge tid til kritisk tilstand oppstår, spesielt dersom beboeren oppholder seg i et annet rom enn startbrannrommet. Tid til kritisk tilstand er svært avhengig av hvor brannen oppstår, brannveksthastigheten og dørposisjoner (jfr eksempel 1 i kap. 9.4).

Effekt på beboere i naboileiligheter:

- Boligsprinkler vil hindre at en brann i omsorgsleiligheten sprer seg til naboileiligheter.
- For å sikre god sikt i felles rømningsvei som trapperom, er det viktig at døren til startbrannleiligheten er lukket.

2. Dersom *kun* omsorgsleiligheten boligsprinkles, hvilken effekt vil den ha på en brann som starter i en annen leilighet (uten boligsprinkler) i bygningen?

- Boligsprinkler i omsorgsleilighet vil ha minimal effekt på en brann som starter i en naboileilighet og sprer seg til omsorgsleiligheten.
- Boligsprinkler er dimensjonert for å dempe eller kontrollere en brann i startfasen og har mindre effekt på en fullt utviklet brann. For å kontrollere denne type branner, må alle leilighetene i bygningen boligsprinkles.

9.7 Andre tiltak i omsorgsleiligheter enn boligsprinkler

9.7.1 Vakt

Det er utført beregninger for å estimere hvilken effekt en vakt vil ha i et bo- og servicesenter.

Generelt om effekt av vakt

Vakten(e)s effekt på brannsikkerheten er avhengig av flere forhold. Tidlig varsel og kort tid til oppmøte har avgjørende betydning. Effekten av vakt er videre avhengig av følgende forhold:

- vakten(e)s slokkeinnsats (trening og utstyr tilgjengelig)
- antall vakter tilstede
- antall personer som trenger hjelp for å evakuere
- grad av førlighet hos beboerne (dvs hvor mye hjelp de trenger).

Vi antar at hver beboer må følges ut til sikkert sted. Ganghastigheten og tiden vakten bruker til å forberede beboeren på forflytning, er avhengig av om personen er våken eller sover og behovet for hjelp, som vist i Tabell 7.

Tabell 7 Tid en vakt trenger for å forberede en omsorgstrengende på forflytning og ganghastighet etter beboerens behov for hjelp.

Beboerens behov for hjelp	Våken [s]	Sover [s]	Ganghastighet [m/s]
Stort behov	15	30	0,6
Litt behov	10	20	0,9
Ikke behov	5	10	1,2 ⁶

Effekten av vakt i Bergseng bo- og servicesenter

Dersom vi antar at én av evakueringsveiene er blokkert og at alle skal evakuere gjennom korridoren (se Figur 7), vil lengste evakueringsvei i brannseksjonen som her analyseres være omlag 50 m og korteste avstand vil være 28 m. Gjennomsnittlig gangavstand pr beboer blir derfor omlag 40 m. Gjennomsnittlig tid for å redde én beboer som sover (40 m rømningsvei) blir som vist i Tabell 8. I tillegg kommer tiden før vakt er fremme til første beboer.

Tabell 8 Gjennomsnittlig tid for å redde én beboer som sover (40m rømningsvei).

Beboerens behov for hjelp	Forberedelses-tid [s]	Forflytnings-tid [s]	Forflytningstid tilbake ⁷ [s]	Evakueringstid [s]
Stort behov	30	67	33	130
Litt behov	20	44	33	97
Ikke behov	10	33	33	76

En brann i felleskjøkkenet uten boligsprinkler (scenario 5B) medfører at kritiske tilstander i korridoren utenfor leilighetene og fellesområde/pratekrok, oppstår etter 5 -11 minutter etter at brannen starter. Da er det snakk om kritiske tilstander som medfører død. Kritiske tilstander for sikt oppstår etter 4 minutter. *Vi antar at en vakt vil kunne foreta redningsarbeid i 4 minutter fra brannstart og at vakten foretar kun redningsinnsats og ikke slokkeinnsats.*

Én vakt som kan starte redningsinnsatsen med en gang alarmen går vil *maksimalt* kunne redde 2 personer med stort behov for hjelp og 2-3 personer med litt behov for hjelp via korridoren. Dersom alle beboerne har behov for hjelp for å evakuere, vil ikke en vakt ha muligheter til å få alle ut. Dersom boligsprinkler er installert vil ikke kritiske tilstander oppstå i rømningsveien (pratekrok/fellesområde og korridor utenfor leiligheter).

I beregningseksemplet over, er det kun sett på hvor mange vakten greier å få ut dersom brannen får utvikle seg uten menneskelige inngrep. Normalt vil en vakt iverksette tiltak som reduserer konsekvensene ved en brann, som å slokke brannen på et tidlig stadium, lukke døren inn til startbrannrommet, få varslet beboere som har muligheter til selv å rømme og få varslet andre som kan hjelpe.

Sprinkler vil ikke virke på en ulmebrann (glødebrann), fordi temperaturene i rommet vil ikke bli så høye at sprinklern utløses. En vakt vil kunne redde personen i startbrannrommet, dersom vakten hører røykvarsleren eller det er installert bannalarmanlegg.

⁶ Høyeste ganghastighet i henhold til Byggforskseriens Byggetaljer, 1997

⁷ Forflytningstid for vakt fra sikkert sted tilbake for å redde en ny beboer (ganghastighet 1,2 m/s)

9.7.2 Dører

Generelt om effekt av lukkede dører

Hvorvidt dører står åpne eller er lukket har stor betydning for røykspredning og brannspredning. Ser vi på inntrufne branner, skyldes omfanget brannene har fått i mange tilfeller at dører har stått åpne. Tiltak som bidrar til at dører holdes lukket ved brann, er derfor effektive. Det kan være vakter som er trent til dette eller dører med magnetholdere eller lignende.

Effekt av lukkede dører i Bergseng bo- og servicesenter

Dersom det store åpne arealet bestående av fellesområde/pratekrok og korridor utenfor leiligheter deles i to med en vegg med en dør, vil dette ha stor betydning for rømningsmulighetene for beboerne dersom en brann oppstår i felleskjøkkenet. Med dør vil det ikke oppstå kritiske tilstander i korridoren utenfor leilighetene, men uten dør (eller åpen dør) vil kritiske tilstander oppstå etter 5-10 minutter.

En brann i stue i en leilighet vil med åpen dør til korridor gi kritiske tilstander i korridoren etter omlag 3-10 minutter. Holdes døren lukket vil ikke kritiske tilstander oppstå i korridoren i løpet av de 15 minuttene som studeres.

Med boligsprinkler vil hverken bli kritiske tilstander i korridoren om døren til leiligheten står åpen eller igjen.

En vanlig innvendig lukket dør i bolig vil hindre brannspredning til naborom i omlag 10-20 minutter, dvs inntil brannvesenet er på plass (dersom de får tidlig varsel).

Røyktette dører

Røyktette dører gir en ekstragevinst med hensyn til å redusere røykspredning og dermed øke rømningsmulighetene i forhold til ikke røyktette dører.

Dersom en brann oppstår i stue i en leilighet, vil ikke kritiske tilstander⁸ oppstå i korridoren med lukket dør, hverken med røyktett eller ikke røyktett dør (jfr. Tabell 9) mellom leilighet og korridor. Forskjellen vil vises i sikten i korridoren. Med røyktett dør vil sikten være akseptabel i over 15 minutter, mens den vil være akseptabel i 6 minutter med ikke røyktett dør.

For å sikre at en røyktett dør står igjen, bør den være selvlukkende.

Tabell 9 Lekkasjerater for røyktette og ikke røyktette dører.

Type dør	Lekkasjerate [m ³ /time]
Røyktett	20
Ikke røyktett	80

Glassfelt i dører

I mange eldre bygårder er dørene inn til leilighetene utført med glassfelt. Dette kan være uklassifiserte dører og det er sannsynlig at glasset knuses før døren brister som følge av brannen.

⁸ I løpet av analysetiden som er 15 minutter.

Ett-lags glass (3mm) forventes å knuse ved 340°C og tykkere glass (4-6mm) ved 450°C (Babrauskas, 1997). Dette kan medføre at felles trapperom og rømningsvei forholdsvis raskt kan bli røykfyllt og hindre evakuering. Dette er spesielt en fare for sikkerheten til de personer som er avhengig av hjelp for å evakuere. En må forvente at flere hjelpetrengende bor hjemme i sin egen bolig i årene fremover, nå når det er besluttet at hjelpen skal komme dit den trengs. Omsorgstrengende skal i prinsippet ikke behøve å flytte dit hjelpen er.

Dører med trådglassvindu vil være betydelig bedre evne til å holde glasset på plass.

9.7.3 Vindu mellom leiligheter og korridor

Mange omsorgsboliger har vinduer mellom leilighetene og fellesområder som f.eks. korridor (eller svalgang). I henhold til byggeforskriften skal slike vinduer ha samme brannmotstand som resten av veggene. Det viser seg imidlertid at så ikke er tilfellet i alle omsorgsboliger som er tatt i bruk. Dette vil redusere brannsikkerheten for beboerne.

Et to-lags vindu forventes å knuse når en brann går til overtenning (Babrauskas, 1997). Med brann i stue som beskrevet i scenario 3B, vil et slikt vindu ut mot korridoren forventes å knuses etter vel 3 minutter. Konsekvensene etter at vinduet er knust, blir omtrent som om døren ut til korridoren står åpen (scenario 4B).

9.7.4 Brannalarmanlegg

Det er viktig at evakueringshjelp kommer så raskt som mulig til de som trenger hjelp for å evakuere. I en omsorgsleilighet er det ikke tilstrekkelig med vanlig røykvarsler, som det er krav til i boliger. Det bør installeres alarm til andre (naboer, vaktentral, brannvesen o.l.) som kan iverksette evakuering og slokking. Alarmen bør kunne utløses manuelt (f.eks. trygghetsalarm) og automatisk (røykdetektor med direkte varsel til andre). Dette gjelder både for boliger som er bygd som omsorgsboliger og omsorgsboliger i flermannsbolig med ”normale” beboere.

Det bør vurderes om andre tiltak bør kobles til brannalarmanlegget som f.eks. styring av branndører med holdemagneter.

Brannalarmanlegg aktiveres av røyk og aktiveres derfor raskere enn boligsprinkler. I beregningseksemplene i kap. 9.4 aktiveres brannalarmanlegget etter knappe 10 sekunder. Brannalarmanlegget på Bergseng bo- og servicesenter, har en tidsforsinkelse på 2 minutter for at en unødig alarm skal kunne avstilles før direktevarsel til brannvesenet utløses. Dersom to detektorer løser ut innenfor to minutter, fører dette umiddelbart til direktealarm til brannvesenet. Det kan dermed ta over 2 minutter før varselet går til brannvesenet, rett før startbrannrommet blir overtent uten boligsprinkler. Med ytterligere 10 minutters innsatstid vil brannen kunne få et omfattende tak på bygningen.

9.7.5 Tiltak for å hindre brann

De mest effektive tiltakene er å fjerne mest mulig brennbart materiale, noe som ikke alltid er forenlig med aktiviteten som skal foregå i bygningen, og å redusere mulige tennekilder. Videre er det effektivt å hindre at en antennelse får utvikle seg til en brann. Dette kan være tiltak som tidsbrytere på elektriske artikler, komfyralarm og at en sikrer at elektrisk utstyr er i orden.

10 Nytte/kost-effekt av å sprinkle omsorgsboliger

10.1 Hvordan måle nytte/kost?

Hensikten med boligsprinkling er først å fremst å hindre at personer dør som følge av brann. De aller fleste dødsbranner skjer i boliger (omlag 95%) og i de aller fleste dødsbrannene (85-90%) er det én person som omkommer (Hansen, 1995). Boligsprinkler vil redusere sannsynligheten for at personer som oppholder seg i boenheten hvor brannen starter, omkommer. Den vil i tillegg redusere sannsynligheten for storulykker, dvs at flere personer omkommer i samme boenhet eller flere personer i ulike boenheter omkommer i samme brann. Det siste er svært viktig aspekt i omsorgsboliger.

Foruten å være et personrettet tiltak vil boligsprinkler også redusere omfanget av branner og dermed gi en gevinst i form av reduserte materielle tap ved brann.

Kostnadselementer forbundet med boligsprinkler er installasjonskostnader, kostnader forbundet med kontroller og eventuelle vedlikeholdskostnader (sjeldent).

Tabell 10 Nytte- og kostnadselementer av å installere boligsprinkler.

Nytte	Kostnad
<ul style="list-style-type: none"> • færre døde i brann • færre katastrofebranner • mindre materielle tap ved brann 	<ul style="list-style-type: none"> • installasjon • kontroll og vedlikehold

10.2 Nytte/kostnad av å installere boligsprinkler i omsorgsboliger

Nytte/kostnadsberegninger

En nytte/kostnadsanalyse av å installere boligsprinkler i omsorgsboliger er utført.

Underlagsmaterialet, forutsetninger og antakelser for nytte/kostnadsanalysen finnes i vedlegg A.

Det er beregnet gevinsten ved at mindre materielle verdier går tapt ved brann når sprinkler utløses og gevinst i form av verdien på sparte menneskeliv. Gevinsten pr år er omregnet til nåverdi.

Gevinsten er avhengig av hvilken realrente som brukes. I beregningene er det vist hvilken gevinst som oppnås med en realrente på henholdsvis 4,5% og 7%. Realrenten forandrer seg fra år til år. I dag er den omlag 6,5% og for 5 år siden var den nede på 4,5%.

Kostnadene pr år for å installere boligsprinkler i omsorgsboliger er avhengig av hvor mange leveår en antar et boligsprinkleranlegg har. Det er her foretatt beregninger for henholdsvis 30, 40 og 50 års levetid.

Skal sprinkling være kostnadseffektivt må forholdet:

$$\frac{\text{Nytte}}{\text{Kostnad}} > 1$$

Resultater av nytte/kostnadsberegninger

Beregningene viser at det er kostnadseffektivt å boligsprinkle omsorgsboliger (se Tabell 11 og Vedlegg A). Nytte/kostnadsforholdet for å installere omsorgsboliger er:

$$\frac{\text{Nytte}}{\text{Kostnad}} = 1 - 4,5$$

Nytten kan være over 4,5 ganger så stor som kostnadene. De mest konservative beregningene viser at nytte og kostnader går i balanse.

En ytterligere gevinst, som kanskje er den største gevinsten en oppnår med boligsprinkling, er å redusere sannsynligheten for storulykker. Denne effekten er vanskelig å måle pga mangel på statistiske data.

Tabell 11 Oppsummering av nytte/kostnadsberegninger av å boligsprinkle omsorgsboliger.

	Real- rente	Nytte og kostnad		
		30-års periode	40-års periode	50-års periode
Gevinst (nytte) i nåverdi [millioner NOK pr år]	4,5	21 - 59	17 - 50	16 - 43
Kostnad [millioner NOK pr år]		16	12	9,5
Nytte/kostnads-forhold		1,3 - 3,7	1,4 - 4,1	1,6 - 4,5
Gevinst (nytte) i nåverdi [millioner NOK pr år]	7,0	16 - 45	13 - 36	11 - 30
Kostnad [millioner NOK pr år]		16	12	9,5
Nytte/kostnads-forhold		1,0 - 2,8	1,1 - 3,0	1,2 - 3,2

Referanser

Arvidson, Magnus og Larsson, Ida: Residential Sprinkler and High-Pressure Water Mist System. Test in a Living Room Scenario, SP Rapport 2001:16, Brandteknik, Borås 2001.

Arvidson, Magnus: An Initial Evaluation of Different Residential Sprinklers using Heat Release Rate Measurements, SP Rapport 2000:18, Brandteknik, Borås 2000.

Arvidson, Magnus: En sammenstilling av vildokumenterte brandforsøk med bostadssprinkler, SP Rapport 2001:03, Brandteknik, Borås 2001.

Arvidson, Magnus: Bostadssprinkler, en sammenstilling av erfaringer fra USA, Rådningsverket, Karlstad, 1998.

Robertson, John N.: Mandatory Sprinklers in Vancouver Ten Years on, Conference proceedings, volume 1, Interflam 2001, side 233-244, Edinburgh, 17-19 september 2001.

Ford, Jim: Automatic Sprinklers. A 10 Year Study, Rural/Metro Fire Department og Home Fire Sprinkler coalition, Scottsdale, Arizona, 1989. Finnes på www.nfsa.org/index2.htm (2001-01-15).

Babrauskas, V., Application of Predictive Smoke Measurements, Journal of Fire and Flammability, Vol 12, p.52, January 1981.

Babrauskas, V., Glass breakage in fires, Fire Science and Technology Incendiary. Web-side: <http://www.doctorfire.com/glass.html>, 1997.

Beever, P., Britton, M.: Research into Cost Effective Fire Safety Measures for Residential Buildings, Building Control Commission og Victoria University of Technology, Melbourne, Australia, 1999.

Belles, D.W.: Full-Scale Smoke Toxicity Tests in Furnished Rooms, Fire Journal, side 35-41, 83-85, mars 1985.

Braathen, Bjørn: Samtale med Bjørn Braathen i Techno Consult pr telefon, 2002.

Brann & Sikkerhet, nr 2, 2002.

Brannvern for hjemmeboende pleie- og omsorgstrengende, Utgitt av Statens helsetilsyn, DBE og BE, (2002-01-21 <http://www.dbe.no/Internett.asp>)

British Standard Institute: Fire Safety Engineering in Buildings. Part 1: Guide to application of fire safety principles, DD 240 : Part 1 : 1997.

Byggforskseriens Byggedetaljer 520.385 Sending 2 – 1997.

Cote, Arthur E.: Field Test and Evaluation of Residential Sprinkler Systems: Part I, Fire Technology, Volume 19, Number 4, november 1983.

Cote, Arthur E.: Field Test and Evaluation of Residential Sprinkler Systems: Part II, Fire Technology, Volume 20, Number 1, februar 1983.

Cote, Arthur E.: Field Test and Evaluation of Residential Sprinkler Systems: Part I, Fire Technology, Volume 20, Number 2, mai 1983.

DBE: Samfunnet og brannhyppighet, Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, 1999.

DBE: Bustadbrannar i Noreg – analyse av data om bustader, Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, 1999.

DBE: Brann- og uhellsstatistikk 2000, Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, Tønsberg 2001.

DBE: Tall fra deres brannstatistikk gitt pr telefon av Anne Myrestøl, 2002.

Fastlite 1996: Portier, R.W. et al.: FASTLite: Engineering Tools for Estimating Fire Growth and Smoke Transport, Department of Commerce, National Institute of Technology and Standards (NIST), Special Publication 899, April 1966.

FNH Finansnæringens Hovedorganisasjon: Opplysninger om tall fra deres brannårsaksstatistikk gitt pr telefon, 2002.

Forsikringssekskapenes godkjenningsevnd (FG) i samarbeid med Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern og statens bygningstekniske etat: Tekniske retningslinjer for dimensjonering, prosjektering og installering av sprinkler i bygninger for boligbruk opp til og med 4 etasjer, 1999.

Hartzell, Gordon E.: Understanding of Hazards to Humans. Advances in Combustion Toxicology, Volume one, side 19-37, 1989.

Hokstad, P. m.fl., Metode for å beregne personsikkerheten med hensyn til brann i bygninger, SINTEF Teknologeledelse, Sikkerhet og pålitelighet, 7465 Trondheim, april 1998.

Husbanken, e-mail-korrespondanse og samtaler pr telefon med Eli Tufto, 2002.

Kung, Hsiang-Cheng, Spauling, Robert D., Hill, Edward E. og Symonds, Alan P.: Field Evaluation of Residential Prototype Sprinkler Los Angeles Fire Test Program, Factory Mutual Research, Norwood, MA, USA prepared for Federal Emergency Management Agency, Wasington, D.C., USA, februar 1982.

Lawson, J.R., Quintiere, J.G., Slide Rule Estimates of Fire Growth, Fire Technology, Vol. 21, No. 4, November 1985, p. 267.

Mostue, Bodil Aamnes og Stensaas, Jan P.: Sikkerhetsnivået mht brann ved preaksepterte løsninger. Risikoanalyse av et bo- og servicesenter, SINTEF-rapport STF22 A00828, Trondheim, 2000.

Mostue, Bodil Aamnes: Evaluering av tiltak mot brann. Har røykvarslere, håndslukkingsapparater og sprinkleranlegg hatt effekt på brannsikkerheten i Norge? SINTEF-rapport STF22 A00853, Trondheim, 2000.

Mostue, Bodil Aamnes og Opstad, Kristen: Effekt av brannverntiltak – Vegger og sprinkler, SINTEF-rapport NBL A01118, Trondheim, 2001.

Meland, Ø. og Lønvik L.E.: Deteksjon av røyk. Rapport fra fullskala brannforsøk i Vesterskaun Skole januar 1989, SINTEF-rapport STF25 A89010, Trondheim, 1989.

Norsk brannvern forening, e-mail-korrespondanse med Frank Elton, 2002.

Norges forsikringsforbund: Brannårsaksstatistikk. 1998 foreløpige tall, 1997 endelige tall, mai 1999.

Olsson, F.: tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Sverige, 1999.

prEN 13501-2_2000 (CEN/TC 127 N1647): European standard – Fire Classification of construction products and building elements – Part 2 Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services, 1998.

Pryor, A.J.: Full Scale Evaluation of the fire Hazard of Interior Wall Finishes. South West Research Institute, San Antonio, Texas, 1968.

Quintiere, J.G., Furniture Flammability: An Investigation of the California Technical Bulletin 133 Test. Part I: Measuring the Hazard of Furniture Fires, Department of Commerce, National Institute of Technology and Standards (NIST), Center for Fire Research, report no. NISTIR 4360, U.S. July 1990.

Räddningsverket: Dödsbranner 19999, I99-077/00, Räddningsverket, Karlstad, 2000.

Robertson, John N: Mandatory Sprinklers in Vancouver Ten Years on, side 233-244 volume 1, Conference proceedings, Interflam 2001, Scotland, 17-19 september, 2001.

Rohr, Kimberly: U.S. Experience with Sprinklers, NFPA Januar 2000, Quincy, MA 02269.

Statens bygningstekniske etat: Brann i lavblokk, Søre Ål bo- og servicesenter, Lillehammer, 01.01.95, Rapport, 1995.

Statens bygningstekniske etat: Utkast til Veiledning til Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, april 2002.

Stensaas, J.P. og Ulfsnes, M.K.: Etablering av krav til røyktette dører, Norges branntekniske laboratorium, rapport nr. NBL10 A01157, desember 2001.

Tewarson: Generation of Heat and Chemical Compounds, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 1995, kapittel 3-4, National Fire Protection Association, June 1995:

Lees, F.P.: Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 1, ISBN 0 408 10697 2, Buterworth 1980.

The Geneva Association: World Fire Statistics, Geneva Association Information Newsletter nr 16, October 2000.

Transportøkonomisk institutt, samtaler med Rune Elvik, 2002.

Östman, B., Arvidson, M., Nystedt, F.: Boendesprinkler räddar liv. Erfarenheter och brandskyddsprosjektering med nya möjligheter, Trätek, Stockholm, 2002.

11 VEDLEGG A – Nytte/kostnad av å sprinkle

11.1 Innledning

Dette vedlegget gir underlagsmaterialet til konklusjonene i kap. 10 om nytte/kostnad av å boligsprinkle omsorgsboliger. Vedlegget inneholder:

- en oppsummering av noen nytte/kost-analyser utført i andre land (kap. 11.2) og
- beregninger av kostnader (kap. 11.3.2) og nytte (kap. 11.3.3-11.3.6) av å installere boligsprinkler i omsorgsboliger og hvilke antakelser beregningene er basert på (kap. 11.3.1).

11.2 Nytte/kost-analyser fra andre land

Her gis en oppstilling av underlagsmaterialet og resultater fra utenlandske nytte/kost-analyser. Hovedkonklusjonene er sammenfattet i Tabell 11 side 37.

USA (Rohr, 2000):

Undersøkelsen er basert på statistikk over branner som er rapportert til brannvesenet i USA. Følgende resultater er presentert:

- Sannsynligheten for å dø i brann er redusert med 50-75% sammenlignet med branner uten sprinkler. Tabell 12 viser hvor mye lavere dødshyppigheten sprinklede bygninger har i forhold til bygninger uten sprinkler. Det er ikke rapportert om døde i publikumslokaler og skoler i sprinklede eiendommer i perioden 1988-1997. I boliger er det estimert at boligsprinkler vil redusere dødshyppigheten med 73% i forhold til boliger uten boligsprinkler.

Tabell 12 Gevinst av sprinkler i form av reduksjon i antall døde pr 1000 branner i USA i perioden 1988-1997 (Rohr, 2000).

Type virksomhet	Reduksjon i dødshyppighet [%]	Gjennomsnittlig antall døde pr 1000 branner <i>uten sprinkler</i>	Gjennomsnittlig antall døde pr 1000 branner <i>med sprinkler</i>
Industri	49	1,9	1,0
Butikker og kontorer	67	0,8	0,3
Helseinstitusjoner for gamle og syke	69	5,9	1,9
Hoteller og moteller	91	8,7	0,8

- Gjennomsnittlig tap av materielle verdier pr brann er redusert med 50-75% sammenlignet med branner uten sprinkler.

Tabell 13 viser hvor mye lavere materielle tap pr brann sprinklede bygninger har i forhold til bygninger uten sprinkler. Sprinklede boliger har 42% mindre materielle tap pr brann enn boliger uten sprinkler (tap i sprinklet og usprinklet bolig er henholdsvis 43 000 og 83 000 NOK pr brann).

Tabell 13 Gevinst av sprinkler i form av mindre materielle tap pr brann. Rapporterte branner i USA i perioden 1988-1997 (Rohr, 2000).

Type virksomhet	Reduksjon i materielle tap	Gjennomsnittlig tap pr brann i <i>usprinklet</i> bygning [NOK]	Gjennomsnittlig tap pr brann i <i>sprinklet</i> bygning [NOK]
Butikker og kontorer	50%	210 000	107 000
Helseinstitusjoner	64%	41 000	15 000
Industri	67%	440 000	147 000
Publikumslokaler	70%	190 000	57 000

Effekten ville ha vært enda bedre, iflg Rohr, dersom også urapporterte branner var inkludert i statistikken og dersom en hadde skilt ut de sprinkleranlegg som er riktig designet, installert og vedlikeholdt.

Hovedårsaker til at sprinkler ikke gir tilstrekkelig resultat er:

- dårlig vedlikehold (ventiler er skrudd igjen under vedlikehold og ikke blitt åpnet etterpå)
- anlegget er ikke er dimensjonert for det risikonivået som er i bygningen
- eksplosjoner eller momentan overtenning som overmanner systemet før det aktiveres
- branner på eller svært nær personer eller verdifulle eiendommer som gjør stor skade før sprinkleranlegget blir utløst.

- Utbredelsen av sprinkler er større enn statistikken gir inntrykk av i USA. I 1997 viste statistikken at bare 34,0% av de rapporterte hotell- og motellbrannene inntraff i bygninger med automatisk slokkeanlegg. En undersøkelse i 1988, finansiert av industrien, viste at sprinkler var installert i 45% av de hoteller og moteller hvor branner oppstod. Utbredelsen av sprinkler er mer utbredt i høye hoteller og moteller. Tabell 14 gir en oversikt over utbredelsen av sprinkler i USA.

Tabell 14 Utbredelse av sprinkler (andel av rapporterte branner i USA i 1997 hvor automatisk slokkeanlegg var montert) (Rohr, 2000).

Type eiendom	Utbredelse av sprinkler [%]
Eldreomsorg	73,9
Sykehus og pleieinstitusjoner	71,7
Høyhus – hoteller og moteller	67,4
Høyhus - kontorer	62,3
Stormagasin	53,0
Industri	51,3
Forretninger generelt	28,9
Skoler	25,9
Publikumslokaler	25,6
Varehus og kontorer	22,2
Leiligheter	7,7
Høye boligblokker	35,5
Bolig	0,7

Vancouver – Canada (Robertson, 2001):

I Vancouver er det estimert at sprinkler redder 3 liv pr år (innbyggertallet er 550 000). Beregningene er basert på en sammenligning av dødsbrannstatistikken for Vancouver og Canada som helhet. Dødshyppigheten er redusert både i Canada og i Vancouver, se Figur 6. I Vancouver sank imidlertid dødshyppigheten ytterligere 0,53 pr 10^5 innbygger i forhold til hele Canada. Denne nedgangen er 27% raskere enn for hele Canada, og nedgangen tilsvarer 3 sparte liv pr år. Sprinklerprogrammet i Vancouver antas å være årsaken til denne forskjellen i utvikling.

Kostnader forbundet med å installere boligsprinkler estimert til 1-2% av de totale byggekostnadene, avhengig av type system som brukes. Prosentandelen har holdt seg konstant det siste tiåret. Dette medfører at kostnad pr sparte liv er 3 mill NOK⁹, når en regner at sprinklerkostnadene er 1,5% av boligkostnadene og at sprinkleranlegget har en levetid på 50 år.

Beregninger av gevinsten i form av materielle besparelser er også basert på å sammenligne statistikk for Vancouver med hele Canada. Nedgangen i materielle tap pr innbygger var 19,2% raskere i Vancouver enn i resten av Canada i perioden 1992-1998. Dette tilsvarer en gevinst på 65 NOK pr innbygger (11,14 CAD). Ut fra dette blir gjennomsnittlig reduksjon i materielle tap ved brann i Vancouver i perioden 1992-1998 estimert til 35 millioner NOK (6,15 mill. CAD) pr år eller 250 millioner NOK over 7 år. Dersom en trekker denne gevinsten fra installasjonskostnadene får en følgende tall for *netto kostnad pr liv spart*:

- 10 millioner NOK pr liv spart, dersom kostnader fordeles over 7-perioden analysen omhandler
- 1,4 millioner NOK pr liv spart, dersom kostnader fordeles over sprinkleranleggets levetid på 50 år .

Scottsdale – USA (Ford,1989)(Östman et.al., 2002)

Byen Scottsdale i USA har over 15 års erfaring med boligsprinkler. I 1986 ble det krevd boligsprinkler i alle nye boliger i Scottsdale. I januar 1996 var 35% av eneboliger (nesten 20 000 stk) og 49% av byens flermannsboliger (nesten 14 000 stk) sprinklet. Prosentandelen sprinklede boliger økte ytterligere og i januar 2001 var 51% (nesten 40 000) eneboliger og 57% (nesten 20 000) av flermannsboligene sprinklet.

Ingen personer har omkommet i sprinklede boliger i Scottsdale. En antar at sprinkler har spart 13 liv i perioden 1986-2000. Innbyggertallet var 224 000 i 2000.

Det har vært 97 branner i sprinklede boliger i perioden 1986-2000. De aller fleste brannene ble kontrollert av to eller færre sprinkler, 88% av brannene i eneboliger og 98% av brannene i flermannsboliger.

Gjennomsnittlig tap pr brann i sprinklede og ikke-sprinklede boliger er som vist i Tabell 3 side 19.

⁹3 mill. NOK = 533 000 CAD (2000-verdi) (1 CAD = 5,8 kr). Sprinklerkostnaden utgjør 1,5% av de totale byggekostnadene.

11.3 Beregninger av nytte/kostnad av installere boligsprinkling i omsorgsboliger

11.3.1 Antakelser

Nytte/kostnads-beregningene er basert på følgende antakelser:

- Kostnad for å installere boligsprinkleranlegg i nybygg: 125 kr/m²

I Norge ligger kostnadene på boligsprinkling på 120-130 kr/m². Det er brukt priser opptil 150kr/m². Tradisjonelt sprinkleranlegg i industrien koster 120-150 kr/m². Kostnadene forbundet med boligsprinkler bør derfor kunne komme under 100 kr/ m² (Braathen, 2002).

I USA koster sprinkler som tilkobles boligens vannledningssystem ca 100 kr/m², dvs ca 1% av byggekostnadene.

Svenskene antar at sprinklersystemene vil bli dyrere i Sverige, i alle fall i starten, men antar at prosentsatsen vil være omtrent den samme, da byggekostnadene er høyere i Sverige.

- Driftskostnadene er neglisjert.
I henhold til ”boligsprinklerreglene” skal kontroll utføres av kontrollinstans hvert halvår. Denne kontrollen er raskt utført (0,5-1,0t) og derfor neglisjert i beregningene. Det er normalt ikke behov for vedlikehold ut over disse visuelle kontrollene, i følge NBF (Norsk brannvernforening, 2002).
- Kostnader forbundet med eventuelle vannskader er ikke inkludert.
- Antall omsorgsboliger: 60 000

Antall boliger til omsorgs- og pleietrengende ved utgangen av år 2000 var 46 432.

Av dette er det over 13 100 omsorgsboliger oppført med tilskudd fra Husbanken. Husbanken tror de vil bygge totalt ca 25 000 omsorgsboliger, dvs ytterligere 11 900. Til sammen blir det 58 332 boenheter ~ 60 000 boenheter om få år.

- Bruttoareal pr omsorgsbolig: 65 m²

I følge Husbanken (Husbanken, 2002) har en gjennomsnittlig omsorgsbolig et privatareal på ca 53 m². I tillegg kommer evt. andel av korridor og evt. fellesrom, slik at totalt bruttoareal pr boenhet er anslått til 65 m².

- Levetid på sprinkleranlegg: 30 – 50 år

Dette er et svært konservativt estimat. I følge Norsk brannvernforening (NBF, 2002) kan levetiden være 50-100 år. Et rådgivende ingeniørselskap som prosjekterer sprinkleranlegg sier det er vanlig å regne at et tradisjonelt sprinkleranlegg kan stå 20-30 år uten reparasjoner, men at levetiden godt kan være dobbelt så lenge. I nytte/kost-analysen fra Vancouver (Robertson, 2001) er det regnet med 50 års levetid. Kostnadene forbundet med boligsprinkling er svært avhengig av hvor lang levetid som antas.

- Realrenten er satt til 4,5% og 7%.
- Tap pr brann med og uten boligsprinkler, se kap. 11.3.3 og 11.3.4.

- Én person i hver omsorgsbolig.
- Dødshyppighet som følge av brann *uten* sprinkler : 4,3 døde pr 10^5 innbygger¹⁰
- Dødshyppighet som følge av brann med sprinkler: 50-75% reduksjon (se kap. 11.3.6).
- Forventet antall døde *uten* sprinkler: $4,3 \times 10^5 \times 60\ 000 = 2,6$ døde pr år
- Kostnad på et statistisk liv (2001-kroner)(TØI, 2002): 20,84 millioner NOK. Her er det antatt at alle statistiske liv har samme verdi uansett alder, noe som er samfunnsmessig akseptert.

11.3.2 Kostnader

Totalkostnad for å boligsprinkle 60 000 omsorgsboliger med antakelser gitt i kap. 11.3.1 blir 487,5 millioner NOK. Kostnaden pr år vil være avhengig av hvor lang levetid en regner boligsprinkleranlegget har.

Tabell 15 Kostnader pr år for å installere boligsprinkler i 60 000 omsorgsboliger.

Levetid på boligsprinkler	Kostnad pr år [millioner NOK]
30	16,25
40	12,19
50	9,75

Kostnadene for å installere boligsprinkling i omsorgsboliger blir med ovennevnte antakelser mellom 10-16 millioner NOK pr år (avhengig av om en antar henholdsvis 30, 40 eller 50 års levetid på sprinkleranlegget).

11.3.3 Materielle tap ved branner i boliger *uten* boligsprinkler

For å beregne gevinsten av å ha boligsprinkler må en vite hvor stort tapet ved en brann blir, når boligsprinkler henholdsvis finnes og ikke finnes. Ingen datakilder i Norge gir eksakte tall på hvor store materielle tap hver boligbrann medfører. Ved å se på de datakildene som finnes, kan vi imidlertid bestemme hvilken størrelsesorden det er på tapene. For å finne ut hvor mange boligbranner som oppstår og hvor stor en gjennomsnittlig skade ved brann i bolig er, er dette beregnet på to måter med følgende datakilder:

1. *Forsikringsselskapenes data*

Brannårsakstatistikk fra Finansnæringsens hovedorganisasjon (FNH), angir antall og størrelsen på erstatningsutbetalinger forsikringsselskapene utbetaler til branner i beboelse. Antall skadeerstatninger og gjennomsnittlig skadeerstatning pr brann, basert på denne datakilden er vist i Tabell 18.

2. *DBEs og forsikringsselskapenes data*

Brannstatistikk fra Direktoratet for brann- og etilsyn (DBE) er basert på opplysningene fra rapporteringsskjemaene brannvesenet fyller ut etter brannutrykninger. På brannvesenets rapporteringsskjema angis antatt skadebeløp. Dette er brukt som underlag for å beregne gjennomsnittlig skadeerstatning for ”små” (dvs boligbranner under 500 000 NOK) boligbranner som brannvesenet har hatt utrykning til. Antall utrykninger og gjennomsnittlig skadeerstatning pr brann er vist i Tabell 16.

¹⁰ Gjennomsnittlig dødshyppighet for personer ≥ 70 år i perioden 1990-1999 i Norge.

DBE knytter sammen data fra FNH med data fra brannvesenet på stor boligbranner, dvs boligbrannene med erstatninger over 500 000 NOK. Antall utrykninger og gjennomsnittlig skadeerstatning pr brann er vist i Tabell 17.

Det utbetales omlag 2-2,5 milliarder NOK i skadeerstatninger til brann i boliger i Norge pr år. I følge FNHs statistikk er det omlag 20 000- 30 000 skadeutbetalinger pr år til brann i boliger (FNH, 2002). Brannvesenet rapporterer om 1600 - 1800 utrykninger til boligbranner pr år.

Det er stor forskjell på antall boligbranner som brannvesenet rykker ut til og antall brannskader forsikringsselskapene oppgir de gir erstatning til. Brannvesenets utrykninger utgjør bare 5-10% av alle erstatningsskade med skadeutbetalinger. Den store forskjellen skyldes bl.a. at dersom en brann er årsak til flere utbetalinger i ett forsikringsselskap, telles disse hver for seg. Dersom en brannskade er dekket i flere selskaper, blir også disse telt hver for seg. Forskjellen skyldes også at mange av disse brannene slokkes uten hjelp fra brannvesenet.

Tabell 18 viser en oppsummering av beregningene og angir snittet for 1999 og 2000. Disse verdiene for antall branner og gjennomsnittlig skade pr brann er brukt som underlag for beregningene av gevinst av å boligsprinkle omsorgsboliger i kap. 11.3.5.

Det totale skadebeløpet pr år for branner i boliger blir forskjellig avhengig av hvilke datakilder som benyttes. Forsikringsselskapenes data gir over dobbelt så stort samlet tap pr år i forhold til beregningene basert på en kombinasjon av FNHs og DBEs data.

Tabell 16 Antall utrykninger og antatt skadebeløp på “små” boligbranner, dvs. boligbranner hvor brannvesenet anslår at skadebeløpet er mindre enn 500 000 NOK (DBE, 2002).

Skadebeløpskategorier [NOK]		1999		2000	
Kategorier i brannrapport [NOK]	Beløp brukt i beregningene ¹¹ [NOK]	Antall utrykninger	Anslått skade- erstatning pr år [i 1000 NOK]	Antall utrykninger	Anslått skade- erstatning pr år [i 1000 NOK]
0-10 000	5 000	678	3 390	579	2 895
10 000 - 100 000	55 000	471	25 905	480	26 400
100 000 - 250 000	175 000	69	12 075	53	9 275
250 000 - 500 000	375 000	52	19 500	41	15 375
SUM		1270	60 870	1153	53 948
Gjennomsnittlig skadeerstatning pr brann:		47 930 NOK/”små”-brann		46 790 NOK/”små”-brann	

Tabell 17 Antall utrykninger og antatt skadebeløp for “store” boligbranner i 1999 og 2000, dvs boligbranner hvor anslått erstatning er større eller lik 500 000 NOK (DBE, 2001).

1999			2000		
Antall utrykninger	Anslått skade- erstatning pr år [i 1000 NOK]	Gjennomsnittlig skade-erstatning pr brann [i 1000 NOK]	Antall utrykninger	Anslått skade- erstatning pr år [i 1000 NOK]	Gjennomsnittlig skade-erstatning pr brann [i 1000 NOK]
450	903 214	2 007	452	1 089 778	2 411

¹¹ I beregningene er gjennomsnittstallet i hver skadekategori brukt, dvs 5000 NOK for skadekategori 0- 10 000 NOK.

Tabell 18 Antall skadeutbetalinger og utbetalt skadeerstatning til brann i boliger fra forsikring i 1999 og 2000 (FNH, 2002).

1999			2000		
Antall skadeutbetalinger	Skadeerstatning pr år [i 1000 NOK]	Gjennomsnittlig skadeerstatning pr brann [i 1000 NOK]	Antall skadeutbetalinger	Anslått skadeerstatning pr år [i 1000 NOK]	Gjennomsnittlig skadeerstatning pr brann [i 1000 NOK]
19 864	2 138 908	108	32 739	2 333 960	71

Tabell 19 Gjennomsnittlig anslått skadeerstatning pr boligbrann og antall skader pr år beregnet etter alternativ 1 og 2. Tallene er gjennomsnittet for årene 1999 og 2000.

Beregningsmåte	Type brann	Antall branner pr år	Gjennomsnittlig anslått skadeerstatning pr boligbrann [NOK]	Total anslått skadeerstatning pr år [NOK]
1	Små boligbranner	1 211	47 000	
	Store boligbranner	451	2,2 millioner	
	Gjennomsnitt av små og store boligbranner	1 662	636 000	1 057 millioner
2	Alle branner det gis erstatning til i boliger	26 301	90 000	2 367 millioner

11.3.4 Materielle tap ved branner i boliger med boligsprinkler

Da vi ikke har erfaringstall i Norge på hvor store tap det blir ved brann med boligsprinkler, må erfaringer fra andre land benyttes (nærmere omtalt i 11.2). Det er her benyttet to alternative måter å beregne skadebeløpet ved branner med boligsprinkler:

1. *Prosent av brannskade uten boligsprinkler*

Erfaringer fra USA tilsier at tapene pr brann i boliger med boligsprinkler blir 40-95% mindre enn tap i boliger uten sprinkler. Nytteberegninger er utført for henholdsvis 40, 65 og 96% mindre materielle tap pr brann.

2. *Samme skadebeløp som andre land*

Samme tapsekostnader pr brann i bolig med sprinkler som andre land, dvs et tap på 20 000-50 000 NOK pr brann i bolig med sprinkler. Nytteberegninger er utført for henholdsvis 20 000 og 50 000 NOK.

Gjennomsnittlig tap pr brann og antall branner pr år varierer avhengig av hvilke datakilder en benytter (jfr kap. 11.3.3). Nytteberegninger er utført basert på verdier på gjennomsnittlig tap pr brann *uten* boligsprinkler og hyppighet av branner som vist i Tabell 19. Resultatet av nytteberegningene er vist i neste kapittel.

11.3.5 Gevinst materielle verdier – beregningsresultat

Nytten (gevinsten) av å installere boligsprinkler i 60 000 omsorgsboliger er vist i de neste to tabellene. Tabell 20 viser nytten når realrenten settes til 4,5% og Tabell 21 viser tilsvarende resultater når realrenten er 7%.

Forklaring av innhold i Tabell 20 og Tabell 21

- Kolonne 1:
Beregningsalternativ 1 og 2 gjenspeiler de to måtene å beregne tapet ved branner i boliger med boligsprinkler som angitt i kap. 11.3.4.
- Kolonne 2:
Angir forventet antall branner pr år i 60 000 omsorgsboliger basert på antall branner pr år i Tabell 19.
- Kolonne 3 og 4:
Angir tap ved brann i boliger uten og med sprinkler som beskrevet i kap. 11.3.3 og 11.3.4.
- Kolonne 5:
Angir gevinst pr brann i bolig med boligsprinkler.
- Kolonne 6:
Angir fremtidig gevinst pr år som følge av sparte materielle tap ved å installere boligsprinkler i 60 000 omsorgsboliger.
- Kolonne 7, 8 og 9:
Angir gevinst pr år i nåverdi. Gevinsten er avhengig av hvilken tidsperiode som studeres. Her er gevinsten beregnet for henholdsvis 30, 40 og 50 år som gjenspeiler antatt levetid på boligsprinkleranlegg.

Nåverdien beregnes på følgende måte:

$$NPV = \frac{G}{N} \sum_{n=1}^N \frac{1}{(1+r)^n}$$

hvor

G = Fremtidig gevinst pr år (angitt i kolonne 6)

N = Antall år en betrakter (30, 40 og 50 år)

n = Angir år n, n=1,2,...,N

Oppsummering av nytteberegningene

Dersom boligsprinkler installeres i 60 000 omsorgsboliger vil den forventede gevinsten i form av mindre materielle tap ved brann, være fra 3 - 43 millioner NOK pr år (se Tabell 20 og Tabell 21).

Tabell 20 Ulike beregninger av gevinst pr år ved å installere sprinkler i omsorgsboliger som følge av mindre materielle skader ved brann. Realrente = 4,5%

Beregning-alternativ	Antall branner pr år	Tap pr boligbrann		Gevinst pr brann med sprinkler [1000 NOK]	Fremtidig gevinst på år [millioner NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 30 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 40 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 50 års-periode [mill. NOK]	Statistikk beregningene er basert på
		Uten sprinkler [1000 NOK]	Med sprinkler						
Alt. 1	13,2 ¹²	2 200	40% reduksjon	880	11,6	6,3	5,3	4,6	Boligbranner ≥ 500 000 NOK
			65% reduksjon	1 430	18,9	10,3	8,7	7,5	
			90% reduksjon	2 112	27,9	15,1	12,8	11,0	
Alt. 1	50 ¹³	636	40% reduksjon	254	12,7	6,9	5,8	5,0	Brannvesenets utrykninger til boligbranner
			65% reduksjon	413	20,7	11,2	9,5	8,2	
			90% reduksjon	572	28,6	15,5	13,2	11,3	
Alt. 2	770 ¹⁴	90	40% reduksjon	36	27,7	15,0	12,7	10,9	Erstatnings-utbetalinger til brann i beboelse
			65% reduksjon	59	45,0	24,4	20,7	17,8	
			90% reduksjon	86	66,5	36,1	30,6	26,3	
Alt. 2	13,2	2 200	Med sprinkler [NOK]	Gevinst pr brann med sprinkler [1000 NOK]	Fremtidig gevinst på år [millioner NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 30 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 40 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 50 års-periode [mill. NOK]	Statistikk beregningene er basert på
			20 000	2 180	28,8	15,6	13,2	11,4	
			50 000	2 150	28,4	15,4	13,1	11,2	
Alt. 2	50	636	20 000	616	30,8	16,7	14,2	12,2	Brannvesenets utrykninger til boligbranner
			50 000	586	29,3	15,9	13,5	11,6	
			20 000	70	53,9	29,3	24,8	21,3	
Alt. 2	770	90	20 000	40	30,8	16,7	14,2	12,2	Erstatnings-utbetalinger til brann i beboelse
			50 000	40	30,8	16,7	14,2	12,2	

¹² (451 utrykninger/2 049 000 husholdninger) x 60 000 husholdninger = 13,2 utrykninger pr år til omsorgsboliger.

¹³ (1 662 utrykninger pr år/2 049 000 husholdninger)x 60 000 husholdninger = 50 branner pr år

¹⁴ (26 301 erstatningsutbetalinger pr år/2 049 000 husholdninger)x 60 000 husholdninger =770 erstatningsutbetalinger pr år

Tabell 21 Som tabellen over, men realrenten = 7,0 %. Skravert område er identisk med tabellen over.

Beregning- ings- alternativ	Antall branner pr år	Tap pr boligbrann		Gevinst pr brann med sprinkler [1000 NOK]	Fremtidig gevinst på år [millioner NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 30 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 40 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 50 års-periode [mill. NOK]	Statistikk beregningene er basert på
		Uten sprinkler [1000 NOK]	Med sprinkler						
Alt. 1	13,2 ¹⁵	2 200	40% reduksjon	880	11,6	4,8	3,9	3,2	Boligbranner ≥ 500 000 NOK
			65% reduksjon	1 430	18,9	7,8	6,3	5,2	
			90% reduksjon	2 112	27,9	11,5	9,3	7,7	
Alt. 1	50 ¹⁶	636	40% reduksjon	254	12,7	5,3	4,2	3,5	Brannvesenets utrykninger til boligbranner
			65% reduksjon	413	20,7	8,6	6,9	5,7	
			90% reduksjon	572	28,6	11,8	9,5	7,9	
Alt. 2	770 ¹⁷	90	40% reduksjon	36	27,7	11,5	9,2	7,6	Erstatnings- utbetalinger til brann i beboelse
			65% reduksjon	59	45,0	18,6	15,0	12,4	
			90% reduksjon	86	66,5	27,5	22,2	18,4	
Alt. 2	13,2	2 200	Med sprinkler [NOK]	Gevinst pr brann med sprinkler [1000 NOK]	Fremtidig gevinst på år [millioner NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 30 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 40 års-periode [mill. NOK]	Gevinst i nåverdi pr år, 50 års-periode [mill. NOK]	Statistikk beregningene er basert på
			20 000	2 180	28,8	11,9	9,6	7,9	
			50 000	2 150	28,4	11,7	9,5	7,8	
Alt. 2	50	636	20 000	616	30,8	12,7	10,3	8,5	Brannvesenets utrykninger til boligbranner
			50 000	586	29,3	12,1	9,8	8,1	
			20 000	70	53,9	22,3	18,0	14,9	
Alt. 2	770	90	50 000	40	30,8	12,7	10,3	8,5	Erstatnings- utbetalinger til brann i beboelse
			20 000	40	30,8	12,7	10,3	8,5	

¹⁵ (451 utrykninger/2 049 000 husholdninger) x 60 000 husholdninger = 13,2 utrykninger pr år til omsorgsboliger.

¹⁶ (1 662 utrykninger pr år/2 049 000 husholdninger)x 60 000 husholdninger = 50 branner pr år

¹⁷ (26 301 erstatningsutbetalinger pr år/2 049 000 husholdninger)x 60 000 husholdninger =770 erstatningsutbetalinger pr år

11.3.6 Gevinst – sparte liv

Gevinsten er beregnet for to ulike dødshyppigheter i omsorgsboliger med sprinkler, henholdsvis 50 og 75% reduksjon i forhold til dødshyppigheten uten sprinkler.

Tabell 22 Gevinst i form av sparte liv ved å sprinkle omsorgsboliger.

Gevinst	Realrente	Effekt av sprinkler	
		50% reduksjon	75% reduksjon
Forventet dødshyppighet [døde pr 10 ⁵ innbygger]		2,2	1,1
Forventet antall døde i omsorgsboliger pr år		1,3	0,6
Gevinst i sparte liv i omsorgsboliger [antall liv pr år]		1,3	2,0
Fremtidig gevinst i verdi av sparte liv pr år [mill. NOK pr år]		27,1	41,7
Gevinst i nåverdi pr år, 30-års periode [mill. NOK pr år]	4,5%	14,7	22,8
Gevinst i nåverdi pr år, 40-års periode [mill. NOK pr år]		12,4	19,3
Gevinst i nåverdi pr år, 50-års periode [mill. NOK pr år]		10,7	16,6
Gevinst i nåverdi pr år, 30-års periode [mill. NOK pr år]	7,0%	11,2	17,4
Gevinst i nåverdi pr år, 40-års periode [mill. NOK pr år]		9,0	14,0
Gevinst i nåverdi pr år, 50-års periode [mill. NOK pr år]		7,5	11,6

Tabell 23 Gevinst i nåverdi av å boligsprinkle 60 000 omsorgsboliger.

Realrente	Gevinst i nåverdi [mill. NOK pr år]			
	Type gevinst	30-års periode	40-års periode	50-års periode
4,5 %	Materiell gevinst	6-36	5-31	5 - 26
	Gevinst i verdi av sparte liv	15-23	12-19	11 - 17
	SUM	21-59	17-50	16 - 43
7,0 %	Materiell gevinst	5 - 28	4 - 22	3 - 18
	Gevinst i verdi av sparte liv	11 - 17	9 - 14	8 -12
	SUM	16 - 45	13 - 36	11 - 30

Gevinsten i form av sparte liv ved å sprinkle 60 000 omsorgsboliger er omlag 8-23 millioner NOK pr år. Samlet gevinst med hensyn til materielle verdier og sparte liv er 11 - 59 millioner NOK pr år avhengig av hvilken realrente en antar og hvor lang periode en studerer.

Nytte/kostnads-forhold er angitt i Tabell 11 på side 37.

12 VEDLEGG B – Forsøk med boligsprinkler

Det er utført en rekke eksperimentelle forsøk med boligsprinkling. Det finnes trolig ingen sprinklerkonsept som er prøvd i så mange brannforsøk som boligsprinkler. Denne type sprinklerforsøk er relativt billig og enkle å gjennomføre. Mange av forsøkene ble utført på slutten av 1970-tallet og begynnelsen av 80-tallet, og danner grunnlaget for utformingen av bruksanvisningene for installering av boligsprinkling (NFPA 13 D og NFPA 13 R).

De mest veldokumenterte forsøksseriene er omhandlet i en rapport av Arvidson (Arvidson, 2001b). I det følgende gis en kort oppsummering av disse forsøkene, som i hovedsak er gjennomført av Factory Mutual Research Corporation (FMRC):

- *Forsøk i Los Angeles, 1979*
Disse forsøkene er trolig de mest refererte forsøkene fordi de la grunnen for boligsprinklerkonseptet slik vi kjenner det i dag. De er referert i (Arvidson, 2001b)(Kung et al., 1982), (Cote, februar 1983), (Cote, 1984) og (Cote, mai 1984).

Forsøkene:

- Totalt ble det gjennomført 60 sprinklerforsøk.
- Følgende kriterier ble brukt for å bedømme om sprinkler greide å kontrollere de ulike brannscenariene:
 1. Opprettholde et miljø hvor en kan overleve i leiligheten tilstrekkelig lenge for å kunne evakuere. Brannvesenets innsatstid ble satt til 15 minutter og alle forsøk ble derfor begrenset til denne perioden.
 - Gasstemperaturen i hodehøyde skulle ikke overstige 93°C.
 - Temperaturen i taket midt i rommet skulle ikke overstige 260°C.
 - CO-konsentrasjonen ved hodehøyde skulle ikke overstige 3000 ppm og
 - akkumulert dose skulle ikke overstige 43 000 ppm-min.
 2. Beskytte bygningskonstruksjonen fra brannpåvirkning.
- Forsøkene foregikk i tre av husets rom:
 - stue (5,6m x 9,3 m = 52 m²)
 - kjøkken (4,1 x 2,7 = 11 m²)
 - soverom (4,9 x 4,9 = 24 m²)
- Seks ulike brannscenarier ble brukt i de til sammen 14 forsøk som ble gjennomført i den første fasen:
 - brann i stue med brennbare overflater på vegger og tak
 - brann i stue med ubrennbare overflater på vegger og tak
 - kjøkkenbrann
 - brann i garderobe
 - glødebrann i stue
 - glødebrann i soverom

Resultater av forsøkene i Los Angeles:

Av de 6 forsøksseriene var det brannen i stuen som var vanskeligst. Sprinklernes evne til å kontrollere brannen var avhengig av den initielle vannmengden, avstanden til rommets

vegger og avstanden mellom sprinklerdysene. I de fleste forsøkene ble brannen kontrollert av én sprinkler med sprinklermengde på 55, 68 og 72 l/min og med 3,66m x 3,66 m dekningsareal (13,4m²). Men i flere av forsøkene ble flere sprinklerhoder aktivert, til tross for samme vannmengde. Dette skyldes at de ulike sprinklerne hadde forskjeller i termisk treghet og vannspredning.

I forsøk med ubrennbare vegger og tak ble brannen kontrollert med 45 l/min fra første sprinkler som aktiveres, og som tillates redusert ned til 34 l/min når den andre sprinkleren blir aktivert.

Glødebranner i stuen og i soverommet ble startet med en tent sigarett som ble plassert enten i sofaen eller i sengen. I de fleste tilfellene ble brannen en flammebrann før kritiske gasskonsentrasjoner oppstod i rommet, og sprinkler ble aktivert etterpå. *I noen tilfeller pågikk glødebrannen i flere timer og kritiske konsentrasjoner av giftige gasser oppstod før sprinkler ble aktivert.* Denne type brannscenarier krever brannvarsler for tidlig deteksjon og for å gi muligheter for evakuering.

Brannen i kjøkkenet ble dempet øyeblikkelig når den første sprinkleren ble aktivert.

Brann i garderobeskap i soverommet ble slokket når en sprinkler var plassert inni garderoben. Når sprinkleren bare var installert i soverommets tak ble alle sprinklerhodene aktivert. *Sprinkler bare i taket klarer generelt ikke å kontrollere en brann som oppstår inne i garderoben.*

Sprinklerforsøkene i Los Angeles la grunnen for boligsprinklerkonseptet slik vi kjenner det i dag. Den minste vannmengden og maksimale dekningsarealet som ble etablert ved disse forsøkene og som ble introdusert i 1980-utgaven av NFPA 13D gjelder fortsatt. Det kreves dessuten at bare sprinkler som er testet og godkjent for installasjon i boliger, skal brukes.

Både NFPA 13D og 13R gir imidlertid mulighet til å bruke typegodkjente sprinkler med lavere vannmengde og større dekningsareal. Det har ført til at det finnes en rekke ulike sprinklerleverandører og sprinklertyper med ulike dekningsareal og vannmengder. Risikoen ved for lave vannmengder er at ikke brannen kontrolleres og at flere sprinkler enn hva systemet er dimensjonert for aktiveres. For de mest ekstreme sprinklerne ligger vanntettheten ned mot 1,25-1,50 mm/min og sprinklerens dekningsareal er over 37 m².

Det er uttrykt uro over de lave vannmengdene. For systemer under NFPA 13D og 13R er en blitt enig om et forslag som krever at systemene dimensjoneres med en minste vanntetthet på 2,05 mm/min. Dette vil gjelde fra 2002-utgaven i følge Arvidson.

Testmetodene til UL og FMRC er noe forskjellig og de kan gi forskjellig resultat. For noen år siden testet FMRC i sitt laboratorium, noen boligsprinkler som er godkjent i henhold til UL1626. Disse klarte ikke kravene til FMRC. I følge Arvidson skyldes dette at repeterbarheten hos metoden er dårlig. Dessuten kan det være forskjeller mellom sprinkler som testes hos UL, som er rene prototyper, og de serieproduserte sprinklene som er på markedet. Det er besluttet at brannprøvningsmetoden, UL 1626, skal revideres slik at repeterbarheten blir bedre. Dette medfører at alle boligsprinkler som har vært på ULs lister må prøves om igjen. Det er trolig at høyere vannmengde vil bli krevd for å klare brannprøvningsmetoden. Samtidig må en innse at boligsprinkler ikke kan dimensjoneres

for å klare alle brannforløp som kan oppstå, ettersom det skurr opp kostnadene for systemet. Dimensjoneringen må være en balansegang mellom nytte og kostnad i følge Arvidson.

- *Forsøk i North Carolina, 1979*

- Disse forsøkene var en fortsettelse av forsøkene i Los Angeles. Hensikten med forsøkene var å undersøke om de installasjonsparametrene som man etablerte i forsøkene i Los Angeles også greide branner i ”mobile hjem”-enheter. Dette er en boligtype vi ikke har i Norge. 16 forsøk ble gjennomført. To typer røykdetektorer ble brukt (ionisk og optisk).

Resultater:

- Røykdetektorene ble aktivert 5-99 sekunder før sprinkler ble aktivert. For branner som starter som en glødebrann må en forvente større tidsforskjeller.

- *Forsøk med veggsprinkler, 1983*

Veggsprinkling kan innebære betydelige økonomiske besparelser sammenlignet med taksprinkling.

Om forsøkene:

- 10 forsøk ble gjennomført (9 i stue og 1 i soverom)
- To romstørrelse ble brukt:
 1. $7,3 \times 4,3 = 31,4 \text{ m}^2$
 2. $8,5 \times 4,9 = 41,7 \text{ m}^2$

Resultater:

- Resultatene viser at sprinkler greier å opprettholde et miljø en kan overleve i.
- Når sprinkleren aktiveres skjer en omrøring av branngassene som medfører at sikten minskes betraktelig.
- Risikoen er stor for at sprinklerdyser i naborom aktiveres dersom en bruker veggsprinkler. Dette innebærer at de dimensjoneringsanvisninger som gis i NFPA 13 D, der systemet dimensjoneres for at bare to sprinklerdyser aktiveres, kan resultere i at vannkilden ikke klarer den ønskede varigheten på 10 minutter.
- Det kan være nødvendig å kreve at taket utføres i ubrennbare materialer når veggsprinkler benyttes.
- Forsøkene viser at veggsprinkler kan kontrollere en boligbrann og forhindre overtenning. Tid til aktivering vil være lengre enn for nedadrettede taksprinkler, og tiden er avhengig av hvor brannen oppstår i rommet og boligens planløsning. I de tilfeller hvor brannkilden er plassert på motsatt side i forhold til sprinkleren, medførte tidsforskjellen at brannen vokste så mye at det er en viss risiko for å få brannskader på taket innvendig før sprinkleren blir aktivert.

- *Forsøk med takhelning og bjelker, 1987*

- Når taket heller, kreves det at systemet dimensjoneres for 3 sprinkler og totalt 200 l/min.
- En sammendrag av forsøkene ble innført i 1989-utgaven av NFPA 13D.

- *Forsøk med sprinkler med begrenset vanntilførsel, 1990*
Resultater fra forsøkene medførte at ved revidering av NFPA 13D i 1994, ble det introdusert et konsept hvor det ble tillatt mindre vanntilførsel for boliger på ett plan med et boligareal på maksimalt 186 m². Vannkilden skal klare å forsørge én sprinkler (38 l/min) i minst 10 min og 2 (25 l/min) i minst 7 minutter. Årsaken til at en aksepterer kortere varighet enn de 10 minutter som er det generelle kravet i NFPA 13D, er at en vurderer at tiden til rømning er kortere i en bygning på ett plan.
- *Forsøk med sprinkler med begrenset vanntilførsel i bygning med takhelning, 1990*
En videreførelse av forsøkene nevnt over. Forsøk ble gjennomført med tak med helning på 10°. Resultatene fra forsøksserien ble innlemmet i revideringen av NFPA 13D i 1994.
- *Bestemmelse av nødvendig vannmengde (Required Delivered Density - RDD) for FMRCs standard lenestol, 1990*
 - Forsøkene viser når sprinkler aktiveres og hvorvidt brannen i en lenestol blir dempet av sprinkler (samme type lenestol som er brukt i forsøkene i Los Angeles og i mange av de andre forsøkene). Stolens plassering er henholdsvis under en sprinkler, mellom to eller mellom 4 sprinkler.
 - Brannen ble dempet i 3 av 7 forsøk. Demping defineres som en umiddelbar reduksjon av flammehøyde og branneeffekt og brannen tillates ikke å utvikle seg igjen. Som i tidligere forsøk så sløkkes aldri brannen, men brannen dempes ned til et nivå der bare flammer med en høyde på ca 30 cm er igjen.
 - Forsøkene viser at sprinklerens mulighet til å fukte siden av lenestolen var avgjørende for resultatet. Generelt oppnås bedre resultat når brannen var plassert mellom to eller mellom fire sprinkler, selv om ikke brannen ble dempet i noen av disse forsøkene heller. Det faktum av vannet faller inn fra siden i disse forsøkene, øker muligheten til å dempe brannen. Scenariet hvor brannen er rett under en sprinkleråpningen er vanskelig å dempe, fordi en boligsprinkler fordeler minst mengde vann rett under. Bare 1 av 4 forsøk med denne plasseringen førte til at brannen ble dempet.
- *Vurdering av sprinklers termiske treghet*
Sprinklers termiske treghet måles i en såkalt ”plung test”. Forsøkuutrustningen er en vindtunnel der sprinkleren plasseres i en luftstrøm med konstant temperatur og hastighet. Basert på tiden til aktivering kan to parametre, RTI-verdi og C-faktor beregnes. Ut fra disse verdiene kan sprinkler klassifiseres som enten ”fast respons”, ”special response” eller ”standard response”.

Testen ble utviklet for sprinkler som vender rett ned eller rett opp hvor hele sprinklerens glassbulb eller smeltelenke er eksponert i luftstrømmen. Det ble i disse forsøkene laget en modifisering av utrusningen slik at en også kunne bestemme RTI-verdien og C-faktoren for andre typer sprinkler som f.eks. innfelte og skjulte sprinkler.

Studien viser at det var mulig å måle den termiske tregheten hos sprinkler med den modifiserte forsøksutrusningen og at resultatene korrelerte med resultatene fra brannforsøk.
- *Forsøk for å sammenligne brannforløp med og uten sprinkler, Sverige 2000 (Arvidson, 2000)*
Hovedmålsettingen med forsøkene var å sammenligne starten av et brannforløp i et rom uten sprinkler med samme rom med sprinkler. Forskjellen var også at rommet uten sprinkler hadde

overflatematerialer i svensk klasse I (gipsvegg). Rommet med sprinkler hadde overflate av tre (klasse III). Forsøkene sammenlignet tre typer sprinkler som brukes i boliger. Alle sprinklerne står på ULs liste over sprinkler som kan brukes i henhold til NFPA 13 R.

Forsøkene ble gjennomført i et hjørne av et rom, og skulle simulere en brann i et oppholdsrom. Den første brannkilden var en lenestol. Vegger og tak var kledd med enten gipsplater eller sponplater (sprinklerforsøkene).

Resultater fra de svenske forsøkene:

Resultatene varierte mye med type sprinkler og hvor brannen oppstod. På tross av dette er hovedkonklusjonen at startbrannforløpet i et sprinklet boligrom med overflater av tre, generelt er mindre intensiv enn i et usprinklet rom med overflate av gips.

Sprinklerhodene ble aktivert relativt tidlig i brannforløpet og i beste fall ble brannen dempet øyeblikkelig, i andre tilfeller ble brannen kontrollert i tiden det brennbare materialet brant (lenestolen).

Det er først og fremst forskjeller i aktiveringstid mellom de tre ulike sprinklerne som avspeiles i de store forskjellene i resultatene. Best av sprinklerne var den nedoverrettede, innfelte sprinkleren, selv om den ble dimensjonert med det laveste vannstrømmen, 68 l/min. Denne type sprinkler klarte å kontrollere eller dempe brannen uansett hvor brannen startet. Hverken den testede veggspinkleren eller den skjulte sprinkleren klarte å dempe brannen når brannen startet på siden av lenestolen. Resultatene indikerer at disse bør dimensjoneres for høyere vanntetthet for å klare dette scenariet. Når brannen startet i lenestolens sittepute, kunne vannet treffe brannen direkte og resultatene ble derfor betydelig bedre.

Tabellen under viser hvor mange kg av stolen som brant opp i de ulike forsøkene og når sprinkleren ble aktivert. Stolene veide 16,8 kg før testene.

Tabell 24 Resultater fra svenske forsøk. Sprinklerenes aktiveringstid og stolens vekttap ved ulike sprinklertyper og antennessteder.

Test	Type sprinkler	Vannhastighet [l/min]	Antennessted	Aktiverings-tid [min:s]	Stolens vekttap [kg]
1	Ingen	-	Ved enden, på høyre side av stolen	-	12,5
2	Ingen	-	I senter av stolsetet, nær enden av rygglenet	-	12,8
3	Ingen	-	-	-	Ikke målt
4	Forsenket nedoverrettet	68	Ved enden, på høyre side av stolen	02:45	7,1
5	Horisontal veggspinkler	75	Ved enden, på høyre side av stolen	02:36	8,0
6	Skjult nedoverrettet	90	Ved enden, på høyre side av stolen	02:39	7,9
7	Forsenket nedoverrettet	68	I senter av stolsetet, nær enden av rygglenet	01:29	1,8
8	Horisontal veggspinkler	75	I senter av stolsetet, nær enden av rygglenet	01:22	7,3
9	Skjult nedoverrettet	90	I senter av stolsetet, nær enden av rygglenet	01:45	1,5

- *Forsøk for å sammenligne ulike sprinkler og ulike vanntettheter i stuer i boliger, Sverige 2001 (Arvidson og Larsson, 2001)*

Hovedhensikten med forsøkene var å sammenligne ulike typer sprinkler og prøve ulike vanntettheter i rom møblert som en stue.

Forsøkene ble gjennomført i en oppstilling som gjenspeiler en brann i et 20 m² stue forbundet med et mindre soverom. To forsøksserier ble gjennomført. I den første serien var stuens takhøyde 2,5 m, i den andre var den 5,0 m. Hensikten var å simulere en leilighet med dobbel romhøyde forbundet med et ”soveloft”.

Vegger og tak der brannen startet ble kledd med enten sponplater (i de fleste forsøkene) eller gipsplater. To ulike primære brannkilder ble brukt. Den første var en vanlig lenestol, som enten ble antent ved golvnivå, ved lenestolens side slik at veggpanelet skulle bli involvert i brannen eller på lenestolens sittepute. Den andre typen brannkilde var et ”simulert” møbel som ga høyere strålingsintensitet mot veggen enn lenestolen, noe som satte sprinklerens evne til å fukte veggoverflatene i rommet på en prøve.

Forsøkene ble også komplettert med et vanntåke-system. Det er ikke nærmere omtalt her.

Resultater fra forsøkene:

- Det er stor forskjell på de ulike sprinklerne, noe som skyldes forskjeller i aktiveringstid pga forskjeller i termisk treghet hos de tre ulike sprinklerne.
 - Veggens kledning har stor betydning for sprinklerens mulighet for å dempe eller kontrollere brannen.
 - Taket kledning har liten betydning. Risikoen for at takets overflate skal antennes er liten dersom sprinkleranlegget er dimensjonert for å dempe brannen.
 - Rommets takhøyde har relativt liten innvirkning på dimensjoneringen av sprinkleranlegget. I flere tilfeller var brannene lettere å dempe eller kontrollere i rom med takhøyde på 5,0m.
 - Det ”simulerte” møblet var det vanskeligste brannscenariet. Denne brannkilden ga en betydelig høyere strålingsintensitet mot veggen, enn lenestolen og dessuten er brannhastigheten betydelig raskere.
 - Det er en stor risiko for at sprinkler i et tilgrensende rom aktiverer. Denne risikoen er ikke avhengig av hvilken vanntetthet systemet er dimensjonert for, fordi sprinkler i tilgrensende rom i flere tilfeller ble aktivert før sprinklerne i stuen.
 - Sikten i rommet ble ganske raskt et problem, noe som forverrer rømning. Når lenestolen, som ofte hadde en langsom brannforløp i starten, ble brukt som brannkilde, fyltes rommet med tynn, hvit røyk. Noe senere ble røyken tykkere og svart og ble trykket ned mot golvnivå når sprinklerne ble aktivert.
 - Kritisk grense for CO-konsentrasjon ble derimot ikke oversteget i noen av forsøkene. Kritisk grense er satt til 3000 ppm (0,3 vol%) som er normalt for boligsprinkling (samme som forsøkene i Los Angeles).
- *Fullskalaforsøk uten sprinkler*
Det finnes brannforsøk som er utført uten sprinkler. Forsøk fra USA (Belles, 1985) har målinger av tid/temperatur-utvikling av CO-produksjon og HCN-produksjon i hotellrom og tid for bl.a. når sprinkler blir aktivert, men ikke tilsvarende forløp dersom sprinkler var installert.

- *Forsøk med boligsprinkler – Australia* (Beever, P., Britton, M, 1999)
Eksperimentelle forsøk er utført for å undersøke om en kan lempe på kravene som stilles til boligsprinkleranlegg i Australia.

Om forsøkene:

- 9 fullskala forsøk ble utført av et typisk oppholdsrom i en bolig (20m²). Døren til rommet var åpen og vinduet lukket.
- Brannlasten i brannrommet av omlag 30 kg/m². 2 forsøk hadde en lavere varmeavgivelse.
- Boligsprinkler ble benyttet.

Kriterier for å overleve:

- Temperaturen skulle ikke overstige 93°C ved 1,6 m (samme kriterier som UL og FMRS har).
- Kritisk nivå av CO ble satt til 3000 ppm for ”minutter” eller 1600 ppm for 0,5 time.
- Kritisk nivå for varmeeksponering ble satt til 100°C i opp til 1 time.

Resultater:

- Resultatene av forsøkene tyder på at ødeleggelse på bygning og inventar kan bli betydelig redusert med mindre vannmengde og større sprinkleravstand enn beskrevet i dagens australske standard for boligsprinkler. Muligheten for å overleve er avhengig av materialet som først antennes og brannlasten. Forsvarlige forhold kan oppnås med 20% reduksjon i forhold til dagens krav til utslippstetthet hos boligsprinkler og med lengre avstand fra vegg til sprinkler.
 - Tre strømningsmengder ble brukt i forsøkene. Små vannstrømningsmengder reduserte ikke lufttemperaturen like raskt som større vannmengder. Lavere utstrømningsmengde resulterer også dårligere evne til å fukte materialene, som igjen reduserte sprinklerens evne til å kontrollere brannen. Rapporten (Beever, P., Britton, M, 1999) viser en figur hvor indikerer at utslippsmengder under 2mm/min/m² ikke vil være i stand til å gi tilstrekkelig sikkerhet for valgte brannbetingelser.
 - CO produksjonen er sammenlignet med forskjellige utslippsmengder på sprinkler. Det er observert at den største CO produksjonen, ble observert med den største utslippsmengden. Variasjonen i konsentrasjon av CO med sprinkler-vannføring er ubestemmelig ut fra denne serien med forsøk. Forsøkene viser at den lave utslippsmengden, ikke gir noen verre ytelse enn dagens boligsprinkler.
 - Testene indikerer at en lemping på kravene i den australske standarden for boligsprinkling ikke vil ha en vesentlig effekt på materielle tap (når vinduet ikke knuser). Personbeskyttelsen kan imidlertid vise seg å ikke bli tilstrekkelig i startbrannrommet ved veldig lave utslipp. Testene indikerer imidlertid at en lemping av kravene i den australske standarden, kan gi dekkende beskyttelse for de som ikke oppholder seg i startbrannrommet.
- *Ulme- og flammebrann i pasientrom – uten sprinkler* (Meland, Lønvik, 1989)
Fullskalaforsøk med brann i pasientrom (ved Vesterskaun skole) er utført for å studere hvordan forskjellige deteksjonsprinsipper detekterer røyk. Resultatene fra forsøkene viser tidspunkter for når kritiske tilstander oppstår i pasientrommet og korridoren utenfor, og når ulike detektorer varsler brann.

Her er noen av resultatene fra brannforsøkene i pasientrommet på ca 17m²:

Ulmebrann (glødende sigarett på laken)

- Kritisk grense for akkumulert CO-dose (30.000 ppm min) og sikt i brannrommet nås omtrent samtidig, typisk i tidsrommet 5-6000 s (80-100 min) etter brannstart.
- Både optisk røykvarsler og optisk røykdetektor plassert i startbrannrommet detekterer røyk tilstrekkelig tidlig til at en livstruende situasjon kan unngås ved en slik brannutvikling.
- Ioniske røykvarslere og røykdetektorer detekterer røyk fra en ulmebrannutvikling vesentlig senere enn optiske røykvarslere og røykdetektorer. Individuelle forhold ved selve brannforløpet tatt i betraktning, er det grunnlag for å hevde at dette deteksjonsprinsippet ikke vil gi tilfredsstillende sikkerhet ved en slik brannutvikling, selv om detektorene er plassert i brannrommet.

Flammebrann (brann i seng)

- Tid til kritisk grense nås:
 - I brannrommet:
 - temperatur i øvre røykfylte del av rommet: typisk i tidsrommet 200-240 s (3,3-4 min) etter antennelse. Kritisk grenseverdi for opphold relatert til lufttemperatur (røyk) er satt til 150°C.
 - kritisk O₂-konsentrasjon: etter 300s (5 min)
 - tidsmargin fra detektor aktiveres til kritisk tilstand oppstår: 160-200 s
 - I korridor (tilstøtende rom) med åpen dør til brannrommet:
 - kritisk grense i forhold til sikt og temperatur: 200-240 s (avhengig av korridorens størrelse)
- Tid til detektorer aktiveres:
 - I brannrommet:
 - normal følsomhet: 40-60 s (gjelder ioniske røykvarslere og –detektorer varsler som varsler tidligst)
 - økt følsomhet: 10 s raskere
 - Tilstøtende rom (med *lukket* dør til brannrommet):
 - 80-140 s etter at detektorer i startbrannrommet er detektert
 - Tilstøtende rom (med *åpen* dør til brannrommet):
 - 30-50 s etter at detektorer i startbrannrommet er detektert

Ved åpen dør til korridor nås kritisk grense ved opphold i korridor knyttet til temperatur og redusert sikt, typisk i størrelsesorden 200-240 s (3,3 – 4 min) (avhengig av korridorens størrelse).

13 VEDLEGG C – Utførte analyser og annen informasjon

Effekt av ulike tiltak i et sykehus – En svensk studie

Et svensk prosjekt (Olsson, 1999) hadde som hensikt å presentere et mål på det sikkerhetsnivået som samfunnet anser som akseptabelt for sykehus, når disse dimensjoneres gjennom beregning. Studien ser på effekten av både menneskelige så vel som tekniske feil.

Tre branntekniske løsninger ble studert:

1. standard brannbeskyttelse med røykdetektorer
2. sprinkler
3. røykskilling i tillegg til et alarmsystem som gir personellforsterkninger ved brann.

Resultater

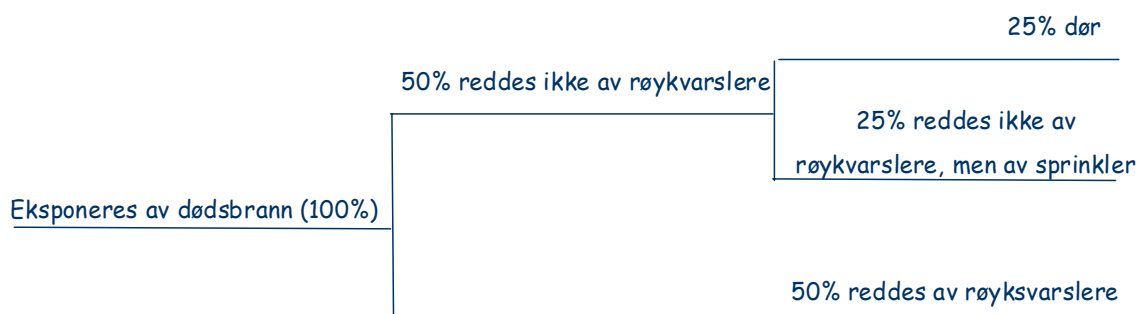
- I følge studien gir *ikke* dagens byggeregler (i Sverige) tilstrekkelig personsikkerhet i sykehus. Dette skyldes i hovedsak at flertallet av pasientene ikke kan rømme uten hjelp fra personalet. Forholdet mellom antall pasienter og pleiere har derfor svært stor betydning for sikkerheten ved sykehus. Dette gjør seg spesielt gjeldende ved menneskelige feil (human error) og når det er feil ved beskyttelsestiltakene.
- Det anbefales at byggereglene gir veiledning i hvordan en kan forbedre forholdet mellom pasient og personalet ved brann. Rapporten sier ikke hva dette forholdet bør være, men den viser i en figur (fig. 8.2 i Olssons rapport) hvordan risikoen reduseres dersom forholdstallet fordobles og tredobles.
- Rapporten presenterer parametre som har størst innflytelse på sikkerheten ved brann. Følgende punkter er nevnt:
 - Dersom personalet reagerer korrekt ved å lukke døren til initielt brannrom, vil brannen og konsekvensene av den, i stor grad være i startbrannrommet.
 - Dersom sprinkleranlegget fungerer med suksess, anses bygningen å være trygg.
 - Dersom røykbarrierer (røyktette dører) er installert i korridorer er konsekvensene mindre dramatiske.Dersom tiltakene over ikke gjennomføres, vil imidlertid konsekvensene bli alvorlige resultert i en liten sannsynlighet og stor konsekvens utgang.

Effekt av røykvarsler og sprinkler i boliger (Östman et. al., 2002)

En svensk undersøkelse referert i rapport av Östman med flere at brannalarm i kombinasjon med sprinkler kan redde 75% av de som ellers ville ha omkommet i brann i boliger.

Dette er basert på tall fra det svenske brannvesenet som sier at 50% av dødsofrene lå på golvet da de ble funnet (Räddningsverket, 2000). Dette tolkes som om de har vært klar over brannen, men har ikke greid å redde seg ut. Sannsynligvis har de oppdaget brannen for sent. Videre brant det i de omkomnes klær i ca 25% av brannene. Ut fra dette er følgende konklusjoner trukket:

- En fungerende røykvarsler redder 50% av de som ellers skulle ha omkommet i brann i boliger.
- Sprinkler redder ytterligere 25%. Disse personene kan ikke evakuere pga bevegelsehemninger. Brannalarm i kombinasjon med sprinkler kan dermed redde 75%
- Maksimalt 25% kan ikke reddes, da brannen har startet svært nær dem (f.eks. i klærne). Denne antakelsen er konservativ, da det savnes informasjon om sprinklers evne til å slokke brann i klær.



Figur 11 Anslått effekt av røykvarsler og sprinkler i boliger generelt.

I Norge er effekten av røykvarslere målt å være betydelig mindre. Antall døde pr million innbyggere er redusert med ca 15% (omlag 10 personer) fra før kravet om røykvarsler og håndslukkeapparat ble innført til i dag. Maksimalt kan en oppnå 30% reduksjon (dvs ytterligere 10 personer) dersom en sikrer seg at alle røykvarslere fungerer og er koblet i serie (Mostue, 2000). Årsaken til at effekten ikke kan bli større, er at spesielle grupper er overrepresentert blant dødsofrene i brann. Røykvarslere og manuelt slukkeutstyr vil nødvendigvis ikke redde disse persongruppene. Bare omlag 20% av brannofrene var selvhjulpne da dødsbrannen startet, viser en undersøkelse av norske dødsbranner (Hansen, 1995). Tilstand ukjent utgjør 10-20%. Det er først og fremst gruppen med selvhjulpne personer røykvarslere vil ha størst effekt på. En stor andel av dødsofrene er ikke selvhjulpne som følge av redusert psykisk og fysisk tilstand, som

- berusede personer
- bevegelseshemmed/invalid
- psykisk ubalanse
- små barn. Sovende barn våkner ikke av røykvarsler.

Det er rimelig å anta at en stor andel av beboerne i omsorgsboliger vil være bevegelseshemmed/invalid. Røykvarsler eller brannalarmanlegg vil dermed ikke være et tiltak som har effekt på alle i en omsorgsbolig. Boligsprinkler er derfor et enda viktigere tiltak for personer i omsorgsboliger, enn boliger generelt.

14 VEDLEGG D – Kritiske grenser

Det avgis flere giftige stoffer i avgassene fra en brann. De mest vanlige er CO, CO₂, O₂ og HCN(blåsyre). Kritiske tilstander for personer oppstår som regel som et resultat av et samvirke mellom forskjellige giftige gasser i brannrøyken.

Karbonmonoksyd, CO, er en svært giftig gass. Selv om CO ikke nødvendigvis er den giftigste gassen i en brannsituasjon, finnes den som regel i store mengder, slik at den må anses å være den største forgiftningstrusselen. CO binder seg til de røde blodlegemene med stor affinitet, og virker derved ved å hemme oksygentransporten i kroppen. Hvor mye CO personer tåler varierer fra person til person, avhengig av alder, helsetilstand, dosen en inhalerer, dvs konsentrasjonen og hvor lang tid konsentrasjonen inhaleres. Risikoen for forgiftning er høyest for veldig unge personer (under 4 år) og eldre personer (75 år og eldre).

CO₂ er egentlig ikke særlig giftig ved de konsentrasjoner som vanligvis oppstår, bortsett fra i selve brannrommet etter overtenning, men CO₂ –eksponering forårsaker øking av pustefrekvensen. Dette fører til en økning i opptaket av CO.

Ved brann i et lukket rom vil konsentrasjonen av oksygen avta som følge av forbrenningen. Lav oksygenkonsentrasjon påvirker personers evne til å opptre rasjonelt i kritiske situasjoner. Ved konsentrasjoner i størrelsesorden 9-10% (vol) påvirkes også pustehastigheten. Oksygenkonsentrasjonen i normal luft er 21% (vol).

I forsøk er det i hovedsak CO-konsentrasjonen som måles. Måleverdiene for konsentrasjon er uttrykt i ppm, som står for "parts per million". Flere kilder oppgir grenseverdier for personers respons på ulike konsentrasjoner av CO. Under reelle branner vil CO-konsentrasjonen variere og det kan derfor være vanskelig å relatere de målte CO-konsentrasjonene med disse grenseverdiene.

Det er derfor vanlig å omregne registrert CO-konsentrasjon over tid til akkumulert CO-dose, Ct.

$$(Ct)_t = \int_0^t CO(t)dt$$

Flere kilder oppgir grenser for hva personer tåler av eksponering, som vist i Tabell 25-Tabell 28.

Kritiske grenser brukt i våre konsekvensberegninger er vist i kap. 15.11.

Tabell 25 Effekt av CO i innåndingsluften hos mennesket (Hartzell, 1989)

CO-konsentrasjon [ppm]	Symptomer
200	Mulig svak hodepine i løpet av 2-3 timer.
400	Hodepine og kvalme i løpet av 1-2 timer.
800	Hodepine, svimmelhet, kvalme i løpet av ¾ timer. Kollaps og mulig bevisstløshet i løpet av 2 timer.
1 600	Hodepine, svimmelhet, kvalme i løpet av 20 minutter. Kollaps og mulig bevisstløshet i løpet av 2 timer.
3 200	Hodepine, svimmelhet i løpet av 5-10 minutter. Bevisstløshet og mulig død i løpet av 30 minutter.
6 400	Hodepine, svimmelhet i løpet av 1-2 minutter. Bevisstløshet og mulig død i løpet av 10-15 minutter.
12 800	Umiddelbar effekt, bevisstløshet og død i løpet av 1-3 minutter.

Tabell 26 Kritisk dødelig dose og konsentrasjoner dersom en påvirkes av én type gass¹⁸ av etter 5- og 30 minutters eksponering. (BSI DD 240: part 1: 1997)

Brann- produkter	5-minutters eksponering		30-minutters eksponering	
	Akkumulert dose (konsentrasjon x tid) [%min]	Maksimal konsentrasjon [%]	Akkumulert dose (konsentrasjon x tid) [%min]	Maksimal konsentrasjon [%]
CO	1,5	1	1,5	1
CO ₂	25	6	150	6
O ₂	45	9	360	9
HCN	0,05	0,01	0,225	0,01

Tabell 27 Tålegrenser for personer under rømning (NS 3901).

Innhold av gasser:	
CO	maks. 2000 ppm (0,2%)
CO ₂	maks. 5 %
O ₂	min. 15 %
Gasstemperatur	60°C

¹⁸ Grenseverdiene gjelder når en bare er utsatt for f.eks. CO.

Tabell 28 Kriterier som er brukt i ulike brannforsøk.

Forsøk	Kriterier
Brannforsøkene i Los Angeles i 1979	<p>Brannvesenets innsatstid ble satt til 15 minutter og alle forsøk ble derfor begrenset til denne perioden. Kriterier for å opprettholde et miljø hvor en kan overleve i leiligheten tilstrekkelig lenge for å kunne evakuere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gasstemperaturen i hodehøyde skulle ikke overstige 93°C. • Temperaturen i taket midt i rommet skulle ikke overstige 260°C. • CO-konsentrasjonen ved hodehøyde skulle ikke overstige 3000 ppm (0,3%) og • Akkumulerte CO-dose skulle ikke overstige 43 000 ppm-min (4,3%min).
Meland og Lønvik (Vesterskaun skole)	<p>Kritisk grense for dødelighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akkumulert CO- dose: 30 000 ppm min (3 %min) • 150°C er satt til kritisk grenseverdi for opphold relatert til lufttemperatur (røyk)
Beever og Briton	<p>Ved forsøk de har utført har de brukt følgende kriterier:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sprinklerkriteriene til Underwriters Laboratories (UL) og Factual Mutal (FM) er at 93 °C ikke skal overstiges 1,6 m over golvnivå. • CO (Yuill) er 3000 ppm for ”minutter” eller 1 600 ppm for 30 minutter (dvs 48.000 ppm min). • Farlig nivå på varmebelastning (Yuill) er 100°C i 30 minutter.

Tabell 29 Menneskers respons på temperatur (Pryor, 1969).

Temperatur [°C]	Respons
125	Vanskelig å puste
140	5 minutters toleranse tid
150	Temperaturgrense for å kunne evakuere
160	Rask, ulidelig smerte mot tørr hud
180	Irreversibel skade etter 30 sekunder
205	Åndedrettssystem tåler dette mindre enn 4 minutter med våt hud

15 VEDLEGG E - BEREGNINGER

15.1 Generelt om beregningsmodellene

I dette kapittelet vil de enkelte beregningsmodellene som er blitt benyttet for bestemmelse av kritiske tilstander i brannberegningene bli dokumentert. I kapitlene under (kap. 15.2 - 15.9 og kap. 15.10) angis referansene som er benyttet, aktuelt ligningsnummer og verdier på eventuelle faktorer, konstanter og inngangsparametre. Kopier av ligningene i disse referansene finnes i kap. 15.12.

15.2 Brannrate, lufttilførsel og utviklet varmeeffekt i brannrommet

Brannraten før overtenning blir beregnet på grunnlag av en modell beskrevet av [Lawson/Quintiere 1985] (ligning 3 i nevnte referanse). Etter overtenning blir brannraten bestemt av ligning 40 i samme referanse. Overtenning inntreffer når verdien av ligning 3 blir større enn verdien av ligning 40. (I ligning 3 er: $\alpha = 0,0408$, $\beta = 0$).

Lufttilførselen til brannen etter overtenning berignes på grunnlag av ligning 39 i samme referanse som over. Lufttilførselen før overtenning benyttes ikke i beregningene.

Utviklet varmeeffekt før og etter overtenning blir bestemt av ligning 37 beskrevet av [Lawson/Quintiere 1985]. (Hvor: det støkiometriske luft/brenselforholdet: $\gamma = 5$, effektiv brennverdi for polyuretanskum: $\Delta H = 15\,700$ kJ/kg, teoretisk brennverdi for polyuretanskum: $\Delta H = 26\,000$ kJ/kg og brennverdien pr kg oksygen konsumert $\Delta H_{\text{ox}} = 3\,000$ kJ/kg).

Den utviklede brannraten, som gir branneffekten, er tilpasset slik at den tilsvarer effektutviklingen ved brann i en lenestol gitt av [Arvidson 2000] (Figure 2, BRs 6071, "Test 2: Ignition of seat of chair").

15.3 Branntemperaturen i brannrommet

Temperaturstigningen i øvre røykgassjikt i brannrommet på grunn av effektutviklingen blir bestemt av modell presentert av [Quintiere 1990] (ligning 4 hvor varmetapsfaktoren (heat loss factor) $h_k = 0,04$ kW/m²K, starttemperaturen i brannrommet, det vil si ved antennelse $T_o = 20$ °C).

15.4 Røykmengden ut av og røyksjikhøyden i brannrommet

Den produserte røykmengden på grunn av brannen, som evakueres ut av brannrommet, blir bestemt av ligning 32-34 i [Lawson/Quintiere 1985]. ($y_2 = 0,5$ for $\psi \leq 1$).

Røyksjikhøyden i brannrommet blir bestemt på grunnlag av ligning 23b i [Lawson/Quintiere 1985]. ("The mass entrainment coefficient": $\alpha = 1/5,4 \approx 0,185$, $c_p = 1,046$ kJ/kg K, $\rho_o = 1,2$ kg/m³).

15.5 Brannspredning til naborommet

Når dør eller vindu står åpen mellom to rom, vil brannen (flammene) spre seg når temperaturen i brannrommet er ca 400-500°C. Naborommet inkluderes da som en del av brannrommet.

I scenarier hvor dører er lukket er det antatt at døren hindrer flammespredning i det tidsrommet som her er analysert (15 minutter).

15.6 CO-produksjonen, CO-konsentrasjonen, sikten og k-verdien i brannrommet

CO-produksjonen (i kg/kg brensel forbrent) før overtenning er gitt av verdier i [Tewarson 1995]. Etter overtenning bestemmes CO-produksjonen av ligning 72 (hvor: $(y_{co})_{wv} = 0,05$ kg/kg, $\alpha = 4$ og $\xi = 3$, "Equivalence Ratio" Φ beregnes på grunnlag av et støkiometrisk luft/brenselsforhold $\gamma = 5$, samt beregnet lufttilførsel og brannraten).

CO-konsentrasjonen i brannrommet blir bestemt av modell presentert av [Quintiere 1990] (ligning 7, hvor $\gamma_{co} = (y_{co})_{vc}$ som er CO-produksjonen under ventilasjonskontrollerte forhold. (i kg/kg brensel forbrent). γ_{co} øker kraftig når Φ øker, det vil si at brannen blir preget av økende luftunderskudd.

Sikten i brannrommet blir bestemt av en modell gitt [Quintiere 1990] (ligning 10-11, hvor "Mass optical density" D_m (m^2/kg) er en målbar egenskap til branngassene. Denne settes lik $330 m^2/kg$ for polyueretanskum ifølge [Tewarson 1995]).

Når sikten er beregnet i brannrommet er bestemt, kan k-verdien bestemmes av ligning 10 i [Quintiere 1990] og [Babrauskas 1981] (2. ligning på s. 52).

15.7 Aktivering av detektor

Modeller for beregning av detektorrespons er gitt av [British Standard Institute 1997] (ligning 58). Det er i disse beregningene forutsatt en optisk tetthet lik $0,015 m^{-1}$ ved aktivisering av detektor.

Forskjellen mellom takhøyden og høyden til brannens base: $z = 1,8$ meter, mens horisontal avstand fra brannens startsted og sprinklerplassering: $r = 1,0$ meter.

15.8 Aktivering av sprinkler

For beregning av sprinkler respons benyttes samme modell som benyttes i programmet [Fastlite 1996] (ligning 1-5 i kapittel 5.2). Aktivering av sprinkler oppnås når beregnet detektortemperatur er 57 °C. En RTI-verdi tilsvarende boligsprinkler lik $30 m^{1/2} s^{1/2}$ forutsettes i beregningene.

Forskjellen mellom takhøyden og høyden til brannens base: $z = 1,8$ meter, mens horisontal avstand fra brannens startsted og sprinklerplassering: $r = 1$ meter.

Etter at sprinkleranlegget er blitt aktivert, forutsetter en at utviklet varmeeffekt til brannen faller til en tredel av verdien før sprinkleranlegget utløses.

15.9 Beregning av tilsvarende verdier i naborom

Når en har beregnet branntilstanden i brannrommet med hensyn til brannparametrene nevnt over, blir de samme brannparametrene beregnet i naborom til brannrommet ved hjelp av ventilasjonsformelen. Dette gjelder både for røykgasskonsentrasjoner, temperatur og k-verdi.

Ventilasjonsformelen er gitt i [Hokstad m.fl. 1998] (avsnitt 3.7.1).

15.10 Ligninger beregningene er basert på

Dette kapitlet inneholder kopier av ligningene som beregningsmodellen er basert på og som det er referert til i kap.15.2-15.9.

Referanse: Lawson, J.R., Quintiere, J.G., Slide Rule Estimates of Fire Growth, Fire Technology, Vol. 21, No. 4, November 1985, p. 267.

Ligninger:

BURNING RATES FOR PLASTIC POOL FIRES

The burning rate for polyurethane foam was estimated with the following pool fire model developed by Orloff.⁵

$$\dot{m}_f = \alpha e^{(\alpha t - \beta)} \text{ g/sec} \quad (3)$$

where $\alpha = 0.033 \text{ sec}^{-1}$,

$\beta = 1.29$ (corresponds to a time shift of 30.35 which accounts for a particular ignition character in this experiment),

$t =$ time in seconds,

for the period $80 < t < 170 \text{ sec}$.

Smoke layer height from the floor, Z , can be calculated by Equation 23b

$$Z = H \left[1 + \left(\frac{2\alpha}{3} \right) \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_a T_a C_p \sqrt{gH} H^2} \right) \left(t \sqrt{g/H} \frac{H^2}{s} \right) \right]^{-3/2} \quad (23b)$$

$$M_o = [\psi^{1/2}/(1 + \psi)] (1 - y_2)^{3/2} \quad (32)$$

where $\psi \equiv \frac{T - T_a}{T_a}$

and $y_2 = x_2/H_o$ can be estimated as 0.5 to 0.6 for $\psi \leq 1$ and for well-ventilated fires where \dot{m}_f/\dot{m}_i is small as found in Quintiere.¹⁸ For the case of larger ψ and \dot{m}_f/\dot{m}_i not small, the neutral plane can be estimated from the work of Kawagoe and Sekine¹⁹ or from Quintiere¹⁸ in which $x_1 = 0$:

$$y_2 = \frac{1}{\left(1 + \frac{T}{T_a} \right)^{1/3} \left(1 + \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_i} \right)^{2/3}} \quad (33)$$

Fire Growth

$$\dot{m}_o = \frac{2}{3} M_o C \rho_a \sqrt{2g} W_o H_o^{3/2} \quad (34)$$

where $C =$ opening flow coefficient which is ~ 0.7 ,
 $\rho_a =$ density of ambient gas surrounding area,
 $g =$ acceleration of gravity (9.8 m/sec^2),
 $W_o =$ opening width,
 $H_o =$ opening height.

In general, the energy release rate of the fuel burning in the compartment, is given as

$$\dot{Q} = \begin{cases} \dot{m}_f \Delta H & \text{for } \dot{m}_f/\dot{m}_a \leq \gamma \\ (0.233) \dot{m}_a \Delta H_{ox} & \text{for } \dot{m}_f/\dot{m}_a \geq \gamma \end{cases} \quad (37)$$

where γ = the mass stoichiometric fuel to air ratio,
 ΔH = the fuel heat of reaction,
 \dot{m}_a = the air flow rate through the vent,
 and ΔH_{ox} = the heat of combustion per unit mass of oxygen and is taken as 13 kJ/g.

$$\dot{m}_f \cong 0.09 W_o H_o^{3/2} \text{ (kg/sec)} \quad (40)$$

with W_o and H_o in m.

$$\dot{m}_f^{c, max} = 0.5 W_o H_o^{3/2} \text{ (kg/sec)} \quad (39)$$

Referanse: Arvidson, Magnus: An Initial Evaluation of Different Residential Sprinklers using Heat Release Rate Measurements, SP Rapport 2000:18, Brandteknik, Borås 2000.

Figur:

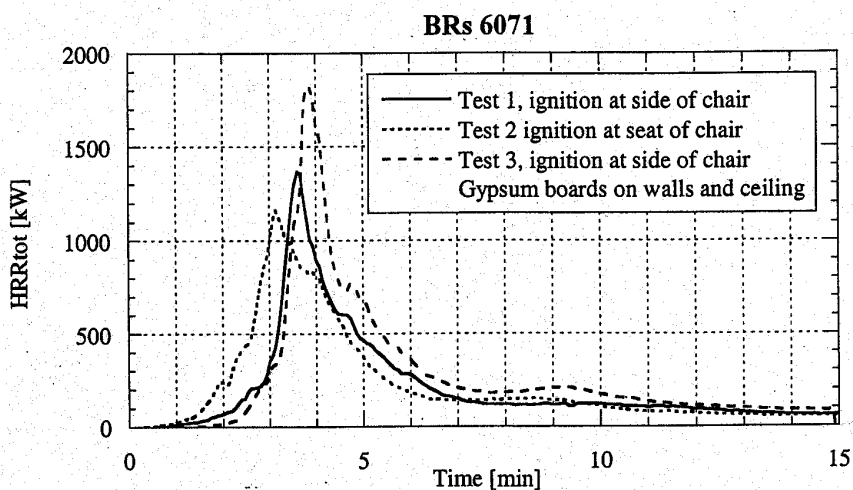


Figure 2 Total heat release rate histories for the free-burn tests. Test 3 was conducted using gypsum boards on the walls and at ceiling.

Referanse: Quintiere, J.G., Furniture Flammability: An Investigation of the California Technical Bulletin 133 Test. Part I: Measuring the Hazard of Furniture Fires, Department of Commerce, National Institute of Technology and Standards (NIST), Center for Fire Research, report no. NISTIR 4360, U.S. July 1990.

Ligninger:

Let us now examine the conditions required for flashover. We use a flashover criteria of a temperature increase of the smoke layer of 500°C. This is approximately consistent with a floor heat flux of 2 W/cm². The layer temperature depends on the energy release rate and on the compartment construction and configuration. An approximate formula in terms of these variables is [6]

$$\Delta T = 6.85 \left(\frac{\dot{Q}^2}{A_o H_o (h_k A)} \right)^{1/3} \text{ in } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

where \dot{Q} is in kW

A_o is the doorway area in m²

H_o is the doorway height in m

A is the room surface area

h_k is a heat loss factor taken as 0.021 - 0.042 $\frac{\text{kW}}{\text{m}^2\text{K}}$

(representative of gypsum board construction and a fire duration of 100 to 400 s).

In general, we can compute the CO concentration in the gases leaving the room as follows:

$$X_{\text{CO}} = \frac{\gamma_{\text{CO}}}{(\dot{m}_a/\dot{m}_f + 1)} \quad (7)$$

where \dot{m}_a is the air flow rate (1kg/s) and \dot{m}_f is the fuel burning rate = $\dot{Q}/\Delta H$.

Whereas opacity describes smoke obscuration for a specific path length, D/L has been found to relate directly to visibility. The relationship depends on the nature of the object viewed, but its approximately

$$L_v = \frac{2}{D/L} \quad (10)$$

where L_v is the distance over which the eye can still effectively discriminate objects. For a steady flow system such as the flow at the flame tip, or the smoke leaving a room, we can express (D/L) by

$$\frac{D}{L} = \rho D_m / \left(\frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} + 1 \right) \quad (11)$$

where ρ is the density of the exit gases

D_m is the mass optical density, a measurable property of the smoke.

Referanse: Tewarson: Generation of Heat and Chemical Compounds, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 1995, kapittel 3-4, National Fire Protection Association, June 1995.

Ligning:

Carbon Monoxide: The relationship between the ratio of the CO yields for ventilation-controlled to well-ventilated fires and the equivalence ratio is shown in Figure 3-4.30. The data suggest the following relationship³⁶

$$\frac{(y_{CO})_{vc}}{(y_{CO})_{wv}} = 1 + \frac{\alpha}{\exp(2.5\Phi - \xi)} \quad (72)$$

where α and ξ are the correlation coefficients, which depend on the chemical structures of the materials. The values for the correlation coefficients for CO are listed in Table 3-4.14.

Referanse: Babrauskas, V., Application of Predictive Smoke Measurements, Journal of Fire and Flammability, Vol 12, p.52, January 1981.

Ligning:

Smoke obscuration can alternatively be described by D/L , the optical density per meter, where $D = \log_{10} (I_0/I)$. The two quantities are related by a constant,

$$k = 2.303 (D/L)$$

2. lign. på side 52.

Referanse: British Standard Institute: Fire Safety Engineering in Buildings. Part 1: Guide to application of fire safety principles, DD 240 : Part 1 : 1997.

Ligning:

The following heat transfer equation (58) may be used to calculate the temperature of a fixed-temperature heat detector or a sprinkler head exposed to fire gases, and hence to determine the time at which the unit reaches its operating temperature:

$$\frac{dT_d}{dT} = \frac{U^{1/2} (T_g - T_d)}{[RTI]} \quad (58) [15]$$

where

- T_d is the detector temperature (in K);
- U is the instantaneous velocity of fire gases (in m/s);
- T_g is the temperature of fire gases (in K);
- $[RTI]$ is the response time index (RTI) (in $m^{1/2} \cdot s^{1/2}$).

Referanse:

Fastlite 1996: Portier, R.W. et al.: FASTLite: Engineering Tools for Estimating Fire Growth and Smoke Transport, Department of Commerce, National Institute of Technology and Standards (NIST), Special Publication 899, April 1966.

Likgninger:

$$t_{unimpeded} = \frac{(t_{horizontal} + t_{vertical})}{\chi_{mobility}} \quad (1)$$

$$\chi_{mobility} = \frac{X}{100} \quad (2)$$

Together, eqs (1), (5) and (6) provide a first-order estimate of area evacuation times; the user, however, should be aware of assumptions in arriving at the results. The egress estimates assume the most efficient exit paths are chosen. The procedure does not account for investigation, verification, "way-finding," or assistance. Flow is assumed to proceed ideally and without congestion. There are no adjustments to flow speed in response to evacuee flow density. In light of these inefficiencies, it would be reasonable to expect evacuation times to be two to three times greater than the nominal evacuation time [17]. The nominal evacuation time varies. If any evacuation time from eqs (1), (5) or (6) was an order-of-magnitude greater than the other two evacuation times, then this would be the nominal evacuation time estimate. If the unimpeded evacuation time, ($t_{unimpeded}$) is close to one or both estimates of eqs (5) or (6), then $t_{unimpeded}$ plus a fraction of eqs (5) or (6) is the nominal evacuation time. Conversely, if eqs (5) or (6) exceeds $t_{unimpeded}$, then the nominal evacuation time is the time in eqs (5) or (6) plus a fraction of $t_{unimpeded}$. To determine what value these fractions should be, it is necessary to conduct a more detailed analysis of the evacuation flow [17].

$$t_{horizontal} = \frac{x_{horizontal}}{v_{able}} \quad (3)$$

$$t_{vertical} = \frac{z_{vertical}}{v_{stair}} \sqrt{\frac{11}{7} \frac{z_{riser}}{x_{tread}}} \quad (4)$$

$$t_{exit-opening} = \frac{N_{people}}{N_{exitleaves}} \left(\frac{\text{exit leaf} \cdot \text{sec}}{1 \text{ person}} \right) \quad (5)$$

$$t_{stair} = \frac{N_{people}}{W_{effective} \dot{Q}_{stair}} \quad (6)$$

$N_{exit\ leaves}$	Total number of door leaves from the building to the outside
N_{people}	Total evacuating population
\dot{Q}_{stair}	People flow rate in a stairway enclosure (default 60 people/min/m ^{w, eff})
t	Exit time (sec)
$W_{effective}$	Effective width of an exit passageway (see Section 3.6.3) (m)
$x_{horizontal}$	Total horizontal distance traversed by the evacuee (m)
v_{able}	Speed of an able evacuee moving on flat, dry surface (m/s)
v_{stair}	Speed of an able evacuee moving in a vertical means of egress (m/s)
x_{tread}	Depth of the tread from riser to riser (m)
X	Speed of the slowest evacuee as a percentage of able evacuee speed
z_{riser}	Height of the riser from tread to tread (m)
$z_{vertical}$	Total vertical traverse distance (not distance along a sloped incline) (m)

Referanse: Hokstad, P. m.fl., Metode for å beregne personsikkerheten med hensyn til brann i bygninger, SINTEF Teknologiledelse, Sikkerhet og pålitelighet, 7465 Trondheim, april 1998.

Ligning:

$$C_1 = \frac{\dot{m}_{kilde}}{\dot{V}_{vent}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\dot{V}_{vent} \cdot t}{V_0}} \right)$$

hvor

C_1 = røykkonsentrasjon [-]

\dot{m}_{kilde} = masse røykproduksjon pr tidsenhet [kg/s]. Denne er avhengig av størrelsen på ulmebrann

\dot{V}_{vent} = Ventilasjonsmengde [m^3/s]

V_0 = Romvolum [m^3]

15.11 Kriterier for kritisk tilstand for mennesker

Følgende tilstander for personer i omsorgsboligene er ansett å være kritiske for beboerne:

• CO-dose (når død inntreffer):	64 000 ppm x min.
• CO-konsentrasjon (når død inntreffer)	6 400 ppm i 10-15 min.
• Sikt i brannrom (m):	3 m
• Sikt naborom:	3 m
• Sikt korridor:	3 m
• Sikt naboileilighet:	3 m
• Røyksjikhøyde:	0,7 m
• Temperatur:	205 °C i 4 min.

15.12 Forutsetninger og antakelser

15.12.1 Generelt

Følgende generelle forutsetninger og antagelser gjelder for beregningene:

- Det forutsettes at brannen starter som en flammebrann og at effektutviklingen tilsvarer en brann i en lenestol gitt av Arvidson 2000 (Figur 2, BRs 6072, "Test 2: Ignition of seat of chair").
- Etter at sprinkleranlegget er blitt aktivert, forutsetter en at utviklet varmeeffekt til brannen faller til en tredel av verdien før sprinkleranlegget utløses. Sprinkleranlegget greier altså ikke å slokke brannen helt, men brannen effektutvikling blir altså kontrollert til ca en tredel av verdien før utløsning av sprinkleranlegget.
- En lukket, vanlig (ikke røyktett) dør til brannrommet forutsettes å ha et lekkasjetall på 80 m³/h, mens en lukket dør fra naborommet til et tredjerom (for eksempel korridor) har et lekkasjerate på 60 m³/s. Fra tredje rom (korridor) til fjerde rom (naboileilighet) forutsettes lekkasjeraten å være 40 m³/s. (NBLs vurderinger [Stensaas 2002])
- En røyktett dør forutsettes i henhold til klassifiseringsstandarden [prEN 13501-2_2000 1998] å ha en lekkasjerate på 20 m³/h ved 50 Pa
- Ved åpen dør forutsettes det at røyken sprer seg inn i naborommet først når røyksjiktet har nådd under den øvre karmen til døra. Tiden når dette skjer adderes til beregnet tid for kritiske tilstander i de andre rommene.
- Vinduene mellom leilighet og korridor, som forutsettes å være tolags vindu, vil kollapse som følge av brannen omtrent samtidig med at brannen eventuelt går til overtenning [Babrauskas 1997].

15.12.2 Brann i soverom eller stue

- Ved brann i soverommet eller stue med lukket dør til naborommet (henholdsvis stue og soverommet) eller korridoren forutsettes det at det er et kvart åpent vindu til brannrommet, slik at brannen kan føre til overtenning hvis ikke sprinkler aktiviseres.
- Det antas at to tredeler av røykgassene fra brannen i soverommet går ut gjennom det åpne vinduet, mens resten (en tredel av røyken) evakueres ut gjennom utettheter i den lukkede døra.
- Ved brann i stue antas at halvparten av røyken evakueres gjennom det åpne vinduet, mens en firedel hver av røyken evakueres gjennom dør til korridor og til soverom.

- Ved åpen dør til/fra soverom antas at to tredeler av røyken fra brannen i soverommet evakueres via denne døra og en tredel gjennom det åpne vinduet.

15.12.3 Brann i felleskjøkken

- Det forutsettes i disse beregningene at tre fjerdedeler av røyken som utvikles fra brannen i kjøkkenet evakueres via korridorer utenfor leiligheter.

15.13 Resultater av beregninger

15.13.1 Innledning

En oppsummering av beregningsresultatene, som presenteres i de neste kapitlene, finnes i Tabell 5 og Tabell 6 (side 26) og i kap. 9.4.4 - 9.4.6.

Resultattabellene i de neste kapitlene angir beregnede tider for kritiske tilstander. Det kan synes som om beregningene gir svært nøyaktig tidsangivelser. Det er viktig å være klar at beregningsmodellene er for grove og at tidsangivelsene som her oppgis har en usikkerhet på $\pm 0,5$ minutter- flere minutter.

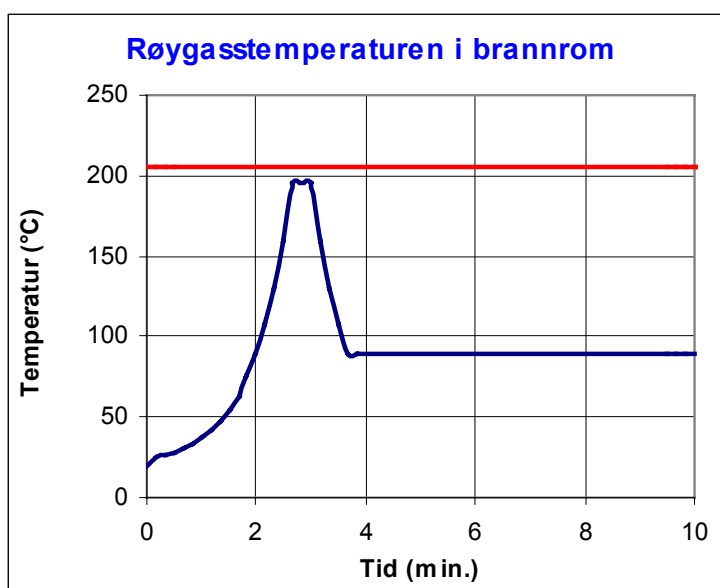
15.13.2 Scenario 1: Brann i soverom og alle dører er lukket (1A/1B: med/uten sprinkler).

Alle tider er oppgitt i minutter.

Tider for kritisk tilstand (min.)		CO-dose (ppm x min) = 64 000 (ppm x min)	CO-kons. (ppm) = 6 400 (ppm)	Temperatur = 205 (°C)	Sikt (3 m)	Tid for overtenning $T_g = 5-600$ °C (min.)	Røyksjikt-høyde ¹⁹ = 0,7 m	Tid for aktivring av sprinkler (min.)	Tid for aktivring av detektor (sek.)
Med sprinkler	1A: Soverom	NEI	NEI	NEI	1,0	NEI	> 15	2:40	8
	Stue	>>15	>>15	>>15	4:50				
	Kor.	NEI	NEI	NEI	NEI				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				
Uten sprinkler	1B: Soverom	3:50	2:30	2:40	0:50	2:50	2:50	NEI	8
	Stue	>15 (21)	>15 (19)	>15	4:50				
	Kor.	>15	>15	>>15	>15				
	Nabo-leilighet	>>15	>>15	>>15	>>15				

Tidspunkt for når røykgassene ved taket fylles ned til overkant av dør:

2,2 min.



Figur 12 Tid-temperaturkurve for Scenario 1A.

¹⁹ Når boligsprinkler utløses vil røykgassene bli omrørt og en får ikke noe røyksjikt. Tidsangivelsen som her er angitt for scenarier med boligsprinkler, er tiden det ville ha tatt før røykgassjiktet (dersom det ikke ble omrørt) nådde 0,7m over golvet.

15.13.3 Scenario 2: Brann i soverom og alle dører er lukket bortsett fra en dør til soverom

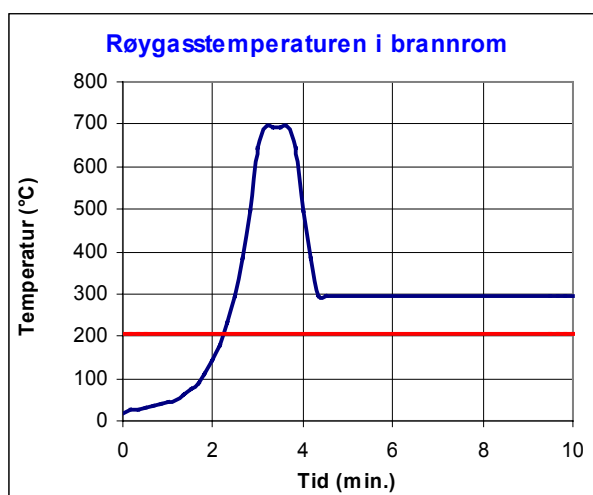
Alle tider er oppgitt i minutter.

Tider for kritisk tilstand (min.)		CO-dose (ppm x min) = 64 000 (ppm x min)	CO-kons. (ppm) = 6 400 (ppm)	Temperatur = 205 (°C)	Sikt (3 m)	Tid for overtenning $T_g = 5-600$ °C (min.)	Røyk-sjikt-høyde ²⁰ = 0,7 m	Tid for aktivering av sprinkler (min.)	Tid for aktivering av detektor (sek.)
Med sprinkler	2A: Soverom	NEI	2:40	2:20*	0:50	NEI	12:40	2:40	8
	Stue	NEI	NEI	NEI	3:40				
	Kor.	NEI	NEI	NEI	NEI				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				
Uten sprinkler	2B: Soverom	3:50	2:40	2:20	0:50	2:50	2:50	NEI	8
	Stue	3-5	3-5	3-5	2:50				
	Kor.	>15	>15	NEI	13:50				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				

Tidspunkt for når røykgassene ved taket fylles ned til overkant av dør: 2,2 min.

Brannspredning (flammespredning) fra soverom ut gjennom åpen dør til stue skjer etter ca 3 minutter.

* Selv om temperaturen faller raskt etter at sprinkleranlegget aktiviseres, faller ikke temperaturen til mer enn ca 300 °C. Dette er temperaturen i røykgass-sjiktet. Når sprinkler aktiveres omrøres røykgassene, og romtemperaturen vil være omlag 160°C etter omrøringen. I tillegg kan en regne med en effekt av at vannet fra sprinkleren ytterligere kjøler røykgassene (se antakelser side 23). Røykgasstemperaturen trenger derfor ikke bli kritisk.



Figur 13 Tid-temperaturkurve for Scenario 2A.

²⁰ Når boligsprinkler utløses vil røykgassene bli omrørt og en får ikke noe røyksjikt. Tidsangivelsen som her er angitt for scenarier med boligsprinkler, er tiden det ville ha tatt før røykgasssjiktet (dersom det ikke ble omrørt) nådde 0,7m over golvet.

15.13.4 Scenario 3: Brann i stue, lukket dør til soverom og korridor

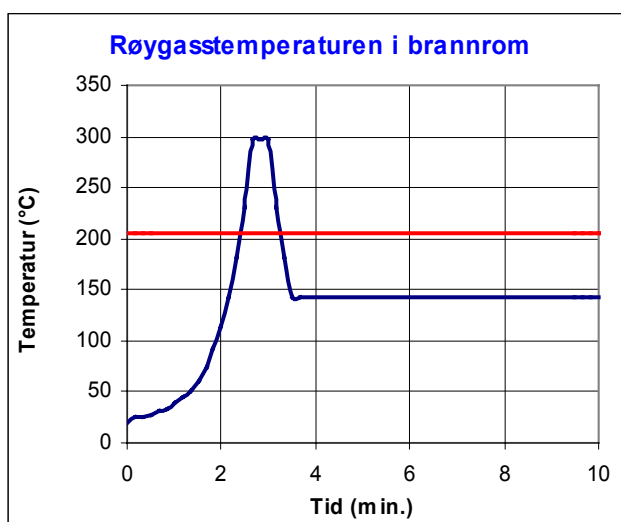
Alle tider er oppgitt i minutter.

	Tider for kritisk tilstand (min.)	CO-dose (ppm x min) = 64 000 (ppm x min)	CO-kons. (ppm) = 6 400 (ppm)	Temperatur = 205 (°C)	Sikt (3 m)	Tid for overtenning $T_g = 5-600$ °C (min.)	Røyksjikt-høyde ²¹ = 0,7 m	Tid for aktivering av sprinkler (min.)	Tid for aktivering av detektor (sek.)
Med sprinkler	3A: Stue/kj.	NEI	NEI	2:20*	1	NEI	> 15	2:40	8
	Soverom	NEI	NEI	NEI	4:10				
	Kor.	NEI	NEI	NEI	15				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				
Uten sprinkler	3B: Stue/kj.	4	3	2:30	0:40	3:10	4	NEI	8
	Soverom	12	6:30	> 15	5				
	Kor.	NEI	NEI	NEI	6				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				

Tidspunkt for når røykgassene ved taket fylles ned til overkant av dør: 2,2 min.

2,2 min.

* Selv om temperaturen faller raskt etter at sprinkler løses ut, faller den ikke mer enn ned til 140 °C. Dette er temperaturen i røykgass-sjiktet. Når sprinkler aktiveres omrøres røykgassene, og romtemperaturen vil være omlag 80°C etter omrøringen. I tillegg kan en regne med en effekt av at vannet fra sprinkleren ytterligere kjøler røykgassene (se antakelser side 23). Røykgasstemperaturen blir derfor ikke bli kritisk.



Figur 14 Tid-temperaturkurve for Scenario 3A.

²¹ Når boligsprinkler utløses vil røykgassene bli omrørt og en får ikke noe røyksjikt. Tidsangivelsen som her er angitt for scenarier med boligsprinkler, er tiden det ville ha tatt før røykgasssjiktet (dersom det ikke ble omrørt) nådde 0,7m over golvet.

15.13.5 Scenario 4: Brann i stue, åpne dører til soverom og korridor

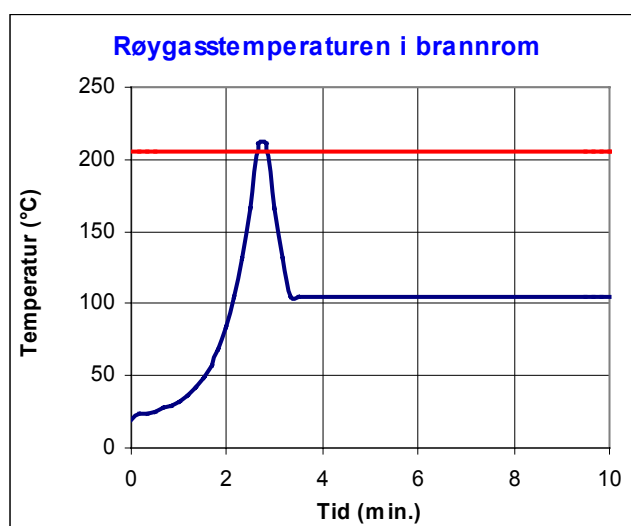
Alle tider er oppgitt i minutter.

Tider for kritisk tilstand (min.)		CO-dose (ppm x min) = 64 000 (ppm x min)	CO-kons. (ppm) = 6 400 (ppm)	Temperatur = 205 (°C)	Sikt (3 m)	Tid for overtenning $T_g = 5-600$ °C (min.)	Røyksjikt-høyde ²² = 0,7 m	Tid for aktivering av sprinkler (min.)	Tid for aktivering av detektor (sek.)
Med sprinkler	4A: Stue/kj.	NEI	NEI	3*	1:20	NEI	3	2:40	8
	Soverom	NEI	NEI	NEI	4				
	Kor.	NEI	NEI	NEI	4:30				
	Naboleilighet	NEI	NEI	NEI	5:30				
Uten sprinkler	4B: Stue/kj.	3-4	3	2:50	1:20	3:10	3	NEI	8
	Soverom	3-10	3-10	3-6	3-4				
	Kor.	3-10	3-10	3-10	3-10				
	Naboleilighet	<10	<10	< 10	3-10				

Tidspunkt for når røykgassene ved taket fylles ned til overkant av dør: 2,5 min.

Brannspredning (flammespredning) fra leilighet ut gjennom åpen dør til korridor og soverom skjer etter ca 3 minutter. Brannspredning til naboleilighet med åpen dør vil skje etter 3-10 minutter. Dersom brannvesenet er på stedet etter 10 minutter vil brannen ha et omfattende tak på bygningen.

* Temperaturen er over 205 °C i bare en kort stund (15-30 sek.) på grunn av at sprinkler utløses. Dette medfører at brannen kontrolleres og temperaturen flater raskt ut på vel 100 °C.



Figur 15 Tid-temperaturkurve for Scenario 4A.

²² Når boligsprinkler utløses vil røykgassene bli omrørt og en får ikke noe røyksjikt. Tidsangivelsen som her er angitt for scenarier med boligsprinkler, er tiden det ville ha tatt før røykgassjiktet (dersom det ikke ble omrørt) nådde 0,7m over golvet.

15.13.6 Scenario 5: Brann i felleskjøkken

Åpen dør til fellesområde og til korridor utenfor leiligheter.

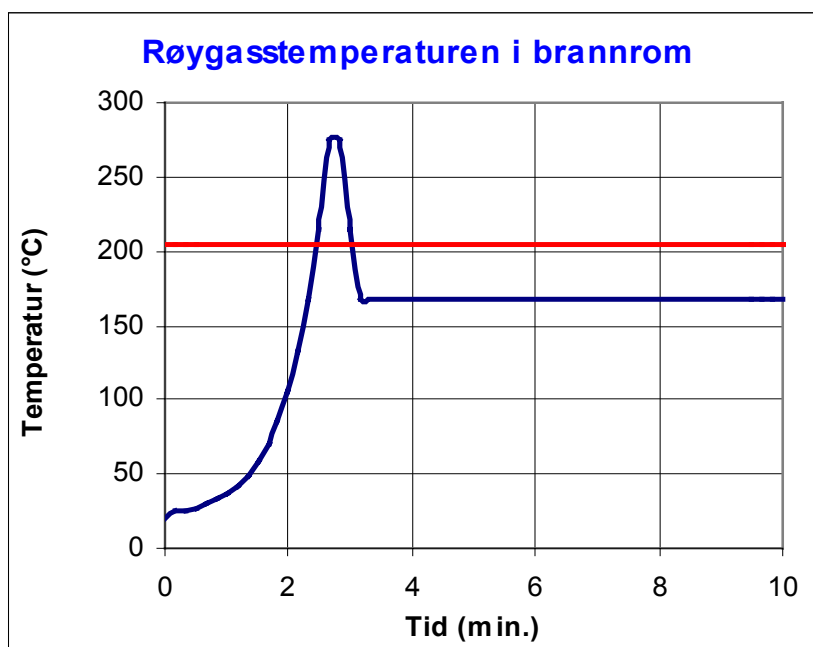
Alle tider er oppgitt i minutter.

Tider for kritisk tilstand (min.)		CO-dose (ppm x min) = 64 000 (ppm x min)	CO-kons. (ppm) = 6 400 (ppm)	Temperatur = 205 (°C)	Sikt (3 m)	Tid for overtenning $T_g = 5-600$ °C (min.)	Røyksjikt-høyde ²³ = 0,7 m	Tid for aktivering av sprinkler (min.)	Tid for aktivering av detektor (sek.)
Med sprinkler	5A: Felleskjøkken	NEI	NEI	2:40*	1:30	NEI	8	2:40	8
	Kor. 1	NEI	NEI	NEI	3				
	Kor. 2	NEI	NEI	NEI	7				
	Naboleilighet	NEI	NEI	NEI	9				
Uten sprinkler	5B: Felleskjøkken	3-4	3	2:40	1:30	3	2:50	NEI	8
	Kor. 1	11	6	5:30	4				
	Kor. 2	> 15	> 15	8	8				
	Naboleilighet	> 15	> 15	9	10				

Tidspunkt for når røykgassene ved taket fylles ned til overkant av dør: 2,1 min.

2,1 min.

* Selv om temperaturen i brannrommet faller relativt raskt etter at sprinkler løses ut, faller temperaturen ned til ca 170 °C etter ca 3:30.



Figur 16 Tid-temperaturkurve for Scenario 5A.

²³Når boligsprinkler utløses vil røykgassene bli omrørt og en får ikke noe røyksjikt. Tidsangivelsen som her er angitt for scenarier med boligsprinkler, er tiden det ville ha tatt før røykgassjiktet (dersom det ikke ble omrørt) nådde 0,7m over golvet.

15.13.7 Scenario 6: Brann i felleskjøkken

Åpen dør til fellesområde og lukket dør til korridor utenfor leiligheter

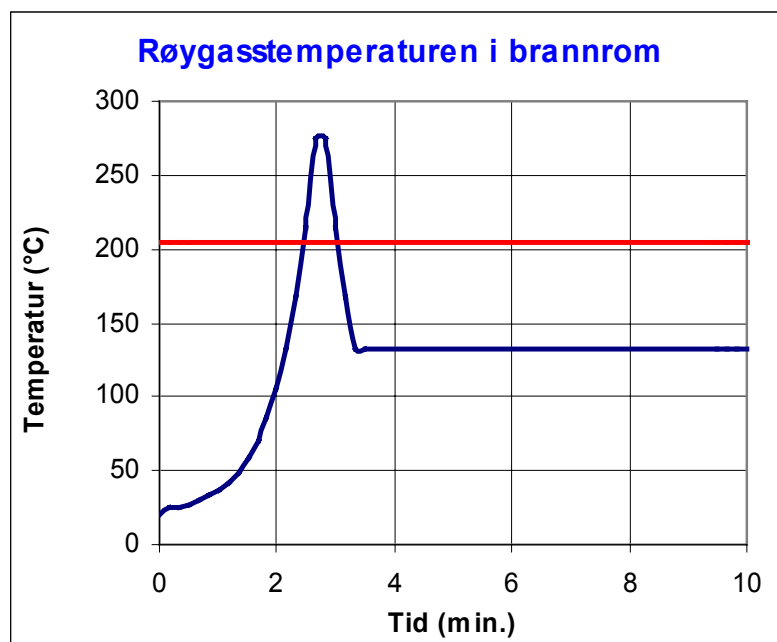
Alle tider er oppgitt i minutter.

Tider for kritisk tilstand (min.)		CO-dose (ppm x min) = 64 000 (ppm x min)	CO-kons. (ppm) = 6 400 (ppm)	Temperatur = 205 (°C)	Sikt (3 m)	Tid for overtenning T _g = 5-600 °C (min.)	Røyksjikt-høyde ²⁴ = 0,7 m	Tid for aktivring av sprinkler (min.)	Tid for aktivring av detektor (sek.)
Med sprinkler	6A: Felleskjøkken	NEI	NEI	2:30*	1:30	NEI	12	2:40	8
	Kor. 1	NEI	NEI	NEI	4:30				
	Kor. 2	NEI	NEI	NEI	NEI				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				
Uten sprinkler	6B: Felleskjøkken	4	2:50	2:30	1:30	3	2:50	NEI	8
	Kor. 1	7	5:30	5:30	4				
	Kor. 2	> 15	> 15	> 15	> 15				
	Nabo-leilighet	> 15	> 15	> 15	> 15				

Tidspunkt for når røykgassene ved taket fylles ned til overkant av dør:

2,1 min.

* Etter at sprinkler har løst ut faller temperaturen raskt fra ca 280 °C til en konstant verdi på 135 °C.



Figur 3.6: Tid-temperaturkurve for Scenario 6A.

²⁴Når boligsprinkler utløses vil røykgassene bli omrørt og en får ikke noe røyksjikt. Tidsangivelsen som her er angitt for scenarier med boligsprinkler, er tiden det ville ha tatt før røykgassjiktet (dersom det ikke ble omrørt) nådde 0,7m over golvet.

15.13.8 Scenario 7: Som scenario 3 (Brann i stue, lukket dør til soverom og korridor), men med røyktett dør mellom leilighet og korridor

Alle tider er oppgitt i minutter.

Tider for kritisk tilstand (min.)		CO-dose (ppm x min) = 64 000 (ppm x min)	CO-kons. (ppm) = 6 400 (ppm)	Temperatur = 205 (°C)	Sikt (3 m)	Tid for overtenning T _g = 5-600 °C (min.)	Røyksjikt-høyde ²⁵ = 0,7 m	Tid for aktivering av sprinkler (min.)	Tid for aktivering av detektor (sek.)
Med sprinkler	7A: Stue/kj.	NEI	NEI	2:20*	1	NEI	> 15	2:40	8
	Soverom	NEI	NEI	NEI	4:10				
	Kor.	NEI	NEI	NEI	>15				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				
Uten sprinkler	7B: Stue/kj.	4	3	2:30	0:40	3:10	4	NEI	8
	Soverom	12	6:30	> 15	5				
	Kor.	NEI	NEI	NEI	>15				
	Nabo-leilighet	NEI	NEI	NEI	NEI				

Tidspunkt for når røykgassene ved taket fylles ned til overkant av dør:

2,2 min.

Den eneste forskjellen i forhold til scenario 3 er at sikten i korridoren blir kritisk etter 15 minutter, mens den ble kritisk etter ca 15 min. med sprinkler og etter ca 6 min. uten sprinkler.

²⁵ Når boligsprinkler utløses vil røykgassene bli omrørt og en får ikke noe røyksjikt. Tidsangivelsen som her er angitt for scenarier med boligsprinkler, er tiden det ville ha tatt før røykgassjiktet (dersom det ikke ble omrørt) nådde 0,7m over golvet.