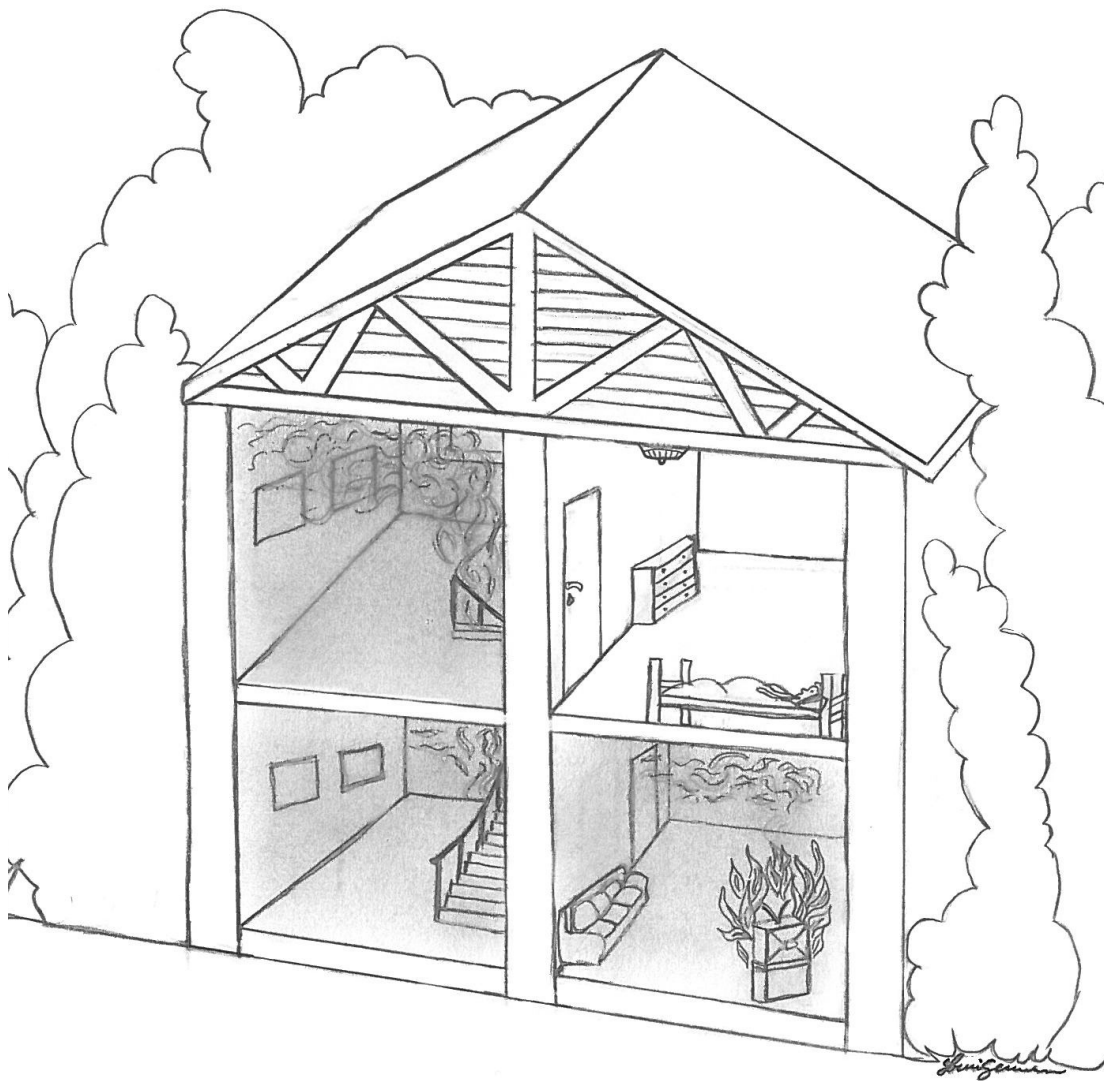


ANALYSE AF RØGALARMANLÆG I BOLIGER

Brandteknisk projektopgave

Master i Brandsikkerhed

Institut for Byggeri & Anlæg, Danmarks Tekniske Universitet (DTU Byg)



Anders Jensen
Studienr. 063627

Januar 2010
Revideret udgave – Maj 2010

Indhold

OPGAVEFORMULERING	5
<i>Formål</i>	5
<i>Baggrund</i>	5
<i>Indhold</i>	5
RESUMÉ	6
LÆSEVEJLEDNING	6
FORORD	7
INDLEDNING	7
<i>Projektvejleder</i>	7
TAK	7
<i>Sponsorer af røgalarmer til fuldskalaforsøg</i>	7
1. LOVGIVNING	8
1.1 RØGALARMANLÆG I ANVENDELSESKATEGORI 4	8
1.2 RØGALARMANLÆG I ANVENDELSESKATEGORI 5	10
1.3 DEFINITION AF OG KRAV TIL RØGALARMANLÆG	10
1.4 EKSISTERENDE BYGGERI	11
1.5 RØGALARMENS FORMÅL	11
<i>Røgalarmernes placering</i>	11
1.6 FLYDENDE BOLIGER	13
1.7 LOVKRAV I ANDRE LANDE	14
1.7 KRAV I "DRIFTSMÆSSIGE FORSKRIFTER"	14
1.8 KRAV I "TEKNISKE FORSKRIFTER"	16
1.9 PERSPEKTIVERING AF KRAV TIL RØGALARMANLÆG I BYGNINGSREGLEMENTET	16
2. RØGALARMENS UDVIKLING OG VIRKEMÅDE	19
<i>Opfindelsen</i>	19
<i>Detekteringsmetoder</i>	19
<i>DS/EN 14604 og CE-mærkning</i>	22
<i>Varefakta</i>	22
<i>Særligt omkring ion-detektorer</i>	22
<i>Drift og vedligeholdelse</i>	22
<i>Sammenkobling med andre sikringsanlæg</i>	23
2.1 OPSAMLING	23
3. STATISTIK – BRANDDØDE OG BRANDÅRSAGER	24
3.1 ANTAL BRANDDØDE, ÅRSAGER OG BRANDSTEDER	24
3.2 PERSONKARAKTERISTIK AF BRANDDØDE	28
<i>Opdagelse af branden</i>	28
<i>Dødsårsag</i>	29
3.3 SKADER VED BRAND	29
3.4 DISKUSSION	30
4. STATISTIK – RØGALARMERS TILSTEDEVÆRELSE OG EFFEKT	31

4.1 REAKTION PÅ RØGALARMER	33
4.2 HVAD KAN EN RØGALARM ÆNDRE?	33
4.3 HVOR OFTE OPDAGER RØGALARMEN EN BRAND?	34
<i>Hvor sidder røgalarmerne?</i>	35
4.4 OMKOSTNINGER TIL BRANDSIKKERHED VED OPFØRELSE AF BYGNINGER	35
<i>Priser på røgalarmer og røgalarmanlæg</i>	35
4.5 OPSAMLING	36
<i>BrandBevægelsen</i>	36
5. FULDSKALA-FORSØG	38
5.1 BRANDFORSØG	38
<i>Formål</i>	38
<i>Baggrund</i>	38
<i>Forsøgsopbygning</i>	39
<i>Komponentbeskrivelse</i>	40
<i>Udstyrsbeskrivelse</i>	40
<i>Forsøgsafvikling</i>	40
<i>Resultater</i>	41
<i>Fejlkilder</i>	43
<i>Usikkerheder</i>	43
<i>Delkonklusion</i>	43
<i>Erfaringer</i>	44
5.2 LYDFORSØG	44
<i>Formål</i>	44
<i>Baggrund</i>	44
<i>Forsøgsopbygning</i>	45
<i>Udstyrsbeskrivelse</i>	45
<i>Forsøgsafvikling</i>	46
<i>Resultater</i>	46
<i>Fejlkilder</i>	47
<i>Usikkerheder</i>	47
<i>Delkonklusion</i>	47
6. TEORETISKE BEREGNINGER	48
6.1 ACCEPTKRITERIER	48
6.2 DESIGNBRANDE	49
<i>Antændelse</i>	51
6.3 RESULTATER	51
<i>Sigtbarhed</i>	51
<i>Stråling</i>	52
<i>Højde til røggaslag</i>	52
<i>Temperatur</i>	52
<i>Iltkoncentration</i>	53
<i>Brandrøgs giftighed</i>	53
<i>Nøgletal fra håndberegninger</i>	54
<i>Følsomhedsanalyse</i>	54

<i>Tid til kritiske forhold</i>	54
6.4 EVAKUERINGSTID	55
<i>Detekteringstid</i>	55
<i>Reaktions- og beslutningstid</i>	55
<i>Gangtid</i>	56
<i>Total evakueringstid</i>	56
6.5 ARGOS-BEREKNINGER	56
6.6 DELKONKLUSION	57
7. DISKUSSION OM ANVENDELSESKATEGORIER	58
PERSPEKTIVERING	60
<i>Det optimale røgalarmanlæg</i>	61
NY DEFINITION AF RØGALARMANLÆG	62
KONKLUSIONER	63
KRAV TIL RØGALARMANLÆG	63
<i>Detekterings-teknik</i>	63
<i>Internationalt</i>	63
<i>Eksisterende byggeri</i>	63
<i>Opretholdelse af brandsikkerhed i hele bygningens levetid</i>	64
ANVENDELSESKATEGORIER	64
<i>Immobilie</i>	64
<i>Statistisk grundlag</i>	64
<i>Emner til yderligere studier</i>	64
<i>Afrunding</i>	65
KILDEFORTEGNELSE	66
<i>Anvendte edb-programmer</i>	68
TABEL- OG FIGURFORTEGNELSE	69
BILAGSFORTEGNELSE	70

Forsidetegning

Tegnet til projektet af: Louise Severinsen ©

Opgaveformulering

Formål

- ⊙ Undersøge om kravene til installation og udførelse af røgalarmanlæg i boliger opført efter anvendelseskategori 4 (1 røgalarm pr bolig/brandcelle) er tilstrækkelige til at personer kan bringe sig i sikkerhed ved egen hjælp uden at blive udsat for kritiske forhold.
- ⊙ Diskussion af fortolkningen af anvendelseskategorier for boliger til personer med nedsat mobilitet.

Baggrund

- ⊙ Størstedelen af alle dødsbrande forekommer i boliger.
- ⊙ Kun ved cirka hver femte dødsbrand var der en eller flere røgalarmer i boligen, desværre ofte uden elektrisk energi og derfor uvirksom.
- ⊙ Mange boliger til ældre projekteres som almindelige boliger uden særlige hensyn til brugerne.

Indhold

- ⊙ Sammenligning af krav til brandsikkerhed i boliger i Danmark og i de lande, vi normalt sammenligner os med.
 - Krav i byggelovgivning
 - I hvilken anden dansk lovgivning er der krav om røgalarmer/røgalarmanlæg?
- ⊙ Hvad er formålet med røgalarmer? (Sikre person/bygning)? (Ift. krav i byggelov)
 - Beskrivelse af en røgalarm/et røgalarmanlæg.
- ⊙ Udvikling af røgalarmer/røgalarmanlæg
 - Historisk: Hvornår blev røgalarman opfundet?
 - Hvordan virker en røgalarm i dag? Følsomhed? Hvilke funktioner kan kobles på og hvilken indflydelse har dette på f.eks. reaktions- og beslutningstid?
 - Er nogle røgalarmer tiltænkt til at sidde på væggen?
- ⊙ Hvor røgtæt er en uklassificeret dør i en normal bolig? – Kan en røgalarm på den modsatte side af døren detektere hurtigt nok til at personer kan redde sig selv/overleve (acceptkriterier)? Bør lovgivning/vejledning ændres?
 - Beregning af forskellig røgudvikling i brandrummet
 - Beregning af tid til detektering, dvs. optisk densitet, i de to rum
 - Beregning af tid til kritiske forhold
 - Beregning ved hjælp af edb-program (Argos)
 - Evakueringsberegning (håndberegning)
 - Fuldskala-forsøg: Opbygning af model i 1:1, varierende røgudvikling, detektering af flere detektorer i samme rum/rum ved siden af
- ⊙ Problematik omkring udsugningsanlæg/andre ventilationsanlæg – Kan det forsinke en detektering?
 - Beregning af bolig-ventilations indflydelse på den optiske densitet
- ⊙ Problematik omkring rygning i egen bolig - Er det muligt stadig at have røgalarm installeret?
 - Beregning af røg fra rygning
- ⊙ Lydforhold for røgalarmanlæg
 - Hvornår høres en røgalarm således der opnås en reaktion/vækning af tilstedeværende personer?
 - Hvad betyder det hvis røgalarman ikke er placeret i samme rum
 - Fuldskala-forsøg, hvor lydniveau sammenlignes med krav til varslingsanlæg på f.eks. hoteller
- ⊙ Diskussion vedrørende anvendelseskategorier.
 - Nogle ældre- og handicapboliger bliver bygget som almindelige boliger uden særlige hensyn til brugerne.
 - Hvordan er forholdene for dagplejemødre når daginstitutioner normalt klassificeres som anvendelseskategori 6?
- ⊙ Særlige forhold for ældre/handicappede i eget hjem
 - Er det formålstjenstligt og muligt at overføre signaler fra røgalarmanlæg i boliger, hvor beboere pga. alderdom har nedsat mobilitet?

Resumé

Indhold

Denne brandtekniske projektopgave beskæftiger sig primært med de nugældende krav til lovpligtige røgalarmanlæg, som er krævet i nyopførte boliger i Danmark, efter en ændring af Bygningsreglementerne i 2004. Det ønskes undersøgt om kravet er tilstrækkeligt eller om der bør ske en skærpelse.

Røgalarmers virkemåde gennemgås og der fremlægges statistik for dødsbrande med særligt fokus på røgalarmers tilstedeværelse og personers reaktionsmønster ved erkendelse af brand.

For at opnå mere viden og data omkring røgalarmers virkemåde og effekt blev der gennemført flere fuldskalaforsøg. Den ene forsøgsrække havde til formål at bestemme røgalarmers detekteringstid i naborum til branden, vurdere betydning af røgalarmers placering og vurdere forskellige detekteringsprincipper. Den anden forsøgsrække var en serie lydmålinger. Lydtrykniveauet fra røgalarmer blev målt i selve rummet, hvor røgalarmen var placeret, og i tilstødende rum uden røgalarmer. Dette var med henblik på, om det er tilstrækkeligt til at personer vil kunne høre og/eller vågne for derefter at kunne redde sig selv eller evt. slukke/afbryde kilden til røgudviklingen.

I sidste del af rapporten udføres brandtekniske beregninger, hvor fuldskalaforsøgene anvendes som inddata. Med udgangspunkt i "Information om brandteknisk dimensionering" [33/] vurderes personsikkerheden ved brand i boliger med røgalarmer som brandsikringsselement. Endvidere diskuteres myndighedernes fortolkning af anvendelseskategorier.

Konklusioner

Det nuværende krav til røgalarmanlæg i boliger er efter min mening utilstrækkeligt. Både med hensyn til tid til detektering og det lydtrykniveau, der skal opnås for at kunne vække personer. Antallet af røgalarmer i boliger bør øges og der skal være mere specifikke krav til placeringen.

Læsevejledning

Kilder fremtræder altid i kantet parentes [kilde] – enten i rapporttekst eller som vist nedenunder lige efter et afskrift.

Direkte afskrivninger er blå tekst med større venstre margin.

Eksempel

Anvendelseskategori 4 omfatter bygningsafsnit til natophold, hvor de personer, som opholder sig i afsnittet, har kendskab til afsnittets flugtveje og er i stand til ved egen hjælp at bringe sig i sikkerhed.
[2/ 5.5.1 stk. 1]

Kilder er noteret i rækkefølge efter anvendelse i kildefortegnelsen side 64.

Tabeller og figurer er nummeret og navngivet således:

Tabel 1.1 Definition af anvendelseskategorier

Forord

Denne brandtekniske projektopgave udgør den afsluttende del af uddannelsen ”Master i brandsikkerhed” ved DTU Byg.

Al anvendelse af rapportens indhold og tilhørende bilag til andre formål sker på eget ansvar.

Emnet er valgt af den studerende selv.

Indledning

Jeg har valgt at fokusere på Bygningsreglementets krav til røgalarmanlæg i bygninger kategoriseret som anvendelseskategori 4. Dette er blandt andet valgt for at granske formålet og effekten af disse anlæg. Endvidere er det i private boliger at langt størstedelen omkommer ved brand (80% i 2008 – se side 26).

Derudover vil jeg sætte fokus på begrebet anvendelseskategori. Der er efter min mening flere bygninger, der bliver fejl-kategoriseret. Dette *kan* betyde et lavere sikkerhedsniveau, end det der er fastsat i Byggeloven.

Interessen for emnet er opstået gennem mit arbejde som brandmand, indsatsleder-brand og brandteknisk byggesagsbehandler.

Projektvejleder

Svend Voss – Dansk Brand- & Sikringsteknisk Institut

Tak

Dette projekt har ikke været muligt uden praktisk og faglig hjælp fra nedenstående:

Poul Gam	RMG-inspektion
Hasse Larsen	LapSik
Peter Hofman-Bang	Center for Forebyggelse, Beredskabsstyrelsen
Hans Anderson	Brandskyddsföreningen, Sverige
Esa Kokki	Pelastusopisto, Finland
Harris Granville	London Fire Brigade, England
Bjarne Laursen	Statens Institut for folkesundhed
Gode kolleger (praktisk hjælp)	Horsens Brand & Redning
Ledelsen (faciliteter til rådighed)	Horsens Brand & Redning
Ole Nielsen	Driftsgården, Horsens Kommune
Svend Sørensen	Siemens
Kalle Karlsson	Fotograf
Svend Voss (lån af lydmåler)	Dansk Brand- & Sikringsteknisk Institut
Erik Skallerup	Vejle Brandvæsen
Klaus Rosenlund	Måling af ”gangtid” for person i el-kørestol

Sponsorer af røgalarmer til fuldskalaforsøg

JO-EL	v/Torben Runge
Aurora Group Danmark A/S	v/Jan Per Nielsen
Elworks - B&H el-artikler A/S	v/Morten Sørensen

Mange tak til alle

1. LOVGIVNING

I 1728 og 1795 oplevede København to store brande med enorme tab af bygninger samtidig med at Brandvæsnets muligheder for bekæmpelse var meget ringe og de første bestemmelser om brandsikring af byggeri bliver indført

[http://da.wikipedia.org/wiki/K%C3%B8benhavns_brand_1728 - 4. maj 2009]. Det er herfra nutidens byggelov er udsprunget af. I Byggelovens [/1/] §1 om formålet lyder første punkt:

Denne lov har til formål:

at sikre, at bebyggelse udføres og indrettes således, at den frembyder tilfredsstillende tryghed i brand- og sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende, ...

[/1/ uddrag af §1]

Bemærk at "brandmæssig henseende" nævnes først. Det er med hjemmel i denne lov at Erhvervs- og Byggestyrelsen under Økonomi- og Erhvervsministeriet udfærdiger Bygningsreglementet, der gælder for almindeligt byggeri. Særlige brandfarlige virksomheder og oplag skal endvidere overholde "Tekniske forskrifter" jf. Beredskabsloven. I denne opgave betragtes kun byggeri efter Bygningsreglementet, hvis drift dog kan være reguleret af "Driftsmæssige forskrifter" [/12]/. Første punkt i Bygningsreglementets [/2/] kapitel 5 om brandforhold lyder:

Bygninger skal opføres og indrettes, så der opnås tilfredsstillende tryghed mod brand og mod brandspredning til andre bygninger på egen og på omliggende grunde. Der skal være forsvarlig mulighed for redning af personer og for slukningsarbejdet. For dyrestalde skal der desuden være forsvarlig mulighed for redning af dyr.

[/2/ 5.1 stk. 1]

1.1 Røgalarmanlæg i anvendelseskategori 4

1. juni 2004 blev begrebet "anvendelseskategori" og røgalarmanlæg indført i den danske byggelovgivning ved udgivelsen af tillæg 6 til Bygningsreglement 1998 [/3/] for småhuse og tillæg 8 til Bygningsreglement 1995 [/4/]. Ændringerne i Bygningsreglement 1998 for småhuse trådte først i kraft 1. december 2004.

Med anvendelseskategorierne klassificerer man ved projekteringen af byggeriet hvilke bygningsafsnit, der tilhører hvilken kategori. Et bygningsafsnit kan bestå af én eller flere brandmæssige enheder, der kan være én eller flere brandceller. [Vejledningstekst, /2/ 5.1.1 stk. 1]

En anvendelseskategori defineres ud fra følgende kriterier:

- Er der tale om dag- eller natophold, dvs. er der almindeligvis sovende i bygningsafsnittet?
- Er rummene til få eller mange personer (Mange er i vejledningsteksten angivet til > 50 personer pr rum)?
- Har personerne kendskab til flugtvejene?
- Kan personerne bringe sig selv i sikkerhed, altså om de er selvhjulpne eller kræver personalets/andres hjælp ved evakuering?

Anvendelses-kategori	Dag-/natophold	Få/mange personer	Kendskab til flugtveje	Kan bringe sig selv i sikkerhed
1	Dagophold	Få	Ja, normalt	Ja
2	Dagophold	Få	Ikke nødvendigvis	Ja
3	Dagophold	Mange	Ikke nødvendigvis	Ja
4	Natophold	Få	Ja	Ja
5	Natophold	Få	Nej, ingen	Ja
6	Dagophold/Natophold	Få	-	Nej

Tabel 1.1 Definition af anvendelseskategorier

I det gældende Bygningsreglement 2008 defineres anvendelseskategori 4 således:

Anvendelseskategori 4 omfatter bygningsafsnit til natophold, hvor de personer, som opholder sig i afsnittet, har kendskab til afsnittets flugtveje og er i stand til ved egen hjælp at bringe sig i sikkerhed.

Vejledningstekst:

Anvendelseskategori 4: Etageboliger, ungdomsboliger samt enfamiliehuse, dobbelthuse, rækkehuse, kædehuse, gruppehuse, sommerhuse.
[2/ 5.1.1 stk. 1]

Vejledningsteksten blev udvidet da det tidligere Bygningsreglement for småhuse nu er sammenskrevet med det tidligere Bygningsreglement 1995.

I reglementerne blev kravet til røgalarmanlæg tidligere formuleret således:

Bygningsreglement for småhuse 1998:

Hver bolig skal udføres med røgalarmanlæg, som er tilsluttet strømforsyningen og med batteribackup.

Vejledningstekst:

Der placeres mindst en røgalarm i hver bolig. For at sikre en hurtig og rettidig alarmering er det vigtigt, at afstanden mellem røgalarmerne ikke er for lang. Ofte er det ikke hensigtsmæssigt, at der er mere end 10 m mellem detektorerne. Er boligen i flere etager, vil det give en hurtigere alarm, hvis der placeres mindst en røgalarm på hver etage. Der er især en risiko for, at en brand ikke bliver opdaget, når personer sover, derfor er det en fordel, hvis røgalarmerne placeres i forbindelse med de værelser, hvor personer sover.
[3/ 4.2.3]

Bygningsreglement 1995:

Bygningsafsnit i anvendelseskategori 4 skal udføres med røgalarmanlæg i den enkelte boligenhed, som er tilsluttet strømforsyningen og med batteribackup.

Vejledningstekst:

Et røgalarmanlæg kan bestå af forbundne røgalarmer. Røgalarmanlægget i en boligejendom skal alene give alarm i den bolig, hvor røgen registreres. Røgalarmanlægget afgiver ikke alarm til redningsberedskabet.
[4/ 6.4 stk. 10]

I dag er formuleringen i Bygningsreglement 2008:

Bygningsafsnit i anvendelseskategori 4 skal i den enkelte bolig udføres med røgalarmanlæg, som er tilsluttet strømforsyningen og er udført med batteribackup.

Vejledningsteksten er ændret til

Der bør placeres mindst én røgalarm i hver bolig, dog mindst én på hver etage. Hvis der placeres mere end én røgalarm i boligen, kan der sikres en hurtig og rettidig alarmering af personerne i den enkelte bolig. Det er vigtigt, at afstanden mellem røgalarmerne ikke er for stor. Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut har udgivet en pjece om røgalarmer i boliger.
[2/ 5.4 stk. 13]

Bilag 5 i Bygningsreglement 2008 [2/] hedder "En række mulige opbygninger af enfamiliehuse, der vil kunne opfylde de overordnede funktionskrav i kapitel 5 BR 08". Der nævnes ikke noget om røgalarmanlæg, men den indeholder opbygninger af enfamiliehuse, der kan anvendes når der *ikke* skal regnes på evakueringstiden.

Der blev i forbindelse med det nye Bygningsreglement 2008 [2/ udarbejdet en SBI-anvisning [nr. 216: "SBI-anvisning om Bygningsreglementet", udgivet af Statens Byggeforskningsinstitut [5/]. Den skal hjælpe med at fortolke kravene i Bygningsreglementet men nævner imidlertid intet om røgalarmanlæg.

1.2 Røgalarmanlæg i anvendelseskategori 5

1. april 2006 [/6/] begyndte røgalarmanlæg også at være et krav i anvendelseskategori 5, som er bygningsafsnit til natophold, hvor de personer som opholder sig i bygningsafsnittet, ikke har kendskab til bygningsafsnittets flugtveje, men er i stand til ved egen hjælp at bringe sig i sikkerhed. Kravet er videreført i Bygningsreglement 2008.

I vejledningsteksten til anvendelseskategori 5 nævnes hoteller, kollegier, vandrehjem, kroer og pensionater.

Der skal installeres røgalarmanlæg hvis

- bygningsafsnittet har højst 10 soverum eller er beregnet til højst 50 sovepladser.

eller

- alle soverum har dør direkte til terræn i det fri. (uanset antallet af soverum/sovepladser)

[/2/ 5.1.1 og 5.4 stk. 14]

Har bygningsafsnittet flere end 10 soverum, eller der er natophold til mere end 50 personer, skal der installeres automatisk brandalarmanlæg og varslingsanlæg. Kort sagt, røgdetektorer i alle rum, således at en brand detekteres i startfasen og personer i bygningen varsles samtidig med at redningsberedskabet tilkaldes [/2/ 5.4 stk. 14].

Opgaven vil ikke beskæftige sig yderligere med anvendelseskategori 5 bygninger, da de bygninger med krav om røgalarmanlæg er meget sammenlignelige og udgør efter min vurdering en forholdsvis lille del af anvendelseskategori 5 byggeri.

1.3 Definition af og krav til røgalarmanlæg

Røgalarmanlæg er i Bygningsreglement 2008 defineret således:

Et røgalarmanlæg kan bestå af forbundne røgalarmer. Røgalarmanlægget i et bygningsafsnit bør alene give alarm i den brandmæssige enhed, fx en bolig, hvor røgen registreres.

Røgalarmanlægget afgiver ikke alarm til redningsberedskabet.

[/2/ 5.4 stk. 1]

Som nævnt tidligere er der ingen uddybende beskrivelser i SBI-anvisning 216 [/5/], der udkom i tilknytning til Bygningsreglement 2008 [/2/].

”Eksempelsamling om brandsikring af byggeri” [/7/] er en vejledning til rådgivere og myndigheder om hvordan Bygningsreglementets krav til brandforhold kan udføres. Heri gives følgende vejledning til drift og vedligehold af røgalarmanlæg.

4.1.3 Røgalarmanlæg

For at sikre driften af røgalarmanlæg skal disse, jf. bygningsreglement 1995, kapitel 6.4, stk. 13 og 14, være tilsluttet bygningens normale strømforsyning og med batteribackup. Der varsles kun i den enkelte brandcelle/bolig.

I bygninger, hvor der installeres røgalarmanlæg, skal der placeres mindst en røgalarm i hver brandcelle/bolig. For at sikre en hurtig og rettidig alarmering er det vigtigt, at afstanden mellem røgalarmerne ikke er for lang. Ofte er det hensigtsmæssigt, at der ikke er mere end 10 m mellem røgalarmerne. Hvis en brandcelle/bolig er i flere etager, vil det give en hurtigere alarm, hvis der placeres mindst én røgalarm på hver etage. Da der især er risiko for, at en brand ikke bliver opdaget, når folk sover, er det en fordel, hvis røgalarmerne placeres i forbindelse med værelserne, hvor folk sover.

[/7/ 4.1.3]

”Eksempelsamling om brandsikring af byggeri” [/7/] er ikke revideret i forbindelse med det nye Bygningsreglement 2008.

1.4 Eksisterende byggeri

I august 2004 svarede daværende Økonomi- og Erhvervsminister Bendt Bendtsen på et såkaldt §20-spørgsmål fra Socialdemokratiets René Skau Björnsson vedr. initiativer til at sikre, at flere danske hjem fik røgalarmer. Der henvises til de nye tillæg i de to Bygningsreglementer og i slutningen af svaret specificeres følgende:

Kravene vil gælde for opførelse af ny bebyggelse og tilbygning til bebyggelse, ved ombygninger af og andre forandringer i bebyggelse, som er væsentlige i forhold til bestemmelsen om røgalarmanlæg, samt ved ændringer i benyttelse af bebyggelse, som er væsentlige i forhold til bestemmelsen om røgalarmanlæg.

[http://webarkiv.ft.dk/?/Samling/20031/spor_sv/S4845.htm 14. august 2009]

Det vil sige at i byggesager, hvor det vil være formålstjenstligt at kræve røgalarmanlæg, skal dette med som vilkår i byggetilladelsen.

1.5 Røgalarmens formål

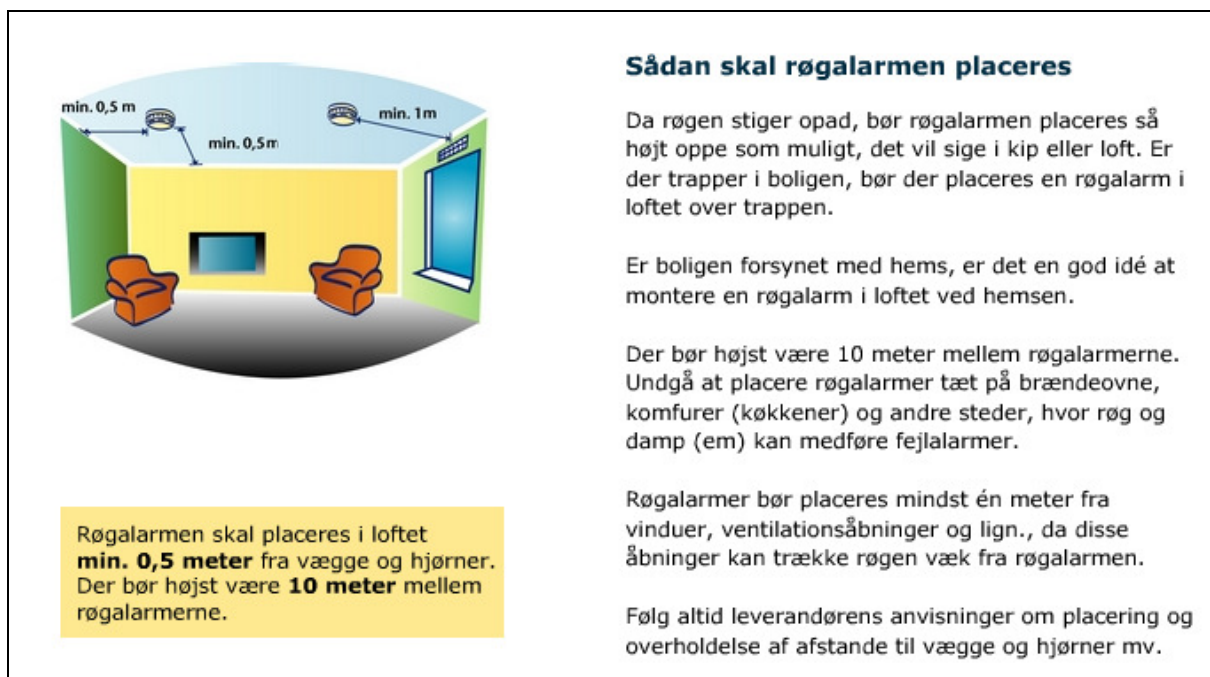
Der er ingen tvivl om at røgalarmers og røgalarmanlægs primære formål er at sikre personer i tilfælde af brand. Det vil sige hindre skader (forbrænding og røgforgiftning) eller død som følge af en brand. Men hvad betyder det egentligt? Kan man redde sig selv (og andre) med de nuværende krav til installation af røgalarmanlæg?

Det sekundære formål med røgalarmanlæg er at hindre og/eller minimere skader på bygninger og miljø. Men dette kræver en hurtig reaktion fra den/de tilstedeværende og/eller en alarmering af redningsberedskabet. Dette er dog mere tilfældigt, da en røgalarm i en bolig hvor beboerne ikke er hjemme sjældent vil alarmere andre. Der findes dog gode eksempler på, at andre beboere i en opgang eller forbipasserende har reageret på en røgalarm i en anden lejlighed eller på trappen. Men eftersom nye bygninger bliver mere og mere lydtætte må dette også blive sjældnere. Man kunne derfor overveje en løsning med sammenkoblede røgalarmanlæg.

I Bygningsreglement 2008 [2/] beskrives, som tidligere nævnt, at røgalarmanlægget alene bør give alarm i den brandmæssige enhed, f.eks. en bolig, hvor røgen registreres. Tanken kan være at man ikke ønsker en hel opgang med mange lejligheder reagerer på en blind alarm. Med "blind alarm" menes en utilsigtet alarm forårsaget af f.eks. mados eller damp. Men omvendt ville det være meget relevant at man blev informeret, såfremt der er ild i lejligheden under, over eller ved siden af. Emnet behandles i kapitlet "Perspektivering".

Røgalarmernes placering

Bygningsreglement 2008 [2/ 5.4 stk. 13] henviser til en pjece udgivet af Dansk Brand & Sikringsteknisk Institut. Denne angiver for eksempel at røgalarmer skal monteres mindst 0,5 m fra en væg. Begrundelsen skulle være at der tæt ved væggen i forbindelse med loftet er en "død zone" hvor røgen ikke vil trænge hen som det første. Afstanden til ventilationsarmaturer/-riste bør være mindst 1 meter. Der rådgives også om at alarmerne bør sidde med maksimalt 10 m indbyrdes afstand. Dette vil altså svare til en dækningsradius på 5 meter, der også kan omregnes til et dækningsområde på 79 m² (arealet af en cirkel).



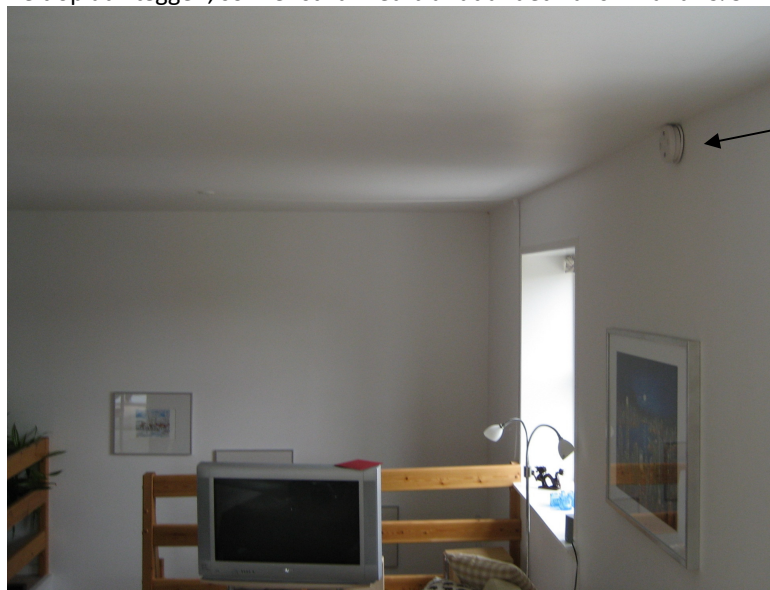
Figur 1.2 Vejledende afstandsregler for montering af røgalarmer [Pjece: "Værd at vide om røgalarmer og røgalarmanlæg i boligen" udgivet af Dansk Brand- & Sikringsteknisk Institut 2. juli 2008, fra dbi-net.dk 12. juni 2009.]

Det er i Eksempelsamlingen vi først møder en betragtning omkring røgalarmer:

Da der især er risiko for, at en brand ikke bliver opdaget, når folk sover, er det en fordel, hvis røgalarmerne placeres i forbindelse med værelserne, hvor folk sover.
[7/ 4.1.3]

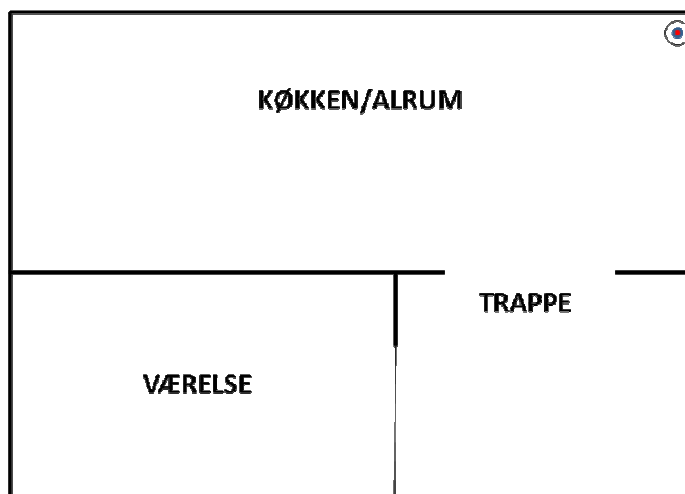
Men jeg må indrømme, at jeg med min baggrund som bygningsingeniør og brandinspektør faktisk er i tvivl om hvad der menes med dette. "I forbindelse med værelser". Betyder det i selve værelserne, i det tilstødende rum (gang/alrum/stue) eller noget helt andet?

Herunder vises et eksempel på hvordan et røgalarmanlæg er udført i praksis. Det er kendetegnende at man kun lige akkurat overholder de fastsatte minimumskrav med én røgalarm pr bolig. Røgalarmerne er monteret helt op ad væggen, som er strid med blandt andet Dansk Brand- & Sikringsteknisk Institut's pjece.



Billede fra 1. sal i rækkehus i Horsens, 2009

Der er tale om et to-etagers rækkehus, hvor hele 1. sal er køkken/alrum (billedet) og stueetagen består af 2 værelser og badeværelse, som vist på skitsen herunder.



Figur 1.3 Skitse af 2-etagers rækkehus med én røgalarm

For automatiske brandalarmanlæg (ABA-anlæg), der blandt andet installeres på hoteller, plejehjem og sygehuse, findes der en meget udførlig retningslinje, der beskriver detektorernes dækningsområde, respektafstande til ventilationsarmaturer mv. Her får man en meget hurtig detektering af branden uanset hvor i bygningen den opstår, da der er detektorer i alle rum, større rum har flere detektorer og så videre.

I en rapport fra Canada [8/] har man imidlertid lavet nogle fuldskalaforsøg, der viser at det praktisk taget ingen betydning har for detekteringen om detektorerne sidder meget tæt på væggen eller ned til 35 cm under loftet. De nordamerikanske vejledninger siger generelt at røgalarmer ikke må være monteret tættere på vægge end 10 cm.

I forbindelse med dette projekts fuldskalaforsøg vil røgalarmens placering blive undersøgt ud fra ovenstående.

1.6 Flydende boliger

Der har i en årrække været tvivl om lovgivningen for husbåde og andre flydende konstruktioner indrettet til boliger men med fast beliggenhed. Erhvervs- og Byggestyrelsen udgav i 2004 "Vejledning om byggesagsbehandling af flydende boliger" [9/]. Heri beskrives hvorledes flydende boliger skal overholde Bygningsreglementet (tidligere to Bygningsreglementer) på stort set alle punkter som almindelige bygninger.

Omkring brandforholdene står der blandt andet: "Når det gælder en husbåd, er brandkravene ikke mindre væsentlige,..." Der står ikke noget specifikt om røgalarmanlæg, men det nævnes, at det på grund af dårlige flugtvejsforhold for eksempel kan være nødvendigt at installere et internt varslingsanlæg. Dette anlæg beskrives dog ikke nærmere. Men konklusionen er altså at man ikke vil gå på kompromis med brandsikkerheden, hvorfor denne rapportes konklusioner om røgalarmanlæg også vil være relevant for flydende boliger.

1.7 Lovkrav i andre lande

Jeg har valgt kun at fokusere på de 4 nedenstående lande, da det er lande Danmark normalt sammenligner sig med i andre sammenhænge, og det er lande hvorfra det har været muligt at skaffe oplysninger og statistisk materiale.

Norge	I 1991 indførte man et krav om at alle boliger, også eksisterende, skulle have røgalarm. Ejeren er ansvarlig for alarmerne og montering, mens brugeren har ansvaret for afprøvning og batteri-skift. [/10/]
Sverige	I 1998 indførte Sverige lovkrav om røgalarmer i nye boliger. Samtidig kom "Lagen om skydd mot olyckor", altså en lov, der har til hensigt at forebygge ulykker. Heri er ikke et direkte krav om røgalarmer, men man skal følge de almene råd, der gives af myndighederne. Man kan sige at der er tale om et <i>indirekte</i> krav til røgalarmer i eksisterende boliger (opført før 1998). [Hans Anderson, Brandskyddsföreningen Sverige, email-korrespondance]
Finland	Har i 1999 indført krav om mindst én røgalarm på hver etage i boligen. Dette omfatter også eksisterende boliger. Alarmerne kan være på batteri eller på fast strøm. I 2009 indføres krav til at røgalarmer i nye boliger skal være tilsluttet bygningens elinstallation. Fra 2010 skal der være én røgalarm pr. 60 m ² bolig. Dvs. en 70 m ² lejlighed skal have 2 røgalarmer. [Kilde: Esa Kokki, Pelastusopisto (svarende til en af den danske Beredskabsstyrelses skoler), email-korrespondance]
England	Her blev der i 2000 indført krav om røgalarmanlæg (tilsluttet bygningens elinstallation) i nye boliger. Anlæggene gradueres efter boligens størrelse og antal etager. Der er krav til placering i forhold til dækning og vedligeholdelse [/11/ + Harris Granville, London Fire Brigade, email-korrespondance].

Tabel 1.4 Krav til røgalarmer i lande, vi normalt sammenligner os med

1.7 Krav i "Driftsmæssige forskrifter"

"Driftsmæssige forskrifter for hoteller m.v., plejehjem, forsamlingslokaler, undervisningslokaler, daginstitutioner og butikker" [/12/] er betegnelsen for det regelsæt som skal efterleves i den daglige drift og som er det bekendtgørelsen om brandsyn [/13/] lægger til grund for brandsynet.

Anvendelsesområdet for "Driftsmæssige forskrifter" er defineret som

- Hoteller m.v. med soverumsafsnit, hvor der er flere end 10 sovepladser.
 - Plejehjem med soverumsafsnit, hvor der er flere end 10 sovepladser.
 - Forsamlingslokaleafsnit til flere end 150 personer.
 - Undervisningsafsnit til flere end 150 personer.
 - Daginstitutionsafsnit til flere end 50 personer eller med flere end 10 sovende.
 - Butikker til flere end 150 personer.
- [/12/ bilag 1 1.1.1]

I disse forskrifter er også beskrevet kravene til midlertidig overnatning.

- Virksomheder, som ikke er indrettet til hotel m.v., kan anvendes til midlertidig overnatning i indtil 5 døgn efter tilladelse fra kommunalbestyrelsen i hvert enkelt tilfælde, når bestemmelserne i kapitel 1 – 10 samt i dette kapitel overholdes.
- [/12/ bilag 1 11.1]

Men spørger man Beredskabsstyrelsen, som udsender "Driftsmæssige forskrifter" til brug ved midlertidig overnatning, får man at vide at reglerne om midlertidig overnatning gælder alle steder, altså også i mindre forsamlingslokaler (godkendt til maksimalt 150 personer) og mindre børnehaver (f.eks. beregnet til 30 børn). Det fremgår heller ikke klart om hvor mange der skal overnatte, før der skal ansøges. Men her svarer Beredskabsstyrelsen at det er ved overnatning af flere end 10 personer [Telefonsamtale med Henrik Dankelev, Center for forebyggelse, Beredskabsstyrelsen].

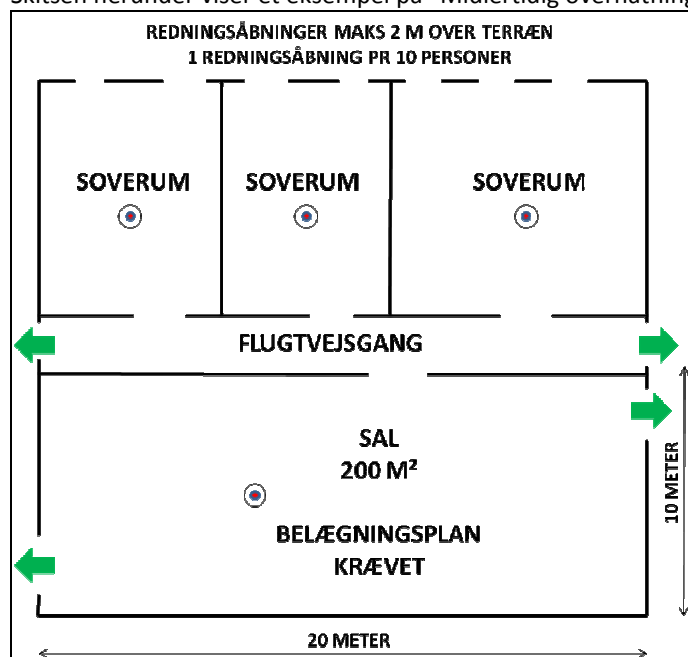
Udover at opstille krav til flugtvejsforhold, brandslukningsmateriel, skiltning med rygeforbud, belægningsplan og vagtordning stilles der følgende krav:

Der skal i hvert soverum opsættes en røgalarm.

[/12/ 11.6]

Her er der altså et helt klart formuleret krav til at soverum med midlertidig overnatning skal udstyres med røgalarm. Og hvordan fungerer det så i praksis? Ingen tvivl om at tanken med en røgalarm i et soverum for midlertidig overnatning er fornuftig. Men! Typisk overnatter der mange på skoler hvor der er tale om traditionelle flugtvejsgange. Jeg kunne godt ønske mig at disse flugtveje også var overvåget, da en brand ellers vil kunne udvikle sig forholdsvis meget inden den bliver opdaget og flugtvejen vil til den tid ikke være anvendelig/stor sandsynlighed for at personer bliver udsat for kritiske forhold. Sammenligner vi med den typiske placering i en almindelig bolig er det næsten omvendt. Her sidder alarmerne typisk i "flugtvejen" dvs. gang/entré, men ikke i soverummet.

Skitsen herunder viser et eksempel på "Midlertidig overnatning", både med lokaler under og over 75 m².



Figur 1.5 Røgalarmers placering ved midlertidige overnatninger jf. "Driftsmæssige forskrifter"

Som kravet er formuleret kan man i en stor sportshal nøjes med at montere én røgalarm. Der er ikke vurderet på røgalarmers dækningsområde. Dette vil i praksis betyde længere tid til detektering af røg langt fra røgalarmen. Det skal for god ordens skyld nævnes, at der ved mere end 150 overnattende også er krav om en fast, vågen vagt.

Jeg kender til kommuner, der kræver røgalarmer opsat med maks. 10 m afstand, som beskrevet i "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri", men også nogle der tolker kravet i "Driftsmæssige forskrifter" som røgalarmanlæg, da dette er et "minimum-krav" i Bygningsreglementet.

1.8 Krav i "Tekniske forskrifter"

I "Tekniske forskrifter for forsamlingsstelte, selskabshuse, salgsområder og campingområder, der ikke er omfattet af campingreglementet" [/14/] står der:

Overnatningscontainere, der opstilles i campingområder, skal opfylde følgende:

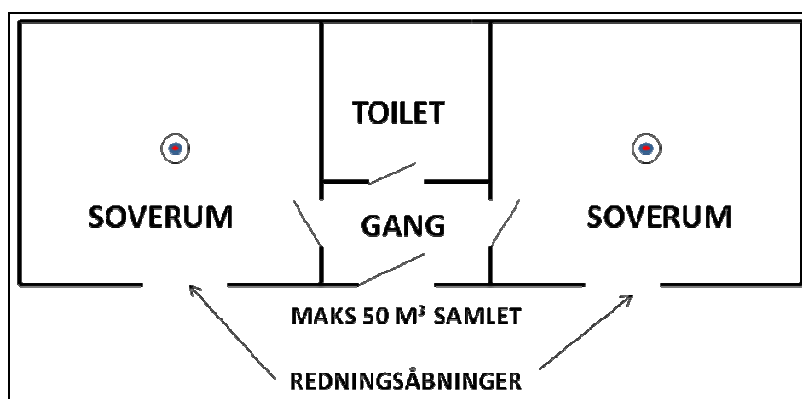
- a) Det samlede gulvareal må ikke overstige 50 m².
- b) Flugtveje og redningsåbninger skal overholde bestemmelserne i Bygningsreglementet for småhuse, udstedt af Bolig- og Byministeriet (*nu Erhvervs- og Boligstyrelsen*).
- c) **I hvert soverum skal der opsættes en røgalarm.**
- d) Rumopvarmning må kun ske med el-varme. Elektriske installationer skal være udført i overensstemmelse med punkt 1.2.9.

Overnatningscontainere defineres som:

Bygning med ydervægge af fast materiale (træ, stål m.v.), der opstilles for midlertidig anvendelse som overnatningslokalitet for højst 10 personer.

[/14/ 6.2.3]

Her er der altså et helt klart krav til at disse soverum skal udstyres med røgalarm samtidig med at der skal være tilstrækkelige flugtveje og redningsåbninger, svarende til krav i Bygningsreglementet. Kravet blev indført ved revision af forskrifterne i oktober 2005, altså året efter røgalarmanlæg blev indført i Bygningsreglementet. Dette krav er altså strengere end Bygningsreglementets krav til boliger mht. til antal og placering af røgalarmer samtidig med at flugtvejen er kort (maks. 50 m² gulvareal) og flugtvejsforhold (herunder redningsåbninger) er tilsvarende Bygningsreglementet. Der er dog ikke yderligere specifikationer omkring hvilke røgalarmer, der kan anvendes - f.eks. om de skal være godkendte efter DS/EN 14604 [/19/] (omtales senere).



Figur 1.6 Røgalarmers placering i overnatningscontainere jf. "Tekniske forskrifter"

1.9 Perspektivering af krav til røgalarmanlæg i Bygningsreglementet

Skal man sammenfatte de lovmæssige krav kan det kort formuleres således:

Der skal i hvert bygningsafsnit monteres et røgalarmanlæg, som er tilsluttet strømforsyningen og er udført med batteribackup, bestående af mindst én røgalarm.

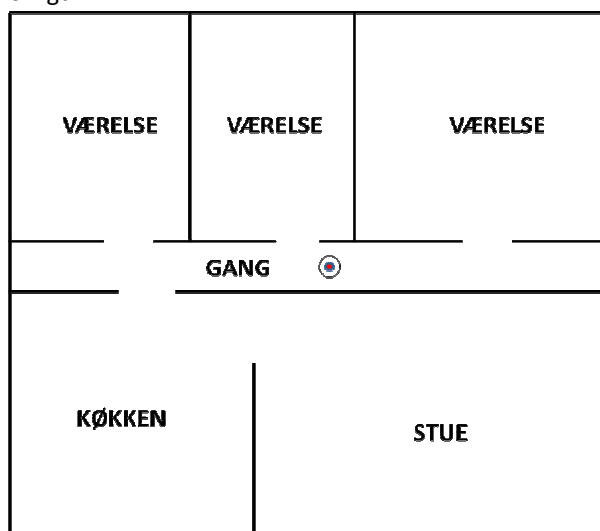
Der er tale om et minimumskrav og der udføres derfor sjældent yderligere.

Der er efter min mening ikke taget stilling til følgende:

- Bygningsafsnittets (boligens) areal
- Antal etager
- Lydniveau fra røgalarm i andre rum end, hvor røgalarmen er placeret

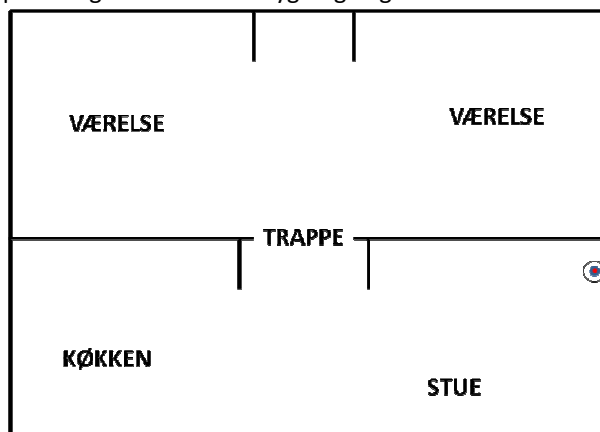
Det er altså muligt at nøjes med én røgalarm i en 200 m² lejlighed eller 300 m² villa i 2 etager for at give et par eksempler. Skal det være nemt for elektrikerens kan røgalarmen placeres i bryggerset nærmest el-tavlen, som samtidig er i den nederste af to etager. Det vil uden tvivl medføre en stor tidsforsinkelse for sidstnævnte røgalarm at registrere en brand på 1. sal, hvor soverummene typisk er placeret. Og hvem skal kunne høre røgalarmen og hvornår? Er det når der er brand i en fordelingsgang, som normalt har lav brandbelastning og begrænsede antændelseskilder eller er det røgen fra en køkkenbrand, der efter et stykke tid når røgalarmen på gangen på 1. sal? Der kan opstilles mange eksempler på lovlige placeringer af røgalarmanlæg, men hvor det kan være svært at se formålet.

Her ses en plan af en bolig med en almindelig montering af en røgalarm i en fordelingsgang. Anlægget er lovligt.



Figur 1.7 Eksempel på placering af røgalarm i et-etages bolig

Herunder ses et snit i en 2-plans bolig. Røgalarmen er monteret i stueplan lidt nede på væggen, men placeringen overholder Bygningsreglementets krav.



Figur 1.8 Eksempel på placering af røgalarm i to-etages bolig

I 1. udgave af Bygningsreglement 1995 [/15/ 6.8.1 stk. 1] skulle boliger over 150 m² opdeles i flere brandceller. I den nuværende "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri" [/7/] er der ingen begrænsninger. Dog skal brandsektioner over 2000 m² sprinkles. Hvis bygningen er i flere etager er grænsen 600 m² pr. brandsektion. Det er altså muligt at have større brandmæssige enheder i boliger i dag end tidligere. Dog fastholder man for det meste vejledningens tekst om at brandceller ikke bør overstige 2 etager [/7/].

Følgende forhold vurderes at have indflydelse på om en person/flere personer vil kunne redde sig selv ud af en anvendelseskategori 4-bygning (typisk bolig), hvor der opstår en brand:

- Er personen vågen eller sovende
- Er personen påvirket af medicin/narkotika/alkohol
- Har personen én eller flere funktionsnedsættelser (hørelse/syn/går langsomt/i kørestol mv.)
- Detekteringstid på evt. røgalalarm/-anlæg
- Reaktionsid når branden konstateres eller når en røgalarm aktiveres
- Hvilken beslutning der tages når der konstateres brand (går personen den forkerte vej/forsøger personen at slukke med risiko for at miste bevidstheden/blive forbrændt)
- Bygningsafschnittets indretning (antal etager, kort/lang afstand til udgang)
- Skal personen hjælpe børn eller andre med nedsat mobilitet
- Er der flere personer i boligen
- Brandens omfang og udvikling

Det skal her gentages at anvendelseskategori 4 er for personer, der er selvhjulpne.

Der er i "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri" [/7/] i anvendelseskategori 4 ingen rum, der er defineret som værende mere eller mindre "farlige" end andre. Dvs. risikoen og sandsynligheden for en brand er ens i hele boligen. Dette skal anvendes senere til de scenarier der sættes op for at vurdere røgalarmers effekt.

Dette projekt vil analysere, om kravet til røgalarmmanlæg er tilstrækkeligt eller om det bør skærpes. Hvad er formålet med røgalarmmanlæg og hvordan stemmer det overens med virkeligheden?

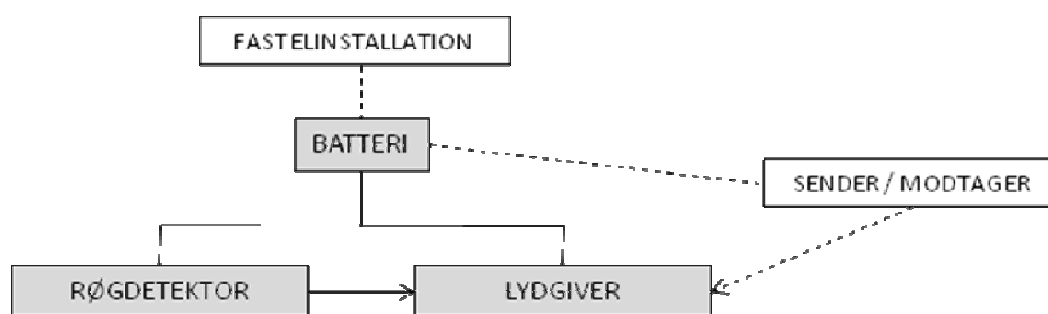
2. RØGALARMENS UDVIKLING OG VIRKEMÅDE

En røgalarm består kort sagt af 2 enheder. En enhed, der skal detektere røgen og en anden, der skal alarmere typisk med en lyd giver, men alarmgiveren kan for eksempel også være en vibrator til døve. Denne rapport betragter både røgdetekteringen og afgivelsen af lyd herunder tid til detektering og modtagelse af lyd (alarm) hos den/de personer, der skal reagere.

Der er umiddelbart 3 betingelser for en røgalarm:

1. Der skal være strøm til de to enheder
2. Røgdetektoren skal kunne registrere røgen
3. Lydgiveren skal virke

Såfremt én af betingelserne ikke er til stede vil røgalarm ikke fungere og dermed ikke have nogen effekt.



Figur 2.1 Principskitse af røgalarm. De stiplede linier viser de muligheder der er for udbygning af en traditionel røgalarm. Med den faste elinstallation kan man bruge betegnelsen "røgalarmanlæg".

Opfindelsen

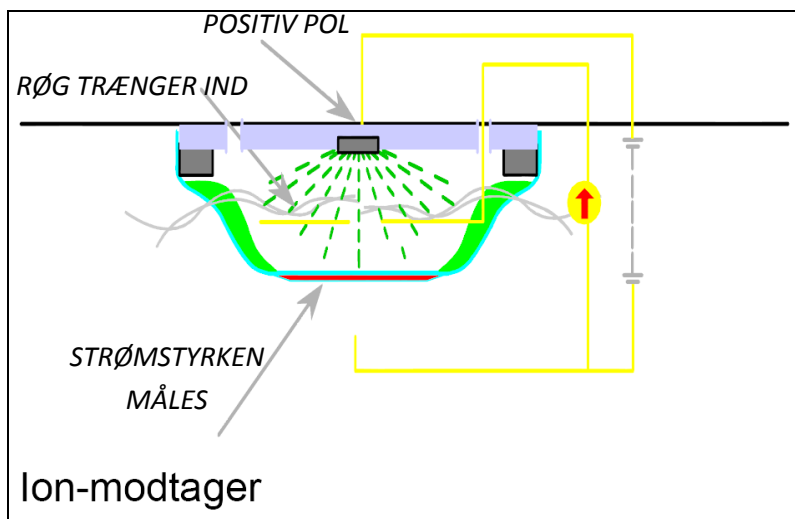
I 1930'erne forsøgte en schweizisk fysiker ved navn Walter Jaeger at opfinde en sensor til at registrere giftige gasser. Han forventede at gassen ville binde sig til ioniserede luftmolekyler og derved forbinde et elektrisk kredsløb. Dette lykkedes ikke, men da han efterfølgende røg sig en cigaret, kunne han registrere at strømstyrken i kredsløbet faldt og grundlaget for røgalarman var nu til stede. Det var dog først i 1960'erne at røgalarmer begyndte at blive serieproducerede og tilgængelige for den almindelige borger. [http://en.wikipedia.org/wiki/Smoke_alarm 4. september 2009]

Detekteringsmetoder

I dag findes der grundlæggende 3 typer røgdetektering: Ion-detektor, optisk-detektor og CO-detektor. [/16/]

Ion-detektor

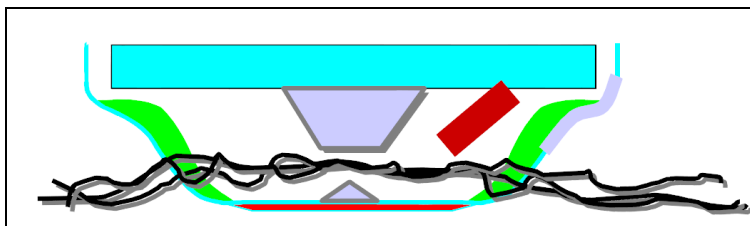
I ion-detektorer ioniseres luften af en positiv og en negativ pol. Er der røgpartikler i luften vil dette skabe forstyrrelser i den strøm, der løber mellem de to poler, og dermed reducere antallet af ioner, der strømmer fra pol til pol. Dette aktiverer alarman. Detektoren er især følsom overfor små røgpartikler, der dannes ved kraftige, hurtigudviklende brande. [/15/ og /16/]



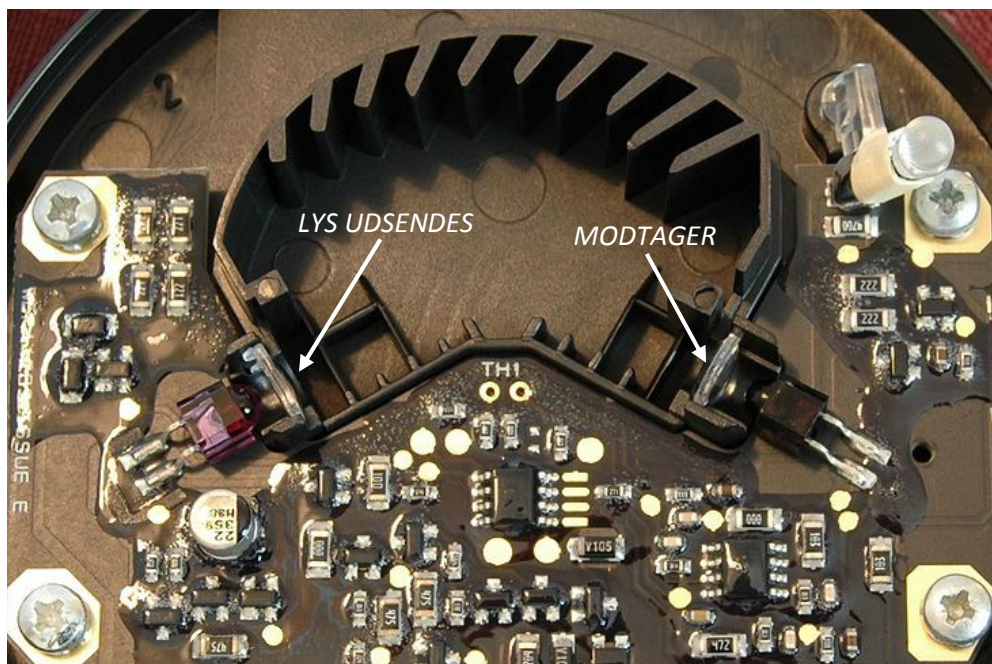
Figur 2.2 Princip i ion detektor [/16/]

Optisk detektor

Den optiske detektor fungerer ved at lys sendes mod en modtager i et mørkt kammer. Imellem disse er en lysstopper, der skærmer for at modtageren får lys. Røgpartikler vil reflektere lys i modtageren og dette aktiverer alarmer. Alarmer reagerer hurtigere på ulmebrande, da røgpartiklerne herfra vil være større end ved fuldt udviklede brande. [/15/ og /16/]



Figur 2.3 Princip i optisk detektor [/16/]



Figur 2.4 En optisk røgdetektor er lukket op, så man kan se at lyset skal reflekteres af røgpartikler for at nå fra sender til modtager [<http://en.wikipedia.org/wiki/File:OpticalSD.jpg>]

CO-detektor

CO-detektoren måler konstant luftens indhold af kulilte og aktiveres ved overskridelse af en forudindstillet værdi. Detektoren er ikke særlig udbredt til røgdetektering, da kulilte ikke nødvendigvis dannes i starten af et brandforløb. Omvendt giver denne detektor næsten ingen blinde alarmer. Detektoren er velegnet i boliger med brændeovn, gasfyr mv., hvor der er risiko for lækager af ufuldstændige forbrændinger, der afgiver kulilte. Da man ikke kan lugte kulilte og det samtidig optages meget lettere i blodet end iltmolekyler, betyder det at kulilte er yderst farligt for mennesker. Dette vender vi tilbage til under acceptkriterier. [/16/ og /17/]

Derudover findes der nogle kombinationsmuligheder, som f.eks. en detektor, der består af en optisk detektor og en termidetektor med en differential termoenhed. Den fungerer ved at en hurtig temperaturstigning gør den optiske detektor mere følsom. Dette reducerer antallet af blinde alarmer i stor stil. Der arbejdes også med kombinationer hvor CO-detektering også anvendes således der skal være en lille mængde CO i detektoren inden den afgiver alarm. Alt sammen medvirker til at give en hurtig alarmering på brandrøg og hinder de blinde alarmer pga. f.eks. stegeos, som kan være generende i boliger. [/17/]

Endvidere findes der aspirationsanlæg, som består af små luftslanger der kontinuert suger ”prøver” af luften forbi en røgdetektor. Dette giver en meget hurtig og effektiv detektering i f.eks. serverrum, hvor man ønsker at detektering sker meget hurtigt. Man ser også anlæggene anvendt i f.eks. lagerbygninger, hvor slangerne bliver monteret på lagerreoler. [/17/]

I resten af projektet beskæftiger vi os kun med de almindelige ion- og optiske detektorer, da det er de detektorer der kan købes i supermarked/byggemarked og også er de detektorer der er monteret i nybyggeri siden kravet fra 2004.

En amerikansk rapport [/18/] konkluderer at ion-detektorer kan være ligeså gode som optiske detektorer baseret på flere forsøgsrækker. Selvom der er forskel på detekteringstiden afhængig af brand-type, så ved man jo aldrig hvilken brand der vil opstå. Det tilrådes i stedet at montere flere røgalarmer.

Det norske ”Brannvernforeningen” anbefaler at man har begge typer røgalarmer monteret [<http://www.brannvernforeningen.no/Brannvern-i-hjem-og-fritid/Redde-varsle-slokke/Roykvarsleren> 14. september 2009].

Særlige røgalarmer

I forbindelse med research til denne opgave er jeg stødt på nogle væg-monterede røgalarmer, hvilket er lidt i strid med den normale tankegang om at detektorer skal sidde så højt som muligt. Den bedste og mest fornuftige forklaring er, at når man har en form for køling af rummet, så vil røgen blive ”slået ned”. Køleeffekten er så høj at røgen køles og ikke når loftet. Og derfor skal røgalarmen sidde ca. 30 cm fra loftet. Dette er mere beregnet på områder med en højere temperatur end de danske. [<http://www.usfa.dhs.gov/downloads/pyfff/smkalarm.html> 20. maj 2009].

Da flere især nyere boliger har højt til loftet kan det være svært at afprøve røgalarmen og udskifte batteri. Derfor kan man få alarmer med trådløs test-mulighed og strømforsyning (batteri) monteret tilgængeligt eller installere røgalarmen på bygningens elinstallation (røgalarmanlæg).

Et meget tragisk eksempel på manglende strøm til en røgalarm var i januar 2006. En dansk ungdomsskole var på en hyttetur i Norge, da der en nat opstod brand i et fjernsyn eller antenneforstærker. 3 unge piger omkom [<http://www.dr.dk/Nyheder/Indland/2006/02/20/151508.htm> 25. maj 2009].

Der er en særlig problematik omkring hørehæmmede og døve, da denne persongruppe ikke vil blive varslet af en traditionel røgalarm. Her findes der vibrator- og lyssystemer, der kan tilkobles, således detekteringstiden er den samme som for hørende. Anlæggene koster mellem 2000-4000 kr.

[http://www.teknologiportalen.dk/Teknologi/InnovationogSamfund/Doeve_og_alarmer.htm 4. juli 2009].

Det skal også nævnes at japanske forskere er i gang med forsøg med Wasabi-duft, der skal vække de døve, og det ser imponerende nok ud til at virke.

[<http://handicapportalen.dk/nyheder/vis/artikel/braend-naeseborene-foer-hjemmet.html> 10. juni 2009]

DS/EN 14604 og CE-mærkning

I 2005 udkom den europæiske norm for røgalarmer DS/EN 14604 [/19/]. Denne beskriver meget grundigt hvilke krav, der skal være til røgalarmer samt hvordan de enkelte tests udføres for at eftervise at disse krav kan overholdes.

Fra 1. august 2008 skulle alle røgalarmer, der blev solgt i EU overholde denne norm og være CE-mærkede efter byggevaredirektivet [/20/]. Det gør det både nemmere og billigere for producenter og leverandører ikke at skulle opnå en godkendelse i hvert enkelt land.



Indtil da har man kunne benytte NT ELEC 004, som er en standard udgivet i 1984, der var fælles for Danmark, Finland, Island, Norge, Sverige, Færøerne, Grønland og Åland.

Varefakta

I Danmark kræves der en "Varefakta" på ioniske røgalarmer pga. det radioaktive indhold. De allerfleste producenter får dog også sat "Varefakta" på deres optiske røgalarmer.



Varefakta er en frivillig mærkningsordning, der består af deklarationer på fødevarer og nonfoodvarer.

Deklarationerne udarbejdes på grundlag af producentens oplysninger om varen og dokumentation for, at varen opfylder de stillede krav.

DVN (Dansk Varefakta Nævn) foretager løbende stikprøvekontrol, der sikrer, at varen altid svarer til det, der er angivet i deklarationen.

[http://www.varefakta.dk/m81/hvad_tilbyder_dansk_varefakta_naevn 10. august 2009]

Særligt omkring ion-detektorer

Røgalarmer med radioaktivt indhold vil højst sandsynligt blive udfaset – ikke kun i Danmark, men i hele verden. Det er nemmere og bedre for producenter og forbrugere ikke at skulle håndtere de radioaktive kilder. I Luxembourg, Frankrig, Schweiz og Nederlandene er ioniserede alarmer forbudte, så det er nok et spørgsmål om tid før der kommer et endeligt forbud i EU-regi.

[<http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+WQ+E-2007-2005+0+DOC+XML+V0//DA> 4. juli 2009]

Drift og vedligeholdelse

Desværre kan man ikke bare montere en røgalarm på bygningens faste elinstallation og så tro at man har en driftssikker røgalarm i hele bygningens levetid. Røgalarmer skal støvsuges jævnligt, således det sikres at røgpartikler kan trænge ind i detektoren. Lydgiveren skal ligeledes afprøves jævnligt. Back-up batteriet har heller ikke ubegrænset levetid.

Man bør også sætte spørgsmålstegn ved selve detektorens levetid. I automatiske brandalarmanlæg skiftes detektorer ud med tiden. De teknikere og andre fagfolk jeg har drøftet problemstillingen med, er enige i at røgalarmer bør udskiftes ca. hvert 10 år. Især ion-detektorer, der har en radioaktiv kilde, der med tiden henfalder og mister effekten.

Det påhviler altså boligejere et ansvar at overholde Bygningsreglementets krav til vedligeholdelse af de brandtekniske installationer.

Brandtekniske installationer skal kontrolleres og vedligeholdes, så de er pålidelige i hele bygningens levetid.
[2/ 5.4 stk. 2]

I praksis burde røgalarmanlæg enten udskiftes helt eller der skal udføres funktionsprøver af sagkyndige. Økonomisk vil det sandsynligvis ikke være meget dyrere at få udskiftet anlæggene.

Sammenkobling med andre sikringsanlæg

Der er kommet flere sikringsanlæg på markedet der, udover alarm ved indbrud, også har kapacitet til at håndtere signaler fra røgalarmer og evt. sende meldingen videre via telefonnettet til bygningens ejere/naboer mv. Dette foregår forholdsvis simpelt via et indbygget GSM-modem, der er et forbindelsesled til mobiltelefonnettet. Anlæggene kan også trække et eller flere relæer til f.eks. belysning af gangarealer, oplåsning af lemme for husdyr (for at skabe en flugtvej for disse) og afbrydelse af støjende maskiner (rundsav mv.). Det formodes dog at det er de færreste boliger der har den type installationer.

2.1 Opsamling

Der er flere delelementer i én røgalarm, der alle skal fungere og den europæiske standard [19]er med til at sikre at det er pålidelige røgalarmer, der sælges i dag. Den store udfordring er umiddelbart hvordan det sikres at røgalarmanlæg virker i hele bygningens levetid.

3. STATISTIK – BRANDDØDE OG BRANDÅRSAGER

Som en del af analysen ser vi på hvor mange der omkommer ved brand, hvor og hvordan det sker. Der findes meget lidt statistik omkring personer, der har pådraget sig skader i forbindelse med bygningsbrande.

3.1 Antal branddøde, årsager og brandsteder

En omkommen ved brand er en person, der omkommer under en brand som følge af brandpåvirkning (røgforgiftning og/eller forbrænding) eller inden 30 dage efter branden. Herunder ses antal branddøde pr. 100.000 indbyggere pr år, som et gennemsnit i 5-års perioder.

	Danmark	Sverige	Norge	Finland
1953-1957	0,61			
1989-1993	1,45	1,48	1,60	2,01
1994-1998	1,60	1,57	1,40	1,86
1999-2003	1,51	1,40	1,33	1,87
2004-2008	1,50			

Tabel 3.1: Antal branddøde pr. 100.000 indbyggere pr år, som et gennemsnit i 5-års perioder

1953-1957: [/21/ s. 57-58] I denne statistik indgår også brande i redskabsskure, campingvogne mv., men ikke brande i det fri samt selvmord.

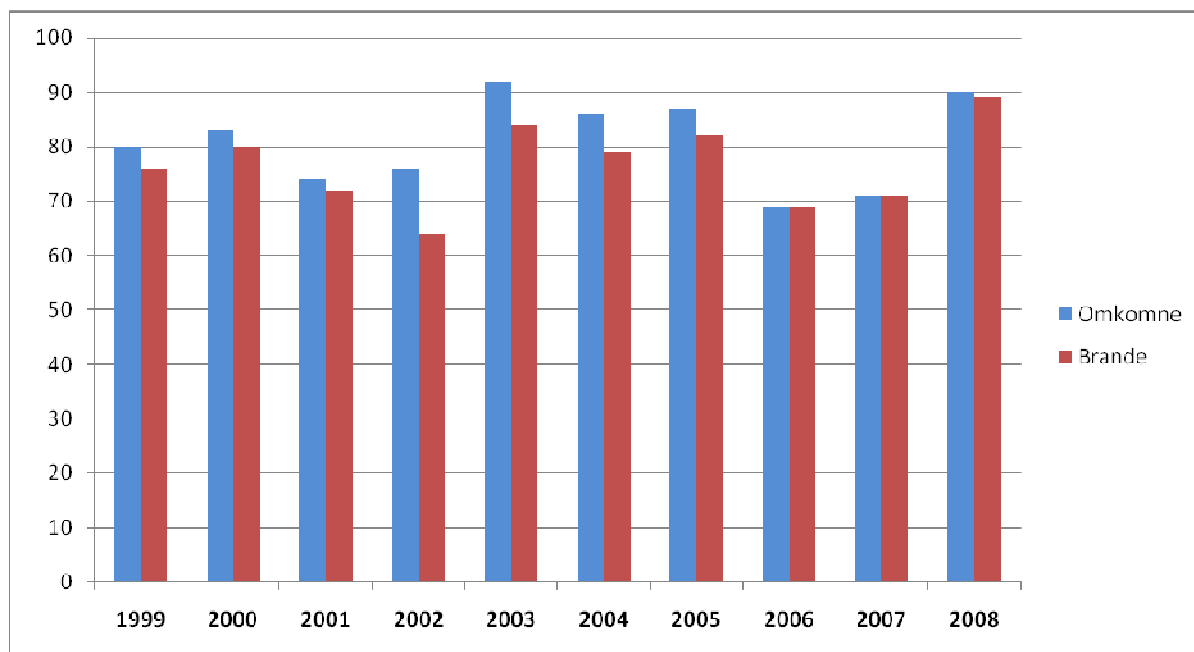
1989-2003: [/22/] Bemærk: Varierende indsamlingsgrundlag gennem tiderne.

2004-2008: [Nordstat.net 20. september 2009]

Peter Leth er retsmediciner ved Retsmedicinsk Institut i Århus og har i forbindelse med sit Ph.D. studium udført en afhandling med titlen "Omkommet ved brand" [/21/]. Heri har han indsamlet data fra flere 5-års perioder for at undersøge årsager, omstændigheder og kendetegn ved branddøde. Han begrundet den store stigning fra 1950'erne til i dag med et større tobaks- og alkoholforbrug. Da antallet af rygere er faldet må det betyde at den enkelte ryger i dag ryger mere end for 60 år siden. Antallet af branddøde de sidste 10 år ser således ud:

År	Omkomne	Dødsbrande	Antal omkomne pr. dødsbrand
1999	80	76	1,05
2000	83	80	1,04
2001	74	72	1,03
2002	76	64	1,19
2003	92	84	1,10
2004	86	79	1,09
2005	87	82	1,06
2006	69	69	1,00
2007	71	71	1,00
2008	90	89	1,01
Sum	808	766	-
Gennemsnit	80,8	76,6	1,05

Tabel 3.2a Antal branddøde 1999-2008 [Nordstat.net 20. september 2009]



Figur 3.2b Antal branddøde 1999-2008 [Nordstat.net 20. september 2009]

Antallet af branddøde har altså været konstant de sidste 10 år. Set i forhold til befolkningstilvæksten er tallet faldet små 6% mellem perioderne 1994-1998 og 1999-2003. Det er sjældent at der omkommer mere end én pr. brand.

Her skal det indskydes at antallet af branddøde i forhold til det samlede antal døde er forsvindende lille. I perioden 1999-2003 svarer antallet af branddøde i Danmark til 0,14% af samtlige døde. [www.statistikbanken.dk 20. september 2009] I alt omkommer ca. 2000 personer om året ved ulykker – heraf ca. 400 ved trafikulykker. Det vil sige at branddøde udgør 4% af omkomne ved ulykker. [www.statistikbanken.dk 20. september 2009]

Fremskrives antallet af branddøde med befolkningsprognosen fås følgende antal branddøde:

2010	2020	2030	2040
81,9	84,5	87,6	90,1

Tabel 3.3 Antal branddøde fremskrevet [www.statistikbanken.dk]

De konstaterede og formodede brandårsager ved dødsbrande ses i tabellen herunder.

	2007		2008	
Formodede brandårsager	Omkomne	Brande	Omkomne	Brande
Tobaksrygning diverse	15	15	22	22
Rygning i sengen	13	13	18	18
TV	0	-	2	2
Defekt el-radiator	1	1	0	-
Væltet lampe	2	2	2	2
Defekt el-artikel	6	6	5	5
Påsat	2	2	2	2
Selv mord	3	3	1	1
Bilbrand	2	2	1	1
Uforsigtighed i forb. med madlavning	5	5	10	10
Uforsigtighed – andet	1	1	4	4
Stearinlys	4	4	6	5
Ild i juletræ/dekoration	1	1	1	1
Ekspllosion	1	1	1	1
Lynnedslag	1	1	0	-
Ukendt	14	14	15	15
Total	71	71	90	89

Tabel 3.4 Konstaterede og formodede brandårsager 2007-2008

[<http://www.brs.dk/fagomraade/tilsyn/sta/statistikbank/Branddoede.htm> 21. september 2009]

Fordeling af brandårsager er næsten den samme for Sverige, Norge og Finland. Dog har Danmark en lidt højere andel, der omkommer ved rygning [nordstat.net 21. september 2009]

Da rygning udgør årsagen til næsten halvdelen af alle dødsbrande undersøger antallet af rygere i de 4 lande. Her tal fra perioden 2002-2005:

Land	Andel
Norge	26%
Danmark	25%
Finland	23%
Sverige	16%

Tabel 3.5 Andel af befolkningen, der ryger dagligt i de skandinaviske lande i perioden 2002-2005

[http://www.cancer.dk/Tobak/Tal+og+statistik/Rygevaner_i_udlandet/ 25. september 2009]

Selvom Sverige har markant færre rygere er antallet af branddøde ved rygning på samme niveau som de øvrige lande. Dette kan godt undre og jeg har da heller ikke en umiddelbar forklaring på dette forhold. Det blev i 2007 i EU-kommissionen besluttet at udarbejde en standard for "selvslukkende cigaretter". Selvslukkende betyder at der ændres på papiret rundt om tobakken, således cigaretten går ud, hvis ikke der suges på den i et stykke tid. Beredskabsstyrelsen anslår det vil redde 5-10 personer i Danmark pr. år. [<http://www.beredskabsinfo.dk/content/view/979/2>].

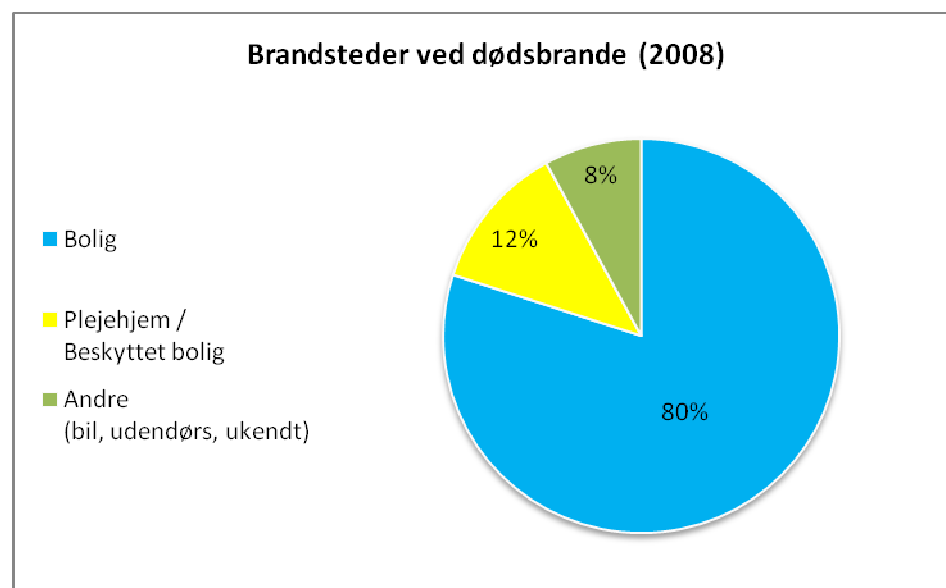
Det er, for dette projekt, yderst interessant hvor personer omkommer ved brand. Herunder ses brandsteder for dødsbrande i perioden 2007-2008.

	2007		2008	
Brandsteder	Omkomne	Brande	Omkomne	Brande
Lejlighed	29	29	30	30
Parcelhus/villa	22	22	39	38
Sommerhus	1	1	0	0
Plejehjem, sygehus, beskyttet bolig m.v.	9	9	11	11
Andre bygninger	2	2	3	3
Køretøjer	2	2	1	1
Andre udendørs	3	3	3	3
Ukendt	3	3	3	3
Total	71	71	90	89

Tabel 3.6 Brandsteder for dødsbrande 2007-2008 [nordstat.net 1. juni 2009 21. september 2009]

I Sverige, Norge og Finland er det samme tendens med hensyn til brandsteder som i Danmark. [nordstat.net 21. september 2009]

Ud af 7814 bygningsbrande i Danmark i 2008 var 4709 brande i bygninger, der i dag vil klassificeres som anvendelseskategori 4, 5 eller 6. [https://statistikbank.brs.dk/ 5. juni 2009]. Brande i garager, drivhuse, carporte og kolonihavehuse er regnet fra. Det vil sige at i 1,9 % af disse brande omkom én eller flere personer i 2008.



Figur 3.7 Brandsteder ved dødsbrande i 2008 [nordstat.net 1. juni 2009 21. september 2009]

Ovenstående figur illustrerer tydeligt hvor personer omkommer i en brand. 4 ud 5 omkommer i almindelige boliger (anvendelseskategori 4). Fordelingen er den samme de sidste 10 år.

Der er ingen tvivl om at der *kan* omkomme mange ved brand i for eksempel et større forsamlingslokale, som vi så i Göteborg i 1998 hvor 63 mistede livet eller ved brand på et diskotek i Rusland hvor 142 omkom og mindst 101 derudover pådrog sig skader af branden. I Göteborg fulgte man heller ikke den svenske lovgivning om flugtveje og friholdelse af disse. Det kan ikke udelukkes at en brand i nutidens Danmark i et forsamlingslokale, der er godkendt og hvor alle regler overholdes, kan koste et eller flere liv. Men

sandsynligheden er meget lille og sandsynligheden for at mange omkommer, som i Göteborg, er forsvindende lille.

3.2 Personkarakteristik af branddøde

I dette afsnit forsøges at give et overblik af de persongrupper, der omkommer ved brand. Der fokuseres også på hvordan de er omkommet og hvor de helt præcist omkom. I afsnittet anvendes Peter Leth's Ph.D. afhandling [21/] med tal fra perioden 1988-1992 og Beredskabsstyrelsens dødsbrandstatistik fra 2008 [<http://www.brs.dk/fagomraade/tilsyn/sta/statistikbank/Branddoede.htm> 21. september 2009]

Alder og køn

Der er en klar tendens til at det er ældre der omkommer. 77% af de omkomne er over 50 år og personer over 66 år udgør 42% (2008 tal). Mænd udgør 66% og kvinderne 34% (BRS 2008-tal). Da mange ældre har funktionsnedsættelser i form af nedsat hørelse, syn, mobilitet, sygdomme mv. må det formodes at de for sent registrerer brand eller alarmering af f.eks. røgalarm. Desto ældre man bliver, desto mere sårbar er man overfor forbrændinger.

Alkohol, medicin og narkotika

Peter Leth konstaterer i sin Ph.D. afhandling at 1/3 af de omkomne i perioden 1988-92 var påvirket af alkohol. Meget få var påvirket af narkotika og medicin eller kombinationer af alkohol, medicin og narkotika.

Funktionsnedsættelser

37% af alle omkomne i Ph.D. afhandlingen 1988-1992 var bevægehandicappede i svær (bundet til seng eller kørestol) eller middelsvær grad (bevæge sig med krykker). De primære årsager var tobaksrygning og uheld med stearinlys. Kun meget få var både påvirkede af alkohol og havde funktionsnedsættelse.

30% led af psykiatiske sygdomme (tidligere indlæggelser på psykiatiske afdelinger, tidligere selvmordsforsøg, demente mv).

Institutionsbrande

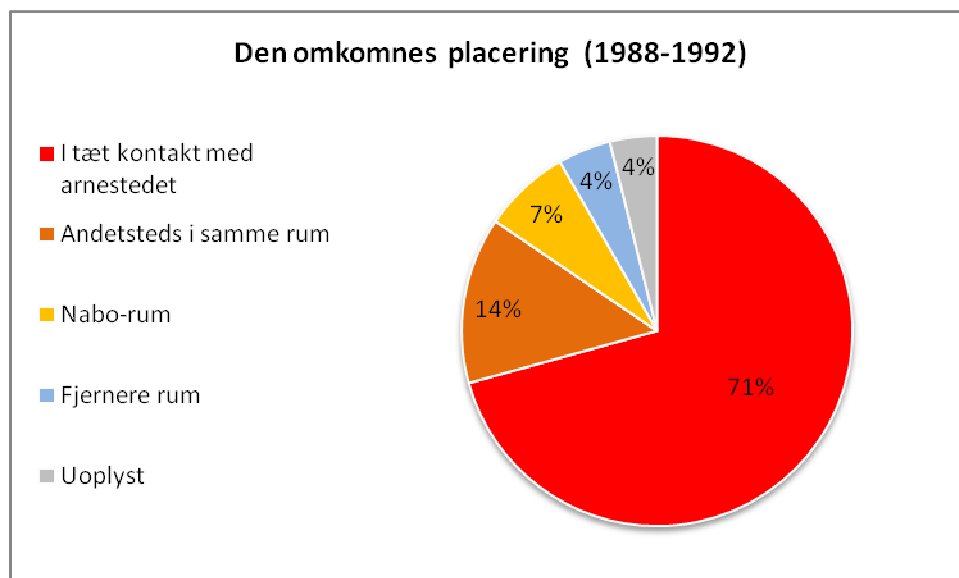
17% af de omkomne i analysen i 1988-1992 var på en instituion (plejehjem, sygehus mv.), det, som man i dag vil kalde anvendelseskategori 6 bygninger. Hovedårsagen var rygning, sekundært stearinlys. I alle tilfælde var der ikke personale til stede i rummet. I 8 ud af 58 brande blev en røgalarm eller brandalarm (sandsynligvis ABA-anlæg) aktiveret. Det er umiddelbart ikke ret mange alarmer, men det kan være fordi der har været tale om institutioner uden nogen form for røgalarm-/brandalarmanlæg eller at anlægget har været opbygget med termotektering, som detekterer noget senere i et brandforløb. Dette forhold tages op senere i denne rapport.

I 2008 var tallet 12% (se evt. afsnit 3.1). Andelen af branddøde ved disse brande er stort set uændret de seneste 10 år. Der har dog været et lille fald, der kan skyldes bedre brandalarmanlæg, forebyggende tiltag mv. Der vurderes ikke at være tilstrækkelig grundlag for en egentlig forklaring af dette forhold.

Opdagelse af branden

Dødsbrande blev i 45% af tilfældene opdaget af naboer og næsthyppigst af plejepersonale (17%). I 9% af tilfældene havde den omkomne alarmeret.

I 76% af brandene var den omkomne alene.



Figur 3.8 Den omkomnes placering (1988-1992) [/21/]

Det ses at i 85% af tilfældene bliver den omkomne fundet i samme rum, som branden er startet. Det må siges at være en god begrundelse for at have en røgalarm i opholdsrum. Vi kigger senere på reaktionsmuligheder og evakueringsforhold.

Dødsårsag

43% omkom af røgforgiftning og 43% af forbrændinger, mens 13% omkom af en kombination. Resterende 1% omkom af andre læsioner. Næsten alle, der omkom af røgforgiftning blev fundet død på brandstedet, mens 2/3 af de omkomne med forbrændinger omkommer senere på sygehuset.

3.3 Skader ved brand

Jeg har ved Statens Institut for Folkesundhed indhentet oplysninger om skader, som personer har pådraget sig ved brande i 2008. Det drejer sig om data fra de 4 sygehuse i Randers, Esbjerg, Frederikssund og Glostrup. Disse sygehuse menes at være repræsentative for hele befolkningen og dækker ca. 12% af befolkningen. Grundlaget er meget korte beskrivelser af patientens skade, alder, tilstand og behandling. De skader er blevet pådraget i bygninger der kan klassificeres som bolig. Jeg har sorteret i oplysningerne, der tit var meget mangelfulde. Ved en sammentælling fås at i alt cirka 958 havde været udsat for røgforgiftning i større eller mindre grad og cirka 83 havde pådraget sig forbrændinger spændende fra en finger til store dele af kroppen. I alt ca. 1041. [Email-korrespondance med Statens Institut for folkesundhed v/Bjarne Laursen september 2009].

Det vil sige at ud af 5791 bygningsbrande i "beboelse" i 2008 [<https://statistikbank.brs.dk/sb/main/p/a0151>] har der været personskader i gennemsnitligt ved mere end hver 6. brand (Ca. 18%). Aldersspredningen er jævn op til 50 år. Der er færre ældre, der kommer til skade, hvor man kan sige at de ældre i højere grad omkommer. Tallene har en anslået usikkerhed på +/- 30%.

3.4 Diskussion

Her er oplistet en række facts, der er relevante for det videre arbejde:

Dødsbrande udgør 1,9% af bygningsbrande i anvendelseskategori 4,5 og 6-bygninger (2008)
80% af alle dødsbrande var i anvendelseskategori 4 byggeri (boliger) (2008)
37% af alle omkomne var bevægelseshandicappede og 33% var påvirket af alkohol (1988-1992)
77% af de omkomne var over 50 år, 42% over 66 år (2008)
44% af dødsbrandene skyldes rygning (2008) (I Danmark omkommer flere af rygning sammenlignet med de skandinaviske lande)
Antallet af branddøde har i perioden 1999-2008 været konstant, men set i forhold til befolkningstilvæksten faldet 3,6%
I 85% af dødsbrandene blev den omkomne fundet i samme rum som branden (1988-1992)
Mere end hver 6. brand i beboelse medfører skader på én eller flere personer (2008)
Flere under 50 år får skader ved brand

Af tallene kan blandt andet ses at der omkommer flere bevægelseshandicappede i boliger, da andelen af døde overstiger andelen af brandsteder kategoriseret som anvendelseskategori 6. Den høje del af alkohol-påvirkede personer kan være svære at vække med røgalarmer. Det formodes at lyden for disse ikke må være særlig lav.

Det er især interessant at størstedelen af de omkomne bliver fundet i det rum, hvor branden starter. En meget stor del (71%) er i tæt kontakt med arnestedet. Dette kan især skyldes rygning men kan også dække over hændelser hvor et stearinlys sætter ild i tøj eller arbejde med brandfarlige væsker der pludselig antænder. Det kunne være interessant at vide præcist i hvilke rum disse personer er blevet fundet.

Det er opsigtsvækkende at mere end hver 7. bygningsbrand medfører skader. Det formodes at røgalarmer vil kunne medvirke til at mindske dette tal.

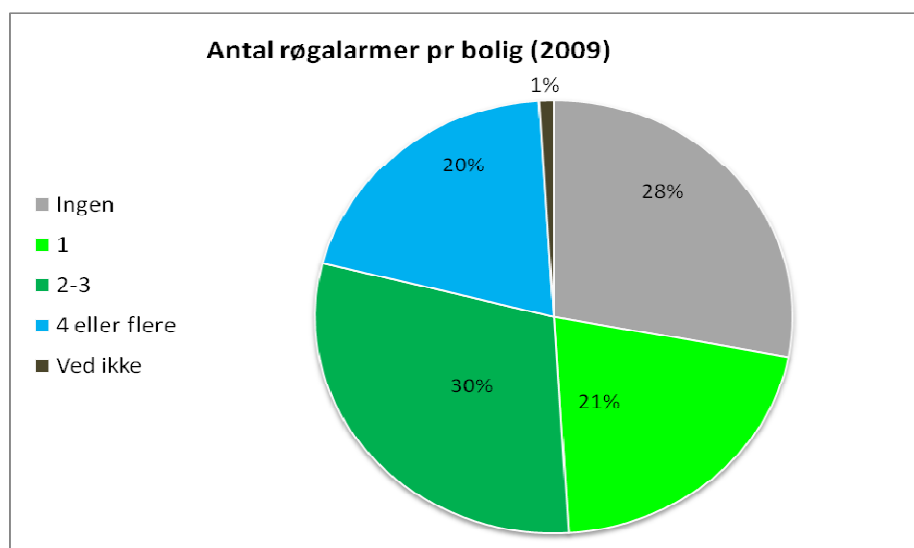
4. STATISTIK – RØGALARMERS TILSTEDEVÆRELSE OG EFFEKT

Denne rapport beskæftiger sig som udgangspunkt med det nuværende Bygningsreglements krav til røgalarmanlæg. Men for at kunne vurdere effekten af røgalarmer samt befolkningens holdning til og adfærd med røgalarmer vil jeg i dette afsnit forsøge at afdække udbredelsen og effekten af røgalarmer, samt helt specifikt se på deres tilstedeværelse og nytte ved dødsbrande.

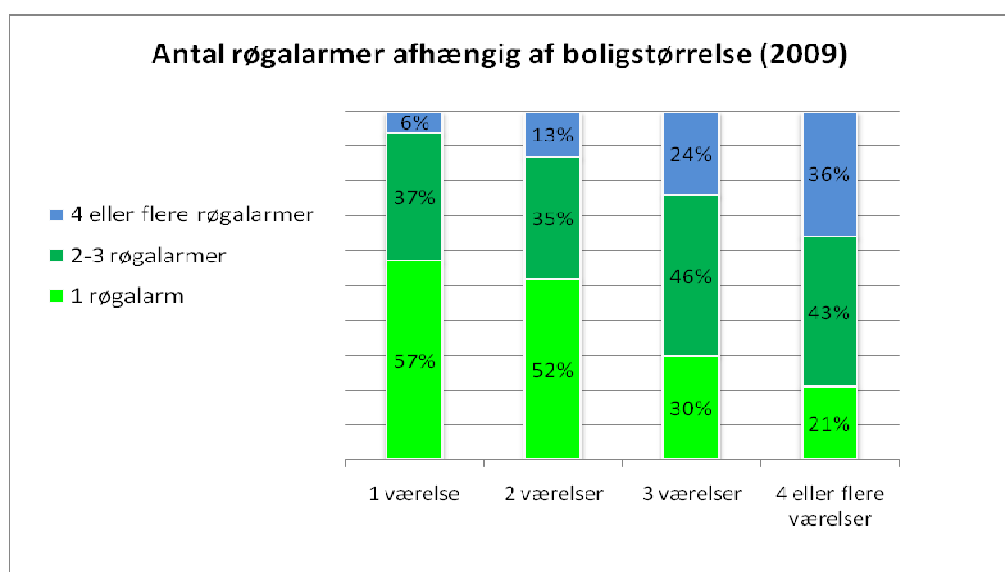
Herunder ses andelen af den danske befolkning, der har én eller flere røgalarmer i boligen, hvor mange røgalarmer pr. bolig samt antal røgalarmer afhængig af boligstørrelse. Sidstnævnte parametre er desværre ikke målt i 2005.

År	Andel
2005	64%
2009	71%

Tabel 4.1: Andel af den danske boligmasse, hvor der er installeret/opsat røgalarm i 2005 og 2009 [/23/]



Figur 4.2: Antal røgalarmer pr. bolig 2009 [/23/]



Figur 4.3: Antal røgalarmer afhængig af boligstørrelse 2009 [/23/]

I Danmark tester under 40% deres røgalarm(er) inden for en måned i (2005 og 2009) [/23/]. Dog svarer 82% i 2009 at batteriet udskiftes regelmæssigt. Som nævnt tidligere har mange nye boliger højt til loftet, hvilket besværliggør afprøvning. Endvidere får vi flere og flere ældre i eget hjem, der er svækket af alderdom, og som derfor ikke selv kan afprøve røgalarmer. Der findes alarmer med fjernbetjeningsmuligheder og decentral strømforsyning, som er let tilgængelig. Dette kunne være en løsning.

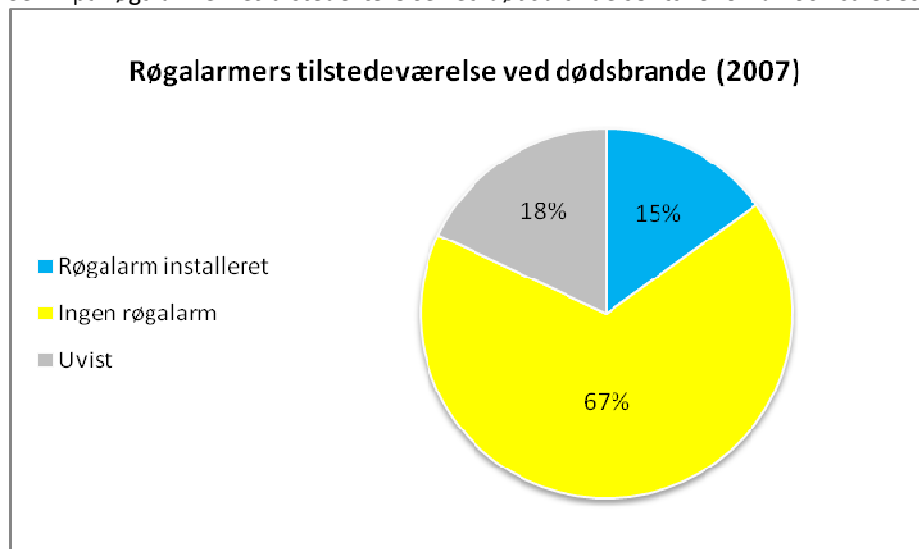
Røgalarmer virker måske lidt for godt. Henholdsvis 44% og 46% har i 2005 og 2009 oplevet at alarmerne er gået i gang uden grund og 32/31% af de adspurgte har af den grund været med til at sætte alarmerne ud af funktion [/23/]. Noget kan altså tyde på at røgalarmerne er placeret forkert og at følsomheden er lidt for høj.

Kun 48% af beboere i lejlighed i Danmark havde røgalarm i 2005. [/23/]. Der findes umiddelbart ingen forklaring på dette. Man kunne tro at husejere tænker mere over sikkerhed og evt. skader på deres ejendom.

Generelt er holdningen til om man bør have en røgalarm ændret. Det vil sige, at flere er klar over vigtigheden, men der er stadig få der mener at når man ikke ryger eller har adgang til 2 trapper fra sin lejlighed, så er røgalarmer unødvendige.

En undersøgelse fra Malmø i 2009 viser at kun halvdelen af røgalarmerne virker. Undersøgelsen peger på at årsagen kan være at mange ion-baserede røgalarmer "står af" efter ca. 10 år. Afprøvning og evt. udskiftning af alarmerne er altså en nødvendighed. [/24/]

Ser vi på røgalarmernes tilstedeværelse ved dødsbrande ser tallene fra 2007 således ud:



Figur 4.4 Røgalarmers tilstedeværelse ved dødsbrande i 2007 [/25/]

Altså var der kun røgalarm ved under 1/5 af alle dødsbrande. Desværre siger statistikken ikke noget om hvorvidt disse røgalarmer var aktiverede ved den pågældende brand og hvor de var placeret i forhold til branden. Enkelte af disse røgalarmer/røgalarmanlæg er sandsynligvis automatiske brandalarmanlæg på plejehjem, sygehuse eller lign., hvor 12% (2008-tal) af dødsbrandene fandt sted (se afsnit 3.1).

Peter Leth konstaterer at de store risikogrupper såsom alkoholikere, sygdomsramte og ældre i ringe grad vil have gavn af en røgalarm, da deres sanser er svækket og fysikken dårlig. Dog har placering og afprøvning af røgalarmer en betydning. Og især for sovende (f.eks. ved sengerygning) vil det i nogle tilfælde have betydning, vurderer han [/21/].

Sandsynligheden for overlevelse, når man har en eller flere røgalarmer er 33% højere viser en undersøgelse fra en række brande i North Carolina. Sandsynligheden stiger markant hvis der er flere personer i en bygning samtidig med der er en eller flere røgalarmer, da der typisk er en person der redder den eller de andre [/26/].

4.1 Reaktion på røgalarmer

I 1993 blev røgalarmer lovpligtige i nogle af Australiens stater. I 1990'erne blev der udført et forsøg, hvor unge i alderen 18-24 år blev udsat for alarmsignalet fra en røgalarm mens de sov. 20% vågnede slet ikke og for de øvrige tog det mellem 12-79 sekunder at vågne. Et tilsvarende forsøg med børn i alderen 6-17 år viste at 85% ikke vågnede! For de børn der vågnede gik der op til 64 sekunder. I flere af de samme forsøg var der også sovende voksne i samme hjem. De vågnede *alle* inden for 32 sekunder. [/27/] Der er samlet data fra en række forsøg med følgende resultat.

	Alder	Andel der vågnede	Gennemsnitstid til at vågne
Gennemsnit – Voksne	18-59 år	93%	37 sek.
Gennemsnit – Børn	6-17 år	32%	65 sek.

Tabel 4.5 Andel der vågner og tid før man vågner af en røgalarm [/27/]

"The who, what, where and why of waking to fire alarms: a review" er titlen på en australsk rapport [/28/], der fokuserer på hvor højt et lydniveau der kræves fra røgalarmer for at sovende personer i nærheden vågner. Størstedelen af befolkningen vil hurtigt vågne ved 60 dB(A), mens hørehæmmede (f.eks. pga. alder), børn, medicin-, narko- eller alkoholpåvirkede, deprimerede mv. vil have behov for 90 dB(A) for at reagere. Samtidig er disse personer mere udsat for at omkomme ved brand. Da røgalarmer skal afgive et signal på mindst 85 og højst 110 dB(A) (EN 14604 5.17.3) vil det sige at man bør have en røgalarm i soveværelset (gerne sammenkoblet med boligens øvrige røgalarmer) således dette krav kan honoreres.

Rapporten [/28/] foreslår at lyd giveren i røgalarmer bør afgive mindst 4 toner med forskellige lydfrekvenser for at ramme alle typer hørelse. Menneskers hørelse ændrer sig hele livet. F.eks. kan voksne ikke høre enkelte særlig høje frekvenser, som børn og teenagere kan.

En undersøgelse fra Columbus Children's Hospital viste at halvdelen af alle børn vågnede ved tonealarmering med en gennemsnitstid på 3 minutter mens hele 95% vågnede ved at moderens stemme sagde "navn på barn, vågn op, stå op, forlad værelset" inden 20 sekunder. [<http://www.beredskabsinfo.dk/content/view/269/2>] Såfremt børnene er store nok til selv at komme ud er idéen i orden, men hvis der er tale om småbørn, så er serieforbundne røgalarmer i soveværelse og børneværelse at foretrække.

4.2 Hvad kan en røgalarm ændre?

En røgalarm "hjælper" beboere med at opdage en trussel i form af røg fra en brand. Dette vil give mere tid til at reagere og flygte.

I en amerikansk rapport fra 2004 [/29/] stilles spørgsmålet "Hvor mange kan reddes, hvis de får mere tid til at flygte?" Ud fra det tilstedeværende statistiske materiale er der blevet kigget på hvad personerne har lavet da de omkommer eller får skader under en brand i en bygning. I den resterende del af dette afsnit kommenteres de forskellige tilstande.

Tilstand ved ulykke	Branddøde [%]	Skadede ved brand [%]
Under flugt	27,2	23,8
Brandslukning	2,9	31,9
Redning af andre	3,1	7,4
Sovende	41,3	17,3
Irrationel handling	6,4	5,0
Ikke i stand til at agere	13,7	4,8
Ukendt	5,4	9,8

Tabel 4.6 Fordeling efter tilstand ved død/skade ved brand [/29/]

Grøn betyder der er mulighed for ændring – Rød betyder at mere tid ikke vil have effekt.

Under flugt

Her må det være muligt at redde flere. Gangtiden er normalt meget lille i forvejen. Så når man først er på vej er man meget hurtigt i sikkerhed. Og i teorien vil alle under flugt være i sikkerhed, hvis de har uendelig lang tid. Det er naturligvis en forudsætning at varslingen starter tidligt i forhold til brandudviklingen. Rapporten antager at alle under flugt vil kunne reddes hvis de får mere tid. Men det må jo også afhænge af hvilke forhold man bliver udsat for under flugten – f.eks. giftige røggasser, begrænset sigtbarhed, høje temperaturer m.v.

Redning af andre/brandslukning

Dette er en lidt speciel gruppe. For der er ingen tvivl om at for disse personer har kroppen været i forsvarsposition og adrenalin har pumpet rundt i kroppen. Nogle har måske forsøgt at redde familiemedlemmer og andre har måske forsøgt at redde familiens hus. Det er et eller andet sted meget naturligt for mennesket at reagere sådan, men ved bygningsbrande kan det koste livet.

Nogle af disse personer kunne måske henføres til kategorien "Irrationel handling" da man måske er gået tilbage i en bygning, hvor man udefra ville kunne konstatere at brandens omfang var uforeneligt med overlevelse. Eller måske har adrenalin og stærke følelser for personer/værdier i bygningen medført, at man ikke kom i sikkerhed, men omkom. Umiddelbart vil længere evakuerings tid ikke have stor betydning på disse tilfælde, da personerne i stedet for at bruge tiden på redning og slukning i de fleste tilfælde kunne have været gået ud. Omvendt kan man sige at hvis personerne var blevet varslet tidligere i brandforløbet var muligheden for både personredning og brandslukning (eller begrænsning af branden) betydeligt højere. Rapporten anslår at 75% af de døde og skadede kunne være sparet.

Sovende

58% af de branddøde og 40% af dem, der havde pådraget skader ved brand havde ingen røgalarm. Der laves i rapporten en grov beregning på at yderligere 35% vil kunne reddes hvis de havde røgalarmer samt (deraf) mere tid til evakuering. Her er der altså mulighed for at redde liv, hvis der kan opnås længere evakuerings tid. Personer der har fysiske eller svære psykiske handicap eller er påvirkede af narkotika eller alkohol vil i store træk ikke kunne reddes, selvom der bliver givet mere tid.

Irrationel handling

Begrebet dækker flere forskellige handlinger såsom at flygte til et andet, indeliggende rum (f.eks. badeværelse) i stedet for at komme ud. Det kan være et barn, der gemmer sig eller en alkohol- eller narkopåvirket, der ikke ved hvad der er op eller ned. Tallene dækker også over personer, der er i direkte kontakt med branden, da den opstår. Altså et decideret uheld, hvor ingen brandtekniske anlæg ville kunne have gjort en forskel. Denne gruppe vil have meget lidt gavn af længere evakuerings tid. Rapporten antager at ingen vil have gavn af længere evakuerings tid.

Ikke i stand til at reagere

I denne gruppe findes udover fysisk handicappede også ældre (funktionsnedsættelser pga. alder) og spædbørn. Der indgår også personer, der ikke turde springe. Denne gruppe vil naturligvis ikke have gavn af længere evakuerings tid. Denne gruppe er afhængige af "reddere" ved siden af sig eller brandtekniske anlæg, der øjeblikkeligt kan tilkalde en "redder".

Konklusion

En reduktion på 50% af alle branddøde og 66% af alle skader ved brand er rapportens bud på, hvad der kan spares, hvis personerne fik mere tid. Det er muligt at en del af denne tid kan opnås med en tidlig detektering og alarmering ved hjælp af røgalarmer.

4.3 Hvor ofte opdager røgalarmen en brand?

5% tilkendegiver at de har været udsat for brand i boligen hvor Brandvæsenet måtte tilkaldes [/23/]. I boliger med røgalarm har 4-5% (2005-2009) oplevet at alarmen har været med til at forhindre udbredelsen af en brand. [/23/]. At røgalarmer i hver 20.-25. bolig med røgalarm har forhindret udbredelsen af en brand må siges at være endnu et godt argument for røgalarmer/røgalarmanlæg.

I England har man lavet en lidt dyberegående statistik. Her havde 75% af boligerne i 2004/2005 røgalarm. Det viser sig at 12% af alle bolig-brande målt over et år blev opdaget ved hjælp af disse. I yderligere 4% af brandene blev røgalarmen også aktiveret, men brandene blev opdaget før dette. Den primære årsag var at røgalarmen var placeret langt væk fra branden. Her ses det samlede resultat.

Opdagelse af brand (England)	
Rum, hvor branden startede	30%
Kunne lugte røg	27%
Synlig røg/flammer/gløder	21%
Røgalarm aktiveret	12%
Opdagede det ved et tilfælde	11%
Andet	12%

Tabel 4.7: Opdagelse af brand 2004/2005 i England [/30/] (Mulighed for flere svar)

Hvor sidder røgalarmene?

Det er jo meget godt at danskerne har taget røgalarmene til sig. Men hvor præcist i boligerne sidder de? Her kunne man godt ønske sig lidt mere uddybende spørgeskemaundersøgelser.

I England har man nogle ret gode statistikker, og her kan man se, hvor englænderne har monteret røgalarm. Tallene er andele af dem, der har monteret røgalarm. Det har været muligt at svare på flere placeringer, hvis det har været tilfældet.

Placering af røgalarm (England)	
Trapperepos/entré	92%
Stue/spisestue	17%
Køkken	12%
Soveværelse	8%
Andre rum	4%

Tabel 4.8: Placering af røgalarm i engelske hjem (2004/2005) [/30/]

De fleste har placeret røgalarmene centralt i boligen. Overraskende mange har røgalarm i køkkenet. Det kan også ses at en del boliger har flere røgalarm.

4.4 Omkostninger til brandsikkerhed ved opførelse af bygninger

Jeg har forsøgt at finde nogle økonomiske nøgletal for hvor stor en del af en anlægssum, der går til de brandmæssige forhold i et byggeri. Det vil sige opdeling i brandsektioner og –celler med tætninger, aktive anlæg (røgalarmmanlæg, ABA-anlæg, sprinkleranlæg), røgudluftning, brandvæsnetts indsatsforhold mv. Men det er ikke til at finde noget særlig specifikt. Dog har man i rapporten "De samfundsøkonomiske omkostninger ved brand" fra Beredskabsstyrelsen [/31/] et tal der hedder at 5-6% af anlægssummen er brandforebyggende foranstaltninger.

Priser på røgalarm og røgalarmmanlæg

Røgalarm og røgalarmmanlæg er en meget lille investering i brandsikkerhed. Herunder er samlet en række priser. Det skal bemærkes at 220 V røgalarm skal installeres af en elinstallatør.

Optisk, batteri	30-50 kr.
Optisk, batteri, med pausefunktion	50-70 kr.
Ionisk, batteri med 10 års levetid	230-300 kr.
Optisk, batteri, seriekoblet	70-300 kr.
Optisk, 230 V*, seriekoblet	230-350 kr.

Tabel 4.9: Indkøbspriser på røgalarmer/røgalarmanlæg

Alle priser inkl. moms. *: Kræver installation af autoriseret elinstallatør

[Diverse hjemmesider, supermarkeder/byggemarkeder og tilbudsaviser, sommerhalvår 2009]

Forespørgsler til flere elinstallatører har ført til følgende pris-tabel. Priserne er for levering og montering (eksl. moms) i nybyggeri, hvor røgalarmerne forudsættes monteret ud fra lampested.

Antal røgalarmer i én bolig	Enkeltvirkende	Serieforbundne
1	600-1000 kr.	700-1500 kr.
2	1200-2000 kr.	1400-3000 kr.
3	1800-3000 kr.	2100-4500 kr.

Tabel 4.10: Priser på røgalarmanlæg, leveret og monteret

Alle priser ekskl. moms.

Hvis man bygger til en m²-pris på 10.000 eller 20.000 kr. så er denne udgift til brandsikkerhed altså meget lille.

4.5 Opsamling

Ud fra ovenstående afsnit kan man konkludere at røgalarmer har en vis effekt. Røgalarmer kan give mere tid til at vågne, redde andre, flygte og evt. bekæmpe branden. 93% af voksne vågner og 100% af alle forældre med børn i boligen vågner. I England opdages 12% af boligbrande af røgalarmer og flere kunne opdages hurtigere såfremt man havde placeret røgalarmen andetsteds eller monteret flere. Da der ved mindst 67% af dødsbrandene i Danmark (2007) ikke var røgalarmer tilstede, må det antages at røgalarmer kan gøre en stor forskel.

Tidligere konstateredes af de fleste branddøde blev fundet i samme rum som branden startede (afsnit 3.1). I England hænger størstedelen af røgalarmerne på trapperepos og entréer. Det skal undersøges hvor mange brande, der starter i disse rum. Umiddelbart er antændelseskilder begrænset og det er min personlige erfaring af brande meget sjældent starter på trapperepos eller entréer.

BrandBevægelsen

BrandBevægelsen er et frivilligt samarbejde mellem private og offentlige organisationer som arbejder for at reducere antallet af omkomne og kvæstede ved brande og desuden reducere samfundets materielle tab ved brande [<http://www.brandbevaegelsen.dk>]. Det første mål man har sat er at reducere antallet af omkomne ved brand med 25% i perioden 2005-2015. Altså fra ca. 80 til omkring 60 pr. år (uden hensyn til befolkningstilvæksten). Antallet af kvæstede skal reduceres med 25% og de materielle skader skal reduceres mærkbart, som det hedder på hjemmesiden.

I 2005, hvor BrandBevægelsen startede, tog man fat i problematikken om, at selvom man har stadig større viden om brandforebyggelse og –bekæmpelse, så ligger antallet af branddøde stabilt. Derfor sendte BrandBevægelsen i 2006, med "Sikkerhedsbranchen" som underskriver, et brev til Folketingets Erhvervsudvalg vedr. kravet til røgalarmanlæg i boliger, der var indført i 2004 i de to daværende Bygningsreglementer. Heri blev det påpeget at i realiteten så kunne man nøjes med én røgalarm i en bolig – uanset areal og antal etager. Og placeringen er ofte der hvor det er nemmest. Man påpeger også sikkerheden i strømforsyningen, der i dag kan være på en gruppe sammen med øvrige elinstallationer. Det vil sige at ved en kortslutning i f.eks. et TV, hvor sikringen går, bliver røgalarmen spændingsløs og kører på batteri-backup til strømmen er reetableret eller batteriet ikke har mere energi. Derudover blev man gjort opmærksom på at røgalarmerne ikke skal overholde specifikke testkrav og man foreslog derfor at anvende EN 14604 som

standard i Danmark. I forlængelse af dette påpeger man det problematiske i at der ikke er regler for vedligeholdelse af anlæggene. Slutteligt lægger BrandBevægelsen op til at udvide kravet om røgalarmer/røgalarmanlæg til også at omfatte eksisterende boliger. Der er dog ikke yderligere beskrivelse af denne opgave.

Det er nogle af de samme problematikker, som dette projekt beskæftiger sig med. Antallet af røgalarmer og sikring af anlæggenes drift. I dag skal alle nye røgalarmanlæg overholde EN 14604, så dette punkt er opfyldt.

I det videre arbejde undersøges antal og placering af røgalarmer med hensyn til detekteringstid og lydniveau.

5. FULDSKALA-FORSØG

”Eksempelsamling om brandsikring af byggeri” [7/] angiver at det er hensigtsmæssigt hvis røgalarmer ”placeres i forbindelse med de værelser, hvor personer sover”. Det er derfor interessant at vide hvad en lukket dør, dør på klem eller et åbent dørhul betyder for detektering af brand på modsatte side af døren. Det samme gør sig gældende for lydtrykniveauet. Tidligere undersøgelser har vist at lydtrykniveauet fra røgalarmer ikke må blive for lavt, da flere vil sove fra dette. Så hvad betyder det at lyden skal igennem en dør eller måske igennem to? Endvidere vi det være muligt at få et indtryk af hvilken sigtbarhed, der er i rummene, når røgalarmerne aktiveres.

5.1 Brandforsøg

Formål

Forsøgene havde flere formål:

1. Bestemme og vurdere tid til aktivering af røgalarm i naborum til brandrummet ved forskellige brande.
2. Vurdere forskelle herunder fordele og ulemper ved de to detekteringsprincipper: Ion- og optisk detektering
3. Vurdere røgalarmens placering i rummet i forhold til aktiveringstiden

Til forsøgene anvendtes et brandhus ved Horsens Brand & Redning. Huset er i et plan med 4 lige store rum og er opbygget af beton både som elementer og letklinker. Der anvendtes to rum til selve forsøgene og et tredje til aflæsning af målinger og videooptagelse.

Tanken var at brandrummet skulle ses som soveværelse/opholdsrum og naborummet som entré/gang/alrum.

Baggrund

Et vigtigt element i dette forsøg er døren mellem de to rum. Hvor røgtæt er denne dør og hvilken betydning har det hvis der er personer i det ene eller andet rum. Den aktuelle dør vurderes at være forholdsvis tæt sammenlignet med almindelige døre i boliger, der opføres i dag. Derfor laves også forsøg hvor døren er på klem.

Brandtestede og brandklassificerede døre kan heller ikke anses for røgtætte. Der tillades op til 6 mm luft under branddøre uden anslag. Dette er relevant i etageboligbyggeri, hvor døre ind til lejligheder er brandklassificerede EI 30. Er der røg i opgangen vil denne røg kunne trænge ind i lejlighederne. Dog er der fra Bygningsreglementet krav om minimering af støj, ligesom der skal hensyn til varmetabet fra lejligheden, hvorfor disse døre ofte er tætnet i sådan en grad at de vil være tætte over for en del røg.

I den første udgave af Bygningsreglement 1995 og frem til december 2004 fremgik definitionen af en røgtæt dør således:

*En røgtæt dør er en sidehængt dør, der har fuger mellem dørplade og karm som foreskrevet i DS 1070, og hvor dørpladen kan betegnes som tæt overfor kold røg.
[38/ 6.2.2 stk. 1]*

Det fremgår i DS 1070, at røgtætte døre skal forsynes med tætningslister, såfremt fugebredden mellem dørplade og karmstykke overstiger 3 mm (sidestykker og overstykke). Her menes egentlige tætningslister og ikke en eventuelt indfræset brandpasta.

Fra 2004, hvor den første Eksempelsamling udkom, anvendes den fælles-europæiske definition af røgtætte døre: CS_a, som tilsvarende er en klassifikation, der vedrører kold røg.

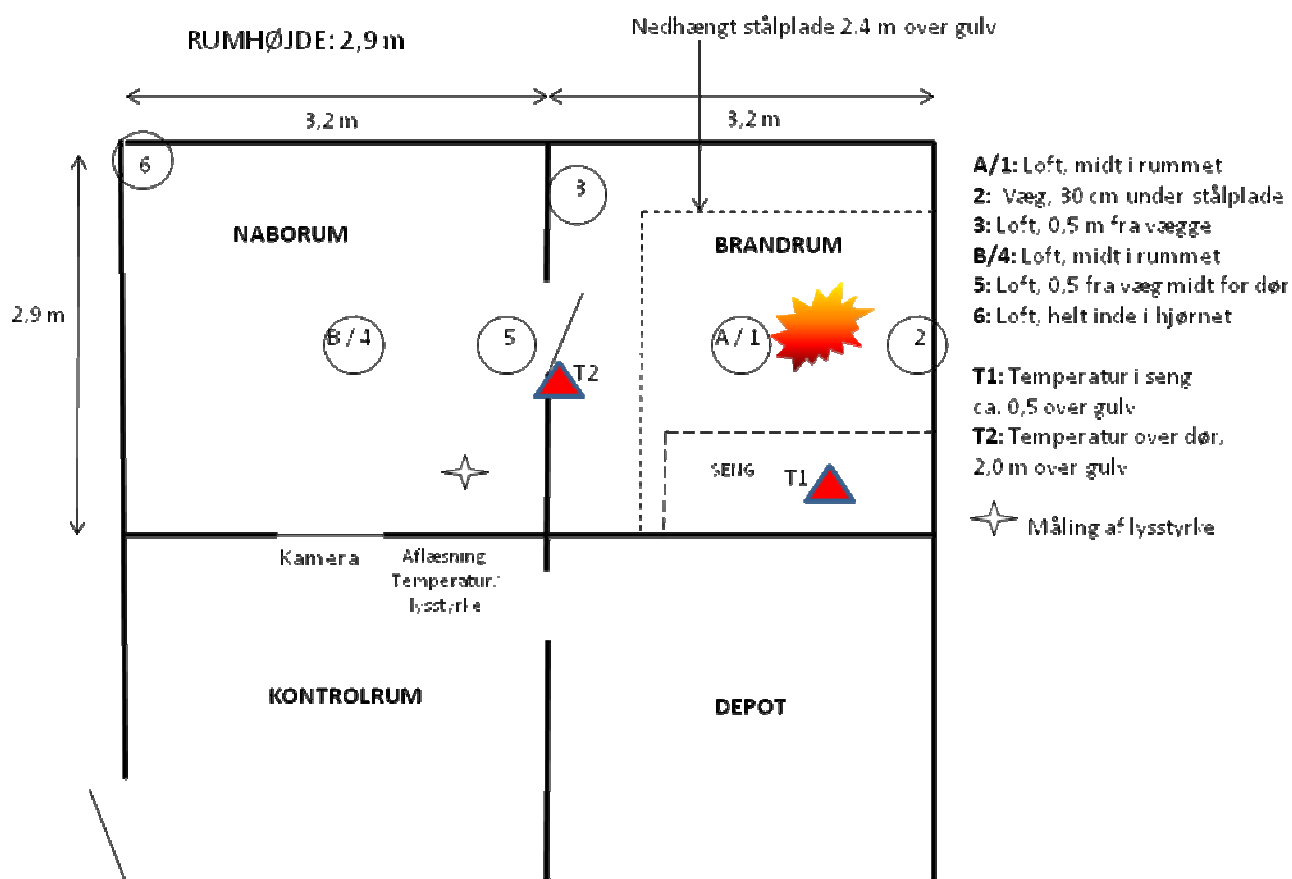
Forsøgsofbygning

Billeder kan ses på bilag 5.01.

Vinduesåbninger til det fri var i begge rum dækket af og tætnet for at tilnærme brandhuset en almindelig bolig med lukkede vinduer. Mellem de to rum var monteret en massiv dør af sammenlimede trælister.

I begge rum blev der opsat flere røgalarmer – både optiske og ioniske. Alle røgalarmer var helt nye. Placering ses på tegning herunder. A og B er ioniske, øvrige er optiske. Derudover blev der monteret 2 temperaturfølere i brandrummet. Henholdsvis en i "sengen" og en i en højde af 2,0 m lige ved døren til naborummet.

På forsøgsdagen var udetemperaturen 18-20°C hvilket svarer meget godt til en normal indendørstemperatur. I naborummet blev der monteret en almindelig lysmåler på gulvet under en lyskilde (150 W arbejdslampe monteret i loft). Dette for at opnå en tilnærmet måling af røgens optiske densitet. Der blev også opsat målepinde til måling af højde til røggaslag i begge rum. I tyndplatedøren mellem naborummet og "kontrolrummet" blev der isat en glasplade, således det var muligt at filme og iagttage røgen udefra.



Figur 5.1 Skitse af fuldskalaforsøg

Det har desværre ikke været muligt at lave målinger af ilt- og CO-koncentrationer, som ellers er meget relevant i dette projekt i forhold til personsikkerhed ved brand. Brande optager ilt, som mennesker har brug for. Ved de fleste forbrændinger produceres CO (kulmonoxid), der let optages i blodet og hindrer ilt i at kunne optages, således mennesker ikke får transporteret ilt rundt i kroppen. Se endvidere afsnit 6.1.

Komponentbeskrivelse

Alle røgalarmer er godkendt efter EN 14604 og efterlever kravene fra Dansk Varefakta Nævn (se evt. kapitel 2). Røgalarmerne er beregnet til "privat beboelse".

Optiske røgalarmer

Kun én type: Leveres af blandt andet Elworks (forhandles også af Aurora Group) og L-team.



Ioniske røgalarmer

Kun én type: Fra JO-EL.



Udstyrsbeskrivelse

Termometer

Digital 2-kanals termometer, Velleman DVM 1322. Måleområde: $-50^{\circ}\text{C} - 1300^{\circ}\text{C}$. Aflæser $2,5 \text{ s}^{-1}$. Måleproberne var forlænget for at kunne nå ind i brandrummet, men en kontrol af dette gav en ubetydelig forskel (ca. $\pm 2 \text{ K}$).

Lysmåler

"Lux Light Meter". Velleman DVM 1300. Måleområde: 0-50.000 lux.

Forsøgsafvikling

Der befandt sig en person i hvert af de to forsøgsrum iført røgdykkerudstyr. I kontrolrummet var der en person til tidtagning og notering af målinger og observationer samt en kameramand. Alle havde radioforbindelse. Det aktuelle forsøg blev startet og tider og observationer noteret. Forsøgene sluttede ved aktivering af samtlige røgalarmer eller efter længere tids røgudvikling. Mellem forsøgene blev der luftet ud med overtryksventilering og røgalarmer blev testet/støvsuget eller udskiftet pga. tilsodning. Dørens åbning blev fastsat ved at måle åbningen med tommelstok.

Forsøg nr.	Brand/røg	Beskrivelse	Dør mellem de to rum
1	Røgmaskine	Samme olie, som på almindelige diskoteks-røgmaskiner dryppes ned i en forvarmet "gryde", hvorved der afgives varm røg, således man har opdriften fra almindelig brandrøg. Maskinen er lånt af Siemens, der blandt andet bruger den til indstilling af aspirationsanlæg og til detektor-test i høje rum.	På klem, ca. 10 cm
2	Træ	Halv olietønde med spånpladestykker Optænding: ½ L diesel antændt med lighter	Åben
3	Skumgummimadrass	½ skumgummimadrass med betræk Antændt med lighter i et hjørne	Tæt lukket
4	Sofa	½ sofa Antændt af stearinlys	På klem, ca. 10 cm

Resultater

1) Røgmaskine

Her blev ikke målt temperatur da forsøget ikke generer nogen særlig varme.

Røgmaskinen var ikke så nem at styre, så røgudviklingen blev ikke så kraftig som forventet og forsøget blev hurtigt stoppet. Det ses at de ioniske røgalarmer reagerede hurtigt.

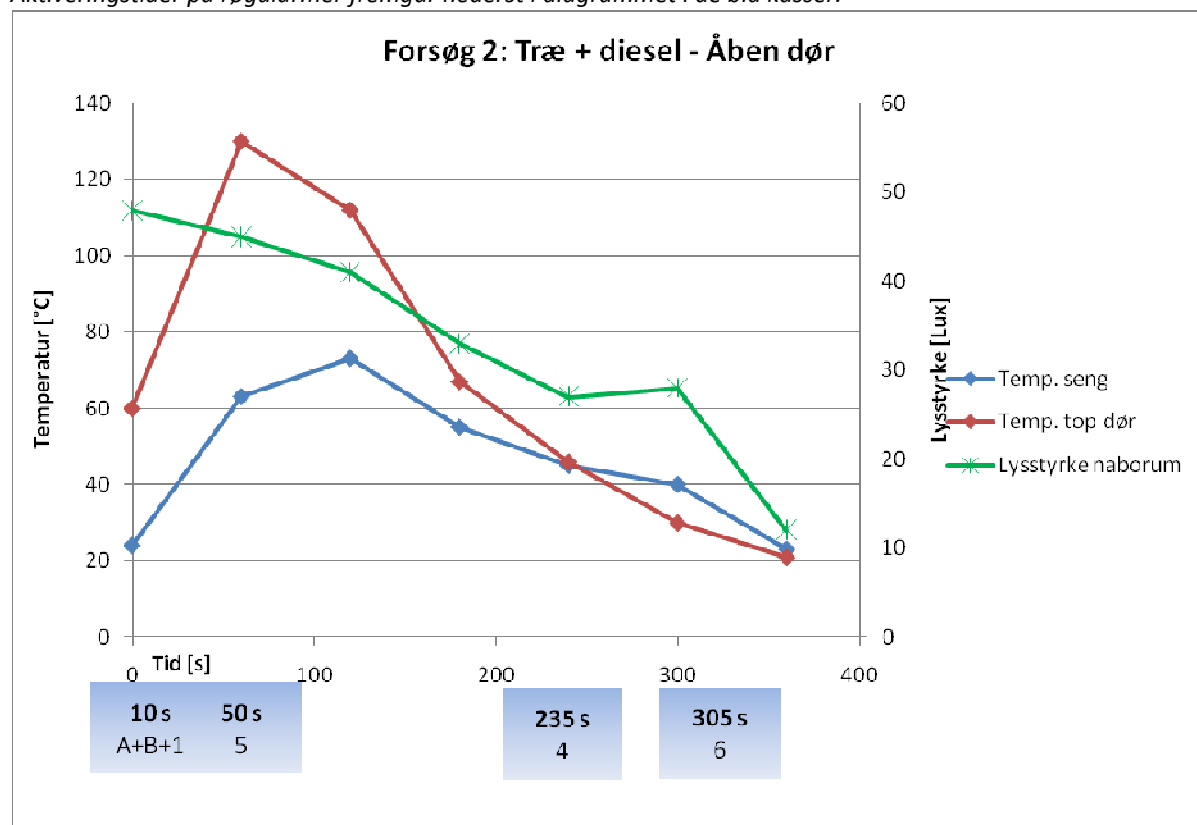
Tid	Røgalarm
20 s	A
202 s	B
215 s	1

Umiddelbart er der en forsinkelse på røgdetekteringen på mindst 180 sekunder mellem de to rum med en dør på klem.

2) Træ + diesel, åben dør

Pga. diesel-tilførslen udviklede branden sig meget hurtigt til et stabilt niveau.

Aktiveringstider på røgalarmer fremgår nederst i diagrammet i de blå kasser.



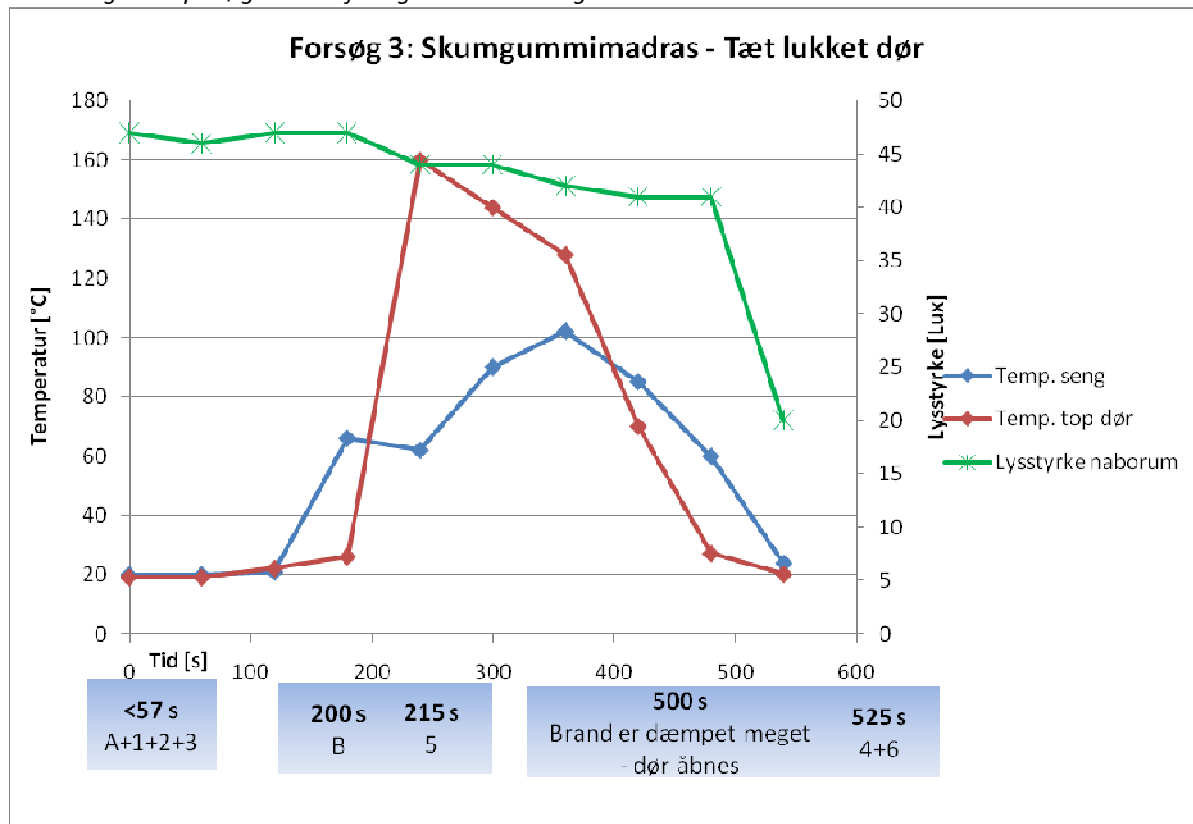
Hurtigt blev begge de ioniske og den optiske røgalarm lige over branden aktiveret. 40 sekunder efter aktiveres den optiske røgalarm lige på den anden side af døren. Men så går der lang tid før den centralt placerede optiske detektor i naborummet aktiveres. 225 sekunders forsinkelse på trods af at døren mellem de to rum er åben.

Det ses også at lysstyrken falder fra start til slut med 75%, dvs. den optiske densitet steget kraftigt. Da røgalarm nr. 4 aktiveres midt i rummet er lysstyrken på gulvet faldet med 44%.

3) Skumgummimadras, dør tætt lukket

Madrassen blev antændt med lighter i betrækket og branden spredte sig nemt til i selve madrassen.

Aktiveringstider på røgalarmer fremgår nederst i diagrammet i de blå kasser.



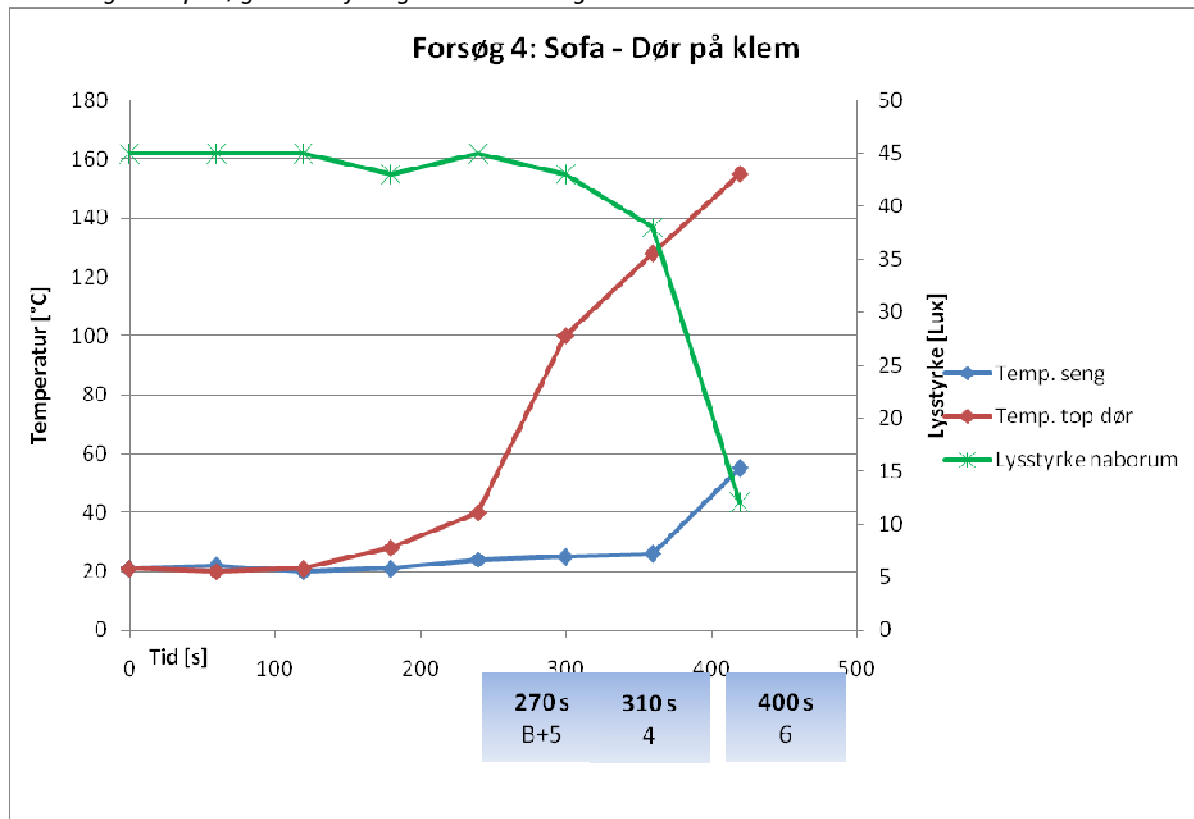
Inden for 57 sekunder blev alle 4 røgalarmer aktiveret i brandrummet – igen med den ioniske (A) som værende hurtigst. Temperaturen i brandrummet stiger hurtigt efter 200 sekunder, hvor branden er ved at være fuldt udviklet. Og det er først her at første røgalarm i naborummet aktiveres. Dernæst følger den optiske røgalarm lige ved døren, mens den centralt placerede ikke aktiveres før døren åbnes.

Lysstyrken falder ikke nævneværdigt, men i det døren åbnes falder sigtbarheden markant.

4) Sofa, dør på klem

Sofaen antændes af et stearinlys hvorfor der går noget tid inden branden rigtig får fat.

Aktiveringstider på røgalarmer fremgår nederst i diagrammet i de blå kasser.



Der var ingen røgalarmer i brandrummet, da det antages at detekteringen her sker inden for 60-90 sekunder (erfaring fra tidligere forsøg). Selvom der er åben forbindelse mellem rummene, så er forsinkelsen af alarmeringen til at få øje på. Ca. 200 sekunder senere end røgalarmer i selve brandrummet. Det er også her vi ser et tydeligt fald i lysstyrken, altså røgens densitet i naborummet. Det er som om brandrummet lige skal fyldes med røg inden røgen kan trænge videre.

Fejlkilder

Den nedhængte stålplade i brandrummet gør at det traditionelle billede af røg der stiger mod loftet og danner et røggaslag forstyrres lidt.

Det kan ikke undgås at vinden vil påvirke en lille smule gennem de små revner og sprækker der måtte være i bygningen. Heldigvis var der meget lidt vind på forsøgsdagen, så dette har haft minimum af indflydelse.

Usikkerheder

Det vurderes at der på temperaturmålingerne er en usikkerhed på 2°C grundet modificering.

Det vurderes at der på lysmålingerne er en usikkerhed på op til 5 lux dels i måleren og dels i nøjagtigheden af placering i forhold til lyskilde og refleksioner.

Delkonklusion

En meget overordnet konklusion er, at den forsinkede detektering af branden i naborummet er ca. 200 sekunder eller lidt over 3 minutter.

Ved de aktuelle brande har de ioniske røgalarmer været meget hurtige til at alarmere. Man fristes næsten til at sige for hurtigt, da dette kan være kilde til uønskede alarmer, således at man i boligen nedtager alarmer og afmonterer batteriet. Det passer dog godt med teorien om at ioniske røgalarmer reagerer hurtigere på

hurtigt-udviklende brande med mindre sodpartikler end ved en ulme-brand, som den optiske røgalarm skulle være bedre til at detektere.

Placeringen af røgalarmen i selve rummet er forholdsvis underordnet, da der er tale om et relativt lille rum, hvor røgen hurtigt fordeles. Det er umiddelbart mere et spørgsmål om at have røgalarmer i flere rum. For selv i små rum, som i dette forsøg, kan det tage nogen tid for røgalarmer længst væk fra en døråbning at detektere røgen fra brandrummet. Det er altså ikke ligegyldigt hvad man definerer som ”i forbindelse med de værelser, hvor personer sover”.

Generelt har de anvendte brande været så små at der ikke nås at dannes et egentlig røggaslag. Det vil også sige at der har været tæt på 100% sigtbarhed ved aktivering af røgalarmerne, således at eventuelle personer har haft forholdsvis gode betingelser for at flygte.

Erfaringer

Jeg skal ærligt erkende at det ikke bare er sådan ligetil at lave fuldskala-brandforsøg. Selvom disse forsøg på papiret er meget simple, så kræver det alligevel en del overvejelse, forberedelse og arbejde med anskaffelse af udstyr, opsætning og afvikling. Dog mener jeg forsøgene har givet brugbare resultater for dette projekts vedkommende og altså har været arbejdet værd.

5.2 Lydforsøg

Formål

1. Test af hvorvidt de anvendte og godkendte røgalarmer overholder kravene til det afgivede lydtrykniveau
2. Undersøge hvor stor lydreduktionen er i forskellige afstande fra røgalarmen og i naborum samt i hvor høj grad møblering dæmper lyden.

Baggrund

Kravet i EN 14604 [19] er mindst 85 dB(A) målt i en afstand på 3 meter efter 1 minut og 82 dB(A) efter 4 minutter. Det højeste lydtryk må være 100 dB(A) målt 3 meter fra alarmen.

I DBI retningslinie 24 ”Varslingsanlæg” [32] er der angivet forskellige vejledninger til det minimale lydtryk ud fra om bygningen er til dagophold eller natophold (Se evt. afsnit 1.1 om anvendelseskategorier). Anlægget skal som udgangspunkt tilpasses bygningens brug. Ved dagophold anbefales 65 dB(A) og ved natophold 75 dB(A). Lydtrykket skal være mindst 6-9 dB(A) over normal baggrundsstøj. I natopholds-bygninger skal alarmgivere anbringes i selve rummet, hvor der i dagopholds bygninger blot skal opnås det angivende lydtryk (f.eks. med alarmgivere på gang). Måling af lydtrykniveauet skal foretages i 1,5 m højde hvor der normalt er personer i dagopholds-bygninger. Ved natophold måles ved sovepladserne (altså hovedpuden). Lydtrykket må intet sted overstige 120 dB(A). Dette er ikke udspecificeret nærmere, så om det er målt lige ved lyd giveren, i 1,5 meters højde eller et tredje sted er usikkert.

I bygningsafsnit beregnet til personer med hørenedsættelse er kravet et lydtrykniveauet 90 dB(A) og om nødvendigt suppleret med optisk eller vibrerende signaler.

Lydtrykniveau måles i decibel (noteres dB), som er en logaritmisk beskrivelse i forhold til en referenceværdi:

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_{re}} \text{ [dB]} \quad p_{re} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ [Pa]}$$

Det menneskelige øre opfatter forskellige frekvenser med forskellige styrker. Derfor korrigeres skalaen når man taler lydtrykniveau fra røgalarmer og betegnelsen bliver dB(A). Dette ”filter” anvendes når der måles i disse forsøg.

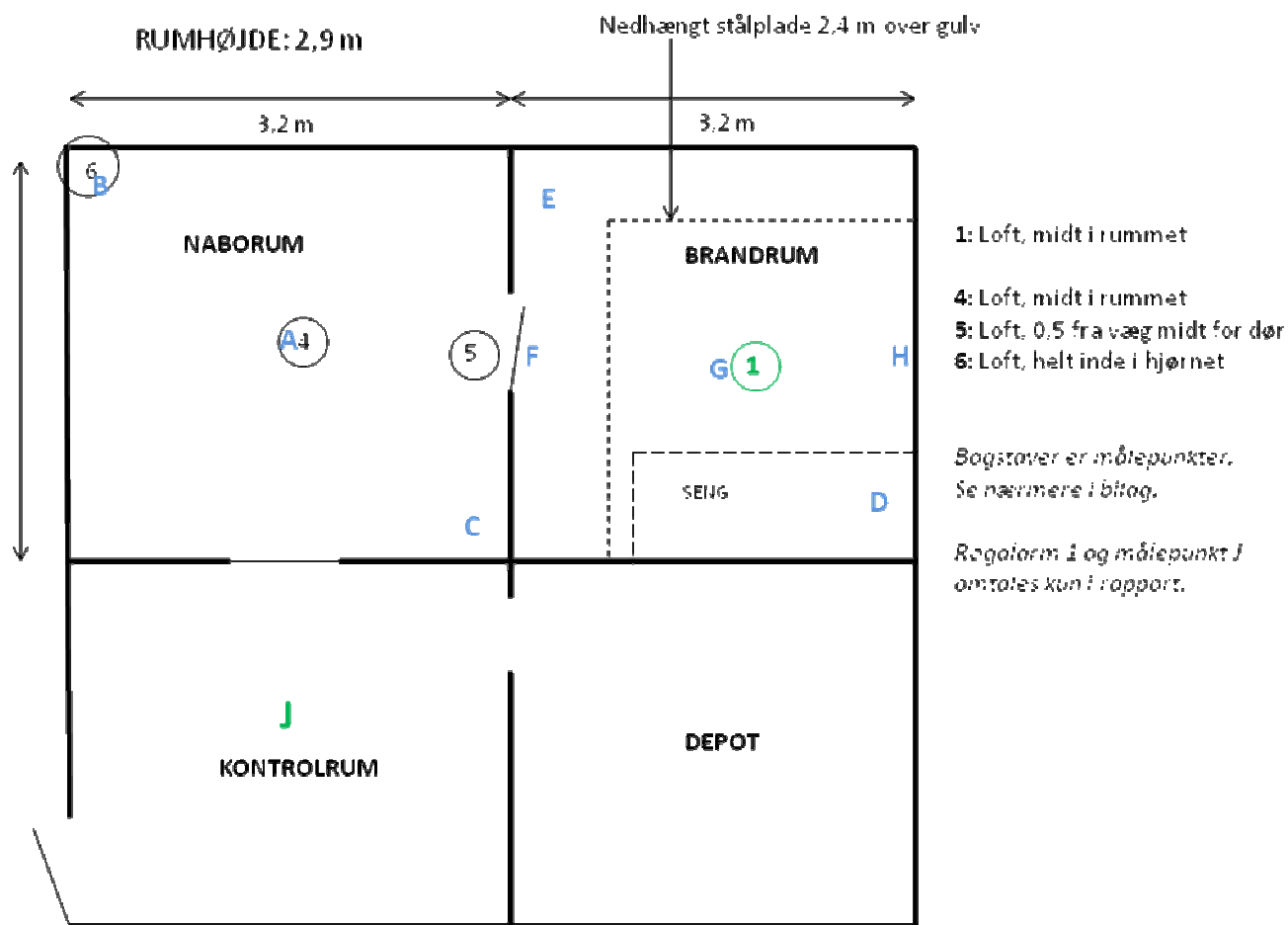
Forsøgsopbygning

Billeder kan ses på bilag 5.01.

Der blev anvendt samme opstilling som i brandforsøgene. De 3 placeringer af røgalarmer i "naborummet" var udgangspunkt for målingerne. Lydtrykniveauet blev målt i selve "naborummet" og i "brandrummet" med døren hhv. åben, på klem og lukket. Ved angivelse af "dør på klem" anvendes samme forhold som brandforsøg (se bilag 5.02). Alle disse målinger blev gennemført 2 gange. En gang med et tomt, hult brandhus og en gang med møbler og madrasser til at absorbere og dermed dæmpe lyden.

Endvidere blev der foretaget målinger på lydtrykniveauet i kontrolrummet ved en røgalarm aktiveret i brandrummet. Her blev målt forskellige kombinationer af åbne og lukkede døre. Ved målingerne var rummene "møbleret".

Målepunkter blev markeret op i brandhuset, således målinger blev foretaget det samme sted hver gang.



Figur 5.2 Skitse af lyd målinger

Udstyrsbeskrivelse

Lydmåler

ELMA 1350A, Sound Level Meter

Frekvensområde: 30 Hz – 12 kHz

Nøjagtighed +/- 2 dB ved 94 dB/1 kHz sinus

Mikrofon: Kondensatormikrofon Ø12,7 mm

Forsøgsafvikling

Inden selve forsøget blev 7 røgalarmer målt for en vurdering af deres forskellighed. Det viste sig hurtigt at de afgav omtrent samme lydniveau, hvorfor det i forsøgene var underordnet hvilken røgalarm, der blev anvendt. Lydtrykniveauet tæt ved røgalarmerne (5 cm fra) blev målt til mellem 131-135 dB(A)

Ved alle målinger blev lydmåleren rettet imod røgalarmen eller døråbningen (hvis røgalarmen var i et andet rum).

Inden og efter hver måleserie blev lydtrykniveauet målt tæt ved røgalarmen for at måle/vurdere om den havde mistet effekten under måleserien. Generelt var der en ikke signifikant forskel. Det vil sige at kravet til lydstyrken efter 4 minutter også var opfyldt (jf. EN 14604).

Resultater

Måleresultaterne fremgår af bilag 5.02

Baggrundsstøjen målt inde i brandhuset blev målt til mellem 36-50 dB(A) 1,5 meter over gulv afhængig af positionen. Denne støj stammede primært fra nabovirksomhedens ventilationsanlæg. Det vurderes at denne baggrundsstøj ikke vil være så høj (kunne accepteres) i nye boliger.

I rummet med røgalarmerne ("Naborum") var der som forventet ingen problemer med niveauet. Det laveste lydtrykniveau blev målt til omkring 90 dB(A) og gennemsnittet for alle målinger i dette rum var omkring 95 dB(A).

Med døren åben holder lydtrykniveauet sig over 75 dB(A) i brandrummet i næsten alle målinger og med gennemsnitsmålinger på mellem 80-94 dB(A). Med møblering af rummene gik 2 målinger i brandrummet en smule under 75 dB(A).

Generelt bliver lyden dæmpet med op imod 20 dB(A) når døren er på klem eller lukkes helt. Gennemsnitsmålingerne ligger mellem 61-77 dB(A). Næsten alle målinger er under 75 dB(A) og den laveste er målt til 57 dB(A).

Med røgalarmen placeret i "Brandrummet" gav det følgende målinger i "Kontrolrummet".

	Lydtrykniveau [dB(A)]	Forskel fra "Brandrum" med 95 dB(A) [dB(A)]
Begge døre åbne	70	-25
Dør "Kontrolrum"- "Naborum" lukket	52	-43
Dør "Naborum"- "Brandrum" lukket	55	-40
Begge døre lukkede	48	-47

Tabel 5.3: Lydmålinger to rum væk fra røgalarm

Denne meget korte måleserie viser at reduktionen bliver forholdsvis stor når lyden fra en røgalarm skal høres i 2. rum fra røgalarmen. Op til halvdelen af lydtrykniveauet forsvinder og i det aktuelle forsøg befinder lydtrykniveauet sig i samme område som baggrundsstøjen.

Det har en betydning om rummene er møblerede eller ej. Der er en dæmpning på omkring 5 dB(A) dvs. en reduktion i lydtrykniveauet på ca. 6% hvilket omregnet svarer til en reduktion i selve lydtrykket på 40-50%.

Rumhøjden (2,9 m) i brandhuset er forholdsvis høj sammenlignet med det almindelige boligbyggeri, der bliver opført i dag. Det vurderes dog at resultaterne for måling i en bygning med lavere rumhøjde ikke vil variere ret meget. Det formodes dog at være mere gunstigt, da afstanden til overside dør og dermed til modtageren af alarmen reduceres.

Fejlkilder

Der kan forekomme varierende baggrundsstøj, som der ikke kan tages højde for i målingerne. Det vurderes dog at have minimal indflydelse på disse målinger.

Usikkerheder

Lydmåleren har en almindelig usikkerhed på +/- 2 dB. Da det er praktisk umuligt at placere lydmåleren nøjagtigt samme sted med samme retning hver gang vurderes usikkerheden til samlet +/- 3 dB.

Delkonklusion

Selv med døren åben ind til et rum med en aktiveret røgalarm reduceres lydtrykniveauet med op imod 15 dB(A).

Med døren på klem og med døren lukket når lydtrykniveauet under værdierne som er angivet i DBI Retningsline 24. Dog ligger næsten alle værdierne over 60 dB(A) som er angivet i den australske rapport der omtales i afsnit 4.1, som det niveau hvor størstedelen af den voksne befolkning vil vågne. Det er overraskende at der faktisk ikke er forskel på om døren står på klem eller er helt lukket. Det kan dog skyldes at den anvendte dør i sig selv ikke har meget lyddæmpning, da der er tale om en dør af massivt træ og ikke en hul kanalledør.

Ved måling igennem yderligere et rum reduceres lyden med 25 dB(A) med åbenstående døre og 47 dB(A) med 2 lukkede døre imellem. Og selvom den ene dør står åben er reduktionen næsten lige så stor som med begge døre lukkede.

Forsøget viser at lyden hurtigt reduceres desto længere væk man kommer fra røgalarmen og i høj grad afhænger af om og hvor mange døre der er lukkede. Der er altså god grund til at anvende flere seriekoblede røgalarmer der alle aktiveres samtidigt, da det er intentionen at personer i den pågældende bolig, hvor en brand opstår, skal alarmeres straks. For personer med hørenedsættelse eller personer der er påvirkede af alkohol eller medicin skal der være en røgalarm i hvert opholdsrum for at nå op på de 90 dB(A) som DBI retningslinie 24 beskriver.

Brandforsøgene viste at tid til detektering selv med åbenstående dør er væsentlig længere end hvis der var røgalarmer i begge rum. Det kombineret med en væsentlig reduktion i lydtrykniveau kan medvirke at én røgalarm ikke er tilstrækkelig i boliger med flere rum.

Der vil ikke blive regnet yderligere på lyd fra røgalarm i denne rapport.

6. TEORETISKE BEREKNINGER

I dette kapitel vil der blive regnet på brande i boliger. Herunder sigtbarhed, stråling, temperatur, højde til røggaslag, giftighed af brandrøg samt detekteringstid for røgalarmer. Der anvendes håndberegninger samt edb-programmet Argos. Derudover vil der blive vurderet på personers reaktions- og beslutningstid samt foretaget beregning på gangtid i boliger.

Beregningerne skal medvirke til at vurdere røgalarmers effekt, placering og antal i boliger. Der anvendes "Funktionsbaserede brandkrav", der tager udgangspunkt i "Information om brandteknisk dimensionering" [/33/]. Heri defineres acceptkriterier der giver tiden til de kritiske forhold. Denne tid skal være større end den samlede evakueringstid.

Tid til kritiske forhold > Evakueringstid

Enkelte rådgivere og myndigheder anvender en bestemt sikkerhedsfaktor for dette forhold. F.eks. at tid til kritiske forhold skal være 20% større end den tid det tager at evakuere bygningen for personer. Her anvendes ingen faktor, men der vurderes på resultaterne og hvilke parametre der har stor betydning for resultaterne.

Metoden anvendes i dag primært i større forsamlingslokaler, butikcentre og andre bygninger med store åbne rum, hvor de præskriptive krav i "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri" [/7/] ikke ønskes eller ikke kan anvendes.

Med kritiske forhold tages udgangspunkt i Bygningsreglementets krav til flugtveje:

I det tidsrum, hvor flugtvejene skal anvendes til evakuering, må der ikke forekomme temperaturer, røgkoncentrationer, varmestråling eller andre forhold, som hindrer evakueringen. [/2/ 5.2 stk. 4]

I en bolig, der ikke har nogle brandmæssige adskillelser, kan man ikke på samme måde som i et butikcenter definere flugtveje. Men acceptkriterierne menes at være et fornuftigt udgangspunkt for at vurdere forholdene i boliger.

Der tages udgangspunkt i fuldskalaforsøgene. Der benyttes de samme rum, men det vil være vanskeligt at regne på de samme brande. Senere vil der blive lavet følsomhedsanalyser.

Der vurderes/regnes ikke på bærende konstruktioner, brandspredning til andre bygninger samt værdisikring og påvirkning af miljøet i dette projekt. For konstruktionssikkerheden og brandspredning til andre bygninger vil dette ikke blive kritisk inden der opstår kritiske forhold for personer i boligen. Ligeledes vurderes redningsberedskabets indsatsmuligheder ikke at være relevante i dette projekt. Redningsberedskabet vil sjældent være ankommet inden for evakueringstiden

Beregningsforhold

Vinduer og yderdøre regnes som 100% tætte. Dette er en lille fejlkilde, som vurderes ikke at have væsentlig indflydelse på resultaterne. Da vi betragter røgalarmanlæg i nye bygninger (fra 2004 og frem) vurderer jeg at det er acceptabelt, da der i nutidens Bygningsreglement stilles store krav til den samlede bygnings tæthed. Der er dog stadig udluftningsventiler, åbne vinduer ved høje udetemperaturer osv.

6.1 Acceptkriterier

Herunder angives definitioner for kritiske forhold for personer ud fra "Information om brandteknisk dimensionering" [/33/]. De kommunale brandmyndigheder i Øresundsregionen har sammen udarbejdet et sæt retningslinier [/34/] for brandteknisk dimensionering der anvendes således konkurrenceforholdene og brandsikkerhedsniveauet bliver ensartede i denne afgrænsede region. Generelt er det de samme anvisninger,

men der er nogle få afvigelser. Disse fremgår med **blå skrift** i dette afsnit. Dette er blot for at kunne sammenligne "Informationens" acceptkriterier med andre.

Sigtbarhed	I rum < 150 m ² (boliger): Optisk densitet > 2,0 dB/m (målt 2 m over gulv)	Svarer til en sigtbarhed på 5 m
Stråling	Kortvarig stråling > 10 kW/m ² <i>eller</i> Vedvarende strålingsintensitet > 2,5 kW/m ² <i>eller</i> En sammenlagt strålingsenergi > 60 kJ/m ² ud over energien fra en strålingsintensitet på 1 kW/m ²	Kortvarig: Op til 4 sekunder Maks. 5 min.
Temperatur	Temperaturen under røglag: > 80°C i flugtveje Lufttemperatur > 180°C	Hvis intet røglag måles i 2 m højde Ingen definition af flugtveje Maks. 1 min
Højde til røggaslag	< 1,6 m + 0.1·H H: loftshøjde	Her 1,9 m

Tabel 6.1 Acceptkriterier jf. [/33/ og /34/]

Den menneskelige organisme behøver ilt for at kunne fungere. Ved en brand indgår den tilstedeværende ilt i den kemiske proces, således at iltniveauet falder. Der er ca. 21 vol% ilt i atmosfærisk luft. Når iltniveauet når 15 vol% betragtes det som et kritisk forhold da kroppen ikke vil få tilført tilstrækkelig ilt. [/17/ afsnit 6.4.3.3] Det skal dog bemærkes at kortvarig udsættelse af en lavere iltkoncentration næppe vil betyde noget for den eksponerede person.

Derudover udvikler boligbrande flere forskellige giftige røggasser. De primære listes herunder med angivelse af acceptkriterier.

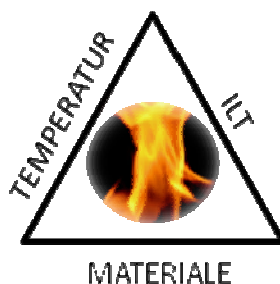
	Acceptkriterium	
O₂	> 15 vol%	
CO	< 0,10% / 1000 ppm	< 0,2% / 2000 ppm
CO₂	< 4% / 40000 ppm	< 5% / 50000 ppm
HCN	< 0,005% / 50 ppm	
SO₂	< 0,003% / 30 ppm	
NO₂	< 0,002% / 20 ppm	
HCl	< 0,1% / 1000 ppm	

Tabel 6.2 Acceptkriterier for giftige gasser [/17/ afsnit 6.4.3.3]

Personer der er i nær kontakt med branden ved start f.eks. brand i tøj antændt af stearinlys eller arbejde med brandfarlige væsker, der pludselig antænder, kan ikke tages i betragtning. Her vil der hurtigt og uden varsel kunne opstå skader på kroppen ligesom en røgforgiftning er nærliggende. Personen er bekendt med branden og et røgalarmanlæg vil være underordnet. De efterfølgende beregninger vil tage højde for ild i et elektrisk apparat, antændelse af et (eller flere) møbler eller anden tilsvarende initialbrand, som vil kunne detekteres af en røgalarm og dermed sikre alarmering af personer i pågældende bolig.

6.2 Designbrande

En forbrænding defineres, ved uddannelsen af brandmænd, som "en kemisk reaktion hvorved ilt forbinder sig med brandbart materiale under varmeudvikling" og det er efter min mening en god læresætning, som de færreste brandfolk glemmer. Der er grundlæggende 3 forudsætninger for en brand: Brændbart materiale, ilt og en tilstrækkelig høj temperatur. Såfremt ét af disse 3 elementer ikke er tilstede er en forbrænding ikke mulig. Dette illustreres ofte med "brandtrekanten":

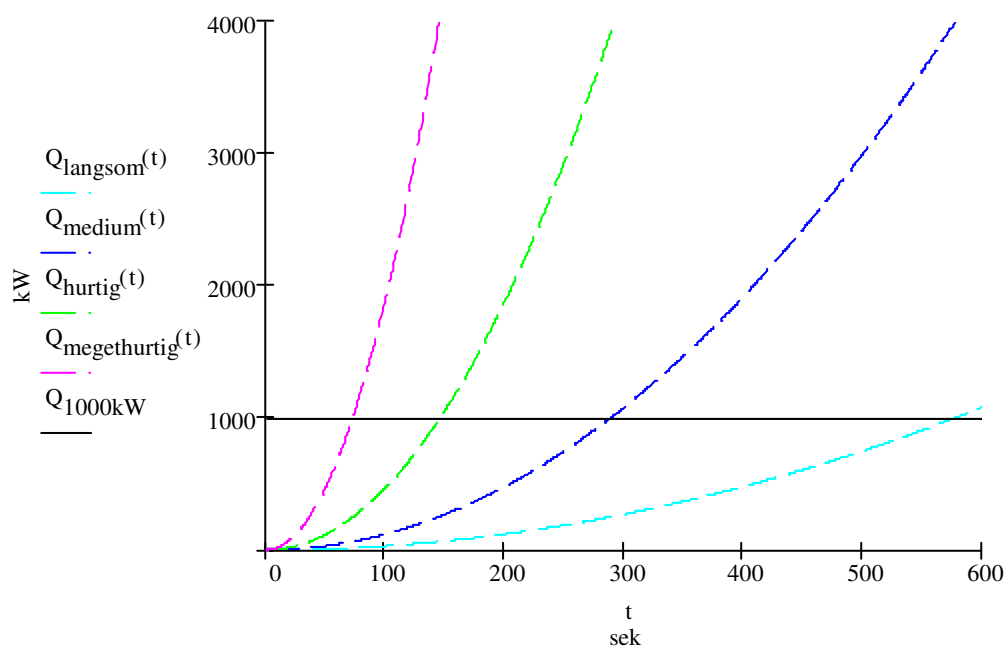


Figur 6.3 "Brandtrekanten"

I en bolig vil der altid være ilt og ofte brændbare materialer i form af diverse indbo. Det er den tilstrækkelig høje temperatur der starter branden, det vil sige opvarmning i defekt elektrisk udstyr, madlavning eller igangværende forbrændinger (stearinlys, cigaretter, varmfyr mv.), der får forbindelse med yderlige brændbare materialer. Brandudviklingen afhænger bl.a. af antændelse, flammespredning og brandhastigheden. [17/ s. 219 10.2] I denne rapport arbejdes kun med såkaldte kontrollerede antændelser, da selvantændelse i boligbrande forekommer meget sjældent.

Til dimensionering kan anvendes en "medium" brandtilvækst på $0,012 \text{ kW/s}^2$ jf. [33/] når der regnes på boliger. Denne brandudvikling er én af 4 standard brandtilvækster, der kan anvendes ved brandteknisk dimensionering.

Diagram med brandtilvækster



Figur 6.4: Diagram med de 4 standard brandtilvækster

For en brændstofkontrolleret brand angiver [33/] 250 kW/m^2 brændende areal som dimensionerende i boliger, hvor man ikke har yderligere kendskab til det/de brændende materialer. Hvis man antager at det brændende areal er 4 m^2 og den maksimale brandeffekt bliver 1000 kW så nås dette loft til henholdsvis 577, 289, 146 og 73 sekunder (illustreret på diagrammet ovenover), afhængigt af brandtilvækstfaktoren.

Den maksimale brandenergi kan sættes til 780 MJ/m^2 jf. [33/ bilag 1.12]. Dette vil ikke have den store betydning her, da der fokuseres på de første stadier i en brand.

I dette projekt ønskes mere detaljerede beregninger, da der er tale om små rum og et ønske om mere specifikt at kunne vurdere røgalarmers effekt. Der regnes på brande i 3 slags materialer, som ofte ses indgå i starten af en boligbrand:

Polyethylen	El-udstyr/plastic/emballage
Polyurethan	Madras/sofa
Træ	Møbler

På bilag 6.02, 6.03 og 6.04 er der udført forskellige beregninger for hvor store ventilationskontrollerede brande kan blive ud fra små sprækker i døren og op til en helt åbentstående dør. Beregningen viser et stabilt brandforløb, dvs. der er ikke taget hensyn til den ilt, der er i rummet til at starte med. Men beregningen viser hvorfor en brand kan opbruge det meste af ilt i et rum for herefter at aftage og slukkes, hvis døren er lukket og konstruktionerne er forholdsvis tætte. F.eks. giver en 10 mm bred sprække med 2 meters højde en brandeffekt på 43 kW. Står en dør åben med målene 0,8 x 2,0 meter er den ventilationskontrollerede brandeffekt på 3435 kW. Sidstnævnte er højere end de 1000 kW der afgives ved brand i 4 m² jf. [/33/]. Derfor kan en brand godt være kraftigere i en periode hvor rummet er fyldt med atmosfærisk luft. Men når branden opbruger ilt i rummet vil branden maksimalt kunne opnå de 3435 kW såfremt der er tilstrækkeligt brændstof til stede.

På bilagene 6.01, 6.02 og 6.03 er der udført beregninger af designbrande og iltforbrug. Der bliver ligeledes præsenteret eksempler på fuldskalaforsøg for de 3 valgte materialer. Disse forsøg stammer fra rapporten "Initial fires" [/35/], der har samlet en række forsøg hvor brandeffekt og til dels røg- og CO-produktion er bestemt vha. kalometri-målemetoden. Denne målemetode har en usikkerhed på ca. 25%.

For de 3 materialer fås følgende data:

	Tid fra antændelse til udvikling [s]	Brandtilvækst [kW/s ²]	Maksimal brandeffekt [kW]
Polyethylen	0-200	0,004-0,01	500
Polyurethan	0-300	0,001-0,03	1000
Træ	0-300	0,006-0,40	1500

Tabel 6.5 Designbrande

At anvende en "medium" brandtilvækst på 0,012 kW/s² jf. [/33/] vurderes at være for lav. Der bør i hvert fald udføres følsomhedsanalyser på højere brandtilvækstfaktorer. Omvendt må det også være relevant at vurdere med en meget langsomt udviklende brand. Tiderne fra antændelse til udvikling kan være relevante i forhold til røgalarmers detektering, da der i denne fase vil udvikles røg fra en glødebrand, der afgiver mere røg end flammebrande. De maksimale brandeffekter svarer til en brand på mellem 2-6 m² jf. [/33/], hvilket vurderes at være samstemmende.

Antændelse

Der findes en hel del tændkilder i boliger. Af elektriske apparater kan nævnes lamper, elevationsseng, computere, stereoanlæg, TV, varmepude, vaskemaskine osv. Derudover er der madlavning som kilde, hvor fedtstoffer kan overophede eller brændbare emner kommer på kogeplader. Andre kendte syndere er rygning og stearinlys. I disse beregninger arbejdes ikke med nogen specifik antændelseskilde.

6.3 Resultater

Sigtbarhed

På bilag 6.05 angives røgpotentialer for de tre materialer og herudfra beregnes sigtbarheden. Dette viser sig at ved meget små mængder overskrides acceptkriteriet (sigtbarhed på mindst 5 meter). Og selvom

man antager at de to rum er et, altså dobbelt volumen, så vil det ikke gøre den store forskel. Acceptkriteriet vil med et forholdsvis lavt røgpotentiale overstige acceptkriteriet efter 56 sekunder.

Stråling

Stråling kan komme fra selve branden eller fra det varme røglag der dannes. Opholder man sig i rummet, hvor branden opstår, vil man blive udsat for den elektromagnetiske stråling medmindre man er beskyttet af f.eks. møbler. Ved en stråling på 1 kW/m² mærkes smerte på den bare hud og ved 4 kW/m² brænder bar hud. Til sammenligning er den største varmestråling fra solen målt ved jordens overflade i omegnen af 1 kW/m². Det må derfor antages at størstedelen af den almindelige befolkning vil vågne/reagere ved en varmestråling på ca. 2 kW/m². [/17/]

På bilag 6.06 beregnes strålingen fra en brand i en afstand på 2 meter. Ved en brandeffekt på ca. 300 kW er varmestrålingen 2,5 kW/m². Acceptkriteriet for kortvarig påvirkning af 10 kW/m² overskrides ved brande på mere end 1250 kW. Der er endvidere regnet ved hvilke temperaturer i røggaslaget acceptkriterierne overskrides. Dette sker ved henholdsvis 197°C (2,5 kW/m²) og 392°C (10 kW/m²).

Højde til røggaslag

For at der overhovedet dannes et røggaslag skal branden have en minimum brandeffekt der beregnes på bilag 6.07. Branden skal være minimum 28 kW i brandrummet. Hvis døren står åben og man dermed betragter de 2 rum som ét skal brandeffekten være højere end 44 kW. I beregningen indgår forholdet mellem rumhøjde og areal. Det antages at der skal være en temperaturforskel på 10 K mellem rummets starttemperatur og røggaslagets temperatur for at der dannes et røggaslag.

På bilag 6.07 beregnes også tiden til røggaslaget trænger længere ned i rummet end acceptkriteriet samt røggaslagets temperatur ved denne grænse. Herunder ses resultaterne for forskellige brandeffekter.

Brandeffekt (konstant) [kW]	1 rum		2 rum betragtet som 1	
	Tid til kritisk røggaslagshøjde [s]	Temperatur i røggaslag [°C]	Tid til kritisk røggaslagshøjde [s]	Temperatur i røggaslag [°C]
28	15	47	Ingen røggaslag	Ingen røggaslag
44	12	56	24	56
100	8	80	16	80
200	6	116	12	116
250	5	137	11	137
500	4	222	8	222
1000	3	364	5	364

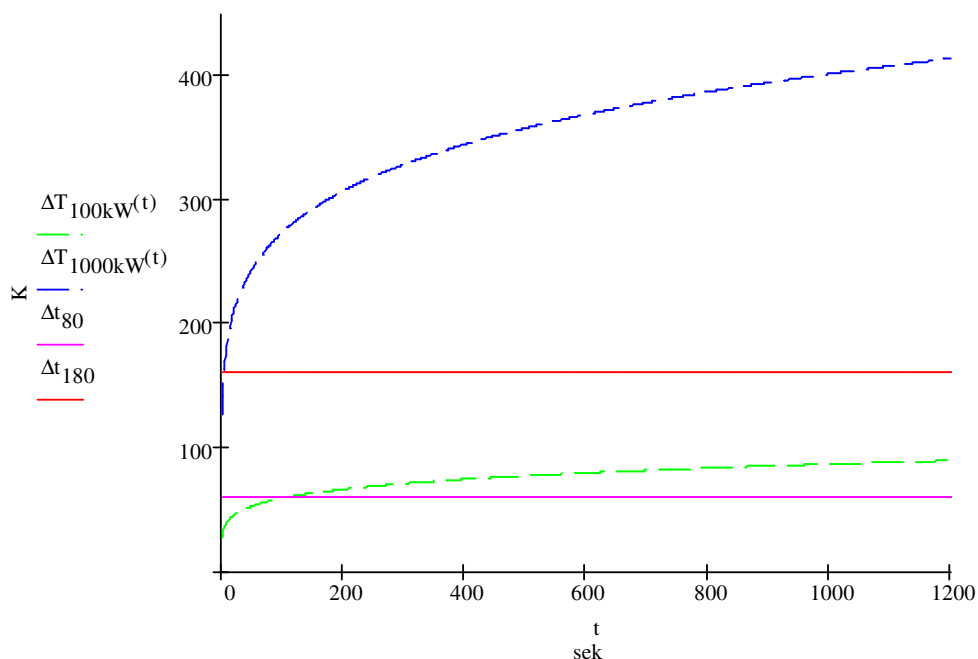
Tabel 6.6 Tid til kritisk røggaslagshøjde og temperatur i røggaslag

Der går kort tid før den kritiske røggaslagshøjde nås. Betragtes de 2 rum som ét fordobles tiden, mens temperaturen er den samme. Dette er fordi beregningen anvender en konstant brandeffekt fra starten. Det er altså en konservativ beregning, hvor der reelt vil gå lidt længere tid til kritiske forhold nås end de beregnede tider.

Temperatur

Temperaturen i rummet afhænger af brandens effekt, rummets isolering (gulv, vægge, loft) og åbninger til det fri/andre rum. På bilag 6.08 er der udført beregninger af temperaturstigningen i brandrummet som funktion af tid og brandeffekt og hvor der tages hensyn til varmetabet gennem vægge. Ved en 100 kW brand er rumtemperaturen steget til 80°C efter 120 sekunder, men når ikke over 180°C inden for 30 minutter. En 1000 kW brand derimod vil med det samme varme rummet op til over 180°C, som personer kun må udsættes for 1

minut. I afsnittet ovenover indgår temperaturen i røggaslaget, hvorimod den aktuelle beregning er et udtryk for gennemsnitstemperaturen i rummet og har således ikke taget højde for lagdeling og deraf varierende varmetransmission.



Figur 6.7 Temperatur før lagdeling/gennemsnitstemperatur

Et rum antages at være overtændt ved temperaturer på 500-600°C i røggaslaget. En beregning viser at ved en konstant brandeffekt på 542 kW opnås en temperaturforskel på 500°C (dvs. rumtemperatur på 520°C). Med de for designbrandene angivne minimale og maksimale brandtilvækstfaktorer vil overtænding ske mellem 37-736 sekunder efter brandens start.

Iltkoncentration

Iltkoncentrationen er beregnet ved en konstant 200 kW-brand for polyethylen og polyurethan på bilag 6.02 og 6.03. Acceptkriteriet overskrides efter hhv. 91 og 22 sekunder.

Brandrøgs giftighed

Der regnes og vurderes kun på CO og CO₂, da disse gasser altid produceres ved brande i organiske materialer. Det har dog været vanskeligt at finde data for forbrændingsprodukter. Derfor er der kun regnet på CO for polyurethan og CO₂ for både polyethylen og polyurethan.

På bilag 6.09 og 6.10 ses at både CO- og CO₂-koncentrationerne efter få sekunder overstiger acceptkriterierne ved brand i 2 m² materiale. Det er dog også en relativ stor brand, men giver et retvisende billede. Regner vi de to rum sammenhængende vil den teoretiske tid forøges lineært med volumen.

Symptomer på røgforgiftning vil opstå allerede ved en kulilte-koncentration på 0,03% jf. [/17/ afsnit 13.3].

Nøgletal fra håndberegninger

Herunder er samlet en række nøgletal fra de gennemførte beregninger. Der er resultater både fra et rum (9,3 m²) og de to rum betragtet som ét rum (18,6 m²), som vurderes at give et sammenligneligt billede af forholdene i boliger.

	1 rum	2 rum betragtet som 1
Maksimal ventilationskontrolleret brandeffekt	3435 kW	
Tid til sigtbarhed når under acceptkriterie (5 meter) ved 100 kW brand - afhængig af den optiske densitet	3-28 s	6-56 s
Brandeffekt, hvor der dannes røggaslag	28 kW	44 kW
Temperatur i røggaslag ved 200 kW brand	116°C	116°C
Temperatur i røggaslag ved 1000 kW brand	364°C	364°C
Mindste brandeffekt, der medfører overtænding	542 kW	
Tid til overtænding (ud fra en maksimum og minimum brandtilvækstfaktor)	37-736 s	
Tid til gennemsnitsrumtemperatur på 80°C ved 100 kW brand	112 s	

Tabel 6.8 Nøgletal fra håndberegninger

Følsomhedsanalyse

I dette afsnit vurderes de forskellige parameters betydning for resultaterne.

Brandeffekt

I mange beregninger er anvendt en forholdsvis lav brandeffekt på 28-200 kW. Hvis brandeffekten og/eller brandtilvækstfaktoren sættes op vil dette blot give endnu kortere tid til kritiske forhold. Men da den beregnede tid til kritiske forhold er så lav i mange beregninger vil det ikke være relevant at lave yderligere analyser.

Utætheder i rum

Revner og sprækker i konstruktioner og ved åbninger vil kunne påvirke resultaterne i begge retninger. På den ene side tilføres ilt så branden kan blive større og på den anden side kan røggasser sive ud og dermed forlænge tiden til kritiske forhold. Det vurderes at have minimal betydning for dette projekt.

Røgens fordeling i rummet

Røgen er hele tiden regnet jævnt fordelt i rummet, hvilket vurderes at være rimeligt i disse små rum. Røgen vil naturligvis være mest koncentreret lige ved og over branden og sekundært ved loftet, såfremt brandeffekten er tilstrækkelig høj. Røg fra ulmebrande vil i starten ikke stige mod loftet, da brandeffekten er for lille.

Tid til kritiske forhold

Her samles tider til hvornår de forskellige acceptkriterier overstiges.

	1 rum	2 rum betragtet som 1
Sigtbarhed	100 kW brand: 5-35 s	
Stråling	Næsten øjeblikkeligt fra brand i samme rum En brand på knap 500 kW vil genere et røggaslag hvorfra strålingen > 2,5 kW/m ²	En brand på knap 500 kW vil genere et røggaslag hvorfra strålingen > 2,5 kW/m ²
Højde til røggaslag	28 kW brand: 15 s	44 kW brand: 24 s
Temperatur	100 kW brand: 20 s	
Ilt-koncentration	200 kW brand: 22-91 s	200 kW brand: 44-182 s

Tabel 6.9 Beregnede tider til kritiske forhold

I selve brandrummet overstiges alle acceptkriterierne på 60 sekunder. Mest kritiske faktor er højden til røggaslag, der overstiges efter blot 15 s.

6.4 Evakueringstid

Begrebet evakueringstid dækker tiden fra brandens start til personer er i sikkerhed, som kan være i det fri eller i en anden brandsektion. I denne tid indgår tid til detektering/registrering af branden, en reaktions- og beslutningstid og endeligt gangtiden.

Detekteringstid

I den europæiske norm for røgalarmer [19] er der ikke sat en skarp grænse for hvornår røgalarmer skal aktiveres. Der er opsat 4 testbrande, hvor røgalarmen skal detektere inden disse brande når en øvre grænse ift. den optiske densitet. Brandene skal holde sig inden for nogle veldefinerede rammer for den optiske densitet som funktion af tiden.

"Information om brandteknisk dimensionering" [33] angiver at man for røgdetektorer i et automatisk brandalarmanlæg kan sætte detekteringsniveauet til en optisk densitet på 0,3 dB/m. Det er denne grænse der anvendes i beregningerne i bilag 6.11. Her fås, som i fuldskalaforsøgene, nogle meget hurtige detekteringstider, hvoraf de fleste ligger under 60 s. En enkelt langsomt udviklende polyurethan brand med et lille røgpotentiale detekteres efter 80 sekunder. Beregningen antager at røgen altid er jævnt fordelt i rummet. Det vil sige at de beregnede tider kan afvige til både plus- og minussiden.

Beregningerne viser at udsugning fra toilet og køkken ikke har særlig betydning for detekteringstiden. Den optiske densitet nedsættes minimalt, således at dette ikke vil have nogen praktisk betydning. Dog skal røgalarmer ikke sidde for tæt på hverken udsugnings- eller indblæsningsarmaturer. Der bør minimum være en meter til disse.

Detekteringstiden for en røgdetektor i naborum til branden, hvor døren er lukket, således der kun er små sprækker giver en væsentlig forsinkelse i detekteringen. Se bilag 6.12. Ved en volumenstrøm på 2 liter røg pr. sekund fra brandrummet når detekteringstiden op over 200 sekunder. Altså en forøgelse på 120-140 sekunder i forhold til røgdetektoren i selve brandrummet.

Reaktions- og beslutningstid

Når en person bliver gjort opmærksom på en uvant situation som f.eks. konstatering af brand eller alarmering fra en røgalarm eller advarsel fra en anden person skal personen forholde sig til dette. Det vil sige at personen skal opfatte at der er en alarm og forstå hvilken alarm der er tale om, hvorefter man skal beslutte sig for hvad man gør. Alt dette sker med varierende tider for forskellige mennesker. Det må formodes at man i eget hjem vil reagere hurtigere på en brandalarm end i f.eks. et indkøbscenter, hvor man ikke nødvendigvis selv kan konstatere noget, men blot får en højtalermeddelelse "om at forlade centret stille og roligt".

Følgende faser skal gennemgås

- Alarmen skal modtages (høres)
- Alarmen skal erkendes (som værende en alarm ved brand)
- Der skal træffes en beslutning om hvilken handling man vil foretage

Der kan være stor forskel på hvornår man hører alarmen. Nogle skal høre alarmen i over et minut inden de vågner, mens man i vågen tilstand næsten øjeblikkeligt vil høre og erkende at der er tale om røgalarmen. De allerfleste vil formodentlig undersøge årsagen til alarmen, hvis de ikke selv kan se tegn på brand. Når så branden endelig konstateres kan mennesker reagere vidt forskellige. Nogle vil forsøge at slukke branden, også selvom omfanget er alt for stort til at kunne slukkes uden brandvæsnet assistance. Andre vil løbe ud af

bygningen med det samme og andre vil "fryse", dvs. ikke foretage noget og dermed være særlig udsatte for skader eller at miste livet. Alt andet lige kan det forventes at personer i anvendelseskategori 4 er bekendte med bygningen og selv er i stand til at reagere og flygte.

Reaktions- og beslutningstiden vurderes til at kunne variere mellem 10-180 sekunder.

Gangtid

Gangtiden dækker over den tid det tager for personer i det konkrete bygningsafsnit at flygte til et sikkert sted i bygningen eller til det fri. I anvendelseskategori 4 vil der ofte være tale om forholdsvis korte afstande, der kan tilbagelægges på kort tid, da personerne er bekendt med bygningens indretning. For en lille lejlighed vil der være tale om afstanden ud i trapperummet, da dette er udført som en selvstændig brandsektion og derfor kan betragtes som et sikkert sted (hvorfra man kan komme videre til det fri). I en stor 2 etagers villa kan gangtiden være noget længere, da personerne i værste fald skal ned ad en trappe og ud af en dør til det fri.

På bilag 6.14 er der gennemført beregninger med udgangspunkt i gangtider angivet i [/33/] og dette giver gangtider på mellem 6-38 sekunder.

Total evakueringstid

Summen af de tre ovenstående elementer resulterer i en minimum og maksimum evakueringstid. Her opsættes to evakueringstider afhængig af om det er detektering af røgalarm i brandrummet eller røgalarm i naborummet

Røgalarm i brandrum	
Detekteringstid	0-80 s
Reaktions- og beslutningstid	10-180 s
Gangtid	6-38 s
Evakueringstid	16-298 s

Tabel 6.10 Evakueringstid med røgalarm i brandrum

Der er relativt stor forskel på minimum og maksimum tiderne og det skal bemærkes at reaktions- og beslutningstiden har den største difference og dermed indflydelse.

Røgalarm i naborum	
Detekteringstid	200-230 s
Reaktions- og beslutningstid	10-180 s
Gangtid	6-38 s
Evakueringstid	216-448 s

Tabel 6.11 Evakueringstid med røgalarm i naborum

Forskellen på minimum og maksimum tiderne bliver større og den længste evakueringstid er nu over 7 minutter.

6.5 Argos-beregninger

Argos er et program, der ud fra en række inddata ved hjælp af de indbyggede formler beregner temperatur, højde til røggaslag, iltkoncentration mv. Programmet anvender at der på et tidspunkt i brandforløbet sker en lagdeling. Når denne indtræffer ændres beregningsforholdene fra at være én homogen røggas i hele rummet til at være en nedre, koldere zone og en øvre, varmere, røgfyldt zone. Resultater præsenteres i grafer, men resultaterne kan også trækkes ud til anden databehandling.

Inddata og resultater fremgår af bilag 6.15. I Argos opbygges de to rum med en dør imellem. Rummene opbygges som brandhuset i beton. Døren er ikke 100% tæt selvom den er lukket. I det ene rum "Entré" isættes en dør til det fri, der heller ikke er helt tæt. For at simuleringerne kan gennemføres skal der være en lille utæthed til det fri. Der "opsættes" røgalarmer i begge rum, der detekterer ved 0,3 dB/m.

Der anvendes et optisk røgpotentiale S_0 på 70 dB/m som værende udtryk for en relativ lav værdi. Se evt. bilag 6.11. Denne brand giver korte tider til kritiske forhold, hvorfor det ikke er relevant at regne med højere brandtilvækstfaktor eller større røgpotentiale. Dette er på trods af at der simuleres med en lukket dør. Ulempen er at man ikke kan kontrollere størrelsen af de utætheder, der er ved en lukket dør i programmet. En anden ulempe er, at så snart røg er trængt ud i "Entréen" så regnes den jævnt fordelt i hele rummet. Derfor fås også forholdsvis hurtige detekteringstider på røgalarmen her. Ved at indsætte forskellige brande kunne jeg konstatere at man skulle ned på en konstant brandeffekt noget under 100 kW før man vil kunne se forsinkelse i detekteringen. Herunder vises detekteringstider for hhv. 40-70 kW brande, hvor S_0 er 70 dB/m. Røgalarmen i brandrummet "Soveværelset" aktiveres øjeblikkeligt mens tiden til første acceptkriterie-højden til røggaslag-overskrides efter 10 s.

Konstant brandeffekt [kW]	Tid til detektering efter brandstart [s]
40	712
50	428
60	242
70	148

Tabel 6.12 Brandeffekt i Argos, hvor detekteringstid i naborum forsinkes

Der kan altså opstå scenarier med markant forsinkelse af røgdetekteringen i naborummet til branden.

6.6 Delkonklusion

Der opstår hurtigt kritiske forhold for personer i det rum hvor branden starter. Er døren åben til et naborum vil der også her hurtigt opstå kritiske forhold. En hurtig detektering af branden er altså nødvendig for at evakuerings tiden ikke overstiger tiden til kritiske forhold. Beregninger af detekteringstid for en røgalarm i naborum til branden med en lukket dør imellem giver ligeledes væsentlige forsinkelser.

Det vil sige at kravet til røgalarmanlæg er utilstrækkeligt, når man sætter sikkerheden op imod de acceptkriterier, der anvendes ved projektering af f.eks. store indkøbscentre. Den umiddelbare løsning er flere røgalarmer i boliger. Vejledningen i "Eksempelsamling om brandsikring af byggeri" om at røgalarmer skal placeres med en indbyrdes afstand af 10 meter kan ikke anvendes, da man må tage højde for lukkede døre.

Gangtiden er beskeden for selvhjulpne personer, men er den gældende for alle? I mange boliger er der børn der skal bæres eller hjælpes ud, hvilket vil forlænge evakuerings tiden. Men der er også handicappede i eget hjem. Jeg har fået en person med muskelsvind til at tage tid på "gangtiden". Vedkommende kan ikke gå, men kan selv komme op i sin elektriske kørestol fra sengen. Der er ingen hjælpere om natten. Der er en terrassedør i soveværelset, ca. 6 meter fra sengen. Det tager mellem 164-185 sekunder fra vedkommende påbegynder at komme op i kørestolen og frem til at terrassedøren er åben og kørestolen er ude i det fri. Vedkommende har ikke, som personer uden handicap, mulighed for at kravle ned på gulvet, hvor sigtbarheden er bedst og temperaturen lavest. Ved en detekteringstid på 30 sekunder og en reaktions- og beslutningstid på 60 sekunder bliver den samlede evakuerings tid i omegnen af $(30+60+180=)$ 270 s. Selv ved en brand i naborum til soveværelset vil selve gangtiden for denne person ofte være højere end tiden til kritiske forhold. Dette er endnu en begrundelse for at antallet af røgalarmer i boliger skal øges.

7. DISKUSSION OM ANVENDELSESKATEGORIER

I dette afsnit kommenteres tolkning af anvendelseskategorier til natophold.

Anvendelseskategori 4 er defineret herunder:

Anvendelseskategori 4 omfatter bygningsafsnit til natophold, hvor de personer, som opholder sig i afsnittet, har kendskab til afsnittets flugtveje og er i stand til ved egen hjælp at bringe sig i sikkerhed.

Vejledningstekst:

Anvendelseskategori 4: Etageboliger, ungdomsboliger samt enfamiliehuse, dobbelthuse, rækkehuse, kædehuse, gruppehuse, sommerhuse.

[BR08 5.1.1 stk. 1]

Ovenstående definition må siges at være meget forståelig, men der tages ikke højde for ældre eller handicappede, der er eller bliver mindre/ikke-selvhjulpne i eget hjem. Det kan være en person, der svækkes af alderdom eller en person, der bliver handicappet efter en ulykke. Ældreboliger er nævnt i vejledningsteksten for anvendelseskategori 6, da man således har projekteret efter at personer ikke er selvhjulpne. I praksis ser man desværre at der i stedet bygges "beskyttede boliger", der opføres efter anvendelseskategori 4. Det handler grundlæggende om der skal være et traditionelt røgalarmanlæg eller om der skal være et automatisk brandalarmanlæg, der tilkalder personale. Ved bygninger med et etageareal over 1000 m² i flere etager skal der endvidere installeres sprinkleranlæg. Der er mulighed for at fravige kravene, såfremt sikkerhedsniveauet kan tilvejebringes på anden måde. I Bygningsreglement 2008's bilag 5 understreges det, at såfremt enfamiliehuse ændres til ældreboliger skal disse følge kravene for bygningsafsnit i anvendelseskategori 6. Skal man være helt firkantet gælder dette altså ikke lejligheder, hvilket man kan undres over.

Tilsvarende forhold er gældende hvis en person pludselig bliver handicappet f.eks. i forbindelse med en ulykke. I sådan et tilfælde er kommunen forpligtet til at medvirke til at boligen indrettes til en handicappet. Det drejer sig om adgangsforhold, toilet mv. Men i forhold til Bygningsreglementets definition af anvendelseskategorier er der også sket en ændring til anvendelseskategori 6, hvor personer ikke er selvhjulpne. Der bliver bare ikke gjort yderligere tiltag for brandsikkerheden. Der bør principielt laves en ansøgning om ændret anvendelse til kommunens byggemyndighed, således byggelovgivningens krav efterlevs.

I Vejle Kommune har man i ca. 12 år haft et forsøgsprojekt med at montere røgalarmer hos særligt udsatte ældre i eget hjem. Røgalarmen har via telefonnettet forbindelse til Brandvæsnets vagtcentral. Ved en alarm afgår brandvæsnets indsatsleder og en autosprøjte – en såkaldt "reduceret udrykning" med i alt 5 mand. Samtidig alarmeres det plejepersonale, der er i området som så kører til adressen. Der er meget få alarmer fra anlæggene, men andelen af reelle alarmer er forholdsvis høj sammenlignet med Brandvæsnets ud kald til blinde alarmer fra almindelige brandalarmanlæg. De ældre bliver visiteret inden de kan få en sådan alarm. Der er tale om en almindelig røgalarm godkendt efter DS/EN 14604. Udviklingen af røgalarmer vil også medvirke til at minimere fejlalarmer på disse anlæg, som omtalt andetsteds i denne rapport. [Email-korrespondance med Erik Skallerup, Vejle Brandvæsen]

Tiltaget fra Vejle, som også anvendes i få andre kommuner i forskellige varianter, er efter min vurdering en god måde at udnytte ressourcerne på. Man anvender at den ældre borger i forvejen har et nødkaldelanlæg, der er koblet op på en vagtcentral og kan herfra sende oplysninger videre. Måske er systemet om få år udvidet til også at omfatte et webcam, der aktiveres ved alarm, således vagtcentralen med det samme kan danne sig et billede af situationen. Der er naturligvis etiske overvejelser om privatlivets fred med anvendelse af kameraovervågning.

Et andet diskutabelt emne, når byggeri skal klassificeres i anvendelseskategorier er ungdomsboliger kontra kollegier. Ungdomsboliger er nævnt i vejledningsteksten til anvendelseskategori 4 og kollegier er nævnt i vejledningsteksten til anvendelseskategori 5. Men den egentlige definition mangler.

Dagplejere er kendetegnet ved at en bolig anvendes til børnepasning af børn i før-skole alderen. Vel at mærke flere børn end hvad der normalt kan forventes i en familie. Disse børn kan ikke betegnes som selvhjulpne jf. Bygningsreglement 2008, hvor der i bilag 5 står følgende:

Bilaget gælder selv om en del af huset anvendes til erhverv, der sædvanligvis udøves i forbindelse med en bolig, er f.eks. ... samt dagpleje og lignende.
[BR08 bilag 5 vedr. 5.1]

Der er altså her taget stilling til at når boliger (afhængig af opførelsestidspunkt) er indrettet som beskrevet i bilaget kan disse anvendes til dagpleje. Man må her alt andet lige kunne forvente en noget længere evakueringsstid, da gangtiden skal forøges afhængig af antal børn og deres placering i boligen. Resultaterne i dette projekt viser, at der bør være en højere grad af røgdetektering for at kunne opnå tilfredsstillende evakueringsstider. Indretningen bør ligeledes overvejes nøje i hos dagplejere.

PERSPEKTIVERING

Flugtvejsgange

I andre bygninger end boliger udformes der ofte flugtvejsgange, der udgør selvstændige brandceller. Det vil sige, at skulle flugtvejsgangen være blokeret af ild og/eller røg kan branddøren lukkes og man kan være i sikkerhed indtil redningsberedskabet ankommer. Man kan da blive reddet ud af en redningsåbning eller eventuelt afvente til gangen igen kan anvendes. Sådan fungerer det ikke i boliger, hvor der sjældent er brandmæssige adskillelser. Man kan altså ikke lukke sig inde på et værelse, da døren ikke er røg- eller brandklassificeret, men typisk en let træ-dør. Befinder man sig på øverste etage af en 2-etagers bolig (hus eller lejlighed) og der opstår brand på nederste etage er det essentielt at blive alarmeret af f.eks. røgalarmer. Det skal her bemærkes at Bygningsreglement 2008 bilag 5 [2/] angiver at rum i enfamiliehuse kan udføres uden redningsåbning, såfremt der er 2 døre fra rummet, der fører til 2 separate rum med redningsåbning eller udgang. Som nævnt i afsnit 5.1, så er branddøre (fra flugtvejsgang mod opholdsrum) ikke røgtætte, hvorfor en kraftig røg på gangen vil kunne trænge gennem døråbningen inden personerne i rummet er reddet i sikkerhed.

Varsling af overboen?

Der er ingen tvivl om at røgalarmer øger personsikkerheden for personer i en bolig hvori der opstår brand. Men hvad med overboen i en etageejendom? Skal vedkommende ikke have kendskab til brand i lejligheden nedenunder? Det vil nok række for vidt at lave et røgalarmanlæg, der alarmerer i flere boligenheder. En fejlalarm vil være til stor gene og man kan principielt opholde sig i mindst 30 minutter (brandkrav til dør) i lejligheden ovenover branden, såfremt bygningen er udført efter Bygningsreglementet og andre relevante forskrifter og det samtidig forudsættes at der ikke trænger røg ud i trapperummet. Der vil dog altid være en chance for at høre underboens røgalarm, men som tidligere nævnt kan man ikke regne med dette, da der i dag stilles skærpede krav til lydisolering mellem boligenheder i forhold til tidligere.

Alarm ved røg i trapperum?

Bør man så have kendskab til røg på trappen (flugtvejen)? Teoretisk set er der minimal brandbelastning i trapperum, hvor kun håndlister og lysarmaturer kan være af brændbare materialer. I praksis er brandbelastning højere i form af postkasser og muligvis sko, reklamer, dørmåtter mv. Af alle disse ting er der kun en antændelsesrisiko ved lysarmaturer, da det formodes at der ikke ryges i trapperum. Men i praksis ses desværre ofte påsatte brande i trappeopgange, der hurtigt røgfylles. Men da trapperum udføres som brandsektioner kan personer i teorien opholde sig i deres egen bolig (anden brandsektion) i mindst 30 minutter (brandkrav til dør). Branddøre er dog ikke røgtætte og der er risiko for revner og utætheder hvor røg kan sive ind i boligen. En mulig og nærliggende løsning er en eller flere røgdetektorer i opgangen, afhængigt af trapperummets højde, som sender alarm via en lyd giver i hver enkelt boenhed. Løsningen er meget omstændig og vil være en ekstra omkostning for bygherre. Hertil kommer driften af sådan et anlæg, der skal afprøves og serviceres løbende. En anden løsningsmodel kunne være røgalarmer ud for hver enkelt boligenhed. Disse skulle så være trådløst forbundet til boligenhedens røgalarmer. Sidstnævnte løsning anslås til at være billigere. En detektering af trapperum vil jf. nærværende projekt ikke have betydning, såfremt røgalarmanlæg i boliger udvides. Det anses for værende mere givende, hvis en røgdetektering i trapperum automatisk vil åbne en lille brandventilationsåbning eller starte en lille brandventilator i toppen af trapperummet. På den måde sikres flugtmuligheden fra lejlighederne.

Brandslukker i boligen?

Man bør i dette projekt også reflektere over, om det vil være formålstjenstligt med en brandslukker i boligen, som det f.eks. er krævet ved lov i Norge. Således vil den lille initialbrand kunne slukkes/begrænses og redningsberedskabets indsats være unødvendig/minimal. På den ene side vil det være en god idé, men på den anden side er der mange forhindringer. Får ejerne/beboerne anskaffet sig en brandslukker, bliver den eftersat og udskiftet således man er sikker på den altid virker? Og hvad så den dag det brænder? Hvor befinder slukkeren sig og er personen/personerne i stand til at kunne betjene slukkeren, hvis de ikke i stedet tager flugten ud af boligen og alarmerer 1-1-2? Min holdning er, at der i første omgang skal strammes op på kravet til røgalarmer, således vi sikrer at personer bliver alarmeret og kan redde sig selv. En brandslukker vil være

med til at minimere skader på indbo/bygning og det bør være forsikringsbranchen der må på banen her. Det skal dog nævnes at flere og flere privatpersoner anskaffer sig en brandslukker af egen drift. Man må formode at disse personer vil anvende slukkeren oftere, end hvis det var noget, som f.eks. en boligforening havde udleveret til lejere.

Røgalarmer og bygningsskader

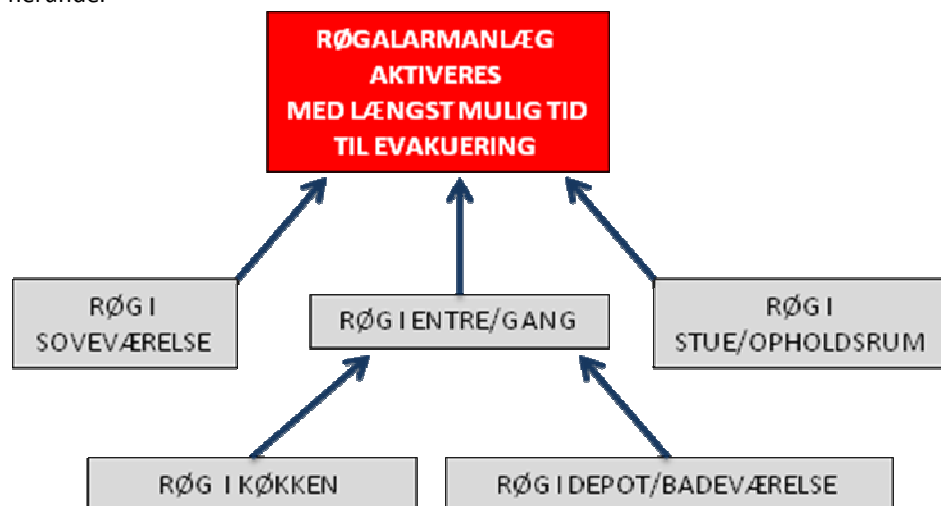
Røgalarmer er også med til at mindske skader på indbo og bygninger, såfremt alarmerne høres. Hvis ikke der er personer til stede i boligen vil røgalarmanlæget/røgalarmerne ikke have nogen effekt. Man kunne forsyne røgalarmerne med en udvendig blitz, som det kendes fra automatiske brandalarmanlæg. Tanken er at forbipasserende skal reagere på dette og begynde at undersøge alarmanlægget og eventuelt tilkalde redningsberedskabet. Dette vil selvfølgelig ikke have nogen effekt på meget afsides beliggende boliger og i nattetimerne på gader og veje med meget lidt trafik. En bedre løsning kunne i stedet være at der på røgalarmanlægget er tilkoblet et telefonmodul, der ved alarm ringer op til prædefinerede telefoner (f.eks. naboer) og giver besked om brand. Denne funktion anvendes allerede på mange nyere tyverialarmanlæg (se evt. kapitel 2).

Det optimale røgalarmanlæg

Det kan konstateres at der skal foretages nogle ændringer for at opnå formålet med røgalarmer. Der skeles til "automatiske brandalarmanlæg", som Bygningsreglementet også beskæftiger sig med.

- Et automatisk brandalarmanlæg er et anlæg, der registrerer en brand i begyndelsesfasen og herefter afgiver alarm til redningsberedskabet. Anlægget kan desuden aktivere andre brandtekniske installationer.
[2/ 5.4 stk. 1 – vejledningstekst]

Anlæggene projekteres efter detaljerede forskrifter, hvor der udbredes et fint net af detektorer udvalgt til det pågældende miljø. Der er nøjagtige mål på dækningsradius, afstand til ventilationsarmaturer mv. Det vil også være formålstjenstligt at "registrere en brand i begyndelsesfasen" i en bolig, således detekteringstiden bliver mindre og lydniveauet bliver tilstrækkelig højt. Jeg mener der skal opsættes røgalarmer i opholdsrum, hvor de fleste tændkilder er og hvor mange omkommer. Dette vil medføre en væsentlig tidligere alarmering og der vil være et tilstrækkeligt lydniveau. Der skal dog også være røgalarm i entré/gang, der ikke kun skal detektere brand her, men også fra badeværelser, køkkener, depotrum mv. Oplægget er vist skematisk herunder



Figur 7.1: Oplæg til opgraderet røgalarmanlæg

Anlægget kan, om man vil, også udbygges med røgalarmer i redskabsrum og termiske detektorer i køkkenet over komfur eller lignende. Men dette vil for det meste ikke have indflydelse på personsikkerheden og skal derfor ses som et tiltag til at minimere skadesomkostninger.

Ny definition af røgalarmanlæg

Her følger mit oplæg til ændring af definitionen af "Røgalarmanlæg" i Bygningsreglementet:

Røgalarmanlæg skal udføres med én røgalarm i hvert opholdsrum samt i gange/gangarealer. Til "opholdsrum" regnes ikke badeværelse/toilet og rum, der udelukkende anvendes som køkken. Røgalarmerne skal være forbundne, således én alarm starter lydgivere i alle røgalarmer. Større opholdsrum der strækker sig over flere etager skal forsynes med en røgalarm pr. etage.
Røgalarmanlæg i et bygningsafsnit bør alene give alarm i den brandmæssige enhed, fx en bolig, hvor røgen registreres. Røgalarmanlæg afgiver ikke alarm til redningsberedskabet.

5.4 stk. 13 i Bygningsreglement 2008 skal fastholdes:

Bygningsafsnit i anvendelseskategori 4 skal i den enkelte bolig udføres med røgalarmanlæg, som er tilsluttet strømforsyningen og er udført med batteribackup.
[2/ 5.4. stk. 13]

Vejledningsteksten skal slettes eller henvise til definitionen.

Ovenstående er en stramning, men vil til gengæld gøre det nemmere for både bygherre, rådgivere, installatører og myndigheder og mere sikkert for personer i boliger.

KONKLUSIONER

Krav til røgalarmanlæg

Det nuværende krav til røgalarmanlæg i boliger er efter min mening utilstrækkeligt. Både med hensyn til tid til detektering og det lydtrykniveau, der skal opnås for at kunne vække personer. Det er i boliger langt de fleste omkommer ved brand og de tiltag der kan give kortere evakuerings tid er en forholdsvis lille økonomisk byrde for bygherre. Der er i projektet givet et oplæg til en ændring af Bygningsreglementets bestemmelser.

Det vil være med til at reducere antallet af branddøde og personer, der pådrager sig skader ved brand. Det må også forventes at forsikringsselskaberne skal udbetale mindre i erstatning efter brandskader, da flere brande vil opdages i startfasen.

Detekterings-teknik

Rygning og røgalarmer

I bilag 6.13 er der foretaget beregninger på cigaretrøg. En enkelt cigaret burde jf. disse beregninger ikke kunne aktivere en røgdetektor, såfremt al røgen regnes jævnt fordelt i rummet. Ulempen med rygning er at partiklerne med tiden vil hobe sig op omkring detektorens åbninger og inde i detektoren med risiko for uønskede alarmer eller tilstopning. Udviklingen af detektorer går som nævnt hurtigt og i fremtiden vil vi se intelligente detektorer, der ikke reagerer på tobaksrøg.

Ion detektorens fremtid

Med den viden og kendskab til bolig-røgalarmer jeg har opnået i dette projekt vil jeg mene at det er muligt at have en tilstrækkelig detektering i boliger kun med optiske detektorer. Jeg har dog også kendskab til at man i enkelte automatiske brandalarmanlæg kan løse særlige problemstillinger ved anvendelse af ion-detektorer. Det drejer sig blandt andet om særligt høje rum, hvor det kan knibe med at få en optisk detektor til at reagere. Da den ioniske detektor reagerer på de finere partikler (der lettere stiger til vejrs) kan dette være en løsning. Et andet eksempel er placering i uopvarmede rum, hvor den varierende temperatur over døgnet kan give en uønsket alarm i en optisk detektor på grund af kondensvand.

Som tidligere nævnt bliver der solgt og installeret meget få ioniske røgalarm/røgalarmanlæg i danske boliger. Den konstante udvikling indenfor detektering af røg og/eller brand vil medføre andre muligheder og principper. Man vil sagtens kunne forestille sig en ny bolig, hvor der installeres et aspirationsanlæg der er ført over et nedhængt, lydabsorberende gips-loft (perforeret gipsplade), der måske samtidig skjuler armaturer til Genvex-anlægget. Anlægget vil kunne overvåge alle rum ved blot at trække rør over loftet. I øjeblikket anvendes optiske røgdetektorer, der også er under udvikling, hvilket vil være med til at nedsætte antallet af blinde alarmer og stadig sikre alarmering.

Internationalt

På sigt må det forventes at der bliver udarbejdet regler i EU-regi, der vil højne sikkerheden i boliger på europæisk plan. Det er yderst vigtigt at kravene bliver formuleret, således der ikke kan være uklarheder for hverken bygherre, rådgivere, myndigheder m.fl.

Eksisterende byggeri

Det vurderes at være en stor politisk udfordring at indføre lovkrævede røgalarmanlæg i eksisterende byggeri, selvom det vil være fornuftigt. Anbefalingen til den almindelige borger må være, at denne rapports vejledning og anbefalinger følges. Det vil sige serieforbundne røgalarmer i opholdsrum og gangarealer.

Norge har udnævnt 1. december til "Røgalarmens dag" – Et tiltag man nemt kunne overføre til Danmark. Det skal hjælpe befolkningen med at huske at skifte batteri og afprøve alarmer. At datoen er sat til et tidspunkt hvor mange pynter op og bruger levende lys i større mængder er næppe helt tilfældigt. Og et nyt batteri er selvfølgelig også en god gaveidé til de personer "som har alt".

Opretholdelse af brandsikkerhed i hele bygningens levetid

Hvordan sikres det at røgalarmanlæg er aktive om 50 år? Det nemmeste og mest sikre vil være at indføre en udskiftningsdato på røgalarmer. Datoen bør stå udvendigt på røgalarmer, så det kan ses af boligens beboere. Som det er i dag er risikoen stor for at personer i boliger har en falsk tryghed i form af et røgalarmanlæg, der med tiden er blevet uvirksom.

Anvendelseskategorier

Rådgivere og myndigheder skal være bedre til at fastlægge anvendelseskategorien ud fra bygningens reelle brug. Når dette er aftalt er det nemmere at designe brandsikkerheden og om nødvendigt finde andre tiltag, der i samme grad opfylder Byggelovens (Bygningsreglementets) intentioner om

at sikre, at bebyggelse udføres og indrettes således, at den frembyder tilfredsstillende tryghed i brand- og sikkerheds- og sundhedsmæssig henseende, ...

[/1/ uddrag af §1]

Immobilie

I perioden 1988-1992 var 37% af de omkomne ved brand bevægelseshandicappede i svær eller middelsvær grad (se afsnit 3.2). Da kun 17% af de omkomne var i anvendelseskategori 6-byggeri, kan det konkluderes at over halvdelen af alle omkomne bevægelseshandicappede omkom i en bolig, som var sikret efter datidens bestemmelser for boliger. Der er altså behov for at se på tiltag, der kan mindske antallet af dødsbrande her. Det er muligt, som i Vejle Kommune, at opkoble røgalarmer til Brandvæsnets vagtcentral, som afsender en mindre udrykning og det plejepersonale, der er i området.

Yderligere tiltag kan være bolig-sprinkler-anlæg, evt. tågeanlæg, der kan kobles på boligens almindelige vandforsyning. Med de muligheder, der er i dag for overvågning, kunne man lave et system, der ved røg-detektering starter et webcam, der transmitterer billede af rummet til redningsberedskabet, der så kan afgøre om sprinkleranlægget skal aktiveres og om brandbilerne skal sendes af sted.

Statistisk grundlag

Der bør være en bedre opsamling af information fra brande vedr. røgalarmers tilstedeværelse, placering og aktivering. Ligeledes mangler der en database eller en bedre udspecificering i eksisterende databaser vedr. branddødes tilstand ved brand og de skader personer pådrager sig ved brand.

En forbedring af dette vil bedre kunne målrette nationale og lokale myndigheders kræfter – både inden for lovgivning, men også indenfor "taktisk forebyggelse". Sidstnævnte begreb dækker adfærds- og holdningspåvirkende informationskampagner, kurser, uddeling af f.eks. røgalarmer og brandslukkere mv. Redningsberedskabets indberetninger af udrykninger bør generelt udvides med flere oplysninger, således brandtekniske sikringsanlægs effekt bedre kan vurderes.

Emner til yderligere studier

Det kunne under fuldskalaforsøgene konstateres, at for de forholdsvis små rum, hvor forsøgene blev udført blev røgalarmerne aktiveret meget hurtigt selvom de var placeret forskellige steder i loftet og nede ad væggen. Et emne, der kan undersøges yderligere er altså i hvor store rum man kan slække på kravene til placering af røgalarm og stadig opnå en hurtig detektering.

Der mangler de rigtige tiltag, således det sikres at røgalarmanlæg er funktionsdygtige i hele bygningens levetid.

Afrunding

Da jeg påbegyndte projektet havde jeg ikke troet at røgalarmanlæg i boliger indeholder så mange forskellige delemner. Der er mange områder der kan undersøges: Detektering, forebyggelse af uønskede alarmer, lydtrykkniveau, lyde, menneskelig adfærd, strømforsyning, vedligeholdelse mv. Jeg har rundet de fleste emner og har bearbejdet dem i forskellige grader. Selvom det er en meget lille del af befolkningen, der omkommer ved brand (0,14% i 2008), så har det været et meget interessant projekt, som kan have afgørende betydning ved brande i boliger.

Anders Jensen

Studienr. 063627

Beredskabsinspektør

Horsens Brand & Redning

Januar 2010

Kildefortegnelse

- 1** Bolig- og Byministeriet (nu Økonomi- og Erhvervsministeriet)
Lovbekendtgørelse 452 af 24. juni 1999
Bekendtgørelse af byggelov
- 2** Erhvervs- og Byggestyrelsen
Bekendtgørelse 1353 af 17. december 2008
Bekendtgørelse om offentliggørelse af bygningsreglement 2008 (BR08), Bilag 1: Bygningsreglement 2008
- 3** Erhvervs- og Byggestyrelsen
Bekendtgørelse 9827 af 1. juli 2004
Tillæg 6 til Bygningsreglement for småhuse 1998
- 4** Erhvervs- og Byggestyrelsen
Bekendtgørelse 9333 af 18. marts 2004
Tillæg 8 til Bygningsreglement 1995
- 5** Statens Byggeforskningsinstitut
SBI-anvisning 216, Anvisning om Bygningsreglement 2008 2. udg. 1. januar 2009
- 6** Erhvervs- og Byggestyrelsen
Bekendtgørelse af 1. april 2006
Tillæg 14 til Bygningsreglement 1995
- 7** Erhvervs- og Byggestyrelsen
Eksempelsamling om brandsikring af byggeri, april 2006
- 8** Su, Joseph Z. and George P. Crampton
An Experimental. Examination of Dead Air Space for Smoke Alarms,
Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada, 22. august 2007
- 9** Erhvervs- og Byggestyrelsen
Husbåde - Vejledning om byggesagsbehandling af flydende boliger, maj 2004
- 10** Mostue, Bodil Aamnes
SINTEF rapport NBL A06116, Brannskadeutviklingen i Norge sammenlignet med andre nordiske land – Årsaker til forskjeller, 13. september 2006
- 11** Department for Communities and Local Government
The Building Regulations 2000, Fire Safety, Approved Document B, Volume 1, april 2007
- 12** Beredskabsstyrelsen
Bekendtgørelse 212 27. marts 2008
Bekendtgørelse om driftsmæssige forskrifter for hoteller m.v., plejehospitaler, forsamlingslokaler, undervisningslokaler, daginstitutioner og butikker
- 13** Forsvarsministeriet
Bekendtgørelse 175 af 25. februar 2008
Bekendtgørelse om brandsyn og offentliggørelse af resultater af brandsyn foretaget i forsamlingslokaler
- 14** Beredskabsstyrelsen
Tekniske forskrifter for forsamlingsstelte, selskabshuse, salgsområder og campingområder, der ikke er omfattet af campingreglementet, 18. oktober 2005
- 15** Bolig- og Byministeriet (nu Økonomi- og Erhvervsministeriet)
Bekendtgørelse 4002 af 13. februar 1995
Bygningsreglement 1995
- 16** Skallerup, Erik og Anders Frost-Jensen
Aktive brandsikringsanlæg – beskrivelse og formål, BYG•DTU, 20. december 2004
- 17** Sørensen, Lars Schjøtt
Brandfysik og brandteknisk design af bygninger, 1. udgave, Polyteknisk Forlag, 2004
- 18** Milarcik, E.L. et. al.
A Relative Time Analysis of the Performance of Residential Smoke Detection Technologies, Combustion Science & Engineering, Inc, 7. november 2007

- 19 CEN European Committee for standardization
EN 14604 Smoke Alarm Devices, juli 2005
- 20 Dansk Varefakta Nævn
Bladet "Mærkning", nr. 38, december 2008
- 21 Leth, Peter M.
Omkommet ved brand, Ph.D. ved Retsmedicinsk Institut, Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, 1998
- 22 Mostue, Bodil Aamnes og Vidar Stenstad
SINTEF rapport NBL A05127, Brannskadeutviklingen I Norge sammenlignet med andre nordiske land, 11. maj 2005
- 23 Beredskabsstyrelsen
Rapport: Røgalarmer – Undersøgelse af forekomsten og effekten af røgalarmer 2009, marts 2010
- 24 Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut
Blad: Brand & Sikring, nr. 2, 2009
- 25 Beredskabsforbundet
Blad: Beredskab, nr. 2, marts 2009
- 26 Marshall, Stephen W. et al.
Fatal Residential Fires – Who Dies and Who Survives?, Injury Prevention Research Center, University of North Carolina at Chapel Hill, 1998
- 27 Ball, Michell
Cognitive processing during sleep: the role of signal significance and participant characteristics, School of Psychology, Victoria University, Melbourne, Australien, 31. august 2007
- 28 Bruck, Dorothy
The who, what, where and why of waking to fire alarms: a review, Department of Psychology, Victoria University, Melbourne, Australien, 20. marts 2001
- 29 Hall, John R.
How Many People Can Be Saved from Home Fires if Given More Time to Escape? Fire Analysis & Research Division, National Fire Protection Association, Quincy, USA, 2004
- 30 Office of the Deputy Prime Minister
Fires in the Home: findings from the 2004/05 - Survey of English Housing, London, England, januar 2006
- 31 Beredskabsstyrelsen – Udviklingsenheden
Mennesker og Brand - En undersøgelse af sammenhængen mellem udvalgte socioøkonomiske faktorer og brand, april 2003
- 32 Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut
Retningslinje 24 – Varslingsanlæg, Projektering og installation, 1. udg, maj 2007
- 33 Erhvervs- og Byggestyrelsen
Information om brandteknisk dimensionering, april 2004
- 34 Helsingborgs Brandförsvar - Lunds Brandförsvar - Malmö Brandkår - Københavns Brandvæsen,
Gemensamma riktlinjer för brandteknisk dimensionering, 2001
- 35 Särddqvist, Stefan
Initial Fires, Department of Fire Safety Engineering - Institute of Technology - Lund University, Sverige, april 1993
- 36 Karlsson, Bjørn og James G. Quintiere
Enclosure Fire Dynamics, 2000
- 37 DiNenno, Philip J. et al.
SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3. udg., National Fire Protection Association, USA, 2002
- 38 Bolig- og Byministeriet (nu Økonomi- og Erhvervsministeriet)
Bekendtgørelse 4002 af 13. februar 1995
Bygningsreglement 1995

Anvendte edb-programmer

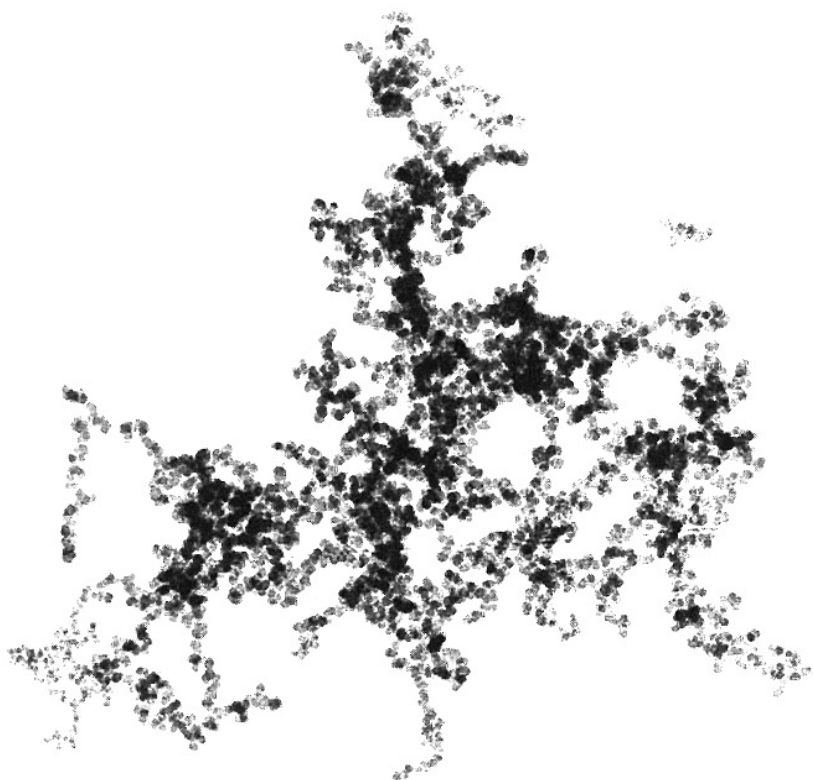
Excel 2007	Microsoft
Mathcad ver. 11	Mathsoft Engineering & Education
Argos ver. 5.3.64.350	Dansk Brand- & Sikringsteknisk Institut

Tabel- og figurfortegnelse

1.1	Tabel	Definition af anvendelseskategorier
1.2	Figur	Vejledende afstandsregler for montering af røgalarmer
1.3	Figur	Skitse af 2-etagers rækkehus med én røgalarm
1.4	Tabel	Krav til røgalarmer i lande, vi normalt sammenligner os med
1.5	Figur	Røgalarmers placering ved midlertidige overnatninger jf. "Driftsmæssige forskrifter"
1.6	Figur	Røgalarmers placering i overnatningscontainere jf. "Tekniske forskrifter"
1.7	Figur	Eksempel på placering af røgalarm i et-etages bolig
1.8	Figur	Eksempel på placering af røgalarm i to-etages bolig
2.1	Figur	Principskitse af røgalarm
2.2	Figur	Princip i ion detektor
2.3	Figur	Princip i optisk detektor
2.4	Figur	Billede af optisk røgdetektor lukket op
3.1	Tabel	Antal branddøde pr. 100.000 indbyggere pr år, som et gennemsnit i 5-års perioder
3.2a	Tabel	Antal branddøde 1999-2008
3.2b	Figur	Antal branddøde 1999-2008
3.3	Tabel	Antal branddøde fremskrevet
3.4	Tabel	Konstaterede og formodede brandårsager 2007-2008
3.5	Tabel	Andel af befolkningen, der ryger dagligt i de skandinaviske lande i perioden 2002-2005
3.6	Tabel	Brandsteder for dødsbrande 2007-2008
3.7	Figur	Brandsteder ved dødsbrande 2008
3.8	Figur	Den omkomnes placering (1988-1992)
4.1	Tabel	Andel af den danske boligmasse, hvor der er installeret/opsat røgalarm i 2005 og 2009
4.2	Figur	Antal røgalarmer pr. bolig 2009
4.3	Figur	Antal røgalarmer afhængig af boligstørrelse 2009
4.4	Figur	Røgalarmers tilstedeværelse ved dødsbrande i 2007
4.5	Tabel	Andel der vågner og tid før man vågner af en røgalarm
4.6	Tabel	Fordeling efter tilstand ved død/skade ved brand
4.7	Tabel	Opdagelse af brand 2004/2005 i England
4.8	Tabel	Placering af røgalarmer i engelske hjem (2004/2005)
4.9	Tabel	Indkøbspriser på røgalarmer/røgalarmanlæg
4.10	Tabel	Priser på røgalarmanlæg, leveret og monteret
5.1	Figur	Skitse af fuldskalaforsøg
5.2	Figur	Skitse af lydmålinger
5.3	Tabel	Lydmålinger to rum væk fra røgalarm
6.1	Tabel	Acceptkriterier
6.2	Tabel	Acceptkriterier for giftige gasser
6.3	Figur	"Brandtrekanten"
6.4	Figur	Diagram med de 4 standard brandtilvækster
6.5	Tabel	Designbrande
6.6	Tabel	Tid til kritisk røggaslagshøjde og temperatur i røggaslag
6.7	Figur	Temperatur før lagdeling/gennemsnitstemperatur
6.8	Tabel	Nøgletal fra håndberegninger
6.9	Tabel	Beregnete tider til kritiske forhold
6.10	Tabel	Evakueringstid med røgalarm i brandrum
6.11	Tabel	Evakueringstid med røgalarm i naborum
6.12	Tabel	Brandeffekt i Argos, hvor detekteringstid i naborum forsinkes
7.1	Figur	Oplæg til opgraderet røgalarmanlæg

Bilagsfortegnelse

5.01	Beskrivelse og billeder af fuldskalaforsøg
5.02	Lydmålinger
6.01	Dimensionerende brandeffekt
6.02	Designbrand – Polyethylen
6.03	Designbrand – Polyurethan
6.04	Designbrand – Træ
6.05	Optisk densitet og sigtbarhed
6.06	Stråling
6.07	Højde til røggaslag og temperatur i røggaslag
6.08	Temperatur før lagdeling/gennemsnitstemperatur
6.09	Giftige røggasser – Polyethylen
6.10	Giftige røggasser – Polyurethan
6.11	Detekteringstid i brandrum
6.12	Detekteringstid i naborum
6.13	Røgdudvikling fra cigaret
6.14	Gangtid
6.15	Argos resultater



Sodpartikel [/37/ s. 2-264]