

HØGSKOLEN I OSLO  
OG AKERSHUS

**Institutt for Bygg- og energiteknikk**  
Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo  
Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

OPPGAVE NR.

TILGJENGELIGHET  
ÅPEN

Telefon: 22 45 20 00

# MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVENS TITTEL	DATO
<b>Drift av ventilasjonsanlegg under brann i multiromsbygg</b>	27.05.2014
	ANTALL SIDER / ANTALL VEDLEGG 60+8 SIDER / 0 VEDLEGG
FORFATTER ANDERS MØLLEVIK JACOBSEN	VEILEDER OLE MELHUS
UTFØRT I SAMARBEID MED ERICHSEN & HORGEN AS	KONTAKTPERSON ROLF ÅKREDALEN

<p><b>SAMMENDRAG</b></p> <p>I forbindelse med en pågående debatt rundt brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg, var det interessant å se nærmere på kravene i teknisk forskrift, og om det ligger til grunn ny informasjon som tilsier at disse ikke er gode nok. Dagens forskrift sier at vesentlig røykspredning skal forhindres i tekniske installasjoner, uten å kvantifisere hva som menes med vesentlig.</p> <p>To uttrykk som det hersker forvirring rundt, er forskjellen på kjøkkenavtrekk og anlegg for komfortventilasjon. Disse to systemene behandles normalt separat, og kjøkkenavtrekket medfører betydelig større risiko for brannspredning enn komfortventilasjonsanlegg. Det har vært fokus på brannsikring av kjøkkenavtrekk lenge, men flere hendelser viser at utførelsen rundt dette må følges opp.</p> <p>Når det gjelder ventilasjonsanlegget som installeres for komfort har det ikke kommet frem ny informasjon i det siste som tilsier at brann- og røykspredning utgjør noe større risiko i dag enn tidligere. Tvert i mot tilsier økt installasjon av slukkeanlegg i nye bygg at problemet er mindre nå enn det har vært.</p> <p>På bakgrunn av den informasjon og de undersøkelser som er gjort i denne rapporten, ser brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg for komfort ut til å være et begrenset problem. En løsning i nærheten av det som er beskrevet i veiledning til Byggeforskrift 87 virker fortsatt som en fornuftig strategi for drift av ventilasjonsanlegget under brann. Dette går ut på å la anlegget være i drift.</p>
--

3 STIKKORD
VENTILASJONSANLEGG
BRANN
DRIFT

---

## Forord

Denne rapporten er resultatet av arbeidet med avsluttende masteroppgave på studiet Energi og miljø i bygg, ved Høgskolen i Oslo- og Akershus. Oppgavens omfang er på 30 studiepoeng, som tilsvarer et semester av skoleåret. Arbeidet har pågått fra 02.01.2014 til 26.05.2014.

«Drift av ventilasjonsanlegg under brann» har vist seg å være meget aktuelt tema. I perioden jeg har jobbet med oppgaven har det pågått en kontinuerlig diskusjon i flere fagblader og faggrupper.

Jeg vil gjerne få takke Rolf M. Åkredalen som har vært min veileder hos Erichsen & Horgen, for hjelp til utforming av oppgaveteksten på forhånd og for verdifulle innspill underveis. Da vi først snakket om temaet for oppgaven sommeren 2013 var det vel ingen av oss som forutså hvor aktuelt dette skulle bli. Takk også til Ole Melhus, som har vært min veileder fra høgskolen.

Da bygården hvor jeg bor, ironisk nok, ble utsatt for en brann i februar, ble jeg stående uten noe sted å bo. Jeg vil derfor rette en stor takk til mine foreldre for tak over hodet i denne perioden, og for nyttige tilbakemeldinger i forbindelse med oppgaven.

En spesiell takk til Frøde Michaelsen i Oslo Brann- og Redningsvesen, for informasjon, hjelp og befarings i forbindelse med brannen i Thorvald Meyers Gate.

Takk også til Guttorm Liebe i Skien Brannvesen, Morten Gallefos i Bamble Brannvesen, Håkon Winterseth hos Cowi, Hans Kristian Lundsett hos Erichsen & Horgen, og alle andre som har stilt til intervju eller bidratt i forbindelse med oppgaven. Jeg har lært utrolig mye.

Oppgaven omhandler et tema som har vært gjenstand for mye diskusjon. Dersom du leser denne rapporten og har tilbakemeldinger, ikke nøl med å ta kontakt på e-post: [andersmollevik@gmail.com](mailto:andersmollevik@gmail.com).

Oslo, 27. mai 2014

---

Anders Møllevik Jacobsen

## Oppsummering

Denne rapporten dreier seg om drift av ventilasjonsanlegg under brann i multiromsbygg. Temaet har vært gjenstand for diskusjon med jevne mellomrom siden 80-tallet, og har den siste tiden dukket opp på nytt. Hovedårsaken til debatten som nå pågår er en publikasjon, «Veileder for brannsikker ventilerings», som anbefaler en del tiltak utover det som har vært bransjestandard for sikring av ventilasjonsanlegg frem til i dag.

I forbindelse med debatten var det interessant å se nærmere på kravene i teknisk forskrift, og om det ligger til grunn ny informasjon som tilsier at disse ikke er gode nok. Dagens forskrift sier at *vesentlig* røykspredning skal forhindres i tekniske installasjoner, uten å kvantifisere hva som menes med vesentlig.

For å finne svar på nevnte problem er en rekke undersøkelses- og granskningsrapporter fra tidligere branner gjennomgått, samt intervjuer med personell som sitter på praktisk erfaring fra branner. Sammen med Oslo Brann- og Redningsetat er det også gjennomført en evaluering av en hendelse som skjedde under arbeidet med oppgaven.

Et forhold som det har vist seg å være noe forvirring rundt når man snakker med folk utenfor ventilasjonsbransjen er forskjellen på *kjøkkenavtrekk* og anlegg for *komfortventilasjon*. Disse to systemene behandles separat i et bygg. Komfortventilasjonsanlegg i et bygg skal sørge for et godt inn klima. Kjøkkenavtrekk installeres som et eget anlegg for å fjerne de forurensninger som oppstår i forbindelse med matlaging.

En avtrekkskanal fra kjøkken vil ofte være full av meget brennbar materiell, og utgjør en stor fare for brannspredning i en bygning. Dette finnes det flere eksempler på, hvor blant annet brannen i Midtbyen i Trondheim i 2002 er godt kjent. Veiledninger fra myndighetene har lenge påpekt spesifikt at avtrekk fra kjøkken må brannsikres.

Når det gjelder ventilasjonsanlegget som installeres for komfort har det ikke kommet frem ny informasjon i det siste som tilsier at brann- og røykspredning utgjør noe større risiko i dag enn tidligere. Tvert i mot tilsier økt installasjon av slukkeanlegg i nye bygg at problemet er mindre nå enn det har vært.

På bakgrunn av den informasjon og de undersøkelser som er gjort i denne rapporten, ser brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg ut til å være et begrenset problem. En løsning i nærheten av det som er beskrevet i veiledning til Byggeforskrift 87 virker fortsatt som en fornuftig strategi for drift av ventilasjonsanlegget under brann. Dette går ut på å la anlegget være i drift.



# Innhold

<b>Figurliste</b>	<b>v</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrunn for valg av tema . . . . .	1
1.2 Problemformulering . . . . .	2
1.3 Øvrige problemstillinger . . . . .	2
1.4 Metode . . . . .	2
1.5 Oppgavens avgrensning . . . . .	2
1.6 Oppgavens oppbygning . . . . .	3
<b>2 Bakgrunn</b>	<b>5</b>
2.1 Generelt om ventilasjonsanlegg . . . . .	5
2.1.1 Komfortventilasjon . . . . .	5
2.1.2 Kjøkkenventilasjon . . . . .	6
2.1.3 Brann/røykventilasjon . . . . .	8
2.2 Brannteori . . . . .	8
2.2.1 Brannforløpet . . . . .	10
2.2.2 Overtenning . . . . .	11
2.2.3 Ventilasjonsstyrt eller brenselstyrt brann . . . . .	11
2.2.4 Fullstendig og ufullstendig forbrenning . . . . .	11
2.2.5 Røykspredning i bygninger . . . . .	11
2.3 Brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg . . . . .	15
2.3.1 Utettheter rundt gjennomføringer . . . . .	15
2.3.2 Varmeledning i kanalgodset . . . . .	15
2.3.3 Ventilasjonsanleggets inntak og avkast . . . . .	15
2.3.4 Kanaler som faller ned . . . . .	17
2.3.5 Spredning av røyk i kanalnett . . . . .	17
2.3.6 Strategier for ekstra sikring av ventilasjonsanlegget . . . . .	20
2.4 Bygningsdeler og materialers motstandsevne . . . . .	21
2.5 Lover og regler . . . . .	22
2.5.1 Teknisk forskrift 2010 . . . . .	23

## INNHold

---

<b>3 Tidligere studier og forskning</b>	<b>25</b>
3.1 Rapporter fra DSB . . . . .	25
3.1.1 Veiledning til forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn . .	26
3.1.2 Kjennetegn og utviklingstrekk ved dødsbranner og omkomne i brann . . . . .	27
3.1.3 Kjennetegn og utviklingstrekk ved næringsbranner 1986–2009 . .	27
3.2 Rapporter fra SINTEF NBL . . . . .	27
3.2.1 Branner; systematisering og analyse (1984) . . . . .	28
3.2.2 Brannsikring av sykehus (1981) . . . . .	28
3.2.3 Røykspredning i bygninger (1994) . . . . .	28
3.3 Oslo Kommune, Brann- og redningsetaten. Årsrapport 2013 . . . . .	29
3.4 Spridning av røk och brandgaser i ventilationssystem (1993) . . . . .	30
3.5 Osåkerheter vid brandteknisk dimensionering av ventilationssystem (2006) 31	
<b>4 Gjennomgang av tidligere branner. Erfaringer og evalueringer</b>	<b>33</b>
4.1 Alstahaug sykehjem, 16. mars 1979 . . . . .	33
4.2 Gullhella sykehjem, 6. november 1979 . . . . .	34
4.3 MGM Grand Hotel, Las Vegas. 21. november 1980 . . . . .	34
4.3.1 Oppsummering og tanker rundt MGM . . . . .	36
4.4 Extendicare Skilled Nursing Facility, Mississauga, Canada . . . . .	36
4.5 National Institutes of Health Clinical Center, Bethesda, Maryland . . .	36
4.6 Brannen på Hotell Caledonien, 1986 . . . . .	36
4.7 Domus Kjøpesenter i Narvik, 2000 . . . . .	38
4.8 Brannen i Midtbyen i Trondheim, 2002 . . . . .	38
4.8.1 Oppsummering og tanker rundt brannen i Midtbyen . . . . .	39
4.9 Sveio Omsorgssenter, 2007 . . . . .	39
4.9.1 Oppsummering og tanker rundt brannen på Sveio . . . . .	40
4.10 Brann i multiromsbygg, 2012 . . . . .	42
4.11 Brann i Thorvald Meyers Gate, 9. februar 2014 . . . . .	42
4.11.1 Oppbygning av ventilasjonsanlegget . . . . .	44
4.11.2 Hva kan ha skjedd? . . . . .	44
4.11.3 Oppsummering og tanker rundt Thorvald Meyers Gate . . . . .	46
4.12 Samtaler med brannpersonell . . . . .	47
<b>5 Diskusjon</b>	<b>49</b>
5.1 Dagens forskrifter . . . . .	49
5.2 Tidligere forskrifter . . . . .	50
5.3 Brannspredning fra varmeledning . . . . .	51
5.4 Røykspredning via kanalnett . . . . .	52
5.5 Sprinkleranleggets innvirkning . . . . .	53
<b>6 Oppsummering og konklusjon</b>	<b>55</b>
<b>Referanser</b>	<b>59</b>

# Figurliste

2.1	Eksempel på kompaktaggregat . . . . .	7
2.2	Skjematisk ventilasjonsaggregat . . . . .	7
2.3	Branntrekanten . . . . .	9
2.4	Brannforløp . . . . .	9
2.5	Brannutvikling i rom . . . . .	10
2.6	Brannplume . . . . .	12
2.7	Nøytralplanet i rommet . . . . .	13
2.8	Branntetting . . . . .	16
2.9	Inntak og avkast . . . . .	17
2.10	Trykkforhold i rom . . . . .	18
2.11	Prinsippskisse for røykspredning ved høyt trykk . . . . .	20
3.1	Årsaker til innvendig røykspredning . . . . .	29
4.1	Prinsippskisse i snitt . . . . .	34
4.2	Avtreksventil på soverom . . . . .	40
4.3	Gjennombrent dørkarm . . . . .	41
4.4	Overgang vegg og himling . . . . .	41
4.5	Skisse av ventilasjonsanlegget . . . . .	42
4.6	Tilluftsventilene på hvert rom . . . . .	43
4.7	Faksimile fra VG.no . . . . .	43
4.8	Skisse Thorvald Meyers Gate . . . . .	44
4.9	Kanaler mot serveringsområdet . . . . .	45
4.10	Nærbilde innvendig kanal . . . . .	45
4.11	Taket på restaurantens bakrom . . . . .	46
4.12	Brannen har spredd seg til loftet . . . . .	47
5.1	Eksempel på tabell etter test med NS-EN 1366-1 . . . . .	52

## FIGURLISTE

---

# Kapittel 1

## Innledning

**Dette kapittelet gir først leseren et innblikk i hvorfor dette temaet ble valgt som hovedoppgave. Deretter følger problemstillinger og metode for hvordan problemstillingene blir besvart.**

### 1.1 Bakgrunn for valg av tema

Drift av ventilasjonsanlegg under brann i multiromsbygg er for tiden et svært aktuelt tema i byggebransjen. En av hovedårsakene til den store diskusjonen om temaet er en ny veileder «Veileder for brannsikker ventilering» (1) som ble publisert våren 2012 av en tverrfaglig gruppe ved navn BV-nett. En av hovedkonklusjonene i veilederen er at det er behov for tiltak utover det som har vært vanlig bransjestandard ved brannsikring av ventilasjonsanlegg frem til i dag.

Etter at veilederen ble publisert kan man si at det har etablert seg to leire. På den ene siden har man dem som mener at ekstra tiltak er nødvendig. Enten fordi ventilasjonsanleggene hittil har ført til økt risiko for brann og røykspredning, eller fordi måten det blir gjort på ikke tilfredsstillende myndighetenes krav i henhold til gjeldende plan- og bygningslov.

På den andre siden har man dem som mener at dette fører til unødvendig dyre anlegg, og at det mangler reell faktisk dokumentasjon på branner hvor røyk- og brannspredning via ventilasjonsanlegget har vært et stort problem. Det argumenteres for at det er andre tiltak for brannsikring som er viktigere å bruke ressurser på enn ekstensiv sikring av ventilasjonsanlegget. En hypotese er at operativt brannpersonell (brannvesen, brannsjefer etc.) med sin erfaring har mye større fokus på andre områder for å begrense brannomfang enn spredning via ventilasjonskanaler.

Mellom disse to ytterpunktene har man en stor gruppe med byggherrer, brannrådgivere, ventilasjonsrådgivere, entreprenører osv. som er usikre på hva man skal forholde seg til.

Usikkerheten og uenigheten rundt temaet viser at det er behov for å se hvilke erfaringer man har med drift av ventilasjonsanlegg i branner som har vært.

### 1.2 Problemformulering

Med bakgrunn i det ovennevnte har denne oppgaven følgende hovedproblemstillinger:

- Hvilke praktiske erfaringer har man fra branner med dagens løsninger for drift av ventilasjonsanlegg under brann?
  - Hvor avgjørende er valg av tekniske løsninger for ventilasjon sett i relasjon til brannens totale omfang/konsekvenser?
  - Er årsaker til eventuell økt brannspredning at dagens løsninger/prinsipper er for dårlige, eller er det at den praktiske utførelsen ikke er gjort i henhold til beskrivelser og krav til utførelse?

### 1.3 Øvrige problemstillinger

- Hvor kritisk er drift av ventilasjonsanlegget i forhold til andre aktive og passive tiltak mot brannspredning? Eksempelvis tetting av gjennomføringer, branndører som lukker når de skal, materialvalg etc.
- Tilnærmet alle nye bygg skal sprinkles. Hvilken innvirkning har dette på eventuell røyk- og brannspredning?
- Hvordan skal den tekniske forskriften forstås?
- Hvilke tekniske krav bør stilles til dagens ventilasjonsanlegg under en brann?

### 1.4 Metode

For å finne et svar på nevnte problemstillinger benyttes kvalitativ metode. Det gjennomføres intervjuer med personer som sitter på praktisk kunnskap og erfaring om emnet, slik som ansatte i brannvesenet. For å belyse de ulike sider av saken er det også ønskelig å gjennomføre intervjuer med brannrådgivere, ventilasjonsrådgivere og produsenter.

I tillegg til intervjuer gjennomføres et litteraturstudie. Offentlig tilgjengelige rapporter fra branner i Norge publiseres av DSB (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap), og skal gjennomgås. Videre er det ønskelig å finne ut om tidligere studier har sett på praktiske erfaringer relatert til ventilasjonsanlegg og brann. SINTEF NBL i Norge og Brandforsk i Sverige nevnes som forskningsinstanser hvor det kan finnes litteratur på området.

Oppgaven skrives i typesettingsprogrammet L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, ved hjelp av T<sub>E</sub>Xstudio.

### 1.5 Oppgavens avgrensning

Denne oppgaven dreier seg om brann- og røykspredning via luftbehandlingsanlegg for komfortventilasjon i multiromsbygg. Det betyr at aktive branntiltak som f.eks. trykksetting av rømningsveier ikke er behandlet her, heller ikke aktiv røykventilasjon av ulike rom/arealer. Eneboliger er ikke omfattet.

### 1.6 Oppgavens oppbygning

I denne innledningen er grunnlaget for oppgavens tema presentert, sammen med problemstillingene. I kapittel 2, «Bakgrunn», får leseren et innblikk i teorien og lovverket som ligger til grunn. På denne måten kan innholdet videre i rapporten leses med grunnleggende kunnskap om emnet.

Kapittel 3, «Tidligere studier og forskning», tar for seg rapporter fra blant annet DSB og SINTEF, og ser på tidligere utførte studier. Noen av rapportene dreier seg om ventilasjonsanlegget spesifikt, mens andre ser generelt på problemområdet brann- og røykspredning.

I kapittel 4, «Gjennomgang av tidligere branner. Erfaringer og evalueringer», gjennomgås tilfeller hvor ventilasjonsanlegget er nevnt i forbindelse med brannen. I kapittel 5, «Diskusjon», trekkes sammenhenger mellom stoffet, som fører til en konklusjon i kapittel «6».

I rapporten henvises referanser med parentes og tall, som f.eks. (7). Flere referanser for samme avsnitt skilles med komma, f.eks. (1,3,7). Referanseliste finnes bakerst i rapporten.

## 1. INNLEDNING

---



## Kapittel 2

# Bakgrunn

Hensikten med dette kapitlet er å presentere leseren for den teorien som ligger til grunn for brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg, for på den måten å danne et grunnlag for å forstå de praktiske eksempler som presenteres senere i rapporten. Først gjennomgås generelt hvordan et ventilasjonsanlegg fungerer og grunnleggende brannteori. Deretter følger ulike teorier for drift av ventilasjonsanlegg under brann, etterfulgt av hva gjeldende lovverk sier.

### 2.1 Generelt om ventilasjonsanlegg

For å kunne si noe om drift av ventilasjonsanlegg under brann må man ha grunnleggende kunnskap om ventilasjonsteknikk. Det er viktig å være klar over at betegnelsen «ventilasjonsanlegg» i noen tilfeller blir brukt felles for flere systemer som bør skilles fra hverandre når man snakker om brann. De tre vanligste formene for ventilasjon i et bygg er komfortventilasjon, kjøkkenventilasjon og brann/røykventilasjon.

#### 2.1.1 Komfortventilasjon

Det de fleste tenker på når de hører ordet ventilasjonsanlegg, er anlegget som installeres for komfort. Komfortventilasjonsanlegg i et bygg skal sørge for tilførsel av frisk luft, fjerning av forurenset luft, samt bidra til å skape et godt innneklima. I tillegg til dette kan et godt utført ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning føre til en energieffektiv bygning. Generelt kan luft tilføres og fjernes fra bygningen ved hjelp av naturlig, balansert mekanisk eller hybrid ventilasjon.

##### 2.1.1.1 Naturlig ventilasjon

Den aller enkleste formen for komfortventilasjon er naturlig ventilasjon, som skifter ut luften ved hjelp av termiske krefter. Dette har tidligere vært den vanlige måten å ventilere boliger på. Den varme luften i bygningen stiger og skaper et overtrykk øverst i rommet eller bygningen. Det er gjerne montert avtrekksventiler ved taket i våtrom, eller i tilknytning til en vertikal luftpipe. Frisk luft tilføres ofte via lufteventil i tilknytning til

## 2. BAKGRUNN

---

vinduene. Dette ventilasjonsprinsippet brukes knapt lenger, men finnes i mange gamle boliger.

### 2.1.1.2 Avtrekksventilasjon

Anlegg som benytter seg av avtrekksventilasjon har en vifte koblet til et kanalsystem som trekker brukt luft fra hver sone. Dette skaper et undertrykk i sonen, og frisk luft kommer derfor inn via ventiler i yttervegger og utettheter i bygningen. Systemet er ikke egnet for varmegjenvinning og benyttes derfor sjeldent i nye bygg.

### 2.1.1.3 Hybridventilasjon

En kombinasjon av naturlig og mekanisk ventilasjon. Det installeres et viftesystem som bidrar til luftskifte i de periodene hvor naturlige drivkrefter ikke er sterke nok. I et slikt system kan man få lavt energibruk til viftedrift. Likevel foretrekkes vanligvis balansert ventilasjon i nybygg, fordi man da har effektiv varmegjenvinning og full kontroll over luften i bygningen.

### 2.1.1.4 Mekanisk balansert ventilasjon

I takt med økte komfortkrav i bygninger, og med stadig strengere energikrav fra myndighetene, blir i dag mekanisk ventilasjon installert i tilnærmet alle nye bygg. Et balansert anlegg har vifter som driver både lufttilførsel og avtrekk. Friskluft fordeles i bygget ved hjelp av innvendige kanaler, der ventiler og spjeld styrer lufttilførselen til hvert rom. Med denne typen ventilasjon har man god kontroll over luftforholdene i bygningen og det er meget godt egnet for varmegjenvinning. Normalt vil man ha nøytrale trykkforhold i hver branncelle. Typisk oppbygging av et aggregat vises i figur 2.2.

Et balansert anlegg kan løses med felles eller separat system. Kort fortalt har et separat system ofte flere mindre aggregater som betjener hver sin sone i bygningen. Med fellessystemet har man et fåtall store sentralt plasserte aggregater med luftmengder som dekker mange soner. Figur 2.1 viser et eksempel på kompakt aggregat, og figur 2.2 viser skjematisk oppbygging av et typisk aggregat med vifter, spjeld, etc. Hver løsning har sine fordeler og ulemper som ikke vi skal gå nærmere inn på her.

Denne oppgaven fokuserer på problemet rundt brann- og røykspredning i balanserte mekaniske anlegg. **Videre i rapporten når det henvises til «ventilasjonsanlegg» er det balanserte anlegg for komfortventilasjon som er omtalt.**

### 2.1.2 Kjøkkenventilasjon

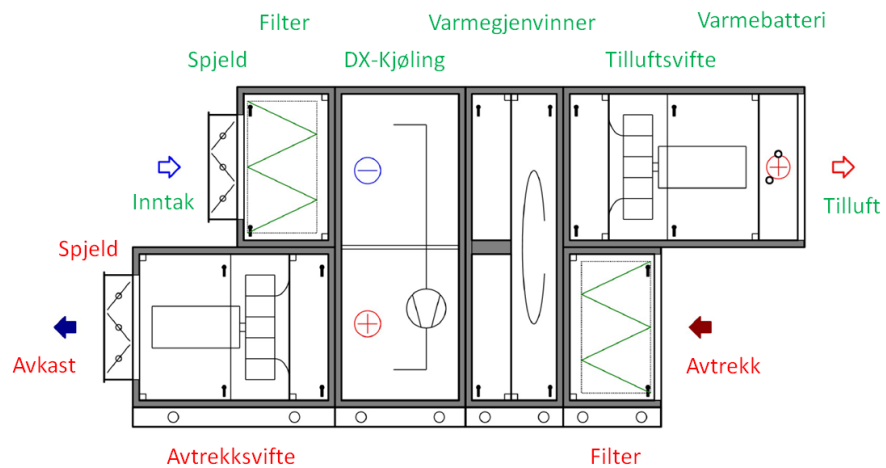
Fordi kjøkken har høy intern forurensning fra matproduksjon, er ventilasjon et vesentlig tiltak for å skape et godt inn klima og arbeidsmiljø. Kjøkkenventilasjon er normalt et eget anlegg som har kanalsystem separat fra anlegget som installeres for komfortventilasjon.

Når det gjelder brannhendelser hvor ventilasjonsanlegget har hatt stor betydning er det i de aller fleste tilfeller kjøkkenavtrekket som er synderen. Av og til kan man lese i media at «brannen spredde seg via ventilasjonsanlegget». (2) Ved å gå dypere inn i

## 2.1 Generelt om ventilasjonsanlegg



**Figur 2.1:** Eksempel på kompakt aggregat - Kommer ferdig som en enhet med automatikk fra fabrikk. Foto: Hans Kristian Lundsett



**Figur 2.2:** Skjematisk ventilasjonsaggregat - Typisk oppbygging av et aggregat med integrert kjøling, roterende gjenvinner, varmebatteri og filter. Figur: FläktWoods

## 2. BAKGRUNN

---

saken enn det som blir skrevet i avisene dreier det seg ofte om avtrekk fra kjøkken (se avsnitt 4.11).

Kjøkkenavtrekk utgjør en spesielt stor risiko for brann- og røykspredning på grunn av brennbare fettavsetninger og må derfor behandles spesielt. Dette er ikke noe nytt, og ble påpekt allerede i veiledning til Byggeforskriften i 1987 hvor det står at «*Avtrekkskanaler fra storkjøkken, frityranlegg m.m bør utføres i minst A30 helt til utblåsningsrist, eventuelt føres i egen sjakt*». (3) Selv om dette er et kjent problem er det viktig å være klar over og understreke dette overfor den prosjekterende og utførende entreprenør.

### 2.1.3 Brann/røykventilasjon

Det er viktig å skille mellom ulike anlegg som installeres som aktive sikringstiltak i et bygg, og anlegg som installeres for komfortventilasjon. Idéen bak aktiv brannventilasjon er å ha røykkontroll i bygningen ved brann. Dette kan oppnås med termisk eller mekanisk ventilasjon, eller med trykksetting.

*Termisk eller mekanisk brannventilasjon* skal ventilere ut branngasser for å hindre eller forsinke overtenning. Man letter også slukningsarbeid og evakuering ved å slippe ut den farlige røyken. Et typisk eksempel hvor røykventilasjon brukes er i gårder som har glassoverbygg eller lagerhaller med stort areal.

*Trykksetting* er et tiltak for å bedre sikkerheten i trapperom ved rømning. Vifter installeres for å skape et overtrykk i trapperommet, og dermed hindre inntrengning av røykgasser fra tilstøtende rom.

Brann- og røykventilasjon samt trykksetting er aktive branntiltak som faller utenfor denne rapportens avgrensning. Mer informasjon om disse tiltakene finnes f.eks. i Byggforsk blad 520.380 «Røykkontroll i bygninger», Ventøk 2.6 «Brannventilasjon» og Ventøk 2.18 «Trykksetting av trapperom».

## 2.2 Brannteori

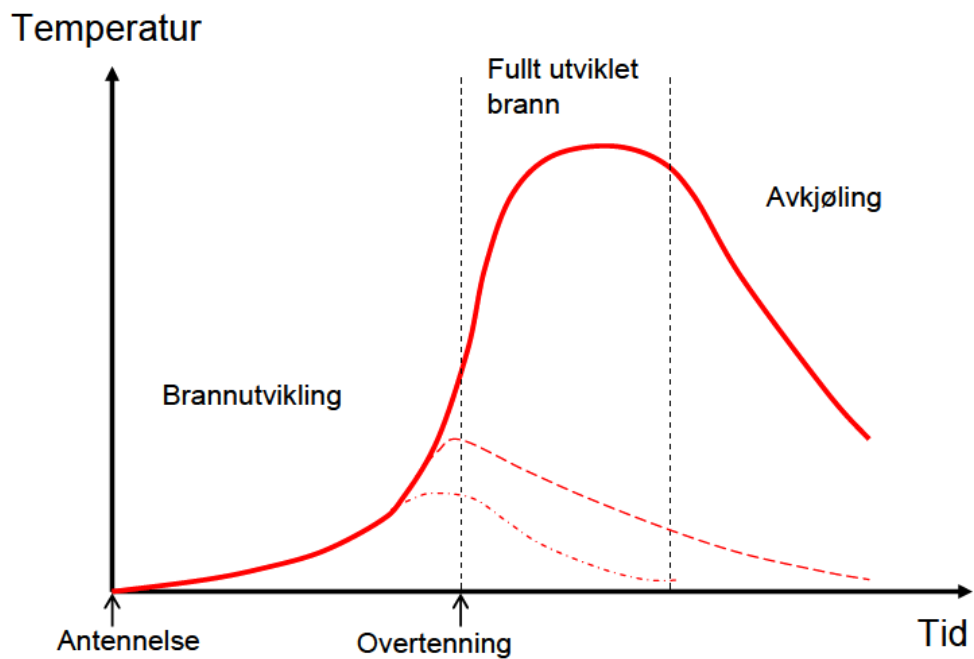
Brann er definert i Norsk Standard som en «ukontrollert forbrenningsprosess som kjennetegnes av varmeavgivelse, ledsaget av røyk, flamme eller gløding.» (4) For å starte en brann må de tre betingelsene i «branntrekanten» (figur 2.3) være tilstede samtidig:

- Brennbart materiale
- Tilstrekkelig høy temperatur
- Oksygen

Hvis en av disse forutsetningene fjernes vil brannen slukke.



**Figur 2.3: Branntrekanten** - Dersom en av disse forutsetningene fjernes vil brannen slukke. Figur fra houseguard.no



**Figur 2.4: Brannforløp** - Et vanlig forløp for en brann kan deles inn i flere faser. Stiplede linjer viser tilfeller uten overtenning. Figur fra SINTEF NBL. (5)

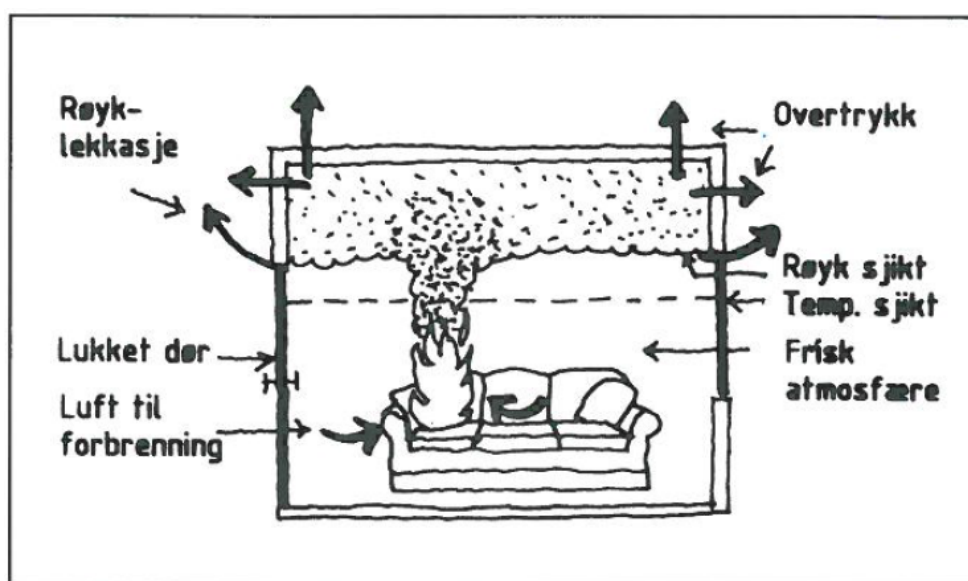
## 2. BAKGRUNN

### 2.2.1 Brannforløpet

Et brannforløp kan normalt deles inn i ulike faser som vist i figur 2.4.

Den første fasen, *antennelsesfasen*, varer frem til brannen kan fortsette uten tilførsel av varme fra en ytre kilde. Antenning kan skje på grunn av åpen flamme, selvantennelse eller gnister.

Dersom forutsetningene er tilstede (temperatur, brennbart materiale og oksygen), og brannen får fortsette uten å bli slukket i antennelsesfasen, går den over til *utviklingsfasen*. Det er karakteristisk for denne fasen at brannomfanget er lite og nært arnestedet, altså der brannen startet. Temperaturen i rommet er fortsatt relativt lav, men stigende. Fordi røyken som dannes er varmere enn omkringliggende luft, dannes en «plume» (figur 2.6) som stiger mot taket. Når røyken treffer rommets overflater vil den avkjøles noe og falle litt ned. På denne måten dannes et røyksjikt langs taket. På grunn av røykens varmeutvidelse har dette sjiktet et overtrykk i forhold til gulvnivået i rommet, se figur 2.5. Trykkforhold gjennomgås nærmere i avsnitt 2.3.



**Figur 2.5: Brannutvikling i rom** - Skisse som viser røyksjikt og trykkforhold. Figur fra «Brannfysikk» av G. Liebe. (6)

Ved fortsatt tilgang på luft og brennbare materialer inntreffer *overtenning* etter utviklingsfasen. Branngassene og/eller alle overflatene i rommet antenner plutselig. Alle brennbare overflater inngår i forbrenningen, og brannen går fra begrenset flammebrann til *fullt utviklet rombrann*. Dersom brannen ikke blir sløkket vil den til slutt dø ut av seg selv i en *avkjølingsfase*. Det skjer når den får for lite oksygen eller mangler tilgang på brensel. (5, 6, 7)

### 2.2.2 Overtenning

Vanligvis regner man med at temperaturen på røykgassjiktet ved tak er rundt 600 °C, og varmestrålingen mot gulvet er rundt 20 kW/m<sup>2</sup> ved overtenning. (8, 9). Et standard møblert rom kan overtenne etter 3-5 minutter.

Når overtenning inntreffer vil normalt vinduer knuses, og rommet trykkavlastes. (10) Som vi skal komme tilbake til senere i rapporten har røykspredning via ventilasjonsanlegget nær sammenheng med trykkoppbygging i rommet. Med knuste vinduer og trykkavlastet rom vil ikke røykspredning skje via et ventilasjonsanlegg i drift. (11)

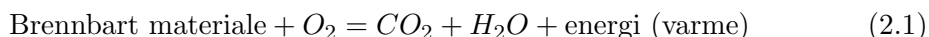
### 2.2.3 Ventilasjonsstyrt eller brenselstyrt brann

I en ventilasjonsstyrt brann er det tilgangen på luft som bestemmer brannens videre utvikling. I motsatt tilfelle har vi en brenselstyrt brann, hvor tilgangen på brennbart materiale og materialets egenskaper er avgjørende for brannens utvikling. Det er vanlig å anta at en brann er brenselskontrollert frem til overtenning skjer. Deretter er det tilgangen på luft som har innflytelse på brannutviklingen. (12)

### 2.2.4 Fullstendig og ufullstendig forbrenning

Luft består av ca. 21 % oksygen, 78 % nitrogen og 1 % edelgasser, samt noe karbondioksid og vanndamp. Hva røyken fra brannen består av er avhengig av hvilket materiale som forbrenner og hvilke omstendigheter prosessen foregår under.

Ved fullstendig forbrenning, også kalt støkiometrisk forbrenning, reagerer alt tilgjengelig brennbart materiale med luftas oksygen. Forenklet kan man skrive



Fordi fullstendig forbrenning krever høy temperatur og meget god lufttilførsel, vil dette sjeldent eller aldri skje ved branner innendørs. Ufullstendig forbrenning skjer når deler av det brennbare materialet ikke får reagere med luftas oksygen. Dette kan være fordi forbrenningstemperaturen er for lav til at oksygenet tar del i reaksjonene, eller fordi man har for mye brennbart materiale i forhold til luft. For ufullstendig forbrenning kan man forenklet skrive



Vi ser av reaksjonsligning 2.2 at det ved ufullstendig forbrenning dannes *CO* og *andre gasser* i stedet for *CO<sub>2</sub>*. *CO*, også kalt *karbonmonoksid* eller *kullos*, er en fargeløs giftig gass som forårsaker de fleste dødsfall i forbindelse med brann. (6, 8)

### 2.2.5 Røykspredning i bygninger

Formelverket i dette avsnittet kommer fra (12), (8) og (9). Røykspredning i en bygning kan skje dersom disse tre faktorene er tilstede:

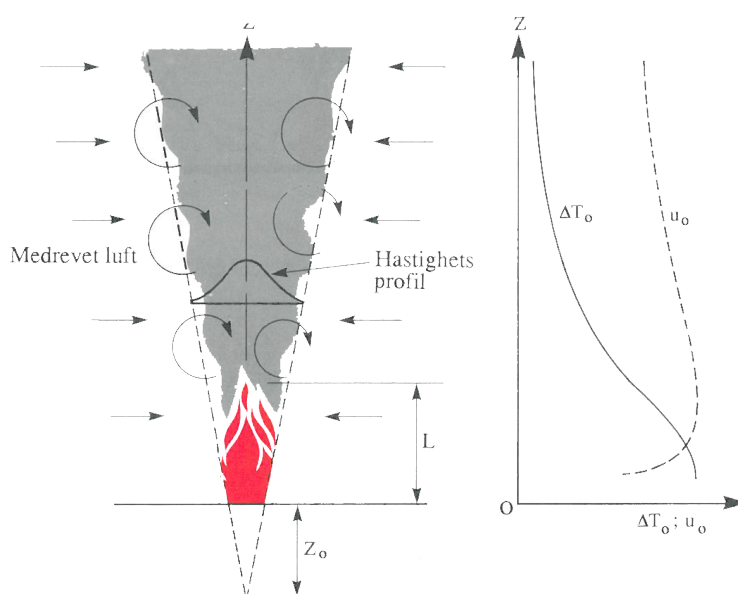
1. Røykproduksjon

## 2. BAKGRUNN

### 2. Lekkasjeåpninger

### 3. Trykkdifferanser

Først og fremst må man ha røykproduksjon for at røyk skal kunne spre seg. Dette kan skyldes en ulmebrann eller en flammebrann. En ulmebrann utvikler seg svært langsomt og produserer hvit røyk med lav overtemperatur i forhold til omgivelsene. En flammebrann produserer derimot mørk røyk og karakteriseres gjennom flammer og høy temperatur. Etter hvert som røyken stiger rives luft med fra omgivelsene og fører til lavere temperatur og hastighet, se figur 2.6.



**Figur 2.6: Brannplume** - Når røyken stiger øker røyksøylens volum, samtidig som temperatur og hastighet avtar. Illustrasjon fra «Røykkontroll» av Meland m.fl. (12)

For at røyken fra brannrommet skal kunne spre seg må det være lekkasjeåpninger til andre rom. Dette kan være *indirekte* spredningsveier (utettheter rundt dører, gjennomføringer, ventilasjonskanaler etc.) eller *direkte* spredningsveier (åpne dører, korridorer etc.). Følgende drivkrefter kan skape de trykkdifferansene som skal til for å spre røyk i bygninger: (8)

- Skorsteinseffekten (tetthetsforskjell i luft utendørs og inne)
- Oppdrift (den varme røyken har lavere tetthet)
- Vind
- Forhindret termisk ekspansjon (konstant volum)
- Ventilasjonsanlegget

Vi skal nå se litt nærmere på disse drivkreftene.



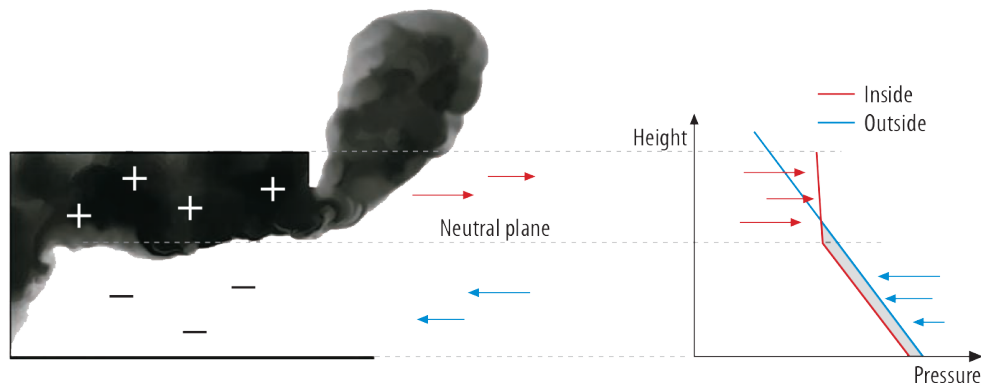
### 2.2.5.1 Skorsteinseffekten

Luften i en bygning vil ha en oppdriftskraft, da den normalt er varmere og har lavere tetthet enn uteluften. Dette kalles for den normale skorsteinseffekten, og vil være størst i høye bygg ved lave utetemperaturer. Differansen mellom trykket i en vertikal sjakt (f.eks. en trappesjakt) og trykket utendørs forårsaket av skorsteinseffekten, er gitt av

$$\Delta P_{SO} = K \left( \frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_s} \right) h \quad (2.3)$$

hvor  $\Delta P_{SO}$  er trykkdifferansen i Pa,  $K$  er en konstant gitt av tyngdekraften, atmosfæretrykket og spesifikk gasskonstant ( $\approx 3460$ ),  $T_u$  er utetemperaturen i Kelvin,  $T_s$  er temperaturen i sjakten i Kelvin, og  $h$  er avstanden fra bygningens nøytralplan i meter. Ved jevnt fordelt lekkasje i bygningen ligger nøytralaksen rundt halve byggets høyde. Dersom det er varmere ute enn inne ( $T_s > T_u$ ), vil vi ha positiv trykkdifferanse over nøytralaksen, og negativ trykkdifferanse under nøytralaksen. Det oppstår da en oppadrettet luftstrøm i sjakten. (8)

### 2.2.5.2 Oppdrift



**Figur 2.7: Nøytralplanet i rommet** - Figuren viser trykkforholdene i et rom før overtelling intreffer. Luft suges inn nede og trykkes ut oppe. Illustrasjon fra «Enclosure fires» av Bengtsson. (9)

Oppdrift skapes fordi røyk med høy temperatur har lavere tetthet enn omgivelsesluften, gitt av

$$\Delta P_{oppdrift} = (\rho_o - \rho_g)gh \quad (2.4)$$

hvor  $\Delta P_{oppdrift}$  er trykkdifferansen i Pa,  $\rho_o$  er tettheten til luften i omgivelsene,  $\rho_g$  er tettheten til branngassene,  $g$  er tyngdekraften, og  $h$  er avstanden fra nøytralaksen i rommet, se figur 2.7.

Da det er lettere å måle temperatur enn tetthet, innføres

$$\rho = \frac{pM}{RT} \quad (2.5)$$

## 2. BAKGRUNN

---

hvor molmassen til luft settes inn for  $M$ , atmosfæretrykket settes inn for  $p$  og den generelle gasskonstanten settes inn for  $R$ . Dette gir et uttrykk for  $\rho$  som funksjon av temperaturen.

$$\rho = \frac{353}{T} \quad (2.6)$$

Dette uttrykket kan brukes, da røykgasser har cirka samme fysiske egenskaper som luft. Ved å kominere 2.4 og 2.6 gis trykkdifferansen mellom brannrommet og tilstøtende rom pga. oppdriftskraft av

$$\Delta P_{oppdrift} = 353 \left( \frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_g} \right) gh \quad (2.7)$$

hvor  $T_o$  er omgivelsestemperaturen og  $T_g$  er temperaturen på røykgassene i Kelvin. (9) Et eksempel med tall kan være røykgasstemperatur på 800 °C og takhøyde på 2,4 m. Ved brann i vanlige oppholdsrom vil nøytralaksen i rommet ligge rundt ca. 1/3 av takhøyden. Avstanden  $h$  fra nøytralaksen til taket er da ca. 2/3, altså et røyksjikt på  $h \approx 1,6$  m. Dette gir cirka 14 Pa trykkdifferanse ved taket på grunn av oppdriften. (8, 9)

### 2.2.5.3 Vindkrefter

Kraften fra vind som virker på bygningen kan være en avgjørende faktor for røykspredning, spesielt dersom bygget er utett. Samtidig kan vind være komplisert å forholde seg til, da den over tid varierer i omfang og retning. Vindtrykk mot lovegg gir utoverrettet trykk, eller en slags sugeeffekt på levegg. Dette påvirker røykspredningen. Under etterforskningen av brannen på Hotell Caledonien (avsnitt 4.6) ble de fleste omkomne funnet på lesiden av bygningen.

Trykket fra vinden mot en flate kan uttrykkes ved

$$\Delta P = \frac{1}{2} C_w \rho_o u_w^2 \quad (2.8)$$

hvor  $C_w$  er vindtrykkkoeffisienten,  $\rho_o$  er uteluftas tetthet og  $u_w$  er vindhastigheten.

### 2.2.5.4 Forhindret termisk ekspansjon

I et rom hvor det brenner vil betydelige energimengder utvikles til varme. Dette fører til termisk utvidelse av røykgassene. Ideell gasslov gir oss forholdet mellom trykk, volum og temperatur.

$$PV = mRT \quad (2.9)$$

Hvis vi antar konstant trykk  $P$  og konstant masse i rommet, samt at brannrommets luftvolum får ekspandere fritt, kan vi beregne volumutvidelsen av

$$V_e = \left( \frac{T_e}{T_f} - 1 \right) V_f \quad (2.10)$$

hvor  $T_f$  og  $T_e$  er temperatur i Kelvin og  $V_f$  og  $V_e$  er volum i m<sup>3</sup> før og etter temperaturstigning. Hvis for eksempel temperaturen tredobles fra 293 K (20 °C) til 879 K (606 °C) får vi  $V_e = 2V_f$ , altså en dobling av brannromsvolumet. (13)

## 2.3 Brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg

---

Dersom brannrommet er lukket hindres imidlertid denne volumutvidelsen (forhindret termisk ekspansjon), noe som i stedet fører til trykkøkning i rommet. Imidlertid er ingen rom hermetisk tette, så vi må også ta hensyn til rommets lekkasjeareal.

Trykkøkningen kan bestemmes av

$$\Delta P_{termisk} = \left(\frac{\dot{Q}}{C_p T_e A_e}\right)^2 \frac{1}{2\rho_e} \quad (2.11)$$

hvor  $\Delta P_{termisk}$  er trykkøkningen i Pascal,  $\dot{Q}$  er branneffekten i rommet,  $C_p$  er spesifikk varmekapasitet for luft ( $\approx 1\text{kJ/kgK}$ ),  $T_e$  er temperaturen på gassen som forlater rommet i Kelvin,  $A_e$  er rommets lekkasjeareal i  $\text{m}^2$ , og  $\rho_e$  er tettheten til røykgassene som går ut av rommet i  $\text{kg/m}^3$  (gitt av ligning 2.6). (8)

## 2.3 Brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg

Det finnes i utgangspunktet flere måter brann- og røykspredning via balanserte ventilasjonsanlegg kan forekomme.

### 2.3.1 Utettheter rundt gjennomføringer

Ved gjennomføringer i branncellebegrensende konstruksjoner er det viktig med tetting rundt kanalen for å hindre brann- og røykspredning via utettheter (fig. 2.8). I en SINTEF NBL rapport fra 2002 er påliteligheten til vegger med brannmotstand undersøkt. Det påpekes i rapporten at «kvaliteten av gjennomføringstettinger synes å ha stor betydning for påliteligheten av veggene».(14) Også statistikken til Brann- og redningsetaten i Oslo viser at innvendig røykspredning ofte skjer i utettheter rundt gjennomføringer (se avsnitt 3.3).

### 2.3.2 Varmedledning i kanalgodset

Varme gasser som trekkes inn i avtrekkskanalen bidrar til at stålet varmes opp. Det samme gjør strålevarme fra flammer og røyk i rommet. Dersom stålet i ventilasjonskanalen varmes opp tilstrekkelig, kan varmedledning i ytterste konsekvens antenne brennbart materiell som ligger nært kanalen i naborommet.

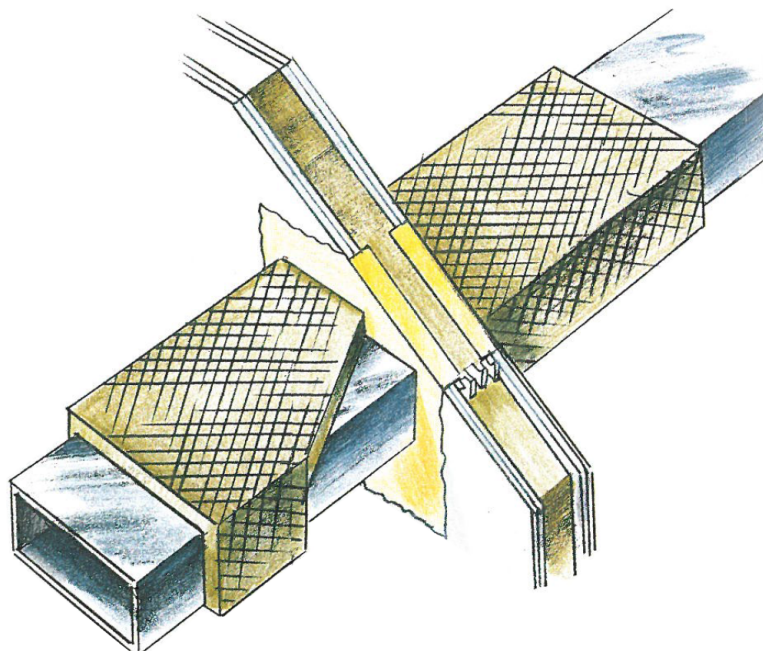
For å hindre varmedledning benyttes ofte brannisolasjon på hver side av veggen. Hvor mye man skal isolere avhenger av brannmotstanden i brannskillet og produktet man skal bruke. De ulike isolasjonsleverandørene skal ha tekniske godkjenninger for hvordan en gjennomføring skal isoleres. Imidlertid har en ny testmetode for kanalisolasjon skapt diskusjon rundt temaet den siste tiden. Dette kommer vi tilbake til i avsnitt 5.3.

### 2.3.3 Ventilasjonsanleggets inntak og avkast

Flere scenario kan føre til at røykspredning får et stort omfang dersom inntaket til aggregatene ikke er godt nok sikret.

## 2. BAKGRUNN

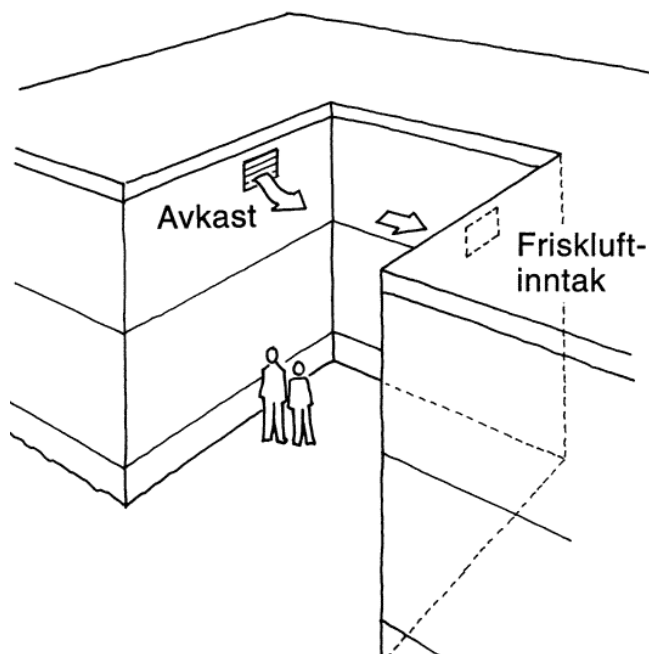
---



**Figur 2.8: Branntetting** - Gjennomføring av kanal i en gipsvegg, med branntetting og isolasjon. Illustrasjon: Detacto Reklamebyrå AS. (7)

1. Det brenner og er stor røykutvikling i nabobygget. Vindretningen fører til at røyk trekkes inn i ventilasjonsanlegget og dermed fører til skader og evakuering av en bygning som i utgangspunktet ikke var utsatt for brann, se fig 2.9.
2. Brann og/eller røykutvikling på bygningens tak, i nærheten av der inntaksristen er plassert. På samme måte som i punkt 1 kan dette føre til stor røykspredning (se MGM Grand Hotel, avsnitt 4.3).
3. Brann i et rom inne i bygningen, hvor ventilasjonsanlegget er designet for å være i drift ved brann. Luften som blåses ut fra bygningens avkast inneholder røyk fra rommet hvor brannen pågår. Ugunstige trykkforhold pga. vær og vind fører til «kortslutning» mellom anleggets inntak og avkast (fig. 2.9). Merk at mengden røyk i avkastet normalt vil være tynnet ut med luft fra andre rom som aggregatet betjener, så lenge brannen er begrenset til en branncelle.
4. Ikke direkte knyttet til inntak og avkast, men i anlegg hvor det benyttes omluft er det viktig å stenge omluftspjeld dersom ventilasjonsanlegget skal være i drift under brann. Spjeldene bør ikke baseres på termisk utløsning, men heller være forriglet til bygningens brannalarmsystem. Imidlertid brukes sjeldent omluft i dagens anlegg.

Det er viktig å utstyre ventilasjonsanlegget med en røykføler i tilluftskanal etter aggregatet som stenger ned anlegget og lukker inntak/avkastspjeld ved deteksjon av røyk.



**Figur 2.9: Inntak og avkast** - Uheldig plassering, enten i samme bygg eller mellom to bygninger, medfører fare for røykspredning. Illustrasjon fra SINTEF Byggforsk (15).

### 2.3.4 Kanaler som faller ned

Kanaler som faller ned på grunn av dårlig oppheng kan medføre risiko for slukkepersonell og brannspredning. Brannen i Thorvald Meyers gate den 9. feb 2014 er et eksempel hvor kanalene har falt ned under brann på grunn av dårlig montasje, se avsnitt 4.11. Byggforsk blad 520.346 «Brannmotstand i opphengssystemer for tekniske installasjoner» beskriver anbefalte metoder for montasje av kanalsystemer.

### 2.3.5 Spredning av røyk i kanalnett

For at røyk skal kunne spres mellom brannceller via ventilasjonsanlegget kreves det et visst trykk i brannrommet. Som beskrevet i avsnitt 2.2.5 er det flere drivkrefter som kan føre til trykkdifferanser i et bygg. Imidlertid er det den forhindrede termiske ekspansjonen beskrevet i 2.2.5.4 som har mest å si for røykspredning via ventilasjonsanlegget.

#### 2.3.5.1 Anlegg som stenges ved brann

For noen år tilbake var det vanlig å stenge ventilasjonsanlegget ved brann. Oppfatningen var at et ventilasjonsanlegg i drift førte til mer røykspredning, samtidig som brannen blir tilført oksygen.

Flere studier har imidlertid senere påpekt at det vil være gunstig å la ventilasjonen gå under brann, for å opprettholde trykkforholdene i anlegget. Luftmengden som tilføres fra ventilasjonsanlegget er normalt liten i forhold til hva brannen krever.

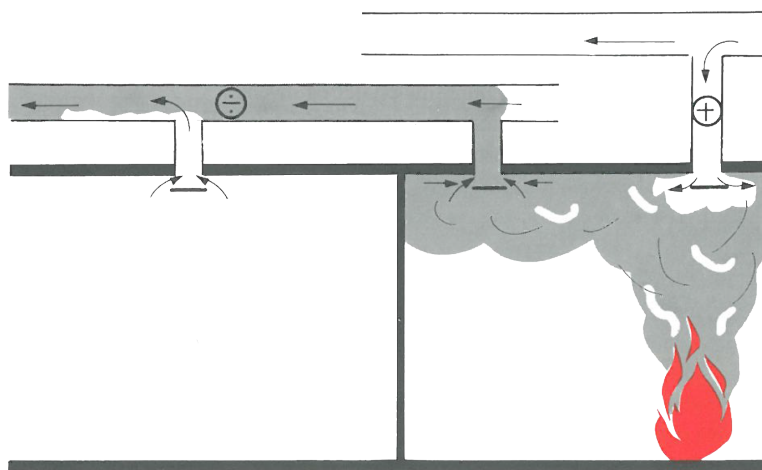
## 2. BAKGRUNN

---

Dersom man får røykspredning i et anlegg som er stengt, vil man ha mindre kontroll på røyken enn med et anlegg i drift. (6, 12, 13)

### 2.3.5.2 Anlegg som er i drift ved brann

Etter at veiledning til Byggeforskrift 1987 (3) anbefalte anlegg i drift under brann for å redusere risikoen for spredning av branngasser, har dette normalt vært den beskrevne løsningen fra prosjekterende. Avtrekket vil suge ut røyk fra brannrommet, samtidig som overtrykket i tilluftskanalen vil hindre røyk i å trenge inn, se figur 2.10. Selv om røyk trekkes ut, har avtrekket på langt nær kapasitet til å trekke ut all røyk som produseres. Det dannes derfor fortsatt et overtrykk i rommet.



**Figur 2.10: Trykkforhold i rom** - Med ventilasjonsanlegget i drift opprettholdes trykket i kanalnett. Illustrasjon: «Røykkontroll» av Meland m.fl.(12)

For at røyk skal spre seg til andre brannceller via avtrekkskanalen med anlegget i drift, må branntrykket i rommet være høyere enn avtrekkviftens trykkøkning.

For at røykspredning via tilluftskanalen skal skje med anlegget i drift, må branntrykket overstige mottrykket i samlingskanalen for tilluft. Dette trykket er mye lavere enn nevnte trykk for avtrekksviften. Dersom røykspredning skjer med et anlegg i drift vil røyken først og fremst spre seg via tilluftskanalen til rom som ligger nedstrøms på samme kanalstreng, se figur 2.11. (13)

Professor Lars Jensen ved Lunds universitet har utviklet PFS (Program Flow System), et simuleringsprogram som beregner strømningsforhold i tekniske installasjoner. (16) Han har publisert en rekke rapporter som ser matematisk på røykspredning via ventilasjonsanlegget (tilgjengelig på [www.lu.se](http://www.lu.se)).

I følge Jensen er det hovedsaklig tre egenskaper som avgjør om branngasser kommer til å spre seg via et ventilasjonsanlegg som er i drift:

- Brannens effektutvikling. Hvor stor brannstrøm kan oppstå i branncellen?
- Brannrommets tetthet. Hvor mye lekker fra utettheter i bygningskroppen?

## 2.3 Brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg

- Ventilasjonsanlegget. Hva er luftmengden til og fra rommet?

Brannstrøm er et uttrykk for en konstant volumstrøm avgitt fra brannen. Som nevnt tidligere ønsker volumstrømmen å utvide seg termisk. Med ligning 2.10 så vi at økning i temperatur fra 20 °C til 606 °C doblet volumet. Hvis dette skjer med 1 m<sup>3</sup> luft i løpet av 10 sekunder gir dette en brannstrøm på  $2m^3/10s = 0.2m^3/s$ .

Brannstrømmen er gitt av

$$q_b = \frac{PR}{Mcp} \quad (2.12)$$

hvor  $q_b$  er brannstrømmen i m<sup>3</sup>/s,  $P$  er tilført effekt fra brannen i Watt,  $R$  er den universelle gasskonstanten,  $M$  er molvekten,  $c$  er den spesifikke varmen og  $p$  er absolutt trykk. (13) Jensen oppgir en tommefingelregel som gir brannstrømmen i m<sup>3</sup>/s lik tilført branneffekt i MW. (11)

For å sjekke om røykspredning skjer via tilluftskanalen med anlegget i drift kan man gå gjennom tre steg. Dersom den største brannstrømmen er mindre enn tilluftsmengden til rommet, skjer ingen røykspredning med anlegget i drift.

I motsatt tilfelle gjøres en ny beregning hvor trykkfall i kanalnett tas med. Med forutsetning om at branntrykket er likt med trykkfallet over tilluftskanalen, er kanalbrannstrømmen  $q_{bi}$  (m<sup>3</sup>/s) gitt av

$$q_{bi} = q_n \left(1 + \frac{\Delta p_t}{\Delta p_f}\right)^{0.5} \quad (2.13)$$

hvor  $q_n$  er luftmengden,  $\Delta p_t$  er trykkfallet over tilluftskanalen og  $\Delta p_f$  er trykkfallet over avtrekkskanalen. Hvis den største brannstrømmen er mindre enn  $q_{bi}$  spres ingen røyk.

I motsatt tilfelle gjøres en ny beregning hvor rommets lekkasje tas med i beregningen. Lekkasjebrannstrømmen  $q_{bl}$  (m<sup>3</sup>/s) er gitt av

$$q_{bl} = q_l \left(\frac{\Delta p_t}{\Delta p_l}\right)^{0.5} \quad (2.14)$$

hvor  $q_l$  er lekkasjestrømmen fra rommet ved gitt trykkforskjell,  $\Delta p_t$  er trykkfallet over tilluftskanalen og  $\Delta p_l$  er trykkforskjellen ved gitt lekkasjestrøm. Hvis den største brannstrømmen er mindre summen av  $q_{bi}$  og  $q_l$  spres ingen røyk. (17)

### 2.3.5.3 Beregning av røykspredning i kanalnett

Det finnes mange variabler dersom man ønsker å beregne røykspredning i kanalnett. Den viktigste variabelen er lekkasjen fra rommet. Dagens forskrifter krever relativt tette klimaskall, men det stilles ikke de samme kravene til vegger innvendig i bygget. Lekkasjene fra rommet har betydning for både oppbygging av trykk (trykkavlastning) og brannutviklingen (oksygeninnholdet i rommet). Tidsperspektivet for når trykkavlastning skjer på grunn av eventuelle knuste vinduer er en annen variabel.

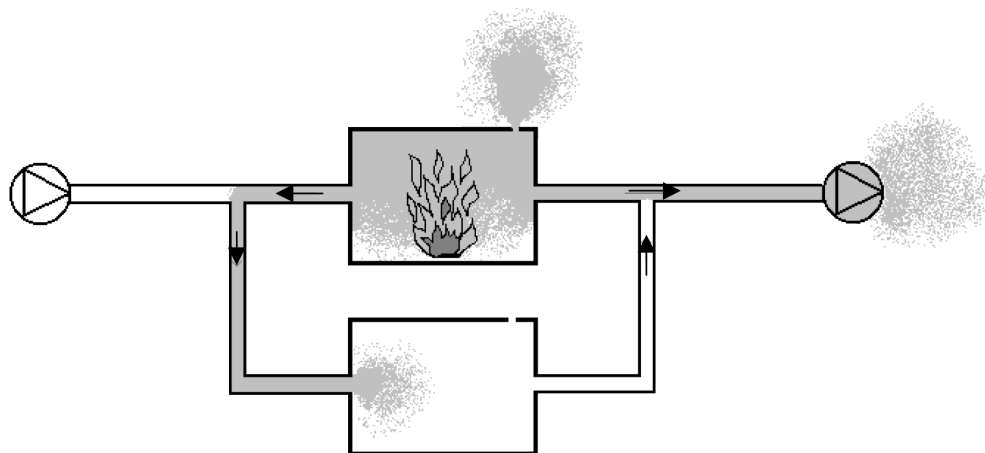
Det er flere matematiske variabler som er vanskelig å forutsi ved en brann, noe som fører til en kompleks håndberegning. Dersom man vil regne på røykspredning i kanalnett, bør et dataverktøy i form av simuleringsprogram benyttes. Man må likevel

## 2. BAKGRUNN

---

gjøre noen antakelser for de ulike variablene. Et forslag til videre fordykning i emnet kan være «Enkel tvåzonsmodell för brandflödessimulering» av Lars Jensen. (11)

Det er viktig å forstå fysikken bak problemstillingen, men hovedfokuset for denne rapporten har vært å finne praktiske tilfeller hvor ventilasjonsanlegg har vært et problem med tanke på røykspredning.



**Figur 2.11:** Prinsippkisse for røykspredning ved høyt trykk - Motstrøms spredning via tilluftskanal. Illustrasjon fra «Brandgasspridning i ventilasjonsanlegg» av Håkansson og Petersson. (18)

### 2.3.6 Strategier for ekstra sikring av ventilasjonsanlegget

Det finnes flere tiltak man kan gjøre for å sikre ventilasjonsanlegget ekstra mot spredning av røyk. Disse tiltakene medfører gjerne bruk av brannspjeld eller røykgassvifte, og øker derfor totalkostnaden på anlegget. Av den grunn bør de vurderes mot kost/nytte. De to vanligste tiltakene er steng-inne og trekk-ut strategi.

#### 2.3.6.1 Steng inne

Denne strategien baserer seg på å montere brannspjeld i alle kanalgjennomføringer mellom brannceller, og på den måten stenge inne røyk og varme i brannrommet. Metoden kan anses å være relativt sikker, men kostbar. Man må også være oppmerksom på at stengt tilluft- og avtrekkskanal vil kunne føre til enda større trykkoppbygging i rommet, slik at mengden røyk ut i utettheter etc. vil øke.

To brannspjeld til hver branncelle kan utgjøre mange spjeld i en bygning. I tillegg innføres en mengde ekstra automatikk som må programmeres. Samtidig stilles det store krav til årlig kontroll og overvåkning av spjeld. Et overslag på installasjon av motorstyrte brannspjeld er 15'000,- kr. per branncelle med 2 stk. ø125 kanaler (tilluft/avtrekk).



### 2.3.6.2 Trekk ut

Trekk ut strategien baserer seg på å la vifter gå under drift, slik at branngasser trekkes ut av brannrommet og føres ut av bygningen. Å la anlegget gå uten ekstra tiltak er en form for trekk-ut strategi. Denne typen anlegg kan sikres ekstra ved å installere by-pass forbi filter og gjenvinner til avtrekkssiden på aggregatet, eller by-pass til en separat temperaturtålig røykgassvifte.

Med anlegg i drift vil røyken som trekkes av fra brannrommet holde en relativt høy temperatur dersom bygningen ikke er sprinklet. Dette diskuteres nærmere i avsnitt 5.3

### 2.3.6.3 Vendt anlegg

Tilluftsvifte snur og blir avtrekk for å trekke ut røyk. Dette skaper da undertrykk i alle rom som kan føre til vanskeligheter med å åpne dører. I tillegg vil overtrykk i brannrommet, og undertrykk i rom som ligger inntil, kunne føre til økt røykspredning gjennom utettheter.

### 2.3.6.4 Separat system for hver branncelle

Dersom man installerer et separat system for hver branncelle i et bygg vil man ikke ha risiko for røykspredning mellom brannceller via kanalnett.

### 2.3.6.5 Uttynning

En nyere variant for å sikre et bygg ytterligere mot spredning av røyk via ventilasjonsanlegget, er å designe anlegget med tanke på uttynning av røykgassene. Prinsippet baserer seg på ventilasjonsanlegg i drift. Røykspredning skjer da nedstrøms via tilluftskanalen.

En måte man kan gjøre dette på er å sørge for at hvert kanalstrekking ender opp i et stort lokale. På denne måten vil det gå relativt store luftmengder i samlingskanalene, slik at røyken vil tynnes ut med mye frisk luft.

Et annet alternativ er å la enden av kanalstrekkingen gå ut til det fri, og stenge dette strekket med et spjeld som er normalt-lukket. Ved deteksjon av røyk i enden av tilluftskanalen åpner dette spjeldet, slik at anlegget trykkavlastes og blandingen luft/røyk blåses ut til det fri. Flere tilsvarende tiltak presenteres i (19).

## 2.4 Bygningsdeler og materialers motstandsevne

Når man snakker om bygningskonstruksjoner og brann hører man betegnelser som «EI30», «EI60» og «A2-s1,d0». Dette er «Euroklasser» som er innført i hele EØS-området, og beskriver branntekniske egenskaper for bygningsdeler og materialer.

*Bygningsdelerens brannmotstand* defineres i NS-EN 13501-2, og klassifiseres med bokstaver etterfulgt av tall. Brannmotstanden er definert i henhold til standardiserte prøvemethoder. Fire kriterier karakteriserer brannmotstanden til en bygningsdel; R, E, I og M.

- R for bæreevne. Angir lastbærende konstruksjon. Prøvestykket skal kunne bære en definert last gjennom hele branntesten.

## 2. BAKGRUNN

---

- E for integritet. Varme gasser og/eller flammer skal ikke trenge gjennom og antenne brennbart materiale på ueksponert side av bygningsdelen på grunn av hull eller utettheter.
- I for isolasjon. Temperaturen skal ikke stige så mye på ueksponert side av veggen at brannen sprer seg på grunn av varmeledning.
- M for mekanisk motstand. Evnen til å tåle påkjenning av bygningsdeler som treffer konstruksjonen under brannforløpet. Konstruksjonen skal motstå et definert sammenstøt uten at kravet til R,E, og/eller I blir brutt.

Bokstavene etterfølges av tiden bygningsdelen skal opprettholde sin funksjon, og er gitt i 15, 30, 60, 90, 120, 180 eller 240 minutter, f.eks. EI30.

*Materialers branntekniske egenskaper* defineres etter NS-EN 13501-1 og betegnes med en kode. For eksempel er «A2-s1,d0» ubrennbart eller begrenset brennbart materiale.

- Klassene A1, A2, B, C, D, E og F sier noe om hvordan materialer bidrar til brannspredning. Av disse betegnelsene er A1 det strengeste ytelsesnivået. For klasse F er det ingen kriterier til ytelse. A1 er ikke brennbart og kombineres ikke med klasse s og d. A2 er heller ikke brennbart, men kan produsere røyk eller dråper og kombineres derfor med s og d.
- Røykintensitet fra materialer er angitt i tre nivåer; s1, s2 og s3, hvor s1 er lav intensitet og s3 er høy intensitet («smoke»).
- Tredje ledd står angir hvor mye brennende dråper man kan få fra et materiale, gitt av; d0, d1 eller d2 («drops»). (20, 21)

### 2.5 Lover og regler

Kommunal- og moderniseringsdepartementet utgir «Forskrift om tekniske krav til byggverk» (TEK) som trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge. (21) Lover og forskrifter er juridisk bindende og må følges.

Som et supplement til forskriftene lager myndighetene veiledninger. «Direktoratet for byggkvalitet» (DiBK) er den sentrale myndighet for det bygningstekniske regelverket, og utgir «Veiledning om tekniske krav til byggverk» (VTEK). Her blir forskriftenes krav forklart og utdypet, og det gis forslag til hvordan kravene kan etterkommes i praksis. (21) Mange av løsningene som blir presentert i myndighetenes veiledere sees på som preaksepterte, men det er ikke noe krav om at disse følges. Dersom man fraviker fra preaksepterte ytelser må man kunne dokumentere at valgt løsning tilfredsstillers forskriften. (22) I tillegg kommer utgivelser fra Norsk Standard, blader og veiledninger fra SINTEF Byggforsk, bransjenormer som f.eks. Ventøk osv. Disse løsningene er ikke lovpålagt, men de er ofte veldokumenterte og *kan* da benyttes såfremt de oppfyller TEK. Unntaket her er enkelte standarder fra Norsk Standard som er lovpålagt ved at de

blir henvist til i Teknisk forskrift, for eksempel NS-3940 for areal- og volumberegninger av bygninger.

I forbindelse med brann og sikkerhet har vi også «Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap» (DSB), som er nasjonal brannstyresmakt i Norge. Ved hjelp av regelverk, tilsyn, informasjon og veiledning blir føringer for brannvern gitt overfor befolkningen, kommuner og virksomheter. (23)

### 2.5.1 Teknisk forskrift 2010

Forskrift om tekniske krav til byggverk (24) trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge. Når det gjelder tekniske installasjoner og brann finner vi gjeldende krav i kapittel 11 i forskriften.

#### § 11-10. Tekniske installasjoner

*(1) Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonen ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg.*

*(2) Installasjoner som er forutsatt å ha en funksjon under brann, skal være slik prosjektert og utført at deres funksjon opprettholdes i nødvendig tid. Dette omfatter også nødvendig tilførsel av vann, strøm eller signaler som er nødvendig for å opprettholde installasjonens funksjon.*

#### § 11-8. Brannceller

*(1) Byggverk skal deles opp i brannceller på en hensiktsmessig måte. Områder med ulik risiko for liv og helse og/eller ulik fare for at brann oppstår, skal være egne brannceller med mindre andre tiltak gir likeverdig sikkerhet.*

*(2) Brannceller skal være slik utført at de forhindrer spredning av brann og branngasser til andre brannceller i den tid som er nødvendig for rømning og redning.*

Dette er de overordnede krav fra myndighetene som man må ha i bakhodet når man leser rapporten videre. Diskusjon og tanker rundt lover og regler kommer vi tilbake til i kapittel 5.

## 2. BAKGRUNN

---

## Kapittel 3

# Tidligere studier og forskning

I dette kapittelet gjennomgås tidligere studier med fokus på praktiske erfaringer, samt rapporter fra DSB og SINTEF. Noen av rapportene dreier seg om ventilasjonsanlegget spesifikt, mens andre ser generelt på problemområdet brann- og røykspredning.

### 3.1 Rapporter fra DSB

Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, DSB, skal tilrettelegge for at forebyggende brannvernarbeid blir vektlagt (25). I rapporten «Kjennetegn og utviklingstrekk ved næringsbranner (1986-2009)» (26) står det at

*“Som tilsynsmyndighet skal direktoratet granske særskilte hendelser som har ført til tap av liv eller betydelig skade på person eller materiell. (...) Hensikten med granskning er å fremme tiltak for å hindre gjentagelse.”*

Begrepet *granskning* har etterhvert begrenset seg til omfattende gjennomganger, og DSB bruker nå *undersøkelser* som begrep hvor interessante hendelser gjennomgås. Det er viktig å undersøke hendelser for å kunne trekke ut lærdom som senere kan brukes til forebyggende arbeid.

De granskningene og undersøkelsene som er gjort offentlig tilgjengelig ligger på DSB sine hjemmesider. Dette omfatter 32 branner. I arbeidet med denne oppgaven er alle rapportene som i tabell 3.1 gjennomgått.

Hendelse	Dato
<b>Hotell Caledonien, Kristiansand 1986</b>	<b>05.09.1986</b>
Terrassehus, Tårnfjellveien 35-40 i Skien	26.05.1990
Boligblokk i Slalomveien 5, Moss	24.09.1990
Rekkehus eldreboliger, Lindholmvn. 25, Tjøme	21.01.1991
Tangen næringsssenter, Støperigata 7, Drammen	08.02.1991
Trondheim Hotell, Kongens gate 15, Trondheim	11.03.1991

Tabell 3.1 - fortsetter på neste side

### 3. TIDLIGERE STUDIER OG FORSKNING

---

Tabell 3.1 – *fortsatt fra forrige side*

Hendelse	Dato
Wullum vulkanisering A/S, Heggstadmoen i Trondheim	17.08.1991
Farvemiljø Nord A/S, Pålsvai 1 i Bodø	02.10.1991
Hotell Havly i Svolvær	25.02.1992
Hjerkin fjellstue på Dovre	18.07.1992
Skinnarbu A/S	07.01.1993
Arresten ved Kristiansand politikammer	25.07.1993
Fresvik bygdeheim i Vik i Sogn	14.03.1994
Ottestad bo- og servicesenter 1994	21.04.1994
Søre Ål- og servicesenter, Lillehammer	01.01.1995
Bergen Landsfengsel	22.01.1996
Selvbyggerveien på Årvoll, Oslo	08.01.1998
Bolig på Tautra, Frosta Kommune, Nord-Trøndelag	07.04.1998
Bygård, Kjølberggata 11, Oslo	19.07.1998
Molde kretsfengsel	12.04.1999
Vinje Hotellpark	10.11.1999
Hovseterhjemmet i Oslo	21.04.2000
Kjøretøyer i Seljestadtunnelen på E134 i Odda kommune	14.07.2000
Domus Kjøpesenter i Narvik	05.09.2000
Solar Electroengros A/S	04.01.2001
Bergseng bo- og servicesenter 2001	18.03.2001
Økern Torgvei i Oslo	23.05.2001
<b>Midtbyen i Trondheim</b>	<b>07.12.2002</b>
<b>Sveio Omsorgssenter</b>	<b>08.06.2007</b>
Evaluering av brannen i Prestmosvegen 15, Nannestad	28.09.2008
Stasjonsgata 36 i Drammen	09.11.2008
M/S Nordlys	15.09.2011

**Tabell 3.1:** Granskninger og undersøkelser av branner fra DSB og DBE

Oppsummert viser gjennomgangen av disse rapportene enkelte problem som dukker opp ofte i forbindelse med brann- og røykspredning. Åpne dører er en gjenganger, det samme er manglende seksjonering. De rapportene hvor ventilasjonsanlegget nevnes er markert med fet skrift i tabell 3.1 og nøyere beskrevet i kapittel 4, Gjennomgang av tidligere branner. Erfaringer og evalueringer.

DSB har også kommet med diverse andre brannrelaterte publikasjoner. Oppsummering av de mest relevante av disse følger her.

#### 3.1.1 Veiledning til forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn

Ventilasjonsanlegg er ikke spesifikt omtalt, men det påpekes at det ved endring av eksisterende installasjoner ofte branntettes utilstrekkelig rundt nye gjennomføringer.

*“Oppføring, endring eller reparasjon av branntekniske aktive eller passive installasjoner er typiske eksempler på arbeider som kan ha konsekvenser i forhold til krav til sikkerhet. Ventilasjonskanaler eller andre rørgjennomføringer som går igjennom brannvegger uten at det tettes forskriftsmessig er dessverre ikke uvanlig, og kan få katastrofale konsekvenser.” (27)*

### 3.1.2 Kjennetegn og utviklingstrekk ved dødsbranner og omkomne i brann

I rapporten gjennomgås brannstatistikk fra 1986 til 2009. Statistikken viser at katastrofebranner med flere enn 4 omkomne skjer svært sjelden. I perioden fra 1997 til 2008 var det to slike branner. For årene 1997-2009 var forholdet mellom dødsbranner og antall omkomne i brann 1,15. Det vil si at det i de aller fleste tilfeller er én person som omkommer i brann.

Hele 8 av 10 som dør i brann omkommer i sin egen bolig, hvor kjøkkenet og stua er stedene hvor det oftest starter å brenne. Av de som omkommer viser statistikken at personer over 70 år er sterkt overrepresentert. Det er et mål i stortingsmelding nr 35. (2008-2009) at færre skal omkomme i brann. Stortingsmeldingen indikerer at hovedvekten av forebyggingsarbeidet bør skje i boliger, siden det er her de aller fleste omkommer. (28)

### 3.1.3 Kjennetegn og utviklingstrekk ved næringsbranner 1986–2009

Statistikk viser at 31 % av bygningsbranner i perioden 1992-2009 skjedde i næringsbygg. Antall omkomne i næringsbygg utgjorde 7 % av totalt antall omkomne i brann i perioden. Granskinger viser at store konsekvenser ved brann oftest skjer der Bygningsloven/byggeforskriftene har blitt fraveket eller forsømt. Selv om den relative andelen omkomne er liten, står forsikringsutbetalinger ved næringsbranner for omtrent halvparten av totale utbetalinger ved brann. «Overnattingsvirksomhet» går inn under kategorien næringsbygg, det samme gjør «Serveringsvirksomhet». For begge disse næringene er kjøkkenet det rommet hvor flest branner starter, hhv. 18 % og 36 %. I et ventilasjonsteknisk perspektiv viser dette at kjøkkenventilasjon må ha spesielt brannteknisk fokus. (26)

## 3.2 Rapporter fra SINTEF NBL

Ved SINTEF NBL as - Norges branntekniske laboratorium (nå SP Fire Research AS) jobbes det med undersøkelser og forskning på brannsikkerhet. Det er foreløpig ikke utført noe spesifikt studie av ventilasjonsanleggets innvirkning på brannforløpet, men i følge forskningsleder Anne Steen-Hansen jobbes det med å planlegge et slikt prosjekt (E-post, 10.03.2014). Derimot er det utført endel analyser av brannhendelser som har forekommet.

### 3. TIDLIGERE STUDIER OG FORSKNING

---

#### 3.2.1 Branner; systematisering og analyse (1984)

Tidlig på åttitallet ble prosjektet «Branner; systematisering og analyse» gjennomført, hvor hensikten var å beskrive «(...) de enkelte faktorenes betydning for branners forløp og skaderesultat.» (29) Under arbeidet ble 33 inntrufne branner analysert. Selve analysene ble publisert i 7 delrapporter før sluttrapporten med tittelen «Branners utvikling og skaderesultat» oppsummerer de samlede resultatene. I sluttrapporten gis det en oversikt over hvilke veier brannen har spredd seg mellom bygninger og brannceller. I ett tilfelle er det registrert brannspredning via kanalgjennomføring. Den vanligste registrerte årsaken til spredning mellom rom i bygning er gjennombrenning av brennbare vegger og dører, etterfulgt av åpning i vegg og åpne dører.

I rapporten omtales ventilasjonsanlegg under kapittel 4.18 - «Tekniske installasjoner»:

*“I tre av brannene var tvungen ventilasjon i funksjon i brannsonen eller dens umiddelbare nærhet. Man har ikke kunnet påvise noen forløpspåvirkende betydning ved noen av disse tilfellene som alle var institusjonsbranner. Dette gjelder både før og etter at ventilasjonsanlegget stanset.”*

#### 3.2.2 Brannsikring av sykehus (1981)

Et studie utført i 1981 av Steinar Lundberg ved SINTEF NBL. (30) Rapporten så på erfaringer fra 16 branner ved sykehjem i Norge, Sverige, USA og Canada. Ventilasjonsanlegget er nevnt tre steder i rapporten.

- Forsøk utført av National Bureau of Standards (NBS) baserte seg på brann i et garderobeskap av kryssfiner. Det ble slått fast at ventilasjonssystemet ikke innvirket på reaksjonstiden til sprinklerhodene eller på konsentrasjonen av røyk og CO målt under testene.
- Brann på Extencicare Skilled Nursing Facility. Ventilasjonsanlegget var i drift, og det spredde ikke noe røyk. (avsnitt 4.4).
- Brann på National Institutes of Health Clinical Center. Overstrømning fra korridor kan ha bidratt til røykspredning. (avsnitt 4.5).

I 6 av 16 branner som ble gjennomgått nevnes åpne dører som hovedårsaken for røykspredning. Lundberg konkluderer med at «*personalets opplæring og trening er helt nødvendig for å få en effektiv slukke- og redningsinnsats.*»

#### 3.2.3 Røykspredning i bygninger (1994)

Et studie utført ved SINTEF NBL, som tar for seg generell røykspredning i bygninger. (31) Rapporten kommer med forslag om hvor aktiv røykkontroll med trykksetting bør benyttes. Røyksonekontroll ved hjelp av multifunksjonsspjeld nevnes også som et aktivt tiltak. Om ventilasjonsanlegg oppsummeres det



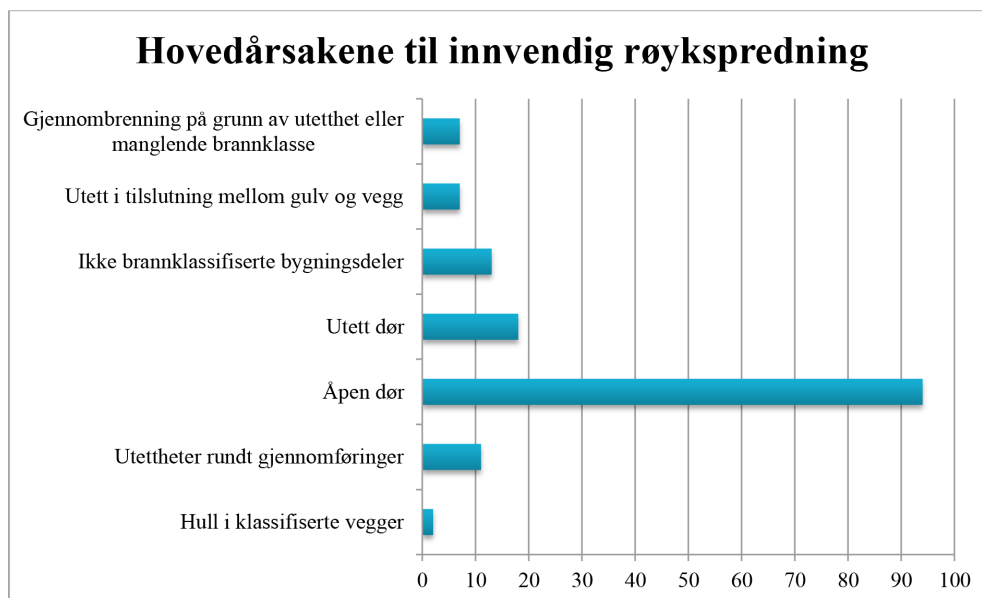
### 3.3 Oslo Kommune, Brann- og redningsetaten. Årsrapport 2013

*"Et ordinært ventilasjonsanlegg (dvs ikke tiltenkt til bruk for aktiv røykkontroll) bør være i drift både under evakuering av bygget og under slukkearbeidet. Avtrekksystemet sprer sjelden røyk til andre rom i bygningen. Tilluftssystemet kan spre røyk til rom som ligger nedstrøms i tilluftssystemet. (...)"*

I rapporten refereres det forøvrig til Lars Jensen sin rapport som her blir presentert i avsnitt 3.4.

### 3.3 Oslo Kommune, Brann- og redningsetaten. Årsrapport 2013

I Brann- og redningsetatens årsrapport finnes nøkkeltall og statistikk fra etatens registrerte branner i 2013. Det ble registrert 449 bygningsbranner. I 25 % av tilfellene har rømningsveiene vært fylt av røyk når brannvesenet har ankommet stedet. Åpen dør mellom branncellen hvor brannen starter og rømningsveien er den vanligste årsaken til røykfylling. Etatens erfaringer viser at dørene ofte blir stående oppe når folk rømmer.



**Figur 3.1: Årsaker til innvendig røykspredning** - Åpen dør leder statistikken med god margin. Figur fra Oslo brann- og redningsetat sin årsrapport fra 2013. (32)

I 36 % av tilfellene spredte røyken seg fra startbrannrommet. I figur 3.1 kan man se at åpen dør er den helt klart største grunnen til røykspredning. Også utettheter rundt gjennomføringer er relativt godt representert. Røykspredning via ventilasjonsanlegg er ikke nevnt. (32)

### 3. TIDLIGERE STUDIER OG FORSKNING

---

#### 3.4 Spridning av røk og brandgaser i ventilationssystem (1993)

Del av forskningsinnsats støttet av Brandforsk, og utført av Lars Jensen ved Lunds tekniska högskola i 1993. (13) Studiet har i hovedsak en matematisk tilnærming til problemet med røykspredning i ventilasjonsanlegg, og det gjøres beregninger på avtrekksanlegg og balanserte anlegg. Det er imidlertid også inkludert ett kapittel med litteraturstudie og ett kapittel med oppsummering av samtaler med brann- og redningspersonell i Sverige. Rapporten oppsummeres som vist i tabell 3.2

Tilfelle	Ventilasjonsystem	Klimaskall	Røykspredning
1	I drift	Helt	Liten
2	I drift	Ødelagt	Ingen
3	Avslått	Helt	Stor
4	Avslått	Ødelagt	Moderat

**Tabell 3.2: Røykspredning** - Resultater fra beregninger i Lars Jensens rapport.

Det konkluderes med at det er best dersom ventilasjonsanlegget er i drift og ikke stoppes. Det påpekes imidlertid at det ikke er gjort noen forskjell på avtrekksventilasjon og balansert ventilasjon i sammenstillingen av resultatene. I et balansert system vil røyken spre seg via tilluftskanalen dersom branntrykket overstiger trykket fra tilluftsventil til samlingskanal.

Kapittel 10 i Jensens rapport har tittelen «Kontakter med forskare, konsulter og tillverkere», og oppsummerer telefonintervjuer med en rekke personer. Jensen skriver:

*“En sammenfattning av intervjuerna är att det fanns inga exempel på rökspredning via ventilationssystemet mellan olika brandceller”*

Det påpekes også at det i praksis er vanskelig å si om ventilasjonsanlegget har bidratt til røykspredning, da det finnes mange andre spredningsveier som f.eks. heissjakter og korridorer.

Et tilfelle som ikke går på røykspredning mellom brannceller, men som ble nevnt av flere intervjuobjekter, var spredning av røyk fra brann i nabobygg pga. innsug over inntaksrist uten at tilluftsviften stopper.

Kapittel 11 tar for seg intervjuer med redningspersonell for å finne faktiske branner hvor røykspredning har forekommet via ventilasjonssystemet, og er utført av branningeniør Patrik Bylin. Det er intervjuet 35 personer fra brannvesen og 13 sakkyndige fra private bransjer. Oppsummeringen av disse intervjuene er på tre sider i Jensens rapport, og i korte trekk kommer dette frem:

- Røykspredning i ventilasjonskanalene forekommer, men det er vanskelig å si hvor mye som skyldes dette i forhold til andre ting, som f.eks. utette gjennomføringer, ødelagte dører og vindu osv.

### 3.5 Osäkerheter vid brandteknisk dimensionering av ventilasjonssystem (2006)

---

- De fleste brannfolkene som ble intervjuet rører ikke styringen av ventilasjonsanlegget under brann (om det skal slås av eller på).
- Fordelen med å ha anlegget i gang er mer kontroll på røykspredningen. En ulempe er at oksygen tilføres brannen via tilluftssystemet. Imidlertid er luftmengden fra ventilasjonsanlegget normalt liten i forhold til hva brannen krever, slik at man i stor grad kan se bort fra dette.
- Dersom man slår av ventilasjonsanlegget vil røykgassen bevege seg mer ukontrollert.
- Ett tilfelle hvor det brant i en butikk i Stockholm førte til relativt stor spredning via ventilasjonsanlegget fordi avkastet fra butikken ble brukt til å varme opp en garasje i kjelleren.
- Et relativt vanlig tilfelle av røykspredning er kortslutning mellom inntak- og avkastluft, eller at røyk fra nabobygg som brenner trekkes inn i inntaksluften. Det er nevnt seks eksempler på slike branner i rapporten. I tillegg er det nevnt problemer rundt brannspjeld plassert i inntaket, med smeltesikring som ikke har utløst.

### 3.5 Osäkerheter vid brandteknisk dimensionering av ventilasjonssystem (2006)

En masteroppgave utarbeidet av Nils Johansson ved Lunds tekniske högskole som har sett på usikkerhetsfaktorer rundt røykspredning i ventilasjonssystemet. (10)

Som en del av studiet har Johansson vært i kontakt med en tjuetalls redningstjenester i Sverige, og konklusjonen fra dette er følgende:

*«Inget konkret fall där brandgaser spridits i ett korrekt utformat system med fläktar i drift har hittats. (...) Mot bakgrund av studien av incidenter förefaller det inte som om brandgasspridning via ventilationssystemet, i förhållande till andra konsekvenser, utgör en stor fara vid en brand.»*

Forfatteren har med erfaringer fra seks branner hvor det har forekommet røykspredning via ventilasjonsanlegget. I alle tilfellene er det feil rundt utførelsen av anlegget. Andre faktorer som f.eks. åpne dører nevnes som et problem. For å kunne si noe mer om ventilasjonsanleggets praktiske innvirkning på brann- og røykspredning, påpekes det at ytterligere fokus på problematikken er nødvendig i brannvesenets rapporter etter branner.

I forbindelse med Johanssons masteroppgave ble det også utført brannsimuleringer i en usikkerhetsanalyse. Resultatet av simuleringene viste i motsetning til de praktiske erfaringene at spredning i ventilasjonsanlegget kan være et problem ved brann. Det har i disse simuleringene vært nulltoleranse til spredning. Det vil si at det kun er sett på om røyk spres eller ikke, og ikke mengden med røykspredning. Johansson mener at det må være opp til hver enkelt konstruktør å avgjøre hvorvidt man skal tillate noe røykspredning i ventilasjonsanlegget.

### **3. TIDLIGERE STUDIER OG FORSKNING**

---

## Kapittel 4

# Gjennomgang av tidligere branner. Erfaringer og evalueringer

I dette kapittelet finnes eksempler på branner som har vært, hvor ventilasjonsanlegget er nevnt i forbindelse med brannen. Dette er basert på gjennomgang av brannrapporter og publikasjoner, intervjuer med ulike personer, samt befaring på brannsted.

### 4.1 Alstahaug sykehjem, 16. mars 1979

Brannen er omtalt i en SINTEF NBL rapport fra 1981. (33) Brann på sykehjem i Sandnessjøen, hvor det var 27 pasienter på sykehjemmet og 14 mennesker omkom. Det var et standard ventilasjonsanlegg i bygget, og alle rom hadde en tilluftsventil og en avtrekksventil. Tre tilluftskanaler lå på loftet og to avtrekkskanaler lå over himling i korridor. Det var termiske brannspjeld (utløsningstemperatur 70°C) i alle ventilasjonskanalene; både ved brannvegg og seksjoneringsvegg. Kjøkkenet hadde eget ventilasjonsanlegg.

En stor del av årsaken til det katastrofale resultatet av brannen skyldtes at dører ikke ble lukket, i hovedsak dør mellom korridor og sengerommet hvor brannen startet. Hendelsesforløpet sier at brannspjeld ved brannskillet i østre ventilasjonskanal slår inn, og at dette fører til naturlig konveksjon til de andre rommene på samme kanal som arnestedet. *Så lenge ventilasjonsanlegget er i gang (spjeld oppe/vifte går), er røykspredningen via kanalen liten eller uten betydning.*

Etterforskningen fra brannen fastslår at svært brennbare polyuretanskummadrasser førte til meget stor røykutvikling, og at endring av madrassene til en modifisert type (økt oksygenindeks) ville ført til at brannen hadde slukket seg selv i startfasen. Økt oksygenindeks betyr at det trengs tilgang på mer oksygen for å opprettholde forbrenningen. Også automatisk lukkeanordning på dører til pasientrom ville gitt betydelig færre omkomne, da åpne dører var den vesentlige røykspredningsveien.

## 4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER

---

### 4.2 Gullhella sykehjem, 6. november 1979

Brannen er omtalt i en SINTEF NBL rapport fra 1981. (33). Brann i en gammel trebygning på to etasjer, hvor fem mennesker omkom. Også her var åpne dører et stort problem. Det var installert avtrekksventilasjon i bygget. Det er nevnt i rapporten fra brannen at det var spredning av sot, røyk og varme til rom nærmest brannsonen gjennom avtrekksventil over dør. *Røykspredning via avtrekkskanaler startet først da viftene stoppet, og da i en langt mindre utstrekning enn via åpne dører.*

### 4.3 MGM Grand Hotel, Las Vegas. 21. november 1980

Det følgende er hentet fra NFPA sin granskningsrapport etter brannen. (34) Katastrofebrann i et gigantisk hotell på «The Strip» i Las Vegas, hvor 85 mennesker omkom og over 600 ble skadd. Ventilasjonsanlegget var en av grunnene til røykspredning. Hotellet ble bygd på tidlig 70-tallet og hadde 21 etasjer med gjesterom, i tillegg til Casino, restauranter og annen underholdning på bakkeplan. De fleste omkomne ble funnet høyt oppe i bygningen, langt unna der selve brannen var.



**Figur 4.1: Prinsippskisse i snitt** - Vertikal røykspredning via heissjakter og trapperom.  
Illustrasjon: compactdynamics.com

### 4.3 MGM Grand Hotel, Las Vegas. 21. november 1980

---

Brannen startet i utgangspunktet som følge av en elektrisk feil i en del av en restaurant i 1. etasje. Hotellet var bare delvis sprinklet, og store områder som Casinoet og restauranten «The Deli», hvor brannen startet, hadde ikke sprinkler. Da overtenning inntraff på «The Deli» spredde brannen seg med ekstremt stor hastighet mot Casinoet. Rapporten beskriver at røyk spredde seg til tårnene hvor hotellrommene var via trapperom, heissjakter, «jordskjelvskjøter» og ventilasjonsanlegg. Mange ble hindret i å rømme fra de store tårnene fordi røyk fylte seg opp i trapperommene og korridorer. *Gjestene ble ikke varslet da det ikke var installert automatisk brannalarm-anlegg.* En rekke sammenfallende hendelser førte til det tragiske utfallet. Følgende er listet opp som hovedgrunner:

- Ekstremt rask brann- og røykutvikling i Casino-etasje, på grunn av mye brennbart materiell, bygningens utforming og manglende brannseksjonering.
- Manglende utstyr til brannslukking i den tidlige fasen av brannen.
- Ubeskyttede vertikale åpninger bidro til røykspredning til tårnene hvor hotellrommene lå.
- For dårlig standard på røyktetting av trapper og korridorer som var ment for rømning gjorde det vanskelig å evakuere fra tårnene.
- Røykspredning i tårnene på grunn av ventilasjonsanlegget.
- Vertikal røykspredning i heissjaktene.

Det tekniske rommet var plassert på tak. Ubeskyttede vertikale åpninger (heissjakter, «jordskjelvfuger») endte i et plenumsområde over taket i 26. etasje. Varme og røyk spredte seg hit og deretter til teknisk rom på tak. Noe røyk spredde seg også via toppen av heissjaktene og til heishuset på taket, og deretter inn i teknisk rom. Fire aggregater, ett på 73'000 m<sup>3</sup>/h og tre på 81'500 m<sup>3</sup>/h forsynte korridorene i tårnene på hotellet. Disse aggregatene hentet luft direkte fra innsiden av det tekniske rommet. Det var rister i veggen som var åpne ut mot taket. Disse ventilasjonsaggregatene som tilførte behandlet luft til korridorer via sjakter, var ikke utstyrt med røykfølere som stoppet aggregatet og lukket inntak/avkast-spjeld. Dette førte til at ventilasjonsaggregatene hentet røyk og tilførte det til korridorer i gjesterommdelen av hotellet. Gjesterommene var utstyrt med fancoil-enheter som hentet luft fra korridor. Avhengig av om fancoil-enhetene var i drift og trykkforskjeller mellom korridor og gjesterom, spredte røyken seg i varierende grad på denne måten.

Det er flere steder i rapporten nevnt «mixing room». Det er grunn til å tro at en del av friskluften på hotellet var blandet med filtrert omluft for å redusere spare energi i forhold til kjøling, da dette har vært/er vanlig på steder hvor det er høyt kjølebehov (som i Las Vegas). Enkelte av ventilasjonssystemene på MGM var utstyrt med termiske brannspjeld, men disse var ikke i drift. Det ble oppdaget at flere termiske sikringer var byttet ut med ståltråd, og enkelte av spjeldene var boltet fast i åpen posisjon.

## 4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER

---

### 4.3.1 Oppsummering og tanker rundt MGM

NFPA som etterforsket brannen, fastslår at den største feilen ved bygningen var at den kun var delsprinklet. At bygningen manglet brannalarmanlegg gjør heller ikke saken bedre. Brannen på MGM førte til at Nevada senere innførte et meget strengt regelverk for sprinkler, som også førte til at alle eksisterende bygninger måtte fullsprinkles.

Brannen viser viktigheten av å installere røykfølere i et ventilasjonsanlegg som stenger av aggregatet dersom det oppdages røyk i anleggets inntak, samt at brannspjeld koblet til omluftsanordning fungerer som det skal. Det er heller ikke en god løsning at gjesterommene hadde luftoverstrømning fra korridor via fancoil.

Røykspredningen som har forekommet på grunn av ventilasjonsanlegget i denne brannen må sies å være på grunn av feil prosjektering og/eller utførelse.

### 4.4 Extencicare Skilled Nursing Facility, Mississauga, Canada

Brannen er omtalt i rapporten «Brannsikring av sykehus» av S. Lundberg fra 1981. (30) Katastrofebrann i et tosengs pasientrom i 3. etasje i den 3. etasjes høye bygningen. Brannen krevde 25 menneskeliv, alle døde av CO-forgiftning. Etasjeskiller bestående av stålplater og betongplater. Bæreveggene var i teglstein. Innerveggene var av stålstendere og gipsplater isolert med ubrennbar isolasjon. I startbrannrommet besto brannbelastningen av en dobbelseng, en lenestol og et kjøleskap. Kun startbrannrommet ble brannskadet, utover dette var det kun røyk- og vannskader. *Ventilasjonsanlegget gikk under brannen, og det spredde ikke noe røyk.* Faktorer som bidro til katastrofen var hurtig brann- og røykutvikling, sen varsling til brannvesenet, mislykket brannslukking i startfasen og mange dører som ble stående åpne.

### 4.5 National Institutes of Health Clinical Center, Bethesda, Maryland

Brannen er omtalt i rapporten «Brannsikring av sykehus» av S. Lundberg fra 1981. (30) Brann i 9. etasje i et høyhus. Pasientene ble raskt evakuert fra brannsonen, men døra inn til startbrannrommet ble ikke lukket og dette medførte en hurtig røykspredning ut i korridoren. Brannseksjonering hindret brannspredning utover startbrannsonen. Branndører hindret røykspredning til hovedtrapperommet. *Ventilasjonssystemet brukte korridorene som returluftkanal, noe som tilsynelatende økte den vertikale røykspredningen (fra 7. – 14. etasje).* Dette tyder på overstrømning mellom brannceller, noe som må sies å være en uheldig løsning.

### 4.6 Brannen på Hotell Caledonien, 1986

En brann som ofte nevnes i forbindelse med røykspredning i ventilasjonsanlegg er brannen på Hotell Caledonien den 5. september 1986. Grunnen til dette er at de fleste omkomne ble funnet på steder hvor det ikke brant.(35)



## 4.6 Brannen på Hotell Caledonien, 1986

---

Brannen startet tidlig på morgenen i 1. etasje og spredde seg siden til 2. og 3. etasje. Likevel ble alle de omkomne funnet på steder som var relativt langt unna selve brannområdet. Hele 11 av 14 ble funnet i de fire øverste av de 12 etasjene. To stk ble funnet i 3. og en i 7. etasje. Alle de omkomne døde på grunn av røykspredning. De første meldingene fra media meldte at røyken hadde spredd seg via ventilasjonsanlegget (ref. samtale med Guttorm Liebe). Undersøkelser som ble gjort i etterkant viste derimot at ventilasjonsanlegget bidro relativt lite til røykspredningen.

Ventilasjonsanlegget var utformet som et avtrekksanlegg, med et avtrekk på badet og tilluft gjennom spalte ved vinduer. Selv om anlegget stoppet på et tidlig tidspunkt, så førte oppvarming av sjaktene til termisk oppdrift i avtrekkskanalene. Dette førte til noe undertrykk ved avtrekksventil på bad. Røyk som presset seg inn rundt dørene til hotellrommene ble derfor ført til badet. Det var en rekke andre faktorer som førte til det dramatiske utfallet:

- Manglende seksjonering i 1. og 2. etasje.
- Utette dører til trapperom og heissjakter. Den største delen av røykspredningen skyldtes relativt store åpninger rundt heisdørene til personalheisene. Heisdørene fungerte slik at de åpnet seg i den etasjen heisstolen sto i. Den ene heisstolen sto i 9. etasje, og det medførte særlig store røykmengder her.
- Etter noe tid spredde brannen seg til 3. etasje på grunn av utettheter rundt et nedløp for vann fra taket.
- Dørene til de to trapperommene var gamle og slitte, og var ikke utført for å hindre røykgjennomtrengning til trappesjaktene. Trapperommene ble tidlig fylt med røyk fordi de hadde direkte dørforbindelse til 1. og 2. etasje. Ingen av gjestene på hotellet kom seg ut via trappene.
- Dørene fra korridor til gjesterommene var heller ikke røyktette. Overtrykk i korridor førte til røykspredning inn til hotellrommene.
- Rundt gjennomføringene for ventilasjonskanalene og andre gjennomføringer i veggene i 1. etasje fantes store utettheter. Disse utetthetene medvirket i høy grad til horisontal røykspredning. Det er imidlertid lite trolig at de hadde betydning for vertikal røykspredning. Ingen av kanalene fra de 3 nederste etasjene hadde noen tilknytning til gjestedelen.
- Branngassene som forplantet seg til trapperommene i 1. og 2. etasje fylte trapperommene helt med røyk. Det var i utgangspunktet en mekanisk avtrekksanordning i toppen av trapperommet, men denne var ikke i drift. Viftene for det mekaniske avtrekket var tilkoblet bygningens sterkstrømsanlegg uten at tilførselen var spesielt sikret mot brann.

Denne listen viser at ventilasjonsanlegget har vært underordnet i forhold til andre røykspredningsveier. Det faktum at ingen av kanalene fra de tre nederste etasjene hvor brannen pågikk hadde tilknytning til gjesterommdelen, utelukker uansett betydelig røykspredning denne veien. Den delen av ventilasjonsanlegget som *har* bidratt røykspredning, er utettheter i gjennomføringer rundt kanaler.

## 4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER

---

### 4.7 Domus Kjøpesenter i Narvik, 2000

Brann etter stenetid, ingen omkomne. Sprinkleranlegget var av uvisse grunner avslått. Hele varehuset ble fylt med røyk. Kjøpesenteret hadde ventilasjonsanlegg med omluft, og anlegget kan ha vært med på å spre røyken i bygget. Rapporten sier imidlertid at det er sannsynlig at det store åpne volumet kombinert med at sprinkleranlegget var avstengt har betydd mest for røykspredningen. (36)

### 4.8 Brannen i Midtbyen i Trondheim, 2002

Utdrag fra DSBs rapport. (37) Verdier for over 200 millioner kroner gikk tapt. Brannen startet i en frityrgrype på kjøkkenet i første etasje til restaurantene News og Ricks i Nordre gate 11 i Trondheim. Bygget var oppført i to etasjer pluss kjeller og loft.

Brannen ble meldt til Trondheim brannvesen kl. 10.45.39. Da røykdykkere ankom gikk de umiddelbart inn på kjøkkenet, og konstaterte at brannen var slokket. Det strømmet vann fra vegger og tak i rommet, sannsynligvis som følge av at sprinkleranlegget var utløst. Røykdykkerne stengte da sprinkleranlegget fordi de oppfattet at brannen måtte være slokket. Imidlertid hadde brannen spredt seg til ventilasjonsrommet i etasjen over, og da brannvesenet oppdaget spredningen brant det i fasaden og ved ventilasjonsrommet.

Nordre gate 11 var rehabilitert i to trinn de senere år, og byggesaken startet i 1997. Byggesaken fulgte kravene til brannsikkerhet etter Byggeforskrift 1987, og var ikke representativ for Teknisk forskrift 97. Byggesaken som hadde foregått over fem år dreide seg i hovedsak om å utvide virksomheten slik at gjesteantallet kunne økes. Det var derfor personsikkerhet og rømningsforhold som ble fokusert i saken. Dette førte til at ventilasjonsrommet som i følge forskriftskravene skulle ha vært branncellebegrensende bygningskonstruksjon, ikke ble fulgt opp i forhold til den faktiske brannmotstanden det hadde. Rask spredning til byggets fasade i bakgården viser at konstruksjonen etter all sannsynlighet ikke har hatt tilfredsstillende brannmotstand. DSB sin rapport sier at dette er en svikt hos alle som var involvert i byggesaken, både eier, rådgivere, bygningsmyndigheter og brannvesen.

Det fantes en avtale med et firma om service og vedlikehold av ventilasjonsanlegget. Avtrekkshetten på kjøkkenet hadde fettutskillere, og det var rutine for ukentlig renhold av disse. Kanalen fra avtrekket på kjøkkenet gikk opp igjennom ventilasjonsrommet og rett ut over tak. Sommeren 2002 ble det montert en vifte på eller like ved toppen av avtrekkskanalen for økt avtrekksmengde fra kjøkkenet. Kjøkkenavtrekket var et eget lukket system. Det var i tillegg montert luftkjølingsanlegg på kjøkkenet. Ventilasjonsrommet i andre etasje var ikke dekket av sprinkler.

DSB vurderer at det kan ha vært tre mulige spredningsmåter, eller en kombinasjon av disse:

- Fra avtrekkshetten kan brannen ha spredd seg videre ved varmeledning som følge av oppvarming av godset i kanalen og hette, og ved antennelse av fett i kanal og avskillere. *Kanalen har sannsynligvis vært uisolert.*

- Det kan ha vært åpninger i avtrekkskanalen fra kjøkkenet og opp til andre etasje som har ført til at fett har avleiret seg på utsiden av kanalen og i gjennomføringer. Dette fettet kan i kombinasjon med varmt kanalgoods ha antent annet brennbart materiale.
- Videre er det mulig at det kan ha vært hulrom mellom avtrekkskappe og vegg på kjøkkenet hvor flammer fra frityrgrya kan ha spredd seg til annet brennbart materiale.

Brannen har utviklet seg i trevirke i konstruksjonen rundt ventilasjonsaggregatene og i kledning i fasaden. Ventilasjonskanalene fra både News og Ricks var lagt over loftet og ned i ventilasjonsrommet, samt på strategiske steder i restaurantene. Tetting av kanalgjennomføring kan ha vært mangelfull, særlig tettingen rundt gjennomføringen fra loftet og ned i ventilasjonsrommet.

I vurderingen av byggesak og brannsyn er det ett forhold som ikke var godt nok ivaretatt når det gjaldt brannsikringen av Nordre gate 11: «Brannmotstanden i konstruksjonene i ventilasjonsrommet var sannsynligvis ikke tilfredsstillende».

### 4.8.1 Oppsummering og tanker rundt brannen i Midtbyen

Dersom avtrekkskanalen fra frityrgrya har vært uisolert, har denne kanalen vært svært brannfarlig. Olje fra frityren kan ta fyr inne i kanalen, og medføre stor brannfare. Brannen i Thorvald Meyers Gate (avsnitt 4.11) er et annet eksempel på dette. Dette viser nok en gang viktigheten av å sikre avtrekkskanaler fra kjøkken på en god måte.

## 4.9 Sveio Omsorgssenter, 2007

Utdrag fra DSBs rapport (38). To pasienter omkom ved avdeling for senil demente. Brannen hadde et forløp på ett til maks tre minutter før den ble ukontrollerbar. Bare et automatisk slokkeanlegg kunne ha begrenset eller stoppet brannforløpet. I evalueringen står det at brannen hadde begrenset tilgang på luft, muligens som følge av at ventilasjonsanlegget var avslått om natten. Dette førte til at det ble produsert uforbrente branngasser som samlet seg opp. Brannen var da en såkalt «ventilasjonsstyrt brann». Da personalet åpnet døra til rommet etter at brannalarmen gikk blandet oksygen seg med de uforbrente gassene. Gassblandingen ble antent med påfølgende rask temperaturstigning som igjen førte til et overtrykk som blåste døra og dørkarmen ut i korridoren. Alt brennbart materiale ble deretter antent som følge av den høye temperaturen, og korridoren ble derfor uegnet som rømningsvei.

Den delen av Sveio Omsorgssenter som brant kalles Klokkarbakken. Ferdigattest for bygget er datert 8. januar 1998, og gjeldende byggeforskrift på søknadstidspunktet var Byggeforskrift 1987 (BF87).

Klokkarbakken hadde eget ventilasjonsanlegg uten tilknytning til andre deler av omsorgssenteret. Dette ventilasjonsanlegget var avslått på nattestid for å hindre forstyrrende støy og trekk fra anlegget. På grunn av overtrykket som brannen skapte har røyk spredd seg via ventilasjonskanaler. På figur 4.2 ser man tydelig røyk rundt avtrekkspunktet, og slik var det på de fleste rommene. I rapporten stilles det spørsmål

## 4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER

---



**Figur 4.2: Avtrekksventil på soverom** - Røykspredning som vist på bildet ble funnet på de fleste pasientrommene. Foto: DSB

om denne røykspredningen kunne vært mindre dersom ventilasjonsanlegget hadde gått som normalt, uten at det går nærmere inn på problemstillingen.

Døra til et pasientrom i første etasje ble stående åpen. En kvinne døde på dette rommet.

I et rom som var ombygget fra hobbyrom til pasientrom var det gjennombrenning av dørblad og dyttefuge mellom dørkarm og vegg (figur 4.3). Det var også spor etter sterk røykgjennomtrengning og begynnende gjennombrenning på et punkt i tilslutningen mellom vegg/tak (figur 4.4). En kvinne i dette rommet ble reddet ut, men døde senere på sykehuset. Alle de øvrige rommene hadde røykinntregning fra ventilasjonsanlegget som i figur 4.2, men det ombygde «hobbyrommet» hadde tydeligvis vært utsatt for mer inntrenging av røyk enn de øvrige rommene.

### 4.9.1 Oppsummering og tanker rundt brannen på Sveio

Bildene i figur 4.3 og 4.4 viser at det sannsynligvis var andre røykspredningsveier enn ventilasjonsanlegget som var hovedårsaken til røykspredningen som førte til at en person omkom. Dette underbygges også av at røykspredning via avtrekkskanalene skjedde til flere pasientrom, men disse personene klarte seg.

Dersom ventilasjonsanlegget hadde gått for fullt under brannen ville røykspredningen via avtrekkskanalene (figur 4.2) sannsynligvis vært begrenset på grunn av undertrykk i kanalnett. Det ville også blitt tilført noe luft til brannrommet, som *kanskje* kunne



Figur 4.3: Gjennombrent dørkarm - Foto: DSB



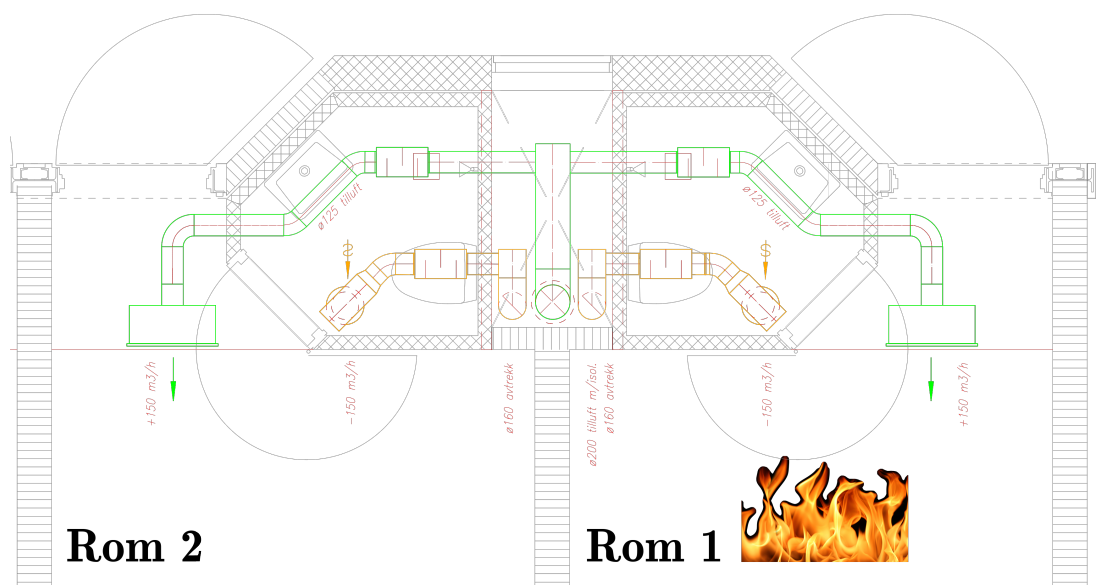
Figur 4.4: Overgang vegg og himling - Dårlig tetting mellom korridor og pasientrom.  
Foto: DSB

## 4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER

ført til et mer normalt brannforløp – sammenlignet med den eksplosive utviklingen man hadde.

### 4.10 Brann i multiromsbygg, 2012

På grunn av taushetsplikt blir ikke nøyaktig brannsted gjengitt her. Figur 4.5 viser hvordan ventilasjonsanlegget er bygget opp.



**Figur 4.5:** Skisse av ventilasjonsanlegget - Røyk har spredd seg motstrøms via tiluftskanal fra rom 1 til rom 2.

Den vertikale hovedkanalen i sjakta har en avgreining som forsyner luft til to rom. Hvert av rommene har tilluftsventil montert i himlingsskjørt og avtrekkspunkt på bad. Ventilasjonsanlegget driftes døgntinuerlig, og var også i drift da det oppsto brann på «Rom 1». Bygget er ikke sprinklet.

Brannen ble slukket før overtenning inntraff. Både dør og vindu var inntakt. Det er lavt trykkfall over den type tilluftsventil som er brukt. Bygningen er fra midten av 2000-tallet, og må anses å ha en meget tett bygningskropp. Trykkoppbyggingen i brannrommet har ført til røykspredning fra «Rom 1» til «Rom 2» via tiluftskanal, som vist på figur 4.6. Røykspredningen førte ikke til kritiske forhold for rømning eller opphold i «Rom 2».

### 4.11 Brann i Thorvald Meyers Gate, 9. februar 2014

Brann i Thorvald Meyers gate på Grünerløkka den 9. februar 2014 kl. 14.26, hvor media skrev at «flammene spredte seg gjennom ventilasjonsanlegget» (figur 4.7).



## 4.11 Brann i Thorvald Meyers Gate, 9. februar 2014



**Figur 4.6:** Tilluftsventilene på hvert rom - Ventilen i brannrommet er vist til høyre. På bildet til venstre ser man at noe røyk har spredd seg via tilluftskanalen til naborommet.

### 30 evakuert etter brann på Grünerløkka i Oslo

**\*\* Brann- og redningsetaten: De fleste leilighetene er klarert**

BRANN I BYGÅRD: Brann i Thorvald Meyersgate i Oslo søndag. Foto: Stian Lysberg Solum / NTB scarpix

Av LINN JOHANSEN og LARS JOAKIM SKARVØY (VG) 09.02.2014 14:54

**Siste saker fra Innenriks**

Etterlyst for russevaldtekt - kan ha blitt filmet  
1 time 16 minutter siden

Riksadvokaten: - Den praksis som VG har avdekket, kan vanskelig fortsette  
18.05.2014, 16:23

Steile fronter mellom Listhaug og bendene  
18.05.2014, 16:05

Det begynte å brenne i flere etasjer i den over 100 år gamle bygården da flammene spredte seg gjennom ventilasjonsanlegget.

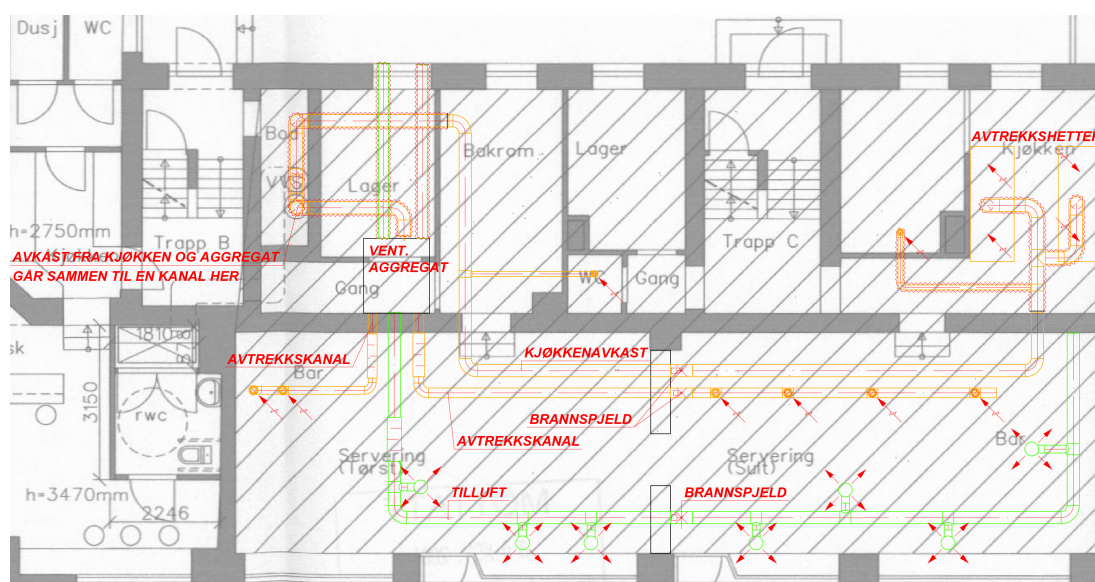
**Figur 4.7:** Faksimile fra VG.no - Flammene spredte seg gjennom ventilasjonsanlegget.

## 4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER

Brannen startet i en restaurant i bygårdens første etasje mens det var drift i lokalet. Da mannskapene kom frem ble det observert røyk ved pipa på taket. Brannen hadde allerede spredd seg via avkastkanal for ventilasjon. Det ble samtidig observert røyk/lys/flammer i et vindu til en bod i bygårdens oppgang. Papp som var stablet på avkastkanalen i boden hadde da antent på grunn av varmeledning. Dette ble oppdaget kort tid etter at mannskapene ankom stedet, anslagsvis 15 minutter fra brannen startet.

Videre opp i bygningen har det ikke vært brann i bodene, selv om pappesker var lagret helt inntil avkastkanalen. På loftet har det derimot tatt fyr i takkonstruksjonen.

### 4.11.1 Oppbygning av ventilasjonsanlegget



Figur 4.8: Skisse Thorvald Meyers Gate - Kanalnett for ventilasjon og kjøkkenavtrekk

Anlegget er skissert opp i figur 4.8. Ventilasjonsaggregatet var plassert på bakrommet i restauranten. Fra aggregatet gikk det tre kanaler ut i serveringsområdet. En kanal for tilførsel av friskluft og to kanaler for avtrekk. Kanalene som gikk åpent i restauranten var ikke isolert. I gjennomføringen mellom de to serveringsområdene var det plassert termiske brannspjeld.

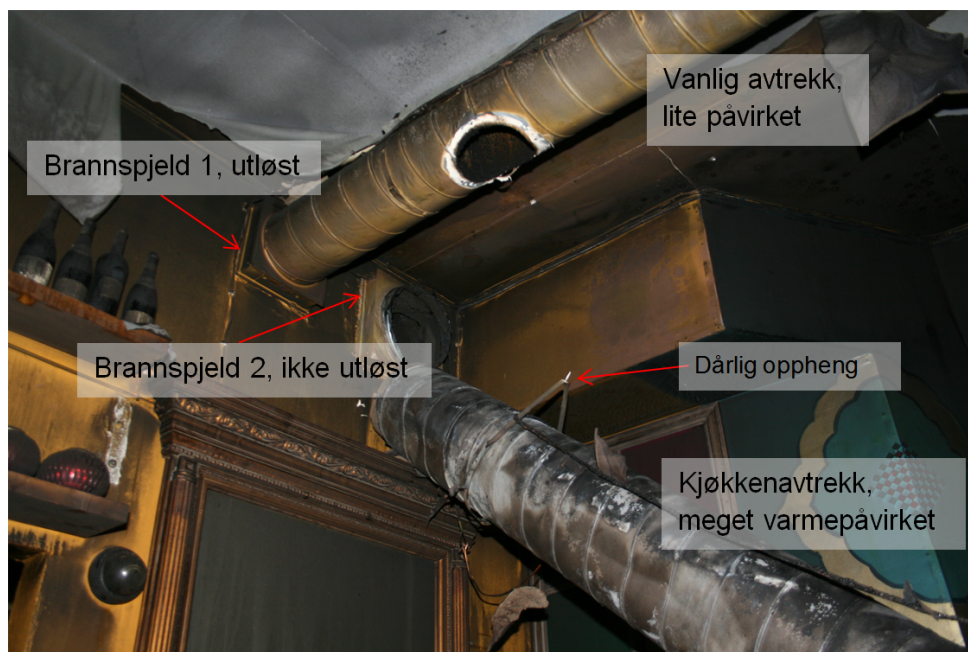
Det var en egen kanal for avtrekk fra kjøkkenet som gikk utenom aggregatet. Kanalen var ført ut av restauranten, vertikalt opp igjennom boder i oppgangen, og til jethette på tak. Kanalen var bare delvis isolert.

### 4.11.2 Hva kan ha skjedd?

For å forklare hvordan brannspredningen sannsynligvis har skjedd, blir det presentert en del bilder fra brannstedet. Figur 4.9 viser mye relevant.



#### 4.11 Brann i Thorvald Meyers Gate, 9. februar 2014



**Figur 4.9: Kanaler mot serveringsområdet** - Kjøkkenavtrekk til høyre på bildet, vanlig avtrekk til høyre.



**Figur 4.10: Nærbilde innvendig kanal** - Bildet viser at fettene innvendig i kanalen har brent.

#### 4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER

---

- Avtrekkskanalen fra kjøkkenet har falt ned, og man kan se at kanalene ikke er tilstrekkelig festet til taket (patentbånd og gipsskrue).
- Det er montert termiske brannspjeld i veggjennomføringen. Undersøkelser etter brannen viste at brannspjeldet på kjøkkenavtrekket var tvunget i åpen stilling med et stag i stål som holdt lamellene åpne.
- Kanalen til kjøkkenavtrekket bærer preg av å ha vært svært varm. Som nærbildet i figur 4.10 viser har fett innvendig i kanalen brent og ført til meget høy overflatetemperatur på kanalgodset.



**Figur 4.11: Taket på restaurantens bakrom** - Kanalen fra kjøkkenet har ført til brann over himling

Figur 4.11 viser taket på restaurantens bakrom etter riving. Kanalen fra kjøkkenet var ikke isolert her, og brennbart materiell over himling har antent på grunn av varmen. Man kan se skillet på veggen hvor himlingen har vært.

På figur 4.12 ser man at brannen har spredd seg til loftkonstruksjonen via avkastkanalen. Kanalen var delvis brannisolert på loftet, men bildet er tatt etter at brannmannskapene rev av isolasjonen ved slukking. Det er svært trangt mellom bjelkene i taket, og det er tvilsomt at isolasjonen har vært godt nok utført. Stålvinkler som festet kanalen til treverket i takkonstruksjonen har ledet direkte varme og ført til antennelse.

##### 4.11.3 Oppsummering og tanker rundt Thorvald Meyers Gate

Det har i mange år vært fokus på at avtrekk fra kjøkkenet medfører spesielt stor risiko for brannspredning. Spontanantennelsestemperatur for oljer kan variere fra 250-400 °C.



**Figur 4.12: Brannen har spredd seg til loftet - Varmeledning har antent treverket på loftet**

Varme røykgasser kan ha forvarmet og antent fett på innsiden av kanalen i serveringsområdet, da røykgassene holder ca. 500-600 °C ved brann i «faste stoffer». I dette tilfellet kunne spredning sannsynligvis vært unngått dersom oppheng og isolasjon hadde vært riktig utført. Fettet innvendig i kanalen ville ikke antent på så kort tid dersom kanalen hadde vært isolert og blitt hengende oppe i brannområdet. Spredning til omkringliggende materiell ville tatt lengre tid med godt utført brannisolasjon på resten av kanalstrekket.

Spredningen kunne også vært unngått dersom brannspjeldene hadde fungert som forutsatt. Spjeldenes plassering i en skillevegg mellom serveringsområdene virker lite hensiktsmessig.

Det levnes ingen tvil om at kjøkkenavtrekket fra restauranten har bidratt til brannspredning i dette tilfellet, men det er grunn til å tro at tilfredsstillende utførelse ville forhindret dette.

## 4.12 Samtaler med brannpersonell

Utover Hotell Caledonien og brannen i Midtbyen i Trondheim er det ikke noen spesielle hendelser som kommer frem fra kommunikasjon med Brannvesenet Sør-Rogaland, Trøndelag brann- og redningstjeneste, Bamble brannvesen og Skien brannvesen. Tilbakemelding fra Oslo brann- og redningsetat var at branner i bygninger med ventilasjonsanlegg ikke evalueres så ofte, da boliger er hovedfokus.

På spørsmål til DSB om erfaringer med drift av ventilasjonsanlegg under brann, var tilbakemeldingen at det ikke fantes statistikk på dette.

#### **4. GJENNOMGANG AV TIDLIGERE BRANNER. ERFARINGER OG EVALUERINGER**

---

## Kapittel 5

# Diskusjon

I dette kapittelet sammenstilles og diskuteres innholdet i rapporten i relasjon til problemstillingene presentert i innledningen.

### 5.1 Dagens forskrifter

Dagens gjeldende forskrift for byggverk er Teknisk Forskrift 2010. Funksjonskravene for brannceller og tekniske installasjoner finnes i hhv. § 11-8 og § 11-10.

#### § 11-8. Brannceller

*(1) Byggverk skal deles opp i brannceller på en hensiktsmessig måte. Områder med ulik risiko for liv og helse og/eller ulik fare for at brann oppstår, skal være egne brannceller med mindre andre tiltak gir likeverdig sikkerhet.*

*(2) Brannceller skal være slik utført at de forhindrer spredning av brann og branngasser til andre brannceller i den tid som er nødvendig for rømning og redning.*

#### § 11-10. Tekniske installasjoner

*(1) Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonen ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg.*

*(2) Installasjoner som er forutsatt å ha en funksjon under brann, skal være slik prosjektert og utført at deres funksjon opprettholdes i nødvendig tid. Dette omfatter også nødvendig tilførsel av vann, strøm eller signaler som er nødvendig for å opprettholde installasjonens funksjon.*

Her er det flere muligheter for tolkning av teksten, spesielt hva som er *vesentlig* røykspredning. I veiledningen til TEK gis følgende utdypning av § 11-10, første ledd.

*“Tilfredsstillende sikkerhet i et byggverk er betinget av at sentrale tekniske installasjoner opprettholder sin funksjon og brannmotstandsevne under hele eller deler av brannforløpet og minst den tiden som skal være tilgjengelig for rømning. Samtidig må disse ikke direkte eller indirekte bidra til uakseptabel brann- eller røykspredning.”*



## 5. DISKUSJON

---

Veiledningen angir altså ikke noen preaksepterte ytelser med et kvantifisert svar på hva som menes med ordet *vesentlig* som benyttes i forskriften, det er bare erstattet med *uakseptabel* i veiledningen. Det vises til «den tid som er nødvendig for rømning og redning». Dette kan tolkes slik at ventilasjonsanlegget ikke må bidra til røykspredning av en slik størrelse at rømning og redning hindres i den tid det er nødvendig.

Andre ledd i forskriften sier at *installasjoner som er forutsatt å ha en funksjon under brann skal ha sikker strømtilførsel*. Spørsmålet er om et anlegg som installeres for komfortventilasjon er tenkt som et aktivt tiltak som skal ha en funksjon under brann. I veiledningen til § 11-10, andre ledd står det følgende:

*“Installasjoner som skal ha en funksjon under brann, må ha tilfredsstillende og sikker strømtilførsel i den tiden installasjonen skal fungere. Dette omfatter blant annet strømforsyningen fra tavlerom til heissjakt, motordrevne røykluker, alarmgivere, nødlysanlegg, dørautomatikk mv.”*

Ventilasjonsanlegget er ikke nevnt blant installasjonene som skal ha sikker strømtilførsel. Dette gir mening da ventilasjonsanlegget for komfort ikke er ment å ha en konkret aktiv funksjon under brann – poenget er at det ikke skal bidra til vesentlig røykspredning.

### 5.2 Tidligere forskrifter

Forskriftene fra 1997 frem til i dag har stort sett hatt lik ordlyd. Teksten i Byggeforskrift 1987 som omhandler brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegget tilsvarer også teksten i dagens forskrift.

*47:2 Generelt. Anlegget skal være slik utført at det ikke medfører økt risiko for brann eller brann- og røykspredning*

I veiledningen til Byggeforskrift 1987, «Rett og slett - En veiledning til byggeforskrift 1987», kunne man finne en nøyere beskrivelse for drift av ventilasjonsanlegget under brann enn det som er tilfellet i dagens veiledning (VTEK 2010). Disse prinsippene er fortsatt aktuelle, og gjengis i det følgende. (3)

*For å redusere muligheten for spredning av branngasser gjennom ventilasjonsanlegget, bør anlegg med balansert ventilasjon baseres på full drift under brann. (...) Ventilasjonsanlegg som skal være i drift under brann, må planlegges slik at:*

- Eventuelle omluftspjeld går i stengt stilling ved brann, slik at lekkasjen over spjeldet blir minst mulig*
- Avtrekksluften føres utenom eventuelle varmegjenvinnere ved brann*
- Muligheten for at røyk i et branntilfelle føres inn i bygningen gjennom anlegget blir minst mulig. Aktuelle tiltak for å oppnå dette kan være å plassere inntaket for uteluft så nær bakken som mulig, samt å montere røykdetektor i tilluftkanalen etter aggregatet som stopper viften. Det siste tiltaket vil også sikre mot røykspredning i tilfelle det oppstår brann i selve aggregatet eller i aggregatrommet.*

- *Det ikke benyttes automatiske brannspjeld, da disse stenger kanalene ved brann. Se likevel kravet om automatiske brannspjeld i brannvegg/branndekke (...)*

*Det er først og fremst i den tidlige fase av en brann det er viktig å unngå røykspredning. Normalt forutsettes ikke spesielle tiltak for å sikre strømtilførsel over tid, som f.eks. brannbeskyttelse av strømtilførsel eller installering av nødstrømaggregat. (...)*

*Styring av ventilasjonsanlegget under brann kan i bygning hvor det er installert brannalarmanlegg, skje automatisk over alarmanlegget. (...)*

*For å unngå røykspredning mellom brannceller, bør det ikke forekomme overstrømming av luft mellom cellene.*

I tillegg nevnes det i veilederen at ytterligere tiltak kan gjennomføres for å hindre røykspredning i spesielle bygninger, samt at ventilasjon av trapperom bør skje med separat kanal.

### 5.3 Brannspredning fra varmeledning

I Byggeforskrift 1987 står det at «*spredningsfaren ved kanalgjennomføringer i første rekke ligger på utsiden av kanalen*». (3) Siden den gang har ventilasjonskanaler gjennom branncellebegrensende konstruksjoner vanligvis vært brannisolert 1 meter på hver side, eller 2 meter på en side. Et utdrag fra produktdokumentasjonen for Glava Brannmatte gir et eksempel på hva som har vært normalt:

*"30 mm Brannmatte minimum 1000 mm på hver side eller 2000 mm gjennomgående sentrert i forhold til vegg / dekke: Tilfredsstillers funksjonskravene for temperatur og integritet i 60 minutter."*

Dokumentasjonen er utsendt av SINTEF NBL og basert på testen «NT Fire 034». Imidlertid gikk denne produktdokumentasjonen ut 31. desember 2013, og SINTEF oppgir at «NT Fire 034» har utgått som standard for testing av brannisolering av kanaler.

Felles prøvingsmetoder for branntekniske egenskaper innføres i hele EØS-området. Standarden «NS-EN 1366-1: Prøving av brannmotstand til tekniske installasjoner. Del 1: Kanaler» legges nå til grunn for testing og Produktdokumentasjon. (39)

Testen baseres på anlegg i drift, og kanalene testes trykksatt med 300 Pa (utvendig eksponert) og med avtrekkshastighet 3 m/s (innvendig eksponert). Maks tillatte temperaturer er 180 °C i et punkt eller 140 °C i snitt på ueksponert side. Dette medfører i de fleste tilfeller mer brannisolasjon, eksempelvis 80 mm for EI60 mot tidligere 30 mm. Figur 5.1 viser et eksempel på dokumentasjon etter den nye standarden.

I motsetning til tidligere står det ingenting i den nye produktdokumentasjonen om lengde på isolasjon av kanalen. Glava oppgir på sine hjemmesider en matrise hvor det angis at hele avtrekkskanalen skal fullisoleres. I følge produsenten er dette fordi anlegg i drift fører til varme gasser i avtrekket. Man kan også velge å regne utblandingstemperaturen i knutepunkter, men på hjemmesiden har man for enkelhets skyld sagt fullisolering av avtrekkskanaler (samtale med Thomas Fransrud hos Glava, 20.05.2014).

## 5. DISKUSJON

For Retning. Varme-transp.	Isolasjonstykkelse (mm)				
	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
ho, i→o	40	50	75(80)	95(100)	115(125)
ve, i→o	40	50	75	95	115
ho, o→i	30	30	60	90	100
ve, o→i	30	30	60	90	100
ho, i↔o	40	50	75(80)	95(100)	115(125)
ve, i↔o	40	50	75	95	115
ho ve o→i	30	30	60	90	100
ho ve i→o	40	50	75(80)	95(100)	115(125)
ho ve i↔o	40	50	75(80)	95(100)	115(125)

Symboler:

ho: horisontal ventilasjonskanal.  
ve: vertikal ventilasjonskanal.  
o→i: utvendig branneksporing.  
i→o: innvendig branneksporing.  
i↔o: både inn- og utvendig branneksporing  
ho ve i↔o: Ivaretar alle kanalretninger samt både innvendig og utvendig branneksporing.

**Figur 5.1: Eksempel på tabell etter test med NS-EN 1366-1** - Hentet fra produkt-dokumentasjonen til «ULTIMATE U Protect».

Brannisolering er kostbart, og i forhold til funksjonskravet i forskriften kan man sette spørsmålstegn ved at hele avtrekkskanalen skal isoleres. Utblandingen med normaltemperert luft i samlingskanalen vil ofte være betydelig, allikevel står det ingenting om alternativet med beregning på produsentens hjemmeside. SINTEF NBL har heller ikke noe godt svar på hvor mye som skal isoleres (E-post, 21.05.2014):

*“Isolasjonsprodusentene er ofte de som tester kanaler. De er ikke interessert i å finne ut hvor langt det vil være nødvendig å isolere, men anbefaler isolasjon av hele kanalene. Vi har derfor fjernet dette fra våre dokumentasjoner, på grunn av at vi ikke har de nødvendige data for dette.”*

En tilnærming som kunne virke fornuftig for et ventilasjonsanlegg basert på drift under brann er å brannisolere avtrekkskanalen fra branncelle til samlingskanal. Her vil luften blandes med kald luft fra andre rom og kjøles ned. Tilbake på 80-tallet ble denne løsningen foreslått i «Branntekniske retningslinjer for VVS-Anlegg i Bergen», så lenge avtrekket fra brannrommet ikke oversteg 30 % av viftens totale kapasitet. (40) Eventuelt kan man regne på temperaturen i blandingspunktet mellom hovedkanal og kanal fra branncelle.

Når det er sagt finnes det få eller ingen praktiske eksempler på brannspredning i komfortventilasjonsanlegg via varmeledning i kanalgodset med 1 meter isolasjon på hver side.

### 5.4 Røykspredning via kanalnett

Det største diskusjonstemaet rundt ventilasjonsanlegg og brann er røykspredning via kanalnettet. Dette baseres på trykkforhold, som beskrevet i avsnitt 2.3.5.

«Håndbok i branntekniske analyser og beregninger» fra SINTEF NBL (8) sier følgende om trykk i brannrom:



## 5.5 Sprinkleranleggets innvirkning

*"Ofte er det kun drivkreftene fra selve brannen (det vil si oppdriften og forhindret termisk ekspansjon) som vil utgjøre den drivende trykkdifferansen. Som allerede nevnt kan denne bli på maksimalt ca. 16 Pa i vanlige rom, med takhøyde på ca. 2,4 m. Videre må rommet være relativt tett, og brannen må være sterkt voksende for at trykkforskjellen på grunn av forhindret termisk ekspansjon skal bli betydelige. Overtrykket i selve brannrommet på grunn av forhindret termisk ekspansjon kan imidlertid bare bli betydelig i en kort og temmelig transient periode under brannens vekstfase."*

Videre står det at maksimalt trykkfall fra brannrommet til nærliggende rom sjeldent vil overstige ca. 10-20 Pa, bortsett fra en meget kort periode helt i starten av brannforløpet.

I et anlegg som er i drift skjer røykspredning når trykkøkningen i rommet tilsvarer trykket i knutepunktet til samlingskanalen for tilluft. Merk at dersom dette trykket oppnås og ventilasjonskanalene er stengt med spjeld, vil andelen røyk spredd via andre utettheter som f.eks. dører, vinduer og overganger øke. (13)

Trykk rundt 20 Pa som nevnes her vil sjeldent føre til betydelig røykspredning. Hvis røyk likevel skulle spre seg vil røyken normalt tynnes betydelig ut med frisk luft i samlingspunktet mellom kanalene (13), slik at det vil ta lang tid før man eventuelt får kritiske forhold i andre rom på samme kanalstreng.

Den mest utsatte situasjonen for røykspredning er ved brann i det nederste rommet på samlingskanalen. All røyk som trykkes motstrøms da vil gå til det nest nederste rommet. Dette var tilfellet ved brannen omtalt i avsnitt 4.10.

Med tanke på røykspredning i kanalnett med anlegget i drift er det gunstig med høyt trykkfall over tilluftsventiler, og lavt trykkfall over avtrekksventiler. Også plasseringen av ventilene kan ha innvirkning på eventuell røykspredning. Ved brann vil det ta noe tid før røyksjiktet kommer ned mot gulvnivå. En gulvplassert tilluftsventil kan derfor komme gunstig ut sammenlignet med en takplassert ventil.

Vinduer i et brannutsatt rom knuser ved temperaturdifferanse fra kanten av glasset og inn mot midten på cirka 90 °C. Et anslag kan være at dette skjer etter cirka 5 minutter. (41) Rommet vil da trykkavlastes og røykspredning via kanalnettet vil være minimal.

Videre er det, som vi har sett tidligere i denne rapporten, lite praktiske erfaringer som tilsier at røykspredning via kanalnettet for komfortventilasjonsanlegg utgjør noen vesentlig stor fare ved brann, dersom anlegget er riktig utført.

## 5.5 Sprinkleranleggets innvirkning

Dersom bygningen har sprinkleranlegg reduseres temperaturen på røyk, branngasser og overflater i rommet. Røykgassene i et sprinklet bygg vil ikke bli varmere enn de er da sprinklerhodet utløser, noe de vanligvis gjør ved 63 °C eller 74 °C. Et konservativt anslag er at røykgassene da holder 100 °C. (42) Ved denne temperaturen vil ikke brannspredning på grunn av varmeledning i kanalgodset forekomme. Gitt at sprinkleranlegget fungerer ved brann (ca. 95 % sannsynlighet iflg. (14)), betyr dette i utgangspunktet at brannisolasjon av kanalene til komfortventilasjon kan reduseres betraktelig eller fjernes

## 5. DISKUSJON

---

i sprinklede bygg. I prosjekter hvor isolasjon sløyfes fordi man har sprinkleranlegg, må brannrådgiveren utarbeide et notat som forklarer dette.

Merk at fullisolasjon av kjøkkenavtrekk fortsatt er viktig, da brann på kjøkken kan føre til at fettansamlinger innvendig i kanalen antenner før sprinkleranlegget løser ut.

Sprinkleranlegget vil også redusere effektutviklingen under en brann, og dermed også hindre vesentlig trykkoppbygging i brannrommet. Dette vil igjen føre til mindre risiko for spredning av røyk i kanalnett.

## Kapittel 6

# Oppsummering og konklusjon

Stortingsmelding nummer 35 «Brannsikkerhet» (2008-2009) omtalte regjeringens mål for brannvernarbeid. Fem nasjonale mål ble satt opp:

- Færre omkomne i brann
- Unngå tap av uerstattelige kulturhistoriske verdier
- Unngå branner som lammer kritiske samfunnsfunksjoner
- Styrket beredskap og håndteringsevne
- Mindre tap av materielle verdier

Når det gjelder færre omkomne i brann står det følgende:

*“Åtte av ti som har omkommet i brann de siste ti årene, har omkommet i boliger. Risikoen for å omkomme i brann er langt større i boliger uten røykvarsler eller hvor denne ikke fungerer, sammenliknet med boliger med fungerende røykvarsler.”*

Med tanke på menneskeliv er altså brannsikkerheten i boliger et spesielt stort fokus fra myndighetene sin side, og fungerende røykvarsler i alle boliger er et mål for økt sikkerhet. I Teknisk forskrift 2010 ble det innført krav til brannalarmanlegg for alle bygg i risikoklasse 2-6. Samtidig ble det også innført krav om automatisk brannslukkeanlegg i en rekke flere bygg enn tidligere. Myndighetene gjør altså endringer i forskriften på steder hvor de ser samfunnsøkonomisk nytte.

Ordlyden i forskriften som omhandler ventilasjonsanlegg og brann har vært tilnærmet lik de siste 27 årene. Dersom brann- og røykspredning via ventilasjonsanlegget hadde vært ansett som en stor risiko og en gjenganger i mange branner, ville sannsynligvis myndighetene gjort noe med teksten i forskriften under en av de mange revisjonene som har vært i perioden. Hvis kravet hadde vært å *forhindre* røykspredning ville man økt kostnaden på anleggene. Denne formuleringen har man imidlertid ikke benyttet. Sannsynligvis på grunnlag av at ressursbruken ikke vil samsvare med nytteverdien.

Det er imidlertid viktig at anleggene som bygges blir utført i henhold til spesifikasjonene og at dette kontrolleres/testes ved igangsetting.

## 6. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

---

Dersom aggregatet ikke stopper og lukker spjeld ved deteksjon av røyk i inntaket, kan dette bidra til spredning av mye røyk. Dette finnes det flere eksempler på. Det samme gjelder ventilasjonsanlegg som bruker omluft, som f.eks. brannen ved MGM Grand Hotel i Las Vegas (avsnitt 4.3) eller Domus Kjøpesenter i Narvik (avsnitt 4.7). Man må også være varsom ved prosjektering slik at man ikke utformer anlegg som baseres på overstrømming av luft mellom brannceller.

Det eneste tilgjengelige eksempelet hvor røyk har spredd seg motstrøms via tilluftskanalen i et «riktig utført anlegg» er «Brannen i multiromsbygg» (avsnitt 4.10). Med riktig utført menes anlegg i full drift, tilnærmet etter beskrivelsen i veiledningen til Byggeforskrift 87. Dette viser at noe røykspredning kan skje via ventilasjonsanlegget frem til vinduer knuser eller brannen slukker som følge av mangel på oksygen. Imidlertid var det aldri snakk om *vesentlig* røykspredning.

Andre studier som har sett på praktiske erfaringer har heller ikke funnet konkrete tilfeller hvor vesentlig røykspredning mellom brannceller har forekommet på grunn av ventilasjonssystemet i et riktig utført anlegg. (10, 13)

Det er viktig å skille mellom avtrekk fra kjøkken og komfortventilasjonsanlegg når man snakker om brann. Hendelser med store konsekvenser ser man i de tilfellene hvor det er snakk om kjøkkenavtrekk, som f.eks. «Brannen i Midtbyen i Trondheim» (avsnitt 4.8) og «Brannen i Thorvald Meyers Gate» (avsnitt 4.11). I tilfellet i Trondheim var det sannsynligvis ikke god nok sikring av det tekniske rommet. I Thorvald Meyers Gate var det mangelfull brannsikring av avtrekkskanalen fra restaurantens kjøkken. Disse tilfellene er bare to eksempler som viser problemet rundt kjøkkenavtrekk. Når statistikk i tillegg viser at veldig mange branner starter på kjøkkenet er det ingen tvil om at dette anlegget må særbehandles, slik det har vært påpekt i veiledninger fra myndighetene i mange år.

Hvis man ser på statistikk fra branner er det andre bygningsmessige forhold som har vesentlig større påvirkning på brannens størrelse og konsekvenser enn ventilasjonsanlegget. Åpne dører og utettheter rundt gjennomføringer i branncellebegrensende konstruksjoner er områder som går igjen i statistikken, og som man derfor burde ha enda større fokus på i byggeprosjekter.

### Konklusjon

Det har ikke kommet frem ny informasjon i det siste som tilsier at brann- og røykspredning via ventilasjonsanlegget utgjør noe større risiko nå enn tidligere. Tvert i mot tilsier økt installasjon av slukkeanlegg i nye bygg at problemet er mindre nå enn det har vært. I veiledningen til Byggeforskrift 87 foreslås det at aggregatet går for fullt under brann for å opprettholde trykkforhold i kanalnettet. På bakgrunn av den informasjon som foreligger om at brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegget i praksis ser ut til å være et begrenset problem, virker dette som en fornuftig strategi for drift av ventilasjonsanlegget under brann.

Fra et samfunnsmessig perspektiv virker det ikke økonomisk lønnsomt å bruke store ressurser på å sikre ventilasjonsanlegget i alle bygg, når det ikke finnes underlag som dokumenterer at måten det er gjort på frem til i dag har utgjort en stor risiko. Dersom

---

byggherren i spesielle tilfeller ønsker ekstra sikkerhet finnes det måter å benytte ventilasjonsanlegget aktivt på. I normale tilfeller hvor ventilasjonsanlegget ikke er tenkt som et aktivt tiltak, er det lite som tyder på at dagens krav *hindre vesentlig* er for dårlig.

## 6. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

---

# Referanser

- [1] GEIR JENSEN M.F.L. **Veileder for brannsikker ventilering v2. BV-nett**, 2012. 1
- [2] LINN JOHANSEN AND LARS J. SKARVØY. **30 evakuert etter brann på Grünerløkka i Oslo. VG.no**, 2014. 6
- [3] STATENS BYGNINGSTEKNISKE ETAT (BE). *Veiledning til Byggeforskrift 1987 – Rett og slett*. Statens bygningstekniske etat (BE), 1987. 8, 18, 50, 51
- [4] SN/K 015. *NS3900:1994. Brannprøving - Terminologi - Termer og definisjoner*. Norsk Standard, 1994. 8
- [5] ANNE STEEN-HANSEN, BJARNE KRISOFFERSEN, JAN P. STENSAAS, AND GUNN HOFSTAD. *Branntekniske krav til materialer offshore*. Number NBL A08122. SINTEF NBL, 2008. 9, 10
- [6] GUTTORM LIEBE. *Brannfysikk - fra teori til praksis*. Norsk Brannvern Forening, 2. opplag edition, 2000. 10, 11, 18
- [7] ERIK RØBECH. *Håndbok i branntekniske gjennomføringer*. Norsk Brannvern Forening, 2001. 10, 16
- [8] KRISTEN K. OPSTAD AND JAN P. STENSAAS. **Håndbok i branntekniske analyser og beregninger**. Technical report, SINTEF Bygg og Miljøteknikk - Norges branntekniske laboratorium, 1998. 11, 12, 13, 14, 15, 52
- [9] LARS-GÖRAN BENGTSSON. *Enclosure fires*. Räddningsverket, 2001. 11, 13, 14
- [10] NILS JOHANSSON. *Osåkerheter ved brandteknisk dimensjonering av ventilasjonssystem*. Master's thesis, Lunds Tekniska Högskola, 2006. 11, 31, 56
- [11] LARS JENSEN. **Enkel tvåzonsmodell for brandflødesimulering**. Technical report, Lunds universitet, 2007. 11, 19, 20
- [12] Ø MELAND, E SKÅRET, AND G JENSEN. *Røykkontroll*. Skarland Press A/S, 1989. 11, 12, 18
- [13] LARS JENSEN. *Spridning av rök och brandgaser i ventilasjonssystem*. Lunds tekniska högskola, 1993. 14, 18, 19, 30, 53, 56
- [14] BODIL A. MOSTUE AND KRISTEN K. OPSTAD. **Effekt av brannverntiltak - Vegger og sprinkler. Utgave 1.2**. Technical Report NBL A01118, SINTEF NBL, 2002. 15, 53
- [15] JAMES P. RYDOCK. **Plassering av friskluftinntak og avkast for å minske forurensning**. Technical Report 552.360, SINTEF Byggforsk, April 1999. 17
- [16] **PFS**. <http://www.hvac.lth.se/resurser/>. 18
- [17] LARS JENSEN. **Ventilationsbrandsydd med och utan spjäll**. Technical report, Lunds universitet, 2007. 19
- [18] PIA HÅKANSSON AND MAGNUS PETERSSON. **Brandgasspridning via ventilasjonssystem**. Technical report, Lunds Tekniska Högskola, 1998. 20
- [19] LARS JENSEN. **Dimensjonering av utspädning for skydd mot brandgasspridning**. Technical Report TVIT-10/7056, Lunds Universitet, 2010. 21
- [20] ROCKWOOL. **Brann og lydisolering**. 22
- [21] DIREKTORATET FOR BYGGKVALITET. *Veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk (VTEK10): oppdatert med endringer, senest ved forskrift 9. des 2011 nr. 1323, med ikrafttredelse 1. jan 2012*. Number HO-2/2011. Norsk byggtjenestes forl., Oslo, 2012. Omslagstittel: Veiledning til forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift) 3. utg. 22
- [22] **Byggteknisk forskrift, funksjonskrav og ytelseskrav**. Website. 22
- [23] **Om DSB**. Website, Mai 2014. 23
- [24] KOMMUNAL OG MODERNISERINGSDEPARTEMENTET. *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2010. 23
- [25] DSB. **DSB.no**, 2014. 25
- [26] MANGE S. BJERKSETH. *Kjennetegn og utviklingstrekk ved næringsbranner 1986-2009*. Rapport / Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2011. 25, 27
- [27] DIREKTORATET FOR SAMFUNNSSIKKERHET OG BEREDSKAP (DSB). *Veiledning til forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2004. 27
- [28] MAGNE STEN BJERKSETH. *Kjennetegn og utviklingstrekk ved dødsbranner og omkomne i brann*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2010. 27
- [29] KJELL S. PEDERSEN AND STEINAR LUNDBERG. **Branners utvikling og skaderesultat. Analyser av de forskjellige faktorens betydning på bakgrunn av inntrufne branner**. Technical Report STF25 A82007, SINTEF NBL, 1984. 28
- [30] STEINAR LUNDBERG. *Brannsikring av sykehus. Bygningstekniske løsninger; seksjonering varsling og sprinkleranlegg sett i relasjon til personalets muligheter for slokking og redning*. Number STF25 A81006. SINTEF, 1981. 28, 36
- [31] JAN P. STENSAAS AND PER A. HANSEN. **Røykspredning i bygninger**. Technical Report STF25 A93044, SINTEF NBL, 1994. 28
- [32] BRANN OG REDNINGSETATEN. **Statistikk - Årsrapport 2013**. Technical report, Brann- og redningsetaten, 2013. 29
- [33] KJELL S. PEDERSEN AND STEINAR LUNDBERG. *Branner; systematisering og analyse. Delrapport 3. Analyse av 16 branner. Bind 1*. SINTEF NBL, 1981. 33, 34
- [34] RICHARD BEST AND DAVID P. DEMERS. *Investigation report on the MGM Grand Hotel Fire, Las Vegas, November 21, 1980*. National Fire Protection Association, 1982. 34
- [35] DIREKTORATET FOR BRANN- OG EKSPLOSJONSVERN (DBE) OG STATENS BYGNINGSTEKNISKE ETAT. *Rapport om brannen ved Hotel Caledonien i Kristiansand, fredag den 5. september 1986*. Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern (DBE) og Statens bygningstekniske etat, 1987. 36
- [36] DBE. *Granskningsrapport etter brannen i Domus Kjøpesenter i Narvik, 5. september 2000*. DBE, 2000. 38

## REFERANSER

---

- [37] DBE. *Granskningsrapport - Brannen i kvartalet Thomas Angells gate, Nordre gate og Dronningens gate i Midtbyen i Trondheim*. Direktoratet for brann- og elsikkerhet, 2003. 38
- [38] DSB OG STATENS BYGNINGSTEKNISKE ETAT (BE). *Evaluering av brann 9. juni 2007 i Sveio Omsorgssenter*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2007. 39
- [39] SINTEF NBL. **Test og godkjenning av kanalisolasjon**. Nyhet på hjemmeside, 18. November 2010. 51
- [40] BERGEN BRANNVESEN T. CONRADI, VVS-FORENINGEN BERGEN GRUPPE. **Branntekniske retningslinjer for VVS-Anlegg i Bergen**. 1987. 52
- [41] L. POON. **Predicting Time of Flashover**. Technical report, BHP Research, Melbourne Laboratories. 53
- [42] NILS OLSSON. *Brandgasspridning via ventilationssystem*. Number Report 5038. Lunds tekniska högskola, 1999. 53