



# Høgskulen på Vestlandet

## ING5002D - Master Thesis

ING5002D

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	15-05-2023 12:00 CEST	<b>Termin:</b>	2023 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	01-06-2023 14:00 CEST	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Masteroppgave		
<b>Flowkode:</b>	203 ING5002D 1 MOPPG 2023 VÅR		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

<b>Kandidatnr.:</b>	205
---------------------	-----

### Informasjon fra deltaker

<b>Antall ord *:</b>	27829
----------------------	-------

Egenerklæring \*: Ja

Jeg bekrefter at jeg har Ja registrert oppgavetittelen på norsk og engelsk i StudentWeb og vet at denne vil stå på vitnemålet mitt \*:

Jeg godkjenner autalen om publisering av masteroppgaven min \*

Ja

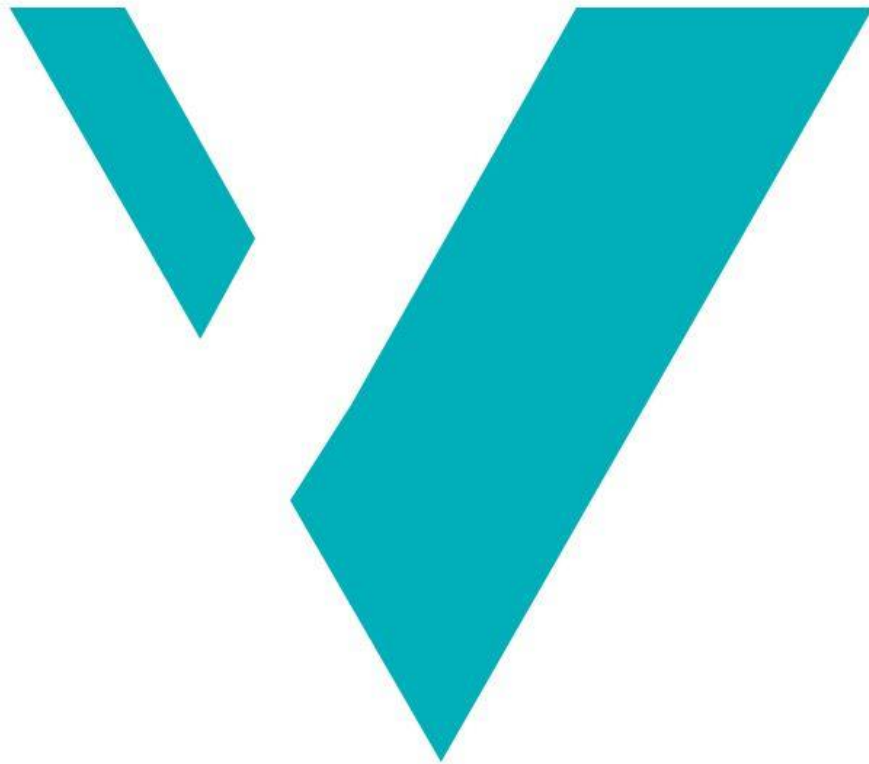
Er masteroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? \*

Nei

Er masteroppgaven skrevet ved bedrift/uirksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? \*

Nei

**Fravik fra brannisolering på ventilasjonskanaler**  
**Deviation from fire insulation on ventilation ducts**



Stian Olimstad  
Høgskulen på Vestlandet

# Masteroppgave i Brannsikkerhet

Haugesund

Juni 2023



Høgskulen  
på Vestlandet

## Fravik fra brannisolering på ventilasjonskanaler.

### Masteroppgave i Brannsikkerhet

Forfatter: Stian Olimstad	Forfatter sign. <i>Stian Olimstad</i>
Oppgaven uttatt:  Vår 2023	Open/konfidensiell oppgave  Open
Veileder: Arjen Kraaijeveld Ekstern veileder: Ingen	
Stikk ord: Fravik, brannisolering, ventilasjonskanaler, risikoklasse 6.	Antall sider: 127  + Vedlegg: 2

	Haugesund, 01.06.2023
--	-----------------------

	Sted/Dato/År
--	--------------

<p>Dette arbeidet er gjennomført som ledd i masterprogrammet i brannsikkerhet ved Høgskulen på Vestlandet. Studenten(e) står selv ansvarlig for metodene som er anvendt, resultatene som er kommet frem og konklusjoner og vurderinger i arbeidet.</p>
--

## Forord

Hensikten med denne oppgaven er å undersøke nødvendigheten av brannisolering på ventilasjonskanaler i omsorgsboliger. Resultatet er imidlertid ment til å kunne benyttes for andre lignende situasjoner som boenheter i boligblokker og hoteller.

Denne oppgaven er utformet av Stian Olimstad (forfatter) i sin helhet da dette er en problemstilling som jeg har møtt på flere ganger i jobbsammenheng som brannkonsulent i Rambøll Norge AS. Det har ved flere anledninger i ulike prosjekter vært ønsket å unngå brannisolering på grunn av plassmangel og store kostnader.

Problemstillinger knyttet til brannisolering av ventilasjonskanaler vurderes svært ulikt fra brannrådgiver til brannrådgiver. Enkelte vurderer problemstillingen som enkel og fraviker den med enkel dokumentasjon, mens andre mener at dette ikke kan fravikes med mindre det foreligger gode analyser. Dette gjør at dem som er villig til å ta lett på problemet kan gjøre jobben for en billigere pris og vinne flere jobber. Noe som gir et usikkert konkurransefortrinn og som mulig kan gå ut over sikkerheten til personene som skal benytte seg av bygget i fremtiden.

Oppgaven skal med utgangspunkt i dette belyse i hvilke situasjoner brannisolering kan utgå og når den må være til stede. Oppgaven vil også komme med forslag til metode for utførelse av brannisolering for omsorgsenheter som må undersøkes nærmere.

Det har tidligere i 2019 vært utført en rapport av BRAVENT som har prøvd å svare ut denne problemstillingen om brannisolering bør benyttes eller ikke. Denne rapporten vil bli kommentert i henhold til deres resultater sammenlignet med resultatene i denne rapporten og forskjellene mellom dem.

Jeg vil takke min kone Eline Goderstad, som ved å være en fantastisk mor for vår sønn (og snart også ei datter) som har gitt meg mulighet til å gjennomføre mastergradsstudiet og fullføre masteroppgaven, på tross av oppgaver som følger av ansvaret for små barn. Jeg vil også takke mine foreldre og mine svigerforeldre for å ha hjulpet med barnepass i en hektisk hverdag med jobber og skole, kunne ikke klart dette uten dere.

Videre vil jeg takke mine kollegaer Kjell Arne borge og Christoffer Ufsvatn som har bistått med å lage en 3D-modell som har blitt brukt som referansepunkt for oppgaven.

Jeg vil i tillegg takke Asbjørn Johansen og Eirik Ferde Larsen fra Ventistål for deres bidrag til denne oppgaven, som sponset med nødvendige ventilasjonskanaler og brannisolering til forsøkene.

Pål Paulsen, Geir Sandal og Geir Strøm har bistått med kunnskap og informasjon om branntetting og testing, samt sponing av tetteprodukter til forsøkene som er gjennomført i forbindelse med oppgaven. Deres bistand setter jeg stor pris på og vil takke for all velvilje knyttet til rigging og gjennomføring av forsøkene.

Videre vil jeg takke min veileder Arjen Kraaijeveld for å bistå med forsøkene og tips til oppgaven. I tillegg rettes en takk til HVL for spons/betaling av brannbestandig vifte til forsøkene.

Videre vil jeg takke Stefan Andersson for gode innspill til temaet og hjelp med gjennomlesning.

Videre vil jeg takke Bjørn Reidar Nygård for bistand for gjennomlesning og språkkontroll.

Videre vil jeg takke for engasjementet rundt oppgaven fra flere interessenter som har gjort at jeg får mulighet til å holde et foredrag om denne masteroppgaven i Haugesund den 7 juni 2023 på konferansen Brannsikring – utfordringer og konsekvenser som er en del av BFO (brannfaglig fellesorganisasjon) sitt program.

Til slutt vil jeg takke alle som jeg har vært i kontakt med i forbindelse med denne oppgaven, både løst og fast. Både kollegaer og tilfeldige på befaringer. Det er tydelig at dette er et stort tema som mange ønsker å vite mer om og jeg vil takke for gode tilbakemeldinger og tanker rundt temaet.

## Sammendrag

Denne masteroppgaven har som hovedfokus å se på muligheten for fravik fra krav til brannisolering på ventilasjonskanaler i omsorgssentre/omsorgsboliger hvor det i hovedsak er lave avtrekkshastigheter på ventilasjonskanalene som går mellom boenheter. Det er ønskelig å kunne utelate eller redusere mengden brannisolering som blir benyttet på bakgrunn av plassen den opptar, som igjen kan øke byggehøyden til et bygg eller gjøre det vanskeligere for andre tekniske installasjoner som er nødvendig. Det er også lite miljøvennlig å benytte store mengder brannisolasjon og det er kostbart når store mengder brannisolasjon skal benyttes.

Opgaven ser i stor grad se på BRAVENT sin rapport som tar for seg brannspredning i ventilasjonskanaler og vurdere om deres konklusjon om at brannisolering bør unngås i sin helhet. Deres resultat viste at kanaler blir sterkt deformert ved en varmpåkjenning over 60 minutter. Det skal også sees på hvorfor BRAVENT får deformerte kanaler når det finnes teststandarder som åpenbart overholder kriteriene og ikke får deformerte kanaler som bryter kriteriene satt i teststandardene.

I sammenligningen mellom teststandardene NS-EN 1366-1 og NS-EN 1363-1, og forsøksmetoden som BRAVENT har gjort er det noen tydelige forskjeller som med stor sannsynlighet er grunnlaget for hvorfor BRAVENT sine forsøk ente opp med deformerte kanaler. Urealistisk høye temperaturer i forsøkene og raskere avtrekkshastigheter er to eksempler på avvikende forhold ved testing i deres forsøk.

Forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven er heller ikke testet etter standardene, men er ment å teste et så realistisk scenario som mulig hvor det forekommer en sprinklervikt, spesielt når det kommer til temperatur og avtrekkshastighet. Dette er gjort fordi flere undersøkelser viser at dersom et automatisk sprinkleranlegg løser ut i et beboerrom vil brann med stor sannsynlighet reduseres kraftig og i mange tilfeller slokkes helt. I et slikt scenario vil ikke brannisoleringen på kanalene ha noen spesiell effekt. Det er derfor valgt å fokusere på tilfeller hvor sprinkleren ikke løser ut.

Temperaturen som benyttes i samtlige forsøk følger ISO 834 brannkurven så nært som det lot seg gjøre. Denne kurven starter ved romtemperatur og ender på 945 °C i løpet av 60 minutter. Avtrekkshastigheten er beregnet etter normalt avtrekk fra boenheter på omsorgssentre på 28 m<sup>2</sup>.

Resultatet fra forsøkene viser at BRAVENT har rett i at brannisolering i en del tilfeller kan fravikes i sin helhet og i mange tilfeller kan reduseres betydelig.



Det fremkommer likevel fra forsøkene som er utført at bruk av brannisolering på ventilasjonskanalene er en fullverdig metode for å ivareta brannsikkerheten mellom branncelleskillene så lenge det utføres korrekt.

Det mye vi ikke vet om brannsikring av ventilasjonsanlegg. Det er rimelig å anta at det er store muligheter for å optimalisere disse løsningene. Metoden som benyttes i dag er lite plasseffektiv, lite miljøvennlig og kostbar. Det vil være mye å spare miljøet for samt prisen av byggene ved å kunne verifisere bedre mulige løsninger ved bruken av brannisolering.

Erfaringsmessig fremkommer det også at i større registrerte dødsbranner er ikke brannspredning via ventilasjonskanaler ansett som et problem som har forårsaket dødsfallene. Det er i de fleste tilfeller røyken som har spredd seg via kanalene eller andre åpninger som har endt opp med å ta livet av personene. Selve brannen har ikke klart å spre seg via kanalnett i noen vesentlig grad. Dette har vært fall ikke vært registrert som et hovedproblem, men kan ha forekommet.

Sannsynligheten for at situasjonen inntreffer hvor det i det hele tatt er behov for brannisolering på ventilasjonskanaler er ansett som liten (0,55 %) og flere ting må gå galt for å brannen skal kunne spre seg i den tiden som er tilgjengelig for redning og rømning. Det kommer derfor frem i denne masteroppgaven at brannisolering kan fravikes basert på hvordan forskriftskravet for bruken av ventilasjonskanaler er beskrevet i dag.

Denne masteroppgaven tar kun for seg tilfellet hvor bygget benytter TREKK UT som ventilasjonsprinsipp. Bruk av brannisolering ikke er relevant ved dersom bygget benytter seg av STENG INNE som ventilasjonsprinsipp.

### Hovedpunkter fra rapporten:

- Sannsynligheten for at brannspredning via ventilasjonskanaler inntreffer er svært liten (0,55%), erfaringsmessig har det heller ikke vært funnet noen registrerte storbranner hvor det har vært dødsfall hvor dette har vært registrert som et hovedproblem.
- Brannisolering kan fravikes basert på den lave sannsynligheten funnet i denne rapporten (0,55%) for at et tilfelle hvor brannspredning via ventilasjonskanalene kan inntreffe, sett i sammenheng med hvordan forskriftskravet i TEK17 er beskrevet i dag «*Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonene ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg*». (1)
- Det bør utarbeides standardiserte løsninger for muligheten til å punktisolere og dermed utnytte seg av den naturlige kjøleeffekten til uisolerte kanaler dersom sannsynligheten som er funnet i denne rapporten ikke ansees som lav nok til at den kan aksepteres. Dette bør utarbeides med ulike materialer som gips i tillegg til normal brannisolering. Det bør også undersøkes standardiserte løsninger med mindre isolasjonsmengder enn hva som benyttes i dag. Eksempel EI 15 eller EI 30 istedenfor EI 60.
- Dersom det ikke er brennbare materialer på andre siden av brannskille er det ikke behov for å brannisolere kanalene selv om dette strider imot kriteriene satt i NS-EN 1363-1 da sikkerheten ikke vil svekkes.
- Bruk av brannisolering på ventilasjonskanaler er ikke dårlig for kanalene så lenge det er utført korrekt. Brannisolering er en fullverdig måte å beskytte bygget ifra brannspredning via ventilasjonskanalene.
- Kjøleeffekten på en uisolert kanal er stor, og det vil være en fordel å kun punktisolere kanalen mot brennbare materialer for å utnytte denne effekten.
- Bakgrunnen for BRAVENT sitt resultat med deformerte og ødelagte kanaler er trolig på grunn av unaturlig høye temperaturer ved testing, samt andre mindre faktorer som kan ha påvirket resultatet.

## Abstract

The main focus of this master's thesis is to look at the possibility of deviations from requirements for fire insulation on ventilation ducts in care centers/care homes where there are mainly low exhaust velocities on the ventilation ducts that run between the housing units. It is desirable to be able to omit or reduce the amount of fire insulation that is used based on the space it occupies, which in turn can increase the building height of a building or make it more difficult for other technical installations that are necessary. It is also not environmentally friendly to use large amounts of fire insulation and it is expensive when large amounts of fire insulation are to be used.

The assignment also looks to a large extent at BRAVENT's report which deals with the spread of fire in ventilation ducts and assesses their conclusion that fire insulation should be avoided in its entirety as their results showed that ducts are severely deformed when exposed to heat for more than 60 minutes. It must be looked at why BRAVENT gets deformed ducts when there are test standards that obviously comply with the criteria and does not get deformed ducts that break the criteria set in the test standards.

In the comparison between the test standards NS-EN 1366-1 and NS-EN 1363-1, and the test method that BRAVENT has carried out, there are some clear differences which are very likely the basis for why BRAVENT's tests ended up with deformed ducts. Unrealistically high temperatures in the experiments and faster extraction speeds are two examples of deviating conditions during testing.

The experiments carried out in connection with this master are also not tested according to the standards but are intended to test as realistic a scenario as possible where a sprinkler failure occurs, especially when it comes to temperature and extraction speed. This has been done because several investigations show that if an automatic sprinkler system goes off in a resident's room, the fire will very likely be greatly reduced and, in many cases, completely extinguished. In such a scenario, the fire insulation on the ducts will not have any effect. It has therefore been chosen to focus on cases where the sprinkler does not trigger.

The temperature used in all tests follows the ISO 834 fire curve as closely as possible. This curve starts at room temperature and ends at 945 degrees within 60 minutes. The extraction speed is calculated based on normal extraction from housing units in care centers of 28 m<sup>2</sup>.

The results of the tests show that BRAVENT is right that in some cases fire insulation can be waived in its entirety and in many cases can be significantly reduced.

However, it appears from the tests that have been carried out that the use of fire insulation on the ventilation ducts is a full-fledged method of safeguarding fire safety between the fire cell partitions if it is carried out correctly.

There is much we don't know about fire protection of ventilation systems. It is reasonable to assume that there are great opportunities to optimize these solutions. The method used today is not very space-efficient, not environmentally friendly, and expensive. There will be a lot of saving for the environment as well as the price of the buildings by being able to verify better possible solutions through the use of fire insulation.

Experience also shows that in larger recorded fatal fires, the spread of fire via ventilation ducts is not considered to be a problem that has caused the deaths. In most cases, it is the smoke that has spread via the ducts or other openings that has ended up taking the lives of the people, while the fire itself has not been able to spread via the duct network to any significant extent. This has not been registered as a major problem but may have occurred.

The probability of the situation occurring where there is a need at all for fire insulation on ventilation ducts is considered small (0.55%) and several things must go wrong for the fire to spread in the time available for rescue and escape. It therefore appears in the thesis that fire insulation can be waived based on how the regulatory requirement is described today.

This master's thesis only deals with the case where there is PULL OUT as the ventilation principle, as the use of fire insulation is not relevant when using the CLOSE IN principle.

### Key points from the report:

- The probability of fire spreading via ventilation ducts is exceedingly small (0.55%), there have been no recorded large fires where there have been deaths where this has been recorded as a main problem.
- Fire insulation can be omitted based on the low probability found in this report (0.55%) that a case where fire spread via the ventilation ducts could occur, seen in the context of how the regulatory requirement in TEK17 is described today. "Technical installations must be designed and carried out in such a way that the installations do not significantly increase the risk of fire occurring or of fire and smoke spreading".
- Standardized solutions should be prepared for the possibility of spot insulation and thus making use of the natural cooling effect of uninsulated ducts if the probability found in this report is not considered low enough for it to be accepted. This should be prepared with varied materials such as plaster in addition to normal fire insulation. Standardized solutions with smaller amounts of insulation than what is used today should also be investigated. Example EI 15 or EI 30 instead of EI 60.
- If there are no flammable materials on the other side of the fire separation, there is no need to fireproof the ducts, even if this goes against the criteria set in NS-EN 1363-1 as safety will not be impaired.
- Use of fire insulation on ventilation ducts is not bad for the ducts as long as it is done correctly. Fire insulation is a full-fledged way of protecting the building from the spread of fire via the ventilation ducts.
- The cooling effect on an uninsulated duct is great, and it would be an advantage to only insulate the duct at points against combustible materials in order to utilize this effect.
- The background for BRAVENT's result with deformed and broken ducts is probably due to unnaturally high temperatures during testing, as well as other minor factors that may have influenced the result.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	I
Sammendrag .....	III
Hovedpunkter fra rapporten:.....	V
Abstract .....	VI
Key points from the report:.....	VIII
Bildetekstliste .....	XIII
Definisjoner .....	XV
1. Innledning.....	1
1.1. Problemstilling.....	3
1.2. Presisering av oppgaven.....	4
1.3. Avgrensning av oppgaven .....	5
2. Teori.....	6
2.1. DEL 1.....	6
2.1.1. Regelverk (TEK17).....	6
2.1.2 §11-2 Risikoklasser og §11-3 Brannklasser .....	7
2.1.3 Tek17 §11-8 Brannceller.....	9
2.1.4 Tek17 §11-10 Tekniske installasjoner: .....	11
2.1.5 TEK17 § 11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider:.....	11
2.1.6 Forklaring av regelverket.....	12
2.1.7 Fravik .....	12
2.1.8 Sannsynlighet for sprinklersvikt .....	13
2.1.9 NS 3901.....	14
2.1.10 Byggforskserien .....	15
2.1.11 TEST standarder for branntesting av ventilasjonskanaler.....	17
2.2 Del 2.....	21
2.2.1 Ventilasjonsprinsipp .....	21
2.2.2 Beregning av avtrekkshastighet for en boenhet i en omsorgsbolig.....	23
2.2.3 Brannspredning fra ventilasjonskanaler (antenneskriterier).....	25
2.2.4 Varmeoverføring .....	26
2.2.5 Forventet brannstørrelse i en boenhet .....	30
2.2.6 Kjøleeffekt .....	30
2.2.7 Bakgrunn for endring til fullisolering av ventilasjonskanaler.....	31

2.2.8	Dokumenterte branner, med brann i ventilasjonskanaler som et hovedproblem .....	31
2.2.9	Oppsummering av de viktigste punktene i teorien.....	33
3.	BRAVENT.....	35
3.1	BRAVENT sin metode.....	36
3.1.1.	BRAVENT sitt valg av temperatur.....	38
3.1.2.	BRAVENTs valg av avtrekkshastighet. ....	38
3.1.3.	BRAVENT sin forsøksprosedyre .....	39
3.2.	Forklaring av BRAVENT sin metode og dens usikkerheter:.....	40
3.2.1.	Temperatur.....	40
3.2.2.	Lufthastighet.....	40
3.2.3.	Gjennomføring til brannovn .....	41
3.2.4.	Montasje av isolering .....	42
3.2.5.	Opphengssystem .....	43
3.3.	BRAVENTS resultater av ISO 834 testene.....	44
4.	Metode.....	48
4.1	Teoridel.....	48
4.2	Forsøk .....	48
4.2.1	Brannrom/ovn .....	49
4.2.2	Brann/tenn kilde.....	50
4.2.3	Gjennomføring .....	52
4.2.4	Oppheng. ....	53
4.2.5	Brannisolering.....	54
4.2.6	Instrumentering.....	55
4.2.7	Kanal oppsett, vifte og tilluft .....	58
4.3	Metodekritikk .....	60
4.3.1	Oppheng .....	60
4.3.2	Feste av kanaler mot brannvegg .....	60
4.3.3	Avtrekk.....	61
4.3.4	Temperatur og gass strømning .....	61
5.	Resultat.....	62
5.1	Forsøk 1: ISO brann i 1 time med EI 60 brannisolering med avtrekk 1, m/s.....	62
5.2	Forsøk 2: Uten brannisolering med ISO kurve i 60 min med avtrekk 1,3 m/s. ....	65
5.3	Forsøk 3: Med brannisolering EI 15 i en ISO brann i 60 min med avtrekk 1,3 m/s.....	67

5.4	Forsøk 4: Uten brannisolering med ISO brannkurve og avtrekk på 2,5 m/s. ....	70
5.5	Sammenligning av ISO kurve og forsøk .....	72
5.6	Gass/propan forbrent under forsøk .....	73
5.7	Beregning av stråling .....	74
6.	Diskusjon .....	76
6.1	Vurdering av begrensninger .....	76
6.1.1	ISO 834 brannkurve/temperatur:.....	76
6.1.2	Oppheng: .....	76
6.1.3	Festing av kanal: .....	76
6.1.4	Herding av GPG: .....	77
6.1.5	Kjøleeffekt: .....	77
6.2	Diskusjon av problemstilling som helhet.....	77
6.3	Avtrekkets påvirkning på kanalene .....	78
6.4	Beregning av blandingstemperatur .....	79
6.5	Nødvendigheten av brannisolering etter forsøk 1-4. ....	80
6.6	Sammenligning mellom forsøk 1-4 og BRANVENT. ....	81
6.6.1	Hva forsøkene skal representere .....	81
6.6.2	Gjennomføring til brannrom/ovn.....	81
6.6.3	Temperatur.....	81
6.6.4	Avtrekkshastighet.....	82
6.6.5	Beskrivelse av kjøleeffekt .....	83
6.6.6	Sammenligning av kritisk varmefluks .....	83
6.7	Resultat ved åpent rom vs hulrom. ....	83
6.8	Sammenligning av resultater mellom BRAVENT sine forsøk og forsøkene 1-4 .....	85
6.9	Viktigheten av tetting mellom isolasjonslagene. ....	87
6.10	Bruk av EI 15 brannisolering istedenfor EI 60 .....	88
6.11	Totalt fravik fra brannisolering basert på forsøk 1-4 .....	88
6.12	Fravik fra brannisolering i kombinasjon med automatisk sprinkleranlegg. ....	90
6.13	Teststandardenes relevans.....	91
6.14	Eksempel på plassmangel i eksisterende bygg.....	92
6.15	Bruk av brannisolering basert på erfaringer og statistikk (sannsynlighet for antennelse/brann) 93	
6.16	Oppsummering av diskusjon .....	97



7.	Konklusjon .....	98
7.1	Del 1 BRAVENTs sett opp mot forsøk 1-4.....	98
7.2	Del 2 Helhetlig konklusjon.....	100
8.	Fremtidig arbeid .....	102
8.1	Endre §11-10 .....	102
8.2	Optimalisering av standard for brannsikkerhet i ventilasjonskanaler .....	102
8.3	Undersøke betydningen av kjøleeffekten på kanal fra omgivelsene .....	102
8.3	Mulige isolasjonsløsninger .....	103
8.3.1	Gjennomføringer hvor det kun er ubrennbare materialer .....	103
8.3.2	Punktisolering/punktsikring .....	103
8.3.3	Bruk av lavere brannklassifisert isolering.....	103
8.4	Totalt fravik fra brannisolering.....	104
8.5	Spredning av brann og røygasser via avtrekkskanaler .....	104
9	Eksempel på faktorer som må vurderes ved fravik fra brannisolering. ....	105
9.2	Risikoklasse og brannklasse.....	105
9.3	Brannvesenets innsatstid .....	105
9.4	Branncelleinndeling.....	106
9.5	Automatisk slokkeanlegg.....	106
9.6	Brennbare materialer i nærheten av kanaler.....	106
10	Referanser .....	107
11	Vedlegg.....	A
10.1	Brannbestandig vifte benyttet i forsøkene: .....	A
10.2	Brannisolering (PAROC) benyttet i forsøkene: .....	B

## Bildetekstliste

Figur 1: Kriterier for risikoklasse.....	7
Figur 2: Konsekvens og brannklasse.....	8
Figur 3: Brannkrav til brannceller basert på brannklasse.....	10
Figur 4: Visualisert ISO 834 brannkurve.....	19
Figur 5: Trekk ut prinsipp.....	21
Figur 6: Steng inne prinsipp.....	22
Figur 7: Regneark benyttet for å undersøke avstand til kanal basert på brannsikkerhet – prosjektering og dokumentasjon av Sigurd Hoelsbrekken.....	29
Figur 8: Sannsynlighet for liten, medium og stor brann. (17 s. 20).....	30
Figur 9: BRAVENT sitt forsøksoppsett .....	37
Figur 10: Testoppsett RAVENT, uten gjennomføring. (3 s. 20).....	41
Figur 11: Montering av isolering fra test 22, fra BRAVENT (3 s. 45).....	42
Figur 12: Bilde av BRAVENT sitt opphengssystem (3 s. 26). .....	43
Figur 13: BRAVENTS resultater av ISO brann. (2) s.41.....	44
Figur 14: BRAVENT resultat av ISO kurve basert på avstand til brannrom (2) s.42 .....	46
Figur 15: BRAVENTS resultat av temperatur på kanalgoods (2) s.42. ....	46
Figur 16: BRAVENTS bilder fra test med ISO kurve test 27 i BRAVENT rapport (2) s.47. ....	47
Figur 17: Brannovn benyttet i forsøk. ....	49
Figur 18: Ferdig bygget brannrom/ovn. ....	50
Figur 19: Oversiktsbilde av gasstanker .....	50
Figur 20: Brannkar .....	50
Figur 21: Gassmåler.....	51
Figur 22: Innside av gjennomføring før branntetting.....	52
Figur 23: Gjennomføring før branntetting .....	52
Figur 24: Utsiden av gjennomføring etter branntetting.....	52
Figur 25: Innside etter branntetting.....	52
Figur 26: Oversikt over oppheng (2).....	53
Figur 27: Oversikt over oppheng .....	53
Figur 28: Spesialverktøy til å feste brannisolering til hverandre.....	54
Figur 29: Utførelse av brannisolering på innsiden av brannrom(EI60) .....	54
Figur 30: Utførelse av brannisolering på utsiden av brannrom(EI60).....	54
Figur 31: Brannisolering i 180 cm lengde(EI60).....	54
Figur 32: Temperaturmålere på innsiden av brannrommet. ....	56
Figur 33: Temperaturmåler plassert rett etter isolering. ....	57
Figur 34: Temperaturmåler plassert oppå brannisolering EI 15. ....	57
Figur 35: Oversikt over kanalstrek 1.....	59
Figur 36: Oversikt over kanalstrek.....	59
Figur 37: Avtrekk på 2,5 m/s i forsøk 4.....	59
Figur 38: Avtrekk på 1,3 m/s, forsøk 1, 2 og 3.....	59
Figur 39: Standard oppheng.....	60
Figur 40: Feste av kanal til branncellevegg .....	61
Figur 41: Gløding i enden av isolering (EI 60).....	62
Figur 42: Isolering av kanal med EI 60.....	62

Figur 43: Resultat forsøk 1.....	63
Figur 44: Branntettningen etter forsøk 1. ....	64
Figur 46: Kanaler i forsøk 1 etter brannisoleringen er tatt bort.....	64
Figur 45: Kanal og brannisolering etter forsøk 1.....	64
Figur 47: Brannisoleringen EI 60 rett etter forsøk.....	64
Figur 48: Utsiden av brannrom rett etter forsøk 2.....	65
Figur 49: Innsiden av brannrom rett etter forsøk 2. ....	65
Figur 50: Antennelse av bomullsdott etter ca. 10 sekunder.....	65
Figur 51: Resultat fra forsøk 2. ....	66
Figur 52: Plassering av termoelement på ueksponert side.....	67
Figur 53: Det kan tydes glødende kanal under isoleringen.....	68
Figur 56: Oversikt over EI 15 brannisolering. ....	68
Figur 54: Bomullsdott på skjøt mellom EI 15 brannisolering.....	68
Figur 55: Bomullsdott på EI 15 brannisolering.....	68
Figur 57: Resultater fra forsøk 3.....	69
Figur 58: Innside av brannrom rett etter forsøk 4. ....	70
Figur 59: Gløding på kanal uten isolering.....	70
Figur 60: Resultater fra forsøk 4.....	71
Figur 61: Sammenligning av ISO kurve og forsøk.....	72
Figur 62: Oversikt over modell med boenheter.....	79
Figur 63: Bilde fra BRAVENT fra test 27 (2) s.47.....	85
Figur 64: BRAVENTs resultat av godstemperatur med og uten brannisolering. (2) s.42.....	86
Figur 65: Skjøt under forsøk.....	87
Figur 66: Skjøt før forsøk.....	87
Figur 67: Beregning av stråling for uisolert kanal.....	89
Figur 68: Eksempel på plassmangel hvor ventilasjonskanalen ligger tett på brennbare materialer. ....	92
Figur 69: Forventet temperatur i en rombrann med HRR på 1000 kW. ....	96
Figur 70: Brannareal basert på tid og brannvekst.....	105

## Definisjoner

RiBr – Rådgivende ingeniør brann

FDS – Fire Dynamic Simulator

Branncellebegrensende konstruksjon – Branncellevegg, vanligvis EI 30 eller EI 60

TEK17 – Byggteknisk forskrift av 2017

TEK97 - Byggteknisk forskrift av 1997

Brannpåvirkning fra innsiden av kanal – en brann som kommer inn i kanal eller som oppstår i kanal.

Brannpåvirkning fra utsiden av kanal – en brann som kun påvirker en kanal fra utsiden.

Langtidspåkjenning – Når et objekt blir varmet opp sakte til sitt mulige antennespunkt. Dette er ikke en spesifikk gitt tid, men vil variere fra objekt til objekt da ulike materialer har forskjellig antennelsestemperaturer.

Kortidspåkjenning – Brannpåvirkning i ca. 30 sekunder

Kvantitativ fravik – fravik utført med analyser og beregninger

Kvalitativ fravik – fravik utført basert på branningeniørens- og annen anerkjent kunnskap

Spontanantennelse – Antennelse av materiale uten tilstedeværelse av gnist eller flamme

Pilotantennelse – Antennelse av materiale ved bruk av en tennkilde som flamme eller knist

Arnested – Stedet hvor en brann oppstår

Kost nytte prinsipp – En kostnatt skal ikke være for høy i forhold til nytteverdien av tiltaket. I denne masteroppgaven vil dette bli brukt for å diskutere om kostnaden og konsekvensen ved bruk av brannisolering overgår den sikkerhetsverdien den gir.

HRR – Heat release rate (varmeavgivelseshastighet)

Lavt avtrekk – lavt avtrekk defineres i denne oppgaven som under 3 m/s.

## 1. Innledning

Oppgaven tar for seg et tema som har vært mye omdiskutert i en lengre periode blant brannrådgivere, prosjekterende og utførende. Kan det fravikes fra brannisolering på ventilasjonskanaler og hvilke hensyn må man ta ved en slik avgjørelse?

I denne oppgaven er det valgt å se på rapporten som er utarbeidet av BRAVENT (2) (3) som kom frem til at det ikke burde benyttes brannisolering på ventilasjonskanaler. Ved gjennomgang av denne rapporten ble det funnet flere ting som kan vurderes som ikke reelt for et faktisk branntilfelle. Forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven har som intensjon å være så realistisk som mulig for en situasjon hvor det oppstår en brann i en omsorgsbolig.

Det skal undersøkes om svarene som BRAVENT kom frem til stemmer med det resultatene fra denne rapporten kommer frem til. Det er viktig å forstå at testene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven er mer spesifikke mot omsorgssentre enn hva BRAVENT undersøkte som var mer på generell basis.

Denne oppgaven vil kun gi en indikasjon på hva som kan være riktig utførelse for å få et brannsikkert skille (branncelle) hvor det er ventilasjonskanaler. Det er ikke utført nok tester til å kunne gi et nøyaktig svar, men vil kunne gi en strekt indikasjon på hva som kan være en god løsning og hva som burde undersøkes nærmere. Oppgaven har flere begrensinger som for eksempel at brannisoleringen ikke var festet i selve veggen til brannovnen og andre mindre monteringsforutsetninger. Dette beskrives nærmere og forklares hvorfor i metodekapitlet (kap. 4.).

Formålet med oppgaven er altså å finne ut om det er mulig å gjøre et fravik fra brannisolering på ventilasjonskanaler i omsorgshjem uten at dette øker faren for spredning av brann og røyk vesentlig, dersom det bryter ut en rask og kraftig brann i en boenhet. Et omsorgssenter som definert i denne oppgaven er et senter for personer som ikke er i stand til å ta seg selv i sikkerhet ved en eventuell brann. Dette er personer som har heldøgns bemanning og som får servert måltider hver dag.

Når det er snakk om boenheter i omsorgssentre i forbindelse med denne oppgave er dette mindre boenheter for personer som ikke har eget kjøkken, dette gjelder for personer som skal ha et oppholdsrom, soverom og bad. Dette er normalt for omsorgssentre og institusjoner. Husbanken (4) viser til at en privat boenhet skal være på minst 28 m<sup>2</sup>.

Da jeg startet som brannrådgiver i 2018 har jeg regelmessig hatt denne utfordringen på ulike omsorgsboliger, skoler, boligbygg osv. De siste 5 årene har jeg vært borti mange forskjellige løsninger og sett ulike dokumentasjonsformer fra andre rådgivere for å unngå brannisolering på ventilasjonskanalene. Dette har vært alt fra å kun si at bygget er sprinklet og da vurdere det til at temperaturen ikke vil bli høy nok til å bryte branncelleskillet, til lange utredninger og analyser i FDS (Fire Dynamics Simulator.)

Ved å jobbe videre med funnene i denne oppgaven vil det trolig være mulig å komme frem til gunstige løsninger som sikrer at byggene blir bedre mulige og miljøvennlige. Det vil også kunne utarbeides standardiserte løsninger som gjør at alle brannrådgivere vil kunne ha samme grunnlag for å utføre prosjektering og analyser av løsningene uten at dette skal gå på kompromiss av byggets sikkerhet.

Rapporten er bygget opp på med en blanding av teoretiske forutsetninger fra andre rapporter og analyser samt fysiske forsøk utført for å selv teste påstandene.

## 1.1. Problemstilling

Det krav til at ventilasjonskanalene skal være utført på en slik måte at bygningsdelen som den passerer skal opprettholde sin brannmotstand. Det er ikke spesifisert hvordan utførelsen må være for å ivareta kravet (1).

Måten dette sikres på i dag er at det benyttes brannisolering basert på den forventede røykgasstemperaturen som man kan forvente i brannrommet, men er dette i det hele tatt nødvendig?

Flere i bransjen som arbeider som sprinklerprosjekterende mener at dersom det er sprinklet er det ikke behov for brannisolering på ventilasjonskanalene, dette er det også flere brannrådgivere som mener.

Et normalt sprinkleranlegg løser ut på om lag 70 C°, og det er mange brannrådgivere som mener at det er usannsynlig at røykgasstemperaturen vil kunne bli så varm at det vil være kritisk for ventilasjonskanalene og gjennomføringen i den branncellebegrensende konstruksjonen. Men hva om sprinkleranlegget ikke fungerer som tiltenkt, vil temperaturene da kunne være høye nok til at brannen kan spre seg via kanalene gjennom bransellen i den tiden det er beregnet for rømning og redning?

I denne masteroppgaven er det funnet hensiktsmessig å undersøke dette ved hjelp av fysiske branntester.

En annen problemstilling som også skal undersøkes er om røyken har potensiale til å spre seg via kanalnett på grunn av overtrykk i brannrommet. Dette skal undersøkes for å se på brannisoleringen på ventilasjonskanalene har liten eller ingen betydning for beboerrom hvor det er lite ventilasjonsavtrekk. I et slikt tilfelle vil røyken kunne spre seg selv med valg av trekk ut som ventilasjonsprinsipp og bruken av brannisolering på ventilasjonskanalene, vil ikke ha noen påvirkning på personsikkerheten.

Når det skapes et overtrykk i brannrommet, hvor lang tid tar det før trekk ut prinsippet ikke lengre klarer å trekke ut røyken som produseres og når vil den da spre seg til andre deler av bygget? Dette er også viktig å undersøke og vil også bli prioritert undersøkt i forsøkene.

## 1.2. Presisering av oppgaven

I denne oppgaven skal det fokuseres på nødvendigheten ved bruk av brannisolering i risikoklasse 6 bygg, type omsorgsboliger med lavt ventilasjons avtrekk (lav hastighet på avtrekk).

1. Kan brannisolering tas helt bort i de fleste tilfeller (i boenheter på omsorgssentre) slik som BRAVENT foreslår?
2. Kan omfanget brannisolering eventuelt reduseres, i den grad brannisolering ikke helt kan utelates i omsorgssentre?
3. Er teststandardene som vi benytter oss av i dag relevante for et faktisk branntilfelle?
4. Hvilke temperaturer får kanalgodset med og uten brannisolering EI 60 ved en standard ISO 834 brannkurve?
5. Hvilke temperaturer får kanalgodset og overflaten av brannisoleringen med EI 15 ved en standard ISO 834 brannkurve?
6. Vil avtrekket være stort nok til at røykgassene ikke sprer seg til andre brannceller via avtrekkskanalene?
7. Er automatisk sprinkleranlegg et godt nok sikkerhetstiltak for å kunne si at brannisolering kan fravikes i sin helhet, også i bygg hvor det er et krav (risikoklasse 6 bygg, omsorgssentre)?



### 1.3. Avgrensning av oppgaven

- Oppgaven er avgrenset til å omhandle omsorgshjem i risikoklasse 6 selv om flere av punktene og argumentene som ytres i denne oppgaven kan benyttes for flere andre typer bygg som har lignende utforming med boenheter som boligbygg og hoteller.
- Forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven er ikke ment for å gjenspeile resultater som skal ivareta kriteriene i teststandarden NS-EN 1363-1 eller resultatene som BRAVENT kom frem til. Forsøkene er ment for å finne sitt eget resultat basert på et så sannsynlig brannscenario som mulig.
- Forsøkene er utført i et stort åpent volum og vil trolig ha noe ulikt resultat fra et virkelig scenario hvor det er mindre volum, dette blir adressert i oppgaven.
- Det blir kun utført 4 forsøk, dette er likevel vurdert til å gi et godt innblikk i hva som burde forskes på videre.
- Oppgaven er utført på begrenset informasjon og det kan foreligge informasjon eller rapporter som ikke har blitt adressert i denne oppgaven som kan endre på utfallet. Informasjon som ville hatt denne effekten er ikke funnet og hadde blitt adressert da oppgaven ikke har noe ønske om å finne et spesifikt resultat, kun fremme det som er dokumentert.

## 2. Teori

Teoridelen vil bli delt inn i 2 ulike deler hvor del 1 er generell teori med nyttig informasjon om og rundt tema som gjør at leser skal få en større forståelse av det helhetlige bilde. Dette er ikke nødvendigvis spesifikk teori som går direkte på oppgavens mål, men som er nødvendig å vite litt om for å kunne forstå viktigheten og sammenhengen i oppgaven.

Del 2 vil være teori som er mer direkte knyttet til oppgavens mål og skal gi leser en direkte forståelse av oppgavens tema.

BRAVENT sin rapport, metode og konklusjon vil bli satt opp som en helt egen del under selve teori kapitlet. Teknisk sett er dette en del av teorien, men fordi denne rapporten tar utgangspunkt i BRAVENT sitt resultat er det viktig å referere innholdet i BRAVENT sin rapport presist og i kontekst. Det er derfor valgt å holde den delen for seg selv.

### 2.1. DEL 1

I denne delen vil det bli beskrevet hvilke lover og regler som foreligger når brannsikkerheten i bygg skal vurderes og hvilke regelverk som enn skal forholde seg til.

#### 2.1.1. Regelverk (TEK17)

TEK17 er regelverket som prosjekterende skal forholde seg til ved planlegging av nye bygg eller oppgraderinger av eldre bygg. TEK17, som er forkortelsen for byggtknisk forskrift fra 2017, er underlagt plan og bygningsloven (PBL). Denne forskriften angir minstekravene for å få godkjent et bygg i dag.

Tek17 består av forskriftskrav og preaksepterte ytelser. Et forskriftskrav er et krav som må følges for at regelverket skal være ivaretatt, dette kan enten gjøres ved å følge de preaksepterte ytelsene, som er regelverkets forslag til løsninger eller ved at en prosjekteringsansvarlig dokumenterer en alternativ løsning. Denne metoden er kalt analyse.

TEK 17 vil ikke bli gjennomgått i sin helhet, men relevant regelverk i henhold til denne masteroppgaven vil bli gjennomgått i kommende deler fra kap. 2.1.2 til 2.1.5.

### 2.1.2 §11-2 Risikoklasser og §11-3 Brannklasser

Når byggverk skal prosjekteres er noe av det første en brannrådgiver må gjøre er å plassere byggverket i korrekt risikoklasse og brannklasse. Risikoklasse bestemmes «*Ut fra den trusselen en brann kan innebære for skade på liv og helse, skal byggverk eller ulike bruksområder i et byggverk plasseres i risikoklasser etter tabellen nedenfor. Risikoklassene skal legges til grunn for prosjekteringen og utførelsen for å sikre rømning og redning ved brann*». (1)

Risikoklasser	Byggverk kun beregnet for sporadisk personopphold	Personer i byggverk kjenner rømningsforhold, herunder rømningsveier, og kan bringe seg selv i sikkerhet	Byggverk beregnet for overnatting	Forutsatt bruk av byggverk medfører liten brannfare
1	ja	ja	nei	ja
2	ja/nei	ja	nei	nei
3	nei	ja	nei	ja
4	nei	ja	ja	ja
5	nei	nei	nei	ja
6	nei	nei	ja	ja

Figur 1: Kriterier for risikoklasse

Brannklasser bestemmes fra «Ut fra den konsekvensen en brann kan innebære for skade på liv, helse, samfunnsmessige interesser og miljøet, skal byggverk eller ulike deler av et byggverk plasseres i brannklasser etter tabellen nedenfor. Brannklassene skal legges til grunn for prosjekteringen og utførelsen for å sikre byggverkets bæreevne mv. ved brann». (1) Brannklassen til et bygg vil igjen bestemme hvor strengt kravet for tilgjengelig rømningstid blir i den form av hvor lenge de branntekniske konstruksjonene skal holde.

Risikoklasse	Antall etasjer			
	1	2	3 og 4	5 eller flere
1	-	BKL 1	BKL 2	BKL 2
2	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
3	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
4	BKL 1	BKL 1	BKL 2	BKL 3
5	BKL 1	BKL 2	BKL 3	BKL 3
6	BKL 1	BKL 2	BKL 2	BKL 3

Figur 2: Konsekvens og brannklasse

Omsorgssentre skal plasseres i risikoklasse 6 og brannklassen vil variere med antall etasjer som bygget har. Dersom bygget har 1 tellende etasje plasseres bygget i brannklasse 1, derom den har 2-4 tellende etasjer plasseres det i brannklasse 2. 5 tellende etasjer eller mer gir brannklasse 3. Selve brannklassene er ikke relevante for resten av denne rapporten annet enn at forsøkene er testet opp mot en brannpåkjenning på 60 minutter som tilsvarer branncellekravet for brannklasse 2 og 3. For brannklasse 6 skal de branntekniske konstruksjonene holde i 30 minutter.

### 2.1.3 Tek17 §11-8 Brannceller

Et omsorgshjem skal som oftest deles inn i flere brannceller. Disse brannceller er normalt boenheter, rømningsveier, tekniske rom og eventuelt kontordel/sted for ansatte/oppholdsrom. Brannklassen på branncellene vil variere etter byggets brannklasse. Se veiledning som er referert til for ledd 2 under.

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

#### Veiledning

Følgende rom, samling av rom eller lokaler må være egne brannceller:

- a. Rømningsvei, jf. også § 11-14.
- b. Trapperom. Gjelder selv om trapperommet ikke er del av rømningsvei.
- c. Hvert enkelt sykerom i sykehus og pleieinstitusjoner.
- d. Hvert enkelt gjesterom i overnattingsbygg.
- e. Hvert enkelt forsamlingslokale.
- f. Hvert enkelt salgslokale. Når flere salgslokaler ligger med inngang fra et felles overdekket og innelukket torg, gårdsplass, korridor eller lignende, regnes de som ett salgslokale.
- g. Boenhet. Hybelleilighet og lignende som innehar alle nødvendige funksjoner regnes som egen boenhet.
- h. ..
- i. ..
- j. ..
- k. ..

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

#### Veiledning

1. Bygningsdeler som omslutter en branncelle, må ha nødvendige egenskaper for å hindre brann- og røykspredning fra en branncelle til en annen i den tiden som anses nødvendig for rømning og redning fra andre brannceller. Dette omfatter også randsonene, det vil si tilslutningen eller overgangen mellom ulike bygningsdeler». I tabellen under er det vist til hvilke krav som vil gjelde for de ulike brannklassene». (1)

Bygningsdel	Brannklasse		
	1	2	3
Branncellebegrensende bygningsdel - generelt	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]
Bygningsdel som omslutter trapperom, heissjakt og installasjonssjakter over flere plan	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]
Heismaskinrom	EI 60 [B 60]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]

Figur 3: Brannkrav til brannceller basert på brannklasse.

#### 2.1.4 TEK17 §11-10 Tekniske installasjoner:

TEK17 med veiledning gir ingen spesifikke løsninger på hvordan problemet med brannspredning gjennom ventilasjonskanaler skal eller kan løses per dags dato. Følgende forskrift med veiledning sier kun svært generelt at løsningene ikke skal kunne øke faren for brann og røykspredning vesentlig.

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

##### *Veiledning*

1. «*Ventilasjonskanal som føres gjennom en brannskillende bygningsdel, må utføres slik at bygningsdelens brannmotstand blir opprettholdt.*
2. *Innfesting og oppheng for kanaler og ventilasjonsutstyr må utføres slik at forutsatt funksjonstid og brannmotstand blir opprettholdt*». (1)

For å kunne finne sertifiserte løsninger som kan benyttes uten analyse må det henvises til byggforsk sine detaljblad-anvisninger (godkjente løsninger), se kap. 2.1.10 hvor disse blir beskrevet. I dag er eneste anviste løsning å benytte brannisolering ved et trekk ut som ventilasjonsprinsipp. De ulike ventilasjonsprinsippene «trekk ut» og «steng inne» blir beskrevet i kap. 2.2.1.

#### 2.1.5 TEK17 § 11-12. Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider:

For denne rapporten er det relevant å vite det at det alltid vil være krav til sprinkleranlegg i nye bygg som plasseres i risikoklasse 6. Dette gjør at sannsynlighet for spredning av brann via ventilasjonsanlegg alltid vil være betydelig redusert på grunn av lovverket. Bakgrunnen for dette kravet er at risikoklasse 6 bygg har opphold av personer som ikke er i stand til å evakuere selv og trenger assistanse. For å sikre personell den tiden de trenger for å kunne gi denne assistansen er sprinkler satt som et forskriftskrav.

Tek 17 beskriver vi da følgende:

- b) «*Byggverk i risikoklasse 6 skal ha automatisk brannsløkkeanlegg*».

##### *Veiledning*

1. «*Forskriftens krav til automatisk sløkkeanlegg i byggverk i risikoklasse 6 anses oppfylt når det installeres automatisk sprinkleranlegg i samsvar med NS-EN 12845:2015+A1:2019. Boligsprinkleranlegg i samsvar med NS-EN 16925:2018+NA:2019 kan benyttes der dette er angitt i tabell NA.2 i standarden*».

2. *Dersom byggverket også har virksomhet i andre risikoklasser, må deler av byggverket med og uten automatisk sprinkleranlegg være ulike brannseksjoner.*
3. *Dersom virksomhet i ulike risikoklasser ikke kan oppdeles i brannseksjoner, må hele byggverket ha automatisk sprinkleranlegg». (1)*

### 2.1.6 Forklaring av regelverket

Som beskrevet i TEK17 er det ikke noen konkrete metoder for å sikre at brannskillet holder i den tiden som er nødvendig for rømning og redning. Dette gir den prosjekterende mulighet til å velge metode for å løse problemstillingen. Da TEK17 selv ikke viser til noen konkrete løsninger er det vanligste er å henvise til byggforsk sine løsninger og si at det må utføres i henhold til den. Byggforsk sine løsninger er som å anse som preaksepterte ytelser og dersom disse ikke skal følges må det utformes et fravik. Byggforsk sine løsninger vises til kap. 2.1.10.

### 2.1.7 Fravik

Et fravik er en unnvikelse fra en standardisert løsning i det norske regelverket. TEK17 beskriver forskriftene som skal følges og en unnvikelse fra dette kalles et avvik. Alle forskriftene har standardiserte løsninger (preaksepterte løsninger) som er oppgitt i veiledningen til TEK17, kalt VTEK (Veiledning til byggeteknisk forskrift). En unnvikelse fra disse preaksepterte løsningene i veiledningen er det som kalles et fravik.

I kap. 2.1.4 kan man se at det ikke er angitt som en preakseptert løsning å benytte brannisolering på ventilasjonskanaler, men at dette oppgis i byggforskserien som en løsning på det preaksepterte kravet. Da det per dags dato ikke finnes noen andre godkjente løsninger til hvordan ventilasjonskanalene skal ivareta sin funksjon, har byggforskseriens løsning blitt behandlet på samme måte som et preakseptert krav. I byggforskserien er det også oppgitt at unnvikelse fra å benytte brannisolering på ventilasjonskanaler skal analyseres i hvert enkelt tilfelle. Dette blir beskrevet i kap. 2.1.10.

Når det skal gjøres et fravik fra en preakseptert ytelse skal dette utføres på en måte som viser at løsningen ikke er dårligere enn den preaksepterte løsningen. Dette kan være ved å enten sette inn andre tiltak som kompenserer for fravikende løsning eller ved å analysere og vise at eventuelle preaksepterte løsning ikke har noen sikkerhetsmessig gevinst ved den eventuelle løsningen.

Byggforskserien 321.026 som omhandler «Brannsikkerhet, Brannsikkerhetsstrategi og Brannkonsept» beskriver hvordan et fravik skal dokumenteres. Et fravik kan enten vurderes kvalitativt, kvantitativt eller med blanding mellom dem. (5)



Når et fravik skal dokumenteres er det tre kriterier som står i hovedfokus, det er personsikkerhet, sikkerhet for brannvesenets redningsmannskap og verdisikkerhet. Av disse er det selvfølgelig personsikkerhet som er viktigst da det er disse som vil stå i fare tidlig i brannforløpet. Alle disse tre kriteriene skal vurderes opp mot den preaksepterte løsningen for å sikre at forskriftskravet er ivaretatt. For dette tilfellet blir det å kontrollere dette opp mot byggforsk sin løsning da denne ikke er spesifisert i VTEK17.

### 2.1.8 Sannsynlighet for sprinklersvikt

Hovedfokus i denne masteroppgaven ligger på å se på brannscenarioer som kan oppstå i omsorgssentre og da hovedsakelig i boenhetene i omsorgssenteret som har lavt avtrekk grunnet lavt persontall og mindre arealer.

Det er normal praksis for en brannrådgiver å si at sprinkler er et av de beste branntekniske sikkerhetstiltakene som enn kan ha i et byggverk, og dette er trolig riktig, men hva skjer når sprinkleranlegget svikter og hva er egentlig sannsynligheten for at dette skjer?

SINTEF RAPORT «effekt av brannverntiltak – Vegger og sprinkler» beskriver følgende:

*Sprinkleranlegg er et pålitelig brannverntiltak.*

*For alle kategorier bygg er gjennomsnittlig sannsynlighet for at sprinkleranlegget virker (her definert som driftspåliteligheten) om lag 95% og varierer mellom 92-97% (95% konfidensintervall). For næringsbygg er gjennomsnittsverdien på 93% med en spredning mellom 88-98%. Pålitelighetsestimatene gjelder for de branner en forventer at sprinkleranleggene skal slokke/kontrollere. Ulmebranner, brann på yttertak og brann i lager med mer brannbelastning enn hva sprinkleranlegget er dimensjonert for, er eksempler på branner som det ikke forventes at sprinkleranlegg skal slokke/kontrollere. (6 s. 5)*

Det oppgis også senere i rapporten at sannsynligheten for at sprinkleranlegget løser ut på en institusjon, som man kan anse et omsorgssenter for å være, er sannsynligheten for utløst anlegg på 96,6 %. Dette betyr at sprinkleranlegget kun har en sannsynlighet for svikt på 3,4 %.

Denne sannsynligheten er vurdert som lav, men det er viktig å vite at brannsikkerheten er ivaretatt i stor grad selv om dette skulle forekomme. Fraviket fra brannisoleringen på kanalene skal ikke gå på kompromiss for pålitelighetsevnen til den branncellebegrensende funksjonen til veggen.

### 2.1.9 NS 3901

NS 3901 er analysestandarden som benyttes ved komplekse fravik. Denne standarden har en gitt struktur som er viktig å følge for å sikre seg at analysen er utført på en tilfredsstillende måte. Denne vil ikke bli gjennomgått i sin helhet, men viktige punkter vil bli tatt opp.

Det beskrives noen brannscenarier som det skal tas hensyn til ved utarbeidelse av en brannteknisk analyse for risikovurdering av brann i byggverk. Disse scenarioene er som følger:

1. *Et alvorlig brannscenario med rask utvikling og høy branneffekt som representerer det verste troverdige brannscenarioet i byggverket*
2. *Brann som oppstår i et rom som normalt er uten personer, og som kan true et større antall personer i andre deler av byggverket.*
3. *Brann som utvikler seg langsomt, og som ikke vil utløse et automatisk slokkeanlegg*
4. *Representative brannscenarier for det aktuelle byggverket som kan analyseres for å avdekke robustheten i den branntekniske utfordringen. (7 s. 14)*

Under analyse av konsekvenser står det som følger:

*«Analysene av brannforløp og rømning skal både omfatte hendelseskjede der planlagte eller gjennomførte konsekvensreducerende tiltak virker som forutsatt og kjeder der disse svikter». (7 s. 15)*

Det er derfor tolket at det skal tas hensyn til at man kan få svikt i et konsekvensreducerende tiltak, som et automatisk slokkeanlegg i de ulike brannscenarioene som det står at skal undersøkes i et hvert tilfelle hvor det gjøres et mer kompleks fraviksvurdering.

### 2.1.10 Byggforskserien

Følgende informasjon er hentet fra byggforskseriens egne hjemmesider og forklarer hva byggforskserien er og kan brukes til.

*Byggforskserien gir dokumenterte løsninger og anbefalinger for prosjektering, utførelse og forvaltning av bygninger. Løsningene i Byggforskserien er veldokumenterte og robuste, de kan brukes over hele landet og de oppfyller kravene i byggt teknisk forskrift (TEK).*

*Byggforskserien er basert på SINTEFs kunnskap fra forskning og utvikling, materialprøving i lab, produktsertifisering, teknisk godkjenning og byggskaadesaker samt erfaringsgrunnlag fra byggenæringen.*

*Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) anbefaler å bruke Byggforskserien som dokumentasjon i byggesaken, som underlag for kontrollplaner og sjekklister, og til generell kompetanseutvikling.*

(8)

#### *520.352 Brannsikring og røykspredning av balanserte ventilasjonsanlegg*

520.352 Brannsikring og røykspredning av balanserte ventilasjonsanlegg sier følgende:

*«Brannisolering av avtrekkskanaler: kanalene må isoleres i hele legden, men mindre beregninger eller analyse i det enkelte tilfellet viser noe annet. I tillegg til at kanalgodset kan lede varme ved brann, kan avtrekkskanaler bli utsatt for varme branngasser inne i kanalsystemet. Se leverandørens sertifiserte løsninger for å finne aktuelle tykkelser på brannisolasjonen».* (9)

Det oppgis så en beregningsmetode for å kunne kontrollere om det er nødvendig med bruk av isolasjonstykkelsen som tilsvarer branncellens brannmotstand eller om denne kan reduseres.

Følgende oppgis:

*«Beregning av isolasjonsbehov for horisontale og vertikale avtrekkskanaler for innvendige brannpåkjenning (ho ve -> o) kan baseres på beregnet blandingstemperatur på brann/røykgasser inne i kanalen  $T_{bl}$ »* (9).

$$T_{bl} = \frac{V_b * T_b + V_r * T_r}{V_b + V_r}$$

- $V_b$  = største volumstrøm i brannrom ( $m^3/h$ )
- $T_b$  = Temperatur i brannrommet
- $V_r$  = resterende volumstrøm som branngassene fra brannrommet blandes med ( $\frac{m^3}{h}$ )
- $T_r$  = Temperatur i øvrige rom
- $V_b + V_r$  = total samlet volumstrøm ( $m^3/h$ )

Temperatur	Brannteknisk krav til isolering
< 160	Ingen krav
≤ 738	EI 15
≤ 842	EI 30
≤ 945	EI 60

Se kap. 6.4 hvor bruken av denne formelen beskrives nærmere.

«Avtrekkskanaler som går gjennom andre brannceller, kan også eksponeres for utvendig brann og må derfor brannisoleres, selv om blandingstemperaturen er lav». (9) Dette betyr at avtrekkskanaler som går gjennom en branncelle, men som ikke har et avtrekk, likevel kan bli påvirket av en brann på utsiden av kanal og må derfor brannisoleres.

Byggforskeren deretter at så lenge bygg er plassert i risikoklasse 2, 3 eller 5 og er sprinklet, så skal det gjøres analyse for å kunne fravike brannisolering av ventilasjonskanalene. Det beskrives at dette er en bransjepraksis så lenge det kan dokumenteres at dette ikke medfører uakseptabel stor fare for brannspredning. Dette gjør at det blir opp til hver enkelt brannrådgiver hvordan dette fraviket dokumenteres, som resulterer i svært ulik praksis. For byggverk i risikoklasse 4 og 6 er det per dags dato ikke noen løsning å fravike brannisolering ved bruk av byggforsk sin vurdering. En egen analyse må da eventuelt utføres.

### 2.1.11 TEST standarder for branntesting av ventilasjonskanaler.

For testing av brannisolering og ventilasjonskanaler blir det benyttet teststandardene EN 1366-1 Prøving av installasjoners brannmotstandsevne – Del 1: Ventilasjonskanaler (10) og NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstandsevne – Del 1: generelle krav (11).

#### *EN 1366-1 Prøving av installasjoners brannmotstandsevne – Del 1: Ventilasjonskanaler*

Denne standarden beskriver hvordan prøvingen av ventilasjonskanaler skal testes for å undersøke at et kanalsystem ikke skal kunne spre brann og røyk til andre brannceller, hverken når kanalen blir påvirket fra innsiden eller fra utsiden. Standarden vil ikke bli gjennomgått i sin helhet med de viktigste punktene vil bli beskrevet under.

#### *Utstyr:*

- Teststandarden beskriver 2 type ventilasjonskanaler som skal testes, kanal A og kanal B. Kanal A skal testes mot en utvendig brannpåvirkning, mens kanal B skal testes mot en innvendig brannpåvirkning.
- Vifte til kanal A skal kunne håndtere et undertrykk på (300 +- 15) Pa inne i kanalen (skal ikke testes i denne masteroppgaven).
- Vifte til kanal B skal testes med en avtrekkshastighet på 3m/s som skal ligge jevnt under forsøket.
- Viften må være temperaturbestandig til å kunne håndtere temperaturen i hele forsøksperioden.
- Brannovnen skal kunne holde temperaturen som oppgis i standard NS-EN 1363-1.

Standarden oppgir også utstyr som kondensmåler, spjeld mot vifte, gasstrykksmåler, bypass med mer. Dette er ikke sett på som relevant i henhold til det som skal undersøkes i denne masteroppgaven. I forsøkene som skal utføres skal det være fokus på temperaturen på ueksponert side på ventilasjonskanalene over og under brannisolering. Det skal samtidig sees på om kanalene deformeres ved temperaturpåkjenning. For å undersøke dette er det kun temperatur og avtrekkshastighet som er ansett som nødvendig å forholde seg til.

#### *Testforhold:*

- Oppvarmingsforholdene og ovnens atmosfære skal være som gitt i NS-EN 1363-1.
- Trykket fra brannovnen skal være kontrollert til 15 Pa gjennom forsøkene på midtpunktet i de horisontale kanalene.

Trykket inne i brannovnen er ikke kontrollert under forsøkene utført i denne masteroppgaven da dette ikke er vurdert til å påvirke resultatet i noen vesentlig grad. Det er temperaturen på kanalene som skal

være i fokus. Trykket i brannrommet vil trolig være noe større da brannrommet som er bygget til forsøkene er noe mindre enn et standard testrom.

*Test objekt:*

- Lengden på kanal inne i brannovnen skal være minst 4 meter for horisontale kanaler.
- Lengden på kanal på utsiden av brannovnen skal være minst 2 meter for horisontale kanaler.
- Størrelsen på kanalene som skal testes er av større dimensjoner for å ta hensyn til et større spekter. Diameteren for sirkulære kanaler skal være 630 mm.

Disse lengdene er ikke testet i forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven, dette er gjort på grunnlag av at brannlabben (hall of flame) på HVL ikke har muligheten til å bygge et brannrom som er stort nok. Se metode i kap. 4 for å se hvordan forsøkene til denne rapporten ble utført.

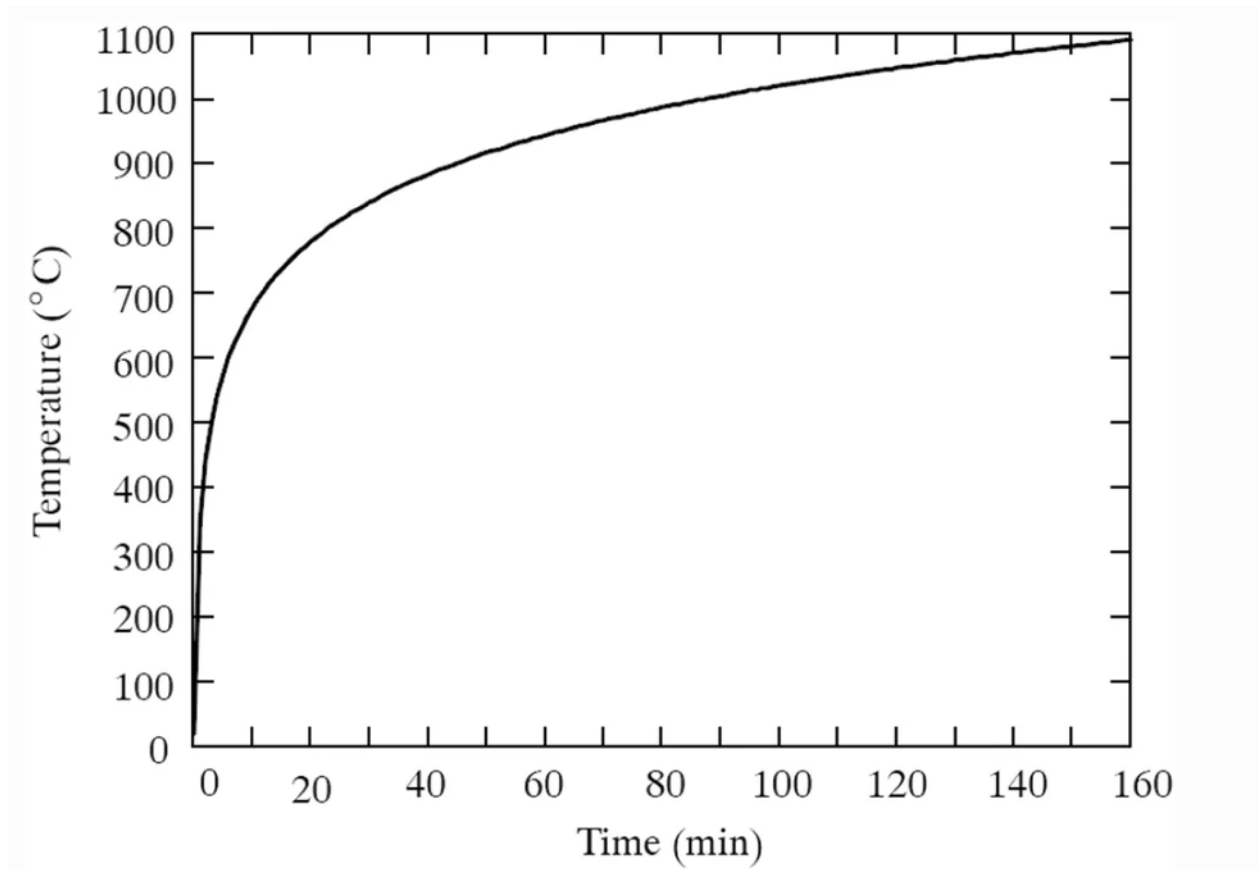
*NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstandsevne – Del 1: generelle krav.*

Denne standarden beskriver kriteriene som testene skal etter NS-EN 1366-1 (10) skal overholde. Denne standarden angir kriteriene for objekter som skal ha en brannmotstandsevne. Denne standarden brukes derfor ikke kun for ventilasjonskanaler, men benyttes også for andre branncellebegrensende konstruksjoner. Standarden vil ikke bli omtalt i sin helhet, men de viktigste punktene som er relevant i henhold til forsøkene som blir utført i denne masteroppgaven vil bli tatt med under.

### Temperaturkurve (ISO 834)

Standarden oppgir brannkurven som skal følges ved testing. Denne er gitt ved følgende formel:

$$T = 345 * \log_{10}(8t + 1) + 20$$



Figur 4: Visualisert ISO 834 brannkurve.

Brannkurven viser det som enn antar at vil være en normal brann i et bygg med normal brannenergi, eksempelvis en bolig. Denne temperaturkurven vil da være kriteriet for hvilke temperaturer en konstruksjon som skal holde i 30 minutter (EI 30) og en konstruksjon som skal holde i 60 minutter (EI 60). En konstruksjon som skal holde i 30 minutter må da tåle en brann opp til ca. 830 °C, mens en konstruksjon som skal holde i 60 minutter må tåle en brannpåkjenning opp til 945 °C.

### Isolasjon (I):

Standarden beskriver også at en branncellebergensende konstruksjon ikke skal overstige sin gjennomsnittstemperatur med 140 °C eller ha en temperaturstigning på mer enn 180 °C på et punkt.

Dette ligger til grunn for hvorfor det blir krav til tykkere brannisolering rundt ventilasjonskanalene. (10 s. 27)

*Integritet (E):*

Integriteten til kanaler skal testes ved bruk av en bomullsdott. En bomullsdott skal plasseres på den varme ventilasjonskanalen til det forekommer antennelse av bomullsdotten eller i maks 30 sekunder. Antennelse av bomullsdotten er definert ved gløding eller flammer. Bomullsdotten skal plasseres på alle varme overflater, dette gjelder også hvor det er dannet mindre sprekker hvor det kommer ut røyk eller brann.

Det skal gjøres minst 2 tester for å kunne evaluere integriteten til test objektet. Dersom det forekommer forkulling av bomullsdotten kan dette indikere at det kan forekomme et brudd i materialets integritet, men det skal benyttes en ny bomullsdott for å vise at det er et integritetsbrudd. Bomullsdotten skal fjernes så fort det oppstår gløding eller flammer. Dette viser da til brudd på objektets integritet. (10 s. 26)



## 2.2 Del 2

I denne delen vil det bli beskrevet spesifikke prinsipper og fenomener som spiller direkte inn på rapportens hovedmål. Samtlige ting som er beskrevet her er det viktig å ha kjennskap til for å kunne sette seg inn i problemstillingen som er gitt i denne oppgaven.

### 2.2.1 Ventilasjonsprinsipp

Følgende del vil beskrive de 2 ulike ventilasjonsprinsippene som benyttes for å ivareta brannsikkerheten i omsorgssentre og andre bygg. I forhold til denne rapporten er det «trekk ut» som ventilasjonsprinsipp det vil være viktige å fokusere på, da det er dette prinsippet som blir benyttet i tilfeller hvor problematikken med brannspredning via ventilasjonskanaler kan oppstå. Blir det benyttet steng inne prinsipp er ikke problematikken med brannspredning via ventilasjonskanaler til stede.

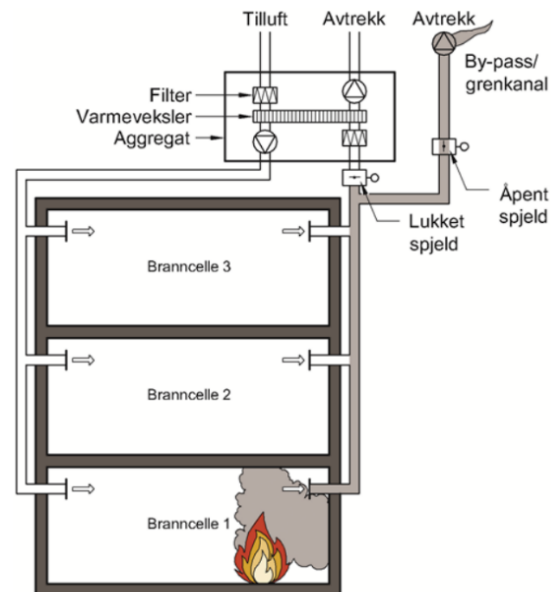
#### *Trekk ut prinsipp (9)*

Trekk ut prinsipp er basert på at ventilasjonsanlegget skal trekke ut branngassene som produseres ved en brann og hindre at overtrykket i branncellen sprer brann og røykgasser via ventilasjonskanalene. Når en brann detekteres, skal anlegget kjøre opp hastigheten/effekten til full balansert drift. Dette vil si maks av hva som anlegget kan utgi.

Dette betyr at anlegget skal gi den effekten som den er maksimalt dimensjonert for, dersom anlegget er overdimensjonert vil dette være en fordel for å forhindre at brann sprer seg via ventilasjonskanalene, men dette er ikke et krav.

For at ventilasjonsanlegget skal kunne kjøre i den tiden som er nødvendig for redning og rømning er det viktig at anlegget blir utformet på en slik måte at det kan opprettholde sin drift i denne tiden.

Se eksempel på trekk ut prinsipp på figur 5.



Figur 5: Trekk ut prinsipp

Et trekk ut prinsipp må utformes med følgende forhold for å sikre drift i tiden som er nødvendig for redning og rømning:

- Spjeld må ha brannmotstand tilsvarende tiden som er ment for redning og rømning.
- Kanalstrek, både avtrekk- og tilluftskanal må brannisoleres med brannmotstand tilsvarende tiden som er ment for redning og rømning.
- Aggregat må utføres med by-pass kanal.
- Avtrekkskanal må være temperaturbestandig.

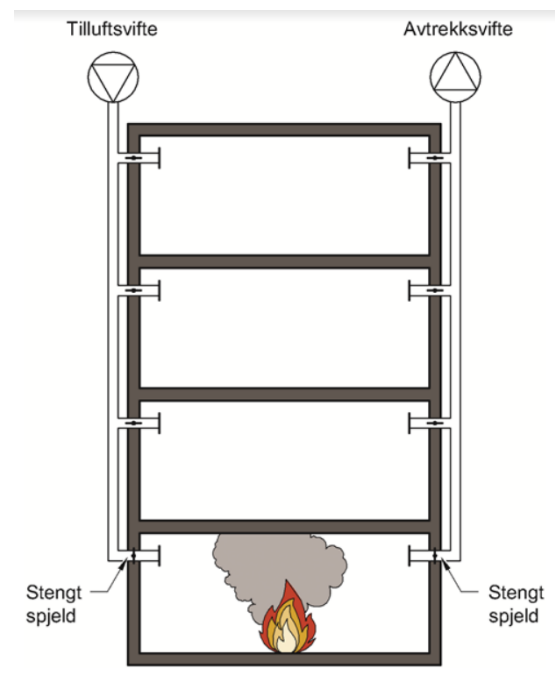
### *Steng inne prinsipp (9)*

Steng inne prinsipp er basert på at brannen blir steng inne i den branncellen som den starter i. Dette skjer ved at det er montert brannspjeld i gjennomføringen i hver branncelle. Dette kan utføres med enten mekaniske brannspjeld eller ved bruk av smeltespjeld.

Ved bruk av mekaniske brannspjeld vil de respektive brannspjeldene lukkes når det detekteres røyk i ventilasjonskanalene. De mekaniske spjeldene er ansett som bedre enn smeltespjeldene da de mekaniske spjeldene lukkes raskt etter at en brann har startet.

Ved bruk av smeltespjeld vil spjeldene lukke når varmen i kanalene når en viss temperatur. Ulempen med å bruke smeltespjeld er at disse bruker litt tid på å lukkes og noe røyk vil komme gjennom. Kald røyk vil også kunne strømme gjennom.

Smeltespjeld er derimot langt billigere grunnet at det ikke trenger oppkobling til styringspanel eller har sensorer. De trenger heller ingen vedlikehold sammenlignet med mekaniske spjeld og velges derfor oftere enn mekaniske spjeld.



Figur 6: Steng inne prinsipp

### *Kombinert trekk ut og steng inne prinsipp (9)*

Det er fullt mulig å kombinere trekk ut å steng inne prinsipp. Dette kan gjøres ved at de fleste rom har normalt trekk ut prinsipp, men andre rom hvor det for eksempel er høyere brannenergi velges å ha steng inne prinsipp og benytte brannspjeld. Steng inne prinsipp er ansett å være det sikreste alternativet og kan derfor benyttes for enkelte situasjoner i kombinasjon med trekk ut hvor dette er sett på som hensiktsmessig.

#### 2.2.2 Beregning av avtrekkshastighet for en boenhet i en omsorgsbolig.

I denne delen skal det undersøkes nærmere bruken av trekk ut prinsippet som beskrevet tidligere og hvordan dette påvirker testene som skal utarbeides i forbindelse med denne oppgaven. Det skal undersøkes hvor mye avtrekk som vil være minste kravet i en normal omsorgsbolig uten kjøkken (felles kjøkken og alle beboerne). Beregningene som utføres her vil bli benyttet som grunnlag for avtrekket i branntestene.

#### *Byggforskserien 421.503 Luftmengder i ventilasjonsanlegg (12).*

Krav og anbefalinger oppgir følgende:

*«TEK17 krever at man tar hensyn til dimensjonerende forurensningsbelastning fra personer, det vil si antall personer og aktivitetsnivået bygningen er beregnet for, når man bestemmer ventilasjonsmengdene». (12)*

Aktivitetsnivået kan deles inn i flere kategorier, men for et omsorgssenter kan vi ta utgangspunkt i 26 m<sup>3</sup>/h for stillesittende kontorarbeid, dette er også oppgitt som minstekrav for boenhet. Det skal i tillegg være 2,5 m<sup>3</sup> per m<sup>2</sup>.

I forsøkene forbundet med denne masteroppgaven er det tatt utgangspunkt i et beboerrom på 24,5 m<sup>2</sup>.

Dette gir følgende avtrekk:

$$26 \frac{m^3}{t} + \left( 2,5 \frac{m^3}{t} * 28 \right) = 96 \frac{m^3}{t}$$

$$96 \frac{m^3}{t} = 0,026666667 \frac{m^3}{s}$$

Areal av ventilasjonskanal:

$$\pi r^2 = 3,14 * 0,082 = 0,020096 m^2$$

Avtrekket blir følgende:

$$\frac{V(\text{Volum})}{A(\text{Areal})} = v(\text{hastighet})$$

$$\frac{0,020096 m^2}{0,026666 m^3/s} = 1,3 m/s$$

Dette betyr at til tross for at NS-EN 1363-1 beskriver at alle tester hvor det skal kontrolleres en brann ifra innsiden av kanal, skal det minimum være 3 m/s med avtrekkshastighet. Dette er ikke dette nødvendigvis et tilfelle som stemmer overens med et virkelig brannscenario i en omsorgsbolig og kan bety at testene ikke representerer et faktisk tilfelle, noe som kan gi et feil grunnlag for vurdering av riktig tiltak.

For lavere hastigheter vil det trolig ikke bli varmere på kanal, men dette kan føre til at overtrykket i brannrommet blir større enn avtrekket som kan føre til røykspredning og ikke brannspredning via kanalnettet og dette kan være enda farligere. Dette er ikke det oppgaven skal fokusere på, men er likevel viktig å nevne da dette diskuteres senere i kap. 6.3.

### 2.2.3 Brannspredning fra ventilasjonskanaler (antennelseskriterier).

Antennelsespunktet til brennbare materialer defineres noe ulikt fra ulike referanser. Sintef sin rapport om «*varmgang i elektrisk materiell og utstyr som tennkilde i bygninger*» (13 s. 4) definerer at spontanantennelse av treverk kan forekomme mellom 250-510 C°. Ved strålingspåvirkning kan det forekomme ved mellom 20-30 kW/m<sup>2</sup> og ved 12-13 kW/m<sup>2</sup> dersom det foreligger en liten gnist eller flamme. Rapporten står det at det ikke var mulig å oppdrive referanser på når plastmaterialer selvantente, men det er oppgitt en temperatur på 400-500 C° som en antatt antennelsestemperatur. Beskrivelse av varmestråling blir beskrevet i kap. 2.2.4.

Dougal Drysdale (14 s. 260), “*An introduction to FIRE DYNAMICS*” oppgir at treverk kan ha en pilotantennelse ved 12 kW/m<sup>2</sup> og spontanantennelse ved 28 kW/m<sup>2</sup>. Plast oppgis at kan ha en pilotantennelse på mellom 11-15 kW/m<sup>2</sup>.

En annen kilde kalt Plastguiden 2015 (15) som er utarbeidet av VINK beskriver antennelses temperaturer for plast til å ligge mellom 345 C° og 400 C°. Det er kun oppgitt selvantennelse på 2 av produktene og disse har en selvantennelses temperatur på om lag 420 C° og 450 C°. De resterende produktene er beskrevet som lite selvantennelige og vurderes derfor å ha en del høyere temperaturkrav. Basert på dette kan det antas at tre vil selvantenne før plastprodukter.

Dette betyr i utgangspunktet at man kan forvente en antennelse av treverket så lavt som ned i 250 C°, men dette vil være ved en langvarig påvirkning. Selv om kanalen er 250 C° eller mer må dette fremdeles overføres til det brennbare materiale ved stråling og konveksjon dersom man antar at materialene ikke ligger inntil kanalen. Det vil derfor være naturlig å forholde seg til strålingsresultatene for å vurdere om det er en fare for spontanantennelse av de brennbare materialene som ligger i nærheten av kanalen.

Konveksjonen er blir ikke testet i noen stor grad i forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven da forsøkene ble utført i et stort rom som hadde en temperatur på mellom 6 og 11 C°. Kjøleeffekten på kanalene vil derfor kunne komme frem noe bedre i forsøkene enn i et faktisk brannscenarium hvor det er små hulrom.

Brannskyddshandboken (16 s. 234) beskriver at det vil kunne forekomme spontanantennelse ved langvarig påvirkning ved ca. 25 kW/m<sup>2</sup> brennbart materiale i tre.

SFPE (17 s. 3451) beskriver i tabel A.35 at kritisk strålingsnivå for tre er ca. 10 kW/m<sup>2</sup>. Dette er da antatt å være hvor pyrolyse vil starte og produsere antennelige gasser. Dette vil derfor være den relevante

strålingsintensiteten å vurdere etter når det gjelder mindre hulrom hvor de brennbare gassene ikke blir ventilert bort.

For større åpne volum vil  $25 \text{ kW/m}^2$  være ansett som målepunkt da dette er det som oppgis av flest kilder.

Dersom man holder seg under disse respektive strålingsintensitetene kan det forventes at brannen ikke vil kunne spre seg. For  $10 \text{ kW/m}^2$  vil dette tilsvare en temperatur på  $375 \text{ C}^\circ$  og for  $25 \text{ kW/m}^2$  vil dette tilsvare en temperatur på  $540 \text{ C}^\circ$ . Dette kan beregnes ved å snu ligningen i kap. 2.2.2.

## 2.2.4 Varmeoverføring

I dette kapittelet skal vi se på de 3 ulike varmeoverføring metodene konvensjon, varmeledning og stråling.

### *Konveksjon*

Konveksjon er varmeoverføring via fluidkontakt. Et eksempel på dette kan være kalde og varme luftstrømmer som blandes for og så danne en blandet lufttemperatur. Det kan også være varmeoverføring mellom et fluid og et fast materiale. I henhold til denne oppgaven vil konveksjon i hovedsak foregå fra de varme branngassene til kanalgodset. Konveksjon kan beregnes for følgende ligning:

$$\dot{q}_k'' = h(T_g - T_s)$$

$$\dot{q}_s'' = \text{Varmetransport ved konveksjon per tid og areal} \left[ \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right]$$

$h$  = konveksjonsfaktor

$T_g$  = røykgasstemperatur

$T_s$  = Kanalgodstemperaturen

### *Varmeledning*

Varmeledning skjer ved direkte kontakt mellom 2 faste elementer. Det vil si at elementene ikke blandes men kun er i kontakt med hverandre og overfører varme direkte mellom dem. Varmeledning kan beregnes ved følgende ligning:

$$\dot{q}_1'' = -k \frac{\partial T}{\partial x} \sim -k \frac{\Delta T}{\Delta x} \sim -\frac{k}{d} (T_1 - T_2)$$

$\dot{q}_1''$  = Varmeoverføring per tid og areal  $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

$k$  = varmeledningsevne til materialet  $\left[W/\left(\frac{m}{k}\right)\right]$

$T$  = Temperaturen i kelvin

$T_1$  = Temperaturen i kelvin i punkt 1

$T_2$  = Temperaturen i kelvin i punkt 2

$d$  = avstanden mellom punktene

Varmeledning vil ikke bli vurdert videre i rapporten da det ikke vil være direkte kontakt mellom brannisoleringen, eller varm kanal og det brennbare materialet som skal analyseres.

### Stråling

Stråling skal beregnes ut fra følgende formel (14):

$$\dot{q}_s'' = F_{d1-2} * \epsilon * \sigma * T^4$$

$\dot{q}_s''$  = maksimal innkommende stråling  $\left[\frac{W}{m^2}\right]$

$F_{d1-2}$  = synsvinkel

$\epsilon$  = emissivitet

$\sigma$  = Stefan – Boltzmanns konstand  $5,67 * 10^{-8} [J s^{-1} m^{-2} K^{-4}]$

$T$  = Kanalgodstemperaturen i kelvin

Først må synvinkel vurderes etter følgende ligning for element som ligger parallelt med kanal.

$$F_{d1-2} = \frac{1}{\pi H} \tan^{-1} \frac{L}{\sqrt{H^2 - 1}} + \frac{L}{\pi} \left[ \frac{(x - 2H)}{H\sqrt{XY}} \tan^{-1} \sqrt{\frac{X(H-1)}{Y(H+1)}} - \frac{1}{H} \tan^{-1} \sqrt{\frac{H-1}{H+1}} \right]$$

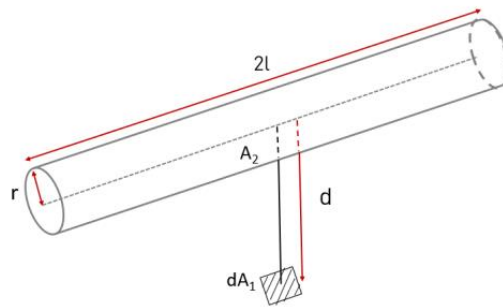
$F_{d1-2}$  = Synfaktor

$H = d/r$

$L = l/r$

$X = (1+H)^2 + L^2$

$Y = (1-H)^2 + L^2$



Synsvinkelen kan likevel vurderes til å være 1, fordi det skal i denne masteroppgaven undersøkes hvor nært brennbart materiale kan ligge mot kanalen. Synsvinklene vil ha en større påvirkning desto nærmere elementene som skal motta strålingen er fra objektet som avgir strålingen. Synsvinkelen vil være tilnærmet lik 1 hvor det er snakk om bare få centimeter mellom objektet som avgir strålingen og objektet som mottar strålingen. En synsfaktor på 1 vil derfor bli benyttet i beregningene i kap. 5.7 beregning av stråling. For å være på den litt konservative siden og for å kunne se hvor teoretisk nært et brennbart materiale kan være til den varme kanalen.

Synsvinkel til et rundt objekt er en svært kompleks beregning. Det er derfor i denne oppgaven vurdert å gjøre en konservativ forenkling når det skal benyttes synsvinkler for å se på avstander mellom den varme kanalen og det brennbare materialet. Følgende metode anser kanalen som en flate, noe som gjør at enn vil få en noe høyere synsvinkel enn i virkeligheten. Dette er likevel vurdert som tilfredsstillende for oppgaven da det vil illustrere hvor nært et brennbart materiale kan være den varme kanalen med temperaturen som er funnet i forsøkene med noe sikkerhetsmargin. Resultatene fra beregningene vil ikke avvike i stor grad når forholdene som skal undersøkes er små.



$$F_{r-j} = \frac{1}{90} \left[ \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \cdot \tan^{-1} \left( \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \cdot \tan^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right) \right]$$

hvor:

$$x = H_v / 2R$$

$$y = B_v / 2R$$

$H_v$  = høyden på vindusåpningen

$B_v$  = bredden på vindusåpningen

$R$  = avstand mellom flaten som avgir var mestråling og flaten som mottar var mestråling

$$H_v = 0,16 \text{ m}$$

$$B_v = 1 \text{ m}$$

$$R = 0,03 \text{ m}$$

$$x = 2,67$$

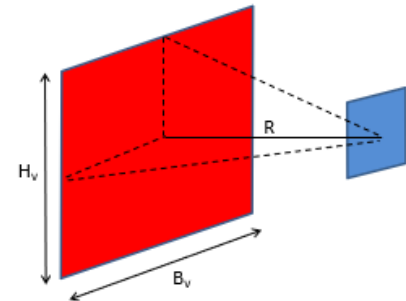
$$y = 16,67$$

$$F_{i-i} = 0,94$$

$$\sqrt{1+x^2} = 2,85$$

$$\sqrt{1+y^2} = 16,70$$

må fylles inn



$$\dot{q}_r^* = k_1 \cdot F_{r-j} \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot \left( (273 + T_i)^4 - (273 + T_j)^4 \right) \quad [kW / m^2]$$

hvor:

$\dot{q}_r^*$  = var mestråling som en bygning mottar ved brann i nabobygning ( $kW / m^2$ )

$F_{r-j}$  = formfaktor

$k_1$  = reduksjonsfaktor som er bestemt av brannmots tan den i vinduet i branncellen.

Benyttes det vanlig vindusglass, regner vi med at det vil sprekke og falle ut tidlig i brannforløpet.  $k_1$  kan da settes lik 1. Benyttes det glass med tilstrekkelig brannmots tan d slik at glasset vil beholde sin funksjon under hele brannforløpet, kan  $k_1$  settes til 0,5

$\varepsilon$  = emissivitet

$\sigma$  = Stephan – Boltzmanns kons tan t ( $56,7 \times 10^{-12} kW / m^2 \cdot K^4$ )

$T_i$  = temperaturen i overflaten som avgir var mestråling ( $^{\circ}C$ )

$T_j$  = temperaturen i overflaten som mottar var mestråling ( $^{\circ}C$ )

$$k_1 = 1$$

$$\varepsilon = 0,8$$

$$T_i = 600 \text{ } ^{\circ}C$$

$$T_j = 20 \text{ } ^{\circ}C$$

$$\dot{q}_r^* = 24,4 \text{ kW/m}^2$$

$$T = 562,367 \text{ } ^{\circ}C$$

Figur 7: Regneark benyttet for å undersøke avstand til kanal basert på brannsikkerhet – prosjektering og dokumentasjon av Sigurd Hoelsbrekken.

## 2.2.5 Forventet brannstørrelse i en boenhet

INSTA 951 (18) viser til en tabell som skal illustrere de ulike forventede brannenergiene i en liten, medium og stor brann og sannsynlighetene disse har for å inntreffe i en normal rombrann. Dette vil ha stor betydning for oppgaven da det senere skal sees på sannsynligheten for en brann som kan oppnå en temperatur som vil være høy nok til at en brannspredning via kanalnett skal kunne forekomme.

<b>Peak HRR</b>	<b>Probability</b>	<b>Cumulative probability</b>
250 kW and lower	72%	72%
251–1 000 kW	17%	89%
1 001–2 250 kW	-	89%
2 251–4 750 kW	11%	100%

Figur 8: Sannsynlighet for liten, medium og stor brann. (18 s. 20)

Som tabellen over viser er det 72 % sannsynlighet for at en normal rombrann blir liten (inntil 250 kW), 17 % sannsynlighet for at den blir medium (inntil 1000 kW) og 11% sannsynlighet for at den blir stor (1000 kW og oppover.)

I kapittel 6.15 vil det bli undersøkt sannsynligheten for at en slik brann kan oppstå i kombinasjon med sprinkler og andre tiltak.

## 2.2.6 Kjøleeffekt

Ventilasjonskanalens evne til å bli nedkjølt vil variere fra tilfelle til tilfelle. Relevant for denne masteroppgaven vil det være noen faktorer som vil ha stor påvirkning, men andre vil ha mindre. Den viktigste faktoren som vil påvirke kjøleeffekten på kanalen er volumet som kanalen er plassert i. Er det et lite volum vil kjøreeffekten trolig reduseres betydelig da romtemperaturen inne i volumet raskere vil øke. Ved større volumer vil ikke romtemperaturen øke i like stor grad eller i noen grad og kjøleeffekten vil bli opprettholdt.

Rommets ventilasjon og utskiftning av luft samt starttemperatur vil også påvirke hvor sterk kjøleeffekten vil bli.

I testene som skal utføres i forbindelse med denne masteroppgaven er det et stort volum hvor temperaturen varierer fra 6 til 11 C°. Dette betyr at kjøleeffekten vil være større inn i et bygg, for eksempel inne i en korridor hvor volumet er vesentlig mindre og temperaturen ligger på om lag 20 C°.

### 2.2.7 Bakgrunn for endring til fullisolering av ventilasjonskanaler.

Tidligere regelverk frem til TEK97 (byggteknisk forskrift av 1997) oppgav forslag til løsning for å beskytte ventilasjonskanaler mot brannspredning forbi et brannskille med å bruke 1 meter brannisolering på hver side av brannskillet eller bruke 2 meter på hver side av brannskillet. Dette ble tatt bort fra TEK10 og byttet ut med ordlyden slik som vi kjenner den i dag «*Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonen ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg*». (1)

Bruken av 1 meter brannisolering på hver side av brannskillet eller 2 meter på en side var tillatt grunnet teststandardene som ble benyttet på dette tidspunktet var andre standarder enn det som blir benyttet i dag. Standardene var kaldt Nordtest (NT) og tillot bruk av 1 meter brannisolering på hver side eller 2 meter på 1 side av brannskillet. Disse testene testet derimot kun varmeledning via stålet og ikke med innvendig brann i kanalene som følge av en vifte som trekker en brann inn i kanalnettet.

Det ble krav til nye tester som følge av EØS avtalen i 2014 (19) for at det skulle kunne brukes produkter som ble produsert for eksempel i England, også i Norge. Dette gjorde at alle produsenter måtte testes etter ny standard (som tidligere vist i kap. 2.1.11) som var NS standardene og det ble krav til fullisolering av ventilasjonskanalene på bakgrunn av dette.

Det er altså ikke krav som er satt på bakgrunn av et brannteknisk problem, men for å kunne tilfredsstillende kjøp og salg av produkter mellom flere land.

### 2.2.8 Dokumenterte branner, med brann i ventilasjonskanaler som et hovedproblem

I forbindelse med denne rapporten er det viktig å se på hvilke branner man har hvor brann via ventilasjonskanaler faktisk har vært et problem. Det er svært mange forhold som skal ligge til rette for at brann i ventilasjonskanaler skal inntreffe, måten det kan derfor undersøkes som en problemstilling er å se på tilfeller hvor det faktisk har inntruffet.

For at brann i ventilasjonskanaler skal inntreffe som et problem er det flere forhold som må svikte på samme tid, samtidig som noen forhold må oppstå.

Disse punktene er som følger:

- Brann må oppstå og vedvare.
- Brennbare materialer i umiddelbar nærhet av ventilasjonskanalene på andre siden av brannskillet.
- Brannen må ikke bli ventilasjonskontroller og ha nok brennbare materialer til å kunne oppnå overtenning.
- Dersom bygget er sprinklet, må sprinkleranlegget svikte/ikke fungere som tiltenkt.
- Brannvesenet må ikke få startet sin innsats/slokkearbeid før brannen har hatt overtenning over en lengre periode.

Alle disse punktene skal svikte og inntreffe på samme tid for at en brann skal få lov til å kunne påvirke ventilasjonskanalene i så lang tid at brannspredning via ventilasjonskanaler blir et faktisk problem. Dette er noe som er nesten umulig å regne ut sannsynligheten for, da det vil være ekstremt mange variabler som det må tas hensyn til for å få en nøyaktig beregning. Derfor er det bedre å se på faktiske dokumenterte branner og se om dette har vært registrert som et problem.

BRAVENT rapport del 1 som inneholder den teoretiske delen oppgir en rekke branner som har medført brann og røykspredning og hatt personer som har omkommet som følge av dette.

Dette er følgende branner (2 s. 63):

- Passasjerfergen Scandinavian Star, 1990
- Alstadhaug sykehjem, Sandnessjøen, 1974
- Gullhella sykehjem, Asker, 1979
- MGM Grand Hotel, USA, 1980
- Hotell Caledonien, Kristiansand, 1986
- Domus kjøpesenter, Narvik, 2000
- Kvartal i Nordre gate, Trondheim, 2002
- Sveio omsorgssenter, 2007
- Thorvald Meyers gate, Oslo, 2014

En fellesnevner for samtlige av disse dødsbrannene er at systemer og branntekniske tiltak ikke har fungert, enten i form av at det ikke har vært installer eller at det har vært slott av. Samtlige beskriver også at personer omkom på grunn av røykspredning, ikke fordi at brannen fikk spre seg til andre branceller via svikt i ventilasjonskanalene. Det er naturlig at personer omkommer på grunn av

røykspredning, men bakgrunnen for denne spredningen kunne vært fordi brannen klarte å trenge seg ut fra en branncelle via svikt i ventilasjonskanalene, men dette er ikke registrert som en hovedgrunn for noen av brannene.

Røyken har i hovedsak fått spre seg via kanalene fordi ventilasjonen har vært avslått eller fordi brannen har vært så stor at den overgår kapasiteten til anlegget og likevel klarer å spre seg via anlegget. En annen stor grunn til røykspredningen har vært åpne dører og mangel på røyktette branntekniske konstruksjoner.

Det er altså ingen beskrivelse av at brannspredning via ventilasjonskanaler har vært et problem i disse brannene og det er derfor naturlig å tenke at dette problemet ikke er så stort som enn først kan tenke. I en storbrann vil det være naturlig å tenke at dette forekommer, men at dette vil bli et mindre problem i den store sammenhengen og at det i de aller fleste tilfeller vil være andre branntekniske tiltak som vil ha en betydelig større påvirkning på brannsikkerheten i et bygg enn å benytte brannisolering på ventilasjonskanalene.

### 2.2.9 Oppsummering av de viktigste punktene i teorien.

Kravene i TEK17 §11-10 sier at Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonene ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg. Det er derfor viktig at dette ligger som et kriteriet, øke faren for brannspredning vesentlig vil si at det tillates at det er en liten fare for brannspredning og at dette er en godkjent risiko.

Dette gjør at det teknisk sett ikke er et fravik å ikke bruke brannisolering på ventilasjonskanalene, men da dette er oppgitt som eneste godkjente løsning gitt av byggforskserien. Dette blir praktisert som et fravik og dersom man velger å ikke brannisolere kanalene må en analyse utføres slik som beskrevet i byggforskserien 520.352.

Teststandardene som setter kriteriene for et brannskille beskriver at ISO 834 brannkurven skal benyttes ved testing av objekter som skal ha en brannteknisk funksjon. Dette er en brannkurve som starter ved romtemperatur (20 C°) og øker til 945 C° i løpet av 60 minutter. Teststandardene beskriver også kriteriene som må opprettholdes i denne tiden for at objektet som testes skal kunne godkjennes. Ved testing skal ikke kanalens overflatetemperatur (isolasjonens overflatetemperatur dersom den er isolert) ha en større temperaturøkning enn 180 C° i løpet av 60 minutter for at isolasjonskravet skal være oppfylt. En bomullsdott skal heller ikke kunne antenne i løpet av 30 sekunder fra mulige sprekker på kanal eller i isolasjon som har forekommet under testen for at testen skal bestå integritetskravet.

Et sprinkleranlegg har en lav sannsynlighet for å ikke fungere som tiltenkt, ca. 5 % sannsynlighet. Det er kun i et tilfelle hvor sprinkleranlegget ikke fungerer hvor det vil være sannsynlig at en brann kan spre seg via ventilasjonskanalene. Selv da vil det ikke være noen garanti for at dette til forekomme da det også er mange andre faktorer som spiller inn som for eksempel avstand til brennbart materiale fra ventilasjonskanalen som ligger i nærheten av startbranncellen, tilgjengelig brennbart materiale, manuell slokking og brannvesenets innsatstid. Det er derfor ansett å være lite sannsynlig at et tilfelle hvor brannen klarer å spre seg via ventilasjonskanalene er liten. Dette er understøttet av de dokumenterte brannene hvor dette ikke er oppført som et av hovedproblemene.

### 3. BRAVENT

BRAVENT er et prosjekt som ble utført av RISE, som er Norges ledende forskningscenter på brann og blir flittig brukt til å dokumentere fravik ved å referer til deres utgitte rapporter.

*«BRAVENT står for brann- og røykspredning i ventilasjonskanaler.*

*BRAVENT-prosjektet er finansiert av Omsorgsbygg Oslo KF, Hordaland fylkeskommune, Stavanger kommune, Sykehusbygg HF, Trondheim kommune, Undervisningsbygg Oslo KF og Direktoratet for byggkvalitet og ledes av RISE Fire Research.» (20)*

BRAVENT sin rapport på brannspredning i ventilasjonskanaler ble utgitt i 2019 og skapte mye debatt i fagmiljøet brann for rådgivere da det står i sammendraget på rapporten følgende *«Basert på resultatene fra de teoretiske beregningene og forsøkene mener vi at bruk av brannisolasjon på kanaler bør unngås. Det er mulig å utvikle et brannsikkert ventilasjonskonsept uten bruk av brannisolasjon»*. (3 s. 60). Dette gav mange det svaret de ønsket om å kunne fravike fra byggforsk sin løsning om å brannisolere kanalene i sin fulle lengde, men etter litt gransking i rapporten ble det funnet grunnlag som tilsa at dette ikke nødvendigvis var utført på en slik måte at resultatet kunne være så relevant som man først fikk inntrykk av og det ble stilt flere spørsmål ved den.

BRAVENT utarbeidet 2 rapporter i forbindelse med dette prosjektet:

- BRAVENT – Delrapport 1 Teori- og kunnskapssammenstilling
- BRAVENT – Delrapport 2 Brannspredning i ventilasjonskanaler

Delrapport 1 inneholder mye nyttig informasjon om teamet og mye av det har alt inspirert denne rapporten, likevel er det delrapport 2 som denne oppgaven setter sitt hovedfokus på da den beskriver hvordan forsøkene ble utført, hvile resultat de fikk og hva deres konklusjon ble.

### 3.1 BRAVENT sin metode

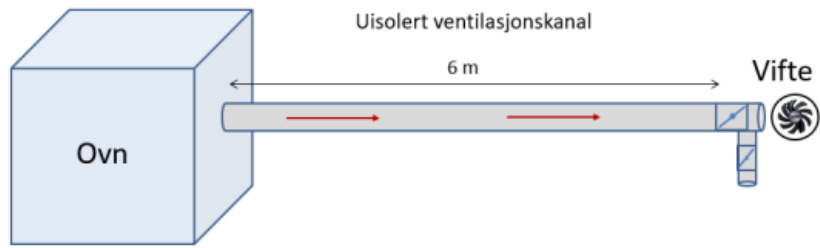
Følgende tekst er hentet direkte fra BRAVENT sin rapport for at det ikke skal endres noe som kan misforståes grunnet omskrivning i denne rapporten:

*Forsøksoppsettet besto i hovedsak av tre komponenter: en ovn, en ventilasjonskanal og en vifte. Skisser av forsøksoppsettet er gitt i Figur 3-1 til Figur 3-5, mens bilder av faktisk oppsett er gitt i Figur 3-11 til Figur 3-15. Ovnene som ble benyttet for å representere et brannrom, var en såkalt pilotovn, som i hovedsak benyttes for testing av brannskillende konstruksjoners brannmotstand. Ovnene har dimensjoner 1,55 m × 1,55 m × 1,55 m, og temperaturen i ovnene ble styrt automatisk i forsøkene.*

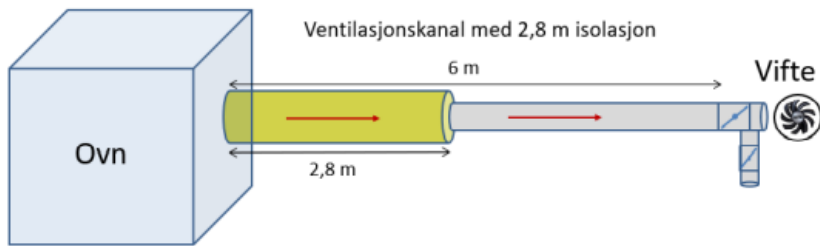
*Ventilasjonskanaler i et bygg deles inn i hovedkanaler, bikanaler og uttakskanaler. Uttakskanaler representerer avgreininger til eller fra det enkelte rom. Uttakskanalerne er koblet til bikanaler, som vanligvis er plassert i himlingsrommet over korridorer, mens hovedkanaler gjerne representerer vertikale føringer mellom etasjene. Sirkulære kanaler finnes i dimensjoner med diameter fra 80 mm - 1250 mm. De minste kanaldimensjonene benyttes som uttakskanaler.*

*Kanalerne som er blitt benyttet i forsøkene i dette prosjektet var galvaniserte spirorør som hadde en diameter på henholdsvis 125 mm og 250 mm. Dette vurderes derfor å dekke de mest kritiske kanalene i yrkesbygg med tanke på brannspredning. Ventilasjonskanalene hadde en lengde på 6 m, og var montert til vifta i den ene enden, og til ovnen i den andre enden, slik at varm luft ble trukket fra ovnen gjennom ventilasjonskanalen. Lengden på isolasjonen var i ulike forsøk 0 m (ingen isolasjon), 1,0 m, 2,8 m og 6,0 m. Isolasjonens tykkelse var 80 mm, som tilsvarer tykkelsen beregnet for EI60-beskyttelse. Mer informasjon om isolasjonen er gitt i Tabell 3-1 og Vedlegg D. Vifta som ble benyttet kunne styres trinnløst, og tålte en kontinuerlig operasjonstemperatur på 400 °C over en periode på 60 minutter. Et innblandingsrør var montert like før vifta for å sikre at lufta som gikk gjennom vifta ikke ble for varm. En fullstendig forsøksmatrise er gitt i Vedlegg A (3 s. 20).*



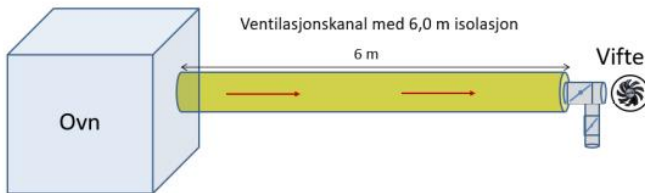


Figur 3-1 Skisse av forsøksoppsett - uisolert kanal.

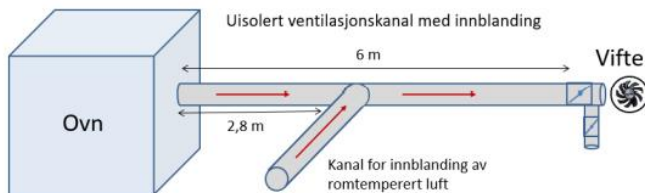


Figur 3-2 Skisse av forsøksoppsett - 2,8 m isolert kanal.

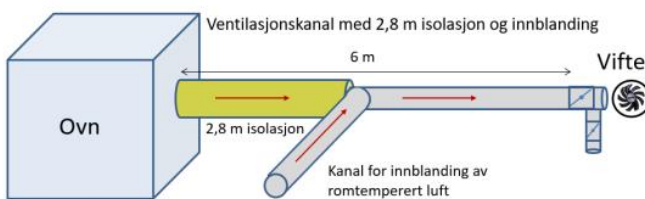
Figur 9: BRAVENT sitt forsøksoppsett



Figur 3-3 Skisse av forsøksoppsett – 6,0 m isolert kanal



Figur 3-4 Skisse av forsøksoppsett – uisolert kanal med innblanding av romtemperert luft. Kanalen for innblanding er plassert 2,8 m fra ovnen.



Figur 3-5 Skisse av forsøksoppsett – 2,8 m isolert kanal med innblanding av romtemperert luft.

### 3.1.1. BRAVENT sitt valg av temperatur.

BRAVENT har valgt å benytte seg av temperaturene 800, 1000, 1100 og 1200 C° i utførelsen av sine forsøk hvor temperaturene var fastsatt, til sammen 43 forsøk. Det ble også utført 7 tester hvor ISO 834 brannkurven ble utført.

### 3.1.2. BRAVENTs valg av avtrekkshastighet.

BRAVENT har valgt å benytte seg av avtrekkshastighetene 0, 1, 3, 5 og 7 m/s i sin utførelse av forsøkene. I de 7 forsøkene som er utført med ISO 834 brannkurve ble en avtrekkshastighet på 5 m/s benyttet.

### 3.1.3. BRAVENT sin forsøksprosedyre

Følgende tekst er hentet direkte fra BRAVENT sin rapport for i ikke endre deres formuleringer som kan misforståes.

*For å sikre god repeterbarhet i forsøkene ble følgende prosedyre fulgt:*

- 1. Viftepådraget for de ulike lufthastighetene gitt av forsøksmatrisen i Vedlegg A ble innstilt og kontrollert.*
- 2. Ovnene ble varmet opp.*
- 3. Når ovnen hadde nådd riktig temperatur og hadde et stabilt trykk, ble ventilasjonskanalen koblet til ovnen.*
- 4. Vifta ble startet og stilt inn på riktig hastighet.*
- 5. Når de målte røykgass- og godstemperaturene hadde nådd stasjonær tilstand, ble forsøket enten avsluttet, eller et nytt testscenario i henhold til matrisen ble igangsatt direkte ved at temperatur eller hastighet ble endret.*
- 6. Dersom deler av ventilasjonskanalen var skadet etter forsøket, ble de skadde delene byttet ut til neste forsøk. Det ble anvendt ny isolasjon i hvert forsøk.*

*I de fleste forsøkene ble ventilasjonskanalen koblet til ovnen etter at den hadde nådd de predefinerte temperaturene. I forsøk 24, 27 og R1 – R5, hvor ovnens temperaturutvikling fulgte isokurven, var ventilasjonskanalen tilkoblet ovnen fra start. Kanalen ble koblet fra etter 60 minutter (3 s. 27).*

Det er her viktig å se at det kun er forsøk 24, 27 R1-R5 som ikke har en forvarmet ovn og som følger ISO 834 kurven.

### 3.2. Forklaring av BRAVENT sin metode og dens usikkerheter:

Følgende delkapitler vil ta for seg de temaer som har vært på diskutert angående BRAVENT sin rapport og om disse var utført på en måte som gjør at resultatet kan ansees som pålitelig eller usikkert. Dette blir videre diskutert under diskusjonskapittelet.

#### 3.2.1. Temperatur

Det er utført 24 tester på kanaler med en diameter på 125, men ingen av disse testene følger ISO 834 brannkurven. Derimot var temperaturen satt (forvarmet) til 800, 1000, 1100 og 1200 C° og testet over 1 time.

For kanalene som hadde en diameter på 250 mm var det utført 21 tester hvor kun 7 av dem fulgte ISO 834 kurven. Resten av testene var satt (forvarmet) med temperaturer på 800, 1000, 1100 og 1200 C°.

BRAVENT beskriver i sin metodekritikk om realisme og beskriver følgende:

*I vår forsøksserie ble det blant annet utført tester med ovnstemperatur på ca. 800 °C, ca. 1000 °C og ca. 1200 °C. I mange virkelige branner blir ikke temperaturen i et brannrom så høy, enten fordi det er installert et automatisk slokkeanlegg, det er for lite tilgang på luft, eller det er for lite brennbart materiale tilgjengelig. Vi mener derfor at røykgasstemperaturene valgt i disse forsøkene både er realistiske og til dels konservative. Oppsummert, mener vi at forsøksoppsettet i stor grad representerer reelle forhold, og at resultatene er realistiske, men konservative (3 s. 61).*

Det kommer frem av rapporten at det å ha en satt temperatur er å regnes som realistisk, men konservativt. Dette fremstår som en større usikkerhet da man vil oppnå en langt høyere gjennomsnittstemperatur på forsøkene sammenlignet med temperaturen som enn ville oppnådd ved å benytte temperaturer som følger ISO 834 kurve. Spesielt med 1100 og 1200 C° da en standard ISO kurve ikke når denne temperaturen i løpet av første timen.

#### 3.2.2. Lufthastighet

BRAVENT har benyttet lufthastigheter på 0, 1, 3, 5, og 7 m/s. Det er forholdsvis kun 1 test med 0 m/s og 1 test med 1 m/s. 14 av de 21 testene med kanaler på 250 mm har luft hastighet på 5 m/s. 14 av de 24 testene med 125 mm kanaler er utført med 3 m/s. Se total oversikt i BRAVENT sin egen rapport (3 s. 65).

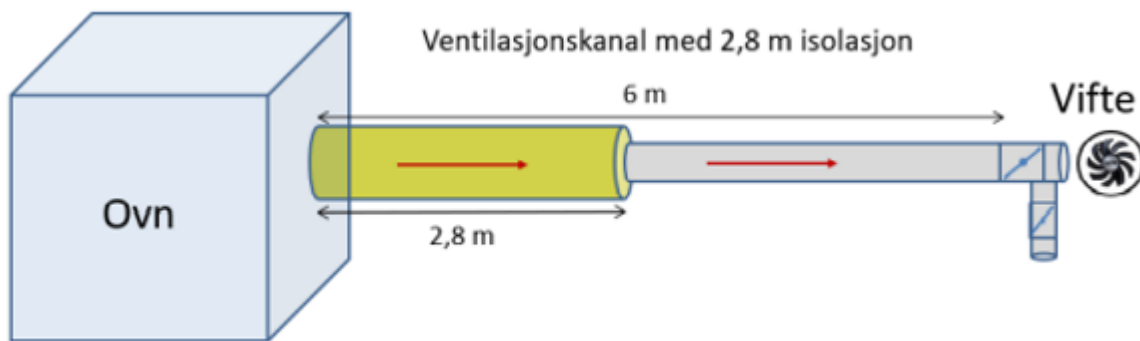
BRAVENT har tatt utgangspunkt i at luftstrømmen skal være minst 3 m/s basert på hva NS-EN 1366-1:2014 Prøving av brannmotstanden til tekniske installasjoner – Del 1: ventilasjonskanaler beskriver.

Dette er beskrevet under tester for «brann i kanal» (10). For tester beskrevet som brann på utsiden av kanal er det kun oppgitt at det skal kunne klare å overholde et undertrykk på {300 +- 15} Pa.

Slik som testoppsettet er fremstilt er det kun testet for en brann inne i kanalene og ikke på utsiden av kanalen.

### 3.2.3. Gjennomføring til brannovn

Som vist på figuren under var kanalen ikke ført inn i ovnen. Den er kun påkoblet på utsiden. Problemet med dette er at man ikke får en riktig påvirkning fra brannen fra eksponert side. Både brannisoleringen og kanalen vil ikke bli direkte påvirket av flammene slik som i et faktisk scenario. Det er som tidligere nevnt kun testet for brannspredning inne i kanalen og ikke en påvirkning ifra utsiden.



Figur 3-2 Skisse av forsøksoppsett – 2,8 m isolert kanal.

Figur 10: Testoppsett RAVENT, uten gjennomføring. (3 s. 20).

### 3.2.4. Montasje av isolering

Isoleringen ble montert med en maksavstand på 1,5 meter mellom opphengspunktene som er i henhold til monteringsanvisningen til GLAVA som er produktet som ble benyttet. Isoleringen ble derimot ikke festet sammen med hverandre som anvist i monteringsanvisningen, dette kan sees på bildet under. Det er usikkert om dette ikke ble gjort på noen av testene, men dette kommer frem hvert fall ikke i rapporten.



Figur 4-12 Bildet viser at ventilasjonskanalen er rødglødende bak isolasjonen. Kanalen har fått en liten knekk, som vist ved at to isolasjonsmatter har blitt forskjøvet i forhold til hverandre. Bildet er fra test 22.

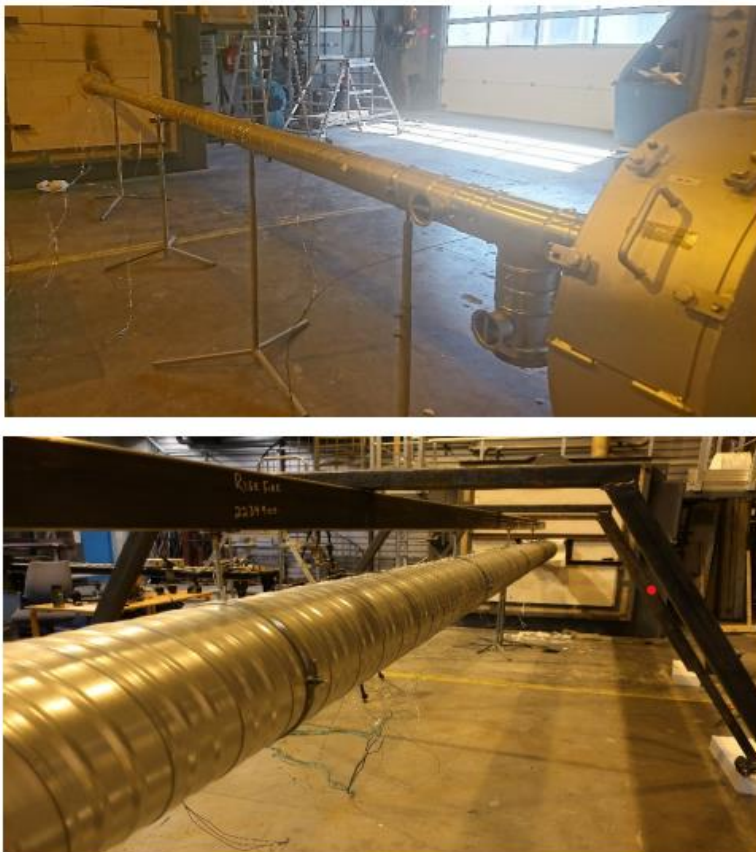
*Figur 11: Montering av isolering fra test 22, fra BRAVENT (3 s. 45).*

Brannisolering skal enten benytte et spesialverktøy til å binde nettingen på de 2 ulike isolasjonsbitene eller en ståltråd som skal «sy» sammen isolasjonsdelene. Dette beskrives mer nøyaktig under metoden for forsøk, se kap. 4.2.5.

### 3.2.5. Opphengssystem

Følgende tekst er sitert fra BRAVENT sin rapport for å ikke skape misforståelser fra hva BRAVENT har ment.

*I forsøkene ble det benyttet to ulike måter for å henge opp kanalen. I det ene oppsettet ble kanalen støttet opp med støttebein fra undersiden, mens i det andre oppsettet ble kanalen hengt opp med fester ovenfra, se Figur 3-10. De ulike måtene ble valgt for å undersøke om kanalene fikk ulike typer skader basert på opphengssystemet. Avstanden mellom støttebeina varierte noe fra test til test, men var ikke større enn 1,7 m. Avstanden mellom opphengspunktene var nøyaktig 1,5 m i de testene der kanalen var isolert, etter retningslinjer fra Glava [15]. I testene med uisolerte kanaler varierte opphengsavstanden fra 1,5 – 2,4 m. Dette ble gjort for å undersøke om stabiliteten til kanalen ble påvirket. (3 s. 26)*



Figur 3-10 Ventilasjonskanalen ble hengt opp på to måter: Med støttebein (øverst) og med oppheng (nederst).

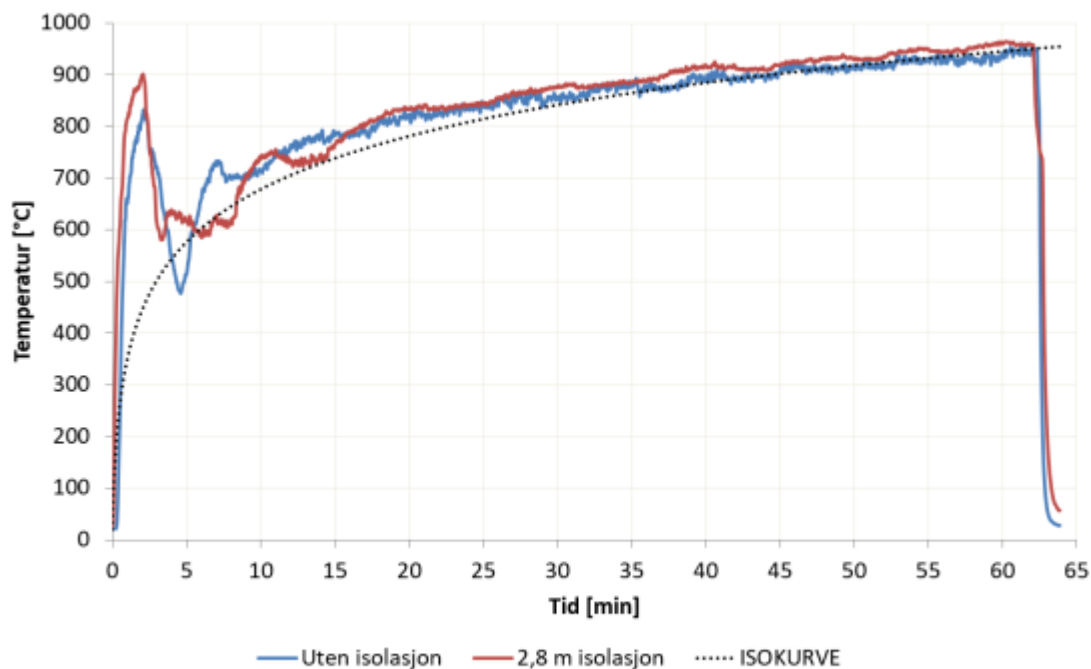
Figur 12: Bilde av BRAVENT sitt opphengssystem (3 s. 26).

Det beskrives ikke i hvilke tester det ble benyttet opphengssystem og i hvilke tester det ble benyttet støtter, men ut ifra bildene kan det se ut som at det var på kanalene med diameter på 250 mm at det ble benyttet oppheng og støtter på kanalene med diameter på 125 mm.

Korrekt måte er å bruke oppheng uavhengig av rørtykkelse.

### 3.3. BRAVENTS resultater av ISO 834 testene

BRAVENT fremstiller resultatene sine i graf som viser temperatur og tid, men det tydeliggjøres ikke hvilke av de 5 forsøkene som er utført med 250 mm kanal resultatene er tatt ut ifra eller om dette er en gjennomsnittsverdi mellom dem. Resultatene er som følgende:



Figur 4-6 Tid- temperaturkurve for uisolert og isolert ventilasjonskanal med diameter 250 mm. Temperaturen er røykgasstemperatur målt i innløpet av ventilasjonskanalen.

Figur 13: BRAVENTS resultater av ISO brann. (3) s.41.

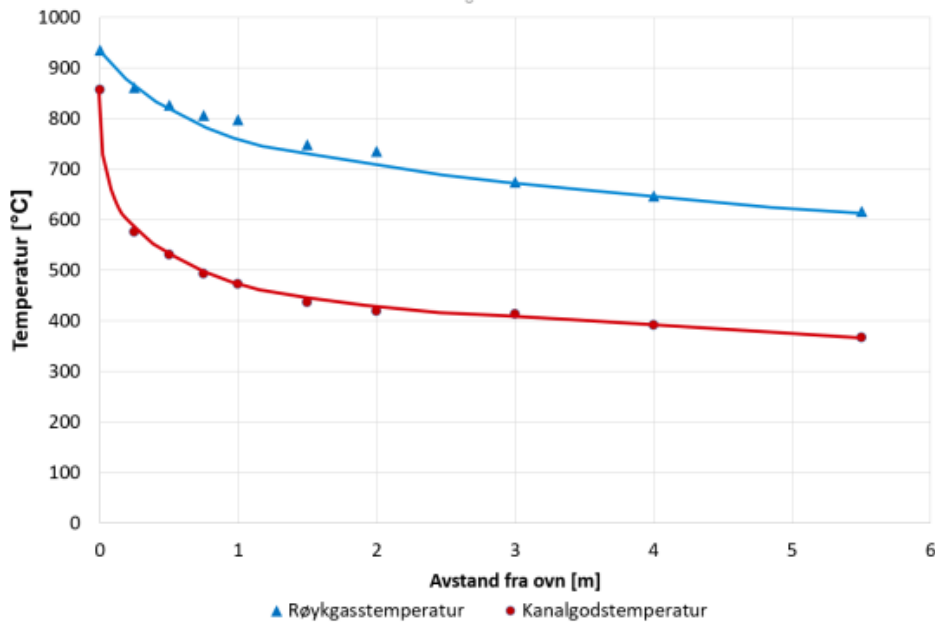


Følgende tekst er benyttet for å beskrive resultatet:

*Figur 4-7 viser røykgasstemperatur og godstemperatur for en uisolert ventilasjonskanal etter eksponering av isokurven i 60 minutter. Temperaturen faller fra en temperatur på 858 °C til 576 °C i løpet av de første 0,25 m, og videre til 473 °C ved 1 m fra ovnen. Dette viser at det er et kraftig temperaturfall i løpet av den første meteren av kanalen. Figur 4-8 viser hvordan godstemperaturen på uisolert del av kanalen endres i løpet av den 60 minutter lange testen. Figuren viser at størsteparten av temperaturøkningen skjer i løpet av de første 15 minuttene. Etter dette tidspunktet var det kun marginal økning av godstemperaturen. (3) s.41.*

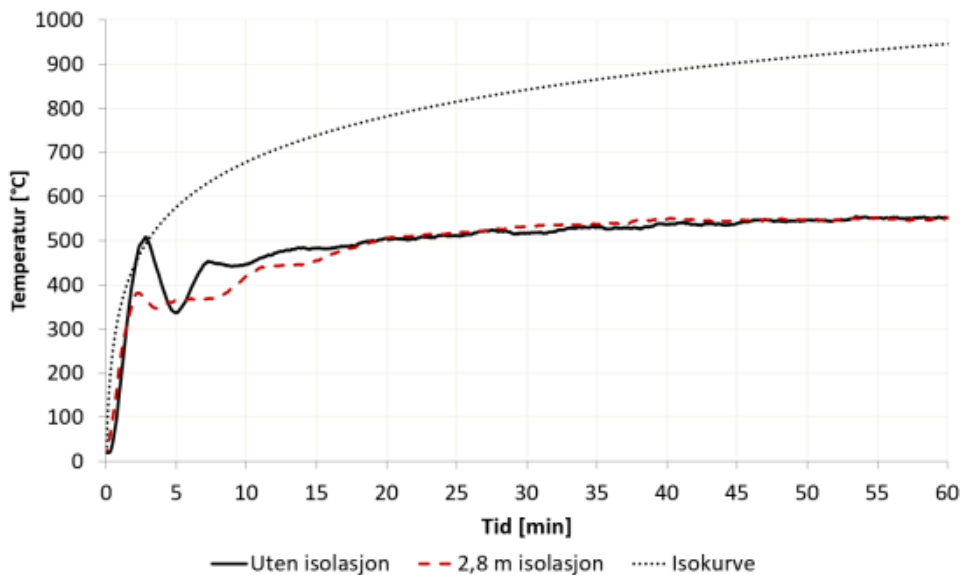
Det vi kan se utefra grafen er at selv i testene hvor ISO 834 kurven skulle vært fulgt, så starter den høyt for å så bevege seg ned til riktig temperatur.

Det vises videre til graf som viser temperatur basert på avstand:



Figur 4-7 Røykgasstemperatur og godstemperatur på uisolert ventilasjonskanal etter eksponering for brannkurve etter isokurve i 60 minutter.

Figur 14: BRAVENT resultat av ISO kurve basert på avstand til brannrom (3) s.42



Figur 4-8 Maksimal overflatetemperatur på kanalgodset målt ved 0,25 m og 3 m avstand fra ovnen for henholdsvis uisolert og 2,8 m isolert kanal i en 60 minutters test med ovnstemperatur i henhold til isokurven. Kanaldiameter = 250 mm.

Figur 15: BRAVENTS resultat av temperatur på kanalgoods (3) s.42.



*Figur 16: BRAVENTS bilder fra test med ISO kurve test 27 i BRAVENT rapport (3) s.47.*

Overliggende bilde er eneste bilde i BRAVENT sin rapport fra testene som er utført med ISO kurve. Bildet viser at det blitt en god bøy i kanalen, men ingen svikt eller hull i kanalen. Deformasjonen er også fremtredende akkurat derfor hvor støtten er plassert som kan tyde på at bruk av feil opphengs metode på disse testene kan ha hatt en påvirkning på resultatet.

## 4. Metode

I dette kapittelet vil det bli beskrevet hvordan metoden for teoridelen er lagt frem og hvordan forsøkene ble satt opp og gjennomført.

### 4.1 Teoridel

Det har i hovedsak vært tatt utgangspunkt i standardene EN 1366-1 Prøving av installasjoners brannmotstandsevne – Del 1: Ventilasjonsskanaler og NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstandsevne – Del 1: generelle krav for å se om disse testene faktisk er relevante i forhold til hvordan ventilasjonsskanaler bør testes. Det er hentet inspirasjon fra BRAVENT sine forsøk for å se på hvilke resultater disse testene oppnådde for å så kunne sammenligne dem med tester som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven.

### 4.2 Forsøk

Følgende del vil beskrive i detalj hvordan oppsettet til forsøkene ble utført. Det blir delt opp i forsøkene ulike faser, men vil ikke skilles mellom forsøkene, alle forsøkene beskrives i hver del. Eksempelvis vil alle forsøkene beskrives under oppbygning av brannrommet.

Det er utført 4 forsøk hvor temperaturen skulle følge en standard ISO 834 brannkurve. De 4 forsøkene var som følger:

1. Kanal med EI 60 brannisolering, med viftehastighet på 1,3 m/s
2. Kanal uten brannisolering, med viftehastighet på 1,3 m/s
3. Kanal med EI brannisolering, med viftehastighet på 1,3 m/s
4. Kanal uten brannisolering, med viftehastighet på 2,5 m/s

#### 4.2.1 Brannrom/ovn

Ovnen ble bygget av YTONG blokker som er 20x20x60 cm. Høyden til ovnen var 140 cm, bredden var 120 cm og lengden var 160 cm. Dette er utvendige mål. Innvendige mål er: Høyden 120 cm, bredden 80 cm og lengden 120 cm. Se figur 17.



*Figur 17: Brannovn benyttet i forsøk.*

Mellom ovnsvegger og tak ble det lagt brannisolering for å sikre at ovnen ble så tett som mulig. Deretter ble det lagt på et tak som hadde lignende egenskaper som YTONG blokkene, men som var av større dimensjoner.



Figur 18: Ferdig bygget brannrom/ovn.

Åpningen til brannrommet/ovnen har en høyde på 80 cm og en bredde på 40 cm.

#### 4.2.2 Brann/tenn kilde



Figur 20: Brannkar

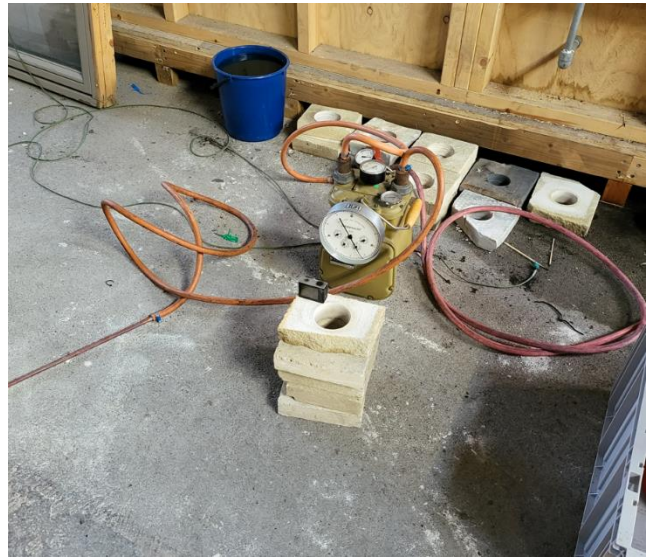


Figur 19: Oversiktsbilde av gasstanker

Til brann i brannrommet er det benyttet propan som brannkilde. Propangassen ble overført til et kar med dimensjoner 60x60x20 cm fylt med stein. Også kalt en «bedburner».

I forkant av forsøkene var det beregnet at det måtte være ca. 10 g/s med propan for å holde rommet med en temperatur som tilfredsstillende ISO 834 brannkurven. Dette ble tatt som utgangspunkt før forsøket.

Det ble vurdert at det ville være behov for 36 kg propan per forsøk.



Figur 21: Gassmåler

Det ble koblet til en gassmåler som viser hvor mye gass som ble benyttet. Resultatet er presentert i kap. 5.6.

Det ble benyttet 3 gassflasker med propangass som ble satt i vann, fordi gassflaskene blir kalde ettersom det er en konstant strømning av gass ut av gassflasken og mengden gass fra hver tank vil reduseres over tid. Dette skjer fordi propangassen bruker mye energi på å gå fra væske til damp, denne energien hentes fra omgivelsene rundt og vil derfor kjøle ned omliggende arealer. Flaskene hadde et tykt islag rundt seg mot slutten av forsøkene.

Det et ble derfor benyttet 3 stykker for å kunne kompensere for det fallende trykket som vil forekomme over tid.

### 4.2.3 Gjennomføring

Gjennomføringen i samtlige forsøk ble ført gjennom brannrommets vegg og inn slik at den stikker 35 cm inn på innsiden av brannrommet. Til branntetting av gjennomføring ble det benyttet GPG brannmasse. Firesafe avdeling Haugesund kom og hjalp med tetting av gjennomføringen og viste meg hvordan det skulle gjøres. Firesafe utførte tettingen for forsøk 1, mens jeg utførte tettingen for forsøk 2, 3 og 4.



*Figur 23: Gjennomføring før branntetting*



*Figur 22: Innside av gjennomføring før branntetting.*



*Figur 25: Innside etter branntetting*

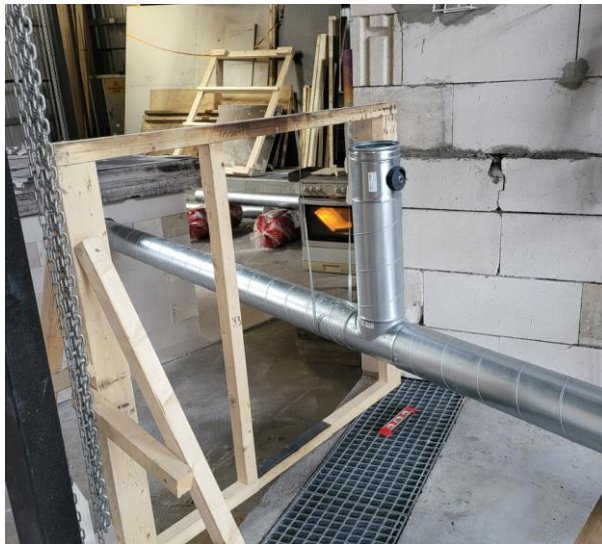


*Figur 24: Utsiden av gjennomføring etter branntetting.*



#### 4.2.4 Oppheng.

Opphenget som er benyttet i alle 4 forsøkene var 3 trerammer som ble tilpasset slik at kanalstrekket kunne gå horisontalt gjennom rammene. Til selve opphenget ble det benyttet stålband. Avstanden mellom opphengene var ca. 200 cm. Dette er noe lengre enn hva PAROC sin monteringsanvisning som beskriver at avstanden for deres brannisolering ikke skal være lengre enn 180 cm. Dette ble gjort for å få resultatet noe konservativt, samt at når det ble undersøkt (det ble spurt flere montører som ikke er nevnt med navn) hvordan monteringen foregår, så ble det ofte svart at 2 meters lengde mellom opphengene var normal praksis. Da det ikke så ut til å spille inn på resultatet i noen vesentlig grad etter første forsøk ble dette valgt beholdt for de andre 3 forsøkene også.



Figur 27: Oversikt over oppheng



Figur 26: Oversikt over oppheng (2)

#### 4.2.5 Brannisolering

Følgende mengde isolering ble benyttet i de ulike forsøkene:

1. EI 60 brannisolering 70 mm fra PAROC
2. Uten isolering
3. EI 15 brannisolering 30 mm fra PAROC
4. Uten isolering

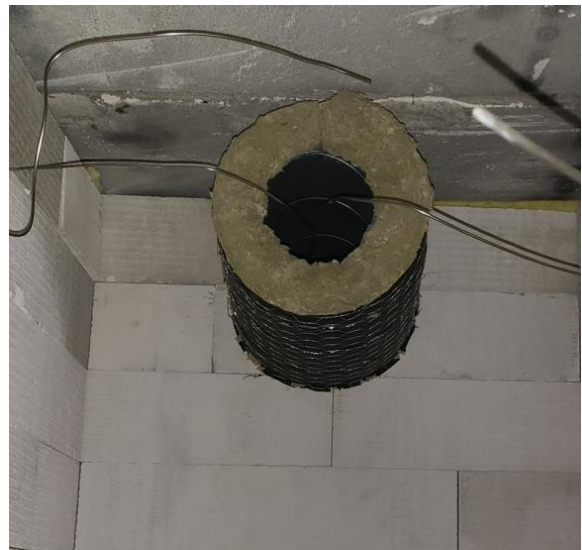


*Figur 28: Spesialverktøy til å feste brannisolering til hverandre*

Brannisoleringen ble påført med en lengde på 180 cm fra brannrommet vegg, det ble også brannisolert på innsiden av brannrommet i 35 cm lengde. Brannisoleringen ble sammenføyet mellom hverandre ved hjelp av spesialverktøy som binder/snurrer sammen nettingen på hver del.



*Figur 30: Utførelse av brannisolering på utsiden av brannrom(EI60)*



*Figur 29: Utførelse av brannisolering på innsiden av brannrom(EI60)*



*Figur 31: Brannisolering i 180 cm lengde(EI60).*

#### 4.2.6 Instrumentering

I dette forsøket ble det benyttet 16-20 termoelement for å få en god oversikt over temperaturen både i brannromme, i kanal, på kanal, under isolering og over isolering.

For forsøk 1 (EI 60 brannisolering) ble det benytte følgende termoelement (tallene representerer de ulike kanalene/målerne):

1. På kanal etter isolering 180 cm fra ovn
2. Under isolering 1 meter fra ovn
3. Under isolering 5 cm fra ovn på uekspontert side
4. Under isolering 5 cm fra ovn på uekspontert side
5. Åpning i kanal inne i brannrom
6. Røyksjikt i brannrom
7. Røyksjikt i brannrom
8. Åpning i kanal inne i brannrom
9. Røyksjikt i brannrom
10. Inngang/åpning
11. Mellom innkast 1 og 2 i kanal 2,5 meter fra ovn
12. På kanal mellom innkast 1 og 2 2,7 meter fra ovn
13. Mellom innkast 2 og 3 i kanal 4 meter fra ovn
14. Mellom innkast 2 og 3 på kanal 4,3 meter fra ovn
15. Mellom innkast 3 og vifte i kanal
16. Romtemperatur

Det ble ikke benyttet termoelement på oversiden av brannisolering i forsøk 1.

For forsøk 2 (uten brannisolering) ble det lagt til 2 termoelement som blir plassert som følgende:

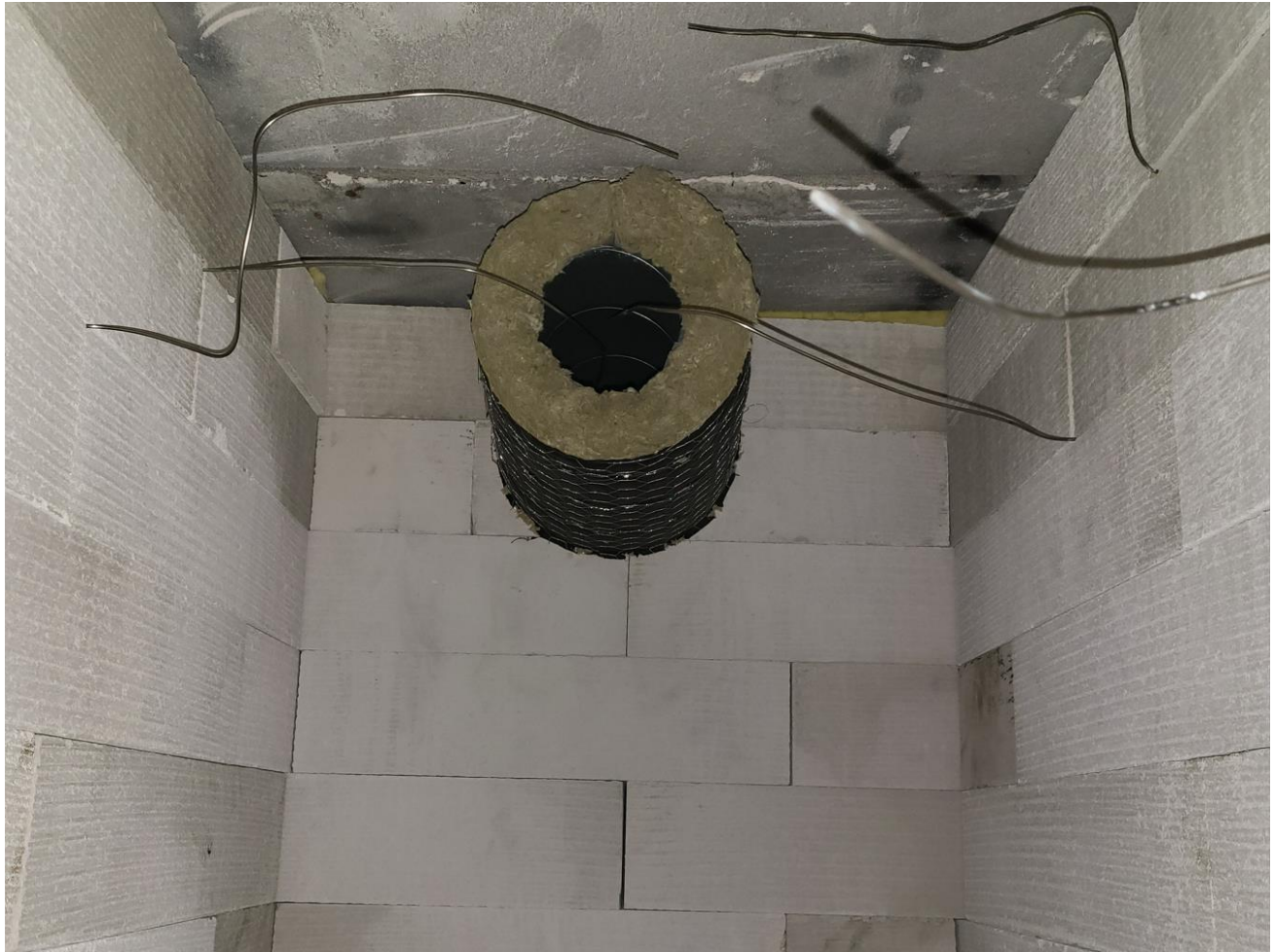
17. 3 cm fra rør rett på eksponert side
18. 5 cm fra rør rett på eksponert side

I forsøk 3 er følgende endret:

17. Ligger oppå isolering etter 1 meter på uekspontert side
18. Ligger oppå isolering rett på uekspontert side
19. Strålingsmåler 60 cm fra brannrommets vegg

I forsøk 4 er følgende gjort:

- Kanal 1 og 17 har bytte posisjon.
- Kanal 18 benyttes ikke.



*Figur 32: Temperaturmålere på innsiden av brannrommet.*



*Figur 33: Temperaturmåler plassert rett etter isolering.*



*Figur 34: Temperaturmåler plassert oppå brannisolering EI 15.*

#### 4.2.7 Kanal oppsett, vifte og tilluft

Det ble benyttet et kanalstrek som var 10,6 meter langt med 3 luftinntak for å sikre at luften inn på viften ikke skulle bli for varm.

Kanalene hadde en dimensjon på 160 mm i diameter. Bakgrunnen for valget av lengden på kanalstrekket var fordi kanalene måtte gå ut av forsøkshallen og blåse røyken ut i det fri.

Viften var av typen TUB 250 som er godkjent til å opprettholde sin funksjon inntil 250 °C over 1 time.

Viften skal trekke ut 1,3 m/s med luft, dette er basert på at en omsorgsbolig på 28 m<sup>2</sup> skal ha et avtrekk på 96 m<sup>3</sup> i timen. For å få riktig mengde avtrekk ble dette regulert på viften og via spjeld som var montert på de 3 tilleggsavtrekkene.

*Beregning av avtrekk:*

$$\pi * r^2 = \text{areal}$$

$$\pi * 0,08^2 = 0,020096\text{m}^2$$

$$96\text{m}^3/\text{t} = 0,026666\text{m}^3/\text{s}$$

$$\frac{V}{A} = \text{Hastighet}$$

$$\frac{0,02666\text{m}^3/\text{s}}{0,020096\text{m}^2} = 1,3 \text{ m/}$$



Figur 36: Oversikt over kanalstreck



Figur 35: Oversikt over kanalstreck 1

Avtrekket til vært forsøk ble målt før start og etter slutt av hvert forsøk og hastigheten var lik 1,3 både før og etter test. Dette ble målt i kanalåpningen inne i brannrommet.



Figur 38: Avtrekk på 1,3 m/s, forsøk 1, 2 og 3.



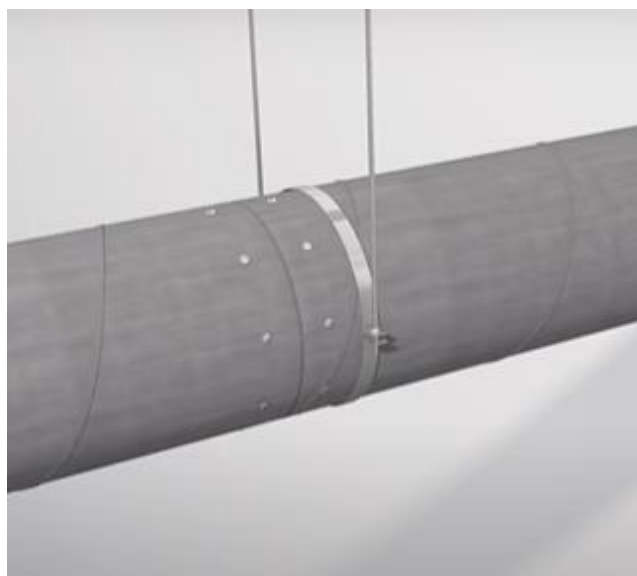
Figur 37: Avtrekk på 2,5 m/s i forsøk 4.

### 4.3 Metodekritikk

Måten forsøkene er satt opp på har noen begrensinger som vil bli skildret i dette kapitlet. Dette kommer i hovedsak på grunn av vanskeligheten med finansiering og tilgang på utstyr.

#### 4.3.1 Oppheng

Det ble ikke benyttet standard oppheng med rørklammer rundt kanalen, isteden ble det benyttet et stålbånd. Dette er vurdert til å ha samme bærende funksjon som fordeler vekten på stålbåndet på undersiden av kanal og holder vekten på 2 punkter slik som ved standard løsning. Standard løsning er vist under:

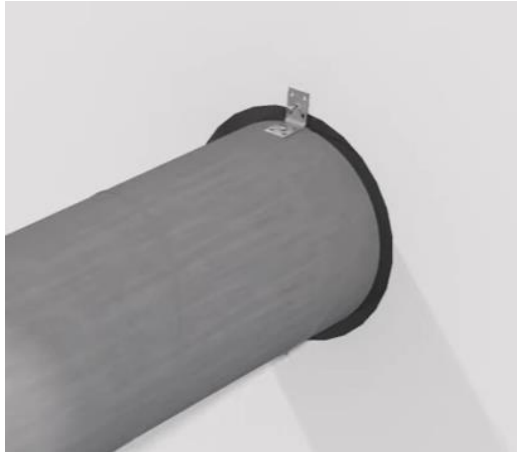


*Figur 39: Standard oppheng*

#### 4.3.2 Feste av kanaler mot brannvegg

Selve kanalen skal egentlig festes på følgende måte til branncelleveggen. Dette ble ikke utført fordi det ville skadet veggen mellom forsøkene. Det ble benyttet GPG tettemasse som holdt kanalen helt fast slik at den ikke kunne forflytte seg. GPG har egentlig en herdetid på ca. 20 timer, men den er hard etter 40 minutter. Det ble opplyst av FireSafe at det ikke ville være noe problem å teste med den etter noen timer så lenge ikke dette var kritisk for testen, noe det ikke var. Tettemassen holdt godt, men fikk noen sprekker. Dette virket ikke å ha noen betydning da røykgassene ikke kom ut av sprekken.





Figur 40: Feste av kanal til branncellevegg

### 4.3.3 Avtrekk

Det ble ikke valgt å benytte 3 m/s som oppgitt i teststandard for kanaler, da dette ikke er et relevant scenario for avtrekket i en kanal ut fra en boenhet i et omsorgshjem. 1,3 m/s er ansett å være mer konkret i forhold til den gjeldende situasjonen. Det er også valgt å sette i gang viften før forsøket starter og ikke vente til brannen er i gang slik at man får at faktisk tilfelle slik et aggregat fungerer.

Det er valgt å kjøre en test med 2,5 m/s for å undersøke litt mer ekstreme tilfeller og se hvordan dette påvirker kanalene som ikke er isolerte.

### 4.3.4 Temperatur og gass strømming

Da vi kontrollerte stømningsraten til gassen manuelt var det viktig at vi forhold oss til temperaturene inne i rommet og sammenlignet denne med ISO kurven. I samtlige forsøk ble vi liggende litt over, dette var for å heller være på den konservative siden.

## 5. Resultat

I dette kapitlet presenteres resultatene fra hvert av forsøkene. Dette omfatter beskrivelser av hvordan kanalene ble påvirket, i tillegg til bildebeviser.

### 5.1 Forsøk 1: ISO brann i 1 time med EI 60 brannisolering med avtrekk 1, m/s.

Resultatet fra forsøk nummer 1 var at kanalene med brannisolering EI 60 holdt hele brannforeløpet på 1 time. Det ble en minimal bøy på midten av kanalen, noe som tyder på at kanalen etter en lengre periode ville sviktet, men det var ingen synlige sprekker eller hull i kanalen etter forsøket.

Overtrykket inne i brannrommet og kanalgodset var så stort at det kom varmluft ut av første tilluftskanal, samt at det også kom en del brann og røykgasser ut gjennom ovens fremside.



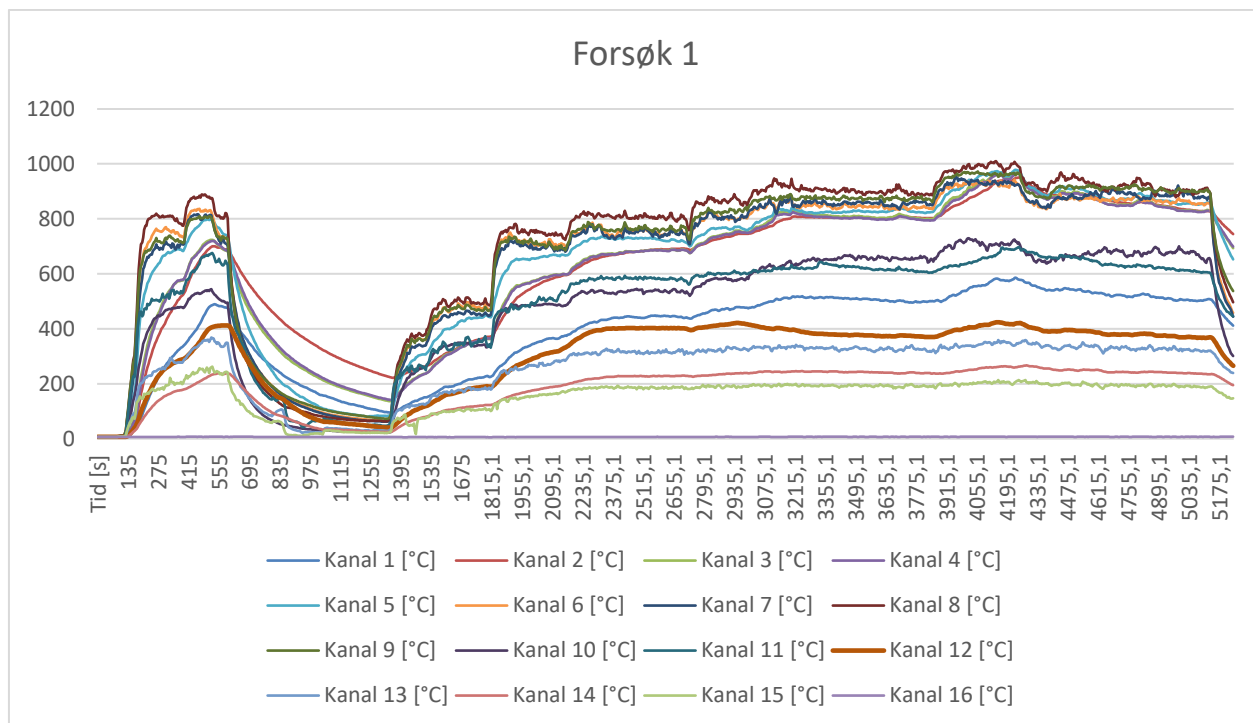
Figur 42: Isolering av kanal med EI 60



Figur 41: Gløding i enden av isolering (EI 60)

Selve brannisoleringen holdt svært godt og det var ingen tegn til noen spesiell temperaturøkning på utsiden av isoleringen. Jeg kunne helt fint holde hånden på isoleringen uten at det ble varmt.

Det kunne tidlig sees at hele kanalstrekket som lå under isoleringen var rødgjødende, men at det stopper så fort det er slutt på isoleringen.



Figur 43: Resultat forsøk 1.

I forsøk 1 måtte vi stoppe forsøket etter noen minutter for å justere lengden på røret for å sikre at temperaturen inn på viften ikke ble for høy. Vi startet forsøket på nytt med lot bare målerne gå. Derfor ser grafen ut som den gjør. I tabellen er målere kalt kanal, dette må ikke misforstås med kanalgoods som er selve ventilasjonskanalen.

Hovedpunkter fra grafen:

1. Temperaturen inne i brannrommet tilsvarer eller er noe høyere enn ISO 834 brannkurven (kanal 6, 7, 8 og 9).
2. Kanal godset er nesten like varm under isoleringen etter 1 meter som inne i brannrommet. Denne blir likere og likere ettersom tiden går (kanal 6). Den er like varm rett på utsiden av brannrom under isoleringen (kanal 3 og 4).
3. Så fort isoleringen forsvinner dropper temperaturen på kanalgodset fra om lag 850 °C til 450 °C selv etter en time. Dette indikerer at kjøleeffekten man får uten isolering er svært stor (kanal 1).
4. Kanalgodset etter første innkast av luft 2,7 meter ifra brannrommet har en temperatur som legger seg rett rundt 400 °C selv etter 1 time.



*Figur 46: Kanaler i forsøk 1 etter brannisoleringen er tatt bort.*



*Figur 44: Branntettingen etter forsøk 1.*



*Figur 47: Brannisoleringen EI 60 rett etter forsøk*



*Figur 45: Kanal og brannisolering etter forsøk 1*

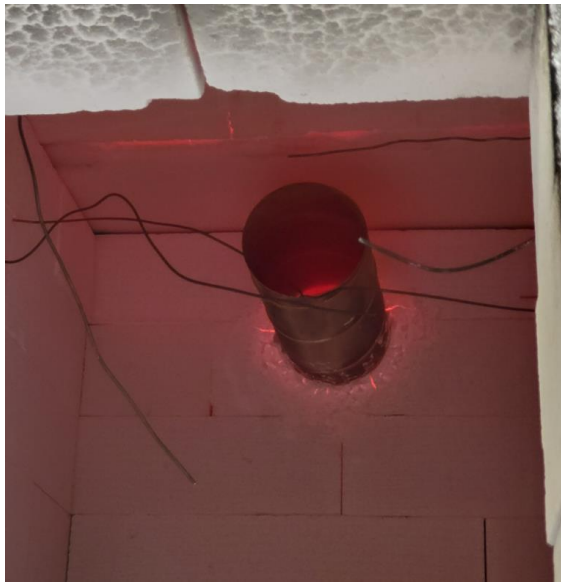
Bildene over viser at kanalen var helt intakt og gjennomgangen var hel. Noen sprekker ble dannet i gjennomføringen, men dette kan være på bakgrunn av at GPG-massen ikke hadde herdet tilstrekkelig lenge til å oppnå full styrke.

Kanalen på innsiden av brannrommet var også like hel og heller ingen synlige skader her.

Brannisoleringen var noe «slapp» som kan sees på bilde 45 ved siden av. Dette gjaldt også på utsiden av brannrommet.

## 5.2 Forsøk 2: Uten brannisolering med ISO kurve i 60 min med avtrekk 1,3 m/s.

Resultatet fra forsøk 2 viste at kanalgodset ikke deformeres i løpet av en time med en ISO brann. Det var ingen synlige deformeringer eller lignende. Kanalen ble rødglødende på innsiden av brannrommet, men det var ikke mulig å se noe tegn til gløding på utsiden av brannrommet.



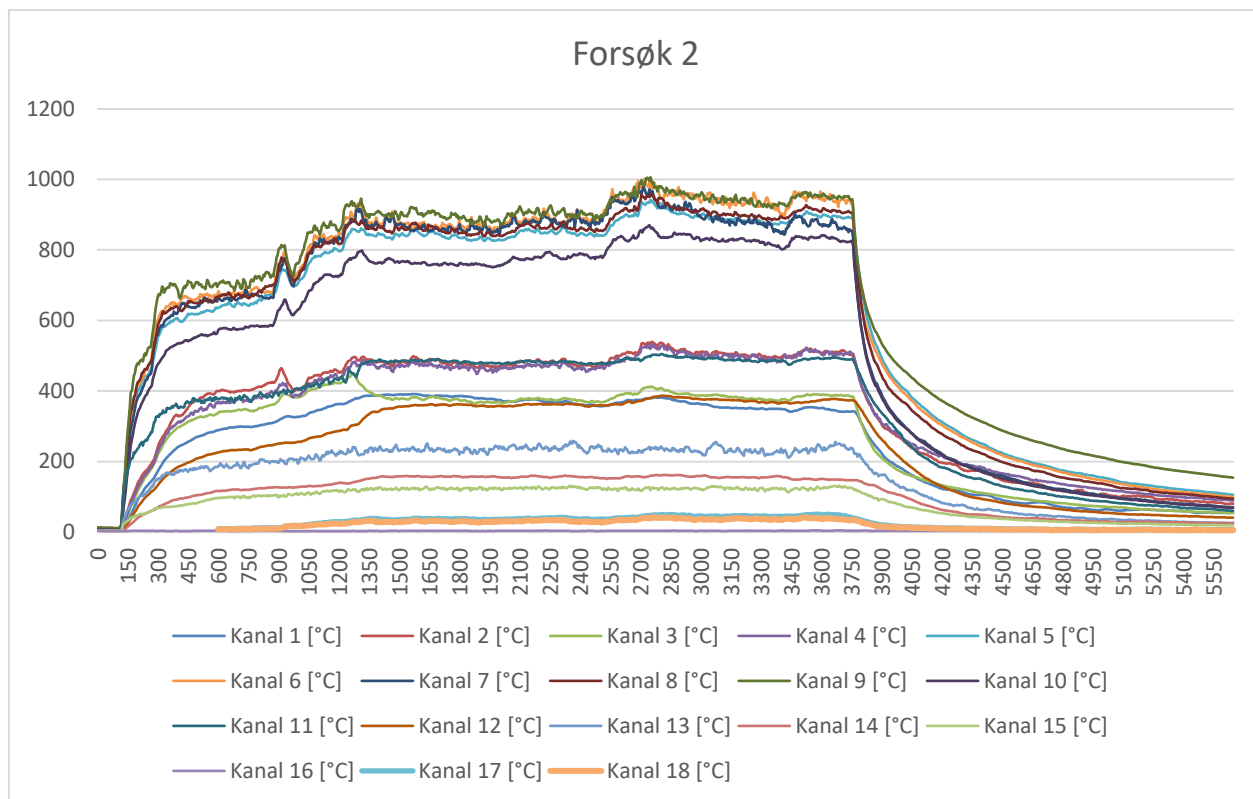
Figur 49: Innsiden av brannrom rett etter forsøk 2.



Figur 48: Utsiden av brannrom rett etter forsøk 2.



Figur 50: Antennelse av bomulldott etter ca. 10 sekunder



Figur 51: Resultat fra forsøk 2.

#### Hovedpunkter fra grafen til forsøk 2:

1. Temperaturen i brannrommet ligger noe under ISO 834 kurven i starten av forsøket, men noe over i siste halvdel av forsøket.
2. Kanalgodset rett på ueksponert side holder en jevn temperatur på ca. 500 C° under hele forsøket (kanal 2 og 4).
3. Kanalgodset etter 1 meter holder seg stabilt på ca. 400 C°. Temperaturen synker med andre ord nokså raskt på ueksponert side selv om det ikke er kommet inn noe tilluft fra andre kanaler (kanal 3).
4. Kanalgodset etter første tilluft hadde en temperatur (kanal 12) som var nesten lik temperaturen på godet før tilluften, dette trolig grunnet at avtrekket ble for lite til å kunne kompensere for overtrykket i brannrommet.
5. En ulldott som ble plassert på kanal antente raskt.

6. Kanal 17 og 18 var plassert 3 og 5 cm ifra kanalgodset rett på ueksponert side, temperaturen her ble henholdsvis bare 40 C° og 32 C°. Det var ikke noe problem å holde hånden der over en lengre periode, noe som kan tyde på at man ikke trenger lange avstanden til kanalen for at faren for antennelse forsvinner.

Overtrykket inne i brannrommet og kanalgodset var så stort at det kom varmluft ut av første tilluftskanal.



*Figur 52: Plassering av termoelement på ueksponert side.*

### 5.3 Forsøk 3: Med brannisolering EI 15 i en ISO brann i 60 min med avtrekk 1,3 m/s.

Resultatet etter forsøk 3 viste ingen tegn til deformasjon av kanalgodset. Visuelt fremkom det nokså likt som forsøk 1 med EI 60 isolering, det vil si at kanalgodset var tydelig rødglødende under brannisoleringen i hele lengden. Det var ingen tegn til skader på brannisoleringen etter forsøket. Isoleringen var like intakt etter forsøket, både på utsiden av brannrommet og på innsiden.

Under dette forsøket ble det også lagt på en bomullsdott direkte på EI 15 brannisoleringen etter om lag 50 minutter. Denne lå på i 60 sekunder (ble filmet), det var ingen tegn til antennelse, gløding eller bruning av bomullsdotten. Bomullsdotten ble etterpå plassert på en skjørt mellom 2 isolasjon elementer og antente etter noen sekunder (også filmet). Dette viser viktigheten av at skjøten må være god, og var kanskje ikke utført godt nok i forsøkene til tross for at det ble brukt riktig verktøy.



Figur 56: Oversikt over EI 15 brannisolering.



Figur 53: Det kan tydes glødende kanal under isoleringen.

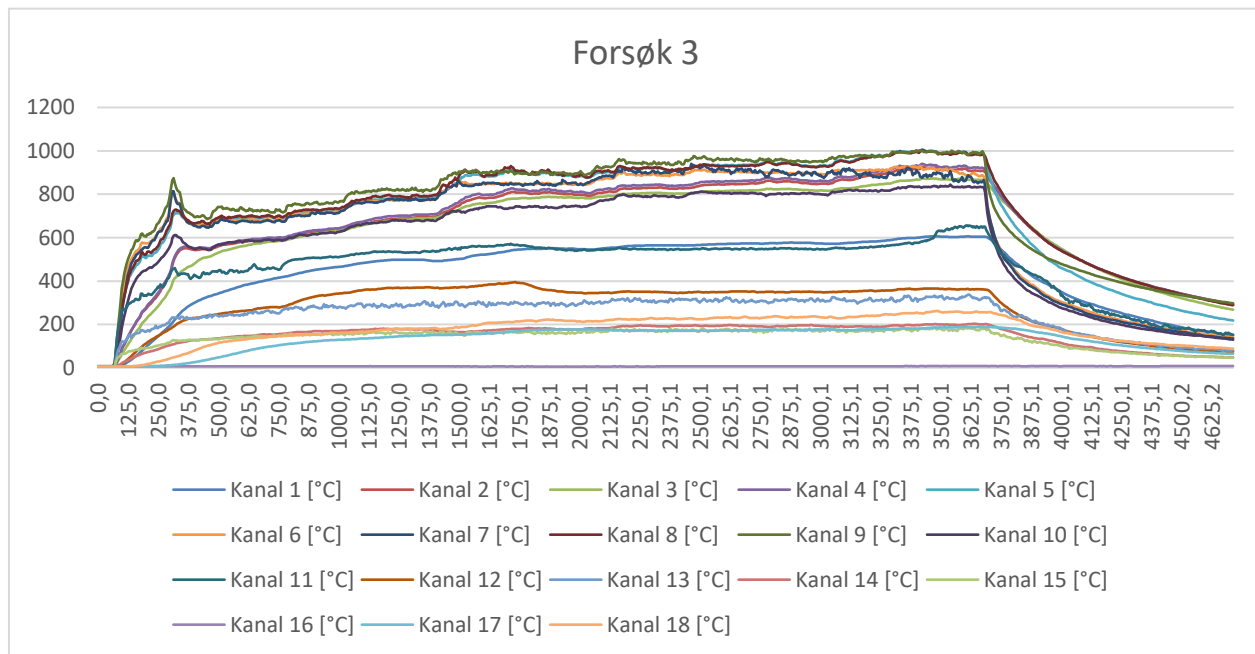


Figur 55: Bomulldott på EI 15 brannisolering



Figur 54: Bomulldott på skjøt mellom EI 15 brannisolering





Figur 57: Resultater fra forsøk 3.

#### Hovedpunkter fra forsøk 3:

1. Temperaturen som er under brannisoleringen ligger litt under temperaturen til brannrommet gjennom hele forsøket (ca 100 C° under). Dette tyder på at det slipper gjennom mer varme her enn ved brannisoleringen EI 60, noe som er å forvente (kanal 2, 3 og 4).
2. Temperaturen rett etter brannisolering etter 180 cm (kanal 1) synker betraktelig med en gang. Ned ca. 350 C°, fra 950 til 600 C° og viser effekten av uisolerte kanaler.
3. Kanalgodset etter første luftinntak ligger på om lag 380 C° jevnt under forsøket (kanal 12).
4. Temperaturen oppå EI 15 brannisoleringen er ikke så høy selv etter 60 minutter. Ca. 260 C° på kanal 18 som ligger rett utenfor brannrom og 185 C° på kanal 17 som ligger oppå isolasjonen etter 1 meters avstand fra brannrommet.
5. Temperaturen på oversiden av isolasjonen blir større enn en økning på 180 C° (som er kravet for branncelleskille på et punk.) etter ca. 25 minutter.

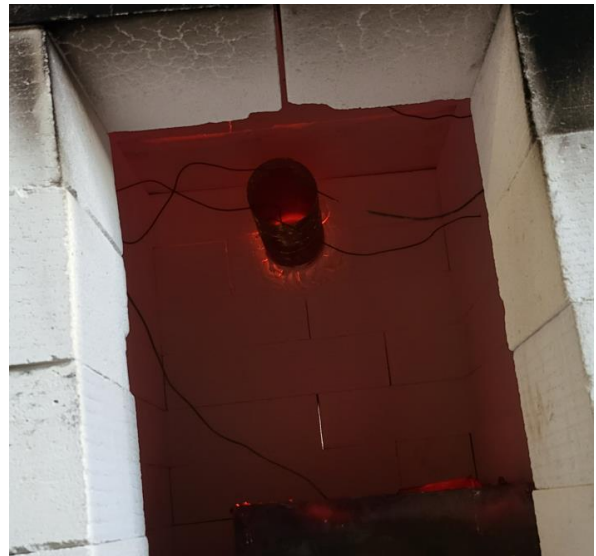
Overtrykket inne i brannrommet og kanalgodset var så stort at det kom varmluft ut av første tilluftskanal.

#### 5.4 Forsøk 4: Uten brannisolering med ISO brannkurve og avtrekk på 2,5 m/s.

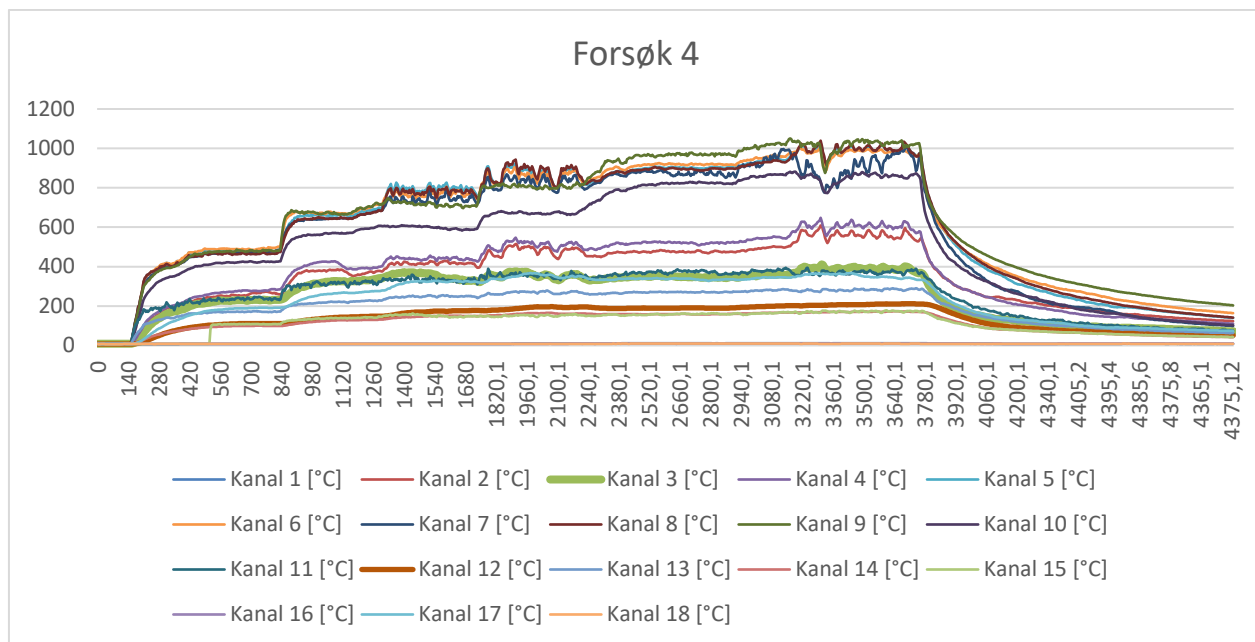
Under forsøk 4 ble det ikke observert noen form for deformasjon på kanalgodset, derimot var det her mulig å tyde at kanalen var glødende på ueksponert side motsetning til forsøket med kun avtrekk på 1,3 m/s. Noe som viser at varmen spres raskere ved høyere luftfartigheter.



Figur 59: Gløding på kanal uten isolering.



Figur 58: Inside av brannrom rett etter forsøk 4.

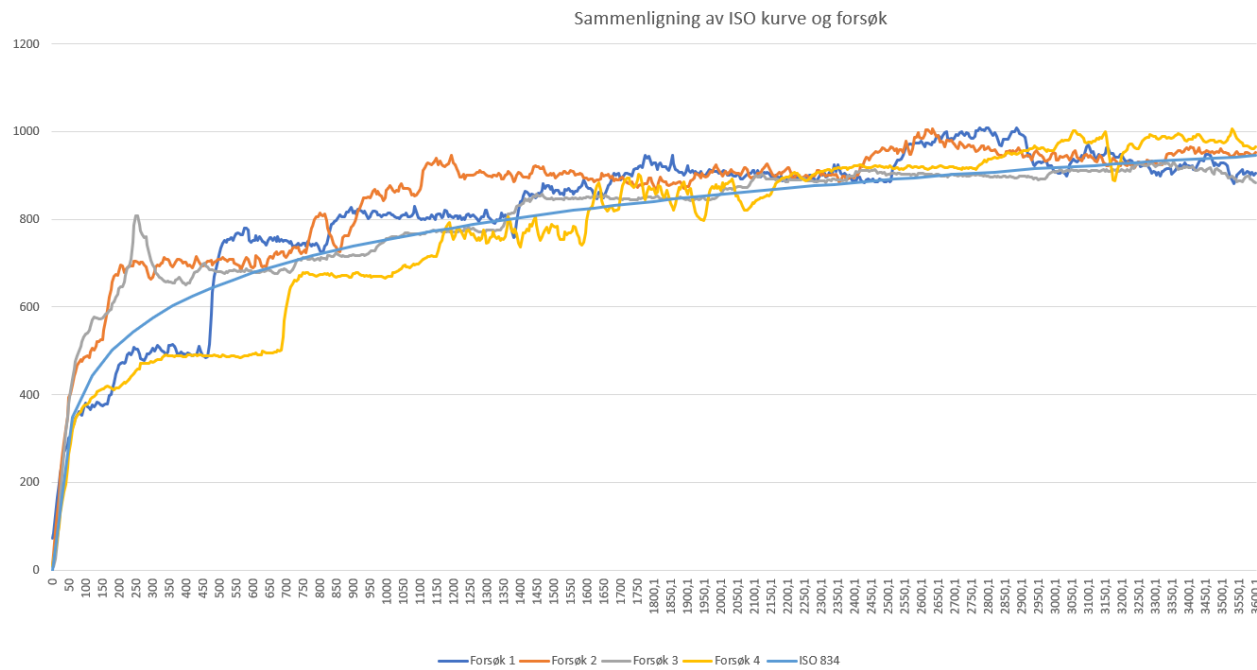


Figur 60: Resultater fra forsøk 4.

#### Hovedpunkter fra forsøk 4:

1. Temperaturen var noe lav i starten i henhold til hvor isokurven ligger (se eksempel fra sammenligningen i kap. 5.5.). Testen ble kjørt noe lengre for å kompensere for dette.
2. Temperaturen rett på ueksponert side er om lag 600 C° (kanal 2 og 4) mot slutten av forsøket. Temperaturen i brannrommet var noe høyere enn hva ISO kurven viser. (Brannovn litt over 1000 C°, ISO kurve ca. 950 C°). Temperaturen er altså noe høyere enn i forsøk 2 som er viktig å ha med når resultatene skal sammenlignes. Kjøleeffekten er fortsatt svært god.
3. Temperaturen på kanalgodset etter 1 meter (kanal 3) er ca. 400 C° som er nokså likt til forsøk 2.
4. Temperatur på kanal etter første luftinntak ligger på om lag 200 C° mot slutten av forsøket (kanal 12). Dette kommer av at avtrekket nå var stort nok til å trekke inn kald luft istedenfor at brannrommet ventilerte ut varmluft gjennom dette inntaket.

## 5.5 Sammenligning av ISO kurve og forsøk



Figur 61: Sammenligning av ISO kurve og forsøk.

Vi kan se at forsøk 1 og 4 ligger noe lavt de første 5-7 minuttene av forsøket, derimot ligger temperaturen jevnt med ISO kurven resten av forsøkene og stiger noe over kurven siste halvdel av forsøket. Forsøk 4 ble kjørt noe lengre for å kompensere for den manglende temperaturen på starten. Se resultat forsøk for angående dette.

Resultatet til denne grafen er tatt fra temperaturmålerne som viste høyest temperatur i vært forsøk, det varierte litt med hvilke måler som viste høyest temperatur. Dette kan være på grunn av at målerne er lange metalltråder som måtte relasseres ved hvert forsøk og det kan ha variert noe i hvordan disse ble plassert i brannrommet mellom hvert av forsøkene.

## 5.6 Gass/propan forbrent under forsøk

Under samtlige forsøk ble det benyttet omtrent samme propanmengde. Da vi ikke hadde en digital måler blir ikke svaret helt nøyaktig, men følgende målinger ble gjort:

- 60 liter gass per min de første 15 minuttene
- 80 liter gass per min de resterende 45 minuttene

Propan har en tetthet på ca. 2 kg/m<sup>3</sup> ved 5-10 varmegrader.

Totalt antall liter med gass forbrukt:

$$60 \text{ L/min} * 15 \text{ min} = 900 \text{ liter}$$

$$80 \text{ L/min} * 45 \text{ min} = 3600 \text{ liter}$$

$$\underline{L_{\text{tot}} = 4500 \text{ liter}}$$

Gjør om liter til m<sup>3</sup>:

$$4500 \text{ liter} / 1000 = \underline{4,5 \text{ m}^3}$$

Antall kg:

$$4,5 \text{ m}^3 * 2 \text{ kg/m}^3 = \underline{9 \text{ kg}}$$

Gjør om til g/s:

$$9 \text{ kg} = 9000 \text{ g}$$

$$9000 \text{ g} / 3600 \text{ s} = \underline{2,5 \text{ g/s}}$$

Forbruket er altså totalt 9 kg propan per forsøk, med en strømningsrate på 2,5 g/s.

## 5.7 Beregning av stråling

Følgende del vil se på den forventede strålingsintensiteten som kan forventes på et brennbart materiale på ueksponert side fra kanalen i umiddelbar avstand, men ikke helt inntil. Dette vil kunne gi et utgangspunkt for om brannisolering kan fravikes eller ikke.

$$\dot{q}_s'' = F_{d1-2} * \epsilon * \sigma * T^4$$

$$\dot{q}_s'' = \text{maksimal innkommende stråling} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

$$F_{d1-2} = 1$$

$$\epsilon = 0,8$$

$$\sigma = \text{Stefan – Boltzmanns konstand } 5,67 * 10^{-8} [J s^{-1} m^{-2} K^{-4}]$$

$$T = 500 \text{ C}^\circ = 773 \text{ k}$$

$$\dot{q}_s'' = F_{d1-2} * \epsilon * \sigma * T^4$$

$$\dot{q}_s'' = 1 * 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 773^4$$

$$\dot{q}_s'' = 16195 \text{ W/m}^2$$

$$\dot{q}_s'' = \underline{16,2 \text{ kW/m}^2}$$

Som resultatet viser er strålingsintensiteten lavere enn punktet hvor man kan forvente å få en spontanantennelse på treverk som ligger på mellom 25-30 kW/m<sup>2</sup>.

Dersom man snur ligningen, kan man se på hva makstemperaturen kan være før man når 25 kW/m<sup>2</sup>.

$$T^4 = \frac{\dot{q}_s''}{F_{d1-2} * \epsilon * \sigma}$$

$$\sqrt[4]{T^4} = \sqrt[4]{\frac{\dot{q}_s''}{F_{d1-2} * \epsilon * \sigma}}$$

$$\sqrt[4]{T^4} = \sqrt[4]{\frac{25000 \text{ w/m}^2}{1 * 0,8 * 5,67 * 10^{-8}}}$$

$$\underline{T = 861,6 \text{ k} = 588,6 \text{ C}^\circ}$$

Det er en sikkerhetsmargin på ca. 90 C° før man kan forvente en spontanantennelse av trebasert materiale ved langvarig påvirkning av stråling fra kanalgodset ut ifra resultatet fra forsøk 2 med en avtrekkshastighet på 1,3 m/s.

For forsøk 4 hvor avtrekkshastigheten er satt til 2,5 m/s vil dette overstige den gitte temperaturen på 588,6 C° som tilsier at avstanden til det brennbare materialet ikke er stor nok.

Dersom vi benytter oss av en synsfaktor på 0,95 som er vist til under beregninger ved en avstand på 3 cm i kap. 2.2.4, vil vi ende opp med følgende.

$$\dot{q}_s'' = F_{d1-2} * \epsilon * \sigma * T^4$$

$$\dot{q}_s'' = 0,94 * 0,8 * 5,67 * 10^{-8} * 873^4$$

$$\dot{q}_s'' = 24766 \text{ W/m}^2$$

$$\underline{\dot{q}_s'' = 24,8 \text{ kW/m}^2}$$

Dette resultatet vil kun være relevant for situasjoner hvor man kan forvente at de pyrolyserte gassene fra eventuelt nærliggende brennbart materiale blir ventilert bort. Dette vil være for typiske store volumer og ikke mindre hulrom.

For mindre hulrom vil 10 kW være kritisk varmefluks da pyrolyserte gasser ikke vil ventileres bort.

$$\sqrt[4]{T^4} = \sqrt[4]{\frac{10000 \text{ w/m}^2}{1 * 0,8 * 5,67 * 10^{-8}}}$$

$$\underline{T = 685 \text{ k} = 412 \text{ C}^\circ}$$

Resultatet viser at temperaturen på kanalen ikke kan overgå 412 C° som tilsvarer at kanalen må brannisoleres i mindre hulrom.

## 6. Diskusjon

I dette kapittelet vil det diskuteres flere elementer som er undersøkt og funnet i forsøkene som er gjort. Diskusjonsdelen er delt inn i flere delkapitler slik at man enklest mulig skal kunne finne det man leter etter.

### 6.1 Vurdering av begrensninger

Det er ikke vurdert at begrensningene som er påpekt i henhold til forsøkene vil påvirke resultatet i noen vesentlig grad. Kanalgodset var godt festet i gjennomføringen og det var derfor ikke ansett nødvendig med ekstra metal feste. Dette ville også ødelagt branncelle veggen mer enn nødvendig mellom hvert forsøk. Begrensningene i oppgaven vill bli drøftet i de kommende delkapitlene.

#### 6.1.1 ISO 834 brannkurve/temperatur:

Temperaturen i forsøkene er ikke helt lik som ISO 834 kurven, fordi det ikke var enkelt å beregne hvor mye gass som måtte benyttes til enhver tid. Temperaturen er dermed litt konservativ det det ble valgt å holde den litt varmere fremfor litt kaldere enn hva ISO 834 brannkurven viser. Temperaturen er vurdert til å være nært nok ISO 834 brannkurven til at resultatene kan vurderes som pålitelige.

#### 6.1.2 Oppheng:

Opphenget er vurdert til å gi samme støtte som opprinnelig oppheng, derimot var avstanden noe lengre enn hva montasjeanvisningen angir. Denne løsningen er derfor ansett som noe konservativ og da resultatet ikke viste svikt i form av bøyde kanaler (foruten om en minimal bøy på forsøk 1) vil det trolig ikke ha påvirket resultatet i noen vesentlig grad. Opphengene hadde noe lengre avstand enn hva som var opplyst om i monteringsanvisningen til PAROC. Avstanden skulle ikke vært større enn 180 cm, men var i underkant av 200 cm. Dette kan ha forårsaket den minimale bøyen som kom frem i forsøk 1, men er ellers ikke vurdert til å ha påvirket resultatet i stor grad.

#### 6.1.3 Festing av kanal:

Kanalene som går gjennom den branncellebegrensende konstruksjonen er ikke festet i selve konstruksjonen med festebøylor slik som beskrevet i monteringsanvisningen til PAROC, men er festet ved hjelp av tettemassen GPG. Kanalene satt helt fast og det var ingen forflytning under forsøkene. Dette er derfor ikke vurdert å ha påvirket resultatet i noen betydelig grad.



#### 6.1.4 Herding av GPG:

GPG skal egentlig ha en herdetid på om lag 3 uker før den er 100 % herdet og det som defineres som «testklar» etter GPG sin monteringsanvisning. Det ble opplyst av FireSafe at GPG massen ville være herdet etter om lag 40 minutter, noe som stemte i praksis. Massen fikk så herde i ca. 12-24 timer mellom forsøkene og da det ikke var gjennomføringen som skulle være i fokus, var det kun viktig at denne holdt under hele forsøket, noe den gjorde i samtlige forsøk. Dette er derfor ikke vurdert til å ha påvirket forsøkene i noen vesentlig grad.

#### 6.1.5 Kjøleeffekt:

Det er viktig å få med at kjøleeffekten på kanalene i forsøkene kan være noe høy i forhold til hvordan det kan være i enkelte realistiske scenarier. Forsøkene ble utført i en hall som hadde en temperatur på om lag 6 til 11 C° avhengig av været. Dette er kaldere enn hva man kan forvente inne i et normalt byggverk. Det var også et stort rom, i mange tilfeller hvor man ikke ønsker brannisolering er dette på bakgrunn av plassmangel. Det vil derfor i mange situasjoner være mindre hulrom over himling hvor det skal plasseres brannisolering og den kjøleende effekten vil ikke være like stor grunnet til at hulrommet blir varmet opp.

## 6.2 Diskusjon av problemstilling som helhet

Problemstilling, knyttet til bruk av brannisolering på ventilasjonskanaler eller ikke, vil være viktig for å optimalisere byggetekniske løsninger i Norge. Forskriftsmessige løsninger må ikke innebære unødvendig brannsikring, som fører til økte byggekostnader og ikke minst en unødig miljøbelastning. Denne optimaliseringen vil bidra til enn mer miljøvennlig brannprosjektering som vil gange samtlige deltakere av en prosjektering, foruten om leverandør av brannisolering. Miljø er et stort tema i disse dager og for en branningeniør er det vanskelig å bidra godt da det ikke er branningeniøren som detaljprosjekterer og velger type produkter. Det viktigste en branningeniør kan gjøre er å optimalisere brann sikkerheten så godt som mulig å gjøre gode vurderinger for når brann sikkerhet ikke er nødvendig og når det er nødvendig.

Problemstillingen er derfor svært relevant i disse dager og er noe som det burde bli mer søkelys på for å kunne få mer miljøvennlige bygg da dette er noe som ikke bare er et problem i samtlige risikoklasse 6 bygg, men også i de andre risikoklassene.

### 6.3 Avtrekkets påvirkning på kanalene

I forsøkene 1, 2 og 3 var overtrykket i ovnen så stort at det kom varm luft fra brannrommet ut den første kanalen som egentlig var ment til å tilføre kaldluft og derfor kjøle ned gassen inne i kanalgodset.

Avtrekket i disse forsøkene var satt til 1,3 m/s som vil tilsvare en luftmengde på 87 m<sup>3</sup>/t. For forsøk 4 var avtrekket satt til 2,5 m/s som vil tilsvare ca. 180 m<sup>3</sup>/t.

Dette betyr at for enkelte tilfeller hvor man har rom med et dimensjonert avtrekk som ligger på mellom 87 m<sup>3</sup>/t og 180 m<sup>3</sup>/t vil avtrekket i noen tilfeller kanskje ikke være stort nok til at røyken sprer seg via andre avtrekk til de nærmeste branncellene. Dette vil særlig gjelde for mindre rom som bøttekott som kan ligge i umiddelbar nærhet til en boenhet i et omsorgshjem.

Det er viktig å ta i betraktning at rommet i forsøket er vesentlig mindre enn et boligrom på rundt 28 m<sup>2</sup>, men det er likevel ikke usannsynlig at dette kan forekomme.

Når et ventilasjonsanlegg skal dimensjoneres tas det ikke hensyn til om avtrekkene i de ulike rommene trekker ut nok luft til å forhindre brannspredning. Det dimensjoneres kun for bruken og det antall personer rommet er forventet at skal være i det. I noen nye prosjekteringer blir det overdimensjonert noe i henhold til de krav som gjelder for å ta hensyn til eventuelle endringer i fremtiden. For eksisterende bygg og bygg som skal påbygges blir ofte kapasiteten til eksisterende ventilasjon aggregat benyttet til sitt ytterste og det er ikke noe ekstra kapasitet som er tilgjengelig til å gire opp ventilasjonen ved en eventuell brann.

Selv om det da er beskrevet at ventilasjonen skal gå for fullt ved brann betyr ikke dette nødvendigvis at avtrekkene er sterke nok til å forhindre brannspredning mellom enkelte brannceller.

Dette er derfor et problem som kan være lurt å undersøke videre for å kartlegge hvor stort avtrekk en burda ha i ulike tilfeller for å kunne unngå brannspredning mellom brannceller med lite krav til avtrekk.

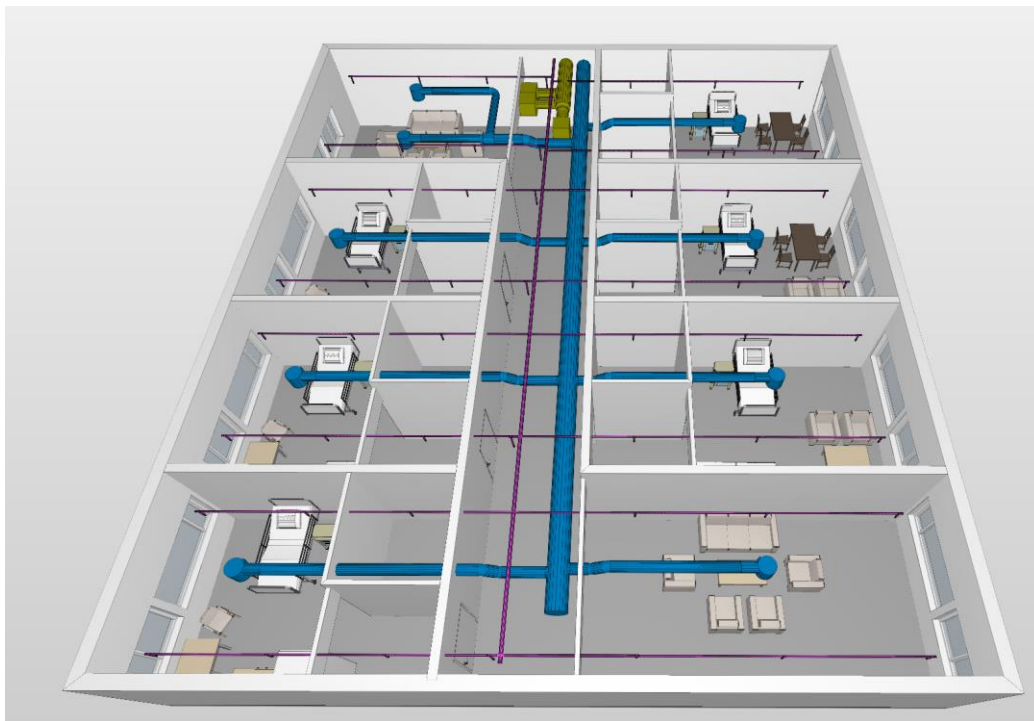
## 6.4 Beregning av blandingstemperatur.

I Byggforskserien 520.352 oppgis det en formel som kan benyttes for å beregne blandingstemperaturen inne i kanalgodset:

$$T_{bl} = \frac{V_b * T_b + V_r * T_r}{V_b + V_r}$$

Dersom denne beregningen viser en blandingstemperatur på under 160 C° kan man unngå brannisolering i sin helhet, men når kan denne egentlig benyttes?

Bilde under viser et standard beboeroppsett som er lagt til grunn i denne oppgaven. Ved brann i en boenhet vil man etter byggforsk sitt datablad måtte benytte EI 60 brannisolering i og ut fra hvert beboerrom for å så kunne redusere til EI 30 eller eventuelt EI 15 på kanalene avhengig av luftmengden fra de andre rommene.



Figur 62: Oversikt over modell med boenheter.

Denne løsningen åpner ikke for mye reduksjon av brannisolering, men noe. I neste del vil de bli diskutert hvordan man kan unngå mer isolering ved å benytte resultatene som er funnet i forsøkene.

## 6.5 Nødvendigheten av brannisolering etter forsøk 1-4.

Basert på resultatet som er funnet i forsøkene 1-4 kan det vurderes at det ikke er behov for brannisolering dersom branncelleveggen som passerer er laget av ubrennbare materialer eller om det er tilstrekkelig avstand til andre brennbare materialer. Dette fordi kanalgoodsene og gjennomføringen som blir påvirket av en standard ISO 834 brann vil holde like godt eller bedre uten brannisolering som med brannisolering.

Dette bryter med kravene for en branncellevegg, men det har ingen påvirkning på den branntekniske sikkerheten om kanalgodset som går gjennom en ubrennbar vegg overstiger en temperaturøkning på 180 C°.

Eksempel på dette kan være i kjellere som er laget av betong, her er det ofte kanaler som er plassert alene, det vil i disse tilfellene være unødvendig å brannisolere disse, da temperaturen ikke er stor nok til å kunne deformere kanalen. Dette vil også gjelde for kanaler som bare går gjennom en annen celle, men som ikke har avtrekk.

I forsøk 2 er strålingen er så liten at så lenge det er en avstand på 1 cm til brennbart materiale, vil ikke dette påvirke sikkerheten. For forsøk 4 hvor avtrekkshastigheten var økt til 2,5 m/s fra 1,3 m/s. Nå må avstanden fra den varme kanalen til det brennbare materialet økes slik at synsfaktoren reduseres. Dette er vist til i beregningene som er utført i kap. 5.7.

For branncelle skiller hvor det er brennbart materiale i nærheten av kanalene, vil EI 15 brannisolering være tilstrekkelig for ethvert tilfelle som er i tråd med forsøk 3. En temperatur på 260 C° er ikke nok til å antenne normalt brennbart materiale som eventuelt vil ligge i nærheten av kanalen. Dette ble påvist med bomullsdott som er en del av standard måte å teste dette på.

## 6.6 Sammenligning mellom forsøk 1-4 og BRAVENT.

Det er flere forskjeller mellom forsøkene som BRAVENT har gjort og forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven, i denne delen skal vi se på disse forskjellene og diskutere dem.

### 6.6.1 Hva forsøkene skal representere

En forskjell mellom forsøkene til BRAVENT og forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven er at forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven kun ser på ventilasjonskanaler som benyttes inn til beboerrom i et typisk omsorgssenter hvor det er 1 person normalt i rommet. BRAVENT beskriver at deres tester derimot er ment for å kunne representere anlegg i stort sett alle normale bo og arbeidsbrygninger.

### 6.6.2 Gjennomføring til brannrom/ovn

En annen forskjell er også at BRAVENT sine forsøk ikke fører ventilasjonskanalen gjennom til sin branncelle/ovn. Dette er gjort i forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven og er oppgitt i NS-EN 166-1. Det er derimot oppgitt i standarden at testdelen som skal foreligge inne i ovnen minst skal være 4 meter lang, noe den ikke er, selv i testen som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven. Her er delen som stikker inn i selv ovnen kun 35 cm lang.

Dette gjør at man ikke får et oppheng som blir påvirket av brannen inne i ovnen, noe som kan utgjøre en forskjell på resultatet, men basert på resultatet er dette lite trolig. Bakgrunnen for at dette ikke ble utført i testene forbundet med denne masteroppgaven er at det ikke var plass til å bygge et stort nok brannrom.

Resultatet ble likevel overraskende likt mellom forsøkene gjort til denne masteroppgaven og BRAVENT sine målinger. Temperaturen for de isolerte kanalene viser at temperaturen inne i brannrommet og inne i kanalen er nesten helt like gjennom testene. Dette indikerer at det ikke hadde en stor betydning om brannen påvirket kanalene direkte eller kun via avtrekket.

### 6.6.3 Temperatur

Den mest utslagsgivende forskjellen mellom BRAVENT sine forsøk og forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven er temperaturen som er benyttet. I BRAVENT sine forsøk er temperaturen satt før forsøket starter (ovnen er forvarmet). Dette fremkommer med stor usikkerhet da dette vil gi en langt høyere gjennomsnittstemperatur gjennom forsøket. Temperaturene som er benyttet er også høyere enn hva man kan forvente av en brann i en time.

Standard ISO 834 brannen sier at etter en time vil temperaturen ligge på om lag 950 C°. BRAVENT benyttet 800, 1000, 1100 og 1200 C° i sine forsøk. De forsøkene som benytter 800 C° vil ikke være relevant da temperaturen ikke blir høy nok mot slutten av forsøket. Forsøkene hvor det er benyttet 1000 C° vil ha en høy gjennomsnittstemperatur som skaper usikkerhet til resultatene.

Det er beskrevet i BRAVENT sin rapport at dette er realistiske temperaturer, men teststandarden sier at det skal benyttes en ISO 834 kurve. Dette gir stor usikkerhet for resultatet som fremkommer av testene.

Da det ble observert en svak bøy i forsøk 1 i forbindelse med denne masteroppgaven, er det fullt forståelig at BRAVENT sine forsøk har fått store deformasjoner i testene med 1000 C° eller høyere.

Det var utført 7 tester med ISO 834 kurven i deres rapport, men resultatet fra om kanalene fikk deformasjon under disse forsøkene er ikke beskrevet annet enn ved et bilde av forsøk 27 som er vist til under sammenligningen mellom BRAVENT sine forsøk og forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven.

Det beskrives i BRAVENT sin målsetting følgende: «Hva er maksimal godstemperatur for en uisolert og en isolert kanal når luft med temperatur som følger tid-temperaturkurven som beskrevet i ISO 834 og NS-EN 1363-1 (heretter kalt isokurven) trekkes gjennom kanalen?» (3 s. 14) Dette blir ikke nevnt i sammendraget, resultater eller i de viktigste hovedpunktene fra rapporten.

Det er på bakgrunn av dette, er det kun test 24, 27, R1-R5 som er relevante å se videre på da de andre testene har enten urealistisk høy temperatur eller urealistisk lav temperatur.

Det er usikkert om hvorfor BRAVENT har valgt å kun kjøre 7 forsøk med ISO 834 brannkurve, det er underlig at dette ikke er mer kommentert. Det har trolig vært tenkt at 1000 C° eller mer er konservativt og at resultatet da er ok vurdert.

#### 6.6.4 Avtrekkshastighet

I forsøkene som ble utført i forbindelse med denne masteroppgaven ble det benyttet en avtrekkshastighet på 1,3 m/s. Det er gjort på grunnlag av kravet til avtrekk som vist i teoridelen for å få forsøkene så realistisk som mulig til et reelt scenario.

Når en brann detekteres i et bygg med trekk ut prinsipp vil anlegget kjøre på maks, men i flere tilfeller kan dette bety at et beboerrom som er dimensjonert for å ha en avtrekkshastighet på 1,3 m/s, kun har denne hastigheten da ventilasjonsaggregatet er maks utnyttet.

BRAVENT sine forsøk følger anbefalingen om å benytte 3 m/s på sine tester, men de har også enkelte tester som er kjørt med 1 m/s, 5 m/s, 7 m/s og uten vite. Flesteparten er utført med 3 m/s. Testene som fulgte standard ISO 834 brannkurven ble kjørt med 5 m/s, som det overgår hva teststandardens beskriver på 3 m/s. Dette kombinert med høye temperaturer kan raskt lede til deformasjon. Som vist i forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven vil høyt avtrekk også påvirke temperaturen på kanalgodset i stor grad.

#### 6.6.5 Beskrivelse av kjøleeffekt

I BRAVENT sin rapport blir det ikke beskrevet hvordan kjøleeffekten påvirker resultatet fra deres forsøk til et faktisk scenario hvor kanalen er plassert i et mindre hulrom. Et mindre hulrom kan ha en betydelig effekt på resultatet, da kjøleeffekten av kanalen vil synke betydelig dersom temperaturen i hulrommet hvor kanalen er plassert øker sin temperatur til eksempelvis 50-100 C° og ikke forblir ved romtemperatur som den trolig har vært under BRAVENT sine forsøk, da testene ble utført i et stort rom. Slik som det ble gjort i forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven.

#### 6.6.6 Sammenligning av kritisk varmefluks

Rapporten til BRAVENT forholder seg til 10 kW/m<sup>2</sup> som den kritiske varmefluksen for antennelse av brennbart materiale. Basert på de andre kildene som er funnet for å undersøke dette elementet i denne masteroppgaven er dette noe lavt. Det stemmer at man kan få en antennelse på ueksponert side om man har 10 kW/m<sup>2</sup> med stråling på et brennbart materiale, men kun dersom det foreligger en gnist eller flamme i tillegg. For å kunne få en spontanantennelse må det minst være en strålingsfluks på 20-30 kW/m<sup>2</sup>. Flertallet av referansene oppgir 25 kW/m<sup>2</sup> for å få en spontanantennelse ved en langvarig påvirkning og er derfor benyttet som utgangspunkt i denne oppgaven. Dette gjør at distansen til BRAVENT sine resultater blir 10 cm ved en temperatur på 500 C° og at resultatene i denne masteroppgaven for en distanse på 1 cm ved en temperatur på 500 C° som sikker avstand mellom kanal og brennbart materiale. Dette vil kunne variere basert på forholdene som diskuteres i neste delkapittel.

### 6.7 Resultat ved åpent rom vs hulrom.

Basert på resultatene fra forsøkene gjort i forbindelse med denne masteroppgaven er det funnet ut at kjøleeffekten spiller en betydelig rolle for resultatet. Det er da naturlig å tenke at resultatene ikke nødvendigvis vil være korrekte i tilfeller hvor det er plassmangel grunnet små og trange himlinger og hulrom. Dette kan føre til at man ikke får den kjøleeffekten som har kommet frem under forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven, samt i forsøkene som er utført av BRAVENT.

I et tilfelle hvor det er små forhold og trangt er det vurdert at strålingsintensiteten må være langt lavere enn  $25 \text{ kW/m}^2$  for at en antennelse ikke skal kunne oppstå. Dette fordi pyrolyse av trebaserte materialer vil starte så tidlig som ved  $10 \text{ kW/m}^2$  og disse antennbare partiklene kan treffe det varme røret og antennes raskere enn om varmen får lov til å spre seg i et større volum. Det vil si at for et tilfelle hvor det er plassmangel som er problemet vil det være  $10 \text{ kW/m}^2$  som vil være det kritiske punktet for strålingsintensiteten.

Dette er ikke testet i forbindelse med denne masteroppgaven, men basert på resultatet som er kommet frem vil det være sannsynlig at det blir mye varmere i mindre hulrom enn ved et stort åpent volum, det vil likevel kunne benyttes EI 15 eller EI 30 brannisolering istedenfor EI 60 og dermed kunne redusere mengden brannisolering med en og del.



## 6.8 Sammenligning av resultater mellom BRAVENT sine forøk og forsøkene 1-4

Det er kun et bilde som vises fra forsøkene til BRAVENT som har vært utført med standard ISO 834 brannkurve. Bilde er tatt fra test 27 som hadde kanaldiameter på 250 mm og en avtrekkshastighet på 5 m/s.



Figur 4-15 Kanalen var tydelig deformert etter endt forsøk. Bildet er tatt etter at isolasjonen ble fjernet, og er fra test 27.

*Figur 63: Bilde fra BRAVENT fra test 27 (3) s.47.*

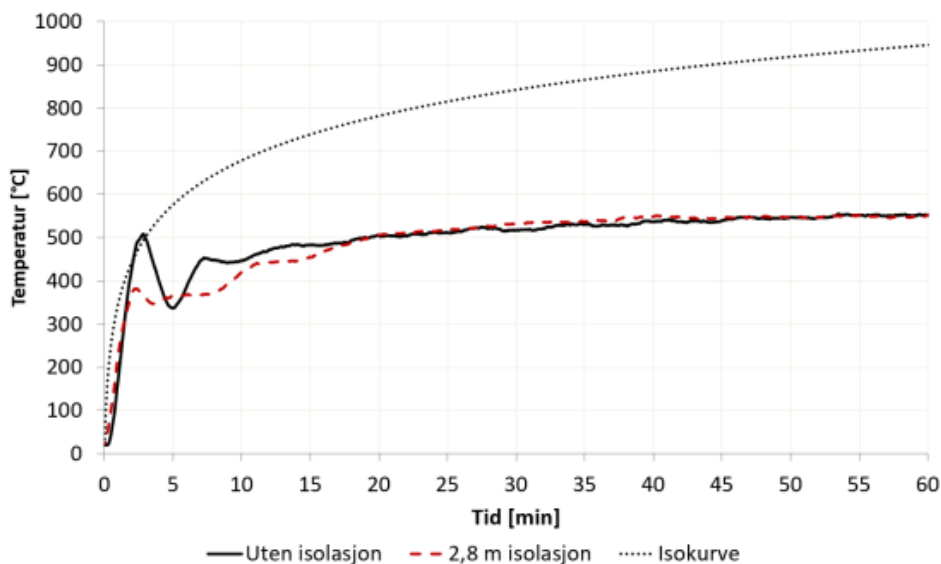
Det er ikke beskrevet noe rundt de andre forsøkene som er gjort med standard ISO kurve og om disse også ble deformert. Kun bilde fra test 27 foreligger foreligger.

Ut ifra resultatene som oppgis fra testene som er utført med ISO kurve er det ikke noe som tilsier at temperaturen skal ha nådd et punkt hvor kanalen skal deformeres til denne graden. Det er derimot

svært vanskelig å tyde hva det er de har målt og hvorfor det kun oppgitt 3 grafer for disse 7 forsøkene som ikke viser mer enn det som trolig er et forsøk eller et gjennomsnitt av dem.

Det er heller ingen klar beskrivelse av hva temperaturen ble på kanalgodset med og uten brannisolering.

Det er derimot oppgitt følgende graf:



Figur 4-8 Maksimal overflatetemperatur på kanalgodset målt ved 0,25 m og 3 m avstand fra ovnen for henholdsvis uisolert og 2,8 m isolert kanal i en 60 minutters test med ovnstemperatur i henhold til isokurven. Kanaldiameter = 250 mm.

Figur 64: BRAVENTs resultat av godstemperatur med og uten brannisolering. (3) s.42.

Det tolkes at det som er målt her er temperaturen på uisolert kanal etter 0,25 meter og temperaturen på isolert kanal etter 3 meter. Resultatet fremkommer svært lavt for den isolerte kanalen dersom man sammenligner den med hvilket resultat som kom frem av forsøk 1 i forbindelse med denne masteroppgaven hvor kanal var tydelig rødglødende under hele isoleringen og holdt følge med temperaturen inne i brannrommet selv etter 1 meter. Dette vil også være nødvendig for at kanalen skal få den deformasjonen som vises i figur 64.

Det er derfor usikkerhet knyttet til om bilde som er beskrevet at er fra test 27 er feil og er fra en annen test. Eventuelt kan det store avtrekket pluss diameteren på kanalen gjøre at den er svakere og tåler mindre, samt at det ble benyttet stolper og ikke oppheng og mangelfull skjøting av isolasjonene på kanalen.

Forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven viser tydelig at kanalen med isolering holder i tiden som er tiltenkt, selv om den fikk en liten bøy. Dette kan tyde på at større kanaler og høyere lufthastigheter kombinert med mangel på festepunkter mellom isolasjonslagene og ukorrekt oppheng kan ha ført til svikt som i BRAVENT sine forsøk. BRAVENT hadde også en høyere starttemperatur som trolig kan ha påvirket kanalene nok til at det har forekommet en deformasjon.

### 6.9 Viktigheten av tetting mellom isolasjonslagene.

Under forsøkene som ble utført i forbindelse med denne masteroppgaven ble det erfart at det er svært viktig å ha gode skjøter mellom isolasjonslagene. Observasjonene viste at det glødet mellom dem og da det ble testet å legge en bomullsdott på skjøten, antente den. Det ble benyttet korrekt spesialverktøy får å gjøre denne jobben, men det viser seg at dette er noe som trengs å utføres med stor nøyaktighet. Isolasjonen trekker seg noe tilbake etter hvert som den blir oppvarmet og blir mer kompakt. Dette gjør at sprekker kommer til syne i skjøten.



Figur 66: Skjøtt før forsøk



Figur 65: Skjøtt under forsøk

Normalt vil man benytte seg av en teip som man legger over disse skjøtene, men disse har ingen brannteknisk funksjon og vil derfor ikke hjelpe dersom skjøten er dårlig. Det vil være svært viktig at disse skjøtene er skikkelig utført da brennbare kabler som ligger i nærheten kan antenne på bakgrunn av at temperaturen under brannisoleringen er tilsvarende til temperaturen til innsiden av brannrommet. Dette er noe som kan være vanskelig å utføre i trange hulrom.

## 6.10 Bruk av EI 15 brannisolering istedenfor EI 60

Brannisoleringen EI 15 består kravet satt av teststandardene NS-EN 1366-1 (10) og NS-EN 1363-1 (11) da bomullsdotten i test 3 ikke antente oppå isolasjonen (merk at dette ikke ble med nøyaktig samme utstyr som i standarden og kan derfor avvike noe fra standard løsning). Brannisoleringen består ikke kravet til at en branncellebegrensende konstruksjon som beskriver at et punkt på branncelleveggen ikke skal ha en større temperaturøkning en 180 C° på et spesifikt punkt.

Makstemperaturen som ble målt på oversiden av EI 15 brannisoleringen var 260 C° og overstiger en temperaturøkning på 180 C° etter om lag 25 minutter. SINTEF's sin rapport «Varmegang fra el ledning» (13) angir at det kan forventes antennelse av trevirke ved langvarig varmepåkjennelse ved temperaturer på 250 C°. Det beskrives ikke hva som defineres som langvarig varmepåkjennelse.

Det vil derfor være mulighet for å undersøke mer rundt bruken av lavere brannklassifisert brannisolering i bygg som i dag krever EI 60 brannisolering. Basert på strålingsresultatene vil ikke strålingsintensiteten overstige kritisk punkt hvor en spontanantennelse skal kunne inntreffe. Dermed kan man benytte EI 15 brannisolering istedenfor EI 60 brannisolering så lenge brannisoleringen ikke ligger inntil det brennbare materialet.

## 6.11 Totalt fravik fra brannisolering basert på forsøk 1-4

Førsøkene viser at det kan la seg gjøre å fravike totalt fra brannisolering i enkelte tilfeller hvor avtrekket er lavt nok i kombinasjon med noe avstand til brennbart materiale eller der hvor det ikke er brennbare materialer på andre siden av brannskillet. Forsøk 2 viser til en jevn temperatur på om lag 500 C° som vil være nok til å antenne brennbart materiale dersom det ligger svært nært kanalen. Dersom det er en avstand på om lag 10 cm vil ikke antennelse basert på forsøkene kunne oppstå uten en gnist eller flamme som anvist i kap. 2.2.3. Dette er samme resultat som ble henvist til i BRAVENT sin rapport.

Dette er likevel ikke testet godt nok ut i denne masteroppgaven og må undersøkes nøyere før det kan vurderes som et brannsikkert fravik. Se kap. 8. om fremtidig arbeid.

Dette resultatet vil også være sterkt påvirket av kjøleeffekten og kanalen i mindre lukkede rom vil kunne få høyere temperaturer.

Kilde: Brannsikkerhet - Prosjektering og dokumentasjon (Sigurd Hoelsbrekken)

$$F_{i-j} = \frac{1}{90} \left[ \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \cdot \tan^{-1} \left( \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} \right) + \frac{y}{\sqrt{1+y^2}} \cdot \tan^{-1} \left( \frac{x}{\sqrt{1+y^2}} \right) \right]$$

hvor:

$$x = H_v / 2R$$

$$y = B_v / 2R$$

$H_v$  = høyden på vindusåpningen

$B_v$  = bredden på vindusåpningen

$R$  = avstand mellom flaten som avgir var mestråling og flaten som mottar var mestråling

$$H_v = 0,16 \text{ m}$$

$$B_v = 1 \text{ m}$$

$$R = 0,1 \text{ m}$$

$$x = 0,80$$

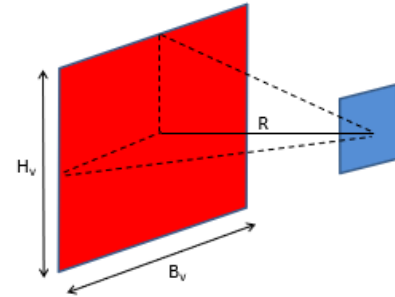
$$y = 5,00$$

$$F_{i-j} = 0,62$$

$$\sqrt{1+x^2} = 1,28$$

$$\sqrt{1+y^2} = 5,10$$

må fylles inn



$$\dot{q}_r^* = k_i \cdot F_{i-j} \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot \left( (273 + T_i)^4 - (273 + T_j)^4 \right) \quad [\text{kW} / \text{m}^2]$$

hvor:

$\dot{q}_r^*$  = var mestråling som en bygning mottar ved brann i nabobygning ( $\text{kW} / \text{m}^2$ )

$F_{i-j}$  = formfaktor

$k_i$  = reduksjonsfaktor som er bestemt av brannmots tan den i vinduet i branncellen.

Benyttes det vanlig vindusglass, regner vi med at det vil sprekke og falle ut tidlig i brannforløpet.  $k_i$  kan da settes lik 1. Benyttes det glass med tilstrekkelig brannmots tan d slik at glasset vil beholde sin funksjon under hele brannforløpet, kan  $k_i$  settes til 0,5

$\varepsilon$  = emissivitet

$\sigma$  = Stephan – Boltzmanns konstant ( $56,7 \times 10^{-12} \text{ kW} / \text{m}^2 \cdot \text{K}^4$ )

$T_i$  = temperaturen i overflaten som avgir var mestråling ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_j$  = temperaturen i overflaten som mottar var mestråling ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$k_i = 1$$

$$\varepsilon = 0,8$$

$$T_i = 500 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_j = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{q}_r^* = 9,9 \text{ kW/m}^2$$

$$T = 383,344 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Figur 67: Beregning av stråling for uisolert kanal.

## 6.12 Fravik fra brannisolering i kombinasjon med automatisk sprinkleranlegg.

Det er mange brannrådgivere i dag som har som normal praksis at det kan fravikes fra brannisolering så lenge bygget er sprinklet. Dette med begrunnelse av at sprinkleranlegget vil løse ut å slukke brannen eller kontrollere den i en såpass stor grad at en brann ikke vil kunne spre seg mellom de ulike branncellene.

Dette blir dokumentert på ulike måter, alt fra lange analyser som sier at sannsynligheten for svikt i sprinkleranlegg er så lav at risikoen er aksepterbart og at selv ved svikt så vil ikke dette påvirke personsikkerheten i bygget, til små vurderinger som sier at et sprinkleranlegg vil løse ut ved ca. 70 C° og at det derfor ikke vil kunne bli et varmt røyklag i brannrommet.

Dette gjøres fordi byggforsk (9) beskriver at det må gjøres analyser dersom det skal fravikes fra brannisolering. For bygg som har sprinkleranlegg så er det ingen tvil om at dette vil være et svært godt tiltak for å kunne sikre at en brann ikke kan spre seg fra en branncelle til en annen, men hva skjer i de tilfellene hvor sprinkleren ikke fungerer?

Som tidligere nevnt har et sprinkleranlegg en sannsynlighet for svikt på om lag 3-5 prosent for byggverk som omsorgssentre. Hva skjer dersom sprinkleranlegget ikke skulle løse ut i et slikt tilfelle hvor evakueringstiden er betraktelig høyere enn i et normalt bygg?

Et kriterium som er viktig å kunne konkludere for at brannisolering skal kunne reduseres eller fjernes helt i et omsorgssenter må være det at svikt i sprinkleranlegg ikke skal påvirke personsikkerheten i en så stor grad at flere vil omkomme. Brannen må fremdeles ikke kunne spre seg mellom branncellene selv om sprinkleranlegget skulle svikte. Eventuelt at sannsynligheten for at en brannspredning skal kunne inntreffe er så lav at risikobilde ikke blir vurdert vesentlig endret.

Når en brannrådgiver beskriver at bygget er sprinklet og derfor er det ikke behov for brannisolering er det ikke tatt høyde for sprinklersvikt. Da det er lagt 100 % tiltro til at dette anlegget vil sørge for at temperaturen på kanalen som går gjennom brannskillet ikke blir stor nok til at noe kan antennes på den ueksponerte siden. Dette fremkommer først som et risikabelt valg, men det er viktig å da se på den totale sannsynligheten for at dette inntreffer. Dette blir beskrevet i kap. 6.15.

NS-EN 3901 beskriver at det skal tas hensyn til situasjoner hvor minst et av de branntekniske tiltakene forsvinner. I dette tilfellet vill derfor sprinklersvikt være det naturlige å undersøke for å se om personsikkerheten er ivaretatt i et omsorgshjem.

### 6.13 Teststandardenes relevans

I denne delen skal det diskuteres om teststandardene NS-EN 1366-1 og NS-EN 1363-1 er relevante eller spesifikke nok til at de burde kunne benyttes som vurderingsgrunnlag for å avgjøre om brannsikkerheten via ventilasjonskanaler er ivaretatt.

NS-EN 1366-1 tar for seg ventilasjonskanalene og hvordan testing av disse skal foregå, men selve testkriteriene er oppgitt i NS-EN 1363-1 som gir kriteriene for testing av brannmotstandsevne generelt for bygningselementer som skal ha en brannmotstandsevne.

Det kan stilles spørsmål om dette er helt riktig siden, NS-EN 1363-1 angir følgende:

- Temperaturøkningen på ueksponert side av en branncellebegrensende konstruksjon skal ikke overstige sin opprinnelige gjennomsnittstemperatur med 140 C°.
- eller ha en temperaturstigning på mer enn 180 C° på et punkt. Dette betyr at om man har en romtemperatur på 20 C° skal temperaturen på et punkt ikke overstige 200 C°.

Dette kravet gjør at det vil bli krav til tykk brannisolering (type EI 60, som er 70-100mm tykk) uansett i byggverk som er plassert i brannklasse 2 og 3.

Problemet til dette kravet er at det ikke nødvendigvis gjør at brannsikkerheten er dårligere selv om et punkt på en branncellebegrensende vegg overstiger en temperaturøkning på 180 C°. Resultatet fra forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven og beregningene som er gjort av strålingen viser det at selv om det er en temperaturøkning er 480 C° ved forsøk 2 hvor det testen helt uten brannisolering og 240 C° i forsøk 3 hvor det testes med brannisolering EI 15, at det ikke skal være noen fare for spontanantennelse dersom det er minst 1 cm avstand fra overflaten av kanal til nærliggende brennbart materiale. Dette bør undersøkes i praksis for å teste at teori stemmer med praksis, da det kan være element som ikke er tatt høyde for i denne masteroppgaven.

Et tydelig eksempel på at denne temperaturøkningen ikke nødvendigvis vil forårsake en antennelse på ueksponert side er bomullstesten som ble utført under forsøk 3. Bomullsdotten som ble plassert i 60 sekunder på den varme isolasjonsoverflaten (EI 15) fikk ingen tegn til forkulling, gløding eller antennelse. Dette kan antyde at kravet om en maks temperaturøkning på mer enn 180 C° for ventilasjonskanaler som er brannisolert er for strengt. Isolasjonsevnen er opprettholdt så lenge det ikke er noen fare for antennelse på den ueksponerte siden.

I forsøk 2 hvor det ble testet uten brannisolering på ventilasjonskanalene startet bomullsdotten å gløde etter ca. 10-15 sekunder. Dette gjør at integriteten kan anses som brutt. Selv om det er mulighet for at brennbare materialer som ligger helt inntil kanalene kan antenne, så utgjør dette ikke nødvendigvis en økende brannfare så lenge det er avstand fra den være kanalen til det brennbare materialer.

Så lenge det er nok rom på den ueksponerte siden til at kanalen kan bli nedkjølt, vil det ikke basert på strålingsberegningene kunne antenne brennbart materiale som ligger minst 1 cm ifra kanalen som har en temperatur på 500 C°. Dette gjør at det også her burde kunne være en løsning hvor avstand til brennbart materiale kan erstatte isolasjonstykkelse.

Kriteriene som er oppgitt i standard NS-EN 1363-1 er ikke ansett som gunstige for å kunne få en gunstig ventilasjonsløsning som tilrettelegger for en miljøvennlig, konstandseffektiv og gunstig brannsikker løsning.

#### 6.14 Eksempel på plassmangel i eksisterende bygg

Følgende bilde vil vise et eksempel på plassmangel i eksisterende bygg som ikke har vært utført med brannisolering mellom branncellene.



*Figur 68: Eksempel på plassmangel hvor ventilasjonskanalen ligger tett på brennbare materialer.*



## 6.15 Bruk av brannisolering basert på erfaringer og statistikk (sannsynlighet for antennelse/brann)

Som følge av bakgrunnen for endringen fra å brannisolere ventilasjonskanalene 1 meter på hver side av brannskillet eller 2 meter på begge sider til å måtte fullisolere ventilasjonskanalene i sin helhet er det naturlig å tenke at dette kanskje ikke er nødvendig når det ikke finnes noen registrerte branner (hvert fall ikke funnet i forbindelse med utførelsen av denne masteroppgaven) hvor dette har vist seg å være et problem. Det er kun for å gjøre det lettere å kunne forhandle produkter med utenlandske aktører som gjør at denne endringen er viktig.

Dersom dette ikke har vist seg å være en problemstilling ved tidligere branner er det kanskje heller ikke et problem som trenger en løsning. Det er ingen tvil om at brannspredning via ventilasjonskanaler kan forekomme og vil forekomme ved en større brann, men dersom det forekommer en storbrann i et bygg vil trolig brannspredning via ventilasjonskanaler være et mindre betydelig problem.

Som tidligere nevnt i punkt 2.2.7 er det flere faktorer som spiller inn for at fenomenet brannspredning via ventilasjonskanaler skal inntreffe og at sannsynligheten for at disse inntreffer på samme tid er relativt liten.

Faktorene er som følger:

- Brann må oppstå og vedvare. Må ikke slokkes ved bruk av manuelt slokkeutstyr.
- Brennbare materialer i umiddelbar nærhet av ventilasjonskanalene på andre siden av brannskillet.
- Brannen må ikke bli ventilasjonskontrollert og ha nok brennbare materialer til å kunne oppnå overtenning.
- Dersom bygget er sprinklet, må sprinkleranlegget svikte/ikke fungere som tiltenkt.
- Brannvesenet må ikke få startet sin innsats/slokkearbeid før brannen har hatt overtenning over en lengre periode.

I de aller fleste tilfeller vil et sprinkleranlegg slokke eller kontrollere brannen. Dersom dette skulle svikte vil brannvesenet med stor sikkerhet ankomme å starte sitt slokkearbeid før tiden for brannspredning via ventilasjonskanalene inntreffer. Med et brannalarmanlegg og sprinkleranlegg vil brannvesenet få tidlig varsel og kunne ankomme relativt raskt. Det skal ikke være lengre enn 20 minutters innsatstid etter forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen hvor normalt omsorgssentre er plassert.

Tek17 §11-10 Tekniske installasjoner beskriver følgende:

- Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonene ikke **øker faren vesentlig** for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg.

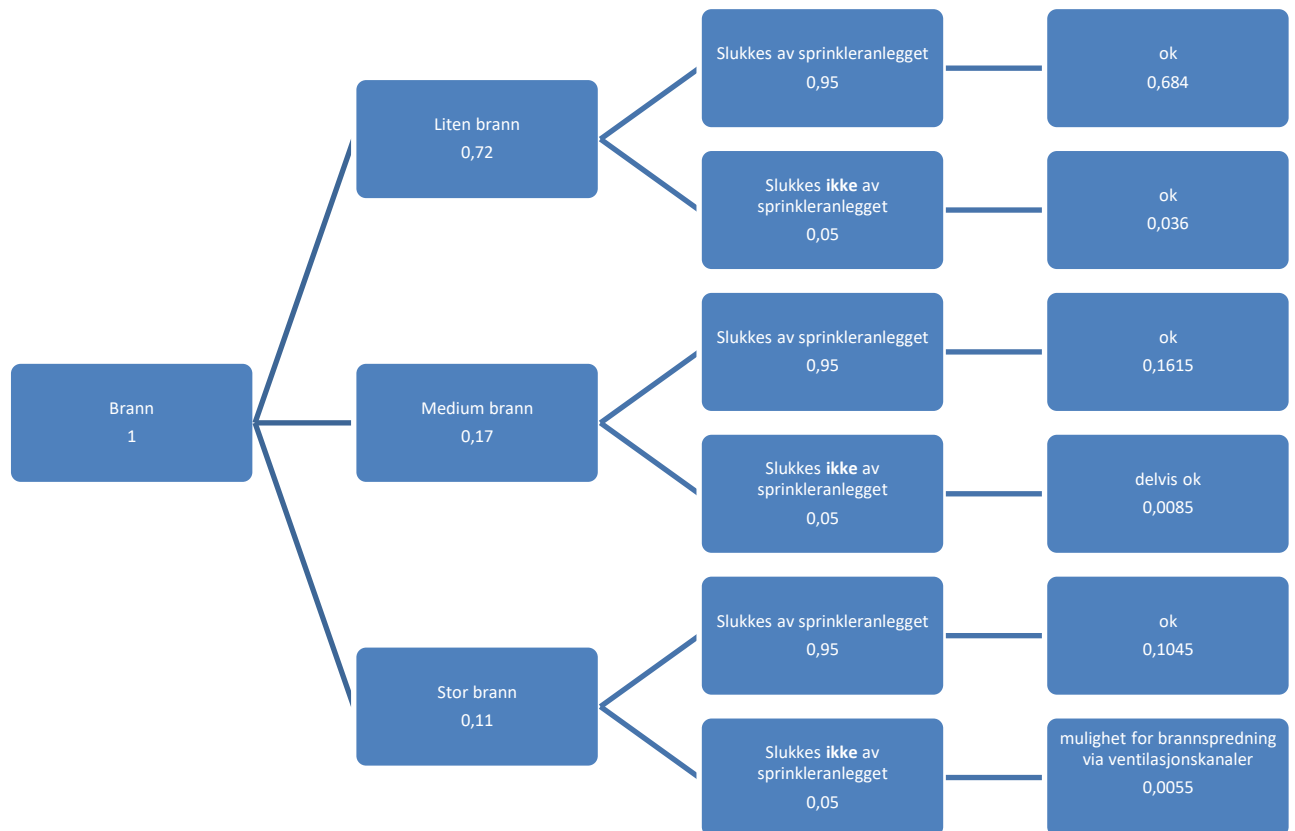
Ved å fravike fra brannisolering på ventilasjonskanaler i et omsorgshjem i risikoklasse 6 kan det argumenteres med at dette ikke øker faren vesentlig da det ikke finnes noen beviser for at dette er et problem eller at brannisolering bedrer situasjonen i noen vesentlig grad fra en ikke isolert kanal.

Dersom man følger dagens teststandarder må det brannisoleres, fordi det testes et scenario som svært sjeldent finner sted i virkeligheten.

Dersom man ser på et eksempel i et omsorgshjem/sykehjem, så vil det eneste tilfellet for at brannspredning via ventilasjonskanalene skal inntreffe og være hovedproblemet, forekomme om branncellen har nok brennbart materiale til å ikke slokke av seg selv. Nok luft til å ikke bli ventilasjonskontrollert før overtenning og alle brannskillene må holde slik at røyk ikke sprer seg til andre brannceller før ventilasjonskanalene svikter. Dette fordi brannspredning via ventilasjonskanalene vil bli et betydelig mindre problem enn om røyk kan spre seg for eksempel via en åpen dør. Det automatiske slokkeanlegget må ikke fungere, ingen personer i bygget må slokke brannen og brannvesenet må ikke starte sitt slokkearbeid før det har gått betydelig tid.

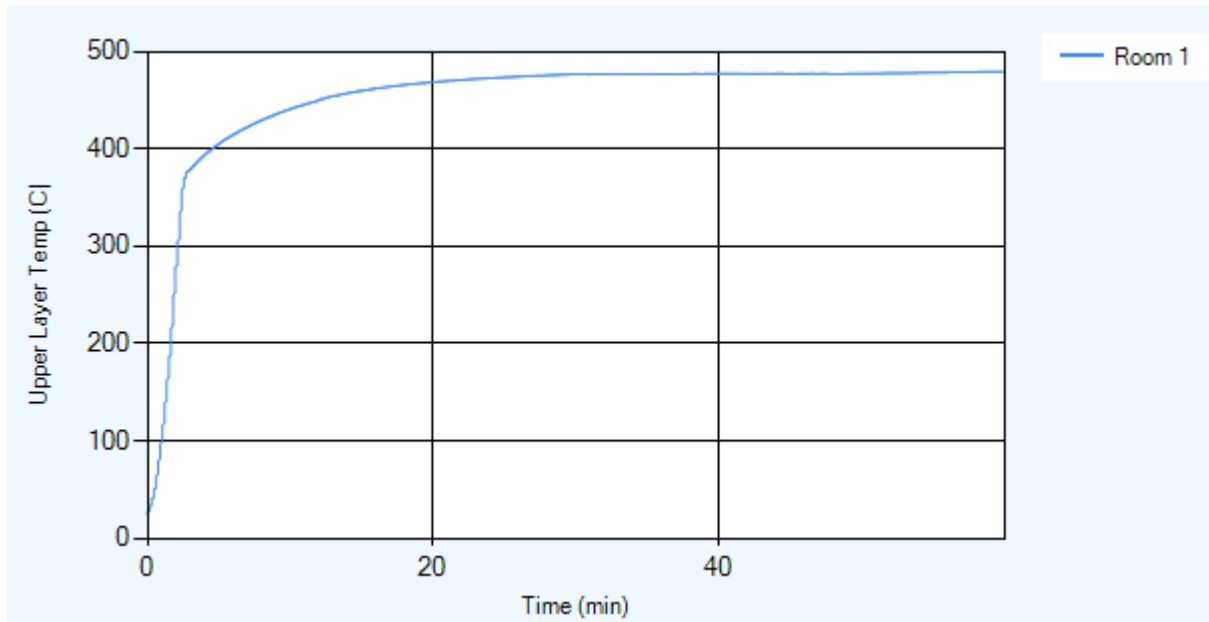
Dersom man ser på dette i en sammenheng, er det svært mye som skal gå galt for at en brannspredning via ventilasjonskanalene skal kunne inntreffe.

Som vist til i kap. 2.2.5 er det heller ikke stor sannsynlighet for at en brann som oppstår blir stor nok til å kunne skape temperaturer som er høye nok til brannspredning via ventilasjonskanalene vil kunne forekomme. Under vil de bli laget et handelssentre for å illustrere sannsynligheten for at dette inntreffer.



Som vist i hendelsestreet er det 0,85 % sannsynlighet for at en medium brann vil kunne inntreffe og at det er en sannsynlighet på 0,55 % sannsynlighet for at en stor brann (overtenning) vil kunne inntreffe. Ved en medium brann er det noe usikkert på om temperaturen vil kunne bli høy nok til at en antennelse via ventilasjonskanalene på andre siden av et brannskille vil kunne inntreffe. Dette kan enkelt vises via simuleringsprogram som for eksempel B-risk. Se figur 69 hvor en simulering er utført i B-risk.

Som tidligere vist i kap. 2.2.5 så er har en medium brann i et enkelt rom en brannenergi på inntil 1000 kW. Dette vil gi en temperatur på om lag 480 C° som vist i grafen under.



Figur 69: Forventet temperatur i en rombrann med HRR på 1000 kW.

Det er ikke vurdert sannsynlig at denne temperaturen vil kunne føre til en antennelse på andre siden av brannskilles dersom kanalen ikke er isolert da resultatet fra testene som er gjort viser at temperaturen synker betraktelig i det kanalen kommer ut på andre siden av brannveggen. Dersom en antennelse skal kunne forekomme, må det brennbare materialet ligge i umiddelbar avstand til kanalen på den ueksponerte siden.

Dette betyr at det i hovedsak kun foreligger en sannsynlighet på 0,55 % for at en brann skal kunne bli stor nok til at en brannspredning via kanalnett skal kunne oppstå. I denne beregningen er det ikke vurdert de tilfeller hvor brannen blir slokket av manuelt slokkeutstyr eller hvor brannvesenet får gjort sin innsats før brannen blir stor nok til å hindre tilfellet. Dette gjør at denne sannsynligheten er nokså konservativ og trolig er langt mindre i virkeligheten. Dette stemmer og kan forklare hvorfor det ikke finnes dokumenterte tilfeller hvor dette har vært en av hovedårsakene til brannspredningen.

Basert på sannsynligheten som fremkommer her kan vi se at dette stemmer med informasjonen som er oppgitt i kap.2.2.7 som viser til at endringene fra de gamle Nordtestene til NS-EN standardene er basert kun på et administrativt nivå for å kunne kjøpe og selge produkter til og fra utlandet. Ikke fordi det faktisk har vært et brannteknisk problem, dette betyr ikke at det ikke har vært et problem eller kommer til å bli et problem, men at det til nå ikke er registrert som et problem.

## 6.16 Oppsummering av diskusjon

Hovedpunktene fra diskusjonen er at selv om resultatene fra både BRAVENT sin rapport og resultatene fra forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven er noe forskjellige når det kommer til spørsmålet om bruken brannisolering er bra eller dårlig for kanalene så er dette testet på bakgrunn av et tilfelle som svært sjeldent oppstår. Det å teste noe som nesten aldri forekommer, men som kan ha en stor konsekvens må sees opp mot kost nytte prinsippet. Dersom hendelsen nesten aldri forekommer, bør det kanskje heller ikke sikres mot dette i alle bygg.

Bakgrunnen for at kravene ble endret fra de gamle Nordtest standardene til NS-EN er rent praktiske for kjøp og salg til utlandet basert på funnene i denne masteroppgaven.

Teststandardene som benyttes i dag er trolig for strenge og tester noe som svært sjeldent forekommer, testene er generelle for objekter som skal ha en brannmotstand og bør trolig endres for enkelte objekter som ventilasjonskanaler. Det er stor mulighet for å kunne akseptere risikoen ved å ikke brannisolere ventilasjonskanaler i sprinklede omsorgsboliger og lignende bygg, eller hvert fall redusere og optimalisere brannisoleringen betraktelig.

Det vises fra forsøkene gjort i forbindelse med denne masteroppgaven at lavere brannisolering som EI 15 og EI 30 trolig vil kunne erstatte EI 60 brannisolering i mange tilfeller selv etter dagens standard. En løsning med punktisolering vil trolig være den best mulige løsningen for å beskytte mot brennbare materialer og utnytte seg av kjøleeffekten som ventilasjonskanaler som ikke er isolerte oppnår.

Resultatene fra forsøkene utført i forbindelse med denne masteroppgaven viser at brannisolering er en fullverdig måte å brannsikre på selv om den ikke er gunstig i forhold til kost og miljø. Bruk av brannisolering vil ikke få kanalene til å svikte slik som det forekom i BRAVENT sine forsøk for tilfeller med smalere kanaler (160mm) og lavere avtrekkshastigheter som vil være reelt for mindre boenheter.

BRAVENT har med stor sannsynlighet brukt for høye temperaturer kombinert med høyt avtrekk som gjør det fullt mulig å få kollaps på ventilasjonskanalene, men er ansett å være for konservativ og derfor ikke reelt som fremstilt av testene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven.

## 7. Konklusjon

Konklusjonen for denne rapporten vil bli delt inn i 2 ulike deler hvor del 1 vil beskrive konklusjonen rundt BRAVENT sin rapport og hvilke resultater som denne masteroppgaven har kommet frem til, sammenlignet med BRAVENT sine resultater. Konklusjonene som trekkes frem i del 1 er kun basert på forsøkene fra denne masteroppgaven og forsøkene gjort av BRAVENT.

Del 2 vil beskrive den helhetlige konklusjonen om det er mulig å fravike fra brannisolering på ventilasjonskanaler eller ikke basert på den totale forståelsen av temaet.

### 7.1 Del 1 BRAVENTs sett opp mot forsøk 1-4.

Det er svært vanskelig å komme med en konkret konklusjon på et så stort tema, spesielt når BRAVENT har kommet frem til et annerledes resultat på testene sine enn hva denne rapporten kommer frem til. Forsøkene har vist at kjøleeffekten av uisolerte kanaler er svært god, men at det likevel overstiger krav som står oppgitt i standardene som tilsier at temperaturen på et punkt ikke skal overstige en temperaturøkning på 180 C°, selv der hvor det ikke er brennbart materiale og antennelse ikke vil kunne forekomme.

Resultatene viser at både de uisolerte kanalene og de isolerte kanalene holder godt på formen. Det er ikke noe som tyder på at brannisolering ikke kan tas bort der hvor det ikke er fare for antennelse på andre siden.

BRAVENT anbefaler å ikke benytte brannisolering. Dette er ikke samme anbefaling som denne rapporten har kommet frem til. Ifølge forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven er brannisolering gjort etter monteringsanvisningen en fullverdig måte å utføre brannsikkerheten på, men pass på skjøtene mellom isolasjonslagene da dette viser seg å være en svakhet med denne metoden. Der det er vanskelig å komme til vil det være vanskelig å utføre brannisoleringen korrekt. Det var minimal deformering i forsøk 1 hvor kanalen var isolert, men ingen brytning i kanalen.

Basert på resultatene som er funnet i forsøkene forbundet med denne masteroppgaven er det tegn på at brannisolering kan fravikes i sin helhet så lenge avtrekket er lite nok til å ikke ha mer enn 25 kW/m<sup>2</sup> med stråling mot brennbare materialer hvor det er store volumer som gjør at pyrolyserte gasser kan ventileres bort. Ved mindre hulrom må strålingen ikke overstige 10 kW/m<sup>2</sup>. Etter resultatene for denne masteroppgaven vil dette bety at det må brukes brannisolering som tilsvarer minst EI 15 hvor det er dårlig kjøleeffekt. Dette må undersøkes nærmere for flere ulike scenarier for å kunne konkluderes med sikkerhet. Dette er kun basert på forsøkene som er utført, se også helhetlig vurdering i kap. 7.2.

Derimot er det klare indikasjoner på at EI 15 brannisolering vil kunne erstatte EI 60 brannisolering i sin helhet da det ligger langt under faren for stråling og spontanantennelse for treverk. Dette bryter med kravet i NS-EN 1363-1 som beskriver kriteriene for testingen av et brannteknisk objekt, men vil ikke øke brannfaren i noen vesentlig grad så lenge det er minst 1 cm avstand fra EI 15 brannisoleringen til det brennbare materialet. Dette bør testes nærmere før det tas ut i praksis, med mindre det er gjort en analyse av det aktuelle tilfellet.

Kjøleeffekten har vist seg å være stor både i BRAVENT sine forsøk, samt forsøkene som er utarbeidet i forbindelse med denne masteroppgaven. Det vil være viktig å undersøke denne kjøleeffekten påvirker kanalene i mindre hulrom da plassmangel er en av de største årsakene til at det er ønskelig å fravike brannisoleringen.

Teststandardene NS-EN 1366-1 og 1363-1 er relevante, men burde endres i henhold til optimalisering av byggeteknikken. Det å benytte store mengder brannisolering som ikke gir noen brannteknisk sikkerhet er kun en ulempe, både for bygget i henhold til plassen den opptar, økonomien og miljøhensyn da det er forurensende å produsere brannisolering. Det burde settes fokus på å optimalisere løsningene innenfor bruk av brannisolering i bygg og se på muligheten for at så lenge sannsynligheten for at brannspredning ikke forekommer så burde ikke kravet om en temperaturstigning på over 180 grader forhindre dette. Det å tillate E 15-60 brannkrav for ventilasjonskanaler istedenfor EI 15-60 kan være et godt tiltak.

Resultatene fra forsøkene viser at temperaturen på kanalgodset på den ueksponerte siden er henholdsvis 500 C° i forsøk uten brannisolering med avtrekkshastighet på 1,3 m/s og 600 C° i forsøk med avtrekkshastighet på 2,5 m/s. Dette gjør at det ikke klart kan konkluderes om brannisolering kan fjernes helt basert kun på disse forsøkene, men at dette avhenger av avtrekket på kanalen. Det er også andre forhold som kan påvirke temperaturen på den ueksponerte siden. For eksempel romstørrelsen som vil ha en direkte påvirkning på kjøleeffekten på kanalen.

Derimot ble overflatetemperaturen på EI 15 brannisolering kun 260 C° selv etter 60 minutter noe som tilsier at denne kan erstatte EI 60 brannisolering i de fleste tilfeller så lenge avstanden til det brennbare materialet er minst 1 cm.

Temperaturen ved bruk av brannisolering EI 60 rett på ueksponert side var omtrent samme temperatur som inne i brannrommet. Selv dette førte ikke til skade på kanalen.

Basert på resultatene som er funnet i forbindelse med denne masteroppgaven er det altså ikke noe som tilsier at brannisolering ikke kan benyttes eller vil være skadelig for kanalene, testene i forbindelse med

denne masteroppgaven viser at BRAVENT sine forsøk trolig var utført med for høy varme og derfor har fått et resultat som tilsier at isolering ikke er gunstig. Selv om kanalen får en mindre deformasjon er ikke dette en brytning og kravet er ivaretatt.

Det fremkommer også av resultatene fra forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven at avtrekket på 1,3 m/s kan være for lavt til at trekk ut prinsippet vil være optimalt for situasjoner hvor det oppstår en overtenning. Resultatene viste tydelig at det kom røyk og varme gasser ut av avtrekkskanalen som i et ekte scenario hadde tilhørt en annen branncelle. Det bør derfor revurderes om trekk ut prinsipp ikke alltid er egnet for slike situasjoner.

## 7.2 Del 2 Helhetlig konklusjon

Den helhetlige forståelsen tilsier at det vil være fullt mulig å finne måter å redusere bruken av brannisolering på.

Dersom man ser på tidligere branner og problemene som har blitt omtalt der, kan man se at brannspredning via svikt i ventilasjonskanalene som følge av manglende brannisolering ikke er eksisterende eller i hvert fall ikke registrert som et problem. Kravet til fullisolering av ventilasjonskanaler kommer fra endringer i bruk av standarder fra de gamle Nordtest standardene til de Europeiske standardene og ikke av et faktisk brannteknisk problem. Dette tyder sterkt på at man kan fravike eller i det minste redusere kraftig på mengden brannisolering som blir benyttet i ulike situasjoner.

Problemet med varmeoverføring til brennbare arealer blir beskrevet med en viss strålingseffekt som kan variere fra referanse til referanse, samt at standardene har sitt krav med en maksimal temperaturstigning på 180 C° på andre siden av branntilskillet. Dette gjør at det enn per dags dato må brannisolere rundt hele kanalen for å tilfredsstille kravene som er satt, dersom enn ser på teststandardenes kriterier for svikt i en brannteknisk konstruksjon.

TEK17 §11-10 beskriver at tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonene ikke øker faren **vesentlig** for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg. Resultatene fra denne masteroppgaven viser det at faren ikke øker **vesentlig** dersom man ser på sannsynligheten for at hendelsen inntreffer. Hvor mye en vesentlig økning er vil være et definisjonsspørsmål, men en % på 0,55 er ikke ansett å være vesentlig endring ifølge denne oppgavens vurdering. Spesielt da denne 0,55 % er ansett å være konservativ da det er flere faktorer som tidligere diskutert som vil være med på å senke sannsynligheten.



Det er derfor konkludert med at det kan fravikes fra brannisolering i bygg hvor det er installert sprinkleranlegg, basert på ordlyden i dagens forskrift. Selv om testene er utført for en spesifikk type omsorgsleiligheter, vil fremdeles dette resultatet også gjelde andre sprinklede bygg med normale boenheter, hotellrom eller institusjoner da resultatet bindes til sannsynligheten for tilfellet og ikke nødvendigvis resultatet av branntestene. Sprinkler i kombinasjon med sannsynlighet for storbrann sikrer at den totale sannsynligheten for brannspredning via ventilasjonskanalene blir svært liten.

Testene som er utført, undersøker denne svært lave sannsynligheten for at brannspredning via ventilasjonskanalene kan inntreffer og viser det at det kan forekomme en antennelse på andre siden av brannskillet. Testene er satt opp på en måte som gjør at det vil se dårlig ut på resultatet når disse sees opp mot dagens testkriterier satt av dagens standarder, men viser ikke det fulle bilde av hvor realistisk eller sannsynlig tilfellet faktisk er.

Det som kan vurderes er om ordlyden i forskriften slik som den står i dag med «øker faren **vesentlig** for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg» bør endres til et mer absolutt krav da sannsynligheten for at tilfellet inntreffer er så lav. Det bør verifiseres at sannsynligheten som er funnet i forbindelse med denne masteroppgaven er lav nok til at det kan aksepteres å ikke brannisolere ventilasjonskanalene.

Med bakgrunn i tidligere statistikk fra registrerte branner og kunnskapen fra testene som er utført av både BRAVENT og testene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven er det ikke noe som tilsier at det må fullisoleres i hele kanalens lengde.

Dersom ordlyden i forskriften skulle endres til noe mer absolutt vil et bedre tiltak enn å fullisolere ventilasjonskanalene være å punktisolere dem. Det vil si at dersom det ligger brennbare materialer i nærheten, trengs det kun å sikres i den avstanden hvor det ligger brennbare materialer i nærheten av kanal pluss 0,5 meter forbi på hver side. Dette kan gjøres ved bruk av brannisolering eller via annet brannhemmende materiale som gips. Bakgrunnen for denne løsningen er som tidligere diskutert å utnytte kjøleeffekten fra omgivelsene maksimalt. Dersom det ikke er noe som kan antenne er det heller ingen grunn til å brannisolere, dette vil ellers gjelde for både bygg med og uten sprinkleranlegg.

BRAVENT sin konklusjon om at brannisolering bør unngås blir ikke samme konklusjon som gitt i denne rapporten, men resultatet av konklusjonene blir den samme. Brannisolering kan fravikes. Dette på bakgrunn av at sannsynligheten for spredning av brann er lav og ikke fordi brannisolering påvirker ventilasjonskanalene negativt.

## 8. Fremtidig arbeid

Denne delen vil ta for seg arbeid som burde undersøkes og forskes mer på for å kunne finne robuste og optimale løsninger.

### 8.1 Endre §11-10

For å kunne vurdere andre mulige isolasjonsløsninger bør det først avklares og verifiseres at det er en akseptabel risiko å ikke brannisolere ventilasjonskanaler i bygg som er sprinklet, også i bygg med sovende personer (risikoklasse 4 og 6). Basert på denne oppgaven er dette trolig uproblematisk da sannsynligheten er svært liten basert på statistikk og tidligere registrerte hendelser gitt i kap. 6.15. Dersom dette ikke skulle være tilfellet og risikoen blir vurdert for stor vil de neste kapitlene komme med forslag til å kunne redusere mengden brannisolering som er nødvendig.

### 8.2 Optimalisering av standard for brannsikkerhet i ventilasjonskanaler

Det bør undersøkes muligheten for å optimalisere dagens standard som setter kriteriene for brannsikkerheten til bygningsdeler som skal ha en brannmotstand (NS-En 1363-1), ved å utbedre standardiserte løsninger for beskyttelse brennbart materiale fra ventilasjonskanaler. Det bør gjøres unntak fra isolasjonskriteriet for ventilasjonskanaler som går gjennom en branncellebegrensende konstruksjon så lenge temperaturen på andre siden av den branncellebegrensende konstruksjonen ikke kan antenne noen brennbare materialer. Dette bør kunne standardiseres med en temperatur og avstandskurve eller alternative beskyttende produkter som gips, eller brannfugemasse.

I de tilfeller hvor temperaturen blir for høy, bør en lavere isolasjonstype en det som er krav i dag kunne benyttes så lenge kriteriet for antennelse på ueksponert side er det samme.

Det anbefales å kjøre tester med ulike type brannbeskyttende produkter og avstander slik at det enklere kan velges mer økonomiske, plass optimaliserende og miljøvennlige løsninger.

### 8.3 Undersøke betydningen av kjøleeffekten på kanal fra omgivelsene

I forsøkene til BRAVENT og i forsøkene som er utført i forbindelse med denne masteroppgaven er forsøkene utført i større rom hvor kanalen som går på ueksponert side får mye nedkjøling fra omgivelsene. Dette vil ikke nødvendigvis være tilfellet i de fleste bygg og det vil være viktig å undersøke hvor stor denne effekten er i mindre hulrom eller over en himling. Dersom temperaturen i luften som ligger rundt kanalen får lov til å stige vil kjøleeffekten bli mindre og mindre ettersom tiden går og kritiske

tilstander for spontanantennelse kan fremkomme raskere enn det som er vist til i denne rapporten. Dette vil være et viktig moment å ha fokus på for videre undersøkelser på dette tema.

## 8.4 Mulige isolasjonsløsninger

Her vil det bli presentert noen forslag isolasjonsløsninger som kan være besparende for både plass og økonomi, fremfor løsningen som blir valgt i dag. Dette er kun tanker som har kommet frem under utarbeidelsen av denne oppgaven og trenger å bli undersøkt nærmere for å kunne verifisere om dette er gode løsninger.

### 8.4.1 Gjennomføringer hvor det kun er ubrennbare materialer

Der hvor det kun er kanal som gjennomgår en branncellebegrensende konstruksjon som er utført i ubrennbare materialer trengs det ikke brannisoleres i det hele tatt (gitt forhold som tilsvarer forsøkene gitt i denne masteroppgaven). Dette vil bryte med kriteriene gitt til branncelleveggen om å ikke få et punkt som overgår en temperaturøkning på mer enn 180 C° på et punkt, men vil heller ikke minke brannsikkerheten.

### 8.4.2 Punktisolering/punktsikring

En løsning som tar fordelene fra kjøleeffekten som man får ved isolerte kanaler er å punktisolere. Dersom det punktisoleres i 0,5 meters lengde fra til hver side for brennbart materiale er det ikke behov for å fortsette brannisoleringen i hele kanalens lengde. Dette vil bryte med kriteriene gitt til branncelleveggen om å ikke få et punkt som overgår en temperaturøkning på mer enn 180 C° på et punkt, men vil heller ikke minke brannsikkerheten.

For de steder hvor det er lite plass vil brannisolering kunne erstattes med gips eller annen brannstoppende masse som kan beskytte de brennbare materialene fra ventilasjonskanalen. Ligger kanalen mot en trekonstruksjon på kun en side er det kun nødvendig å beskytte trekonstruksjonen og ikke hele kanalen da kanalen vil holde sin form.

### 8.4.3 Bruk av lavere brannklassifisert isolering

Basert på resultatene i testene som er gjort vil det trolig kunne benyttes lavere klassifisert brannisolering enn EI 60 i samtlige bygg som tilsvarer forholdene som er tatt hensyn til i forsøkene til denne masteroppgaven. EI 15 brannisolering når en makstemperatur på 260 C° og det er naturlig å tenke at EI 30 vil oppnå en lavere makstemperatur enn dette. En kombinasjon av EI 15 brannisolering med et mellomrom på 1 cm avstand til det brennbare materiale vil trolig være et godt nok tiltak for å kunne ha

en brannsikker gjennomføring i en branncellebegrensende konstruksjon. Dette bør undersøkes nærmere.

### 8.5 Totalt fravik fra brannisolering

For å kunne gjøre et totalt fravik fra brannisolering må det gjøres flere forsøk for å finne ut hvor grensen er for at en spontanantennelse kan oppstå på den uekspnerte siden. Likevel fremkommer det fra resultatene og forsøkene i denne rapporten at det kan la seg gjøre så lenge kombinasjonen mellom lavt nok avtrekk og kjølingseffekten er stor nok.

Det bør utføres flere forsøk som tester ulike kanalstørrelser med ulike avtrekk for å kartlegge hvor grensen går for når det bør benyttes brannisolering type EI 15 og hvor brannisolering kan fravikes i sin helhet.

### 8.6 Spredning av brann og røykgasser via avtrekkskanaler

Det er registrert i forsøkene som er gjort i forbindelse med denne masteroppgaven at ved lave avtrekkshastigheter kan det forekomme spredning via avtrekksviftene og da også trolig tilluftskanalene på bakgrunn av overtrykket i brannrommet. Brannrommet i forsøkene var mindre enn ett normalt beboerrom, men det er likevel ikke utenkelig at dette kan forekomme. Det burde derfor undersøkes hva som burde være et minimumskrav for avtrekk i slike rom for å kunne forhindre brannspredning i kanalnettene eller om det må settes krav til steng inne prinsipp der hvor avtrekket og tilluften ikke er stor nok.

Det er registrert røykspredning via kanalnettene i flere av brannene som blir omtalt i kap. 2.2.8 dokumenterte branner. Det var ulike grunner til dette, alt fra feil på anlegg til avslåtte anlegg. Dette er et interessant tema da det i enkelte tilfeller ikke er gunstig å benytte seg av et trekk ut som ventilasjonsprinsipp og at det heller burde velges steng inne som ventilasjonsprinsipp i de enkle tilfellene. Det vil være nyttig å kartlegge når det er mest gunstig med «steng inne» og når det er mest gunstig med «trekk ut»

## 9 Eksempel på faktorer som må vurderes ved fravik fra brannisolering.

Dette kapitlet vil ta for seg vurderinger som kan benyttes og som må gjennomgås ved en eventuell fraviksbehandling av brannisolering på ventilasjonsanlegg.

### 9.1 Risikoklasse og brannklasse

Det er vurderinger gjort av byggforsk 520.352 (9) som sier at bygg i risikoklasse 2, 3 og 5 som er utført med heldekkende sprinkleranlegg trolig kan ha fravik fra brannisolering på ventilasjonskanaler da dette er bygg som ikke har sovende personer. Det skal likevel utføre analyse av hvert enkelt tilfelle, men det er svært vanlig å utføre denne typen fravik i dag på bakgrunn av at sannsynligheten for svikt i sprinkler er liten og at evakueringstiden er ansett som lav når alle er våkne (dette vil så klart kunne variere i ulike bygg).

Når brannklasse og risikoklasse er vurdert kan det tas stilling til hvor avansert analysen må være. Dersom det er risikoklasse 4 og 6 som har sovende personer eller personer som trenger assistanse for rømning må flere faktorer spille inn og analysen bli langt mer kompleks.

### 9.2 Brannvesenets innsatstid

Brannvesenets innsatstid kan være vesentlig for at en brann skal kunne spre seg i betydelig avstand fra sitt arnested, desto lengre innsatstid for brannvesenets, desto større sannsynlighet er det for at en brann kan oppnå den temperaturen som skal til for at brannen skal kunne spre seg til en annen branncelle. HO meldingen (21 s. 25) som omhandler røykventilasjon oppgir følgende vurdering av brannareal basert på tid som kan benyttes til å illustrere et forventet brannareal.

TID (MIN.)	BRANNVEKSTID $t_g$ (s)			
	75 s	150 s	225 s	300 s
3.0 MIN.	12 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup>
5.0 MIN.	32 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>	2 m <sup>2</sup>
7.5 MIN.	72 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>	5 m <sup>2</sup>
10.0 MIN.		32 m <sup>2</sup>	14 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>
15.0 MIN.		72 m <sup>2</sup>	32 m <sup>2</sup>	18 m <sup>2</sup>

Figur 70: Brannareal basert på tid og brannvekst.

### 9.3 Branncelleinndeling

I bygg som består av mange brannceller vil det være en mindre risiko for at brannen vil kunne spre seg til større deler av bygget, selv om en brann kan spre seg til en annen branncelle er det ikke sikkert at den klarer å spre seg videre før brannvesenet er på plass og kan utføre sin slokkeinnsats.

### 9.4 Automatisk slokkeanlegg

Dersom bygget har et automatisk slokkeanlegg, typisk sprinkler, er det betydelig enklere å redegjøre for å unngå brannisolering da sannsynlighet for svikt i sprinkler er liten. Likevel må det tas en helhetlig vurdering da det er krav til å se på scenarier hvor sprinkler kan svikte.

### 9.5 Brennbare materialer i nærheten av kanaler

Som et resultat av denne rapporten er det sett på viktigheten av å vite om det er brennbart materiale i nærheten av kanal eller ikke. Dersom dette legges til grunn tidlig i prosjekteringen at de brennbare materialene skal tildekkes med ubrennbart materialer vil et fravik fra helhetlig brannisolering på kanalene enklere kunne la seg utføre sett i sammenheng med vurderinger av de andre kriteriene som er nevnt i dette kapittelet.

## 10. Referanser

1. **Direktoratet for byggkvalitet.** Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. *dibk.no*. [Internett] Direktoratet for byggkvalitet. [Sisert: 22 03 2023.] <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>.
2. **RISE Research Institutes of Sweden.** *BRAVENT - Delrapport 1 Teori. og kunnskapssammenstilling.* Trondheim : RISE, 2019.
3. —. *BRAVENT - Delrapport 2 Brannspredning i ventilasjonskanaler .* Trondheim : RISE, 2019.
4. **Husbanken.** Husbanken. *Husbanken.no*. [Internett] 04 2023. <https://nedlasting.husbanken.no/Filer/8f7.pdf>.
5. **Byggforskserien.** 321.026 Brannsikring. Brannsikkerhetsstrategi og brannkonsept. *Byggforsk.no*. [Internett] Byggforskserien. [Sisert: 22 03 2023.] [https://www.byggforsk.no/dokument/3114/brannsikring\\_brannsikkerhetsstrategi\\_og\\_brannkonsept](https://www.byggforsk.no/dokument/3114/brannsikring_brannsikkerhetsstrategi_og_brannkonsept).
6. **SINTEF RAPPORT .** *Effekt av brannverntiltak – Vegger og sprinkler.* Trondheim : Norges branntekniske, 2002.
7. **Standard Norge.** *NS 3901 Karv til risikovurdering av brann i byggverk.* 2012.
8. **Byggforskserien.** Hva er byggforskserien. *dibk.no*. [Internett] 2023. [https://www.byggforsk.no/side/198/hva\\_er\\_byggforskserien](https://www.byggforsk.no/side/198/hva_er_byggforskserien).
9. —. 520.352 Brannsikring og røyksikring av balanserte ventilasjonsanlegg. *Byggforsk.no*. [Internett] [Sisert: 22 03 2023.] [https://www.byggforsk.no/dokument/5184/brannsikring\\_og\\_roeyksikring\\_av\\_balanserte\\_ventilasjonsanlegg](https://www.byggforsk.no/dokument/5184/brannsikring_og_roeyksikring_av_balanserte_ventilasjonsanlegg).
10. **Norsk standard .** *NS-EN 1366-1 Prøving av installasjoners brannmotstandsevne - Del 1: ventilasjonskanaler.* s.l. : Norsk standard, 2020.
11. **Norsk standard.** *NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstandsevne - Del 1: Generelle krav.* 2020.
12. **Byggforskserien.** 421.503 Luftmengder i ventilasjonsanlegg. Krav og anbefalinger. *Byggforsk.no*. [Internett] [Sisert: 22 03 2023.] [https://www.byggforsk.no/dokument/2753/luftmengder\\_i\\_ventilasjonsanlegg\\_krav\\_og\\_anbefalinger](https://www.byggforsk.no/dokument/2753/luftmengder_i_ventilasjonsanlegg_krav_og_anbefalinger).
13. **SINTEF NBL as.** *Varmgang i elektrisk materiell og utstyr som tennkilde i bygninger.* s.l. : SINTEF NBL as, 2023.
14. **Drysdale, Dougal.** *An introduction to fire dynamics, Third edition.* Edinburgh : WILEY, 2011.
15. **VINK.** *Plastguiden leveringsprogram industri 2015.* s.l. : VINK, 2015.
16. **Brannskyddslaget, Lund tekniska högskola.** *Brannskyddshandboken.* 2005.
17. **SFPE.** *SFPE Handbook of fire Protection Engineering Fifth Edition .* s.l. : springer.

18. **Standard Norge.** *INSTA 951 Fire Safety Engineering Guide for Probabilistic Analysis for Verifying Fire Safety Design in Buildings.* s.l. : Standard Norge, 2019.

19. **Byggmesteren.as.** Byggmesteren. *informerer om nye brannkrav.* [Internett] 27 05 2014.  
<https://byggmesteren.as/2014/05/27/informerer-om-nye-brannkrav/>.

20. **dibk.** Ny kunnskap om brannspredning i ventilasjonsanlegg. *dibk.no.* [Internett] dibk, 2019.  
<https://dibk.no/verktoy-og-veivisere/brannsikkerhet/ny-kunnskap-om-brannspredning-i-ventilasjonsanlegg#:~:text=Om%20BRAVENT,ledes%20av%20RISE%20Fire%20Research..>

21. **DIBK.** *Melding HO-3/2000 Røykventilasjon Temaveiledning.* OSLO : DIBK, 2000.



# 11. Vedlegg

Følgende del vil vise vedlegg som er interessante for oppgaven.

## 11.1 Brannbestandig vifte benyttet i forsøkene:



# TUB

*In-line extractor fans with a detachable body and small size for high temperatures (250 °C), designed for operation inside chimney ducts.*



- Fan:**
- Sheet steel casing.
  - Impeller with blades made of galvanised sheet steel.
  - Closure that allows the body to be removed easily and quickly.
  - External terminal box.

- Motor:**
- Motor with long-life ball bearings and IPX4 protection.
  - Single-phase 220/-240 V-50 Hz.
  - Operating temperature: -10 °C +250 °C.

- Finish:**
- Anti-corrosive finish on heat-resistant paint.

**Order code**

**TUB — 200**

TUB: In-line extractor fans with a detachable body and small size for high temperatures (250 °C)      Nozzle diameter in mm

**Accessories**

See accessories section.

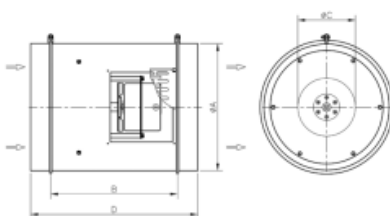


**Technical characteristics**

	Speed (r/min)	Max. admissible current 220-240 V	Max. electric power (kW)	Maximum flow rate (m <sup>3</sup> /h)	Irradiated sound level (*) (dBA)	Approx. weight (kg)
TUB-200	2780	0.30	0.068	250	39	7
TUB-225	2765	0.32	0.075	330	41	8
TUB-250	2760	0.35	0.080	400	43	9
TUB-315	2600	0.85	0.180	830	48	13

(\*) Irradiated sound pressure levels obtained at a distance of 3 metres in a free field, with rigid inlet/exhaust tubes.

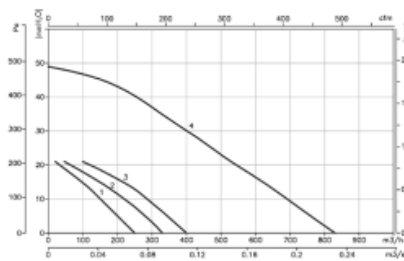
**Dimensions mm**



	øA	B	øC	D
TUB-200	200	255	116.5	355
TUB-225	225	255	116.5	355
TUB-250	250	255	116.5	355
TUB-315	315	315	142.5	415

**Characteristic curves**

Q= Flow rate in m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s and cfm.  
Pe= Static pressure in mm H<sub>2</sub>O, Pa and inwg



- 1: TUB-200      3: TUB-250
- 2: TUB-225      4: TUB-315

## 11.2 Brannisolering (PAROC) benyttet i forsøkene:



### Typgodkännande med beslut om tillverkningskontroll

C000893

## Utvändig brandisolering av ventilationskanaler - PAROC Hvac Fire Mat, PAROC Hvac Fire Slab

Innehavare/Utfärdad för

### Paroc AB

Bruksgatan 2, 541 86 Skövde, Sverige

#### Produktbeskrivning

System med PAROC stenullsmattor eller stenullskivor med ytskikt för utvärdig brandisolering av cirkulära och rektangulära ventilationskanaler av stålplåt.

#### Avsedd användning

Utvändig brandisolering av ventilationskanaler av stålplåt i byggnader.

#### Handelsnamn

PAROC Hvac Fire Mat BlackCoat/Comfort  
PAROC Hvac Fire Slab EI30 BlackCoat  
PAROC Hvac Fire Slab EI60 BlackCoat  
PAROC Hvac Fire Slab EI90 BlackCoat  
PAROC Hvac Fire Slab EI120 BlackCoat

#### Godkännande

Produkterna uppfyller kraven i 8 kap, 4 § 2 PBL i de avseenden och under de förutsättningar som anges i detta typgodkännande och godkänns därför enligt bestämmelserna i följande avsnitt i Boverkets byggregler (BBR):

Brandteknisk klass EI 15, EI 30, EI 60, EI 90 respektive EI 120 5:231  
enligt tabell:

Brandklass	Cirkulär kanal		Rektangulär kanal	
	Tjocklek	PAROC Hvac:	Tjocklek	PAROC Hvac:
EI 15	30 mm	Fire Mat BlackCoat/Comfort	40 mm	Fire Mat BlackCoat/Comfort
EI 30	40 mm	Fire Mat BlackCoat/Comfort	40 mm	Fire Mat BlackCoat/Comfort
EI 60	70 mm	Fire Mat BlackCoat/Comfort	50 mm	Fire Slab EI30 BlackCoat
EI 90	-	-	60 mm	Fire Slab EI60 BlackCoat
EI 120	-	-	70 mm	Fire Slab EI90 BlackCoat
	100 mm	Fire Mat BlackCoat/Comfort	70 mm	Fire Slab EI120 BlackCoat

I systemet ingående komponenter och montering framgår av bilaga och tillhörande handlingar.

