



# BRAVENT: BRANN- OG RØYKSPREDNING I VENTILASJONSKANALER

Andreas S. Bøe

Desember 2018

Research Institutes of Sweden

**RISE Safety and Transport**

**RISE Fire Research**

**Trondheim**

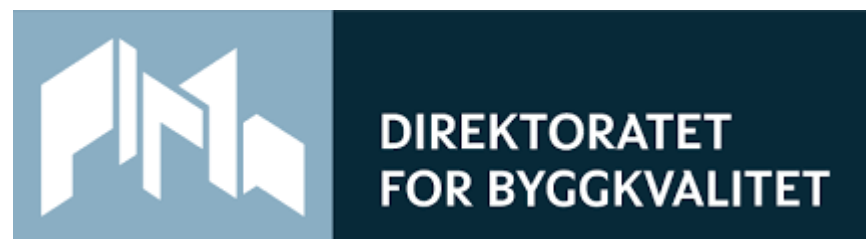


# BRAVENT

- BRAVENT (Brann- og røykspredning i ventilasjonskanaler)
- Undersøke effekten og nødvendigheten av ulike tiltak og løsninger for å hindre brann- og røykspredning i ventilasjonsanlegg
- I 2018 har vi i hovedsak fokusert på effekten og nødvendigheten av brannisolasjon av ventilasjonskanaler
- I 2019-2020 ønsker vi å undersøke blant annet effekten av brannspjeld for å hindre røykspredning.



HORDALAND  
FYLKESKOMMUNE



STAVANGER KOMMUNE




TRONDHEIM KOMMUNE

# Forskrift

## TEK 17 §11 -10 Tekniske installasjoner

- Tekniske installasjoner skal prosjekteres og utføres slik at installasjonene ikke øker faren vesentlig for at brann oppstår eller at brann og røyk sprer seg.
- Installasjoner som er forutsatt å ha en funksjon under brann, skal være prosjektert og utført slik at deres funksjon opprettholdes i den tiden som er nødvendig.

## Utdrag fra veiledningen

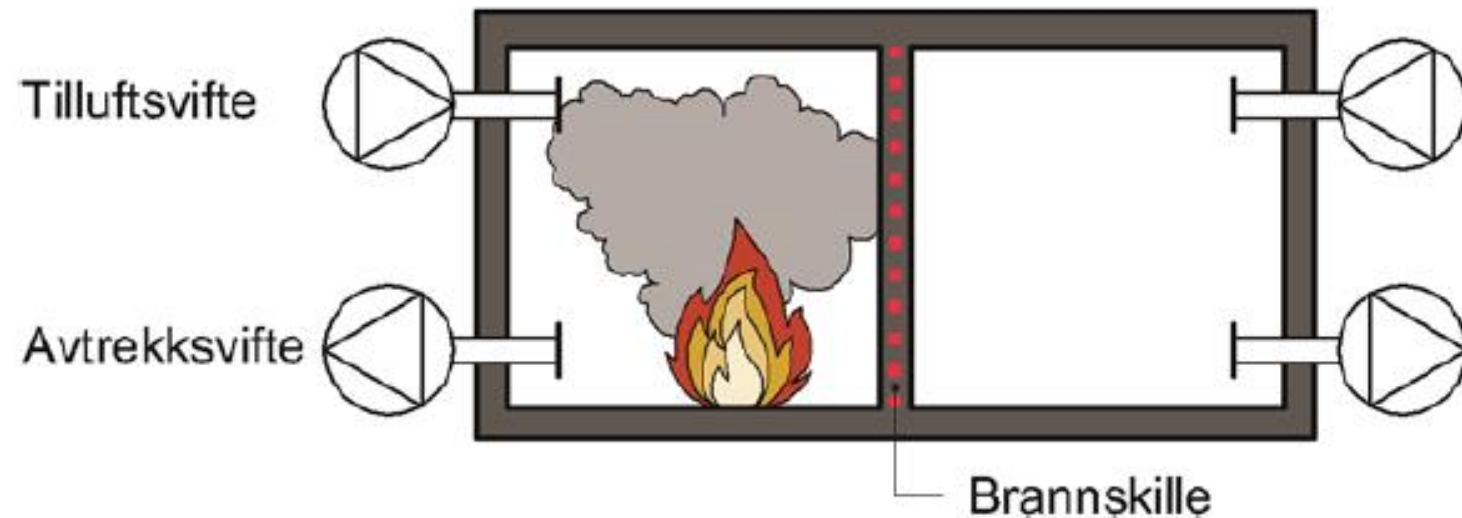
- Ventilasjonsanlegg må utføres slik at de ikke bidrar til brann- eller røykspredning i byggverket via kanalnett, på grunn av utettheter ved gjennomføringer i brannskillende bygningsdeler, eller på grunn av varmeledning i kanalgodset. 

Hvor stort er problemet med varmeledning i kanalgodset?

Hvordan løser man dette i praksis?

# Separat ventilasjonsanlegg i hver branncelle

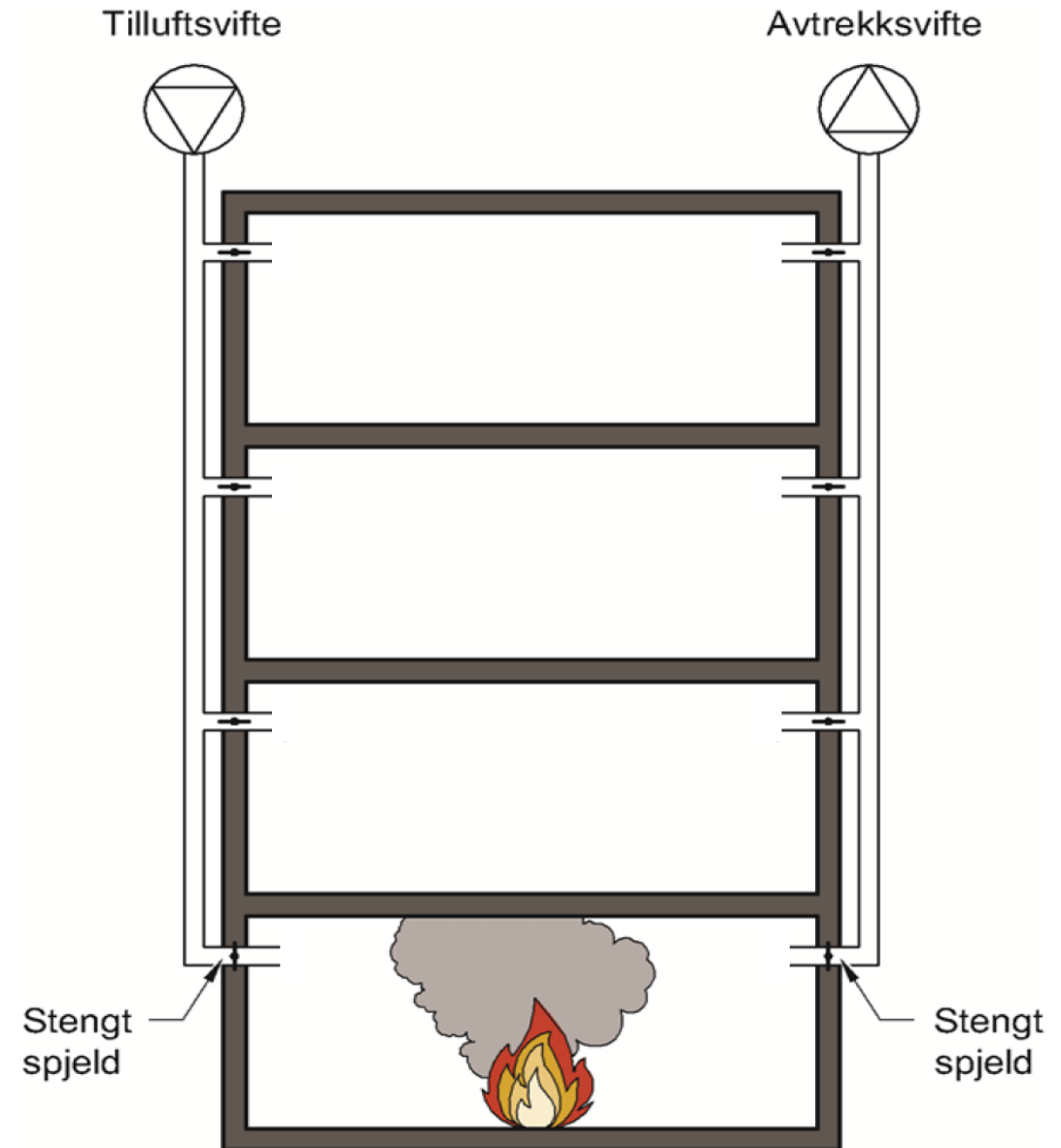
- Ingen forbindelse mellom brannceller
- Dermed ikke mulig at røyk eller brann sprer til en annen branncelle gjennom ventilasjonsanlegget.
- Lite anvendbart for større bygg



Figur hentet fra byggdetaljblad 520.352

# Steng inne - strategi

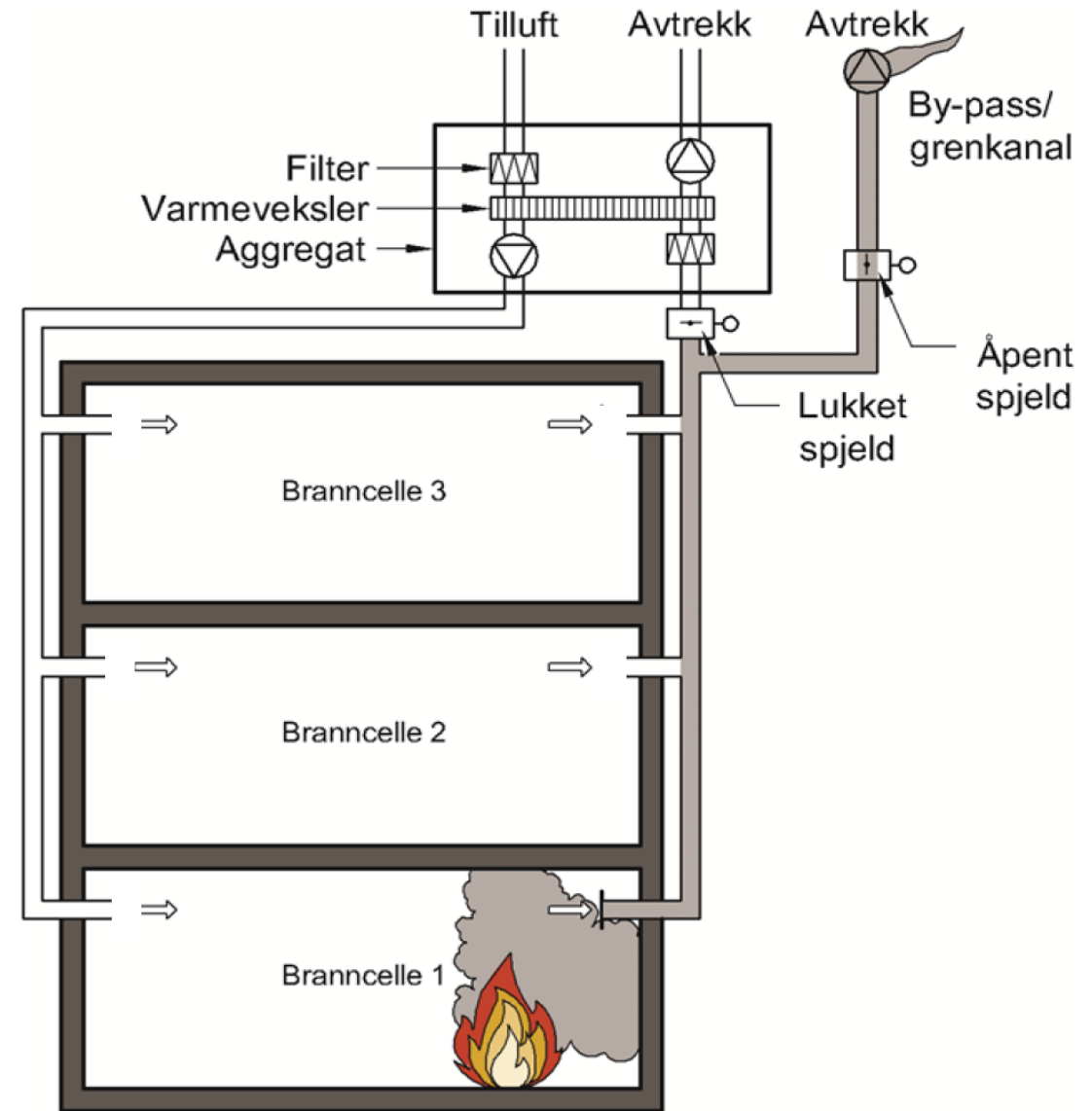
- Ventilasjonsanlegget har installerte brannspjeld alle steder hvor ventilasjonskanaler krysser en brannskillende konstruksjon.
- Ved brann stenges ventilasjonsanlegget av, og brannspjeld lukkes.
- Tanken er at røyken da stenges inne i branncellen
- Ikke behov for å isolere ventilasjonskanaler, fordi det ikke fraktes varm røyk gjennom de.



Figur hentet fra byggdetaljblad 520.352

# Trekk ut-strategi

- Ventilasjonsanlegget skal være i drift
- Strategien er å transportere røyken ut av bygningen på en kontrollert måte.
- Varm røyk som trekkes gjennom kanalene varmer opp kanalgodset.
- Etter forskriften må man sørge for at brann ikke kan spre seg gjennom varmeledning i kanalgodset. I praksis skjer dette normalt med brannisolering.
- For å unngå å risikere at filter tettes, installeres det et by-pass system som leder røyk utenom ventilasjonsfilter ved brann.



Figur hentet fra byggdetaljblad 520.352

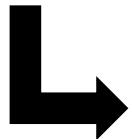
# Bakgrunnen for prosjektet

Hvorfor ha et prosjekt om ventilasjonsanlegg og brann når det finnes beskrivelser på hvordan dette kan løses i byggforskblad allerede?

- Løsningene som er foreslått er i liten grad dokumenterte?
- Dette skaper usikkerhet blant rådgivere om hvilken løsning som bør velges.
- Løsningene som er foreslått koster mye penger?

## Eksempel på kostnader

- Brannisolering av avtrekkskanalene i spesialsykehus i Trondheim – 222 kr/m<sup>2</sup>. Til sammenligning er nye Aker sykehus 225 000 m<sup>2</sup>
- Sykehus med installert bypass-system på 35 ventilasjonsanlegg – 117 kr/m<sup>2</sup>.
- Brannspjeld på både tilluft- og avtrekkskanaler i barnehage – 1000 kr/m<sup>2</sup>.



Mye penger å spare dersom man kan effektivisere  
brannsikring av ventilasjonskanaler

## Brannisolasjon fører til økt takhøyde

- 80 mm isolasjon (tilsvarende EI 60) krever 32 cm økt takhøyde ved kryssende kanaler.
- Hver 9. etasje «forsvinner»

# Isolering av kanaler

- Byggedetaljblad 520.352 anbefaler:
  - Isolering av kanaler i sin fulle lengde
  - Røykgasstemperaturen må være mindre enn 160 °C for at isolasjon ikke er nødvendig.
  
- 160 °C kommer fra NS- EN 1366 der overflatetemperaturer på kanaler ikke tillates å øke mer enn 140 ° i gjennomsnitt. Med en romtemperatur fra 20°C ender vi da opp på 160 °C.
  
- Men er dette realistisk?

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





# Hva er behovet for isolering?

- Hva finnes det av brennbare materialer i nærheten av ventilasjonskanaler?
- Kan stråling fra en kanal med røykgasstemperatur 160 °C antenne brennbart materiale i nærheten?
- Hvor varm blir overflaten på en kanal under en brann?
- Hvor raskt avkjøles den? Med andre ord; for hvor stor del av kanalen er dette kritisk?

# Brennbart materiale i himlingsrom

Overflater er ofte ubrennbare eller begrenset brennbare etter krav i TEK 17 § 11 - 9 m/veiledning:

## Overflater

- I nedforet himling i rømningsvei må himlingen tilfredsstillе klasse **A2-s1-do** (eksempelvis gips).
- Overflater i branncelle som ikke er rømningsvei må tilfredsstillе klasse **B-s1,do** til D-s2,do avhengig av størrelse på branncelle, brannklasse og risikoklasse.

## Kabler

- Ulike kabler (nettverk, strøm) går ofte i nærheten av kanaler og kan begynne å brenne.

Hva finnes det av brennbare materialer i nærheten av ventilasjonskanaler?



I stor grad begrenset brennbart materiale i nærheten av ventilasjonskanaler

# Stråling fra varm overflate

## Kan stråling fra en kanal med røykgasstemperatur 160 °C antenne brennbart materiale?

- Så lenge brennbare materialer ikke ligger direkte inntil kanalen, er det stråling som i hovedsak utgjør en fare for antennelse.
- Stråling fra et objekt er proporsjonalt med  $T^4$
- Hvis vi antar at overflatetemperatur er lik røykgasstemperatur, gir dette en teoretisk maksimal stråling på  $2 \text{ kW/m}^2$ , dvs emissivitet  $\varepsilon = 1$ .
- Kritisk varmefluks for at et materiale spontanantenner er fra  $10 \text{ kW/m}^2$  og oppover.
  - For begrensede brennbare materialer som det er krav om i himlingsrom, vil grensen trolig være høyere.

Emissivitet      Stefan Boltzmans konstant

Temperatur [K]

$$\dot{q}'' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [W / m^2]$$

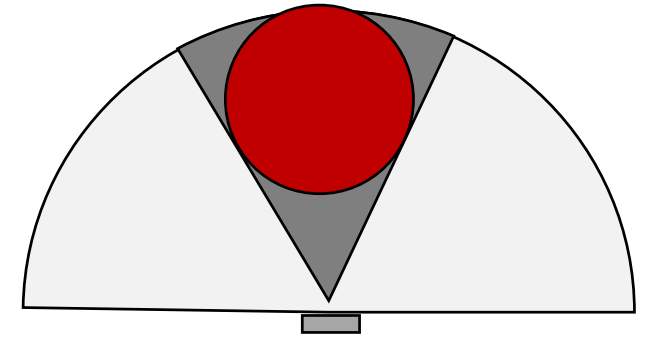
$$\begin{aligned} \dot{q}'' &= 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4 \cdot (160 + 273 \text{ K})^4 \\ &= 2 \text{ kW/m}^2 \end{aligned}$$

 I realiteten lavere

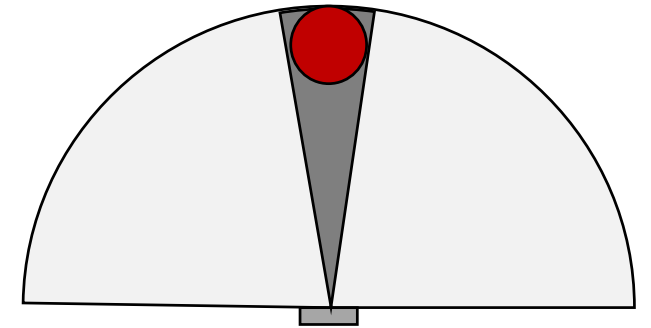
# Stråling fra varm overflate

- Materialer i en viss avstand fra strålingskilden har en synsfaktor på mellom 0 og 1, og innebærer at et materiale kun mottar en del av den strålingen et annet objekt sender ut (her kanalen)
- Synsfaktoren til et materiale avtar med økende avstand fra kanalen, og øker med økende diameter på kanalen

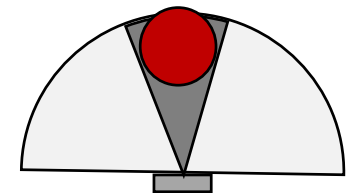
Stor diameter på kanal gir stor synsfaktor



Liten diameter på kanal gir liten synsfaktor



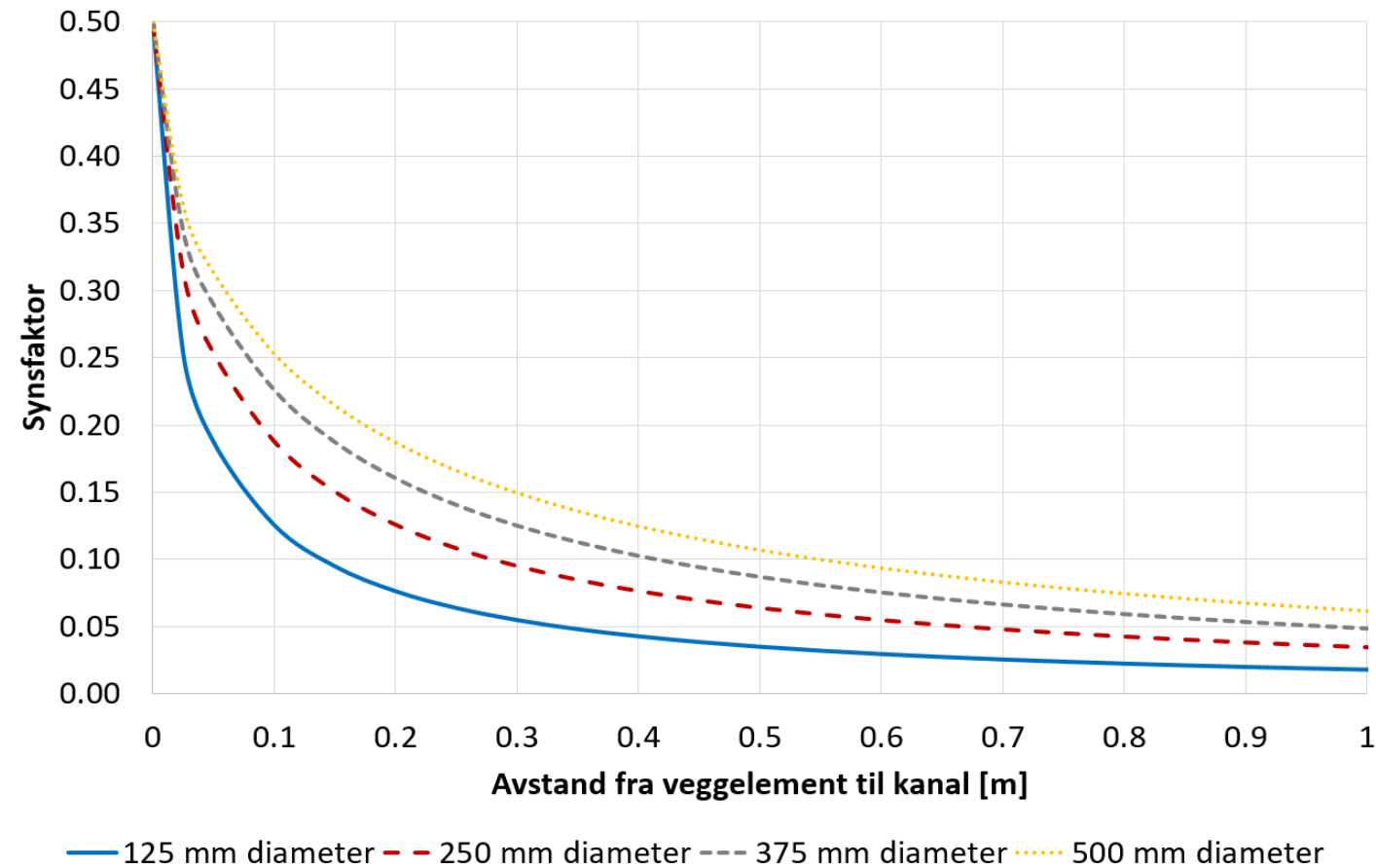
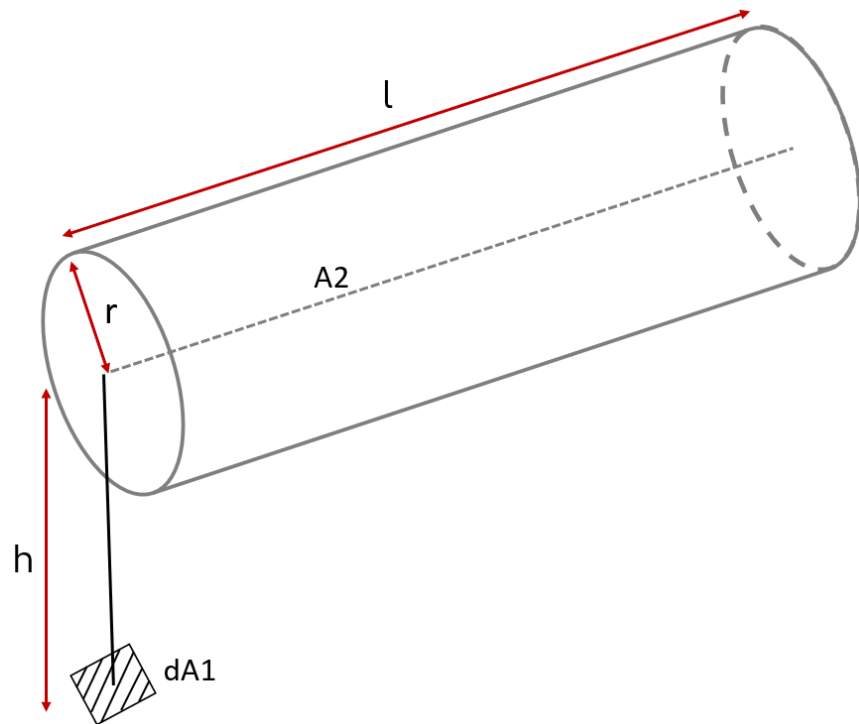
Kort avstand til kanal gir stor synsfaktor



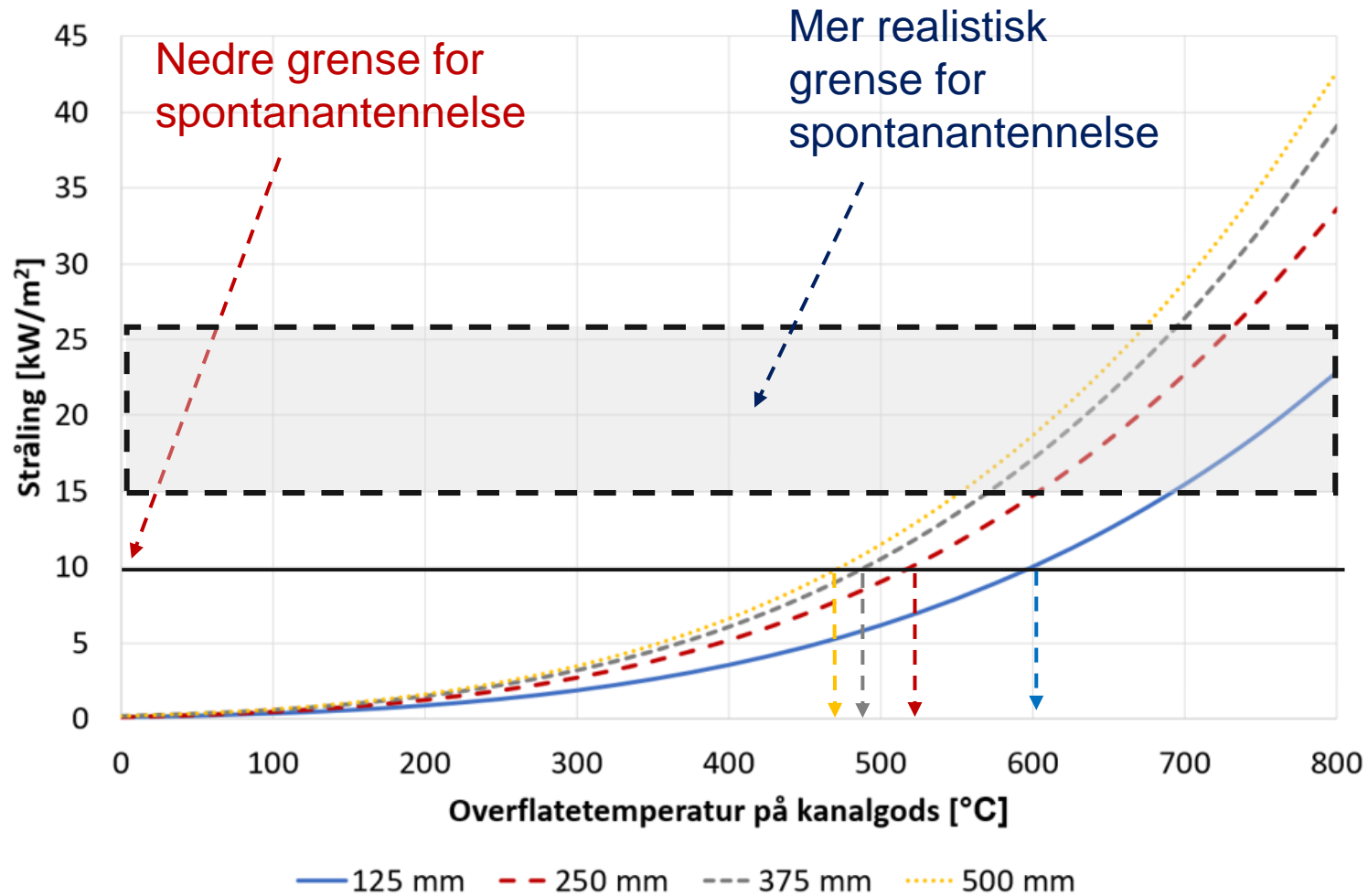
# Stråling fra varm overflate

- Maksimal stråling fra et objekt (2) til et materialelement (d1) beregnes ved følgende formel:

$$\dot{q}''_{inc,max} = F_{d1-2} \cdot \varepsilon_2 \cdot \sigma \cdot T_2^4 \quad [W / m^2]$$



# Resultater – stråling fra varm overflate



Stråling på materialelement normalt på uisolert kanal. I beregningene er det benyttet en emissivitet lik 0,8 og en avstand på 10 cm som gir synsfaktor 0,38, 0,56, 0,65 og 0,71 for henholdsvis 125 mm, 250 mm, 375 mm og 500 mm kanal.

Kan stråling fra en kanal med røykgasstemperatur 160 °C antenne brennbart materiale?



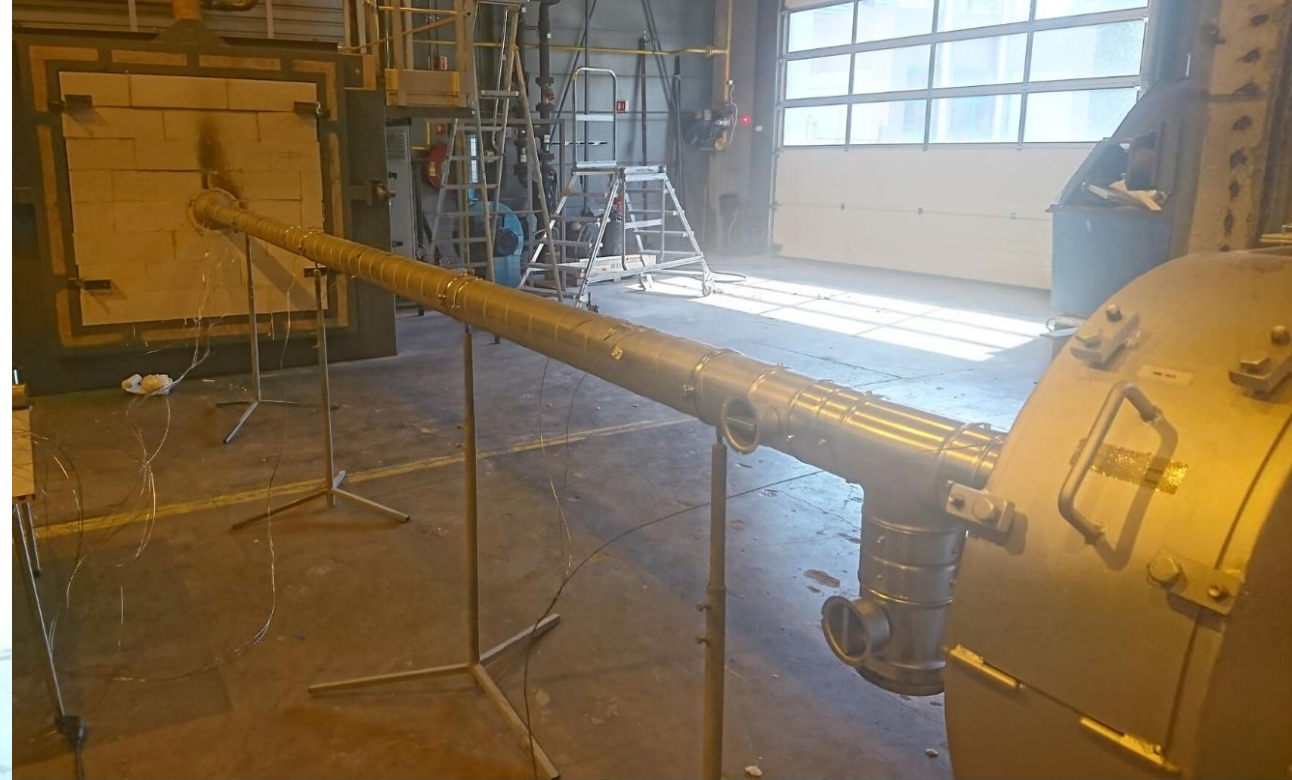
Kritisk grense for spontanantennelse ligger mye høyere enn det strålingen fra en kanal med røykgasstemperatur 160 °C gir.



Hva oppnår man i en reell situasjon?

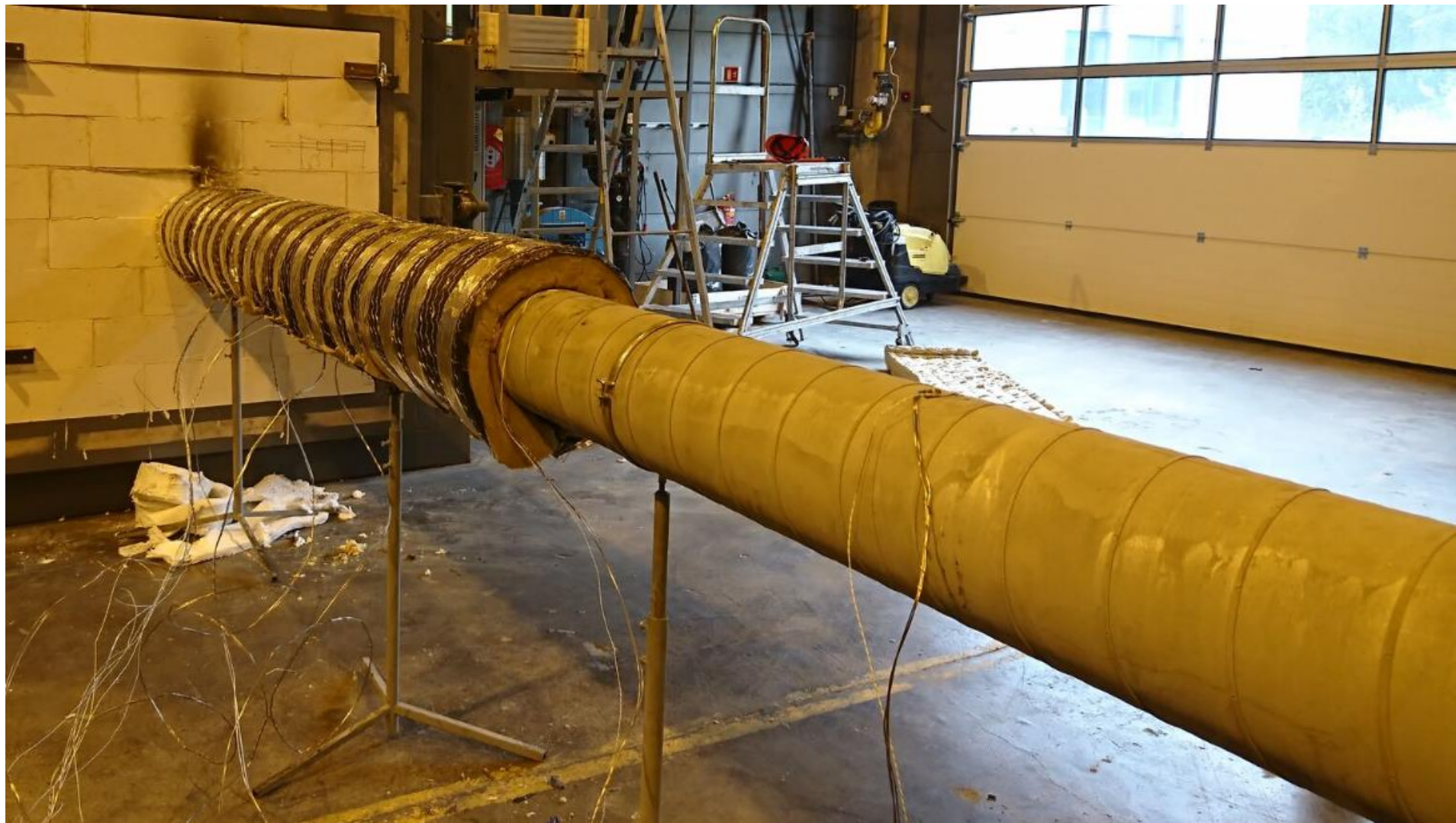
# Gjennomførte tester – uisolert rør u/innblanding

- 6 m rør
- Både 125 mm kanal og 250 mm kanal
- Ulike temperaturer
- Ulike ventilasjonshastigheter



# Gjennomførte tester – isolert rør u/innblanding

- 2,8 m A80 isolasjon
- Tilsvarende beskyttelse i henhold til EI 60





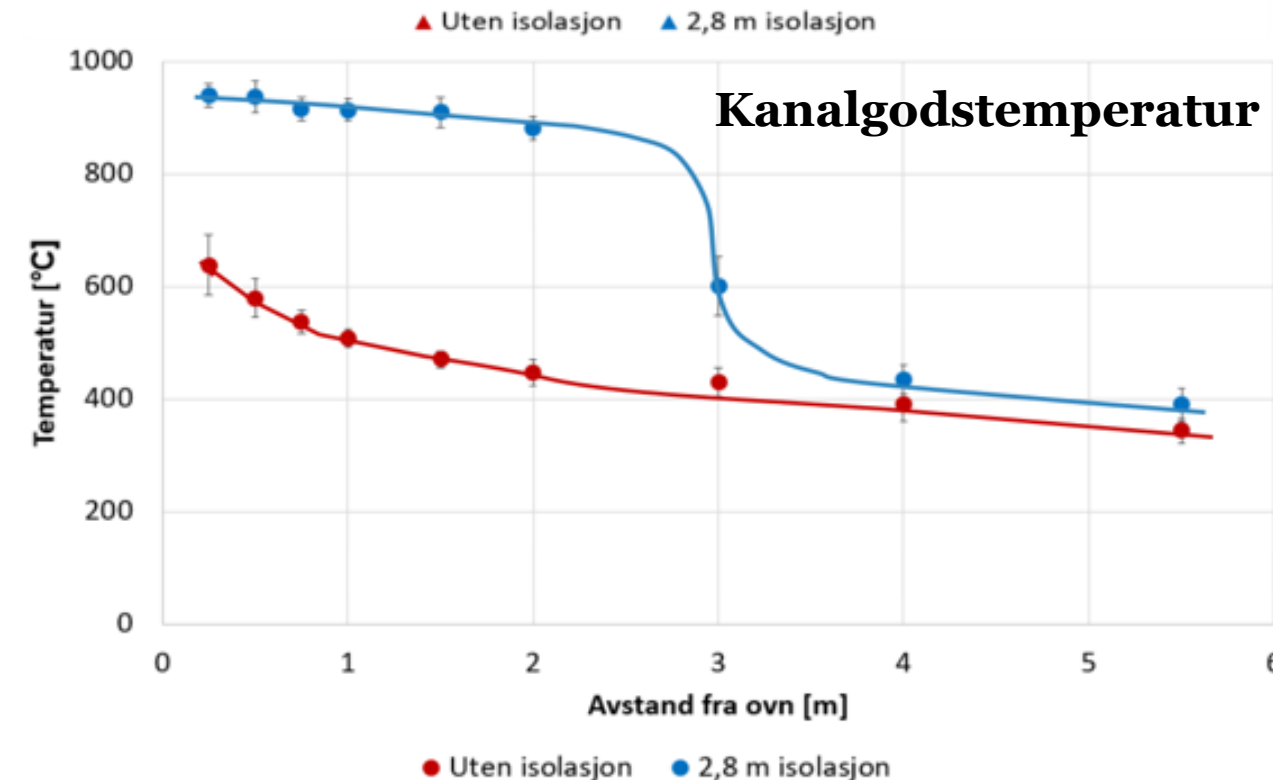
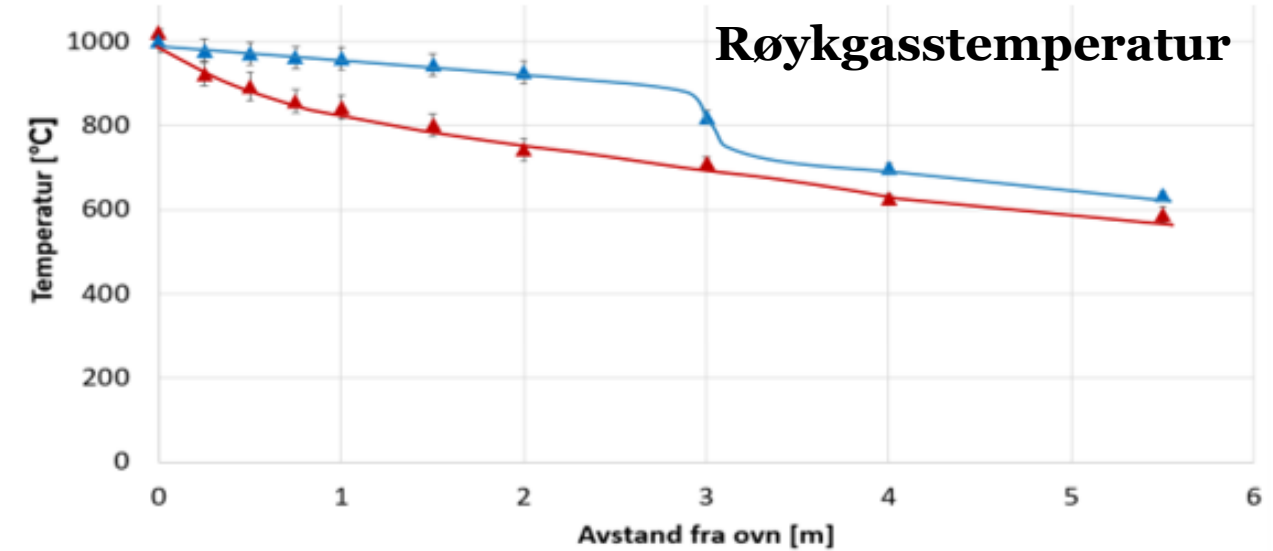
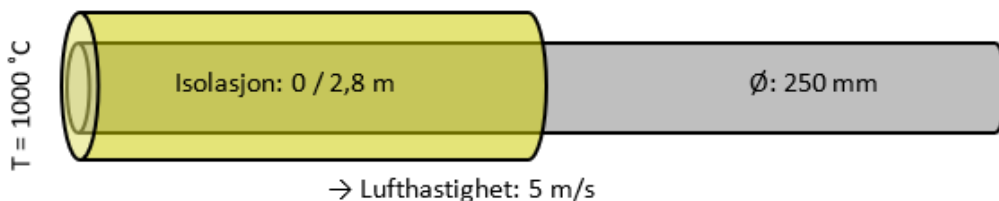
# Resultater – isolert vs uisolert

## ■ Isolert kanal

- Liten reduksjon av røykgasstemperatur
- Røykgasstemperatur  $\approx$  godstemperatur
- Flytter i stor grad varmefronten til der isolasjonen opphører

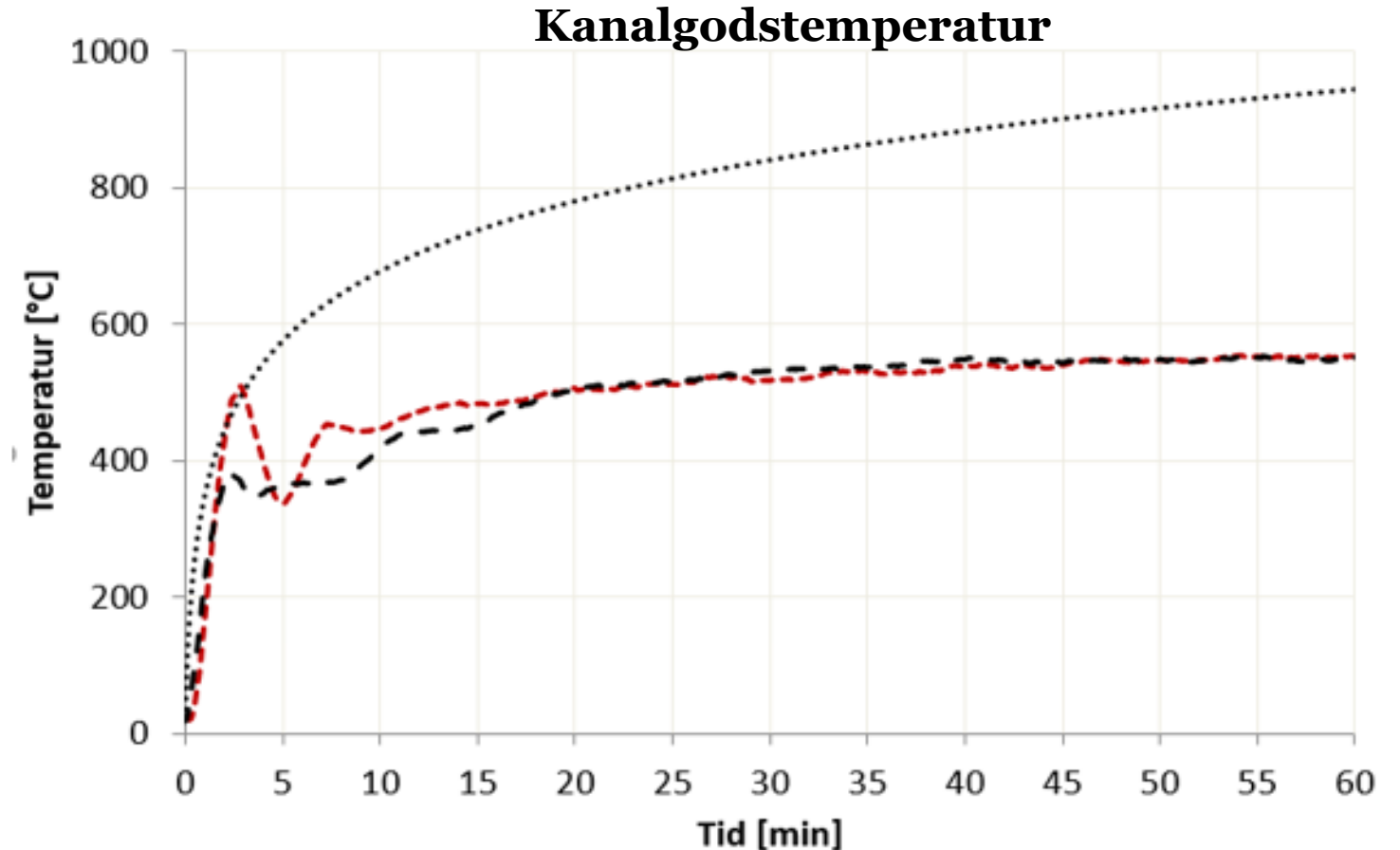
## ■ Uisolert kanal

- Betydelig forskjell på røykgasstemperatur og godstemperatur
- Temperaturen reduseres raskt med økende avstand fra ovnen
- Kun innenfor 1 - 2 m fra ovnen har vi temperaturer som overgår det vi har estimert som kritiske overflatetemperaturer.

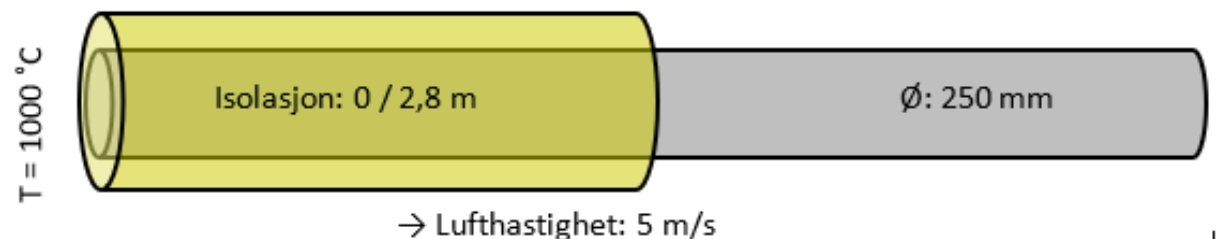


# Resultater – isolert vs uisolert

- Test etter ISO-kurve i 60 minutter
- Uisolert kanal ca. 560 grader ved 0,25 m avstand fra ovnen.
- 2,8 m isolert kanal: 560 grader ved 3 m avstand fra ovnen
- Varmefronten flyttes til der isolasjonen opphører



--- Uten isolasjon    - - 2,8 m isolasjon    ..... Isokurve



# Hva med kanaler som har innblanding av romtemperert luft?

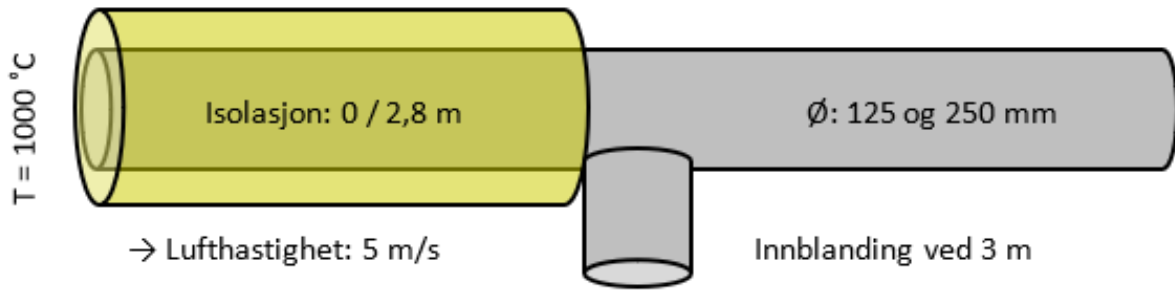
- Tester med 125 og 250 mm kanal
- 2,8 m A80 isolasjon
- Innblanding like etterpå



# Resultater - innblanding

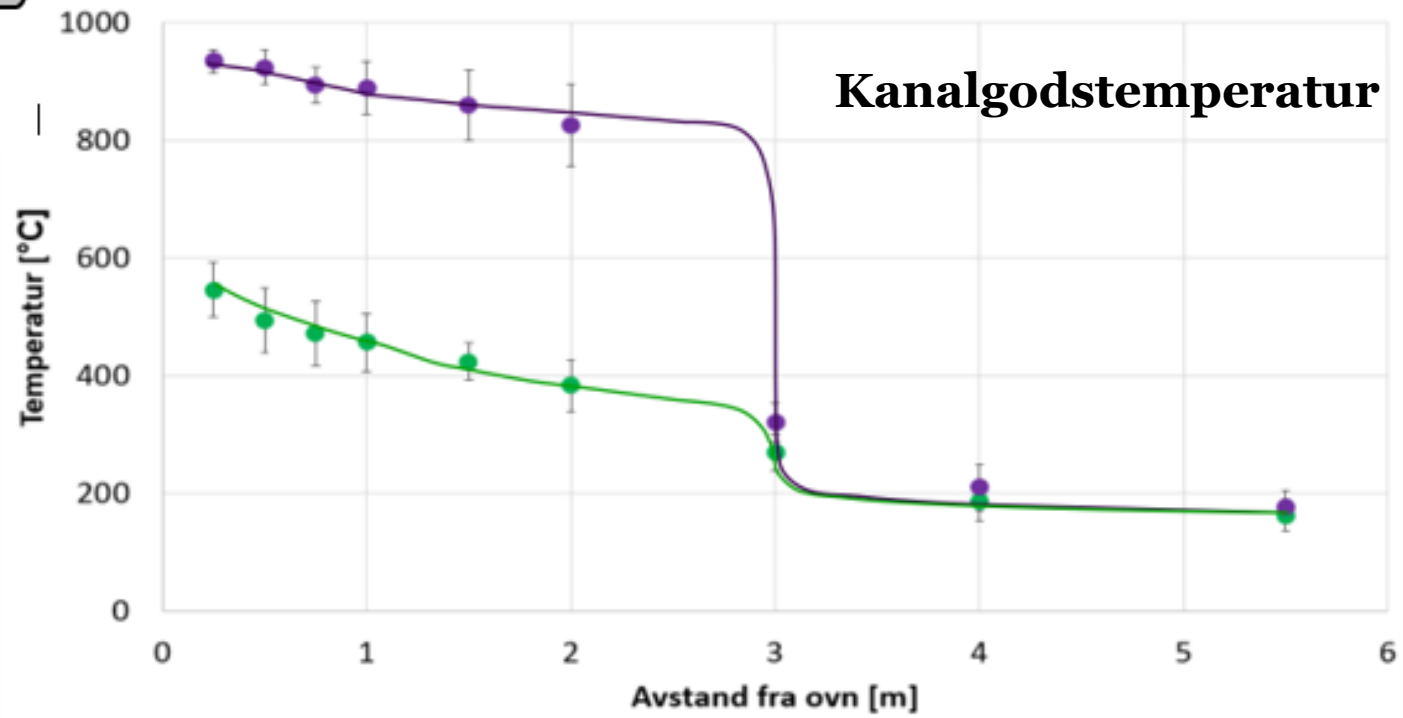
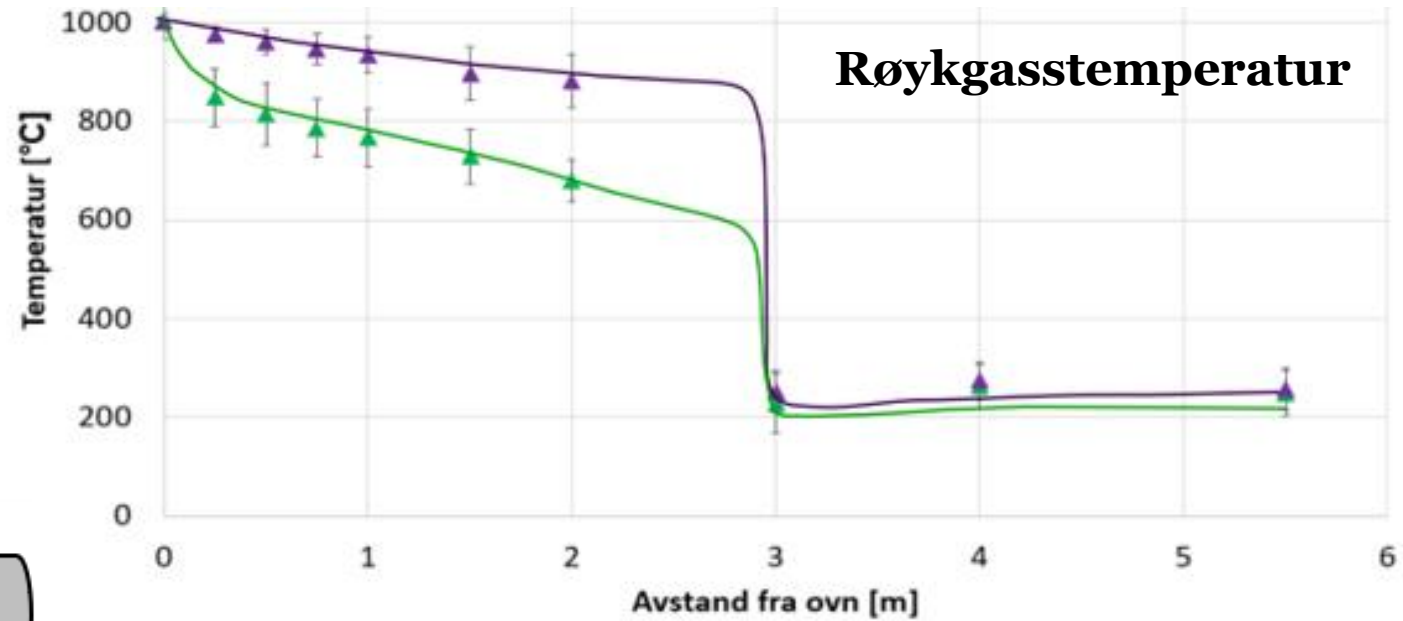
▲ 2,8 m isolert

▲ Uisolert



● 2,8 m isolert

● Uisolert



# Resultater – innblanding

- Overflatetemperaturen er vesentlig lavere enn røykgasstemperaturen på uisolert del av kanal.
- Byggforsk sitt krav med røykgasstemperatur på 160 °C blir derfor veldig konservativt.
- Uavhengig av om det er isolert eller ikke før innblandingspunktet, er godstemperaturen etter innblandingspunktet langt under det vi har vi har estimert som kritiske overflatetemperaturer.

# Blandingstemperatur – sammenligning av metoder

- Vi har sammenlignet ulike metoder å beregne blandingstemperatur på:

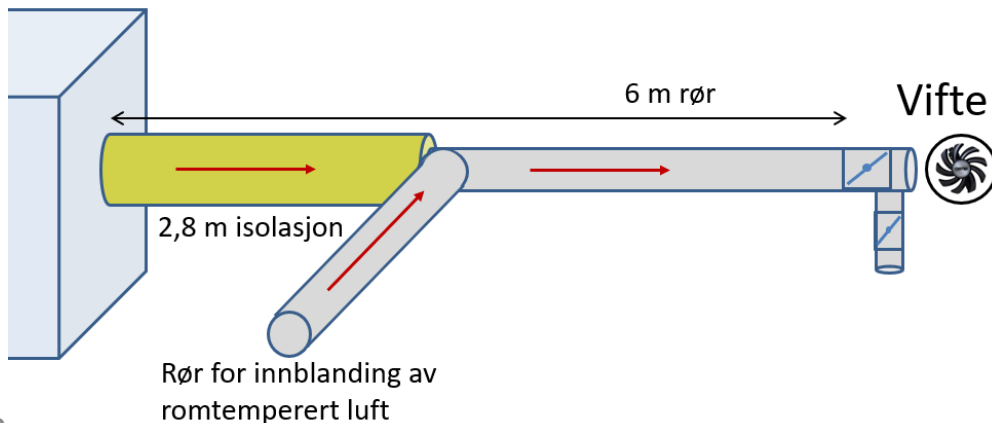
**Massestrømsformel** (utledet ved å sette opp en energibalanse basert på massestrøm)

**Volumstrømsformel** (hentet fra byggforsk 520.352 - forenkling av massestrømsformel)

$$T_{\text{blanding}} = \frac{\rho_1 \cdot \dot{V}_1 \cdot T_1 \cdot c_{p1} + \rho_2 \cdot \dot{V}_2 \cdot T_2 \cdot c_{p2}}{\rho_1 \cdot \dot{V}_1 \cdot c_{p1} + \rho_2 \cdot \dot{V}_2 \cdot c_{p2}}$$

Annotations: tetthet (points to  $\rho_1, \rho_2$ ), temperatur (points to  $T_1, T_2$ ), volumstrøm (points to  $\dot{V}_1, \dot{V}_2$ ), spesifikk varmekapasitet (points to  $c_{p1}, c_{p2}$ )

$$T_{bl} = \frac{(\dot{V}_b \cdot T_b + \dot{V}_r \cdot T_r)}{\dot{V}_b + \dot{V}_r} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{Antar at } c_p \text{ og } \rho \text{ er konstant}$$



Temperatur på røykgasstemperatur før innblanding

**Standard måte:** Benytte ovnstemperatur/ evt temperatur i brannrom

**Forbedret måte:** Benytte nærmeste målepunkt før innblandingspunkt. Vårt nærmeste punkt er ved 2,0 m.

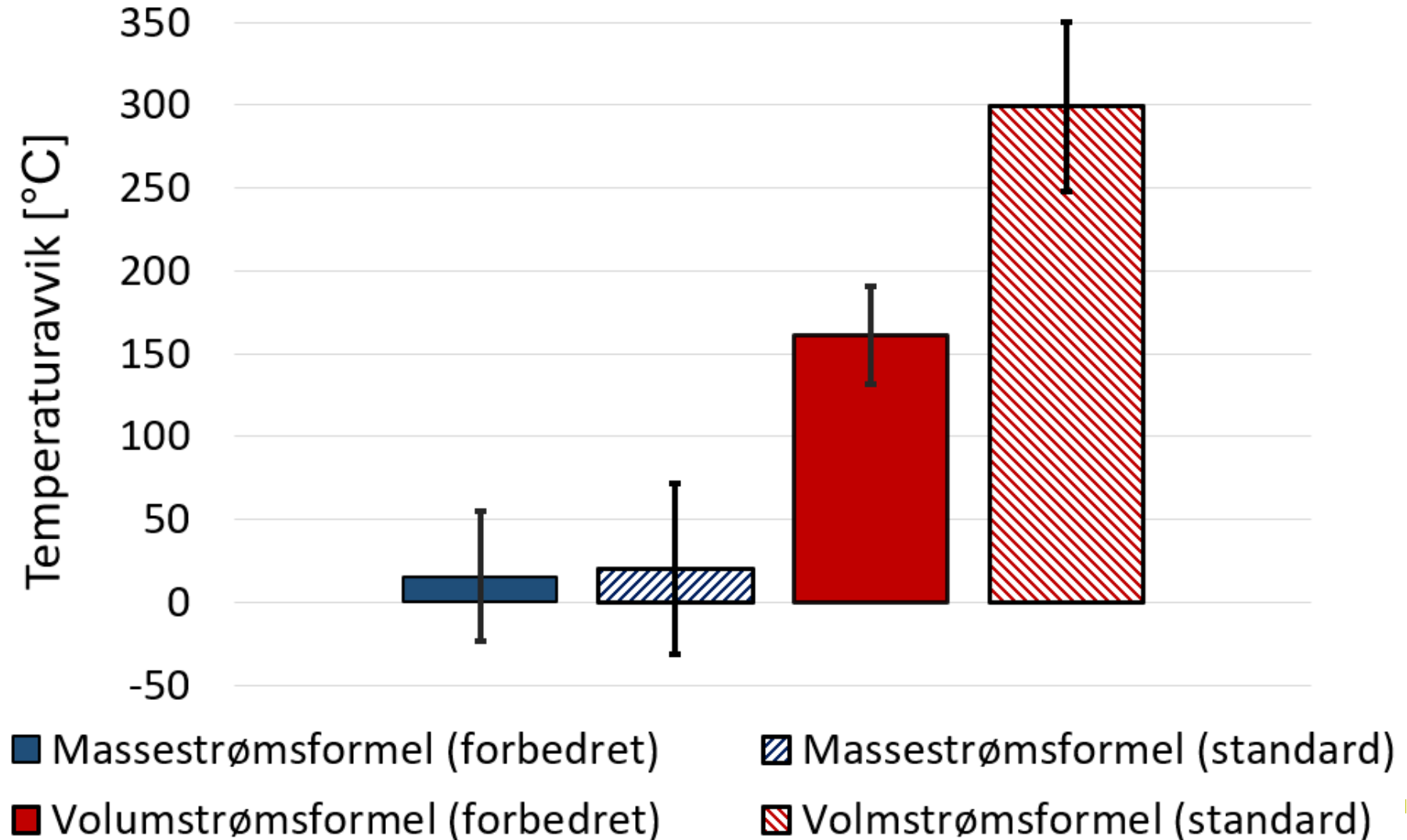
# Avvik fra målt temperatur

## ■ Massestrømsformel

- liten forskjell mellom standard og forbedret utregning
- Godt egnet for slike beregninger

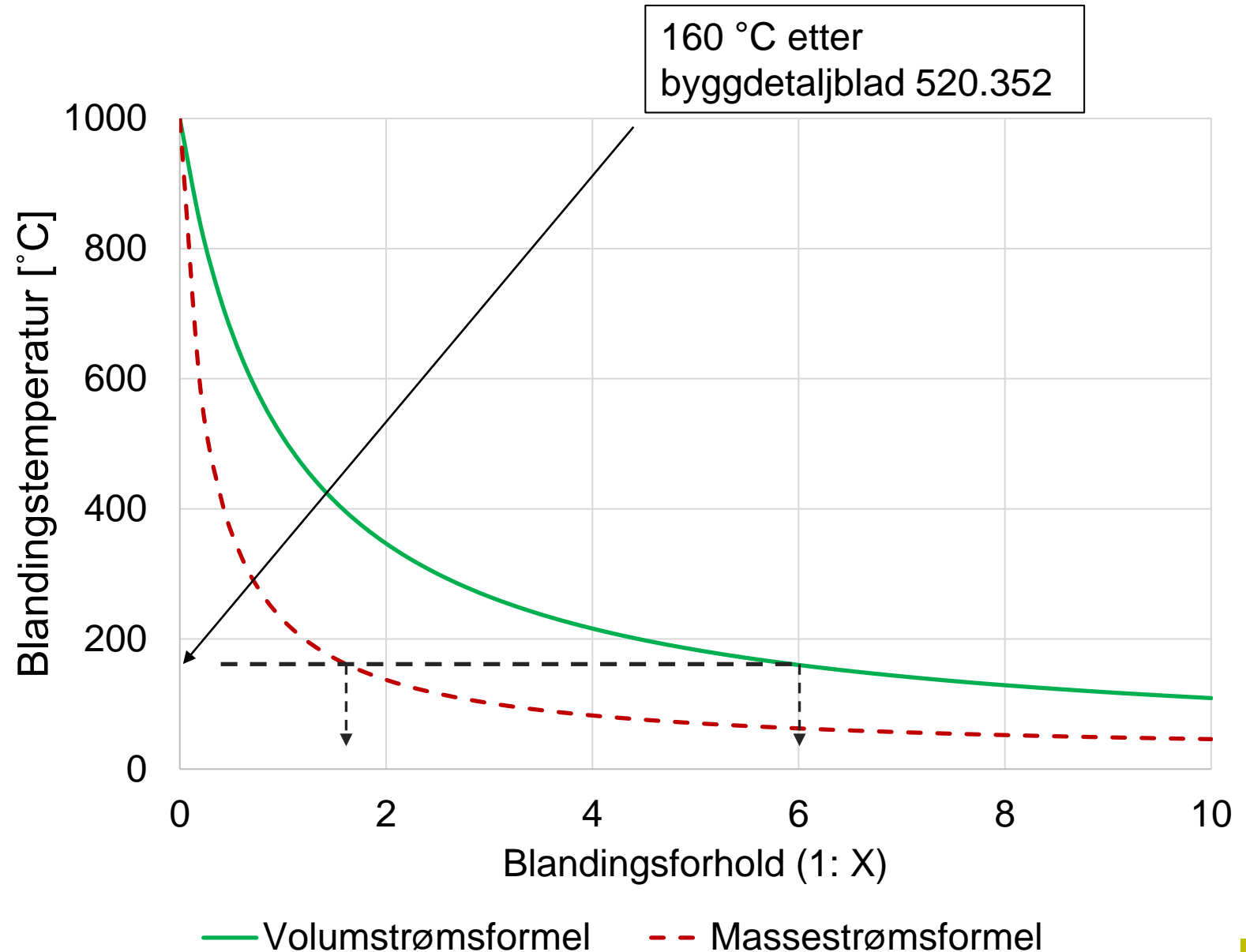
## ■ Volumstrømsformel

- stor forskjell mellom standard og forbedret utregning
- Ikke egnet for beregninger knyttet til brann



# Blandingsforhold

- En måte å redusere mengden isolasjon på er å beregne seg fram til hva røykgasstemperaturen blir ved innblanding av romtemperert luft.
- For å redusere temperaturen fra 1000 °C til 160 °C kreves det et innblandingsforhold på 1:1,6 ved massestrømsformelen, og 1:6 ved volumstrømsformelen.
- Hvis røykgasstemperatur har blitt benyttet som et mål på når isolasjon kan fjernes, har dette gitt unødvendig bruk av isolasjon.





# Mulige løsninger

- Er det hensiktsmessig å isolere avtrekkskanaler i sin fulle lengde, når det i hovedsak er kun en liten del av kanalen som oppnår kritiske temperaturer?
- Basert på resultatene vurderer vi at det er mulig å lage et brannsikkert ventilasjonskonsept som baserer seg på trekk-ut-strategi der det ikke er behov for å isolere kanalnett.
- En løsning uten bruk av isolasjon må inkludere en plan for å unngå at uisolerte kanaler har overflatetemperaturer som kan føre til antennelse av materialer i nærheten.
- Rapporten blir publisert i januar, og vil presentere konkrete løsninger for å redusere bruken av brannisolasjon.

# Videreføring av prosjektet

**I 2019 vil prosjektet fortsette med et forprosjekt som skal forberede del 2 av prosjektet**

**I del 2 av prosjektet ønsker vi blant annet å dokumentere:**

- hvilke trykk som kan oppstå under en brann i rom med ulike byggeteknikker. (Med byggeteknikker menes f.eks. hvordan bygget er bygd med hensyn til tetthet, materialvalg m.m.)
- i hvilken grad trykket som oppstår i et brannrom vil avlastes som følge av lekkasjer gjennom andre utettheter enn ventilasjonsanlegget.
- i hvilken grad røyk kan spre seg gjennom kanalnett i et ventilasjonsanlegg med spredning til nabobranncellene.
- om røykspredning gjennom et ventilasjonsanlegg kan true personsikkerheten under evakuering.
- hvilken effekt det har for røykspredningen at brannspjeld monteres i tillufts- og avtrekkskanalene der kanalnett krysser en brannskillende konstruksjon.
- i hvilken grad ventilasjonsfilter tettes av reell brannrøyk under ulike forhold (med og uten aktivert slokkeanlegg).

**Vi trenger imidlertid flere finansiører til del 2. [Ta kontakt om du er interessert!](#)**



## TAKK FOR MEG

Vi søker finansierer til del 2 av prosjektet

Ta kontakt for mer informasjon

Andreas Bøe [andreas.boe@risefr.no](mailto:andreas.boe@risefr.no)

Research Institutes of Sweden

**RISE Safety and Transport**

**RISE Fire Research**

**Trondheim**

