



SINTEF

# Prosjektrapport

## Royalbehandlet trekledning og brannsikkerhet

Komparative fraviksanalyser

### Forfattere:

Johan Kr. Møller, Anne-Marit Haukø, Kathinka Leikanger  
Friquin

### Rapportnummer:

2021:00730 - Åpen

### Oppdragsgiver:

Boligprodusentenes Forening



BOLIGPRODUSENTENE

# Prosjektrapport

## Royalbehandlet trekledning og brannsikkerhet

Komparative fraviksanalyser

**EMNEORD:**Brann, royalbehandlet  
trekledning, bolig,  
fraviksanalyse**VERSJON**

1.0

**DATO**

2021-07-01

**FORFATTERE**

Johan Kr. Møller, Anne-Marit Haukø, Kathinka Leikanger Friquin

**OPPDRAGSGIVER**

Boligprodusentenes Forening

**OPPDRAGSGIVERS****REFERANSE**

Per Jæger / Lars Myhre

**PROSJEKTNUMMER**

102025149

**ANTALL SIDER OG****VEDLEGG:**

40 + 1 vedlegg

**SAMMENDRAG**

SINTEF har gjennomført komparative fraviksanalyser for brannsikkerheten i boligbygninger i brannklasse 1 med royalbehandlet trekledning. Analysene er utført for boligbygninger som allerede er oppført eller er under oppføring, og i henhold til NS 3901. Deretter er det etablert et verktøy som enkelt kan benyttes for å vurdere om et bestemt byggverk innehar et tilfredsstillende nivå av brannsikkerhet og hvilke tiltak som eventuelt kan gjennomføres for å oppnå dette. Bakgrunnen er at royalbehandlet trekledning representerer et fravik fra preakseptert ytelse for ytterkledning ettersom det er avdekket at produktene ikke tilfredsstillende klasse D-s3,d0 som tidligere antatt. Klasse D-s3,d0 er preakseptert ytelse for ytterkledninger i veiledningen til TEK17 for de boligbygninger som er vurdert her. Rapporten beskriver de komparative fraviksanalysene som ligger til grunn for anbefalte kompensierende tiltak eller eksisterende forhold, samt beskrivelse av de anbefalte tiltakene. De anbefalte tiltakene er vurdert i forhold til det nivået av brannsikkerhet som fremkommer gjennom preaksepterte ytelser og som tilfredsstillende kravene til brannsikkerhet i TEK17.

**UTARBEIDET AV**

Johan Kr. Møller

## SIGNATUR

  
Johan Kr. Møller

Johan Kr. Møller (Jul 1, 2021 16:12 GMT+2)

**KONTROLLERT AV**

Kathinka Leikanger Friquin

## SIGNATUR

  
Kathinka Leikanger Friquin**GODKJENT AV**

Ola Asphaug

## SIGNATUR

  
Ola Asphaug

Ola Asphaug (Jul 1, 2021 16:50 GMT+2)

**RAPPORTNUMMER**

00730

**ISBN**978-82-14-  
07634-9**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

# Historikk

---

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2021-07-01	Original versjon

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
1.1	Bakgrunn .....	5
1.2	Royalbehandlet trekledning.....	5
1.3	Krav til brannegenskaper .....	5
1.4	Hva betyr bruken av royalbehandlet trekledning for brannsikkerheten? .....	6
1.5	Viktige bakgrunnsdokumenter .....	6
1.6	Målsetting .....	7
1.7	Rammebetingelser .....	7
1.8	Forutsetninger for analysen.....	7
<b>2</b>	<b>Resultater fra branntester av royalbehandlet trekledning .....</b>	<b>8</b>
2.1	Brannegenskaper for trekledning .....	8
2.2	Kunnskap fra litteraturen.....	8
2.3	Brannprøvinger .....	8
2.4	Storskalatester utført av RISE Fire Research AS.....	9
2.5	SBI-tester utført av RISE og DBI .....	12
2.6	Konkalorimeter-tester utført av RISE Fire Research AS .....	12
2.7	Bruk av testresultatene.....	13
<b>3</b>	<b>Komparativ analyse etter NS 3901:2012 .....</b>	<b>14</b>
3.1	Komparative analyser .....	14
3.2	Beslutningskriterier .....	15
3.3	Analysebyggverk .....	15
3.4	Referansebyggverk.....	16
3.4.1	Referansebyggverk .....	16
3.5	Analysemetoder.....	16
3.5.1	Generelt.....	16
3.5.2	Branntesting .....	16
3.5.3	Kvalitative vurderinger .....	16
3.5.4	Strålingsberegninger.....	17
3.5.5	Indeksmetoden FRIM-MAB .....	17
3.5.6	Flytskjema.....	17
3.6	Fareidentifikasjon .....	18
3.7	Analyse av årsaker og sannsynlighet .....	18
3.8	Brannscenarier.....	18
3.9	Kvalitative vurderinger.....	19
3.9.1	Person sikkerhet .....	19
3.9.2	Verdisikkerhet.....	20
3.10	Analyse av konsekvenser .....	20

3.10.1	Antennelse .....	20
3.10.2	Personikkerhet .....	21
3.10.3	Skadeomfang på eget bygg.....	22
3.10.4	Brannspredning til nabobygg.....	23
3.10.4.1	<i>Lave byggverk med samlet grunnflate &lt; 1200 m<sup>2</sup></i> .....	23
3.10.4.2	Byggverk med preakseptert ytelse til avstand på minst 8 m .....	24
3.10.5	Brannspredning fra nabobygg .....	27
3.11	Usikkerhetsanalyse .....	28
3.11.1	Hulrom .....	28
3.11.2	Flammespredning og geometri .....	28
3.11.3	Kritisk varmefluks .....	29
3.11.4	Brannvesenets innsatstid .....	29
3.12	Sensitivitetsanalyse.....	29
3.13	Beskrivelse av risiko .....	31
<b>4</b>	<b>Risikoevaluering .....</b>	<b>32</b>
4.1	Vurdering av risiko og kompensierende tiltak .....	32
4.2	Vurdering av effekten av tiltak.....	34
<b>5</b>	<b>Konklusjoner .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>39</b>

## VEDLEGG

---

### Vedlegg A - Strålingsberegninger

---

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

SINTEF har, på oppdrag for Boligprodusentenes Forening, analysert konsekvenser ved brann, og mulige kompensende forhold og tiltak, for boliger i brannklasse 1 med royalbehandlet ytterkledning av tre. Vurderingene av tiltakene som er beskrevet er utført for bygninger som er ferdig oppført eller under oppføring.

Royalbehandlet ytterkledning, også kalt royalimpregnert trekledning, representerer et fravik fra preakseptert ytelse ettersom det er avdekket at denne likevel ikke tilfredsstillende klasse D-s3,d0 som tidligere antatt. Klasse D-s3,d0 er preakseptert ytelse for ytterkledninger i veiledningen til Forskrift om tekniske krav til byggverk (VTEK17) for de boliger som vurderes her. Hensikten med prosjektet har vært å etablere fraviksanalyser og et verktøy som enkelt kan benyttes for å vurdere om et bestemt byggverk innehar et tilfredsstillende nivå av brannsikkerhet og hvilke tiltak som eventuelt kan gjennomføres for å oppnå dette. Fraviksanalysene er basert på komparativ analyse i henhold til NS 3901 [1].

## 1.2 Royalbehandlet trekledning

Royalbehandlet trekledning er en ytterkledning som kan benyttes som luftet kledning på blant annet boliger. Kledningen er ofte produsert i henhold til produktstandard EN 14915 [2].

Trekledninger for utendørs bruk blir ofte impregnert for å forbedre bestandigheten mot vær og vind. Det finnes ulike typer impregnering, og en av dem kalles royalimpregnering/royalbehandling. Royalbehandlet trevirke er trevirke som er behandlet med en kombinasjon av trykkimpregnering med vannløste midler, vanligvis kobbersalter, og en etterfølgende oljebehandling der trelasten kokes i olje under vakuumbet. Det gir en trelast som er innoljet på alle sider, og på den måten får vannavvisende egenskaper. Trekledningen blir normalt impregnert 1-2 mm innover i tverrsnittet [3].

Generelt består royalolje av ca. 50 % petroleumbasert olje og 50 % linolje. I tillegg kan oljen være tilsatt fargepigmenter [4]. Royalimpregneringen benyttes for å forbedre bestandigheten til trekledningen, og har ikke til intensjon å forbedre kledningens brann tekniske egenskaper som antennelighet og brennbarhet.

## 1.3 Krav til brannegenskaper

Kravene til brannsikkerhet i bygninger er gitt i byggeforskriften TEK17 [5]. I veiledningen til TEK17 (VTEK17) [6] finner man preaksepterte ytelse som kan benyttes for å tilfredsstille kravene i TEK17. I forbindelse med utvendige overflater er det funksjonskravet i § 11-9 som er relevant:

- (1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at det er liten sannsynlighet for at brann skal oppstå, utvikle og spre seg. Det skal tas hensyn til byggverkets bruk og den nødvendige tiden for rømning og redning.*
- (2) Materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det skal legges vekt på muligheten for antenning, hastigheten av varmeavgivelse, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning.*

Veiledningen beskriver at utvendige overflater på bygninger kan ha betydning for brannspredningen i et bygg og til andre bygninger, og oppgir derfor en minste preakseptert ytelse for utvendige overflater, D-s3,d0. Videre står det i VTEK17 § 11-9 at utvendige overflater på vegger og tak vanligvis ikke vil ha avgjørende betydning i det tidlige brannforløpet med mindre byggverket antennes utvendig, men kan ha stor betydning for brannspredningen når brannen har blitt mer omfattende (etter overtenning). Det er ikke gjort endringer med hensyn på preakseptert ytelse for utvendige overflater i forbindelse med overgangen

fra TEK10 til TEK17, men i 2014 ble det gitt en preakseptert lempelse for bruk av uklassifiserte overflater i hulrom bak ytterkledningen for boliger inntil 3 etasjer i brannklasse 1.

## 1.4 Hva betyr bruken av royalbehandlet trekledning for brann sikkerheten?

Det er montert royalbehandlet kledning på boliger i god tro om at kledningen hadde minst klasse D-s3,d0. Dette stemmer ikke lenger med nye ytelseserklæringer fra royalprodusentene. Enkelte produkter oppnår klasse E, mens andre foreløpig er uklassifisert. Produktene tilfredsstillter dermed ikke preaksepterte ytelse for utvendige kledninger gitt i VTEK17. Dette kan øke risikoen for at utvendig brantilløp sprer seg til andre deler av bygget enn der den startet. Klassifiseringen kan også øke risikoen for at en brann sprer seg mellom bygninger, og at brannen sprer seg raskere. Hvordan dette påvirker brann sikkerheten vil imidlertid avhenge av bygningstype, utforming, virksomheten i bygningen og avstand til nabobygg.

Royalbehandlet trekledning er brukt på bygninger i brannklasse 1 med 2-3 etasjer, men også i bygninger i brannklasse 2 og 3 med 3 etasjer eller mer. I brannklasse 2 og 3 må imidlertid bruken av denne kledningen som regel kombineres med andre brann sikringstiltak myntet på å ivareta brannspredning, som gitt i VTEK17 § 11-9. Man kan velge å følge preaksepterte ytelse, eller gjennomføre brann teknisk analyse for disse tiltakene. Brannklassene stiller ulike krav til brann sikkerhetsnivå i bygningene, slik at betydningen av kledningens egenskaper vil variere for konkrete prosjekt.

Før man kan konkludere med hvilke tiltak som må gjennomføres og i hvilke bygninger det er nødvendig med tiltak for å tilfredsstillere kravene til brann sikkerheten, er det nødvendig med mer kunnskap om brannegenskapene til produktene. Vurderinger av hvordan klassifiseringen av royalbehandlet trekledning påvirker brann sikkerheten i flere typer boligbygg er derfor gjennomført. Her inngår blant annet prøving av royalbehandlet trekledning, samt ubehandlet trekledning og kledning med andre overflatebehandlinger. Resultatene fra brannprøvinger av royalbehandlet kledning som er utført i denne forbindelse utgjør deler av grunnlaget for vurderingene og analysene i denne rapporten.

Vedlikehold av royalbehandlet trekledning må utføres i henhold til veiledning fra leverandøren av produktet som også ivaretar de brann tekniske egenskapene. Forvaltning-, Drift- og Vedlikeholdsdokument (FDV) må være tydelig, og leverandørens veiledning lett forståelig. Den nye kunnskapen om hvordan royalbehandlingen påvirker brannegenskapene til kledningene kan medføre behov for å endre FDV-dokumentasjonen slik at forutsatt ytelse ikke forringes.

## 1.5 Viktige bakgrunnsdokumenter

Vurderingene i denne rapporten må ses i sammenheng med informasjon som er gitt i andre dokumenter. Blant annet gir følgende dokumenter viktig informasjon om aktuell produktstandard for royalbehandlet trekledning, klassifisering av egenskap ved brannpåvirkning, regler for produktdokumentasjon, samt beskrivelse av klassifiseringssystemet for byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning, som ligger til grunn for vurderingene i denne rapporten:

- DiBK. *Tilsyn med brannhemmende trekledning 2020* [7]  
Rapporten omtaler også hvilke regler som gjelder for vurdering og verifisering av egenskaper for royalbehandlet trekledning i forbindelse med utarbeidelsen av produktdokumentasjon. Rapporten beskriver også klassifiseringssystemet.
- DiBK. *Veiledning om midlertidig brukstillatelse og ferdigattest for bygninger med royalbehandlet kledning* [8]  
Websiden inneholder veiledning om hvordan man kan få midlertidig brukstillatelse og ferdigattest for bygninger med royalbehandlet kledning.
- RISE. *Vurdering av brann tekniske egenskaper til fasadekledning av tre* [9]  
Rapporten inneholder prøveresultater for royalbehandlet trekledning samt enkelte andre typer

overflatebehandlinger. Rapporten inneholder også informasjon om når det er mulig å klassifisere et produkt i henhold til EN 14915 uten å teste det, og en beskrivelse av klassifiseringssystemet for byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning.

## 1.6 Målsetting

Målsettingen med denne rapporten er å etablere standardiserte fraviksanalyser for et utvalg boliger i brannklasse 1 med royalbehandlet trekledning. Analysene gjøres komparativt i henhold til NS 3901 [1]. Som et resultat av analysene skal det etableres et verktøy som enkelt gjør ansvarlig prosjekterende for brann (PRO brann) i stand til å vurdere om brannsikkerheten for et bestemt byggverk/prosjekt er ivaretatt i henhold til TEK17 med royalbehandlet ytterkledning. DiBK informerte 30. april 2021 at foretak som er ansvarlig for prosjektering av brannsikkerhet i tiltaksklasse 1 og 2 kan benytte standardiserte og forhåndsdokumenterte fraviksanalyser for å dokumentere at brannprosjekteringen er i henhold til TEK17 [8].

Bruk av standardiserte og forhåndsdokumenterte fraviksanalyser følger ansvarssystemet i SAK10 [10] på vanlig måte. Det vil være ansvarlig prosjekterende som står ansvarlig overfor bygningsmyndigheten dersom det oppdages feil ved prosjekteringen ved et eventuelt tilsyn. Dette innebærer også at ansvarlig prosjekterende vil måtte bekrefte i prosjekteringen at det konkrete tiltaket samsvarer med de forutsetningene som gjelder for det representative analysebygget.

Etter som fraviksanalysene skal favne flere byggverk med ulik utforming og stedlige faktorer må gyldighetsområdet for analysene følge strenge begrensninger. Disse begrensningene vil sammen med eventuelle kompenserende tiltak utgjøre en vesentlig del av verktøyet som analysene skal resultere i. I enkelte tilfeller vil de kompenserende tiltakene være iboende egenskaper eller forhold ved et bygg eller prosjekt, mens det i andre tilfeller kan være behov for å gjøre spesifikke tiltak for å kompensere for den reduserte ytelsen til ytterkledningen sammenlignet med den preaksepterte ytelsen.

## 1.7 Rammebetingelser

Forfattere av denne rapporten fremkommer av forsiden. Kathinka Leikanger Friquin har vært prosjektleder for SINTEF Community. Det har i tillegg blitt etablert en referansegruppe bestående av rådgivende ingeniører, produsenter/utførende samt flere bransje- og interesseorganisasjoner for detaljert kunnskap om byggemetoder og avgrensninger med hensyn på praktisk gjennomførbarhet. Følgende firma og organisasjoner har vært representert; Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF), Treindustrien, Byggmesterforbundet, Treteknisk, Byggevareindustriens Forening, Virke, Norske Boligbyggelags Landsforbund (NBBL), RISE Fire Research, Entreprenørforeningen – Bygg og Anlegg (EBA).

## 1.8 Forutsetninger for analysen

Analysen dekker byggverk som tilfredsstiller følgende forutsetninger:

- Boligbygninger i risikoklasse 4 i brannklasse 1, se kap. 3.3 for bygg som dekkes.
- Verktøyet, samt analysene og vurderingene som ligger bak, er utarbeidet for bygninger som allerede er oppført eller prosjektert med royalbehandlet ytterkledning.
- Analysen gjelder bruk av lukket\* royalbehandlet ytterkledning i den utstrekning og i de tilfeller der preakseptert ytelse til ytterkledning er D-s3,d0.  
\* Med "lukket" menes at det er tette skjøter mellom bordene, og f.eks. ikke åpen låvepanel eller spilekledning
- Den royalbehandlede ytterkledningen forutsettes å tilfredsstille følgende minimumsegenskaper;
  - o Minimum tykkelse på 19 mm (min. 9 mm i fals) og 390 kg/m<sup>3</sup> densitet.
  - o Minimum klasse E i henhold til NS-EN 13501-1.



- I brannteknisk prosjektering eller utførelse er det ikke gjort andre fravik fra preaksepterte ytelser i VTEK17 § 11 enn royalbehandlet kledning som utvendig overflate. Det vil si at alle andre preaksepterte ytelser er fulgt helt ut.
- Analysen gjelder ikke verneverdige bygg, bygg i eldre, tett trehusbebyggelse og bygg i områder med særlige risikoforhold knyttet til brann. Slike tilfeller vil normalt fremkomme gjennom byggets opprinnelige byggesak.
- Ytterligere begrensninger/forutsetninger varierer for ulike typer boliger og fremkommer av verktøy for vurdering av hvert byggverk.

## 2 Resultater fra branntester av royalbehandlet trekledning

### 2.1 Brannegenskaper for trekledning

Det finnes mange ulike metoder for brannprøving av trekledningens brannegenskaper, som for eksempel hvordan kledningen antennes og forbrenner, og hvordan flammer sprer seg på overflaten.

Brannegenskapene vil påvirkes av behandling av trekledningen, som for eksempel impregnering, royalbehandling, maling, beis etc. Noen av egenskapene finnes det mye kunnskap om, mens andre er utredet i mindre grad. Hvordan behandlingen påvirker brannegenskapene er et område det er forsket lite på. I dette kapittelet oppsummeres relevant kunnskap fra litteraturen samt resultater fra brannprøvinger som er utført i forbindelse med denne saken. I tillegg er prøveresultatene vurdert i forhold til den informasjonen som trengs i fraviksanalysen.

### 2.2 Kunnskap fra litteraturen

Fire Growth Rate (FIGRA) for ubehandlet tre varierer med densiteten til trematerialet ifølge Östman og Mikkola [11]. Høyere densitet gir lavere FIGRA-verdi, opp til en densitet på ca. 500 kg/m<sup>3</sup>. Ifølge artikkelen vil ikke tre med densitet mindre enn 350 kg/m<sup>3</sup> tilfredsstillende kriteriet til FIGRA-verdi i klasse D, 750 W/s, i EN 13501-1 [12]. Ved prøving av spesifikke produkter kan man likevel oppnå andre resultat. Tynne produkter (< 9 mm) med lufting bak tilfredsstiller heller ikke kravet til FIGRA-verdi for klasse D. Ubehandlet trekledning med tykkelse minst 9 mm og densitet minst 390 kg/m<sup>3</sup> har FIGRA-verdi under 600 W/s, ifølge Östman og Mikkola [11].

Overflatebehandling av trekledningen kan forringe brannegenskapene. Det kommer blant annet frem i studie av to typer maling påført en gipsplate, utført av Steen-Hansen og Kristoffersen [13]. Testene viste at antall lag maling påvirket brannegenskapen i negativ retning, men at hvor stor reduksjonen ble var avhengig av malingstypen.

Kritisk fluks er en viktig parameter både for antennelse (brannstart) og brannspredning. Egenskapen kan variere noe, men for ubehandlet treverk benyttes generelt en referanseverdi på 12,6 kW/m<sup>2</sup> som kritisk fluks for antennelse [9].

### 2.3 Brannprøvinger

Følgende rapporter fra brannprøving er brukt som grunnlag for fraviksanalysen:

- RISE Fire Research AS. Vurdering av branntekniske egenskaper til fasadekledning av tre. Branntesting av trekledning med ulike typer behandling, RISE-rapport nr. 2021:61, Trondheim, 2021 [9]
- DBI Fire and Security. Prøvningsrapport (MøreRoyal), DBI-rapport nr. PFA11666A, Hvidovre, Danmark, 2021 [14]
- DBI Fire and Security. SBI-prøving royalbehandlet furu, PFA11673A-1classresults.doc, 24.02.2021
- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving ubehandlet trepanel E test 1, 03.02.2021
- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving ubehandlet trepanel E test 2, 11.02.2021

- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving ubehandlet trepanel E test 3, 23.02.2021
- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving panel c RB10 brun, 11.02.2021
- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving RO.0, 22.02.2021
- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving granpanel RG20, 02.02.2021\*
- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving granpanel RG20 åldrad, 02.02.2021\*
- RISE Research Institutes of Sweden. SBI-prøving Oljebehandlad Pigmenterad Granpanel RS30 A, 03.02.2021\*
- RISE Fire Research AS. Vurdering av kritiske varmestrålingsnivåer for antennelse av behandlet tre. Tester basert på ISO 5660-1:2015/Amd 1:2019, Rapportnr. F21 130009-39, Trondheim, 2021 [15]

\*Det er av Boligprodusentenes Forening, juni 2021, opplyst om at rapporttitlene fra RISE Research Institutes of Sweden ved en feil inneholder treetypen gran. Det som faktisk ble testet var furukledninger.

## 2.4 Storskalatester utført av RISE Fire Research AS

I samarbeid med tre produsenter av royalbehandlet kledning har Boligprodusentenes Forening i forbindelse med denne saken gjennomført storskala branntester ved RISE Fire Research AS i Trondheim [9]. Testene er utført på veggfelt med 2,5 m bredde og 6 m høyde. Brannkilden var en propanbrenner som gav branneksporing på nedre del av kledningen. Testene er utført på både ubehandlet, malt/beiset og royalbehandlet kledning. Både fersk og 18 måneder gammel royalbehandlet trekledning ble testet.

Ubehandlet trekledning er den eneste kledningen brukt i testene som tilfredsstillende den preaksepterte ytelsen D-s3,d0, og brukes i det videre som sammenligningsgrunnlag i den komparative analysen. Ubehandlet trekledning med en viss minimums tykkelse og densitet har FIGRA-verdi under 600 W/s, se pkt. 2.2, og brukt som referanse her representerer den derfor noe som er bedre enn det som formelt uttrykkes gjennom preakseptert ytelse.

Effekter på propanbrenneren i testene var 125 kW, 251 kW og 376 kW. Resultatene viser at den maksimale varmefluksen i 2 m avstand fra veggen er noe høyere for royalbehandlet trekledning sammenlignet med ubehandlet kledning, og at forskjellen øker med økt initialbrann (effekt på propanbrenner). Dette er også synlig gjennom større flammehøyde på kledning som er royalbehandlet. Økning i maksimal varmefluks varierer fra 30 - 120 % for royalbehandlet kledning sammenlignet med ubehandlet kledning avhengig av målepunkt og initialbrann. På grunn av større flammehøyde i testene med royalkledning treffer flammene takutstikket under testene med den høyeste initialbrannen, propanbrenner med 376 kW, noe som påvirker resultatene i målepunktet i 4,5 m høyde. På det laveste målepunktet i 1,5 m høyde påvirker propanbrenneren varmefluksen i større grad. Det er derfor sett nærmere på resultatene i 3 m høyde og med middels effekt på propanbrenner, 251 kW, hvor initialbrann og takutstikk har minst innvirkning på resultatene. Resultatene for ubehandlet kledning og royalbehandlet kledning er sammenstilt i Tabell 1.

**Tabell 1. Maksimal og gjennomsnittlig (4-10 min) varmefluks i 3 m høyde fra forsøk med 251 kW effekt på propanbrenner [9]**

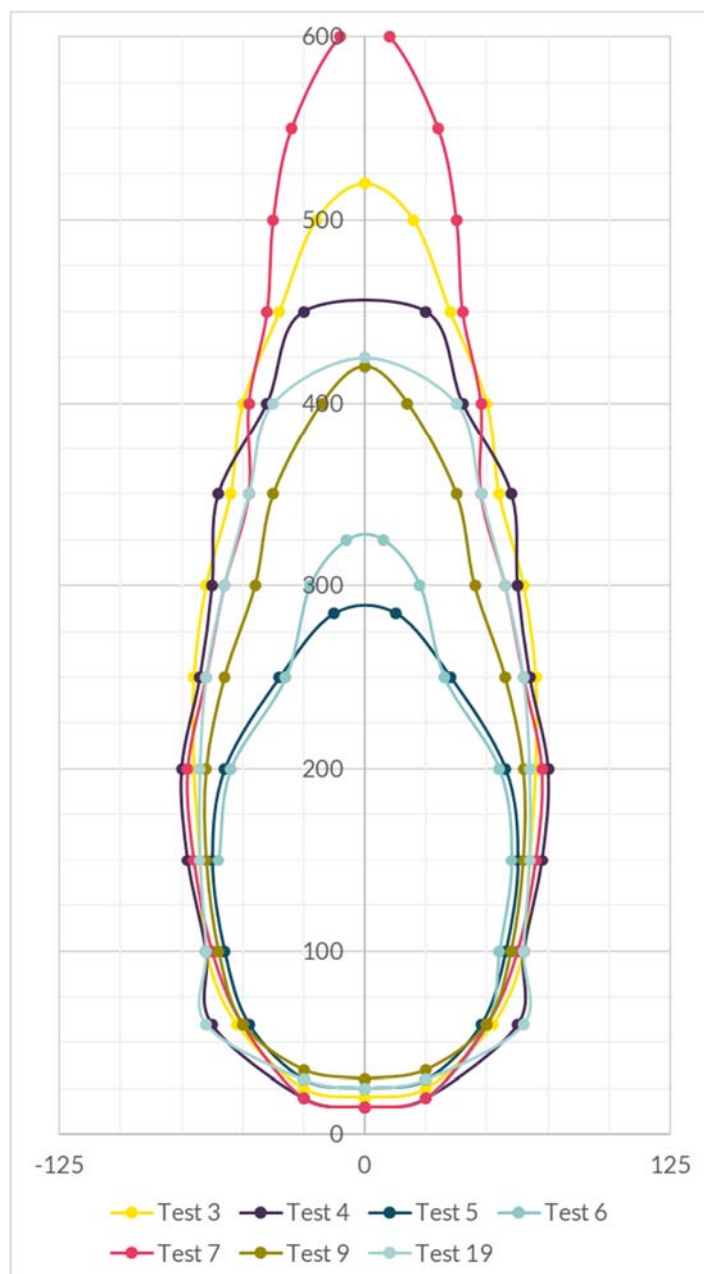
Test nr.	Behandling	Profil	Orientering	Maks varmefluks [kW/m <sup>2</sup> ]	Gjennomsnitt varmefluks 4-10 min [kW/m <sup>2</sup> ]
5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	1,56	1,43
6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	1,65	1,48
4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	3,01	2,05
3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	3,03	1,99
7	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	3,30	1,81



Resultatene viser en økt maksimal varmefluks for royalkledning på 80-110 % i forhold til ubehandlet trekledning i denne høyden og med denne initialbrannen. Den maksimale varmefluksen oppstår i løpet av de første minuttene i testene. Når det har dannet seg et beskyttende forkullet lag på overflaten, som er typisk for treverk, reduseres forbrenningen av treet. Forskjellen på gjennomsnittsverdien i perioden 4-10 minutter på 20-40 % indikerer at det er denne første toppen av varmeavgivelse som skjer i løpet av de første minuttene som utgjør den største differansen mellom royalbehandlet og ubehandlet kledning, selv om den også gjennomsnittlig er høyere etter dette. Strålingsverdiene er relativt små, men må betraktes på bakgrunn av at målingene skjer i 2 m avstand på en slett/flat vegg og at hulrom ikke er medtatt i testene.

Testene viser at den vertikale brannspredningen og påkjeningen, målt ved skadeomfang på kledningen, er større med royalbehandlet enn for ubehandlet kledning. Den horisontale utstrekningen på skader er tilnærmet lik. Figur 1 viser skadebilde for tester med medium brennereffekt, 251 kW.

Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Brennereffekt [kW]
Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251
Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	251
Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	251
Test 6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	251
Test 7	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	251
Test 9	Grunning + maling	Dobbelfals	Horisontal	251
Test 19	Beis	Dobbelfals	Horisontal	251



Figur 1. Skadeomfang på kledning etter 10 minutter branneksporing fra propanbrenner med effekt 251 kW, figur 6-7 fra [9] (Kilde: RISE Fire Research AS)

Når initialbrann (propanbrenner) slås av etter 10 minutter stanser brannutviklingen både i ubehandlet og royalbehandlet kledning. Det oppstår i dette testoppsettet med andre ord ikke en "selvunderholdende" brann i kledningen. Dette gjelder for alle de tre brennereffektene som ble brukt i testene. Det er usikkert hvordan et eventuelt hulrom og/eller innvendige hjørner vil påvirke resultatet, samtidig som gjennombrenninger ble tettet underveis i forsøkene for å isolere målinger til kledningenes overflate.

## 2.5 SBI-tester utført av RISE og DBI

SBI-tester er utført hos RISE i Sverige og DBI i Danmark, se pkt. 2.3. Testresultatene er sammenstilt i Tabell 2.

**Tabell 2. FIGRA-verdier, total varmeavgivelse etter 10 minutter (THR) og sideveis flammespredning (LFS) for ulike kledningstyper**

Type kledning	Test-ID	Prod. ID	FIGRA <sub>0,4</sub> [W/s]	THR(600) [MJ]	LFS til kant?
Ubehandlet	RISE-03/02/2021	Obehandlad Panel E	614	32,2	Nei
Ubehandlet	RISE-11/02/2021	Obehandlad Panel E	632	32,2	Nei
Ubehandlet	RISE-123/02/2021	Obehandlad Granpanel E	482	24,2	Nei
Royalbehandlet	RISE-11/02/2021	Panel c RB10 Brun	2918	61,1	Ja
Royalbehandlet	RISE-22/02/2021	Panel produkt d (Ro.O)	2649	63,5	Nei
Royalbehandlet	RISE-02/02/2021	Granpanel RG20	1972	51,8	Nei
Royalbehandlet	RISE-02/02/2021	Granpanel RG20 åldrad (prod.2019)	1149	45,8	Nei
Royalbehandlet	RISE-03/02/2021	Oljebehandlad Pigmenterad Grananel RS30 A	2227	51,0	Nei
Royalbehandlet	DBI-18/01/2021 (Middelverdi 3 prøver)	MøreRoyal - RG.25 Profil 6/7 DF NY	1739	55,7	Nei

Resultatene viser tydelige forskjeller i FIGRA-verdi og total varmeavgivelse etter 10 minutter, hvor den royalbehandlede kledningen har vesentlig høyere FIGRA-verdier og total varmeavgivelse. For royalbehandlet kledning har aldret kledning (prod. 2019) lavest FIGRA- og THR-verdier, men ligger fortsatt ca. 50 % over FIGRA-kriteriet for klasse D på 750 W/s. For klassifiseringen (klasse D) er det bare FIGRA-verdien som benyttes. I denne rapporten vurderes også de andre egenskapene.

## 2.6 Konkallorimeter-tester utført av RISE Fire Research AS

Det er også gjennomført konkallorimeter-tester på royalbehandlet kledning [15]. Her ble det testet både fersk kledning, samt kledning som hadde stått 4, 12 og 18 måneder på en fasade. Resultatene er sammenstilt i Tabell 3. Disse viser at kritisk varmefluks varierer fra 2,1 kW/m<sup>2</sup> til 14,1 kW/m<sup>2</sup>, hvor den høyeste verdien tilhører 12 måneders aldret royalbehandlet kledning. Resultatene antyder at aldringsprosessen har en positiv effekt på den kritiske fluksen for antenning, hvor både 12 og 18 måneders aldret kledning har en kritisk varmefluks på over 10 kW/m<sup>2</sup>. Til sammenligning benyttes vanligvis referanseverdien 12,6 kW/m<sup>2</sup> for ubehandlet kledning [9].

**Tabell 3. Sammenstilte resultater for kritisk fluks (Qcr) og temperatur (Tcr) [15]**

Type	Qcr [kW/m <sup>2</sup> ]	Tcr [°C]
Royal A	4,9	198
Royal B	3,2-5,2	146-206
Royal 4 mnd	2,1-6,9	105-246
Royal 12 mnd	11,9-14,1	334-364
Royal 18 mnd	10,5*	313

\*Noe usikkerhet rundt eksakt verdi pga. lav R-kvadratverdi.

## 2.7 Bruk av testresultatene

Som det fremgår av kapitlene over er det utført både småskala- og storskala branntester. Noen av testene har fulgt standardiserte prøvingsmetoder og andre ikke. Testene er gjennomført med fylldig dokumentasjon for etterprøvnbarhet. Utvalget av prøveelementer er ikke gjort etter en bestemt metode og er smalt med hensyn på antall produktvarianter. Det finnes flere royalbehandlede trekledningsprodukter og produsenter, men det har av praktiske årsaker ikke vært mulig å teste alle i forkant av dette prosjektet, og alle variantene er heller ikke testet i de ulike prøvingsmetodene. De produsentene og produktene som har blitt testet utgjør likevel en viss andel av dagens marked, og resultatene må betraktes på bakgrunn av dette. Det gjøres begrensninger og tas hensyn til hvilke kledninger som dekkes av analysen, både mht. tykkelse, densitet, geometri på bygget og branntekniske egenskaper. Usikkerhet rundt grunnlagsmaterialet er beskrevet nærmere i kap. 3.11 og er i stor grad håndtert gjennom en konservativ tilnærming i analysen.

## 3 Komparativ analyse etter NS 3901:2012

### 3.1 Komparative analyser

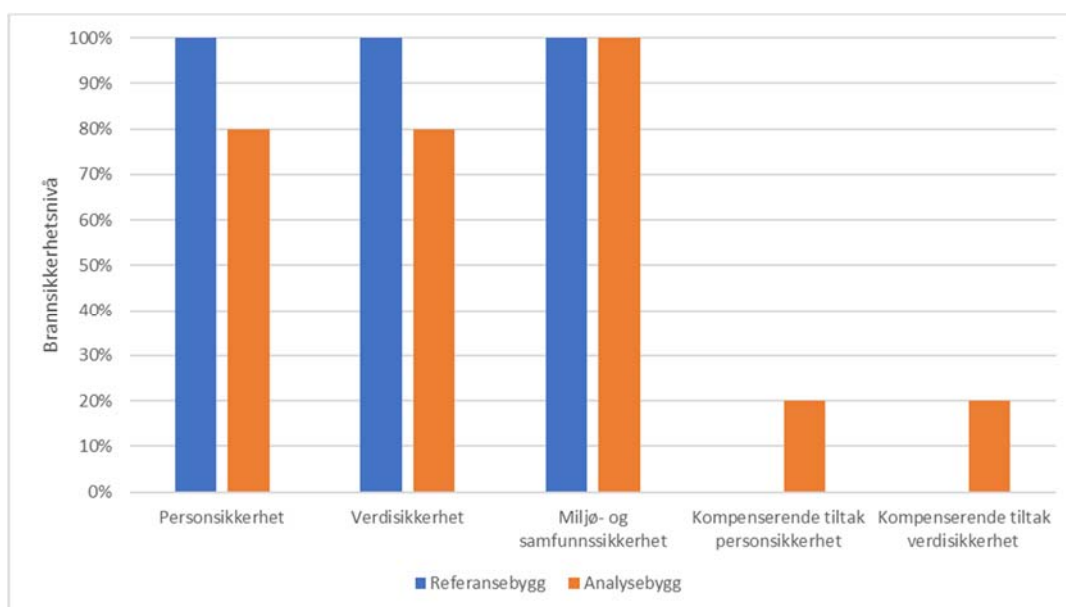
Fraviksanalysen gjøres komparativt i henhold til pkt. 7 i NS 3901 fordi det er vurdert som den best egnete analysemetoden i dette tilfellet. Vi ønsker å sammenligne risikoen som royalkledningen utgjør i forhold til preakseptert kledning med klasse D-s3,d0.

Komparativ analyse betyr at man bruker nivået av brannsikkerhet som fremkommer av et lignende preakseptert byggverk som akseptekriterium for det aktuelle bygget med fravik. NS 3901 [1] beskriver komparativ analyse slik: *"Hensikten med en komparativ analyse er å vise at brannsikkerheten i et analysebyggverk er minst like god som i et referansebyggverk som er utformet i samsvar med preaksepterte ytelser gitt av myndighetene"*.

Det preaksepterte bygget, kalt referansebygget, skal i henhold til NS 3901 tilfredsstille følgende krav:

- Ett sett av preaksepterte ytelser som er realistisk å kombinere i ett og samme byggverk.
- Det skal være fysisk mulig å bygge.
- Samme type virksomhet som analysebygget (samme risikoklasse og minst like høy brannklasse som analysebygget).

Den komparative analysen ser på hvilke områder av brannsikkerheten som påvirkes av fraviket og hvilke forhold/tiltak som kan kompensere for dette. Forskjeller utover det aktuelle fraviket mellom referansebygget og bygget som analyseres, kalt analysebygget, vil kunne utgjøre iboende eller etablerte kompenserende egenskaper. Figur 2 illustrerer forholdet mellom brannsikkerheten i referanse- og analysebyggverket. Disse egenskapene beskrives eksplisitt i analysen og utgjør begrensninger eller forutsetninger for hvilke byggverk som analysen er gyldig for.



**Figur 2. Illustrasjonen viser hvordan nivå av brannsikkerhet ivaretas i komparativ analyse. I enkelte tilfeller kan også nivået av brannsikkerhet i analysebygget overgå det i referansebygget**

Det vil være ulike iboende kompenserende forhold i ulike grupper av bygg som er aktuelle for analysen. For eksempel vil en brann i en toetasjes enebolig med god avstand til nabo typisk representere lavere

verdier og brannrisiko sammenlignet med et 3 etasjes rekkehus med større arealer. Det benyttes ulike analysemetoder for å avdekke nødvendige tiltak og kompenserende forhold, samt vurdere deres effekt, disse er nærmere beskrevet i kap. 3.5.

Til grunn for den komparative analysen ligger det at myndighetenes krav til nivå av brannsikkerhet er lik innenfor samme brannklasse og risikoklasse. Når kompenserende forhold identifiseres eller tiltak gjennomføres for å oppnå samme nivå som for referansebygget er funksjonskravene i TEK17 ivaretatt.

### 3.2 Beslutningskriterier



Følgende beslutningskriterier skal benyttes:

- Dersom en parameter ved analysebygget er like bra eller bedre enn for referansebygget, er det en akseptabel risiko.
- Dersom en parameter ved analysebygget er dårligere enn for referansebygget, må det vurderes hvilken innvirkning det har på brannsikkerheten og hvilke kompenserende tiltak som gjør at risikoen kommer på nivå med referansebygget. Dette kan være tiltak/forhold som analysebygget allerede innehar, eller tiltak som fysisk må etableres i etterkant.
- For personsikkerheten vil plassering av, og antall, rømningsveier, slokkeanlegg og type brannvarsling være avgjørende.
- For verdisikkerheten vil avstand til nabobygg med tilhørende strålingsrisiko, slokkeanlegg, brannvesenets innsatstid, utforming av fasade (takutstikk, overbygg) og antall brannceller i høyden være avgjørende.

### 3.3 Analysebyggverk

Det etableres totalt 2 analysebyggverk, begge innenfor brannklasse 1, som representerer ulike bygningstyper. Tabell 4 gir en beskrivelse av de aktuelle analysebyggverkene.

**Tabell 4. Analysebyggverk i brannklasse 1 (Kilde: Boligprodusentenes Forening)**

Brannklasse	Nr.	Bygningstype		Antall etasjer	Beskrivelse
1	1-1	Enebolig		1-3	Eneboliger og fritidsboliger med én boenhet
1	1-2	Vertikaldelt rekkehus eller kjedehus		1-3	Boliger med kun vertikale brannskiller. Kjedehus: Eneboliger sammenbygd med en mellombygning i form av uoppvarmet bod, garasje eller carport.

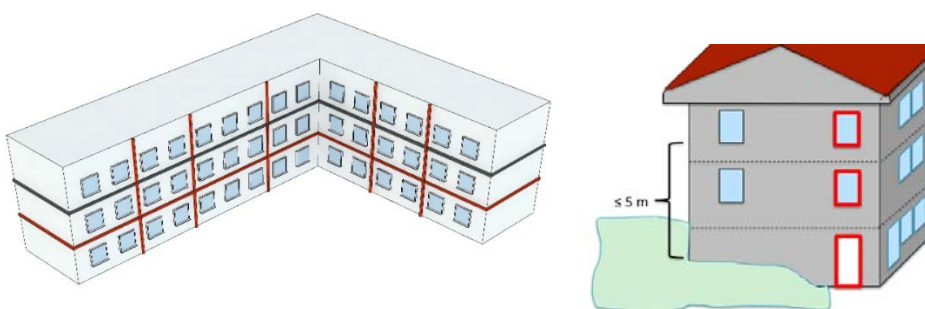


## 3.4 Referansebyggverk

### 3.4.1 Referansebyggverk

Referansebygget i brannklasse 1 er et terrassehus i 3 etasjer med boliger (3 tellende etasjer + loft/kjeller som ikke er tellende i henhold til TEK17), innvendig hjørne, og hvor hver etasje har høydeforskjell < 5 m til terreng (skrånet tomt) som gir mulighet for rømning ut vindu. Utganger fra hver boenhet befinner seg på kun én fasade. Bygget har kaldt loft og takutstikk. Se Figur 3.

Grunnflate/maksimalt areal per etasje er 800 m<sup>2</sup>. Nabobygg har grunnflate på maks 400 m<sup>2</sup>. Dette gjør at analysebygg og nabobygg preakseptert kan oppføres uten krav til avstand mellom byggene så lenge gesims- eller mønehøyde på vegger mellom de er under 9 m høye og veggene til sammen utgjør et branncelleskille i henhold til VTEK17 § 11-6.



**Figur 3. Referansebygg for brannklasse 1, boligbygg i 3 etasjer med innvendig hjørne. Skille mellom boenheter er illustrert med rødt, mens svart er internt etasjesskille i en boenhet (Kilde: SINTEF (t.v.) og Boligprodusentenes forening (t.h.))**

Referansebygget følger preaksepterte ytelser fullt ut. Se kap. 4 for videre beskrivelse av forhold ved referansebygg innenfor hver bygningstype som er av betydning for analysen.

## 3.5 Analysemetoder

### 3.5.1 Generelt

Det er gjennomført både branntesting, kvalitative vurderinger og kvantitative beregninger for å avdekke bl.a. risiko for antenning, brannspredning i hulrom, betydningen av brannvesenets innsatstid, rømningsmuligheter, geometrisk utforming sin innvirkning på brannutviklingen m.v. Dette danner grunnlag for hvilke forhold som er undersøkt nærmere i den komparative analysen.

### 3.5.2 Branntesting

Branntesting er utført ved RISE Fire Research AS i Trondheim, RISE Sverige og Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut (DBI), se kap. 2. Testresultatene som benyttes i denne analysen sier noe om hvor stor forskjell det er på de branntekniske egenskapene til royalbehandlet kledning sammenlignet med ubehandlet kledning, som er den eneste kledningen som oppnår minst klasse D-s3,d0 av de som er testet. Dette har betydning for hvilke tiltak som er nødvendig for å oppnå et forskriftsmessig brannsikkerhetsnivå.

### 3.5.3 Kvalitative vurderinger

Kvalitative vurderinger gjøres for å avdekke konsekvenser og identifisere risikoforhold basert på de preaksepterte ytelsene beskrevet i VTEK17. I kap. 3.9 er de overordnede kvalitative vurderingene for personsikkerhet og verdisikkerhet gjennomgått. Dette støttes videre opp av litteratur og øvrige

analysemetoder som er behandlet her gjennom fraviksanalysen. Kvalitative vurderinger er også nødvendig i forbindelse med testresultaters egnethet og relevans for formålet i denne analysen.

### 3.5.4 Strålingsberegninger

Det er utført strålingsberegninger etter metode beskrevet i [16] for å sammenligne preakseptert situasjon (referansebygg) med aktuell situasjon for analysebygg. Selve strålingsberegningene er nærmere beskrevet i Vedlegg A. Beregningene er utført for å avdekke akseptabelt nivå for sikkerhet mot brannspredning både fra og til nabobygg.

Innkommende stråling beregnes i  $\text{kW/m}^2$  og varierer med strålingsmengde fra kilde, avstand og orientering mellom avgivende og mottakende flate, samt bredde og høyde på strålingskilden. Ved overtenning i et bygg med brennbar fasade legges hele veggflatens areal til grunn for beregningen [17]. Flammehøyde over tak medregnes ikke, men hele høyden på veggen medregnes, også i tilfeller der brannen starter over bakkenivå.

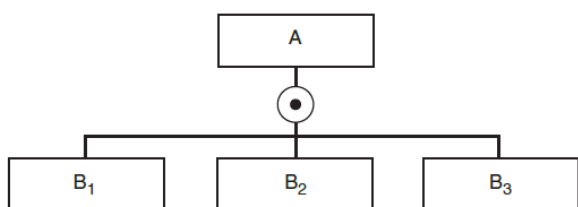
Innkommende stråling mot analysebygg vil måtte vurderes på bakgrunn av kritisk fluks for antennelse [ $\text{kW/m}^2$ ] for royalkledning opp mot kledning med ytelse D-s3,d0, her representert ved ubehandlet kledning. Tilsvarende vil man for strålingsberegning mot nabobygg måtte vurdere økt utstråling som følge av royalkledning kontra kledning med ytelse D-s3,d0. Tilfellet der nabobygg også har royalkledning vil måtte medtas da dette både gir økt utstråling og redusert kritisk varmefluks (økt risiko for antenning). I tilfeller der det ikke er gjennomførbart å avklare naboens kledning må det legges til grunn at nabo også har royalkledning.

### 3.5.5 Indeksmetoden FRIM-MAB

Indeksmetoden FRIM-MAB ble utviklet ved Lunds Tekniska Högskola i 1998, og er en metode for å vurdere brannrisikoer i fleretasjes bolighus i tre [18]. Metoden bygger på en policy om å etablere et akseptabelt nivå for brannsikkerhet i fleretasjes bolighus. Videre defineres målene om å sikre liv og materielle verdier, og ulike strategier for å sikre målene. Til slutt defineres et stort antall parametere, som igjen deles inn i kvantifiserbare underparametere. Tallene blir vektet og til slutt summert opp. Metoden brukes her som grunnlag for å finne ut hvilke parametere som har direkte innvirkning på brannsikkerheten relatert til utvendig kledning.

### 3.5.6 Flytskjema

NFPA 550 *Guide to the Fire Safety Concepts Tree* [19] er blitt brukt som basis for å sette opp flytskjemaer. Figur 4 viser eksempel på et flytskjema, hvor forhold A kan ha tre ulike utfall; B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> og B<sub>3</sub>.



Figur 4. Eksempel på flytskjema [19] (Kilde: NFPA)

Faktorer som kan inngå i flytskjemaet kan for eksempel være:

- Avstand til nabobygg (over eller under 8 m)
- Om rømning kan skje via mer enn en fasade

- Om brannvesenets dimensjonerende innsatstid er inntil 10 minutter, inntil 20 minutter eller over 20 minutter
- Om det er utstikk som overbygg over inngangsparti, veranda, carport
- Om det er åpen, luftet takfot
- Om det er sprinkleranlegg
- Om det er seriekoblede røykvarslere eller brannalarmanlegg som varsler nabo
- Om det er inntrukket eller utkraget fasade på min. 1,2 m
- Småhus: Om det er kjørbær adkomst nærmere enn 50 m fra bygget

### 3.6 Fareidentifikasjon

Referansebygget er et preakseptert alternativ til analysebyggene. Byggene har samme type virksomhet (bolig), og det er ingen spesielle brannfarer i analysebyggverket som ikke finnes i referansebygget. Faren for at det er en tennkilde til stede som gjør at brann kan oppstå er uavhengig av type utvendig fasadekledning.

Typiske brannfarer i boliger kan være at man går fra komfyren ved matlaging, levende ild (stearinlys), feil på elektrisk utstyr (vaskemaskin, tørketrommel mv.) eller brann ved lading av elektrisk utstyr. Farer ved utvendig brannstart kan være brann fra sigarettglo, søppelbøttebrann, elektrisk årsak ved lading av el-bil eller uforsvarlig bruk av grill eller åpen ild.

Royalkledning øker imidlertid risikoen for at brann utvikler seg ved at den er lettere antennelig enn en kledning av ubehandlet trepanel som kan klassifiseres som D-s3,d0. Når den først er antent, vil brannspredning i fasaden også kunne skje raskere vertikalt ved at flammene rekker lengre opp på fasaden. Dette betyr at flammene raskere kan nå utstikk i fasaden, som også gir økt risiko for horisontal brannspredning.

### 3.7 Analyse av årsaker og sannsynlighet

Siden analysebygget og referansebygget har samme virksomhet/bruk (bolig) vil det ikke være noen forskjeller med hensyn til årsaker til at brann oppstår. Ettersom branntester viser at royalkledning er lettere antennelig sammenlignet med ubehandlet trekledning som i denne rapporten benyttes som referanse for klasse D, kan man generelt si at sannsynligheten for at brann får utvikle seg utvendig er større i analysebygget enn i referansebygget.

Ifølge DSB sin brannstatistikk for 2018 [20] fremkommer det at i underkant av 8 % av boligbranner har utvendig arnested. Boliger med royalkledning er en del av denne statistikken og det er derfor vanskelig å si noe om dette har innvirkning på tallene, men generelt kan man si at utvendig brannstart ikke utgjør en stor andel av boligbranner. Forskjellen i antennelighet mellom 12 måneders aldret royalkledning og ubehandlet kledning, som er preakseptert, er relativt liten. Antall hendelser som kun ville gitt brann i royalkledning, men ikke i preakseptert kledning, er derfor vurdert å være ganske få i praktisk forstand. Den videre brannutviklingen vil likevel divergere og må vurderes nærmere.

Sannsynlighet og konsekvens for personsikkerhet av innvendig brannstart er lik for eneboliger, men kan ved spredning ut vindu og til fasaden gi en raskere brannspredning til andre brannceller i et flerbolighus.

### 3.8 Brannscenarier

Følgende brannscenarier er vurdert for analysen basert på NS 3901:2012 [1]:

1. Det mest alvorlige brannscenarioet med hensyn på fraviket og som berører personsikkerheten vil være utvendig brannstart som ikke oppdages, og at boenheten(e) kun har utganger via den fasaden som brenner. Brannscenarioet er relevant for begge analysebyggene.
2. Det mest alvorlige brannscenarioet som berører verdisikkerheten vil være innvendig brannstart i en bolig/leilighet som går til overtenning, og brannen sprer seg til eller fra nabobygg på grunn av økt varmestråling eller lettere antennelighet for royalkledningen. Brannscenarioet er relevant for begge analysebyggene.
3. Brann i et rom som normalt er uten personer og som kan true et større antall personer i andre deler av bygget er kun relevant i større leilighetsbygg hvor det for eksempel er teknisk rom i kjeller og er ikke behandlet her.
4. Brann som utvikler seg langsomt og som ikke vil utløse automatisk sløkkanlegg vil typisk være en innvendig ulmebrann, og er mest relevant for overnattingssteder med krav om sprinkler. Det kan være relevant for boligbygg i BKL 2, men siden denne analysen begrenser seg til nevnte analysebygg i kap. 3.3 tas det ikke med videre i analysen. Scenarioet med en innvendig ulmebrann berører heller ikke utvendig kledning direkte.
5. Andre representative brannscenarioer kan være utvendig eller innvendig brannstart som sprer seg via utvendig kledning og gir skade på eget bygg. Scenarioet er relevant for analysebygg 1-2. Scenarioet er ikke vurdert som relevant for analysebygg 1-1 siden det kun berører én branncelle.

## 3.9 Kvalitative vurderinger

### 3.9.1 Personsikkerhet

Ved utvendig brannstart spiller det liten rolle om bygningen er sprinklet eller ikke. Om man sover med åpent vindu om natten, kan røyk fra utvendig brann komme inn vindu. Forholdet sidestilles med brann som oppstår inne i egen boenhet, og vil sånn sett ikke være verre med royalkledning enn med kledning klasse D-s3,d0. Brann i utvendig kledning kan være en risiko dersom rømning kun kan skje på én av husets fire fasader. Denne risikoen er lik med kledning D-s3,d0, man vil ikke rømme ut en brennende fasade, men dersom det er rømning via dør og/eller vindu på minst to fasader kan det sies at tilleggsrisikoen som royalkledningen utgjør er akseptabel.

Ved innvendig brannstart i sprinklede bygninger vil sprinkleranlegget hindre overtenning, og brannen sprer seg ikke ut vindu og videre direkte eller via utvendig kledning til andre brannceller.

Ved innvendig brannstart i bygninger uten sprinkleranlegg kan man få overtenning, brannen sprer seg ut vindu, og enten direkte eller via utvendig kledning, videre inn vindu til annen branncelle. Dette er først og fremst en utfordring i tilfeller der det er annen branncelle i etasjen over, hvilket ikke er tilfelle i analysebyggene som behandles her. Brannspredning i fasaden kan også skje med kledning klasse D-s3,d0, men branntester viser at flammespredningen kan skje raskere og nå høyere opp på fasaden med royalkledning.

Røykvarsler eller brannalarm vil varsle om innvendig brann i startbranncellen. Røykvarsler eller brannalarm vil kunne varsle når brann har spredd seg videre inn via vindu til annen branncelle, forholdet er uavhengig av type utvendig kledning.

Det forutsettes at det ikke er benyttet royalkledning der det er utvendig rømningsvei i form av svalgang eller utvendig trapp. Om så er tilfelle, må kledningen erstattes med kledning med overflate B-s3,d0 som angitt gjennom preaksepterte ytelser.

### 3.9.2 Verdisikkerhet

Egenskapene til utvendige overflater har i henhold til VTEK17 betydning for utvikling og spredning av brann. Dette inkluderer spredning både mellom ulike deler av bygget og mellom ulike byggverk. Hensikten med preakseptert ytelse D-s3,d0 er at utvendige overflater skal bidra til å begrense brannutviklingen. For å oppnå klasse D stilles det krav til en maksimal økning av varmeavgivelse fra produktet per tidsenhet (FIGRA-verdi) og krav til maksimal flammespredning etter NS-EN ISO 11925-2. For royalbehandlet kledning er denne økningen høyere enn det som gjelder for preakseptert ytelse på byggverk. Dette innebærer at en utvendig brann potensielt kan bli større og spre seg raskere både på bygget og til/fra nabobygg enn med kledning som tilfredsstillende preaksepterte ytelser.

Raskere utvikling og spredning av brann medfører økt skadepotensial på byggverket og økt fare for brannspredning til andre byggverk fordi brannen er større når brannvesenet ankommer sammenlignet med trekledning som tilfredsstillende preakseptert ytelse. Avhengig av antenneligheten til kledningen (kritisk varmefluks), vil brannspredning fra et nabobygg med preakseptert kledning også kunne skje raskere. Hvis royalbehandlet kledning antenner lettere vil også sannsynligheten for utvendig brannstart kunne være større.

Følgende forhold må på bakgrunn av dette vurderes i forbindelse med den komparative analysen av materielle verdier og miljø- og samfunnsmessige konsekvenser:

- Sannsynlighet for at brann oppstår og blir selvunderholdende
- Brannspredning eget bygg (brannspredning på bygg med brannstart)
- Brannspredning til nabobygg
- Brannspredning fra nabobygg

Brann i byggverk i brannklasse 1 har i seg selv liten konsekvens (TEK17), det er derfor begrenset hvor store miljø- og samfunnsmessige konsekvenser en slik brann kan få. I noen tilfeller kan et byggverk i brannklasse 1 være plassert i nærheten av installasjoner, konstruksjoner eller i områder hvor brann kan medføre større verdi, miljø- og samfunnsmessige konsekvenser. I tilfeller hvor preaksepterte ytelser ikke er tilstrekkelig for å oppnå god nok brannsikkerhet på nabobygget (brannspredning mot nabobygg) vil denne analysen ikke være dekkende.

Utformingen av bygget, beliggenhet i forhold til nabobygg og brannvesenets innsatstid og tilgjengelighet vil være sentrale parametere for skadeomfanget.

Typer byggverk som undersøkes komparativt med hensyn på disse parameterne er beskrevet nærmere i kap. 3.3.

## 3.10 Analyse av konsekvenser

### 3.10.1 Antennelse

Antenning av ytterkledningen kan skje på tre måter;

- Som følge av innvendig brann som slår ut gjennom fasadens åpninger
- Som følge av brannspredning fra nabobygg
- Som følge av utvendig brann eller tennkilde inntil fasaden

Resultater fra branntesting viser at kritisk fluks varierer fra 2,1-14,1 kW/m<sup>2</sup> og at aldret royalkledning har de høyeste verdiene (> 10 kW/m<sup>2</sup> for 12 mnd. aldret kledning). Royalkledning er derfor noe lettere antenkelig enn ubehandlet trepanel som er preakseptert brukt på bygg med preakseptert ytelse D-s3,d0. Konsekvensen av det tas inn som del av vurderingen av hhv. personsikkerhet, skadeomfang på eget bygg samt brannspredning til og fra nabobygg.

### 3.10.2 Personikkerhet

Bruk av royalkledning kan ha følgende konsekvenser for personikkerheten:

- Ved utvendig brannstart kan en brann lettere utvikle seg og raskere spre seg opp fasaden og inn vindu.
- Ved innvendig brannstart er forholdet likt i analysebygget og referansebygget for startbranncellen. Men for analysebygg som har flere brannceller kan konsekvensen være at brann som har spredd seg ut vindu sprer seg raskere via fasaden fra en branncelle til neste branncelle.
- For analysebygg med sprinkler vil risiko for brannspredning fra innvendig brannstart være ivaretatt.

Tabell 5 gir en oversikt over hvordan konsekvensen for personikkerheten er vurdert for de to analysebyggene.

For verdisikkerheten kan bruk av royalkledning bety større skadeomfang på eget bygg og større risiko for brannspredning til og fra nabobygg, se kap. 3.10.3, 3.10.4 og 3.10.5.

**Tabell 5. Konsekvenser for personikkerhet**

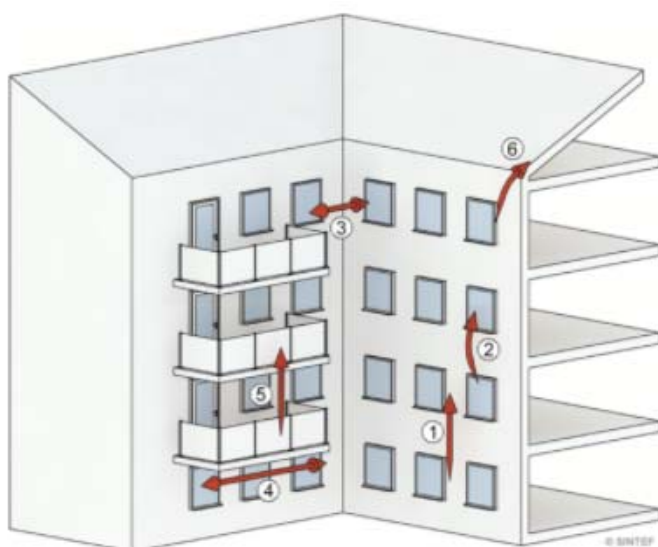
Analysebygg	Innvendig brannstart	Utvendig brannstart	Konsekvens
1-1		X	1. Dersom boenheten har utgang via vindu/dør i mer enn en fasade er konsekvens ved utvendig brannstart ok. Ved brann i en fasade med royalkledning kan man da rømme ut en annen fasade. 2. Dersom alle utganger er i samme fasade behøves ytterligere tiltak.
1-2	X	X	1. Branntester [9] viser at horisontal brannspredning i slett fasade med royalkledning ikke er vesentlig større enn for preakseptert kledning, men med takutstikk vil risikoen øke. Bruk av royalkledning kan derfor ha konsekvens for horisontal brannspredning til neste branncelle i vertikaldelte rekkehus, men risikoen ivaretas av pkt. 3 og 4. 2. For rekkehus og kjedehus er det krav om seriekoblede røykvarslere i hver boenhet som er tilknyttet strøm-forsyningen og med batteri som reserveløsning. Analysen stiller ikke ytterligere krav til deteksjon og varsling. 3. Dersom boenheten har utgang via vindu/dør i mer enn en fasade er konsekvens ved utvendig brannstart ivaretatt. Ved brann i en fasade med royalkledning kan man da rømme ut en annen fasade. 4. Dersom alle utganger er i samme fasade behøves ytterligere tiltak.

### 3.10.3 Skadeomfang på eget bygg

Utvendig brannspredning på et bygg kan skje vertikalt og horisontalt som følge av utvendig brannstart eller som følge av brann som starter inne og sprer seg ut. Utformingen av fasaden kan ha betydning for spredning til andre brannceller og skadeomfanget på fasaden. Se Byggdetalj 520.310 for mer informasjon [21]. Ytterkledningen har betydning for hvor hurtig brann sprer seg og hvor vanskelig den kan kontrolleres av brannvesenet.

Figur 5 viser ulike måter en brann kan spre seg i fasaden på:

1. Vertikalt i selve fasaden
2. Vertikalt fra vindu til vindu i etasjen over
3. Horisontalt mellom fasader og vinduer
4. Horisontalt via undersiden av balkonger og svalganger
5. Vertikalt via balkonger
6. Vertikalt til kaldt loft via fasaden



**Figur 5. Ulike måter en brann kan spre seg i fasaden på (Kilde: Byggforskserien 520.310)**

En brann kan spre seg raskere i en fasade med royalkledning sammenlignet med en fasade med kledning som tilfredsstiller D-s3,d0. Forskjellen i hastigheten på flammespredning er imidlertid vanskelig å fastslå, da den avhenger av en rekke ulike faktorer, se kap. 3.11.

Storskala branntesting [9] med utstikk i fasaden viser at brannen får ekstra godt tak i kledningen under utstikket i motsetning til om det hadde vært en slett, vertikal vegg. Årsaken er at når flammene treffer horisontale eller vertikale utspring, så skaper dette en turbulens ved at flammen tvinges til å skifte retning. Økt turbulens bidrar til mer effektiv innblanding av oksygenrik luft, som igjen øker forbrenningen og gir raskere brannutvikling og økt brannspredning.

Ifølge håndboken Brandsäkra trähus [22], som er et nordisk – baltisk forskningssamarbeid, vil en innvendig brann som slår ut av åpninger (typisk ut vindu ved overtenning) være det mest kritiske brannscenarioet med hensyn på fasadematerialet. I disse situasjonene vil vertikal brannspredning være uavhengig av fasadematerialet fordi overliggende vindu vil utsettes for direkte flammepåkjønning fra åpningen under. Branntester viser derimot at royalkledning har høyere/raskere flammespredning vertikalt og kan påvirke kledning også over vindu i etasjen over.

For verdisikkerheten betyr det at en større del av fasaden kan bli skadet i brann når den har royalkledning sammenlignet med preakseptert løsning. Det er også større risiko for videre brannspredning fra fasaden og inn i bygget via vindu, takfot eller andre åpninger. Observasjoner i SBI-testene, beskrevet i kap. 2.5, viser derimot at royalbehandlet kledning består testens målepunkt for horisontal flammespredning (LFS) på en slett vegg, som er et tilleggskriterium som benyttes for høyere brannklasser enn klasse D. Utstikk i fasaden forverrer situasjonen og kan bidra til økt horisontal spredning. Dette må derfor hensyntas i vurderingen av kompensere forhold og tiltak.

Tabell 6 gir en oversikt over hvordan konsekvensen for skadeomfang på eget bygg er vurdert for de to analysebyggene.

**Tabell 6. Konsekvenser for skadeomfang på eget bygg**

Analysebygg	Innvendig brannstart	Utvendig brannstart	Konsekvens
1-1	X	X	1. Konsekvensen av brannspredning på eget bygg anses ikke å være kritisk for en enebolig når brannspredningsrisiko til/fra nabobygg er ivaretatt. Det er kun én branncelle som berøres, og TEK17 § 11-3 sier at konsekvensen av brann er liten for bygninger i brannklasse 1.
1-2	X	X	<ol style="list-style-type: none"> <li>Dersom bygget har takutstikk som går forbi vertikalt branncelleskille mot nabo, viser branntester [9] at risikoen for horisontal brannspredning langs takutstikket er stor, og man vil oftere kunne få større skade på bygget med royalkledning kontra preakseptert kledning klasse D-s3,d0. Bruk av royalkledning kan derfor ha konsekvenser for horisontal brannspredning til neste branncelle i vertikaldelte rekkehus.</li> <li>Dersom bygget er kjedet enebolig og har overbygg eller carport med tak mot nabo, tyder branntester [9] på at skadeomfanget ved brann kan bli større med royalkledning kontra preakseptert kledning. Med overbygg menes horisontale geometrier i fasaden som karnapp, balkong, utstikkende baldakin, horisontale spileløsninger og inntrukne inngangspartier.</li> <li>Dersom brannvesenets dimensjonerende innsatstid er inntil 10 minutter vil slokking kunne starte tidligere enn i preakseptert situasjon, og verdisikkerheten med hensyn til pkt. 1. og/eller 2. over vurderes å være ivaretatt.</li> <li>Ved lengre dimensjonerende innsatstid må det utføres tiltak med hensyn til pkt. 1. og/eller 2 over.</li> </ol>

### 3.10.4 Brannspredning til nabobygg

#### 3.10.4.1 Lave byggverk med samlet grunnflate < 1200 m<sup>2</sup>

Innenfor preaksepterte ytelser stilles det ingen krav til avstand mellom lave byggverk så lenge det samlede arealet per etasje er under 1200 m<sup>2</sup> og det etableres et branncelleskille mellom byggene. Lave byggverk er definert som bygg med gesims- eller mønehøyde inntil 9 meter på vegg som vender mot nabo. Når avstand mellom byggene er 8 meter eller mer, kan byggene normalt oppføres uten øvrige tiltak eller begrensninger mht. brannskiller, høyde og areal.

Dette er også i tråd med forskriftskravet om at det for lave byggverk med et begrenset areal er "*tiden som kreves for rømning og redning i det andre byggverket*", altså personsikkerheten, som skal ivaretas.

Branncelleskillet kan oppnås ved at vegg/vindu i det ene bygget utføres branncellebegrensende eller at begge motstående vegger/vindu til sammen oppnår samme branncellebegrensende ytelser. I brannklasse 1 er kravet til branncellebegrensende konstruksjoner EI 30. Vindu kan ha reduserte ytelser i forhold til dette basert på avstand (ingen krav over 6 m) og orientering av flatene i forhold til hverandre. Det stilles ingen ekstra krav til de utvendige overflatene på byggene utover den preaksepterte ytelsen til utvendige overflater (her D-s3,d0) og det er vanlig praksis å legge dette branncelleskillet i veggens indre del.



Utvendig brannspredning fra ett bygg til et annet vil derfor i en preakseptert løsning kunne skje fritt. Det branncellebegrensende skillet vil derimot kunne;

- a) forsinke en innvendig brann i å slå ut av bygget på siden mot nabo hvis branncelleskillet er lagt i bygg med brannstart
- b) forsinke brann i å trenge inn i nabobygget hvis branncelleskillet er lagt der, eller
- c) både a) og b), men med redusert forsinkelse i tilfeller der branncelleskillet er fordelt mellom byggene

Branncelleskillet vil ikke ha noen effekt på brannspredningen mellom fasadene hvis brannen starter utvendig eller i tilfeller der brannen starter inne i bygg som ikke har branncelleskille (branncelleskillet er lagt i nabobygget).

Analysebyggene vil ha samme krav til branncelleskille mellom bygg med innbyrdes avstand under 8 meter som de preaksepterte og vil derfor ivareta den preaksepterte *tiden som kreves for rømning og redning i det andre byggverket*. Tidsaspektet som brannskillet utgjør vil da ivareta tid til å varsle eventuelle personer som oppholder seg i nabobygget og tid til rømning og redning før kritiske forhold oppstår.

Personikkerheten vil derfor være ivaretatt for nabobygget på samme nivå som i preakseptert løsning.

Royalledningens reduserte branntekniske egenskaper kan ha en effekt på verdisikkerheten gjennom at en utvendig brann raskere kan bli større og dermed reduserer brannvesenets mulighet til å hindre brannsmitte til naboens fasade. Dette har derimot ingen praktisk betydning for grupper av lave byggverk med samlet areal per etasje på under 1200 m<sup>2</sup> etter som minste avstand til nabobygg preakseptert ikke er begrenset. Det gir med andre ord ingen mening å sammenligne stråling mellom bygg når det preakseptert tillates ned mot 0 m avstand og D-klassifisert kledning som er brennbar.

For tilfellene der man har 8 m avstand eller mer til nærmeste nabobygg, men man preakseptert kunne hatt kortere avstand med branncellebegrensende konstruksjoner mellom byggene, vil avstanden ivareta tid til rømning og redning i nabobygget. Bakgrunnen for dette er at man preakseptert ivaretar både person- og verdisikkerhet, også mellom høye byggverk og byggverk med store arealer (> 1200 m<sup>2</sup>), med 8 m avstand. Avstand på 8 m sidestilles i disse sistnevnte tilfellene med brannvegg REI 120-M preakseptert.

Royalledning vil på bakgrunn av tester og utledning over mht. bidrag til brannenergi og varighet av brann ikke gi økt risiko for brannspredning innen 30 minutter (brannklasse 1) sammenlignet med slike høye bygg når avstand er 8 m og funksjonskravet som skal tilfredsstilles er tid til rømning og redning. Mellomliggende og frittliggende bygg tilhørende boenheten (boder etc.) som eventuelt ikke trenger branncellebegrensende skille mot nabo preakseptert vil heller ikke trenge det i disse tilfellene, selv om de ligger under 8 m fra nabobygg.

#### **3.10.4.2 Byggverk med preakseptert ytelse til avstand på minst 8 m**

Større grupper med sammenhengende eller tettstilte lave boliger må deles opp i brannseksjoner med åpninger på minst 8 meter mellom hver seksjon som gitt av preaksepterte ytelser i VTEK17, alternativt skilles i seksjoner med brannvegg REI 120-M. For bygninger hvor samlet areal per etasje er over 1200 m<sup>2</sup>, eller andre forhold preakseptert gir behov for 8 meter avstand til nabobygg (eventuelt brannvegg), kan økt varmeavgivelse fra royalbehandlet kledning medføre økt risiko for brannspredning. Dette er tilfeller hvor også analysebygg vil ha minst 8 m avstand eller brannvegg mot nabo i eksisterende situasjoner fordi preaksepterte ytelser skal være fulgt for de bygg som analysen omhandler. Resultater fra branntester av royalbehandlet kledning alene viser at total varmeavgivelse (THR) og varmefluks til denne er ca. dobbelt så stor som en D-klassifisert kledning, se kap. 2. Bidraget fra den økte varmeavgivelsen, og dermed strålingen mot nabo, vil med royalbehandlet kledning likevel være beskjedent i et overtenningsscenario, som er det mest sannsynlige scenarioet hvor brannspredning er aktuelt ved 8 m avstand, fordi bidraget fra

royalkledningen i fasaden vil ha en begrenset varighet. VTEK17 § 11-1, 3. ledd skriver følgende; *Brannspredning mellom ulike byggverk vil vanligvis bare kunne skje ved en fullt utviklet brann i et rom eller en branncelle.*

For å ha et forhold til bidraget fra royalbehandlet kledning til brannenergien er det her gjort beregningseksempel. Hvit furu har en netto spesifikk varmeavgivelse på 17,8 MJ/kg og en densitet på 430 kg/m<sup>3</sup> [23]. En ubehandlet kledning med gjennomsnittlig tykkelse på 17 mm vil da representere en brannenergi på ca. 130 MJ/m<sup>2</sup>. Royalimpregneringen består av ulike stoffer, blant annet en større andel linolje som representerer en relativt høy brannenergi på 38-40 MJ/kg [24]. Linolje har en densitet på ca. 925 kg/m<sup>3</sup>. Hvis man forutsetter en tilsetning av 0,5 l ren linolje/m<sup>2</sup> kledning (impregneringen inneholder også andre stoffer) øker brannenergien til kledningen til 148,5 MJ/m<sup>2</sup>. 80 % fraktilen for brannenergi i boliger er på 948 MJ/m<sup>2</sup> gulvareal [16]. Sett i forhold til kun kledningens brannenergi, utgjør linoljen en økning på ca. 15 %, mens dette sammenlignet med den totale brannenergien per kvadratmeter gulvareal i boliger bare utgjør en økning på 2 %.

Antenning av nabovegg kan forenklet sies å være avhengig av strålingsintensitet og varighet på denne. I tillegg kommer variabler som vind, fuktighet og hindringer som skjermer strålingen. Dette er forhold som vil være like sannsynlig om man har royalbehandlet kledning eller preakseptert ytelse på kledningen. Hvorvidt det eksisterer en "pilotflamme", f.eks. i form av brennende glør, er også avgjørende, men noe som må kunne forventes i scenario hvor det er snakk om brannspredning mellom byggverk. Den totale brannenergien kan ha betydning for varigheten av en brann, men sier lite om den maksimale varmeavgivelsen, altså hvor raskt energien frigjøres og intensiteten til brannen (strålingen). Branntestene viser at royalbehandlet kledning isolert sett har en raskere frigjøring av brannenergi og dermed potensiale til å gi høyere stråling, noe som igjen reduserer varigheten i forhold til ubehandlet treverk hvis intensiteten (frigjort, eller forbrukt energi per tidsenhet) kun fra ytterkledningen overgår økningen i brannenergi på 15 %.

Det er vanskelig å beregne eller si eksakt hvor stor økning man kan få i stråling fra et bygg i brann med royalkledning kontra D-klassifisert kledning når strålingen skal inkludere full brann i bygget. I henhold til [17] kan en stråling på 84 kW/m<sup>2</sup> legges til grunn fra boliger i beregning av brannspredning mot nabobygninger. Dette inkluderer brannscenario med innvendig overtenning og brennbare fasader mot nabo. Resultatene beskrevet i kap. 2.4 fra storskalaforsøk viser en økning i varmestråling i 2 m avstand på 1,5 kW/m<sup>2</sup> for maksimalverdier og 0,5 kW/m<sup>2</sup> i gjennomsnitt (4-10 min). Omregnet gir dette en økt utstråling fra kledningen (0 m) på 12 kW/m<sup>2</sup> for maksverdi og 4 kW/m<sup>2</sup> i snitt når bredde og høyde på brannområdet settes til henholdsvis 1,25 m og 5 m basert på observasjoner i testene. Sett i forhold til den ekstra brannenergien som royalimpregneringen gir totalt (2 % per kvadratmeter) og resultatene fra storskalaforsøkene<sup>1</sup> vil det være en konservativ tilnærming å legge 10 % økning til grunn for strålingen fra et bygg med royalkledning. En 10 % økning tilsvarer 8,4 kW/m<sup>2</sup> bidrag fra royalimpregneringen alene, etter som D-klassifisert kledning vil inngå i de 84 kW/m<sup>2</sup> som vanligvis kan legges til grunn. Hvis royalkledningen skal stå for et større bidrag til strålingen fra et overtent hus, vil kledningen raskere brenne opp og varigheten på den økte strålingen reduseres betraktelig.

Tabellene under viser ulike kombinasjoner av begrensninger for analysebygget opp mot referansebygg beskrevet i kap. 3.4 for brannklasse 1 (9 m høyde, 16 m bredde og 8 m avstand til nabo). Beregningene er basert på strålingsberegninger i henhold til [16] og 10 % økt stråling fra brannen i analysebygget som følge av royalkledning på dette. Dersom bygningen er sprinklet kan strålingen mot nabobygget halveres i

<sup>1</sup> I storskalatestene beskrevet i kap. 2 er maksimal varmefluks i 3 m høyde målt til 3,3 kW/m<sup>2</sup>, hvilket er ca. 1,5 kW/m<sup>2</sup> mer enn ubehandlet trekledning. Den gjennomsnittlige verdien for royalkledningen i perioden 4-10 minutter ligger ca. 0,5 kW/m<sup>2</sup> høyere enn ubehandlet kledning.

henhold til SN-INSTA/TS 950. Om det er tilfelle får man ingen begrensninger utover de preaksepterte ytelsene med hensyn til analysebyggets høyde og bredde.

Kritisk fluks for aldret royalkledning (> 12 mnd) er funnet å være over 10 kW/m<sup>2</sup> som beskrevet i kap. 2, mens 12,6 kW/m<sup>2</sup> benyttes som referanseverdi for ubehandlet kledning [9]. SN-INSTA/TS 950 anbefaler et akseptkriterium på 15 kW/m<sup>2</sup> mottatt stråling i 30 minutter i forbindelse med strålingsberegninger for brannspredning mellom bygg, mens beregnet stråling fra referansebyggene nevnt over gir en innkommende stråling på 14,8 kW/m<sup>2</sup> (BKL1) på nabobygget når avstand er 8 m. Det er med andre ord en forskjell i "preakseptert stråling" og kritisk fluks. I denne komparative analysen er det derfor lagt til et tilsvarende påslag på kritisk fluks for royalkledning for å definere akseptkriteriet for stråling. Akseptkriteriet for stråling mot royalkledning blir derfor 11,7 kW/m<sup>2</sup>. Dette er 17 % over det som er lagt til grunn som kritisk fluks for royalkledning og tilsvarer forholdet 14,8/12,6 (preakseptert stråling/kritisk fluks ubehandlet trekledning). Akseptkriteriet for stråling mot nabo blir derfor 14,8 kW/m<sup>2</sup> når nabo har preakseptert ytelse på sin kledning og 11,7 kW/m<sup>2</sup> når nabo også har royalkledning.

Denne forskjellen mellom kritisk fluks for kledning som tilfredstiller preaksepterte ytelser (ubehandlet) og strålingen som oppstår i en preakseptert situasjon kan forstås som et påslag på bakgrunn av at kritisk fluks er den laveste strålingen som gir antenning, men over "uendelig lang tid".

Basert på akseptkriteriene over og strålingsberegninger etter NS-EN 1991-1-2:2002 vil følgende kombinasjoner av høyde og bredde på eget bygg sammen med avstand til nabobygg ivareta et preakseptert sikkerhetsnivå mht. brannspredning, se Tabell 7.

**Tabell 7. Maksimale dimensjoner på vegg mot nabo ved gitte avstander mellom byggene (analysebygg 1-1 og 1-2)**

Minste avstand til nabo [m]	Maks høyde på analysebyggets vegg mot nabo [m]	Maks bredde på analysebyggets vegg mot nabo [m]	Maks bredde på analysebyggets vegg mot nabo hvis nabobygg har royalkledning [m]
8	12	8	5,5
	11	8,5	5,5
	10	9,5	6
	9	10,5	6
	8	12,5	6,5
	7	20	7,5
9	12	10	6,5
	11	10,5	6,5
	10	12	7
	9	14	7,5
	8	21	8,5
	7	>200	10
10	12	12	7,5
	11	13,5	8
	10	15,5	8,5
	9	22	9
	8	>200	10,5
	7	>200	13,5

For høye byggverk eller grupper med lave bygg med samlet grunnflate på over 1200 m<sup>2</sup> og under 8 m innbyrdes avstand vil brannvesenets hovedfokus etter at personsikkerheten er ivaretatt være å begrense brannspredning mellom byggene for å ivareta verdier. Preakseptert gjøres det ikke forskjell i ytelse til byggene i forhold til forventet innsatstid for brannvesenet, selv om dette vil ha stor betydning for deres mulighet til å begrense brannspredning mellom bygg. Dimensjonerende innsatstid varierer fra 10 til 30 minutter avhengig av befolkningstetthet m.v. [25]. Det er derfor et kompenserende forhold hvis brannvesenet er dimensjonert for å kunne yte innsats tidligere. Brannvesenets innsatstid er ikke et tiltak i denne forbindelse, men et forhold som sammenlignet med referansesituasjon hvor innsatstiden kan være mye lengre, opplagt vil bedre forutsetningene for å kunne hindre brannspredning mellom byggverk.

Kravet om 8 meter "seksjoneringsavstand" mellom lave byggverk må ivaretas allerede på arealplanstadiet, se Byggdetalj 312.013 *Planlegging av småhusområder. Stortomtmetoden* [26] og 321.077 *Brannteknisk prosjektering. Områdeplanlegging* [27]. Seksjoneringskravet må også ivaretas for større boligprosjekter hvor bruttoarealet per etasje for hele utbyggingen overskrider 1200 m<sup>2</sup>. For mindre boligprosjekter må områdeplan eller detaljplan vise hvor det stilles krav om seksjoneringsavstand 8 meter mellom husene. Ellers gjelder vanlig branncellebegrensende avstand 8 m mellom husene, alternativt mindre avstand enn 8 meter, men hvor bygningsdelene som ligger nærmere enn 8 meter fra nabobygg må ha brannmotstand minimum EI 30 (brannklasse 1).

### 3.10.5 Brannspredning fra nabobygg

Som for brannspredning mot nabo vil det ikke ha noen hensikt å vurdere situasjoner med lave byggverk med samlet areal per etasje på under 1200 m<sup>2</sup> ettersom avstand til nabobygg preakseptert kan være ned mot 0 m. Personsikkerhet og verdisikkerhet vil da ivaretas på samme måte som beskrevet over.

For bygninger hvor samlet areal per etasje er over 1200 m<sup>2</sup>, eller andre forhold preakseptert gir behov for 8 meter avstand mellom bygg (eventuelt brannvegg), vil tilsvarende akseptkriterier som definert i kap. 3.10.4 gjelde.

Kompenserende forhold for å imøtekomme lavere kritisk fluks for royalkledning kan være større avstand eller mindre størrelser på nabobygget (høyde og bredde på vegg mot analysebygget). Det er ikke ønskelig å legge begrensninger på et nabobygg eller nabotomt. Analysebygget med royalkledning må derfor gjøre tiltak på eget bygg hvis nabo i fremtiden endrer sin tomt eller bygg slik at situasjonen faller utenfor begrensningene som er vist i tabellene under. Å basere ansvaret for ivaretagelse av forskriftsmessig brannsikkerhetsnivå på analysebygget, vil i disse tilfellene forutsette at kommunen ved byggesak anmerker dette forholdet på analysebygget, slik at begrensningene ivaretas ved fremtidige endringer på analysebyggets nabotomter. I de tilfeller det er vanskelig å avklare eller følge opp kledningstype på nabotomt må det legges til grunn at det også er royalkledning på nabofasade.

Tabellen under viser kombinasjon av maksimal høyde og bredde på nabo sin vegg for gitte avstander mellom byggene. Tabellen inneholder en egen kolonne for tilfellene der også nabobygg har royalkledning (økt stråling på 10 %). Dersom nabobygg er sprinklet kan stråling mot analysebygget halveres i henhold til SN-INSTA/TS 950, og det er ingen begrensninger utover de preaksepterte med hensyn til nabobyggets høyde og bredde når avstand på 8 m ivaretas.

**Tabell 8. Maksimale dimensjoner på naboens vegg mot analysebygg ved gitte avstander mellom byggene (analysebygg 1-1 og 1-2)**

Minste avstand til nabo [m]	Maks høyde på nabobyggets vegg mot analysebygg [m]	Maks bredde på nabobyggets vegg mot analysebygg [m]	Maks bredde på nabobyggets vegg mot analysebygg hvis nabobygg har royalkledning [m]
8	12	6	5,5
	11	6,5	5,5
	10	7	6
	9	7,5	6
	8	8	6,5
	7	9,5	7,5
9	12	7,5	6,5
	11	8	6,5
	10	8,5	7
	9	9	7,5
	8	10,5	8,5
	7	13,5	10
10	12	8,5	7,5
	11	9,5	8
	10	10	8,5
	9	11,5	9
	8	14	10,5
	7	24,5	13,5

## 3.11 Usikkerhetsanalyse

### 3.11.1 Hulrom

Hulrom er ikke vurdert ved storskala branntesting hos RISE Fire Research. Storskala tester som er lagt til grunn for denne analysen viser kun brannspredning i fasadematerialet, og ikke for fasaden som helhet med luftespalte og vindspærre. Dette utgjør en stor usikkerhet, og det er behov for videre storskala testing av fasader, hvor man sammenligner royalkledning med preakseptert kledning med klasse D-s3,d0 og hvor luftespalte og vindspærre er med. Usikkerheten er tatt hensyn til i analysen ved at det er lagt konservative verdier til grunn for økt varmestråling [ $\text{kW/m}^2$ ] fra hele fasaden i bygg med royalkledning (10 % økning) i forhold til anbefalt verdi i SN-INSTA/TS 950.

### 3.11.2 Flammespredning og geometri

Hastighet på flammespredning [ $\text{m/s}$ ] etter at en tilstrekkelig initialbrann er til stede avhenger av kjemiske materialeegenskaper (for eksempel sammensetning, tilsetningsstoffer), fysikalske materialeegenskaper (for eksempel orientering av kledning, tykkelse, densitet, geometri) samt forhold ved omgivelsene (for eksempel vind, atmosfæretrykk, temperatur, tilført varmefluks). Forskjellen på hvor fort flammene spred seg i royalkledning kontra trekledning med brannklasse D-s3,d0 vil derfor variere fra gang til gang, og er umulig å fastslå eksakt. Basert på tester som sammenligner royalkledning og ubehandlet kledning under like forhold [9] er det tydelig at den vertikale flammespredningen er større for royalkledningen, men at horisontal spredning er noenlunde lik på slette fasader. Usikkerheten vedrørende andre vind- eller geometriske forhold (utkrager, takutstikk etc.) er håndtert ved at det gjøres tiltak for å redusere den økte risikoen med både vertikal og horisontal brannspredning i forhold til preaksepterte situasjoner.

### 3.11.3 Kritisk varmekraft

Faren for utvendig antennelse er relatert til kritisk varmekraft, altså den strålingen som skal til for å antenne den utvendige kledningen. Dette har betydning for sannsynligheten for at brann skal oppstå og om/når brann kan spres mellom bygg. Testresultatene for kritisk varmekraft hos royalbehandlet kledning varierer ganske mye, men indikerer likevel tydelig at denne øker med tiden og at den ligger over  $10 \text{ kW/m}^2$  etter 12 måneders aldring. Et bygg med royalbehandlet kledning vil ha minst ti ganger så lang "levetid" som dette før ny behandling av kledningen er nødvendig samtidig som kledningen vil være vesentlig aldret, sett i et 12 måneders perspektiv, når det tas i bruk. Analysen forutsetter uansett at fremtidig vedlikehold skjer i henhold til oppdaterte anbefalinger fra produsentene som beskrevet i kap. 1.4, og med produkter/metoder som ikke forverrer de branntekniske egenskapene.

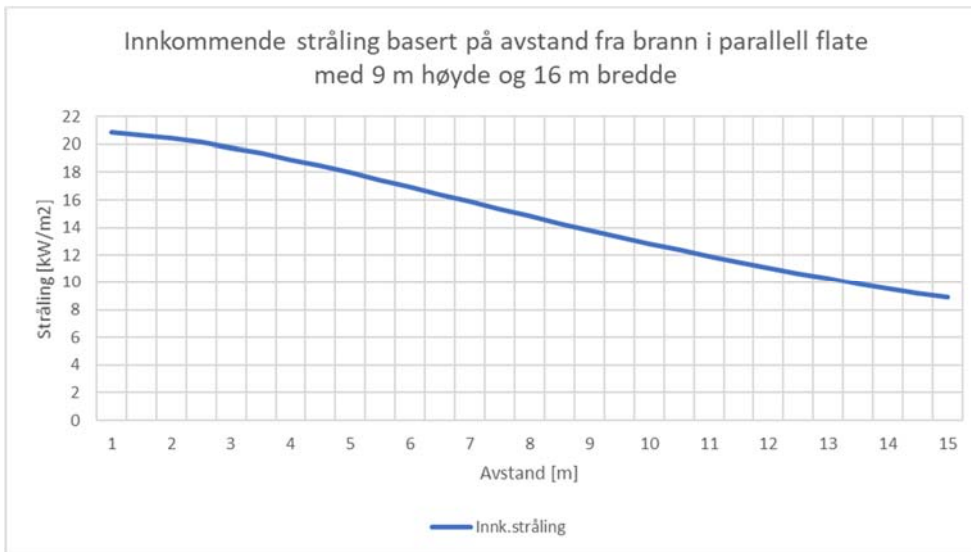
I forbindelse med strålingsberegningene er det lagt til grunn et prosentvis og ikke et verdibasert påslag i forhold til preakseptert ytelse. Kritisk kraft for ubehandlet trekledning er definert til  $12,6 \text{ kW/m}^2$ , mens beregnet stråling i den preaksepterte situasjonen med 8 m avstand mellom byggene er  $14,8 \text{ kW/m}^2$ . Ved å bruke et prosentvis påslag på 17 % på  $10 \text{ kW/m}^2$  ( $11,7 \text{ kW/m}^2$ ) kontra å legge til  $2,2 \text{ kW/m}^2$  ( $12,2 \text{ kW/m}^2$ ) er derfor en konservativ tilnærming som reduserer usikkerheten ytterligere.

### 3.11.4 Brannvesenets innsatstid

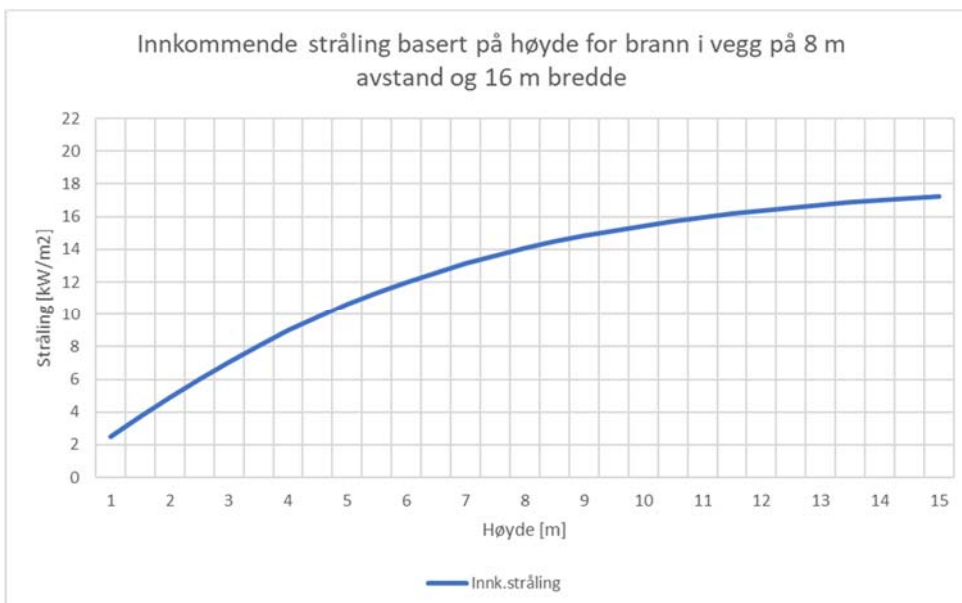
Dimensjonerende innsatstid for brannvesenet, slik den fremkommer av dimensjoneringsforskriften [25], er lagt til grunn som et kompensierende forhold. Dette må ikke forstås som et tiltak med absolutt tidsfrist for innsats, men et forhold som også for preakseptert situasjon vil kunne variere avhengig av føreforhold og samtidige hendelser m.v. Etter som fraviket som behandles her påvirker sannsynlighet for brannspredning mellom bygg vil tidspunktet for når brannvesenet normalt har mulighet for å starte sin innsats være et høyst relevant forhold som påvirker denne sannsynligheten. Med hensyn til at personsikkerheten ivaretas gjennom andre forhold og tiltak vil det i et verdi- og samfunnsikkerhetsperspektiv derfor være et positivt forhold som kan vektlegges i en komparativ analyse hvor man sammenligner preakseptert situasjon med den for det aktuelle analysebygget. Usikkerheten rundt innsatstiden vil være den samme som for preakseptert situasjon, men fortsatt med en lavere forventet innsatstid generelt.

## 3.12 Sensitivitetsanalyse

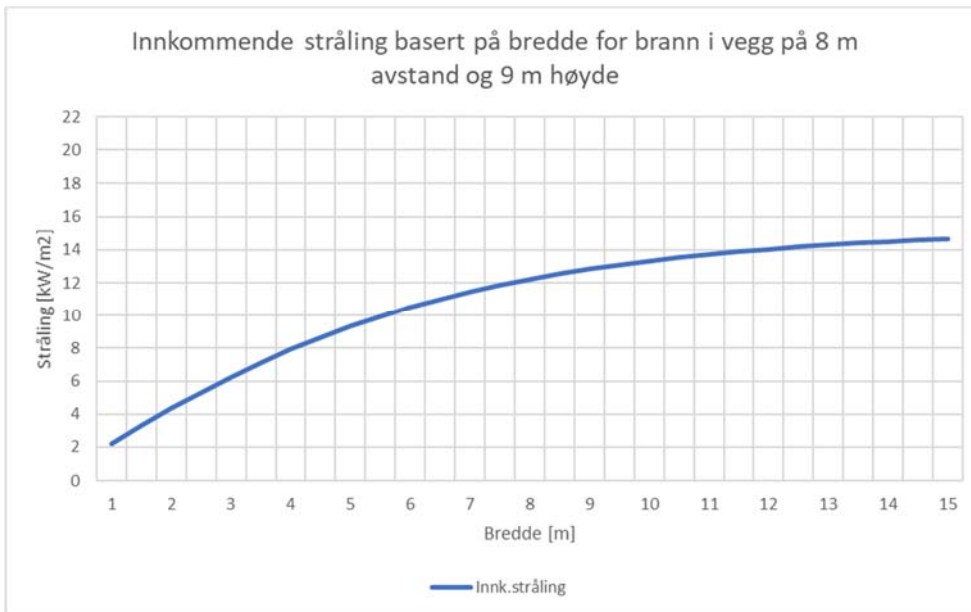
Strålingsberegningene er sensitive for endringer i inputparameterne høyde og bredde på vegg i brann samt avstand mellom byggene. Spesielt vil mindre endringer i høyde og bredde i området under 12 m, og som er de mest aktuelle verdiene for analysebyggene, gi utslag på strålingsberegningene. Figur 6, Figur 7 og Figur 8 viser hvordan mottakende stråling varierer med hver av disse parameterne for en strålingsflate som i utgangspunktet er 9 m høy, 16 m bred og befinner seg i 8 m avstand fra mottakerflaten.



Figur 6. Grafen viser mottakende stråling ved varierende avstand til brannflate som er 9 m høy og 16 m bred



Figur 7. Grafen viser mottakende stråling ved varierende høyde på brannflate som er 16 m bred i 8 m avstand



**Figur 8. Grafen viser mottakende stråling ved varierende bredde på brannflate som er 9 m høy i 8 m avstand**

Sensitiviteten i disse parameterne understreker behovet for å gjøre nøyaktige målinger i hvert enkelt tilfelle hvor tabellene blir benyttet for å ivareta brannspredning mellom bygg og at risikoreduserende tiltak må vurderes når det gjøres endringer også på naboeiendommer.

For strålingskilden er det benyttet en anbefalt verdi i SN-INSTA/TS 950 [17] som gjelder for boligbygg. Etter som mottakende stråling er et produkt av konfigurasjonsfaktoren, som er basert på høyde, bredde og avstand, multiplisert med størrelsen på strålingskilden (utstråling), vil resultatet være direkte proporsjonalt med denne verdien. Akseptkriteriet som legges til grunn for mottakende stråling, både for preakseptert og royalkledning, ligger under anbefalt verdi i samme standard. Totalt vil det derfor være god grunn til å anta at nødvendige sikkerhetsmarginer er lagt til grunn for beregningene.

### 3.13 Beskrivelse av risiko

Risikobidraget som royalkledning gir, omfatter kun de forholdene som skiller analysebygget fra referansebygget.

Royalkledning utgjør en risiko for personsikkerheten for bygg som er behandlet her dersom:

- det kun er rømningsmulighet (vindu/dør/trapp) via én fasade, og den fasaden har royalkledning
- det kun er rømningsmulighet via én fasade med svalgang, og det er royalkledning under nederste svalgangsdekke

Royalkledning utgjør en risiko for verdisikkerheten for bygg som er behandlet her dersom:

- det er takutstikk med eller uten lufting som kan føre til horisontal brannspredning til nabobranncelle eller vertikal brannspredning til loft (gjelder ikke sprinklet bygg)
- bygget har overbygg, carport eller lignende
- det er fare for brannspredning til eller fra nabobygg



## 4 Risikoevaluering

### 4.1 Vurdering av risiko og kompenserende tiltak

Ved komparativ analyse vil risikoakseptkriteriet være den risikoen referansebygget representerer. Tabell 9, Tabell 10, Tabell 11 og Tabell 12 gir en sammenstilling av identifiserte risikoer, hvilke analysebygg de er gjeldende for, og en vurdering av risikoen sammenlignet med akseptkriteriene som er referansebygget.

Tabellene angir også hvilke kompenserende tiltak som er vurdert. For alle hendelser vil det i tillegg være mulig å benytte følgende tiltak for å komme videre eller i mål med analysen:

- Bytte til preakseptert kledning med minst klasse D-s3,d0. Produsenten må dokumentere at ytelsen er oppfylt. Alternativt kan kledningen behandles for å oppnå minst klasse D-s3,d0, hvis dokumentert metode for dette utvikles.
- Fraviket vurderes særskilt av ansvarlig prosjekterende brann.

**Tabell 9. Personsikkerhet - Risiko sammenlignet med akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak**

Risiko	Gjeldende for analysebygg #	Sammenligning mot akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak
Alle boenheter har kun utgang via vindu/dør/trapp i én fasade	1-1 og 1-2	Royalkledning kan gi raskere brannspredning i fasaden og dermed vanskeliggjøre rømningsforholdene tidligere enn med preakseptert kledning. Referansebygget kan ha utganger via kun én fasade. Det er ikke sannsynlig at det er brann i mer enn én fasade samtidig. Dersom alle boenheter har utgang via vindu/dør i mer enn én fasade er risikoen ivaretatt.

**Tabell 10. Skadeomfang på eget bygg - Risiko sammenlignet med akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak**

Risiko	Gjeldende for analysebygg #	Sammenligning mot akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak
Bygget har takutstikk som går forbi vertikalt branncelleskille mot nabo	1-2	Referansebygget kan ha takutstikk som går forbi vertikalt branncelleskille mot nabo uten at det stilles brannkrav. Takutstikk underkledd med royalkledning kan føre til større horisontal brannspredning når flammene treffer takutstikket, og føre til raskere brannspredning til nabobranncelle fordi vertikal flammespredning skjer raskere. Dimensjonerende innsatstid for brannvesen varierer mellom 10 minutter (tettbebyggelse), 20 minutter (tettsteder for øvrig) og 30 minutter (utenfor tettsteder) [25]. For referansebygget kan brannvesenet ha en innsatstid på 30 minutter. Dersom dimensjonerende innsatstid for brannvesenet for analysebygget er inntil 10 minutter anses risikoen for raskere brannspredning pga. royalkledning som ivaretatt. Alternativt må takutstikk utføres med brannmotstand EI 30 (BKL1) og underkles med preakseptert kledning minimum 2 m til hver side av branncelleskillet. Referansen til avstanden ligger i at referansebygget tillater uklassifiserte vinduer i innvendige hjørner i en avstand på 4 m fra hjørnet.
Bygget har overbygg, carport eller lignende	1-2	Storskala branntesting [9] med utstikk i fasaden viser at brannen kan få ekstra godt tak i kledningen under utstikket, og skadeomfanget blir derfor oftere og raskere større med royalkledning kontra preakseptert kledning med klasse D-s3,d0. VTEK17 gir ingen preaksepterte ytelser for referansebygget når det kommer til geometri, men analysen tar likevel hensyn til resultatet av branntesting. Dersom dimensjonerende innsatstid for brannvesenet for analysebygget er inntil 10 minutter anses risikoen for raskere brannspredning pga. royalkledning som ivaretatt.

Risiko	Gjeldende for analysebygg #	Sammenligning mot akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak
		Alternativt må royalkledning på vegger og tak i tilknytning til overbygg/carport erstattes med preakseptert kledning, eller tak i overbygg underkles med ubrennbar kledning klasse A2-s1,d0. Underkledning med ubrennbar kledning klasse A2-s1,d0 er vesentlig bedre enn preakseptert ytelse i referansebygget som er D-s3,d0, og er vurdert som et kompenserende tiltak som vil kunne dempe brannutviklingen i overbygget, selv om det er royalkledning på veggene.

**Tabell 11. Brannspredning til nabobygg - Risiko sammenlignet med akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak**

Risiko	Gjeldende for analysebygg #	Sammenligning mot akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak
Økt varmestråling fra bygg med royalkledning kan gi brannspredning til nabobygg (der hvor det er 8 m eller mer til nabobygg, og preakseptert ytelse til brannskille mot nabobygg er seksjonerende)	1-1 og 1-2	Overtenning i et bygg med royalkledning vil kunne avgi noe større varmestråling mot nabobygg enn referansebygget. Preakseptert er 8 m avstand nok for å ivareta krav til brannvegg mellom høye bygg eller maksimal grense for seksjonering på 1200 m <sup>2</sup> . Men med royalkledningen vil avstanden måtte økes når høyde og bredde på analysebygget overgår visse dimensjoner basert på strålingsberegninger. Dersom høyde og bredde på analysebygget overgår begrensningene, vil det være et kompenserende forhold dersom brannvesenets dimensjonerende innsatstid er inntil 10 minutter. Med lengre innsatstid vil det være et kompenserende tiltak dersom det etableres brannvegg mellom byggene. Det legges ingen heftelser på naboeiendommen. Dersom nabobygg for eksempel skal bygge ut, er det analysebygget med royalkledning som må ta konsekvensen.
Økt varmestråling fra bygg med royalkledning kan gi brannspredning til nabobygg (der hvor det er under 8 m til nabobygg)	1-1 og 1-2	Med avstand under 8 m vil referansebygget enten ha brannvegg eller branncelleskille EI 30 mot nabo. Med brannvegg er risikoen ivaretatt. VTEK17 tillater brannspredning mellom bygninger med branncelleskille mellom, da to bygninger med kledning D-s3,d0 i prinsippet kan ligge med ned mot 0 m avstand. Men royalkledning kan gi økt risiko for antennelse og brannspredning, og dersom brannvesenets dimensjonerende innsatstid er inntil 10 minutter vil det være et kompenserende forhold. Ved lengre innsatstid vil det være et kompenserende forhold dersom brannvesenet har kjørbare adkomst helt frem til bygget, siden VTEK17 tillater en avstand på inntil 50 m fra bygget. Om det ikke er kjørbare adkomst helt frem vil det være et kompenserende tiltak å øke branncelleskillet til brannmotstand EI 60 eller etablere kjørbare adkomst helt frem til bygget.

**Tabell 12. Brannspredning fra nabobygg - Risiko sammenlignet med akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak**

Risiko	Gjeldende for analysebygg #	Sammenligning mot akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak
Lavere kritisk fluks for antenning for bygg med royalkledning kan gi brannspredning fra nabobygg (der hvor det er 8 m eller mer fra nabobygg, og preakseptert ytelse til brannskille mot	1-1 og 1-2	Royalkledning har i henhold til gjennomførte tester og beregninger lavere kritisk fluks for antenning enn preakseptert kledning klasse D-s3,d0. Preakseptert er 8 m avstand nok for å ivareta krav til brannvegg mellom høye bygg eller maksimal grense for seksjonering på 1200 m <sup>2</sup> . Men med royalkledningen vil avstanden måtte økes når høyde og bredde på nabobygget overgår visse dimensjoner basert på strålingsberegninger. Dersom høyde og bredde på nabobygget overgår begrensningene, vil det være et kompenserende forhold dersom brannvesenets dimensjonerende innsatstid er inntil 10 minutter. Med

Risiko	Gjeldende for analysebygg #	Sammenligning mot akseptkriteriet (referansebygget) og kompenserende tiltak
analysebygget er seksjonerende)		lengre innsatstid vil det være et kompenserende tiltak dersom det etableres brannvegg mellom byggene. Dersom nabobygg er sprinklet vil risikoen være ivaretatt. Det legges ingen heftelser på naboeiendommen. Dersom nabobygg for eksempel skal bygge ut, er det analysebygget med royalkledning som må ta konsekvensen.
Lavere kritisk fluks for antenning for bygg med royalkledning kan gi brannspredning fra nabobygg (der hvor det er under 8 m til nabobygg)	1-1 og 1-2	Med avstand under 8 m vil referansebygget enten ha brannvegg eller branncelleskille EI 30 mot nabo. Med brannvegg er risikoen ivaretatt. VTEK17 tillater brannspredning mellom bygninger med branncelleskille mellom, da to bygninger med kledning D-s3,d0 i prinsippet kan ligge med ned mot 0 m avstand. Men royalkledning kan gi større risiko for antennelse og brannspredning, og brannvesenet kan få vanskeligere forhold i sin redningsinnsats. Dersom brannvesenets dimensjonerende innsatstid er inntil 10 minutter, vil det være et kompenserende forhold. Ved lengre innsatstid vil det være et kompenserende forhold dersom brannvesenet har kjørbart adkomst helt frem til bygget, siden VTEK17 tillater en avstand på inntil 50 m. Om de ikke har det vil det være kompenserende tiltak å øke branncelleskillet til brannmotstand EI 60 eller etablere kjørbart adkomst helt frem til bygget.

## 4.2 Vurdering av effekten av tiltak

Effekten av risikoreduserende forhold og tiltak som er brukt i analysen er vurdert i Tabell 13.

**Tabell 13. Effekten av risikoreduserende forhold og tiltak**

Risikoreduserende forhold eller tiltak	Brukt i analysebygg #	Vurdering av effekt
Utskifting av royalkledning til preakseptert kledning med minst klasse D-s3,d0. Alternativt kan kledningen behandles med en dokumentert løsning for å oppnå minst klasse D-s3,d0.	1-1 og 1-2	Effekten er at det ikke lenger er fravik fra VTEK17 § 11-9 på bygget, og dermed heller ingen risiko.
Fraviket vurderes særskilt av ansvarlig prosjekterende brann	1-1 og 1-2	Tiltaket vil få effekt først etter at ansvarlig prosjekterende brann har gjort en egen analyse for det aktuelle bygget og konkludert med om det må gjøres tiltak eller ikke.
Det etableres ekstra rømningsvindu eller dør i annen fasade	1-1 og 1-2	Tiltaket har innvirkning på personsikkerheten, og delvis på brannvesenets rednings- og slokkeinnsats. Tiltaket gir et høyere sikkerhetsnivå enn for referansebygget, og tiltaket er robust ved at det alltid er der når det først er etablert. Tiltaket krever lite vedlikehold, og påliteligheten er høy, med mindre det er et lavsittende vindu som kan bli dekket av snø.
Montere utvendig deteksjon ved utgang i kun én fasade	1-1 og 1-2	Tiltaket har innvirkning på personsikkerheten ved at man får tidlig varsling ved utvendig brann, og delvis også på verdisikkerheten ved at slokking av utvendig brann kan starte tidligere. Man kan ha utvendig brann i kledning med klasse D-s3,d0 også uten å få varsling, og tiltaket gir derfor et høyere sikkerhetsnivå enn for referansebygget. Tiltaket krever vedlikehold og kontroll og kan være sårbart ved manglende vedlikehold. Med jevnlig vedlikehold har tiltaket høy pålitelighet, og blir ikke påvirket av andre hendelser.
Dimensjonerende innsatstid for brannvesen er inntil 10 minutter	1-1 og 1-2	Dette er et kompenserende forhold som inngår i alle hendelser når det gjelder verdisikkerhet (skadeomfang eget bygg og brannspredning til og fra nabobygg). VTEK17 (§



Risikoreduserende forhold eller tiltak	Brukt i analysebygg #	Vurdering av effekt
		11-6, 6. ledd) poengterer også dette; " <i>Faren for brannspredning vil være særlig stor i byggverk med stor brannenergi eller hvor brannvesenets innsatstid er lang</i> ". At brannvesenet kan starte sin innsats tidlig er helt avgjørende for verdisikkerheten. Siden innsatstiden til referansebygget kan være opptil 30 minutter vil effekten være stor. Forholdet har høy pålitelighet, men forutsetter at brannen blir oppdaget og at brannvesenet varsles. Forholdet er robust, forebyggendeforskriften pålegger alle kommuner å ha et fungerende brannvesen. Forholdet krever ikke oppfølging eller vedlikehold.
Takutstikk må utføres med brannmotstand EI 30 og underkles med preakseptert kledning minimum 2 m til hver side for branncelleskillet	1-2	Tiltaket er kompensereende der analysebygget har takutstikk som går forbi vertikalt branncelleskille mot nabo og dimensjonerende innsatstid er over 10 minutter. Tiltaket anses som effektivt for å hindre horisontal brannspredning ved at brannen ikke kan spre seg via taket og inn i neste branncelle. Tiltaket er passivt og dermed pålitelig. Tiltaket krever lite vedlikehold og er robust.
Royalkledning på vegger og tak i tilknytning til overbygg/carport erstattes med preakseptert kledning	1-2	Tiltaket er kompensereende der analysebygget har royalkledning på vegger og tak i tilknytning til overbygg/carport og dimensjonerende innsatstid er over 10 minutter. Å erstatte kledningen med preakseptert kledning gjør at sikkerhetsnivået blir tilsvarende som for referansebygget. Tiltaket er passivt og dermed pålitelig. Tiltaket krever lite vedlikehold og er robust.
Tak i overbygg underkles med ubrennbar kledning klasse A2-s1,d0	1-2	Tiltaket er kompensereende der analysebygget har royalkledning på vegger og tak i tilknytning til overbygg/carport og dimensjonerende innsatstid er over 10 minutter. Å kle himlingen i overbygget med ubrennbar kledning klasse A2-s1,d0 vil bidra til å bremse brannutviklingen og brannspredningen. Referansebygget kan ha himling med klasse D-s3,d0. Tiltaket er passivt og dermed pålitelig. Tiltaket krever lite vedlikehold og er robust.
Vegg mot nabo tilfredsstillt maks-grenser for høyde og bredde samt tilhørende minste avstand mot nabo i henhold til egen tabell	1-1 og 1-2	Dette er et kompensereende forhold der analysebygget har minst 8 m avstand til nabobygg fordi det er krav om brannvegg ifm. høyt byggverk, eller at totalt seksjoneringsareal er over 1200 m <sup>2</sup> . Strålingsberegninger er lagt til grunn for egen tabell som angir maksimale kombinasjoner av høyde, bredde og avstand til nabo. Analysebyggets høyde og bredde samt avstand til nabobygg er konstant, med mindre nabo skal bygge ut*. Forholdet er passivt og dermed pålitelig. Forholdet krever lite vedlikehold og er robust. * Det legges ingen heftelser på naboeiendommen. Dersom nabobygg for eksempel skal bygge ut, er det analysebygget med royalkledning som må ta konsekvensen.
Etablering av brannvegg	1-1 og 1-2	Dette er en preakseptert ytelse i henhold til VTEK17 § 11-6 med hensyn til tiltak mot brannspredning mellom byggverk. Etablering av brannvegg gjør at royalkledningen ikke gir noen tilleggsrisiko med hensyn til brannspredning til og fra nabobygg.
Det er kjørbart atkomst helt fram til bygget	1-1 og 1-2	Dette er et kompensereende forhold for bygninger hvor avstand til nabobygg under 8 m, det er branncelleskille mellom bygningene og brannvesenets dimensjonerende innsatstid er over 10 minutter. Royalkledning gir større risiko for antennelse og brannspredning mellom bygg, og brannvesenet kan få vanskeligere forhold i sin rednings- og slokkeinnsats. Siden VTEK17 tillater kjørbart adkomst inntil 50 m fra bygget, vil effekten av å komme nærmere være relevant for deres mulighet til å starte effektiv innsats for å hindre brannspredning. Forholdet kan være sensitivt om



Risikoreducerende forhold eller tiltak	Brukt i analysebygg #	Vurdering av effekt
		vinteren, men verktøyet beskriver at det gjelder helårs kjørbar adkomst.
Etablere kjørbar atkomst helt frem til bygget	1-1 og 1-2	Dette er et kompenserende tiltak for tilfellet i raden over, hvor det ikke er kjørbar atkomst helt frem til bygget. Vurderingen av effekten er lik som i raden over.
Økt branncelleskille til EI 60	1-1 og 1-2	Dette er et kompenserende tiltak for bygninger hvor avstand til nabobygg under 8 m, det er branncelleskille mellom bygningene, brannvesenets dimensjonerende innsatstid er over 10 minutter og det ikke er kjørbar atkomst helt fram til byggverket. Royalkledning kan gi større risiko for antennelse og brannspredning mellom bygg, og brannvesenet kan få vanskeligere forhold i sin rednings- og slokkeinnsats. Med økt brannmotstand mellom byggene fra EI 30 til EI 60 vil brannvesenet ha lengre tid til sin rednings- og slokkeinnsats. Effekten vil være betydelig. Forholdet kan være sensitivt om vinteren når det gjelder kjørbar atkomst helt fram til byggverket, men verktøyet beskriver at det gjelder helårs kjørbar adkomst. Tiltaket er passivt og dermed pålitelig. Tiltaket krever lite vedlikehold og er robust.
Vegg på nabobygget tilfredsstillende maks-grenser for høyde og bredde samt tilhørende minste avstand mot nabo i henhold til egen tabell	1-1 og 1-2	Dette er et kompenserende forhold der analysebygget har minst 8 m avstand til nabobygg fordi det er krav om brannvegg i forbindelse med høyt byggverk, eller at totalt seksjoneringsareal er over 1200 m <sup>2</sup> . Strålingsberegninger er lagt til grunn for egen tabell som angir maksimale kombinasjoner av høyde, bredde og avstand til nabo-vegg. Analysebyggets høyde og bredde samt avstand til nabobygg er konstant, med mindre nabo skal bygge ut*. Forholdet er passivt og dermed pålitelig. Forholdet krever lite vedlikehold og er robust. * Det legges ingen heftelser på naboeiendommen. Dersom nabobygg for eksempel skal bygge ut, er det analysebygget med royalkledning som må ta konsekvensen.

## 5 Konklusjoner

Denne rapporten har gjennomgått konsekvenser av fraviket som royalkbehandlet kledning representerer for brannsikkerheten i bestemte typer boligbygg basert på litteraturstudier og en rekke branntester. Det er gjennom en komparativ analyse, basert på metoden beskrevet i NS 3901, identifisert kompenserende forhold og tiltak for allerede oppførte eller påbegynte bygninger som er nødvendig for å oppnå minst samme brannsikkerhetsnivå som det myndighetene anser som tilstrekkelig gjennom preaksepterte ytelser beskrevet i veiledningen til TEK17 for de aktuelle byggene.

Hensikten har vært å utvikle et verktøy for en forenklet fraviksanalyse som kan benyttes av ansvarlig prosjekterende brann i ulike boligbygg som dekkes av analysen. Verktøyet vil gi svar på hvilke kompenserende tiltak som er nødvendig å gjennomføre ved hvert enkelt boligbygg, og skal derfor gjelde for et antall prosjekter. På bakgrunn av dette vil det være enkelte bygg som ikke dekkes, eller ikke er egnet for verktøyet. I disse tilfellene vil det alltid være et alternativ å gjøre en egen fraviksanalyse som bedre kan fange opp særegenskaper ved det aktuelle bygget.

Resultater fra branntesting viser at:

- Royalkledning kan antas å ha lavere kritisk fluks for antennelse sammenlignet med kledning som oppfyller klasse D-s3,d0, og kan derfor være lettere antennelig.
- Royalkledning har høyere varmefluks [ $W/m^2$ ] sammenlignet med kledning som oppfyller klasse D-s3,d0. En brann kan derfor spre seg raskere i en fasade med royalkledning enn i en fasade av ubehandlet trepanel med brannklasse D-s3,d0, og den kan avgi større varmestråling mot nabobygg.
- Storskala branntesting viser at når brann treffer horisontalt utspring i fasaden, skaper dette turbulens og større skadeomfang. Av testene ser man også at royalkledning har raskere vertikal flammespredning sammenlignet med kledning som oppfyller klasse D-s3,d0. Med royalkledning kan derfor dette skje tidligere.

I analysen er konsekvensene av brann i to ulike analysebygg med royalkledning vurdert for hhv. personsikkerhet, skadeomfang eget bygg samt risiko for brannspredning til og fra nabobygg. Der konsekvensene er vurdert som større i forhold til referansebygget (preaksepterte ytelser), er det listet opp ulike kompenserende forhold og tiltak. Effekten av tiltakene er vurdert i forhold til deres funksjonalitet, pålitelighet, robusthet og behov for oppfølging og vedlikehold i driftsfasen.

Verktøyet for den forenklete fraviksanalysen er beskrevet i en egen SINTEF-rapport; "*Royalbehandlet trekledning og brannsikkerhet. Verktøy for forenklete fraviksanalyser*" [28]. For å kunne benytte verktøyet må følgende forutsetninger for bygg som kan bruke det oppfylles:

- Boligbygninger i risikoklasse 4 i brannklasse 1, se kap. 3.3 for bygg som dekkes.
- Verktøyet, samt analysene og vurderingene som ligger bak, er utarbeidet for bygninger som allerede er oppført eller prosjektert med royalkbehandlet ytterkledning.
- Analysen gjelder bruk av lukket\* royalkbehandlet ytterkledning i den utstrekning og i de tilfeller der preakseptert ytelse til ytterkledning er D-s3,d0.  
\* Med "lukket" menes at det er tette skjøter mellom bordene, og f.eks. ikke åpen låvepanel eller spilekledning
- Den royalkbehandlede ytterkledningen forutsettes å tilfredsstillende følgende minimumsegenskaper;
  - o Minimum tykkelse på 19 mm (min. 9 mm i fals) og  $390 \text{ kg/m}^3$  densitet.
  - o Minimum klasse E i henhold til NS-EN 13501-1.
- I brannteknisk prosjektering eller utførelse er det ikke gjort andre fravik fra preaksepterte ytelser i VTEK enn royalkbehandlet kledning som utvendig overflate. Det vil si at alle andre preaksepterte ytelser er fulgt helt ut.

- Analysen gjelder ikke verneverdige bygg, bygg i eldre, tett trehusbebyggelse og bygg i områder med særlige risikoforhold knyttet til brann. Slike tilfeller vil normalt fremkomme gjennom byggets opprinnelige byggesak.

Ytterligere begrensninger/forutsetninger varierer for ulike typer boliger og fremkommer av verktøy for vurdering av hvert byggverk.

Verktøyet presenteres digitalt og baserer seg på flytskjemaer tilhørende det analysebygget man har. Utfallet vil enten være at det faktiske analysebygget har iboende egenskaper eller forhold som gjør at kompensierende tiltak ikke er nødvendig, eller at man må utføre ett eller flere kompensierende tiltak.

## 6 Referanser

- [1] Standard Norge, NS 3901:2012 *Krav til risikovurdering av brann i byggverk*. Standard Norge, Oslo, 2012.
- [2] Standard Norge, NS-EN 14915:2013+A2:2020 *Panelbord og kledningsbord av heltre - Egenskaper, evaluering av samsvar og merking*. Standard Norge, Oslo, 2020.
- [3] Moelven, Hjemmeside Moelven. [Internett]. Available: <https://www.moelven.com/no/produkter-og-tjenester/bygge-og-bo/royalimpregnerte-produkter/>. [Funnet juni 2021].
- [4] SINTEF, 432.101 *Trebeskyttelse. Overflatebehandling, trykkimpregnering og modifisering* (Byggforskserien). SINTEF, Oslo, 2017.
- [5] KMD, *Byggteknisk forskrift (TEK17)*. Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD), Oslo, 2017.
- [6] DiBK, *Veiledning til Forskrift om tekniske krav til byggverk (VTEK17)*, Oslo: Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), 2017.
- [7] DiBK, *Tilsyn med brannhemmende trekledning 2020*. Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), Oslo, 2020.
- [8] DiBK, *Veiledning om midlertidig brukstillatelse og ferdigattest for bygninger med royalbehandlet kledning*. Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), 30 04 2021. [Internett]. Available: <https://dibk.no/saksbehandling-tilsyn-og-kontroll/veiledning-om-midlertidig-brukstillatelse-og-ferdigattest-for-bygninger-med-royalbehandlet-kledning/>.
- [9] R. H. Mostad og A. Steen-Hansen, *Vurdering av branntekniske egenskaper til fasadekledning av tre. Branntesting av trekledning med ulike typer behandling*. RISE-rapport 2021:61. RISE Fire Research AS, Trondheim, 2021.
- [10] DiBK, *Forskrift om byggesak (SAK10)*. Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), Oslo, 2010.
- [11] B. Östman og E. Mikkola, *European classes for the reaction to fire performance of wood products. Holz Roh Werkst*, vol. 64, nr. August 2006, p. 327–337, 2006.
- [12] Standard Norge, NS-EN 13501-1:2018 *Branntekniske klassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning*. Standard Norge, Oslo, 2018.
- [13] A. Steen-Hansen og B. Kristoffersen, *Assessment of fire properties for painted surfaces in escape routes. Interflam 2007: proceedings of the eleventh international conference*, London, England, 2007.
- [14] DBI Fire and Security, *Prøvingsrapport (MøreRoyal)*. DBI Fire and Security, Hvidovre, Danmark, 2021.
- [15] R. Olofsson, *Vurdering av kritiske varmestruklingsnivåer for antennelse av behandlet tre. Tester baserte på ISO 5660-1:2015/Amd 1:2019*. RISE-rapport F21 130009-39. RISE Fire Research AS, Trondheim, 2021.
- [16] Standard Norge, NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008 *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-2: Allmenne laster - Laster på konstruksjoner ved brann*, Oslo: Standard Norge, 2008.
- [17] Standard Norge, SN-INSTA/TS 950:2014 *Analytisk brannteknisk prosjektering - Komparativ metode for verifikasjon av brannsikkerhet i byggverk*, Oslo: Standard Norge, 2014.
- [18] B. Karlsson, *Fire Risk Index Method - Multistorey Apartment Buildings (FRIM-MAB) Version 2.0*. Rapport P 0212053. Trätekt, Stockholm, Sverige, 2002.
- [19] NFPA, *NFPA 550 Guide to the Fire Safety Concepts Tree*. National Fire Protection Association (NFPA), Quincy, MA, USA, 2017.
- [20] DSB, *Branntatistikk 2018*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Tønsberg, 2019.
- [21] SINTEF, 520.310 *Brannspredning via fasader* (Byggforskserien). SINTEF, Oslo, 2019.



- [22] B. Östman (Ed.), *Brandsäkra trähus*, version 3, Stockholm, Sverige: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2012.
- [23] M. J. Hurley (Ed.), *SFPE Handbook of fire protection engineering*, fifth edition, Greenbelt, MD, USA: Society of Fire Protection Engineers (SFPE), 2016.
- [24] M. Spearpoint (Ed.), *Fire engineering design guide*, third edition, Christchurch, New Zealand: New Zealand Centre for Advanced Engineering, 2008.
- [25] DSB, *Forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen*. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Tønsberg, 2015.
- [26] SINTEF, 312.013 *Planlegging av småhusområder. Stortomtmetoden* (Byggforskserien). SINTEF, Oslo, 2016.
- [27] SINTEF, 321.077 *Brannteknisk prosjektering. Områdeplanlegging* (Byggforskserien). SINTEF, Oslo, 2005.
- [28] A.-M. Haukø, J. K. Møller og K. L. Friquin, *Royalbehandlet trekledning og brannsikkerhet. Verktøy for forenklete fraviksanalyser*. SINTEF-rapport 2021:00731. SINTEF, Trondheim, 2021.

## Vedlegg A - Strålingsberegninger

# Innholdsfortegnelse

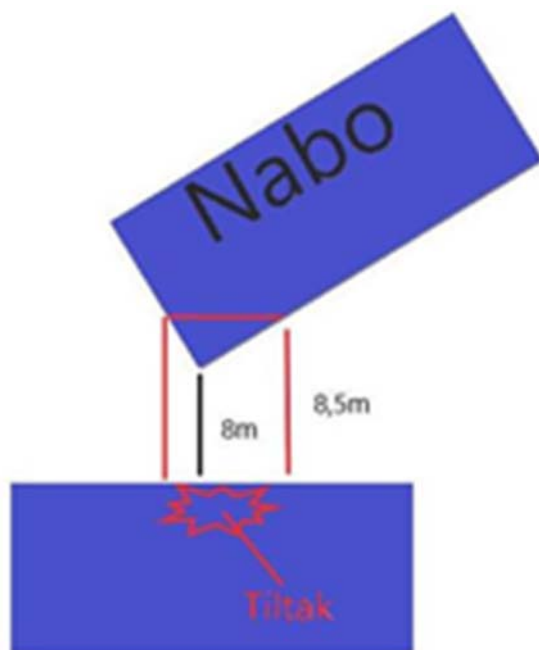
<b>Strålingsberegninger .....</b>	<b>1</b>
Input-data .....	2
Akseptkriterier.....	3
Beregninger .....	4
<i>Brannspredning mot nabo</i> .....	4
<i>Brannspredning fra nabo</i> .....	5
Usikkerhet og sensitivitetsvurderinger .....	5
<b>Referanser .....</b>	<b>5</b>

### Strålingsberegninger

Dette er et vedlegg til SINTEF-rapport 2021:00730 *Royalbehandlet trekledning og brannsikkerhet – Komparative fraviksanalyser v.1.0* og må leses i sammenheng med denne.

Det er utført strålingsberegninger etter metode beskrevet i NS-EN 1991-1-2 tillegg G [1] for å sammenligne preakseptert situasjon (referansebygg) med aktuelle situasjoner for analysebyggene. Metoden beskriver i prinsippet kun beregning av konfigurasjonsfaktoren mellom to punkter, altså hvor stor andel av strålingen fra en flate som "treffer" en mottakende flate. Denne faktoren multipliseres så med strålingsmengden fra den utstrålende flaten for å finne strålingen som treffer mottakende flate.

Konfigurasjonsfaktoren varierer med avstand og orientering mellom avgivende og mottakende flate, samt bredde og høyde på strålingskilden. Her betraktes alle situasjoner å være parallelle motstående flater, hvor hele veggene utgjør den strålende flaten i henhold til SN-INSTA/TS 950 [2]. Dette er en forenkling i mange situasjoner, og betyr at det er den korteste avstanden mellom de to byggene som utgjør avstanden mellom flatene. Hvis for eksempel denne avstanden er 8 m og beregningene viser at det er behov for 8,5 m avstand på grunn av fraviket, er det likevel bare de delene av analysebygget som ligger innenfor 8,5 m avstand fra nabo som trenger å gjøre tiltak. For eksempel bytte av kledning til preakseptert ytelse.



Figur 1. Illustrasjon som viser område/utstrekning på analysebygget som må gjøre tiltak

Strålingsberegningene er bare aktuelle for situasjoner der avstand mellom byggverkene er 8 m eller mer. Med dette menes enten at ett av eller begge byggene er høye byggverk i henhold til veiledningen til *Forskrift for tekniske krav til byggverk* VTEK17 §11-9, noe som medfører krav om minst 8 m avstand eller brannvegg mellom byggene. Alternativt menes at samlet bruttoareal for lave byggverk som ligger med innbyrdes avstand mindre enn 8 m ikke må overskride 1200 m<sup>2</sup>. NS-EN 1991-1-2 beskriver også metode for beregning av stråling når veggene står med en vinkel i forhold til hverandre, men vil kreve spesifikke beregninger i hvert enkelt tilfelle.

Konfigurasjonsfaktoren for motstående parallelle flater er gitt av **Formel 1** fra [1].

**Formel 1. Uttrykk for konfigurasjonsfaktor i henhold til [1]**

$$\varphi = \frac{1}{2\pi} = \left[ \frac{a}{(1+a^2)^{0,5}} \tan^{-1} \left( \frac{b}{(1+a^2)^{0,5}} \right) + \left( \frac{b}{(1+b^2)^{0,5}} \right) \tan^{-1} \left( \frac{a}{(1+b^2)^{0,5}} \right) \right]$$

Hvor;

$$a = \frac{\text{høyde på strålende flate}}{\text{avstand mellom flatene}}$$

$$b = \frac{\text{bredde på strålende flate}}{\text{avstand mellom flatene}}$$

## Input-data

Ved overtenning i et bygg med brennbar fasade legges hele veggflatens areal til grunn for beregningen [2]. Her medregnes ikke flammehøyde over tak, men hele høyden på veggen medregnes, også i tilfeller der brannen starter over bakkenivå. En strålingsintensitet på 84 kW/m<sup>2</sup> fra boligbygg er anbefalt brukt av SN-INSTA/TS 950 [2], og er lagt til grunn for den preaksepterte situasjonen med referansebygget.

Referansebygg BKL 1: 9 m høyt og 16 m bredt.

Preakseptert minimumsavstand mellom byggverk i scenario som strålingsberegningene brukes for er 8 m.

Royalkledning er beregnet å gi et ekstra bidrag til strålingsmengden på 10 %, altså  $92,4 \text{ kW/m}^2$ , mens akseptkriteriet for stråling mot nabobygget er definert av den preaksepterte situasjonen med referansebygget.

## Akseptkriterier

I en komparativ analyse benyttes verdien som man får i den preaksepterte situasjonen som akseptkriterium for analysesituasjonen. Det vil si den strålingen som referansebygget gir på et nabobygg i 8 m avstand.

Innkommende stråling mot analysebygg vil måtte vurderes på bakgrunn av kritisk fluks for antennelse [ $\text{kW/m}^2$ ] for royalkledning opp mot kledning med ytelse D-s3,d0, her representert ved ubehandlet kledning.

Tilsvarende vil man for strålingsberegning mot nabobygg måtte vurdere økt utstråling som følge av royalkledning kontra kledning med ytelse D-s3,d0. Tilfellet der nabobygg også har royalkledning vil måtte medtas da dette både gir økt utstråling og redusert kritisk varmekraft (økt risiko for antenning).

Ved bruk av Formel 1 og strålingsmengde for boligbygg i henhold til [2] på  $84 \text{ kW/m}^2$  oppnås følgende stråling på nabobygg i den preaksepterte situasjonen;

Referansebygg BKL 1:  $14,8 \text{ kW/m}^2$

Dette utgjør akseptkriteriet for stråling mot nabobygg med preakseptert ytelse på sin kledning.

I tilfeller hvor nabobygg også har royalkledning og i beregning for stråling fra nabobygg, vil akseptkriteriet måtte reduseres pga. lavere kritisk fluks for royalkledning. Kritisk fluks for aldret royalkledning (> 12 mnd) er funnet å være over  $10 \text{ kW/m}^2$  og lagt til grunn for analysen, mens  $12,6 \text{ kW/m}^2$  benyttes som referanseverdi for ubehandlet kledning [3].

SN-INSTA/TS 950 anbefaler et akseptkriterium på  $15 \text{ kW/m}^2$  mottatt stråling i 30 minutter i forbindelse med strålingsberegninger for brannspredning mellom bygg, mens beregnet stråling fra preakseptert situasjon med referansebyggene beskrevet over også gir en innkommende stråling som er høyere enn definert kritisk fluks for preakseptert kledning. I denne komparative analysen er det derfor lagt til et tilsvarende påslag på kritisk fluks for royalkledning for å definere akseptkriteriet for innkommende stråling.

Akseptkriteriet for stråling mot royalkledning blir derfor  $11,7 \text{ kW/m}^2$ . Dette er 17 % over det som er lagt til grunn som kritisk fluks for royalkledning og tilsvarer forholdet  $14,8/12,6$ .

Akseptkriteriet for stråling mot nabo med preakseptert ytelse på kledning blir derfor  $14,8 \text{ kW/m}^2$ .

Akseptkriteriet for stråling mot nabo og eget bygg med royalkledning blir  $11,7 \text{ kW/m}^2$ .

## Beregninger

For bruk i det forenklete fravikstøyet er det beregnet ulike kombinasjoner av avstand mellom bygg sammen med høyde og bredde på vegg i brennende bygg som tilfredsstiller akseptkriteriene beskrevet over.

### Brannspredning mot nabo

Ulike kombinasjoner av avstand, bredde og høyde på analysebygg som gir lavere innkommende stråling enn akseptkriteriene beskrevet over er beregnet på bakgrunn av Formel 1 og en utstråling på 92,4 kW/m<sup>2</sup>.

Følgende kombinasjoner gir en stråling som er innenfor akseptkriteriene for henholdsvis preakseptert kledning (14,8 kW/m<sup>2</sup>) og royaltbehandlet kledning (11,7 kW/m<sup>2</sup>):

Minste avstand til nabo [m]	Maks høyde på analysebyggets vegg mot nabo [m]	Maks bredde på analysebyggets vegg mot nabo [m]	Maks bredde på analysebyggets vegg mot nabo hvis nabobygg har royalkledning [m]
8	12	8	5,5
	11	8,5	5,5
	10	9,5	6
	9	10,5	6
	8	12,5	6,5
	7	20	7,5
9	12	10	6,5
	11	10,5	6,5
	10	12	7
	9	14	7,5
	8	21	8,5
10	7	>200	10
	12	12	7,5
	11	13,5	8
	10	15,5	8,5
	9	22	9
	8	>200	10,5
	7	>200	13,5

## Brannspredning fra nabo

Ulike kombinasjoner av avstand, bredde og høyde på nabobygg som gir lavere innkommende stråling mot analysebygget enn akseptkriteriene beskrevet over er beregnet på bakgrunn av Formel 1 og en utstråling på 84 kW/m<sup>2</sup> når nabobygg har preakseptert kledning, og 92,4 kW/m<sup>2</sup> når nabobygg har royalkledning.

Følgende kombinasjoner gir en stråling som er under akseptkriteriene for innkommende stråling mot royalkledningen på analysebygget (11,7 kW/m<sup>2</sup>):

Minste avstand til nabo [m]	Maks høyde på nabobyggets vegg mot analysebygg [m]	Maks bredde på nabobyggets vegg mot analysebygg [m]	Maks bredde på nabobyggets vegg mot analysebygg hvis nabobygg har royalkledning [m]
8	12	6	5,5
	11	6,5	5,5
	10	7	6
	9	7,5	6
	8	8	6,5
	7	9,5	7,5
9	12	7,5	6,5
	11	8	6,5
	10	8,5	7
	9	9	7,5
	8	10,5	8,5
	7	13,5	10
10	12	8,5	7,5
	11	9,5	8
	10	10	8,5
	9	11,5	9
	8	14	10,5
	7	24,5	13,5

## Usikkerhet og sensitivitetsvurderinger

Usikkerhet og sensitivitetsvurderinger for strålingsberegningene og bakgrunnstallene benyttet i analysen er gitt i hovedrapporten.

## Referanser

- [1] Standard Norge, NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008 *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-2: Allmenne laster - Laster på konstruksjoner ved brann*, Oslo: Standard Norge, 2008.
- [2] Standard Norge, SN-INSTA/TS 950:2014 *Analytisk brannteknisk prosjektering - Komparativ metode for verifikasjon av brannsikkerhet i byggverk*, Oslo: Standard Norge, 2014.
- [3] R. H. Mostad og A. Steen-Hansen, *Vurdering av branntekniske egenskaper til fasadekledning av tre. Branntesting av trekledning med ulike typer behandling*. RISE-rapport 2021:61, RISE Fire Research AS, Trondheim, 2021.