



RISE

Vurdering av branntekniske egenskaper til fasadekledning av tre

BRANNTTESTING AV TREKLEDNING MED ULIKE TYPER BEHANDLING

RISE RAPPORT 2021:61

Anne Steen-Hansen

Robert Harley Mostad

RISE Fire Research AS

Division RISE SAFETY AND TRANSPORT

Vurdering av branntekniske egenskaper til fasadekledning av tre - Branntesting av trekledning med ulike typer behandling

Anne Steen-Hansen, Robert Harley Mostad

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2021:61

ISBN: 978-91-89385-51-1

Prosjektnummer: 20577

Ansvarlig for kvalitetssikring: Anne Steen-Hansen

Finansiert av: Talgø Invest AS, Marnar Bruk AS, Alvdal Skurlag AS,
Boligprodusentenes Forening

Forsidebilde: Storskala testing av trefasade, foto: Christian Sesseng
Trondheim 2021

Abstract

Assessment of reaction to fire behaviour of façade cladding of wood. Fire testing of cladding with different types of treatments.

This report describes 19 large-scale fire tests of wood cladding with various forms of treatment. The test setup is intended to represent a real façade, and the tests were carried out at RISE Fire Research's laboratory in Trondheim in the spring of 2021. The tests were carried out with different levels of fire exposure representing fire in smaller objects. Burner effects of 125 kW, 251 kW and 376 kW have been used in the experiments. The purpose of the project has been to investigate the fire development in these cladding products and to interpret the results in relation to the safety level of buildings with such claddings. The results of the large-scale tests have been assessed and compared with results from fire testing in small and medium scale tests of the same products. This was done to investigate if the tests in a smaller scale can predict the fire behaviour of the claddings in the large-scale test. The study is limited to investigating fire development and flame spread on the exterior surface of a façade with wooden cladding, to assess the differences between claddings with different treatments. The report also describes the regulations for exterior cladding provided in the Norwegian building regulations with guidelines, and the system for fire testing and classification of such products.

Conclusions:

- It should be specified clearly, either in the product standard *EN 14915 Solid wood panelling and cladding - Characteristics, requirements and marking*, or preferably in the table of CWFT provisions, that fire classification without testing applies only to untreated wood, as long as otherwise not stated.
- Pre-accepted performance for all types of treated wooden exterior cladding should be considered in more detail. Today, there are probably a large number of exterior walls with wooden claddings in Norway that do not meet the criteria of fire class D-s3,d0, where this is given as a pre-accepted level of performance in the guidance to the building regulations.
- The SBI method is considered a good method for assessing and classifying building products' reaction to fire properties, also for exterior wood cladding. Ranking of the tested products based on results from the large-scale test is largely consistent with the ranking of the products based on results from the SBI test. The possibilities of developing a separate set of euroclasses for facades based on testing according to the SBI method should be investigated.
- In all large-scale experiments, it was demonstrated that the claddings' treatment had the greatest impact on the heat flux measured at different heights in the first 2 minutes of the fire.
- Geometry in the experimental setup had a major impact on the spread of fire in the façade when the flames reached up to the cantilevered soffit. The effect of geometric conditions may probably be greater than the effect of the surface treatment.
- Cladding profile and installation of the cladding, especially if the joints are tight and there are no holes in the cladding, are important factors with regard to fire spread in the façade and to cavities behind the cladding.

Key words: fire safety, wood cladding, wood treatment, façade fire

Innhold

Abstract	2
Innhold	3
Forord	5
Sammendrag	6
Definisjoner og akronymer	7
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn for prosjektet.....	9
1.2 Målsetting.....	9
1.3 Begrensninger.....	9
1.1 Oppdragsgivere	10
2 Bakgrunn	11
1.2 Royalbehandling av trevirke	11
2.1 Regelverk – Byggteknisk forskrift med veiledning.....	11
2.2 Brannklassifisering av byggevarer	13
2.2.1 Generelt	13
2.2.2 Euroklassene.....	13
2.2.3 Klassifiseringsrapport.....	16
2.2.4 Brannklassifisering uten testing	16
2.2.5 NS-EN 13823 – Single Burning Item (SBI-testen)	20
2.2.6 Oversettelsen av de norske brannklassene til euroklasser	21
2.2.7 Klassifiseringskriterier i NS-EN 13501-1	22
3 Testete produkter	24
4 Innledende brannprøving	26
4.1 Tester utført i henhold til NS-EN 13823 (SBI-testen).....	26
4.2 Vurdering av kritisk varmefluks for antennelse	27
4.2.1 Teori	27
4.2.2 Resultater fra tester av trekledning.....	27
5 Metodebeskrivelse	29
5.1 Testoppsett	29
5.1.1 Prøvestykker.....	29
5.1.2 Instrumentering	30
5.1.3 Brannkilde	32
5.2 Testprosedyre	32
5.2.1 Montering av prøvemateriale	32
5.2.2 Brennereffekter.....	32
5.2.3 Testgjennomføring	33
5.3 Testprogram	34
5.4 Resultatbehandling	34
5.4.1 Temperaturmålinger	34

5.4.2	Varmefluksmålinger	34
5.4.3	Videoopptak	35
5.4.4	Måling av skader	35
6	Resultater	36
6.1	Fasader med ulik behandling.....	36
6.1.1	Varmefluks	36
6.1.2	Gjennombrenning til hulrom	42
6.1.3	Fuktmålinger	43
6.1.4	Skadeomfang etter test	44
6.2	Måling av varmekraft fra propanbrenner	49
6.3	Sammenligning fluksmeter og platetermoelement	51
7	Diskusjon.....	53
7.1	Kritisk fluks for antennelse	53
7.2	Varmefluks	53
7.3	Fuktighet i trevirket	56
7.4	Gjennombrenning til hulrom	56
7.5	Vurdering a skadeomfang	58
7.5.1	Vurdering av skadeomfang for testgruppe 1	59
7.5.2	Vurdering av skadeomfang for testgruppe 2	59
7.5.3	Vurdering av skadeomfang for testgruppe 3	60
7.5.4	Vurdering av skadeomfang for testgruppe 4	61
7.6	SBI-metoden og klassifisering av utvendig kledning.....	62
7.6.1	Er SBI-metoden relevant for brannprøving av fasadeprodukter?.....	62
7.6.2	Er krav til ytelse skjerpet for fasadematerialer?	63
7.7	Effekt av geometri for brannspredning i fasaden	64
7.8	Risiko for brannspredning ved brann i fasade	65
7.9	Metodekritikk	65
7.9.1	Egnethet av testoppsettet	65
7.9.2	Usikkerheter i målinger	67
7.9.3	Fuktmålinger	68
7.9.4	Fasadens estimerte bidrag til varmekraft	68
8	Konklusjoner	70
8.1	Klassifisering av egenskaper ved brannpåvirkning	70
8.2	Betydning av størrelsen på brennereffekten	70
8.3	Betydning av trekledningens behandling	70
8.4	Betydning av geometriske forhold	71
8.5	Betydning av utførelse og montering	71
9	Forslag til videre arbeid.....	72
	Referanser	73
	Vedlegg A: Temperaturmålinger	
	Vedlegg B: Varmefluksmålinger	
	Vedlegg C: Fasadens bidrag til varmekraft	

Forord

Denne rapporten er utført på oppdrag fra Talgø Invest AS, Marnar Bruk AS, Alvdal Skurlag AS og Boligprodusentenes Forening.

Robert Harley Mostad har vært prosjektleder, og har stått for den praktiske planleggingen og gjennomføringen av storskala branntesting av fasadekledning, samt bidrag til denne rapporten.

De branntekniske problemstillingene har blitt diskutert underveis med flere ulike fagfolk, der Christian Sesseng og Jan Ivar Rønningen (begge Erichsen & Horgen) og Geir Drangsholt (TekØk) spesielt har bidratt med innspill og kunnskap.

Sammendrag

Denne rapporten beskriver 19 storskala branntester av trekledning med ulike former for behandling. Forsøksoppsettet skal representere en reell fasade, og testene ble gjennomført ved RISE Fire Researchs laboratorium i Trondheim våren 2021. Testene ble utført med startbrannkilder som representerer brann i mindre objekter. Det er benyttet brennereffekter på henholdsvis 125 kW, 251 kW og 376 kW.

Hensikten med prosjektet har vært å undersøke brannutviklingen i disse kledningsproduktene, og å belyse hva resultatene kan ha å si for sikkerhetsnivået i bygninger med slik kledning.

Resultatene fra storskalatestene er vurdert og sammenholdt med resultater fra branntesting i liten og mellomstor skala av de samme produktene. Dette ble gjort for å undersøke om forsøkene i mindre skala kan forutsi hvordan materialene vil oppføre seg i storskalatesten.

Denne studien er begrenset til å undersøke brannutvikling og flammespredning på utvendig overflate på fasade med trekledning, for å vurdere forskjellene mellom kledning med ulik behandling.

Rapporten beskriver også regelverket for ytterkledning gitt i byggteknisk forskrift med veiledning, og systemet for brannprøving og klassifisering av slike produkter.

Konklusjoner

- Det bør presiseres tydelig, enten i produktstandarden *NS-EN 14915 Panelbord og kledningsbord av heltre - Egenskaper, evaluering av samsvar og merking*, eller aller helst i tabellen over CWFT-bestemmelsene, at brannklassifisering uten testing kun gjelder for ubehandlet trevirke, så lenge annet ikke er sagt.
- Preakseptert ytelse for alle typer behandlet ytterkledning av trevirke bør vurderes nærmere. I dag er det sannsynligvis svært mange yttervegger med trekledning i Norge som ikke tilfredsstillere kriteriene til brannklasse D-s3,d0, der dette er gitt som preakseptert ytelsesnivå i veiledning til byggteknisk forskrift.
- SBI-metoden anses som en god metode for vurdering og klassifisering av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning, også for ytterkledning av trevirke. Rangering av de testete produktene basert på resultater fra storskalatesten er i stor grad i samsvar med rangering av produktene på grunnlag av resultater fra SBI-testen. Mulighetene for å utvikle et eget sett med euroklasser for fasader basert på testing i henhold til SBI-metoden bør undersøkes.
- I samtlige storskalaforsøk ble det påvist at kledningens behandling har størst innvirkning på varmefluksen målt i ulike høyder i de 2 første minuttene av brannforløpet.
- Geometri i forsøksoppsettet hadde stor innvirkning på brannspredningen i fasaden når flammene slo opp i den utragete gesimsen. Effekten av geometriske forhold kan trolig være større enn effekten av overflatebehandlingen.
- Kledningsprofil og montering av kledningen, spesielt om skjøtene er tette og det ikke er hull i kledningen, er viktige faktorer med hensyn til brannspredning i fasaden og til hulrom.

Definisjoner og akronymer

CPD	byggevaredirektivet (Construction Products Directive)
CPR	byggevareforordningen (Construction Products Regulation)
dobbelfals	kledningsbord med fals på begge sider, falsen på den ene siden blir liggende over det neste kledningsbordet, og falsen på den andre siden har en profil som vises. Profilen kan være f.eks. 60°, 28°, 90° rett og 90° tett ¹
fals	brett, bøy, knekk eller vinkelavslutning av en flate. En fals benyttes som kantavstivning, prydd, sammenføyning (for eksempel av metallplater som del av blikkenslagerarbeider) og/eller tetning (platetekning); ofte i rettvinklet utforming. ²
FIGRA	brannutviklingsindeks (F ire G rowth R atio index) [W/s]
FSG	Fire Sector Group
GNB	Group of Notified Bodies (gruppe av utpekte organ under EU-kommisjonen)
harmonisert standard	Europeisk standard som er utarbeidet i overensstemmelse med mandat fra EU-kommisjonen og EFTA, og som er offentliggjort i EF-tidende og i EØS-tillegget til disse. Kommentar: En harmonisert produktstandard gir opplysninger om byggevarens egenskaper, hvilket kontrollomfang som er nødvendig og informasjon om CE-merking.
HRR	hastighet for varmeavgivelse (Heat Release Rate) [kW] eller [MW]
hulrom	luftespalte bak kledningen
LSF	horisontal flammespredning (Lateral Flame Spread)
materialers egenskaper ved brannpåvirkning	Reaksjonen til et prøvestykke når det eksponeres for brann ved spesifiserte betingelser i en brannprøving. ³ Engelsk: Reaction to fire.
SBI	Single Burning Item, anvendes i teststandarden NS-EN 13823
SMOGRA	røykutviklingsindeks (S moke G rowth R atio index) [m ² /s ²]
SPR	Smoke Production Rate, hastighet for røykproduksjon [m ² /s]

¹ <https://hoved.talgo.no/no/inspirasjon/kledning-og-fasade/dobbelfals-kledning-mange-valgmuligheter>

² <https://snl.no/fals>

³ <http://www.kbt.no>

THR _{600s}	total varmeavgivelse de første 600 sekundene av testen (Total Heat Release) [MJ]
TSP _{600s}	total røykproduksjon de første 600 sekundene av testen (Total Smoke Production) [m ²]

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for prosjektet

I perioden 2019 – 2020 gjennomførte Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) tilsyn med brannhemmende trekledning for utvendig bruk. Dette ble gjort som en konsekvens av flere tips og henvendelser fra bransjen som pekte på flere mulige problemer med slik kledning. DiBK besluttet å gjennomføre tilsyn, samt å gjennomføre branntekniske tester for å undersøke kledningenes egenskaper ved brannpåvirkning.

Produktgruppen som ble omfattet av tilsynet var brannhemmet trekledning, enten impregnert eller malt. Tilsynet avdekket blant annet at royalbehandlet trekledning som i tillegg var behandlet med brannhemmende maling, ikke tilfredstilte klasse B-s3,d0 slik det var deklarerert, men klasse E eller dårligere. Tilsynet avdekket også at produsenter deklarererte royalbehandlet trekledning uten brannhemmende tilsetninger til å oppfylle klasse D-s2,d0, uten at dette har vært dokumentert ved prøving. Resultatene fra tilsynet er oppsummert i en rapport publisert i november 2020 [1].

Siden dette ble kjent, har tre produsenter av royalbehandlet kledning gjennomført en rekke branntekniske tester. Dette omfatter småskala konkalorimetertester i henhold til ISO 5660-1 [2], og mellomskala tester i henhold til NS-EN 13823 (SBI-testen) [3]. Testene dokumenterer antenelighet for trekledning med ulik behandling (malt, beiset eller royalbehandlet), varmeavgivelseshastighet (HRR), FIGRA-verdi (mål på akselerasjon av varmeavgivelsen) og flammespredning. Resultatene fra disse testene er dokumentert i egne rapporter [4–8].

Det ble besluttet å gjennomføre storskala branntester av trekledning med ulike former for behandling, for å undersøke brannutviklingen, og for å belyse hva dette kan ha å si for sikkerhetsnivået i bygninger med slik kledning. Denne rapporten dokumenterer testoppsett og resultater for til sammen 19 storskalatester av brann i fasader med trekledning. Testene ble gjennomført ved RISE Fire Researchs laboratorium i Trondheim våren 2021.

1.2 Målsetting

Målet har vært å undersøke hvorvidt det er forskjeller i brannutvikling og brannspredning i trepanel med ulike former for behandling når de testes i et forsøksoppsett som representerer en reell fasade. En annen målsetting har vært å vurdere om resultatene fra de gjennomførte forsøkene i liten og medium skala [9,10] kan forutsi hvordan materialene vil oppføre seg i denne storskalatesten. Dette skal danne et grunnlag for å vurdere hva de ulike målte størrelsene fra de innledende testene i konkalorimeteret og SBI-testen har å si i praksis for sikkerhetsnivået i bygninger med trekledning med ulik behandling.

1.3 Begrensninger

Denne studien er begrenset til å kun undersøke brannutvikling og flammespredning på utvendig overflate på fasade med trekledning, for å vurdere forskjellene mellom kledning med ulik behandling. For å få frem disse forskjellene best mulig uten at resultatene skulle maskeres av kraftig brannutvikling og store flammer, ble testene utført med startbrannkilder som representerer brann i mindre objekter. Det er benyttet brennereffekter på henholdsvis 125 kW, 251 kW og 376 kW. Dette valget av moderate

brannkilder er også begrunnet med sikkerhetsnivået som preaksepterte ytelser til ytterkledning representerer, der en brenner på 30 kW brukes som brannkilde. Resultatene fra disse storskalatestene med moderate brennereffekter fører til relativt små verdier for mange av de målte parametrene, som for eksempel temperatur, varmestrålingsfluks og, skadeutbredelse. De målte verdiene må brukes med varsomhet og skjønn, fordi de ikke nødvendigvis representerer nivået på tilsvarende verdier i en virkelig brann, men brukes her for å sammenligne brannegenskapene til ulike produkter.

Studien belyser ikke problemstillinger som spredning av brann i hulrom i luftede fasader, eller effekten av ulike geometrier (karnapp, innvendig hjørne, vinduer, takoverbygg, terrasser etc.) på brannutviklingen og brannspredningen. Det er kjent at slike geometrier kan øke turbulensen i en brann, noe som igjen kan føre til økt varmeutvikling og raskere brannspredning. Studien belyser heller ikke effekter som følge av variasjoner i vegg høyde, eller eksponering for større startbrannkilder.

1.1 Oppdragsgivere

Denne studien er utført på oppdrag fra tre produsenter av royalbehandlet trekledning: Talgø Invest AS, Alvdal Skurlag AS og Marnar Bruk AS, samt Boligprodusentenes forening, som er en interesseorganisasjon for boligproduserende bedrifter i Norge.

2 Bakgrunn

1.2 Royalbehandling av trevirke

Royalimpregnert trevirke er en kombinasjon av saltimpregnert trevirke som deretter behandles med olje [11]. Prosessen er beskrevet på nettsiden til Marnar Bruk⁴. Først trykkimpregneres trevirket med impregneringssalter, deretter kokes det i olje under vakuum, noe som fører til at olje trenger inn i porene i treet. Oljen blir presset 1-3 mm inn i treet overflate, og helt opp til 15-20 mm i endeveden. Materialet tørkes til slutt i vakuum. Ulike tverrsnitt av et royalbehandlet kledningsbord er vist i Figur 2-1.



Figur 2-1 Ulike tverrsnitt av royalimpregnert kledningsbord med dobbelfalsprofil. Bildet viser varierende grad av inntrengning av olje med pigment. Dette skyldes varierende tetthet på treet.

2.1 Regelverk – Byggteknisk forskrift med veiledning

Byggteknisk forskrift (TEK) [12] er hjemlet i plan- og bygningsloven [13]. I dette kapittelet er bestemmelser som har relevans for branntekniske krav til utvendig kledning i TEK17 med veiledning (VTEK) [14] beskrevet.

TEK17 §11-9 omhandler materialer og produkters egenskaper ved brann og har to ledd som angir funksjonskrav:

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.*

⁴ <http://marnarbruk.no/royal>

2. *Materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det skal legges vekt på muligheten for antennelse, hastigheten av varmeavgivelse, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning.*

Veiledningen til første ledd angir følgende:

Bruken av innvendige og utvendige overflater og kledninger har betydning for utvikling og spredning av brann.

Det er de innvendige, synlige overflatene som har størst betydning for personsikkerheten. Disse overflatene kan bli involvert tidlig i et brannforløp.

Utvendige overflater på fasader og tak vil vanligvis bli involvert senere i et brannforløp, og kan bidra til brannspredning både mellom ulike deler av et byggverk og mellom ulike byggverk

Veiledningen til annet ledd har seks seksjoner som hver omhandler ulike typer materialer og produkter. For utvendige kledninger er seksjon E «Utvendige overflater» relevant:

Utvendige overflater på vegger og tak vil vanligvis ikke 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).

Preaksepterte ytelser

1. *Utvendige overflater er tilfredsstillende når det benyttes produkter med egenskaper som angitt i tabell 1A og 1B, med unntak gitt i nr. 2 til 4.*
2. *Yttervegg i byggverk i brannklasse 2 og 3 kan ha utvendig overflate som tilfredsstillende klasse D-s3,d0 [Ut 2], når enten*
 - a. *yterveggen er utformet slik at den hindrer brannspredning i fasaden, eller*
 - b. *byggverket er i risikoklasse 1, 2 og 4 og har inntil fire etasjer, og det er liten fare for brannspredning til og fra nabobyggverk.*
3. *Overflater i hulrom i ytterveggkonstruksjoner betraktes på samme måte som utvendig overflate og må ha minst like gode branntekniske egenskaper.*
4. *Byggverk i brannklasse 1 og boliger inntil 3 etasjer kan ha uklassifiserte overflater i hulrom.*

Veiledningens Tabell 1A og 1B gir preaksepterte ytelser for ulike områder og bygningsdeler i henholdsvis risikoklasse 1-5 og 6. For utvendige overflater er det imidlertid ingen forskjeller mellom risikoklasse 1-5 og 6, og ytterkledningens overflate i de forskjellige brannklassene skal oppfylle følgende ytelser:

- Brannklasse 1: D-s3,d0 [Ut2]
- Brannklasse 2: B-s3,d0 [Ut1] (med mulighet for D-s3,d0 [Ut2], jf. punkt 2 ovenfor)
- Brannklasse 3: B-s3,d0 [Ut1] (med mulighet for D-s3,d0 [Ut2], jf. punkt 2 ovenfor)

Dersom det langs fasaden går en rømningsvei, skal kledningen oppfylle ytelsen B-s1,d0 [In1].

2.2 Brannklassifisering av byggevarer

2.2.1 Generelt

Klassifisering av branntekniske egenskaper ved brannpåvirkning er et system som gjør det mulig å rangere produkter etter hvilke resultater produktene har oppnådd i spesifiserte testmetoder. Egenskaper som anses som viktige er

- antennelighet
- flammespredningsevne
- varmeavgivelse (både hastighet, maksimal varmeavgivelse og total varmeavgivelse)
- dannelsen av brennende dråper og biter
- optisk røykproduksjon (dvs. hvor tett røyken er)
- røykens giftighet

En klassifiseringsbetegnelse kan inneholde informasjon om en eller flere av disse egenskapene.

Den branntekniske klassifiseringen er uløselig knyttet til de testmetodene som er benyttet, og kriteriene som anvendes for å ende opp med en klassifisering. For eksempel vil varmeavgivelse fra en byggevarer avhenge av hvor stor branneksposeringen er under prøving, størrelse og geometri av prøvematerialet, hvilke størrelser som måles og observeres, hvordan dette gjøres osv.

Mange branntekniske prøvingsmetoder har til hensikt å simulere et gitt brannscenario, og dette vil gjenspeiles i prøvingsforholdene, for eksempel i beskrivelse av geometri og branneksposering. Samtidig er det klart at det ikke vil være mulig å finne en testmetode som vil dekke alle tenkelige scenarier og alle tenkelige bruksområder for byggevarer, og i den virkelige verden vil så godt som alle branner være spesielle. Derfor må branntekniske prøvingsmetoder anses som kompromissløsninger som kan brukes til å oppnå økt brannsikkerhet i det store bildet.

2.2.2 Euroklassene

Før Europa gikk over til et harmonisert system for klassifisering av materialers egenskaper ved brannpåvirkning (det såkalte euroklassesystemet), hadde hvert land sitt eget system. Rangering av byggevarer på grunnlag av brannklassifisering kunne være svært ulik i de ulike landene. I tillegg medførte dette store kostnader for byggevarerprodusentene, fordi de måtte teste og klassifisere produktene sine i henhold til de mange ulike systemene som gjaldt for de landene de ønsket å markedsføre produktene sine i. Dette utgjorde en handelsbarriere på det europeiske byggevaremarkedet.

I Norge ble produkter klassifisert i henhold til norsk standard *NS 3919 Brannteknisk klassifisering av materialer, bygningsdeler, kledninger og overflater* [15]. Grunnlaget for klassifisering av overflatematerialer var prøving i henhold standardene *ISO 5657:1997 Reaction to fire tests — Ignitability of building products using a radiant heat source* [16] og *NS-INSTA 412 Brannprøving - Bygningsprodukter - Varmeavgivelse og røykutvikling* [17]. I disse testene ble antennelighet, varmeavgivelse og røykproduksjon bestemt. På grunnlag av disse resultatene kunne produkter klassifiseres som In1 og In2 for innvendig bruk, og Ut1 og Ut2 for utvendig bruk [18]. Kriteriene til Ut1 er de samme som for klasse In1, men uten røykkraft. Tilsvarende er kriteriene til klasse Ut2 de samme som for In2, men uten krav til røykproduksjon. NS 3919 beskriver et materiale i klasse Ut2 som en utvendig overflate som er «normalt antennelig» og «normalt varmeavgivende». Disse begrepene er

definert i standarden ved kriterier som stilles til resultater fra testing i henhold til ISO 5657 og NS-INSTA 412. De samme metodene og klassifiseringskriteriene ble anvendt i de andre nordiske landene, men klassebetegnelse var forskjellige.

Bakgrunnen for euroklasser er beskrevet i det såkalte *Guidance paper G*, som er gjengitt i en oppdatert versjon fra 2018 [19]. Det nye systemet for branntesting og klassifisering ble utviklet som et virkemiddel til å fjerne handelsbarrierer mellom medlemslandene i EU og EØS, og for å sikre at byggevarer på markedet er trygge. Intensjonen var at alle medlemslandene i EU og EØS skulle kunne gjenfinne sine nasjonale sikkerhetsnivå i det nye klassifiseringssystemet. Klassebetegnelse er felles, men det er opp til hvert enkelt medlemsland å velge hvilke klasser de vil angi i sine nasjonale byggregler. I Norge ble euroklassene introdusert i veiledning til teknisk forskrift i 2003 (3. utgave), med de nasjonale klassene i klammeparenteser som et alternativ. Eksempelvis kunne preakseptert ytelse for overflater i et gitt bruksområde angis som D-s3,d0 [Ut2]. De gamle klassebetegnelse skulle i utgangspunktet bli stående slik i kammeparenteser i en relativt kort overgangsperiode (5-10 år), men står der fremdeles ettersom den gamle klassifiseringsstandard NS 3919 ikke er trukket tilbake av formelle årsaker.

Produkter plasseres i euroklassene i henhold til kriterier gitt i klassifiseringsstandard *NS-EN 13501-1 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning* [20]. Bakgrunnen for utvikling av klassene er beskrevet i Annex A i NS-EN 13501-1. Brannscenariet er en brann som starter i et rom, og som kan vokse og til slutt føre til overtenning i rommet.

- a) Det første stadiet innebærer at brannen starter ved at et produkt blir antent av en liten flamme i et begrenset område av produktet.
- b) Det andre stadiet omfatter brannvekst som eventuelt når overtenning. Dette blir simulert ved en enkelt brennende gjenstand i et hjørne av rommet.
- c) I det tredje stadiet, etter overtenning, bidrar alle brennbare produkter til brannlasten.

Annex A beskriver at valideringen av klassifiseringen av produkter med hensyn til deres bidrag til brannveksten og til branner etter overtenning er basert på et storskala scenario. Det antas også at denne klassifiseringen er representativ for andre scenarier. En liknende forenklet antakelse er gjort for å kunne anvende de samme klassifiseringene for ulike orienteringer og geometrier, og for andre produkttyper enn til innvendige overflatematerialer i et rom.

Grunnlaget for klassifiseringen er parameterne antenlighet, brennbarhet, varmeavgivelse, flammespredning, røykproduksjon og produksjon av brennende dråper. For overflatematerialer blir disse egenskapene målt og dokumentert ved prøving i henhold til ulike standarder, avhengig av hvilken klasse man ønsker å oppnå. Klassifiseringsbetegnelse er sammensatt av euroklasse og tilleggsklasser, som angitt i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Beskrivelse av Euroklassene [20]

Euroklasse	Ytelse
F	Produkter som ikke kan klassifiseres i noen av klassene A1, A2, B, C, D eller E.
E	Produkter som i et kort tidsrom kan motstå eksponering av en liten flamme uten at det oppstår vesentlig flammespredning.
D	Produkter som tilfredsstillende klasse E, og som samtidig kan motstå flammeeksponering i et lengre tidsrom uten at det oppstår vesentlig flammespredning. I tillegg skal produktene også kunne gi tilstrekkelig forsinket og begrenset varmeavgivelse når de eksponeres for et brennende objekt (SBI).
C	Som klasse D, men med strengere kriterier. I tillegg skal produktene ha begrenset horisontal flammespredning.
B	Som klasse C, men med strengere kriterier.
A2	Skal tilfredsstillende de samme kriteriene som klasse B for SBI-metoden. Produkter skal i tillegg ikke gi signifikante bidrag til brannenergi eller brannvekst.
A1	Produkter i klasse A1 skal ikke bidra i noen fase av brannen, dette gjelder også den fullt utviklede brannen. Derfor antas det at et slik produkt automatisk vil tilfredsstillende alle krav til alle de lavere klassene.
Tilleggsklasse	Ytelse
s3	Ingen krav til begrenset røykproduksjon.
s2	Både total røykproduksjon og hastigheten for produksjon av røyken er begrenset.
s1	Produkter skal tilfredsstillende strengere krav enn tilleggsklasse s2.
d2	Ingen krav til brennende dråper og biter.
d1	Ingen brennende dråper eller biter får eksistere lenger enn en gitt tillatt tid.
d0	Det er ikke tillatt med brennende dråper eller biter.

SBI-metoden, *NS-EN 13823:2020 Prøving av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning — Byggeprodukter (unntatt gulvbelegg) som utsettes for termisk påkjenning fra en brennende gjenstand* [3] benyttes som grunnlag for å klassifisere produkter i Euroklassene A2, B, C og D. I noen tilfeller kan den også benyttes for å klassifisere i klasse A1. SBI testen beskrives nærmere i avsnitt 2.2.5.

NS-EN ISO 11925-2 Prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning — Antennelighet av byggeprodukter ved direkte påvirkning av flamme — Del 2: Prøving med én enkelt flamme (ISO 11925-2:2020) [21] brukes sammen med SBI-metoden for klassifisering i klassene B, C og D. For klassifiseringene E og F kreves kun testing i henhold til NS-EN ISO 11925-2.

I tillegg kreves det prøving i henhold til andre teststandarder for klassifisering av ubrennbare produkter (klasse A1), og produkter med svært lav brennbarhet (klasse A2); disse blir ikke beskrevet nærmere i denne rapporten.

Euroklassesystemet er basert på at det er *produkter* som klassifiseres, ikke materialer. Ved prøving i SBI-testen skal produktene monteres så nært opp til slik de skal anvendes i praksis (angitt som «end-use

application» i dokumenter fra EU-kommisjonen). Hvis byggevaren for eksempel skal anvendes med hulrom bak, skal den også branntestes med hulrom bak. Skal byggevaren monteres på et gitt underlagsmateriale (for eksempel mineralull), skal den testes på dette underlaget, eller eventuelt et standard underlag som er definert som representativt for det aktuelle underlaget. Slike standard underlag er angitt i en egen standard, *NS-EN 13238:2010 Prøving av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning - Kondisjoneringsprosedyrer og generelle regler for valg av underlag* [22].

2.2.3 Klassifiseringsrapport

På bakgrunn av rapportene fra de utførte testene kan det utarbeides en klassifiseringsrapport for produktet. Klassifiseringsrapporten skal angi oppnådd klassifisering, og et eget punkt angir hvilke muligheter og begrensninger som gjelder for bruk av produktet. Dette vil blant annet avhenge av hvordan produktet er testet.

2.2.4 Brannklassifisering uten testing

For produkter som åpenbart er ubrennbare (for eksempel glass, metall, stein), er det utviklet et system for klassifisering uten testing – CWFT (classified without further testing, kalles i noen dokumenter CWT). Disse bestemmelsene er gyldige når de er publisert i Official Journal⁵. Det samme gjelder for en rekke produkter man har lang erfaring med, og der kunnskapen om brannegenskapene er tilstrekkelig, og det er derfor utarbeidet en egen CWFT for tregulv og panel og kledning av heltre [23]. Tabellen som gjelder for trepanel og trekledning er vist i Tabell 2-2.

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html>

Tabell 2-2 CWFT-bestemmelser for trepanel og trekledning [23]

Table 2
CLASSES OF REACTION TO FIRE PERFORMANCE FOR SOLID WOOD PANELLING AND CLADDING

Material ⁽¹⁾	Product detail ⁽²⁾	Minimum mean density ⁽⁶⁾ (kg/m ³)	Minimum thicknesses, total/minimum ⁽⁷⁾ (mm)	End-use condition ⁽⁴⁾	Class ⁽³⁾
Panelling and cladding ⁽¹⁾	Wood pieces with or without tongue and groove and with or without profiled surface	390	9/6	Without air gap or with closed air gap behind	D - s2, d2
			12/8		D - s2, d0
Panelling and cladding ⁽²⁾	Wood pieces with or without tongue and groove and with or without profiled surface	390	9/6	With open air gap ≤ 20 mm behind	D - s2, d0
			18/12	Without air gap or with open air gap behind	
Wood ribbon elements ⁽⁸⁾	Wood pieces mounted on a support frame ⁽⁹⁾	390	18	Surrounded by open air on all sides ⁽¹⁰⁾	D - s2, d0

⁽¹⁾ Mounted mechanically on a wood batten support frame, with the gap closed or filled with a substrate of at least class A2 - s1, d0 with minimum density of 10 kg/m³ or filled with a substrate of cellulose insulation material of at least class E and with or without a vapour barrier behind. The wood product shall be designed to be mounted without open joints.

⁽²⁾ Mounted mechanically on a wood batten support frame, with or without an open air gap behind. The wood product shall be designed to be mounted without open joints.

⁽³⁾ Class as provided for in Table 1 of the Annex to Commission Decision 2000/147/EC.

⁽⁴⁾ An open air gap may include possibility for ventilation behind the product, while a closed air gap will exclude such ventilation. The substrate behind the air gap must be of at least class A2 - s1, d0 with a minimum density of 10 kg/m³. Behind a closed air gap of maximum 20 mm and with vertical wood pieces, the substrate may be of at least class D - s2, d0.

⁽⁵⁾ Joints include all types of joints, e.g. butt joints and tongue and groove joints.

⁽⁶⁾ Conditioned according to EN 13238.

⁽⁷⁾ As illustrated in Figure a below. Profiled area of the exposed side of the panel not more than 20 % of the plane area, or 25 % if measured at both exposed and unexposed side of the panel. For butt joints, the larger thickness applies at the joint interface.

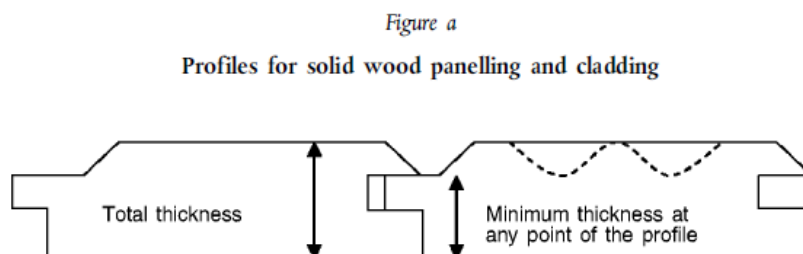
⁽⁸⁾ Rectangular wood pieces, with or without rounded corners, mounted horizontally or vertically on a support frame and surrounded by air on all sides, mainly used close to other building elements, both in interior and exterior applications.

⁽⁹⁾ Maximum exposed area (all sides of rectangular wood pieces and wood support frame) not more than 110 % of the total plane area, see Figure b.

⁽¹⁰⁾ Other building elements closer than 100 mm from the wood ribbon element (excluding its support frame) must be of at least class A2 - s1, d0, at distances 100 - 300 mm of at least class B - s1, d0 and at distances more than 300 mm of at least class D - s2, d0.

⁽¹¹⁾ Applies also to stairs.

Forutsetningen for å kunne klassifisere et treprodukt uten testing, er at produktet tilfredsstillende alle kriterier som er angitt i denne bestemmelsen, slik som type treslag, minimum densitet, minimum tykkelse, og - for panel og kledning - beskrivelse av montering, hulrom bak kledningen og skjøter i endelig anvendelse av produktet («end-use application»). Det stilles også krav til total- og minimumstykkelse i tabellen, disse tykkelsene er definert i en egen figur som er gjengitt i Figur 2-2.



Figur 2-2 Illustrasjon av hvordan total- og minimumstykkelse for panel og kledning defineres ved anvendelse av kommentar nr. 7 til CWFT-tabellen [23].

Hvis klassifiseringen omfatter produkt med overflatebehandling, er dette spesifikt angitt, eksempelvis som «*Multilayer parquet with a top layer of oak of at least 5 mm thickness and with surface coating*» for tregulv, men det er ikke sagt eksplisitt at bestemmelsene gjengitt i Tabell 2-2 kun er gyldig for ubehandlet trevirke.

Produktstandarden *NS-EN 14915:2013 Panelbord og kledningsbord av heltre — Egenskaper, evaluering av samsvar og merking* [24] beskriver i avsnitt 1 *Scope* at den omfatter både behandlede, ubehandlede og overflatebehandlede produkter, inkludert produkter laget av termisk eller kjemisk modifisert trevirke, samt fingerskjøtte og kantlimte produkter. Tabellen over klassifisering uten testing fra Official Journal (se Tabell 2-2) er gjengitt i avsnittet som omhandler egenskaper ved brannpåvirkning, og har i standarden fått benevnelsen «Table 1». Det er ingen kommentar om at bestemmelsene ikke omfatter treprodukter som er impregnert eller behandlet på andre måter.

I dokumentet *Position Paper: Reaction to fire testing and classification of untreated and fire retardant treated wood construction products to EN 13986, EN 14342 & EN 14915* [25] fra Fire Sector Group under Group of Notified Bodies for the Construction Products Regulation, datert januar 2020, sies det følgende om brannklassifisering av overflatebehandlede treprodukter:

4.1.4 Surface coatings (Non-FR)

Coatings on wood products may degrade the fire classification, especially those that are thick and have multiple coatings. Surface coated wood products other than floorings are not included in the CWT classification of products and must be fire tested.

Dette er det samme innholdet som i formuleringen som ble benyttet i forrige utgave av dokumentet fra 2012 [26].

Dette poenget ble tatt opp i gruppen av utpekte organ under byggevareforordningen i EU/EØS (GNB-CPR), og besvart og godkjent 28. april 2020⁶:

Problemstilling:

Clarification is required with respect to the scope of table 1 in EN 14915 - products considered classified without further testing (CWFT) which refers to Commission Decision 2006/213/EC (OJEU L79/27 of 16.3.2006). Table 1 refers only to untreated wood. In this context, untreated wood can be mechanical surface treated e.g. sawn, planed, or profiled.

Svar:

The following list shows examples of treatments of wood that falls outside the definition of untreated wood:

- *Paints and coatings*
- *Rot treatment and rot impregnation with fungicides*
- *Thermal treatment to alter the chemical composition of wood*
- *Shou sugi ban charred wood treatment*
- *Colour impregnated wood.*

For the above listed the product shall be tested and classified in accordance with EN 13501-1.

Fra spørsmålet og svaret over går det frem at tabellen i CWFT-bestemmelsen gjelder for ubehandlet trevirke, og at bl.a. maling, impregnering og varmebehandlet trevirke faller utenfor denne definisjonen. Slike produkter skal testes og klassifiseres i henhold til EN 13501-1.

I rapporten *European Classes for the Reaction to Fire Performance of Wood Products (except floorings)* [27] som beskriver bakgrunnen for utarbeidelsen av CWFT-bestemmelsene for treprodukter, stadfestes det i konklusjonen:

Treated wood products have always to be tested and classified separately, since the treatments may influence their reaction to fire performance.

Systemer (nivåer) for vurdering og verifikasjon av ytelse for byggevarer (Attestation of Conformity, AoC), er beskrevet i Vedlegg V i byggevareforordningen [28]. Nivåene for ulike produktfamilier er vedtatt av EU-kommisjonen, og er, når det er aktuelt, gitt i vedlegg ZA av gjeldende produktstandard. Vedlegg ZA i produktstandard NS-EN 14915 angir de ulike nivåene (1 til 4) for ulike typer treprodukter. Produkter som ikke trenger dokumentasjon ved testing av egenskaper ved brannpåvirkning inngår under system 4. Det vil si at produsenten selv kan vurdere produktet ut fra Tabell 1 i Vedlegg ZA (dette er CWFT-bestemmelsene gjengitt i Tabell 2-2), skrive ytelsesklering og CE-merke produktet.

Siden det ikke går frem av Tabell 1 at den ikke gjelder for treprodukter med behandling, er det nærliggende for ikke-fagkyndige å anta at CWFT gjelder for treprodukter med ulike former for impregnering og overflatebehandling som ikke har til hensikt å bedre brannegenskapene, og at typetesting dermed ikke er påkrevd. Da er det heller ikke nødvendig å kontakte utpekte

⁶ <https://www.itb.pl/g/f/3229.gnb-cpr-guidance-base-approved-items-28-april-2020.xlsx>

prøvingslaboratorium eller sertifiseringsorgan, som vil være medlem av Group of notified Bodies og dermed har tilgang til disse dokumentene og kunnskap om innholdet i dem. Dermed blir ikke produsenten gjort oppmerksom på forutsetningene for bestemmelsene i Tabell 1.

Produkter der det stilles brannkrav, men der det ikke er steg produksjonsprosessen som har til hensikt å forbedre brannegenskapene plasseres i system 3. Dette vil være relevant for kledning med royalbehandling eller annen type overflatebehandling.

Produkter med brannimpregnering og brannhemmende overflatebehandling skal imidlertid plasseres i system 1, siden produksjonsprosessen kan påvirke brannegenskapene.

2.2.5 NS-EN 13823 – Single Burning Item (SBI-testen)

Bakgrunn og bruksområde

SBI-metoden ble utviklet under byggeveredirektivet etter mandat fra EU-kommisjonen på 1990-tallet, og er en sentral test i euroklassesystemet. Hensikten med å utvikle denne testmetoden, var å komme frem til en metode som alle medlemslandene i EU og EØS kunne enes om. Referansescenariet er brannutvikling i et mindre rom, og er representert ved den såkalte room-corner-testen som er beskrevet i standarden *NS-EN 14390: 2007 Brannprøving - Storskalarom referanseprøving for overflateprodukter* [29]. I denne testen er tid til overtenning av rommet en sentral parameter, og euroklassesystemet ble utviklet ved blant annet å studere korrelasjoner mellom resultater i room-corner-testen og resultater i SBI-testen for en lang rekke byggevarer [30].

Anvendelsesområdet for SBI-metoden er beskrevet i NS-EN 13823 [3]. Standarden omfatter bestemmelse av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning som eksponeres for ett enkelt brennende objekt (det såkalte «single burning item»). Gulvbelegg og elektrisk kabelisolasjon er ikke omfattet av standarden. For øvrig gjelder SBI-standard for byggevarer generelt, og skiller ikke på byggevarer til innendørs- og utendørs bruk.

Prøving i henhold til SBI-metoden

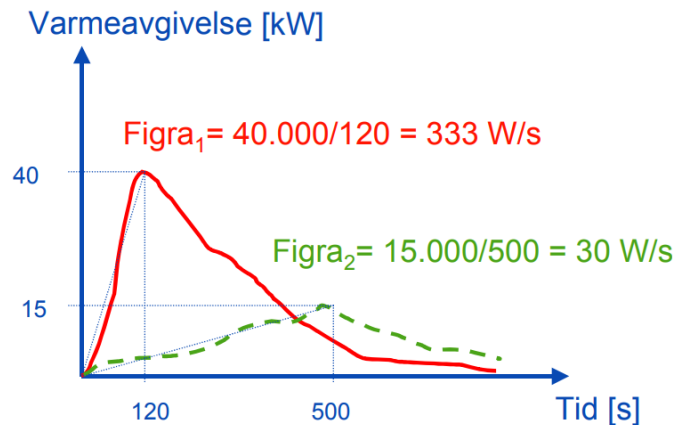
Ved prøving i henhold til SBI-metoden bestemmes varmeavgivelse, horisontal flammespredning, røykproduksjon, og om det dannes brennende dråper eller biter.

Prøvematerialet monteres som en hjørnekonfigurasjon satt sammen av to prøvestykker med høyde 1,5 m. Det ene prøvestykket har bredde 0,5 m, mens det andre har en bredde på 1,0 m.

I hjørnet plasseres en trekantet propanbrenner, som avgir 30 kW gjennom hele testen, som varer i 20 minutter. Testoppsettet er plassert i et rom med grunnflate 3 m × 3 m. Over oppsettet er det en avtrekkskappe som fanger opp røkgassene for videre analyser. Analysene gjør det mulig å beregne varmeavgivelse og å analysere røykens sammensetning. Røykproduksjonen bestemmes ved å måle demping av en lysstråle i røyken i avtrekkskanalen. For å ta høyde for målestøy midles varmeavgivelsesmålingene over et 30 sekunders glidende gjennomsnitt.

SBI-testen introduserte konseptene FIGRA (fire growth rate index) og SMOGRA (smoke growth rate index). Røykproduksjonen anses som mindre viktig for utendørs kledning, og blir ikke behandlet nærmere i denne rapporten. Tanken bak FIGRA er at mye varme som blir avgitt i løpet av kort tid utgjør

en stor trussel for personsikkerheten. FIGRA beregnes ved å dividere den maksimale varmeavgivelseshastigheten med tiden det tar å nå maksimal varmeavgivelseshastighet, se Figur 2-3. I prinsippet er FIGRA gjennomsnittlig akselerasjon av varmeavgivelsen. Produkter som antenner raskt, men som ikke avgir mye varme, vil kunne få en høy FIGRA-verdi. For å unngå feilklassifisering av slike produkter, er det introdusert en terskelverdi med hensyn til total varmeavgivelse som avgjør hvorvidt FIGRA skal vurderes eller ei. For produkter i klasse C og D er denne terskelen 0,4 MJ, mens den for klasse A1, A2 og B er 0,2 MJ.



Figur 2-3 Prinsippet for beregning av FIGRA - Fire Growth Rate Index [18].

Prøvningsresultatene fra SBI-testen som brukes til plassering i euroklassene er

- LSF: horisontal flammespredning (Lateral Flame Spread) [-]
- FIGRA: brannutviklingsindeks (Fire Growth Rate Index) [W/s]
- THR_{600s}: Total varmeavgivelse de første 600 sekundene av testen [MJ]
- SMOGRA: røykutviklingsindeks (Smoke Growth Rate Index) [m²/s²]
- TSP_{600s}: Total røykproduksjon de første 600 sekundene av testen [m²]

2.2.6 Oversettelsen av de norske brannklassene til euroklasser

I år 2000 fikk Norges branntekniske laboratorium ved SINTEF (i dag *RISE Fire Research*) i oppdrag fra Statens bygningstekniske etat (i dag *Direktoratet for byggkvalitet*) å beskrive det nye europeiske systemet for klassifisering av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning. Vi skulle også lage et forslag til hvordan de eksisterende norske klassifiseringsbetegnelsene kunne oversettes til de nye euroklassebetegnelsene. Dette var et nødvendig ledd i Norges tilpasning til et felles europeisk system for brannklassifisering av bygningsmaterialer og byggevarer. Det var en forutsetning at oversettelsen skulle gjøres i samråd med de andre nordiske landene, siden vi brukte stort sett de samme branntestene og de samme kriteriene til testresultater i Norden. Det europeiske systemet ble beskrevet i rapporten *Bygningsmaterialers egenskaper ved brannpåvirkning - Oversettelse av nasjonale klasser til Euroklasser*, der forslaget til oversettelse av klasser ble gitt i et eget vedlegg til internt bruk for Statens bygningstekniske etat [18].

Strategien som ble brukt i oversettelsen var at sikkerhetsnivået i veiledningen til byggt teknisk forskrift med bruk av de nye euroklassene skulle være så likt som mulig sikkerhetsnivået som var gitt av de eksisterende norske klassene. Rapporten *Bygningsmaterialers egenskaper ved brannpåvirkning - Oversettelse av nasjonale klasser til Euroklasser* presiserer at det er umulig å garantere et identisk sikkerhetsnivå, fordi det nye systemet bruker andre prøvingsmetoder og klassifiseringsbetegnelser. Det er ikke nødvendigvis noen god korrelasjon mellom varmeavgivelse målt i den tidligere NS-INSTA 412 og varmeavgivelse målt i SBI-testen, fordi både geometri og målemetoder er vesensforskjellige. NS-INSTA 412 ble brukt for å dokumentere varmeavgivelse og røykproduksjon. For produkter med høy brennbarhet kunne det være en utfordring å tilfredsstillende testkriteriene til varmeavgivelse, fordi forbrenningen av materialet foregikk ved høy temperatur og god ventilasjon inne i et lukket testkammer.

Ved oversettelsen var strategien at bruksområder der det ble stilt strenge krav til ytelse i det tidligere klassifiseringssystemet (for eksempel i rømningsveier), også skulle ha strenge krav til ytelse ved bruk av euroklassene, men det skulle ikke innføres noen skjerpelse av kravene. Klassifisering av brennende dråper inngikk ikke i det tidligere klassifiseringssystemet i Norge, men ble også tatt med i vurderingene.

Vurdering av de preaksepterte ytelsene i veiledning til teknisk forskrift 1997 til plan- og bygningsloven (REN) [31] inngikk ikke i mandatet for denne oversettelsen. Verken kriterier til utvendig kledning eller andre typer byggevarer ble ikke vurdert av SINTEF, verken med hensyn til om tidligere sikkerhetsnivå var riktig, eller med hensyn til eventuelle konsekvenser ved innføring av de nye euroklassene. Utredning av konsekvenser av regelverksendringer er forvaltningsorganets ansvar i henhold til utredningsinstruksen, i dette tilfellet Statens bygningstekniske etat [32]. Vi kjenner ikke til om det ble gjort andre vurderinger med hensyn til utvendig kledning, enn at det ble besluttet å stille krav til at det ikke skulle dannes brennende dråper eller biter ved brannprøving av slike produkter.

Oversettelsen av ytelsesnivået for utvendig kledning var enkel: Klassen for ubehandlet trevirke i gammelt system (Ut2) ble oversatt til klassen for ubehandlet trevirke i nytt system, men uten kriterier til røykproduksjon (det vil si D-s3,d0). Ubehandlet trevirke er et produkt man har lang erfaring med fra ulike branntester, så denne oversettelsen anser vi som uproblematisk. Og, som nevnt over, oversettelsen av klassene ble gjort i samråd med de andre nordiske landene.

2.2.7 Klassifiseringskriterier i NS-EN 13501-1

Klassifiseringsstandarden NS-EN 13501-1 angir hvilke kriterier som resultater fra brannteknisk prøving skal tilfredsstillende for å oppnå de ulike euroklassene [20]. Nedenfor er det gitt eksempler på ulike klasser med tilhørende kriterier.

Klasse E

En byggevarer tilfredsstillende klasse E når den tilfredsstillende kriterier til antennelse i henhold til NS-EN ISO 11925-2, med 15 sekunders eksponering av flammen.

Klasse D-s3,d0

En byggevarer tilfredsstillende klasse D-s3,d0 når den oppnår følgende resultater ved prøving i henhold til NS-EN 13823:

- $FIGRA_{0.4} MJ \leq 750 \text{ W/s}$
- Ingen brennende dråper eller partikler i løpet av de første 600 s av testen
- Ingen kriterier til røykproduksjon

I tillegg må produktet testes i henhold til NS-EN ISO 11925-2, og tilfredsstillende kriteriene til antennelse med 30 sekunders eksponering av flammen.

Klasse D-s2,d0

En byggevare tilfredsstillende klasse D-s2,d0 når den oppnår følgende resultater ved prøving i henhold til NS-EN 13823:

- $FIGRA_{0.4} MJ \leq 750 \text{ W/s}$
- $SMOGRA \leq 180 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- $TSP_{600s} \leq 200 \text{ m}^2$
- Ingen brennende dråper eller partikler i løpet av de første 600 s av testen

I tillegg må produktet testes i henhold til NS-EN ISO 11925-2, og tilfredsstillende kriteriene til antennelse med 30 sekunders eksponering av flammen.

Klasse B-s1,d0

En byggevare tilfredsstillende klasse B-s1,d0 når den oppnår følgende resultater ved prøving i henhold til NS-EN 13823:

- $FIGRA_{0.2} MJ \leq 120 \text{ W/s}$
- $LFS < \text{kanten av prøvestykket}$
- $THR_{600s} \leq 7.5 \text{ MJ}$
- $SMOGRA \leq 30 \text{ m}^2/\text{s}^2$
- $TSP_{600s} \leq 50 \text{ m}^2$
- Ingen brennende dråper eller partikler i løpet av de første 600 s av testen

I tillegg må produktet testes i henhold til NS-EN ISO 11925-2, og tilfredsstillende kriteriene til antennelse med 30 sekunders eksponering av flammen.

3 Testete produkter

En oversikt over produktene som ble testet i dette prosjektet er vist i Tabell 3-1.

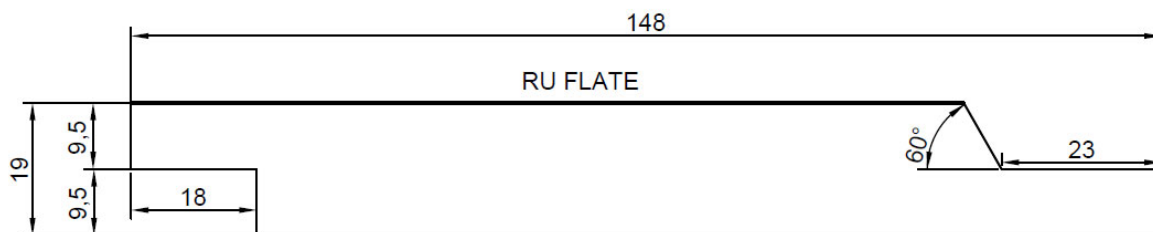
Tabell 3-1 Produktene som ble testet i prosjektet.

Produkt	Behandling	Beskrivelse	Utførte tester
Royalimpregnert kledning av furu, fersk (Marnar Bruk AS)	RG.20 - Leirgrå	Nominell tykkelse: 19 mm Nominell densitet: 532 kg/m ³	NS-EN 13823 ⁱ⁾ ISO 5660 Storskala fasadetest ⁱⁱ⁾ - dobbelfals H og V - tømmermann V
Royalimpregnert kledning av furu, aldret 18 mnd. på yttervegg (Marnar Bruk AS)	RG.20 - Leirgrå	Nominell tykkelse: 19 mm Nominell densitet: 532 kg/m ³	NS-EN 13823 ⁱ⁾ ISO 5660 Storskala fasadetest ⁱⁱ⁾ - dobbelfals H
Grunnet og malt kledning av gran (Alvdal Skurlag AS)	1 strøk oljebasert grunning 2 strøk oljemaling	Nominell tykkelse: 19 mm Målt flatevekt: 8,3 kg/m ²	NS-EN 13823 ⁱ⁾ NS EN-ISO 11925-1 ISO 5660 Storskala fasadetest ⁱⁱ⁾ - dobbelfals H
Beiset kledning av gran (Alvdal Skurlag AS)	2 strøk oljebeis	Nominell tykkelse: 19 mm Målt flatevekt: 8,8 kg/m ²	NS-EN 13823 ⁱ⁾ NS EN-ISO 11925-1 ISO 5660 Storskala fasadetest ⁱⁱ⁾ - dobbelfals H og V - tømmermann V
Ubehandlet kledning av gran (Marnar Bruk AS)	Ingen	Nominell tykkelse: 19 mm, Nominell densitet: 505 kg/m ³	NS-EN 13823 ⁱ⁾ ISO 5660 Storskala fasadetest ⁱⁱ⁾ - dobbelfals H - tømmermann V og H

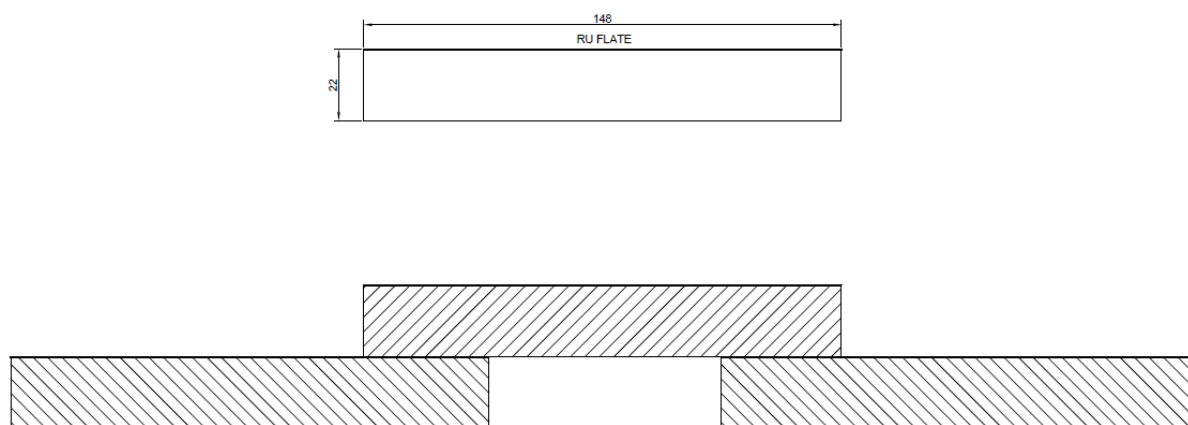
ⁱ⁾ I SBI-testene ble alle produktene testet som stående kledning med dobbelfals.

ⁱⁱ⁾ H: horisontal kledning, V: vertikal (stående) kledning. Nærmere detaljer om storskالاتestene er vist i Tabell 5-1.

TreFokus oppgir tømmermannkledning til å være den vanligste typen kledning i Norge, og den finnes i mange varianter [33]. I de senere årene er det imidlertid blitt mer vanlig å anvende dobbelfalskledning, som er raskere å montere. Figur 3-1 viser en målsatt skisse av dobbelfalsprofil, mens Figur 3-2 viser en skisse av prinsippet for tømmermannskledning.



Figur 3-1 Skisse av dobbelfalsprofil for testete produkter. Målene er gitt i mm. Skisse: Alvdal Skurlag A/S.



Figur 3-2 Skisse av tømmermannsprofil for testete produkter. Målene på den rektangulære kledningen: bredde 148 mm og tykkelse 22 mm. Skisse: Alvdal Skurlag A/S.

4 Innledende brannprøving

4.1 Tester utført i henhold til NS-EN 13823 (SBI-testen)

I forbindelse med denne studien er det blitt utført tester i mellomskala i henhold til NS-EN 13823 [3] på de produktene som har inngått i storskalaforsøkene. Testene ble utført av Dansk Brand- og Sikringsteknisk Institut (DBI) og av RISE i Sverige, og er dokumentert i egne prøvingsrapporter. En oppsummering av testene er gitt i Tabell 4-1 .

Tabell 4-1 Oppsummering av prøving i henhold til NS-EN 13823 for produkter som inngår i prosjektet.

Produkt	Montering av prøvestykker	FIGRA _{0,4MJ} [W/s]	THR _{600s} [MJ]	Kommentarer
Royalimpregnert kledning av furu, fersk Referanse: [5]	Stående panel Skjøter: vertikale og horisontale Underlag: sponplate Luftspalte: 40 mm mellom kledning og underlag	1972	52	Kun én test ble gjennomført ⁱ⁾ Antatt klassifisering: E eller F
Royalimpregnert kledning av furu, aldret 18 mnd. på yttervegg Referanse: [5]	Stående panel Skjøter: vertikale og horisontale Underlag: sponplate Luftspalte: 40 mm mellom kledning og underlag	1149	46	Kun én test ble gjennomført ⁱ⁾ Antatt klassifisering: E eller F
Grunnet og malt kledning av gran Referanse: [7]	Stående panel Underlag: gipsplate Luftspalte: 42 mm mellom kledning og underlag	1463	20	Produktet ble også testet iht. NS-EN ISO 11925-1 Klassifisering: E
Beiset kledning av gran Referanse: [6]	Stående panel Underlag: gipsplate Luftspalte: 42 mm mellom kledning og underlag	1520	23	Produktet ble også testet iht. NS-EN ISO 11925-1 Klassifisering: E
Ubehandlet kledning av furu Referanse: [4]	Stående panel, dobbelfals Underlag: gipsplate Luftspalte 40 mm mellom kledning og underlag	576	30	Antatt klassifisering: D-s2,d0

ⁱ⁾ Standarden krever tre enkelttester for klassifisering.

4.2 Vurdering av kritisk varmekraft for antennelse

4.2.1 Teori

Kritisk varmekraft for antennelse er et varmestralingsnivå der antennelse vil ta uendelig lang tid. Tilsvarende er minimum varmekraft for antennelse det laveste nivået av varmestraling som kan gi antennelse. Begge disse verdiene kan estimeres gjennom branntekniske forsok, men vil generelt kun gi en empirisk indikasjon på hvor lett et materiale antennes, og angir ikke en eksakt materialegenskap. Den laveste varmestralingsfluksen som er rapportert for pilotantennelse av trevirke er $4,3 \text{ kW/m}^2$, mens andre undersøkelser angir mellom $9,0$ og $12,2 \text{ kW/m}^2$ [34].

I 1952 ble det gjort undersøkelser av kritisk varmestralingsfluks for vertikale prøvestykker av ubehandlet trevirke, og den laveste fluksen der trevirket kunne antenne ble bestemt til å være om lag 12 kW/m^2 . Denne verdien ble implementert i de skotske byggereglene i 1971 som et grunnlag for å bestemme nødvendig avstand mellom bygninger [35]. Senere ble dette også implementert i britiske byggeregler. Der anvendes en minimum varmestralingsfluks på $12,6 \text{ kW/m}^2$ som dimensjonerende verdi med hensyn til å bestemme brannsikker avstand mellom bygninger [36].

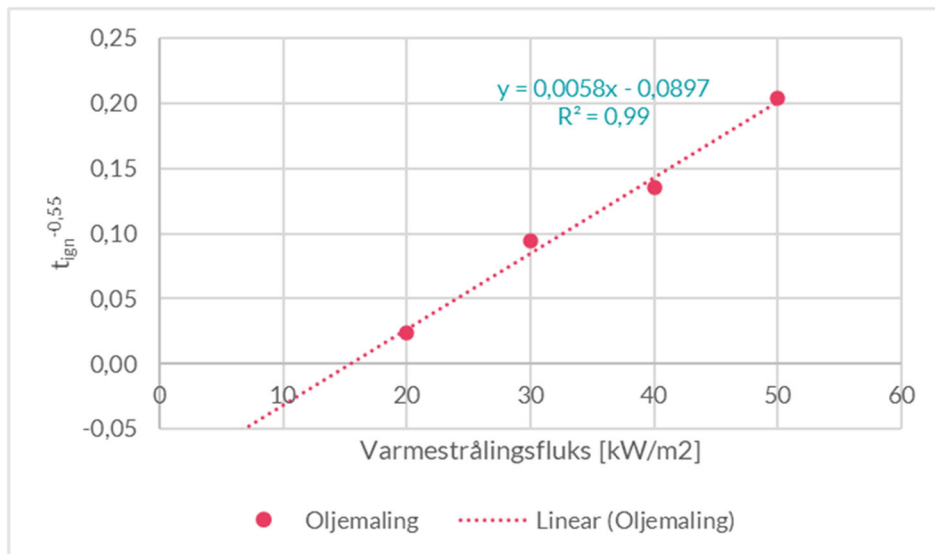
Kritisk varmekraft for antennelse er det teoretiske varmekraftnivået hvor materialet ikke vil antenne, selv etter en svært lang tid med varmeeksponering. Minimum varmekraftnivå for antennelse er den minste verdien hvor antennelse kan finne sted, og dette kan i noen tilfeller være betydelig høyere enn kritisk varmekraftnivå.

Vurderingen er basert på prosedyren utarbeidet av Marc Janssens [37]: Et produkt eksponeres for ulike nivåer av varmekraft og tid til antennelse observeres. Når tid til antennelse opphøyd i en potens på minus $0,55$ ($t_{\text{ign}}^{-0,55}$) plottes mot innstrålt varmekraft i et diagram, vil verdiene falle på en rett linje. Linjen ekstrapoleres mot lavere varmekraftnivåer, og kritisk varmekraft for antennelse kan da estimeres til den verdien på x-aksen der linjen krysser x-aksen (det vil si at $t_{\text{ign}}^{-0,55}$ er null, og tid til antennelse følgelig nær uendelig).

Testing i henhold til ISO 5660 (konkalorimeteret) er ofte brukt til slike vurderinger.

4.2.2 Resultater fra tester av trekledning

I dette prosjektet observerte vi tid til antennelse for de ulike produktene i Tabell 3-1 ved testing i konkalorimeteret (ISO 5660) ved ulike nivåer av innstrålt varmekraft. Resultatene er dokumentert i en egen prøvingsrapport fra RISE Fire Research [8]. Diagrammet med resultatene fra prøving av grunnet og malt grankledning er vist som et eksempel i Figur 4-1.



Figur 4-1 Estimering av kritisk fluks for antennelse for grunnet og malt kledning av gran. Verdien for kritisk fluks for antennelse kan anslås til den verdien der regresjonslinjen krysser x-aksen, i dette tilfellet ca. 15,5 kW/m².

I Tabell 4-2 er resultatene for vurderingene presentert.

Tabell 4-2 Kritisk fluks for antennelse for produktene som inngår i storskalatestene, basert på resultater fra test i henhold til ISO 5660 (konkalorimeteret) ved eksponering

Produkt	Q _{cr} [kW/m ²]
Royalimpregnert kledning av furu, fersk	4,9
Royalimpregnert kledning av furu, aldret 18 mnd. på yttervegg	< 10,5
Grunnet og malt kledning av gran, oljemaling	15,5
Beiset kledning av gran, oljebeis	14,1

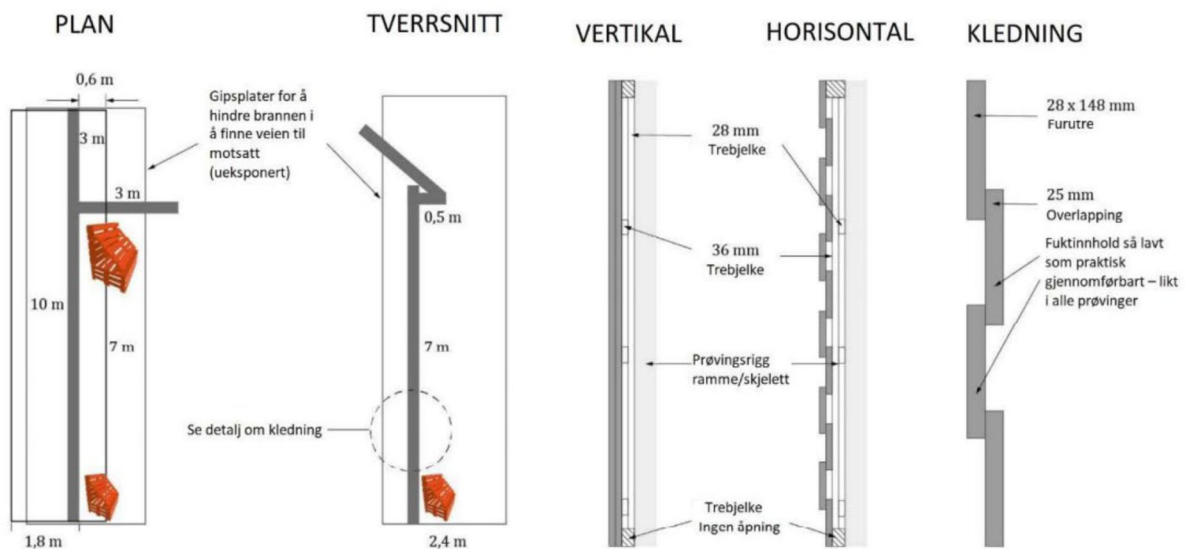
Som nevnt i avsnittet over, anvendes verdien 12,6 kW/m² som kritisk fluks for antennelse for ubehandlet trevirke i britiske byggeregler. Verdiene i Tabell 4-2 er i samme størrelsesorden for aldret royalimpregnert furu, beiset grankledning og grunnet og malt grankledning, mens verdien for fersk royalimpregnert furu er vesentlig lavere.

5 Metodebeskrivelse

5.1 Testoppsett

5.1.1 Prøvestykker

Testoppsettet og testmetoden som er benyttet for de gjennomførte storskalatestene er basert på metode beskrevet i *NS 3912:2020 Utvendig brannbeskyttelse av bygninger - Metode for planlegging og verifikasjon* [38]. I standarden er det beskrevet et testoppsett som vist i Figur 5-1, som omfatter en 7 m bred vegg med en 3 m langt utstikker som danner et innvendig hjørne. Veggens høyde er 7 m og har en raftekasse som stikker 0,5 m ut fra veggens overflate.

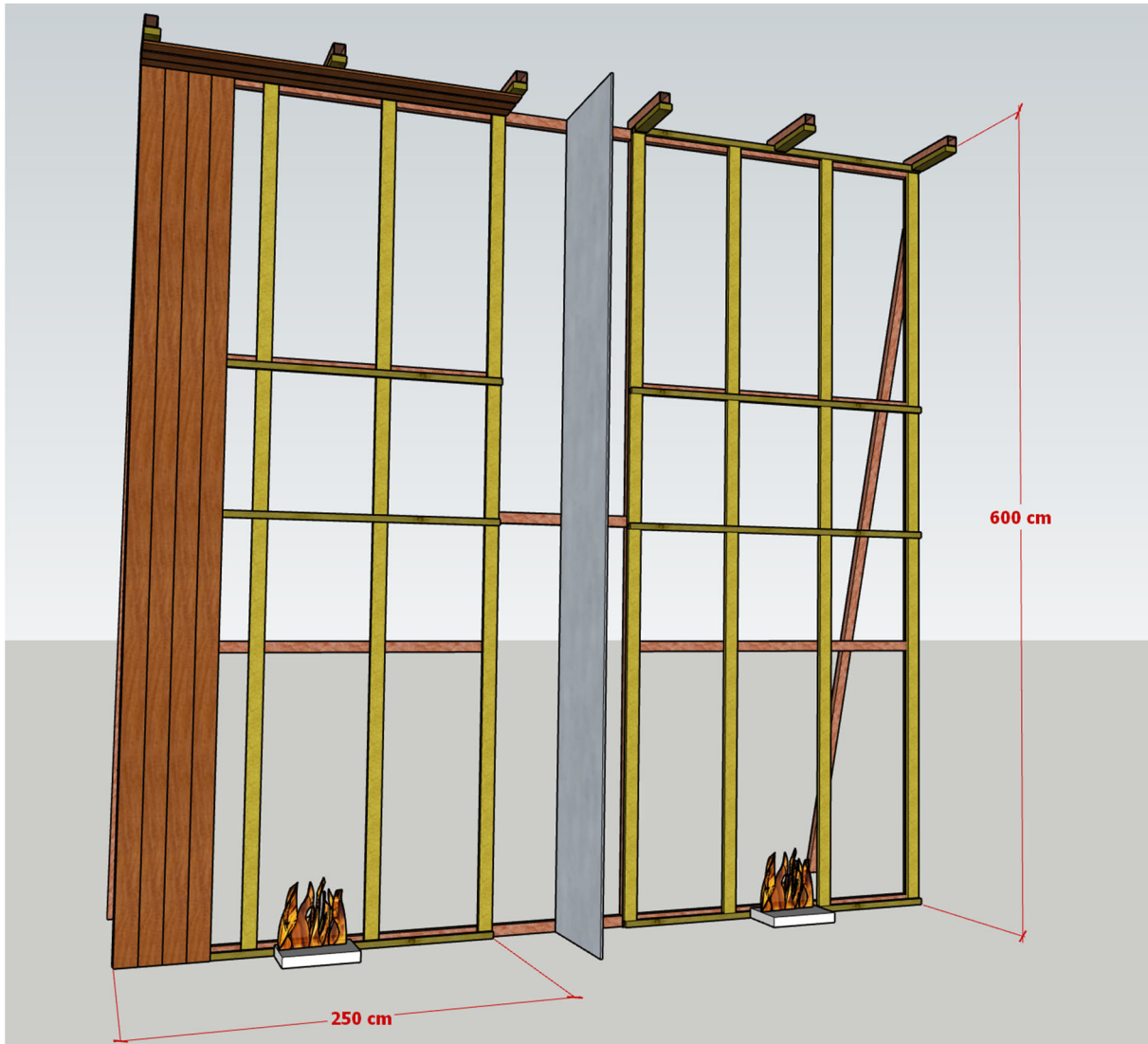


Figur 5-1 Skisse av testoppsett beskrevet i NS 3912:2020 [38]. Målene i figuren er ikke knyttet til produktene som er testet i dette prosjektet.

Basert på tidligere erfaringer med tester av fasader med trekledning, som tilsier at den horisontale brannspredningen er minimal, ble det benyttet et smalere testoppsett (2,5 m). Det ble også vurdert at man med en lavere vegg (6 m) ville kunne belyse brannutviklingen på en fullgod måte.

Det ble satt opp to motstående rammer av firkantstål som begge målte 6 m i bredde og 6 m i høyde. På disse rammene ble det montert lekter som fasadene ble montert i. Det ble brukt vertikale lekter for liggende kledning og krysslekter for vertikal kledning. Det var plass til to fasader per ramme. Mellom de to fasadene ble det montert en skillevegg belagt med 15 mm Rockfon himlingsplater med brannklassifisering A1, for å unngå at brannen i det ene fasaden skulle påvirke den andre. I toppen av hver fasade var det et 50 cm utstikk kledd med trepanel på undersiden for å simulere raftekasse.

Testoppsettet er vist i Figur 5-2.



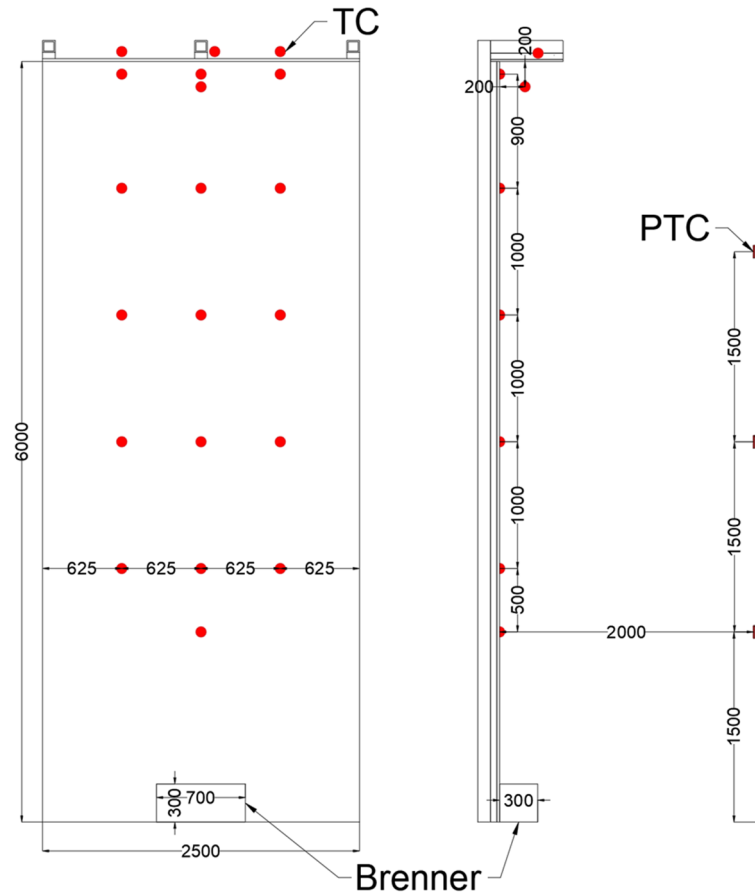
Figur 5-2 Skisse av testrigg med plass til to fasader.

5.1.2 Instrumentering

For å dokumentere brannspredningen i fasadene, ble de instrumentert med 1,5 mm kapslede termoelementer (TC) type K i tre vertikale akser langs hver firedel av veggens bredde, dvs. ved $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ (midt på vegg) og $\frac{3}{4}$ av veggens bredde. Termoelementene ble plassert på flere nivå, gitt i høyde fra gulv: 2, 3, 4, 5 og 5,9 m. I tillegg hadde den midterste akse et termoelement i 1,5 m høyde. Termoelementene stakk 0,5 cm ut fra fasadens overflate. Det var også plassert tre termoelementer over raftekasse i tilsvarende horisontal fordeling som de øvrige termoelementene. Ett termoelement ble plassert i senter 20 cm ned fra raftekasse, 20 ut fra vegg. Til sist var det plassert et termoelement i brannkilden for å logge tid for antennelse av brenneren.

To meter foran fasaden, sentrert i bredderetning, var det plassert platetermoelementer (PTC) for å måle varmefluks fra den brennende fasaden. Platetermoelementene var plassert i henholdsvis 1,5 m høyde, 3,0 m høyde og 4,5 m høyde.

Skisse over instrumenteringen er vist i Figur 5-3.



Figur 5-3 Instrumenteringsskisse. Røde sirkler indikerer termoelementer. Stativ med tre platetermoelementer var plassert 2 m fra fasaden, vist til høyre i figuren. Mål er gitt i mm.

På hver side av den ytterste delen av raftekassen var det montert en plaststrimmel, 8 cm bred x 50-70 lang og med en tykkelse på 70 μ m for å kunne observere luftstrømmer før og under test.

Varmefluks kan også måles ved hjelp av et totalfluksmeter. Dette instrumentet gir lav usikkerhet, det har rask respons, men de er dyre og krever vannkjøling og omfattende kalibrering både før og etter test. Et alternativ til fluksmeter er å benytte temperaturmålinger fra platetermoelement i henhold til ISO 834 [39] eller NS-EN 1363-1 [40]. Fra disse målingene kan man beregne mottatt varmefluks. Slike platetermoelementer har begrenset nøyaktighet på grunn av varmeledningstap, men til gjengjeld er de enkle og billige å bruke. [41]

For denne studien, hvor målsettingen er å undersøke eventuelle forskjeller mellom trekledning med ulike behandlinger, er platetermoelement vurdert tilstrekkelig for formålet.

Varmefluksen fra den brennende fasaden ble beregnet basert på metoden beskrevet av Wickström et al. [41], gjengitt i ligning (1):

$$\dot{q}_{inc}'' = \sigma T_{PT}^4 - \frac{1}{\varepsilon_{PT}} \left[(h_{PT} + K) \cdot (T_g - T_{PT}) - C \frac{dT_{PT}}{dt} \right] \quad (1)$$

hvor

\dot{q}_{inc}'' er varmekraft

σ er Stefan-Boltzmanns konstant

T_{PT} er temperaturen i platetermoelementet

T_g er temperaturen til omgivelsene

h_{PT} er konveksjonskoeffisienten

K er varmeledningskoeffisienten

ε_{PT} er platetermoelementets emissivitet

C er platetermoelementets varmekapasitet

5.1.3 Brannkilde

De to brannkildene som er beskrevet i standarden NS 3912:2020 benytter EUR-paller i tre i henhold til ISO 6780:2003 [42]. Den ene brannkilden, som benevnes *standard brannkilde*, består av seks paller i halv størrelse som antennes av 0,5 L brennende heptan i et 0,1 m² kar plassert i et utsnitt av pallene. Denne brannkilden er anslått å ha maksimal varmeavgivelseshastighet på 2,0 MW. Den andre brannkilden, som benevnes *anlagt brannkilde*, består av fem paller i hel størrelse. Også her benyttes brennende heptan for å antenne pallene, men det benyttes to kar i stedet for ett. Denne brannkilden er anslått å ha maksimal varmeavgivelseshastighet på 2,8 MW.

For å redusere usikkerheten knyttet til varmeavgivelse fra pallene mellom de uliketestene, og derved redusere usikkerheten i tolkningen av resultatene, ble det i stedet benyttet en propanbrenner som brannkilde. Det ble konstruert en kasse av rustfritt stål med åpen topp. Kassen målte 0,7 m × 0,3 m × 0,3 m (l × b × h). Propan ble tilført i kassens bunn gjennom et rør gjennom kassens kortsida. Kassen var fylt med lecakuler for å fordele gassen utover kassens overflate. Propanens massestrømhastighet ble målt og logget ved hjelp av en coriolis strømningsmåler gjennom hver test.

Alle målinger ble logget en gang per sekund (1 Hz).

5.2 Testprosedyre

5.2.1 Montering av prøvemateriale

Trekledningen ble montert enten horisontalt eller vertikalt på veggstrukturen, i henhold til testmatrisen i Tabell 5-1. Panelets fuktighet ble målt og loggført før teststart, se kapittel 6.1.3.

5.2.2 Brennereffekter

Før test ble strømningsraten for propan til brenneren justert, slik at strømningsraten samsvarte med den ønskede brennereffekten for den aktuelle testen. I denne testserien var det ønskelig å studere forskjellene

mellom trekledninger med ulike behandlinger. Det var derfor viktig at brannen i fasaden ikke ble for stor, da dette trolig ville maskert eventuelle forskjeller. Samtidig anså vi det som viktig å studere forskjellene med ulike effektnivå fra brennereffekten. Det ble derfor først gjennomført tester med 0,15 kg/min propan, noe som tilsvarer en effekt på ca. 125 kW, gitt propan har en forbrenningsvarme på 50,16 MJ/kg⁷. Denne effekten omtales som *L – lav*. Videre ble strømningsraten doblet til 0,30 kg/min (251 kW), omtalt som *M – middels*, og til slutt økt til 0,45 kg/min (376 kW), omtalt som *H – høy*.

Disse brennereffektene vil representere brann i mindre objekter på utsiden av veggen. For eksempel kan 125 kW tilsvare brann i en mindre søppelbøtte, 251 kW brann i en litt større søppelbøtte, mens 376 kW kan være nivået på brann i en enda større søppeldunk. Bestemmelse av varmeavgivelse fra brann i to like søppelbøtter er beskrevet i en rapport fra National Institute of Standards and Technology (NIST) I USA [43]. Begge søppelbøttene rommet 30 liter, var laget av polyetylen (HDPE), veide 3,6 kg og var fylt med 10 kg avfall av cellulose. Søppelbøttene brant på ulike måter avhengig av hvordan platen smeltet, og dette førte til at den ene søppelbøtten ga en maksimal varmeavgivelse på 150 kW, mens den andre nådde en maksimal varmeavgivelseshastighet på ca. 300 kW. Dette viser at varmeavgivelse fra brann i to like objekter kan variere betydelig. De valgte brennereffektene i storskalaestene våre er i samme størrelsesorden som verdiene som ble målt i prosjektet ved NIST.

Brennereffektene kan også representere brann i ulikt brennbart materiale som er plassert på utsiden av veggen, som trematerialer, plastmaterialer, kartong etc. Type og mengde materiale, samt geometrien vil avgjøre hvor stor varmeavgivelsen fra brannen blir. Til sammenlikning vil en brann i et overtent rom der flammene står ut av vinduet vil være større enn dette, i størrelsesorden 1-2 MW. En brann i en personbil kan avgi varmeeffekt i størrelsesorden 2,5-5 MW [44].

5.2.3 Testgjennomføring

Loggesystemet ble startet, og kameraopptak på forside og bakside av testveggen ble startet. Signal for å synkronisere kameraene ble gitt.

Før teststart ble det verifisert visuelt at det ikke var noen luftstrøm langs fasaden ved å kontrollere at plaststrimlene på toppen av prøveoppsettet ikke beveget seg nevneverdig.

Ved teststart ble propan ført frem til brenneren, og propanen ble antent av en blåselampe. Tidtaker ble startet idet propanen antente. Det ble valgt å kjøre testen i 10 minutter, i og med at brannforløpet viste seg å være stabilt etter cirka fire minutter, og for å unngå større gjennombrenninger til fasadens bakside.

Underveis ble det tatt bilder for dokumentasjon.

Ved gjennombrenning i fasaden ble lekkasjepunkter tettet med ubrennbart materiale på fasadens bakside (den siden som ville utgjort hulrommet). Dette ble gjort for å unngå brannspredning på baksiden.

Etter endt test ble størrelse på skadet område fotografert, målt og loggført.

⁷ Ref: <https://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/C3H8/c1-3-2/h3H2%2C1-2H3>

5.3 Testprogram

Testmatrisen i Tabell 5-1 viser en oversikt over hvilke tester som ble gjennomført, og hvilke parameterendringer som ble gjort i de ulike testene.

Tabell 5-1 Testmatrise.

	Behandling	Profil	Orientering	Propanflow [kg/min]	Brennereffekt [kW]
Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	0,15	125
Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	0,15	125
Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	0,3	251
Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	0,3	251
Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	0,3	251
Test 6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	0,3	251
Test 7	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	0,3	251
Test 8	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	0,15	125
Test 9	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	0,3	251
Test 10	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	0,4	334
Test 11	Royal fersk	Dobbelfals	Vertikal	0,45	376
Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	0,45	376
Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	0,45	376
Test 14	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	0,45	376
Test 15	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	~	~
Test 16	Malt - 2 strøk oljebeis	Tømmermann	Vertikal	0,45	376
Test 17	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Vertikal	0,45	376
Test 18	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	0,45	376
Test 19	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	0,3	251
Test 20	Rockfon (ubrennbar)			0,15	125
Test 21	Rockfon (ubrennbar)			0,3	251
Test 22	Rockfon (ubrennbar)			0,45	376

Grunnet problemer med gjennomføringen av Test 15 er resultatene fra denne testen vanskelig å tolke. Denne testen ble repetert som Test 18.

5.4 Resultatbehandling

Testene i denne studien har generert resultater av ulike typer, som har blitt behandlet på ulike måter: temperaturmålinger, varmefluksmålinger og videoopptak.

5.4.1 Temperaturmålinger

Temperaturmålingene er ikke blitt prosessert, men er presentert i sin helhet i vedlegg A.

5.4.2 Varmefluksmålinger

For å kvantifisere forskjellen mellom et totalfluksmeter og platetermoelementene, ble det i seks tester også benyttet et totalfluksmeter. Etter sammenligning med målinger fra totalfluksmeteret, ble varmeledningskoeffisienten i de utførte beregningene satt til $K = 0$ for å bedre overensstemmelsen mellom de to måleteknikkene. Målinger utført med de to teknikkene er presentert i kapittel 6.3. Grunnet støy på målingene er målingene presentert med et 10 sekunders glidende gjennomsnitt.

5.4.3 Videoopptak

Alle tester ble filmet fra fasadens fremside og bakside. Filmer fra tester som har vært interessante å sammenligne er blitt sammenstilt side ved side i egen video, og tidtaker er lagt på.

5.4.4 Måling av skader

Etter hver test ble kledningens skade vurdert, målt og dokumentert. Skade ble definert som område som tydelig var berørt av varme eller har brent. Eksempel på skadevurdering vises i Figur 5-4 og Figur 5-5. Det er ikke stilt krav til forkulling, men deler av kledningen som kun var misfarget ble ikke registrert som skade.

Bredden av skadet område ble målt hver 50 cm mellom 100 cm – 550 cm over gulv, i tillegg til 60 cm høyde, og oppunder raftekasse. Laveste høyde for skadet område ble også dokumentert. Målingene ble gjort med en avrunding til nærmeste 5 cm. Målingene ble gjort både fysisk og ved analyse av film og foto fra testene ved bruk av pikseltelling-funksjonalitet i Adobe Photoshop.



Figur 5-4 Viser vurdering av skadet område, skadet område markert i rødt.



Figur 5-5 Viser vurdering av skadet område, skadet område markert i rødt.

6 Resultater

6.1 Fasader med ulik behandling

Totalt 19 tester ble gjennomført med fasader av trepanel med ulike behandlinger. Varmefluksmålinger presenteres grafisk i dette kapitlet for kun et utvalg tester som er av spesiell interesse. Dette for å illustrere fenomener som er observert under testene, eller fordi kunnskap kan dras ut fra resultatene. Temperatur- og varmekfluksmålinger for samtlige tester er imidlertid presentert grafisk i henholdsvis Vedlegg A og Vedlegg B. Grunnet problemer med gjennomføringen av Test 15 er resultatene fra denne testen vanskelig å tolke, og de er følgelig ikke presentert i detalj i dette kapitlet. Denne testen ble repetert som Test 18.

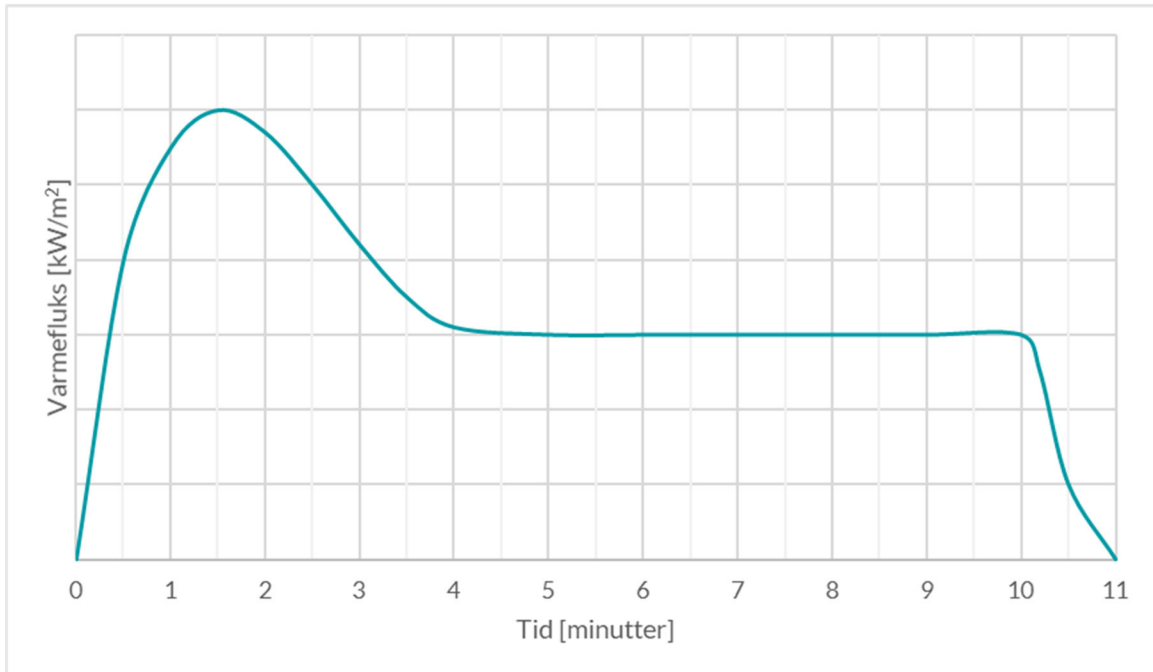
Som tidligere nevnt, er det fire parametere som er variert i dette testprogrammet: brennereffekt (startbrann), kledningens profil, kledningens orientering og kledningens behandling. De ulike parametervariasjonene har gitt ulike effekter, noe som vil bli kommentert nærmere nedenfor.

6.1.1 Varmefluks

Figur 6-1 viser et stilisert eksempel på typisk utvikling i varmekfluks i de gjennomførte forsøkene. I løpet av testens første 1-2 minutter nås det en topp i målt varmekfluks. Dette er en effekt av at varmen fra propanbrenneren, som brenner med konstant effekt gjennom hele testen, antenner overflaten i fasaden, og forbrenningen av fasadematerialet bidrar til varmeutviklingen. Uavhengig av hvordan fasaden er behandlet, vil det øverste sjiktet av trepanelet brenne, og man får vertikal brannspredning oppover langs fasaden. Etter hvert forkulles overflaten, noe som beskytter friskt trevirke i sjiktene innenfor, og som resulterer i redusert nedbryting og avdamping av brennbare substanser fra treet (pyrolyse). Brannen får dermed ikke tilstrekkelig brensel til å opprettholdes i områdene lengst unna brenneren (øverst på fasaden), noe som fører til at flammen trekker seg nedover igjen. Dette inntreffer mellom 2-4 minutter etter start, og er vist i en reduksjon i den målte varmekfluksen.

Etter cirka fire minutter stabiliseres varmekfluksen fordi brannen opprettholdes av varmebidraget fra brenneren. Varmefluksen holder et noenlunde jevnt nivå resten av testen. Dersom brenneren sløkkes vil brannen i fasaden i hovedsak slokne av seg selv, noe man også observerer når brenneren slås av etter 10 minutter.

På grunn av denne karakteristiske formen på varmekfluksgrafene, vil tabulerte verdier fra disse målingene presenteres i form av maksverdi for hele tidsserien, samt gjennomsnittet av varmekfluksen mellom 4-10 minutter (stasjonært forløp). Disse verdiene legges til grunn for videre sammenligninger av de ulike parametervariasjonene.



Figur 6-1 Typisk utvikling i varmekraft i de gjennomførte testene, inkludert brennerens bidrag.

Tabell 6-1 og Tabell 6-3 presenterer henholdsvis maksimal- og gjennomsnittlig varmekraft målt på ulike høyder i de forskjellige testene. Tabell 6-2 og Tabell 6-4 viser tilsvarende informasjon, men brennerens estimerte bidrag til varmekraften er trukket ifra. Estimering av brennerens bidrag er omhandlet i kapittel 6.2.

Testene er sortert i fire ulike grupper, der testene har én eller flere felles parametere:

- Gruppe 1: brennereffekt 125 kW
- Gruppe 2: brennereffekt 251 kW
- Gruppe 3: brennereffekt 376 kW
- Gruppe 4: kledningen var royalbehandlet (fersk), og hadde liggende dobbelfalsprofil

I hver gruppe sammenlignes også testene opp mot en definert referansetest. Referansetestene er presentert øverst i hver gruppe, og er også gitt i høyre kolonne. Tabellcellene som presenterer varmekraft målt ved ulike nivåer er farget ut ifra hvilken verdi hver celle har. En høy verdi gir en kraftigere rødfarge enn en celle med lav verdi.

Resultatene diskuteres i kapittel 7.

Tabell 6-1 Maksimal varmekraft målt ved tre høyder. Tabellen viser fire grupper med tester, hvor verdiene fra de ulike testene sammenlignes med gruppens referanse. Referansetestene er presentert øverst i hver gruppe. Fargeskalaen for varmekraft angir mørkere rød for høyere verdi.

Gruppe	Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Effekt [kW]	Maks varmekraft [kW/m ²]			Endring [kW/m ²]			Ref.
						150 cm	300 cm	450 cm	150 cm	300 cm	450 cm	
1	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	2,11	1,30	0,70	0,00	0,00	0,00	
	Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	125	2,32	1,39	0,69	0,21	0,09	-0,01	Test 1
	Test 8	Royal fersk	Tømmemann	Vertikal	125	2,12	1,44	0,82	0,01	0,15	0,12	Test 1
2	Test 9	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	251	3,37	2,21	1,18	0,00	0,00	0,00	
	Test 19	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	251	3,73	2,50	1,19	0,36	0,28	0,02	Test 9
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	4,12	3,03	1,72	0,75	0,82	0,55	Test 9
	Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	251	4,34	3,01	1,57	0,97	0,80	0,39	Test 9
	Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	251	3,20	1,56	0,73	-0,17	-0,66	-0,44	Test 9
	Test 6	Ubehandlet	Tømmemann	Vertikal	251	3,55	1,65	0,77	0,18	-0,57	-0,40	Test 9
	Test 7	Royal fersk	Tømmemann	Vertikal	251	3,89	3,30	2,34	0,52	1,09	1,17	Test 9
3	Test 14	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	376	5,46	3,64	2,17	0,00	0,00	0,00	
	Test 16	Malt - 2 strøk oljebeis	Tømmemann	Vertikal	376	5,50	4,44	3,19	0,05	0,80	1,03	Test 14
	Test 17	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Vertikal	376	5,27	4,52	2,98	-0,19	0,88	0,81	Test 14
	Test 18	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	376	5,14	4,20	2,61	-0,32	0,56	0,44	Test 14
	Test 11	Royal fersk	Dobbelfals	Vertikal	376	5,71	6,44	7,25	0,25	2,80	5,08	Test 14
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	5,81	5,80	5,60	0,35	2,16	3,43	Test 14
	Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	376	4,99	2,90	1,22	-0,47	-0,74	-0,95	Test 14
4	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	2,11	1,30	0,70	0,00	0,00	0,00	
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	4,12	3,03	1,72	2,01	1,74	1,02	Test 1
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	5,81	5,80	5,60	3,70	4,50	4,90	Test 1

Tabell 6-2 Maksimal varmekraft når brennerens bidrag er trukket ifra. Tabellen viser fire grupper med tester, hvor verdiene fra de ulike testene sammenlignes med gruppens referanse. Referansetestene er presentert øverst i hver gruppe. Fargeskalaen for varmekraft angir mørkere rød for høyere verdi.

Gruppe	Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Effekt [kW]	Maks varmekraft [kW/m ²]			Endring [kW/m ²]			Ref.
						150 cm	300 cm	450 cm	150 cm	300 cm	450 cm	
1	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	0,65	0,57	0,21	0,00	0,00	0,00	
	Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	125	0,80	0,63	0,20	0,16	0,06	-0,02	Test 1
	Test 8	Royal fersk	Tømmemann	Vertikal	125	0,69	0,72	0,33	0,04	0,15	0,12	Test 1
2	Test 9	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	251	1,29	1,30	0,64	0,00	0,00	0,00	
	Test 19	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	251	1,86	1,59	0,67	0,57	0,29	0,03	Test 9
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	1,98	2,05	1,17	0,69	0,75	0,53	Test 9
	Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	251	1,96	1,98	1,00	0,67	0,68	0,36	Test 9
	Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	251	0,68	0,40	0,15	-0,61	-0,90	-0,49	Test 9
	Test 6	Ubehandlet	Tømmemann	Vertikal	251	0,70	0,50	0,19	-0,59	-0,80	-0,46	Test 9
	Test 7	Royal fersk	Tømmemann	Vertikal	251	1,90	2,30	1,78	0,61	1,00	1,14	Test 9
3	Test 14	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	376	0,85	1,71	1,31	0,00	0,00	0,00	
	Test 16	Malt - 2 strøk oljebeis	Tømmemann	Vertikal	376	1,35	2,54	2,33	0,51	0,84	1,02	Test 14
	Test 17	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Vertikal	376	1,38	2,61	2,11	0,54	0,91	0,80	Test 14
	Test 18	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	376	1,18	2,27	1,73	0,33	0,56	0,42	Test 14
	Test 11	Royal fersk	Dobbelfals	Vertikal	376	2,04	4,55	6,39	1,20	2,85	5,08	Test 14
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	1,83	3,69	4,66	0,99	1,99	3,35	Test 14
	Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	376	0,00	0,27	0,20	-0,84	-1,43	-1,11	Test 14
4	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	0,65	0,57	0,21	0,00	0,00	0,00	
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	1,98	2,05	1,17	1,33	1,48	0,96	Test 1
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	1,83	3,69	4,66	1,19	3,13	4,45	Test 1

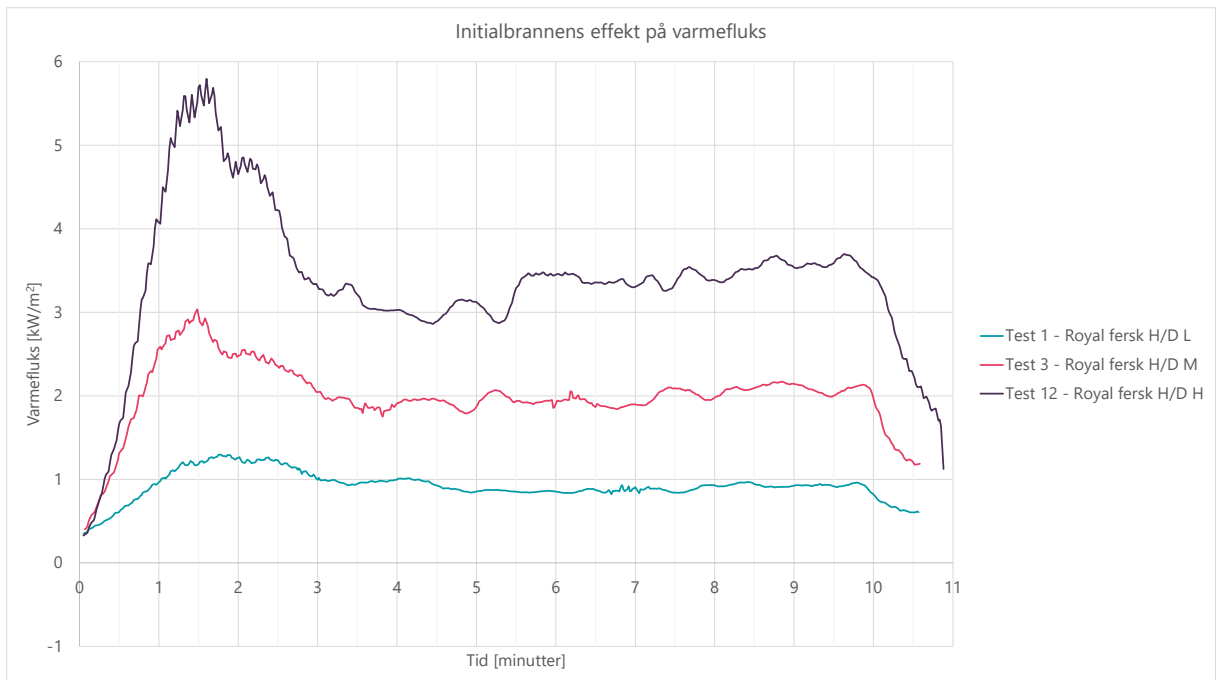
Tabell 6-3 Gjennomsnittlig varmefluks mellom 4 – 10 minutter etter start av test. Tabellen viser fire grupper med tester, hvor verdiene fra de ulike testene sammenlignes med gruppens referanse. Referansetestene er presentert øverst i hver gruppe. Fargeskalaen for varmefluks angir mørkere rød for høyere verdi.

Gruppe	Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Effekt [kW]	Snitt varmefluks [kW/m ²]			Endring [kW/m ²]			Ref.
						150 cm	300 cm	450 cm	150 cm	300 cm	450 cm	
1	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	1.81	0.90	0.55	0.00	0.00	0.00	
	Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	125	1.94	0.94	0.54	0.12	0.04	-0.01	Test 1
	Test 8	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	125	1.64	0.85	0.53	-0.17	-0.05	-0.01	Test 1
2	Test 9	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	251	3.10	1.60	0.77	0.00	0.00	0.00	
	Test 19	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	251	3.18	1.47	0.68	0.07	-0.13	-0.09	Test 9
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	3.73	1.99	0.91	0.62	0.40	0.14	Test 9
	Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	251	3.91	2.05	0.91	0.81	0.46	0.15	Test 9
	Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	251	3.02	1.43	0.70	-0.08	-0.17	-0.07	Test 9
	Test 6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	251	3.12	1.48	0.71	0.02	-0.12	-0.05	Test 9
	Test 7	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	251	3.24	1.81	0.87	0.13	0.21	0.10	Test 9
3	Test 14	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	376	4.47	2.72	1.21	0.00	0.00	0.00	
	Test 16	Malt - 2 strøk oljebeis	Tømmermann	Vertikal	376	4.98	3.03	1.32	0.51	0.31	0.11	Test 14
	Test 17	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Vertikal	376	4.75	2.72	1.16	0.27	0.01	-0.04	Test 14
	Test 18	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	376	4.42	2.64	1.11	-0.06	-0.08	-0.09	Test 14
	Test 11	Royal fersk	Dobbelfals	Vertikal	376	4.82	3.22	1.65	0.34	0.50	0.44	Test 14
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	5.31	3.32	1.56	0.83	0.60	0.36	Test 14
	Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	376	4.40	2.58	1.12	-0.07	-0.14	-0.09	Test 14
4	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	1.81	0.90	0.55	0.00	0.00	0.00	
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	3.73	1.99	0.91	1.91	1.10	0.36	Test 1
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	5.31	3.32	1.56	3.49	2.42	1.02	Test 1

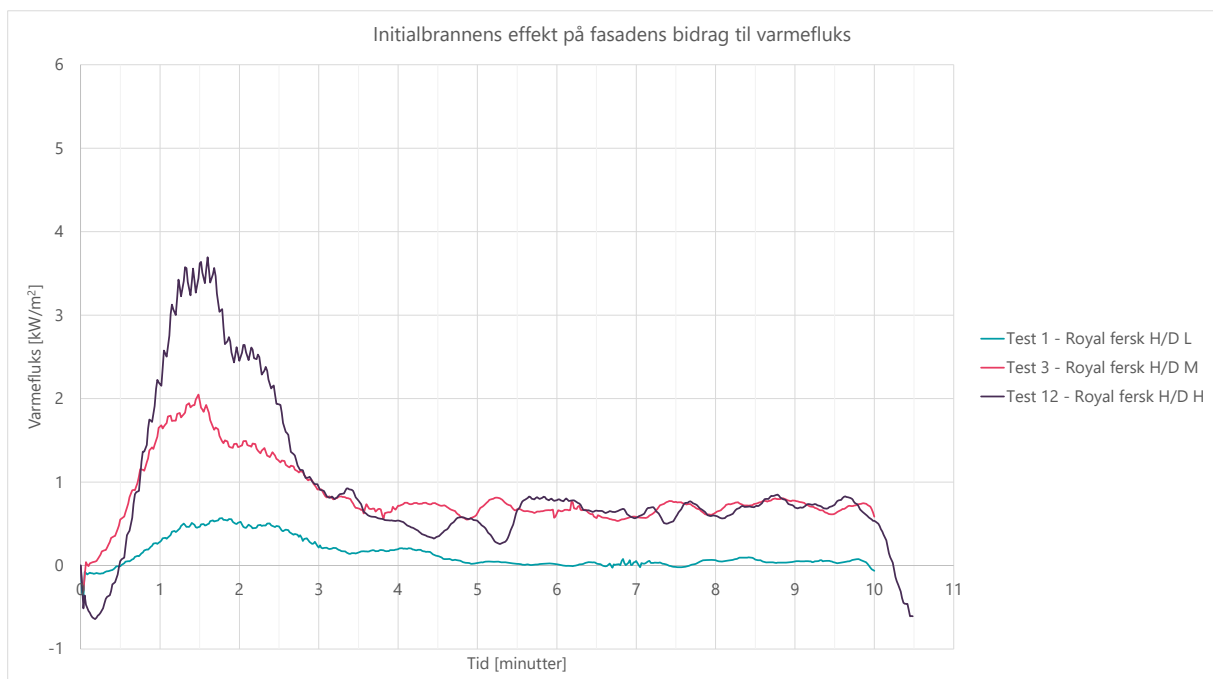
Tabell 6-4 Gjennomsnittlig varmefluks mellom 4 – 10 minutter etter start av test når brennerens bidrag er trukket ifra. Tabellen viser fire grupper med tester, hvor verdiene fra de ulike testene sammenlignes med gruppens referanse. Referansetest er presentert øverst i hver gruppe. Fargeskalaen for varmefluks angir mørkere rød for høyere verdi.

Gruppe	Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Effekt [kW]	Snitt varmefluks [kW/m ²]			Endring [kW/m ²]			Ref.
						150 cm	300 cm	450 cm	150 cm	300 cm	450 cm	
1	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	0.08	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	
	Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	125	0.21	0.09	0.00	0.12	0.04	-0.01	Test 1
	Test 8	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	125	-0.06	0.01	0.01	-0.14	-0.04	-0.01	Test 1
2	Test 9	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	251	0.32	0.29	0.10	0.00	0.00	0.00	
	Test 19	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	251	0.40	0.16	0.01	0.07	-0.13	-0.09	Test 9
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	0.94	0.69	0.24	0.62	0.40	0.14	Test 9
	Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	251	1.13	0.74	0.24	0.81	0.46	0.15	Test 9
	Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	251	0.24	0.12	0.03	-0.08	-0.17	-0.07	Test 9
	Test 6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	251	0.34	0.17	0.04	0.02	-0.12	-0.05	Test 9
	Test 7	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	251	0.45	0.50	0.20	0.13	0.21	0.10	Test 9
3	Test 14	Malt - grunning + 2 strøk maling	Dobbelfals	Horisontal	376	-0.72	-0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	
	Test 16	Malt - 2 strøk oljebeis	Tømmermann	Vertikal	376	-0.21	0.29	0.14	0.51	0.31	0.11	Test 14
	Test 17	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Vertikal	376	-0.44	-0.02	-0.02	0.27	0.01	-0.04	Test 14
	Test 18	Malt - 2 strøk oljebeis	Dobbelfals	Horisontal	376	-0.78	-0.10	-0.07	-0.06	-0.08	-0.09	Test 14
	Test 11	Royal fersk	Dobbelfals	Vertikal	376	-0.37	0.48	0.47	0.34	0.50	0.44	Test 14
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	0.12	0.58	0.38	0.83	0.60	0.36	Test 14
	Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	376	-0.79	-0.16	-0.07	-0.07	-0.14	-0.09	Test 14
4	Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	0.08	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	
	Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	0.94	0.69	0.24	0.86	0.64	0.23	Test 1
	Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	0.12	0.58	0.38	0.03	0.54	0.37	Test 1

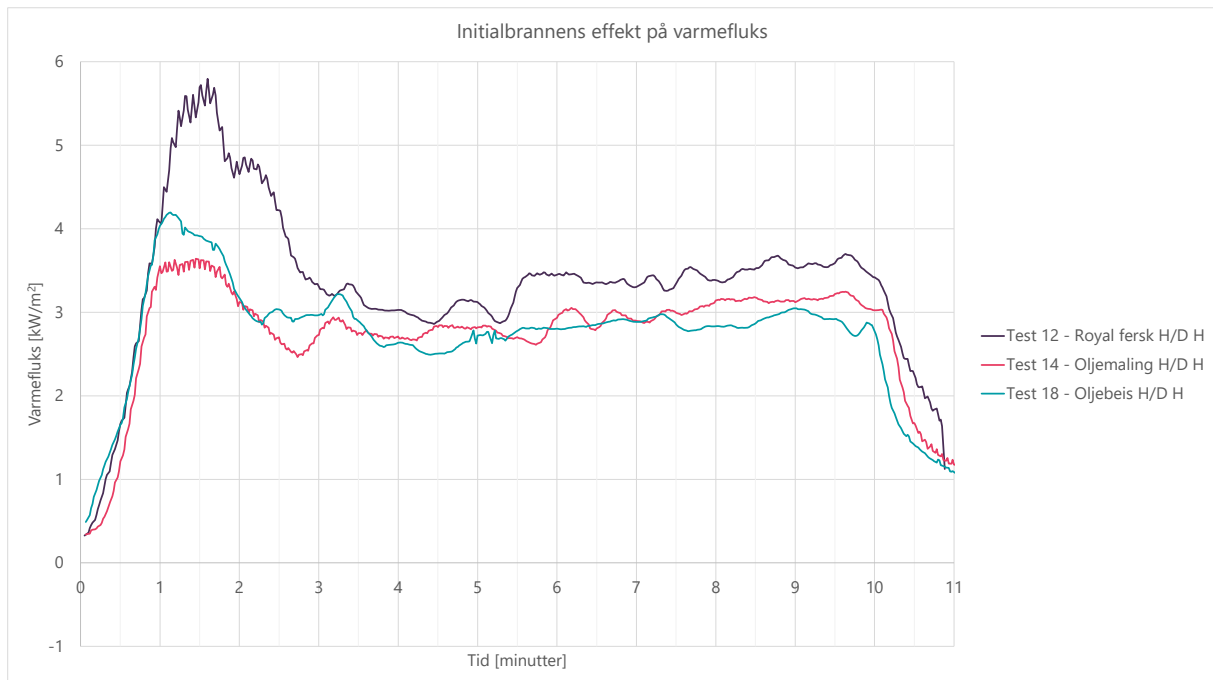
Figur 6-2 viser målt varmefluks ved 300 cm høyde for tre tester med royalbehandlet kledning med ulike effekt på brenneren, og Figur 6-3 viser samme informasjon, men med brennerens estimerte bidrag til varmefluksen trukket ifra. Figur 6-4 og Figur 6-5 viser tilsvarende for tester med beiset-, malt- og royalbehandlet kledning. Negative verdier for enkelte tester i Figur 6-3 og Figur 6-5 er ufsikalske og er en effekt av beregningsmetoden. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 7.9.4. Alle grafene for de ulike fasadenes bidrag til varmefluks er gitt i Vedlegg C.



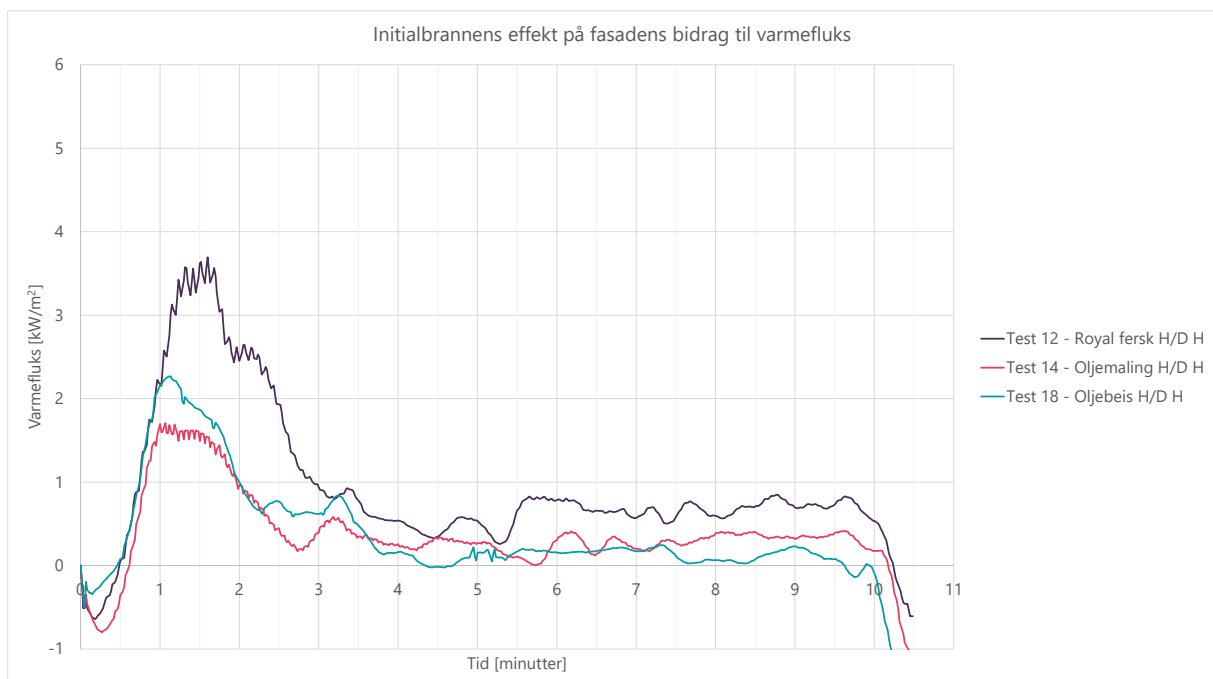
Figur 6-2 Varmeflukt målt ved 300 cm høyde, for tre tester med ulik effekt på brenneren. Brenner-effekt var 125 kW i Test 1, 251 kW i Test 3 og 376 kW i Test 12.



Figur 6-3 Varmeflukt målt ved 300 cm høyde, for tre tester med ulik effekt på brenneren. Brennerens estimerte bidrag er trukket ifra. Brenner-effekt var 125 kW i Test 1, 251 kW i Test 3 og 376 kW i Test 12.



Figur 6-4 Varmeflukt målt ved 300 cm høyde, for tre tester med fasader med ulik behandling. Brennereffekt var 376 kW i alle testene.



Figur 6-5 Varmeflukt målt ved 300 cm høyde, for tre tester med fasader med ulik behandling. Brennerens estimerte bidrag er trukket ifra. Brennereffekt var 376 kW i alle testene.

6.1.2 Gjennom Brenning til hulrom

Tabell 6-5 viser hvor lang tid det tok fra de ulike testene startet til flammer ble observert på ikke-eksponert side. Dette er en problemstilling som ikke er en del av denne studiens målsetting, men som likevel omtales da den kan gi nyttig informasjon knyttet til videre arbeid. I tabellen er testene rangert fra kortest til lengst tid til gjennom brenning.

Av tabellen kan man se at:

- alle testene med tømmermannskledning fikk gjennom brenning
- cirka like mange tester med vertikal og horisontal kledning fikk gjennom brenning
- testene med kortest tid til gjennom brenning også hadde høyest brennereffekt
- både beiset, malt, royaltbehandlet og ubehandlet kledning fikk gjennom brenning
- for de testene hvor man **ikke** fikk gjennom brenning, besto fasaden av dobbelfalskledning

Tabell 6-5 Tid til gjennom brenning av kledning, sortert etter test med kortest til lengst tid til gjennom brenning.

Testnummer	Behandling	Profil	Orientering	Brennereffekt	Tid til gjennom brenning
Test 16	Beis	Tømmermann	Vertikal	376 kW	Under 1 minutt
Test 18	Beis	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Under 2 minutter
Test 14	Malt	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Under 4 minutter
Test 11	Royal	Dobbelfals	Vertikal	376 kW	Ca. 5 minutter
Test 8	Royal	Tømmermann	Vertikal	125 kW	Ca. 7 minutter
Test 7	Royal	Tømmermann	Vertikal	251 kW	Under 8 minutter
Test 6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	251 kW	Under 8 minutter
Test 12	Royal	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Under 10 minutter
Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	125 kW	Under 10 minutter
Test 1	Royal	Dobbelfals	Horisontal	125 kW	Ingen gjennom brenning
Test 3	Royal	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Ingen gjennom brenning
Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Ingen gjennom brenning
Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Ingen gjennom brenning
Test 9	Malt	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Ingen gjennom brenning
Test 10	Beis	Dobbelfals	Horisontal	334 kW	Ingen gjennom brenning
Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Ingen gjennom brenning
Test 17	Beis	Dobbelfals	Vertikal	376 kW	Ingen gjennom brenning
Test 19	Beis	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Ingen gjennom brenning

6.1.3 Fuktmålinger

Umiddelbart før hver testgjennomføring ble fuktigheten målt i trevirket på fasaden. Fuktmålingene ble gjennomført med en fuktmåler av typen Testo 606-1 med innstilling 1 (Bøk, Gran, Lerk, Kirsebær, Valnøtt) for alle målingene. Den målte fuktigheten er relativ til tørrvekten (0 % fuktighet) på materialet. Materialkarakteristikkene som Testo 606-1 benytter er satt ved Darr-metoden (tørr og våt veiing). $\text{Fukt i \%} = (\text{våt veiing} - \text{tørr veiing}) \cdot 100 / \text{våt vekt}$. Det ble gjennomført minst 4 fuktmålinger på fasaden i området det var forventet brannbelastning.

Målingene er kategorisert i tre kategorier, tørt, middels fuktig og veldig fuktig.

- Tørt: 9-15%
- Middels fuktig: 15-20%
- Fuktig: 20-30%

Tabell 6-6 Målt fuktighet i trevirket, sortert etter test med lavest fuktighet til test med høyeste fuktighet i kledningen.

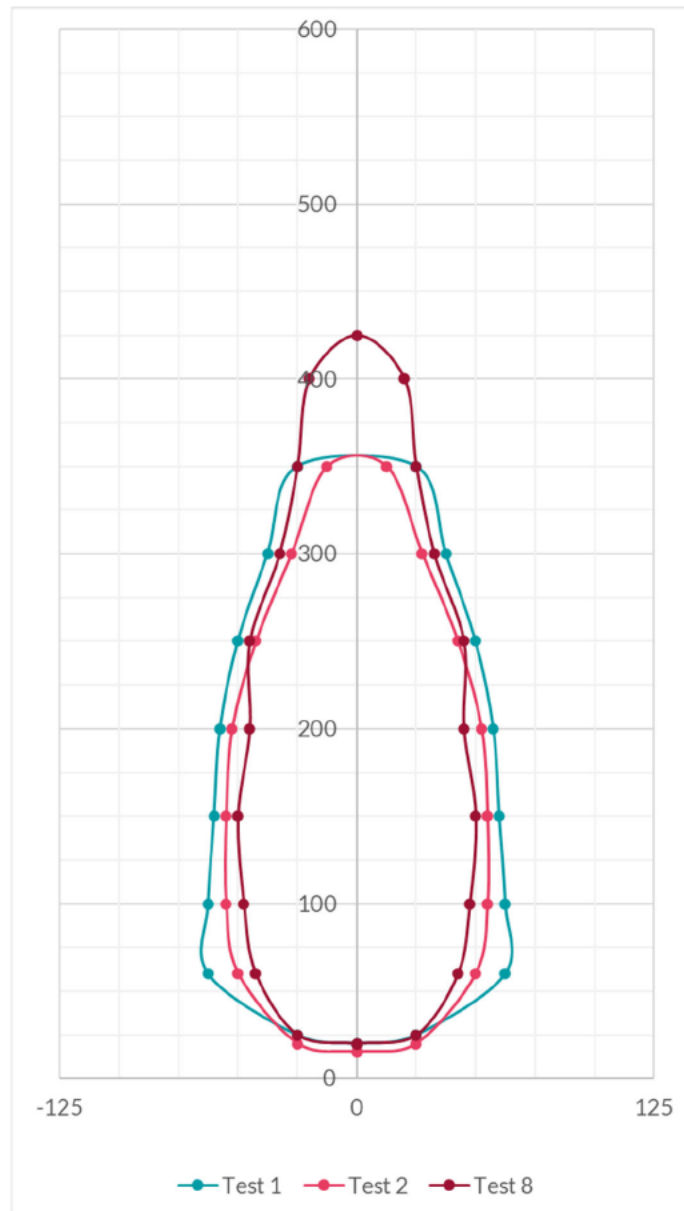
Testnummer	Behandling	Profil	Orientering	Brennereffekt	Fuktmåling
Test 17	Beis	Dobbelfals	Vertikal	376 kW	Tørt
Test 18	Beis	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Tørt
Test 4	Royal	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Tørt
Test 10	Beis	Dobbelfals	Horisontal	334 kW	Tørt
Test 2	Royal	Dobbelfals	Horisontal	125 kW	Tørt
Test 19	Beis	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Tørt
Test 9	Malt	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Tørt
Test 16	Beis	Tømmermann	Vertikal	376 kW	Tørt
Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Tørt
Test 11	Royal	Dobbelfals	Vertikal	376 kW	Tørt
Test 12	Royal	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Tørt
Test 6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	251 kW	Middels fuktig
Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Middels fuktig
Test 14	Malt	Dobbelfals	Horisontal	376 kW	Middels fuktig
Test 1	Royal	Dobbelfals	Horisontal	125 kW	Middels fuktig
Test 3	Royal	Dobbelfals	Horisontal	251 kW	Middels fuktig
Test 7	Royal	Tømmermann	Vertikal	251 kW	Fuktig
Test 8	Royal	Tømmermann	Vertikal	125 kW	Fuktig

6.1.4 Skadeomfang etter test

Basert på målte skader, som beskrevet i kapittel 5.4.4, ble verdier for bredde av skadet område plottet inn i et XY-diagram. Diagrammene viser omtrentlig skadet område for hver test, og er vist i Figur 6-6 til Figur 6-9 for de ulike testgruppene 1 til 4. Diagrammene gir en omtrentlig gjengivelse av skadeområde, da de reelle skadene kan ha en litt annerledes form mellom målepunktene, spesielt i toppen. Diagrammene gir likevel et inntrykk av utbredelsene av skadene i de ulike testene. Skadeprofilene er gjengitt med senter midt på prøvestykkene for lettere å kunne sammenligne skadeomfanget. I virkeligheten var noen av profilene litt skjeve på grunn av trekkforhold under branntestingen. Dette gjelder spesielt Test 11 og 12, hvor effekten av skjermen mellom prøvestykkene i kombinasjon med høy varmeutvikling førte til at flammene la seg mot skjermen. Dette førte til at kledningen ble skadet ut til kanten, noe som hindrer måling av skadeutbredelsen. Disse testene er derfor markert med stiplede linjer og ikke sentrert i diagrammene.

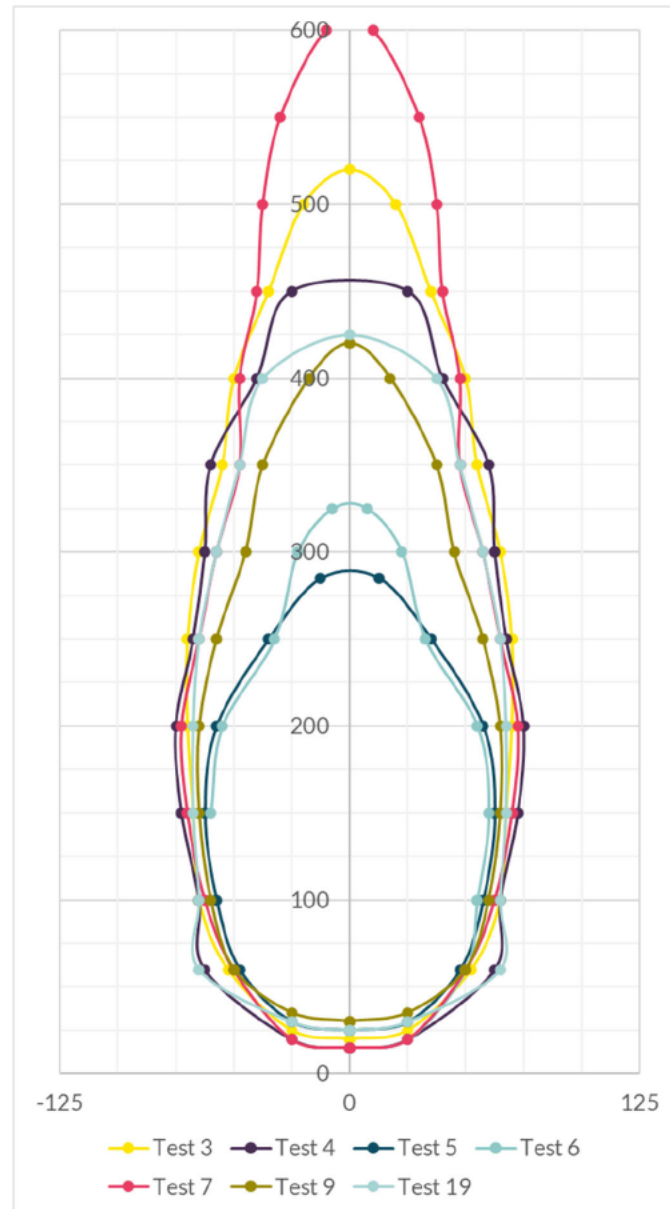
Test 8 ble i utgangspunktet gjennomført med en brennereffekt på 125 kW, men mot slutten av testen ble brennereffekten økt for å få informasjon om hvordan en brann på 251 kW ville oppføre seg. Skadebildet for Test 8 i Figur 6-6 er basert på bildemateriale like før brennereffekten ble økt.

Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Brennereffekt [kW]
Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125
Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	125
Test 8	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	125



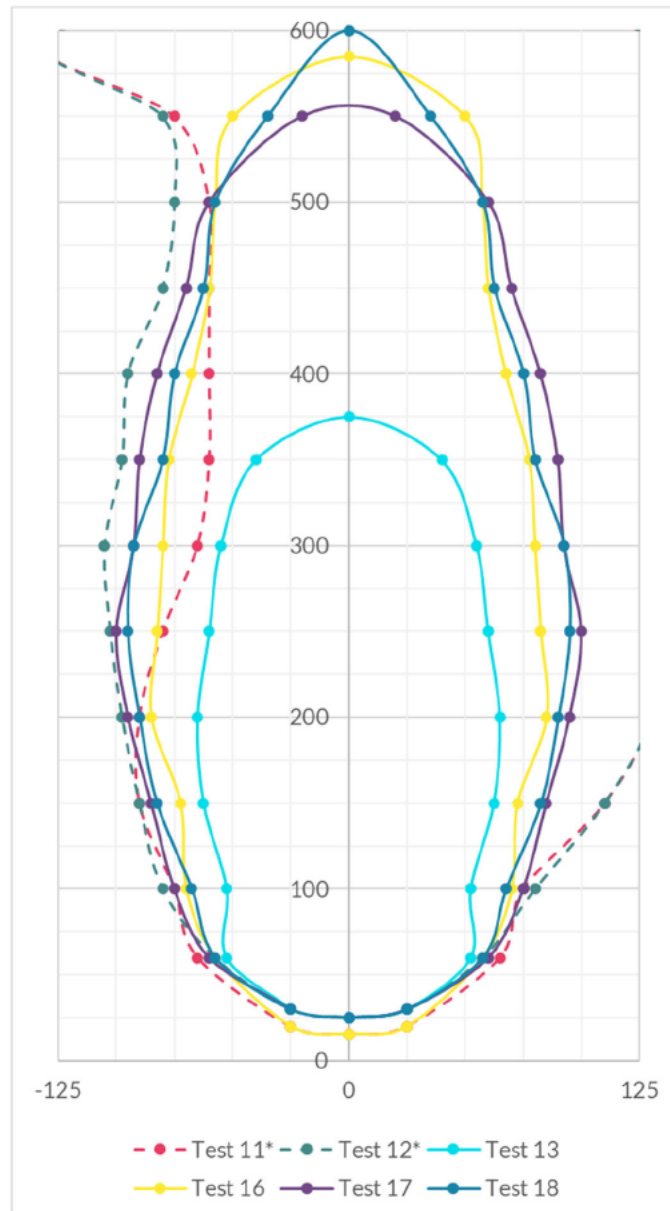
Figur 6-6 Skadet område på kledning etter test for testgruppe 1. Enhet på aksene er cm.

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



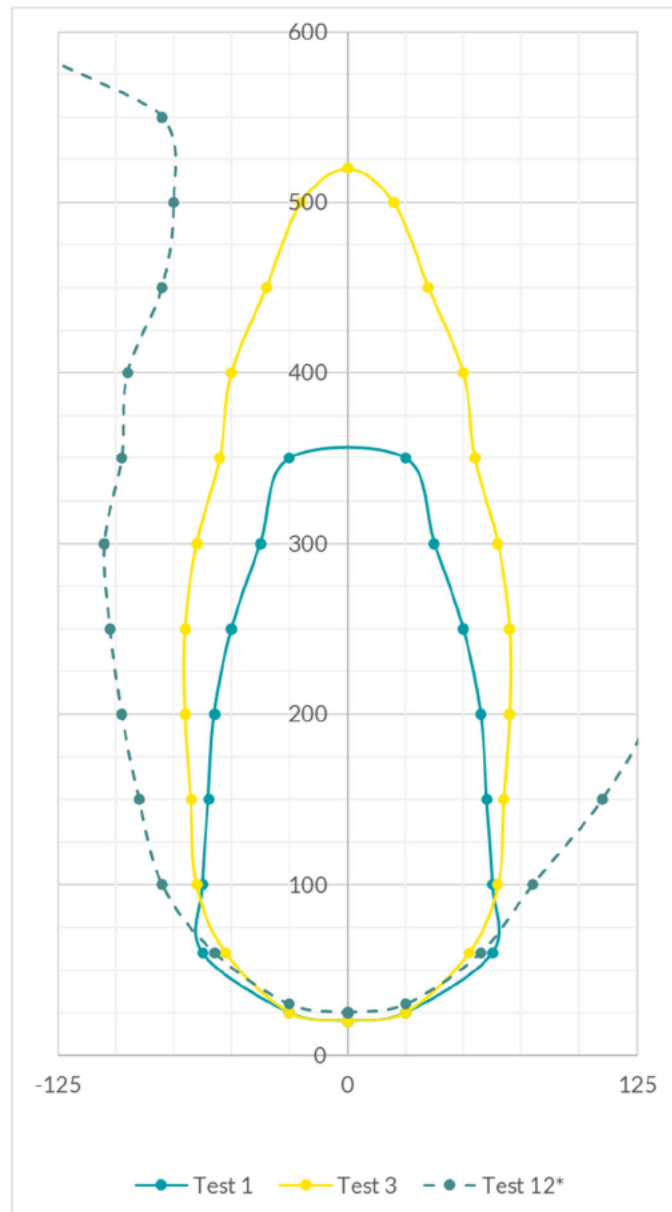
Figur 6-7 Skadet område på kledning etter test for testgruppe 2. Enhet på aksene er cm.

Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Brennereffekt [kW]
Test 11	Royal fersk	Dobbelfals	Vertikal	376
Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376
Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	376
Test 16	Beiset	Tømmermann	Vertikal	376
Test 17	Beiset	Dobbelfals	Vertikal	376
Test 18	Beiset	Dobbelfals	Horisontal	376



Figur 6-8 Skadet område på kledning etter test for testgruppe 3. Enhet på aksene er cm. Flammene i Test 11 og Test 12 slo opp i raftekassen. Flammene i Test 11 og Test 12 slo opp i raftekassen, noe som førte til en kraftig brannutvikling. Profilene for Test 11 og Test 12 er derfor ikke sentrert i forhold til midten av prøvestykket, slik de andre profilene er.

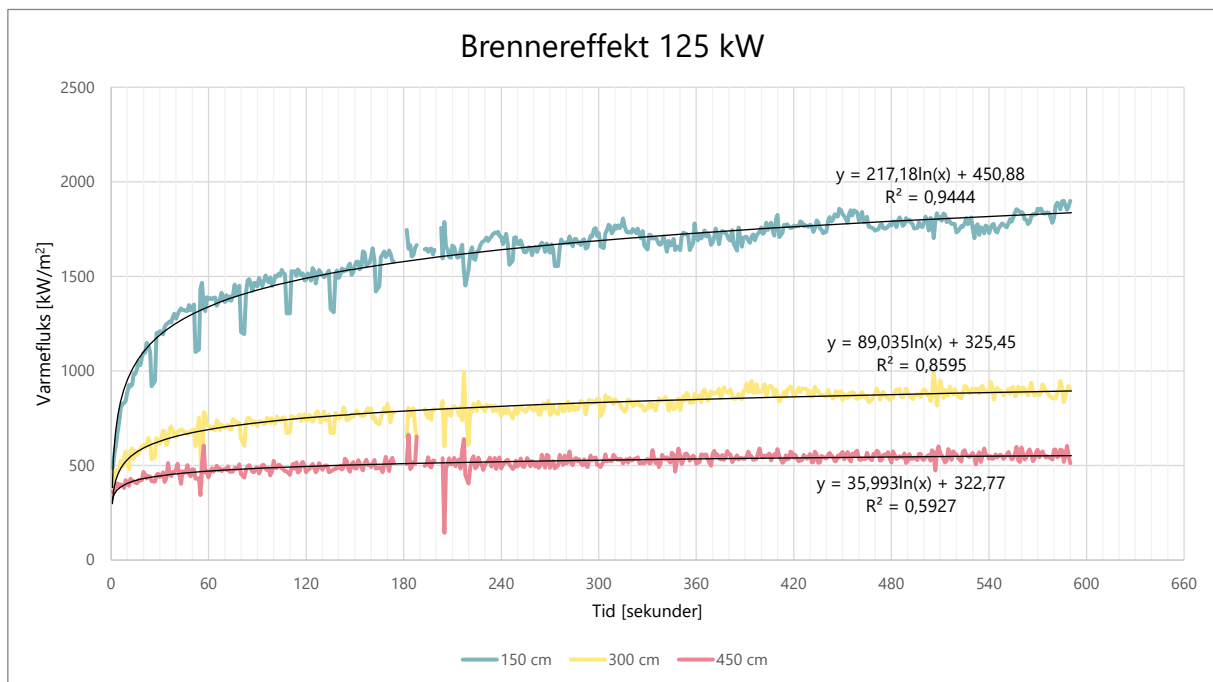
Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Brennereffekt [kW]
Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125
Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251
Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376



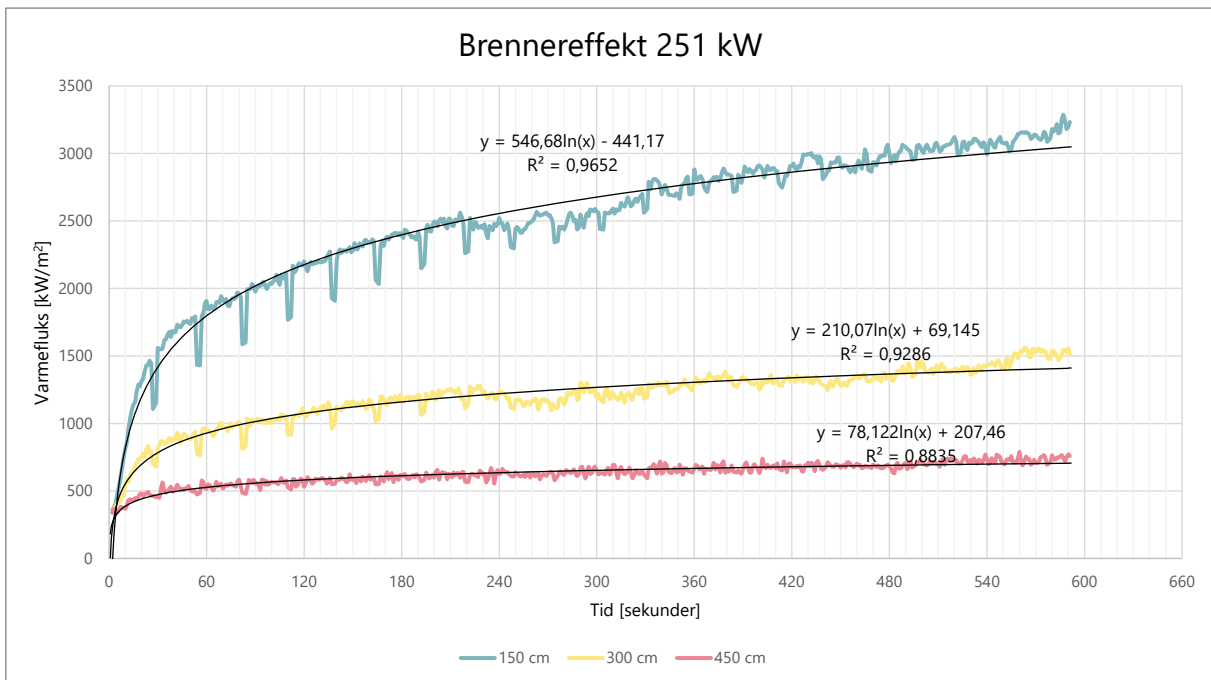
Figur 6-9 Skadet område på kledning etter test for testgruppe 4. Enhet på aksene er cm. Flammene i Test 12 slo opp i raftekassen, noe som førte til en kraftig brannutvikling. Profilen for Test 12 er derfor ikke sentrert i forhold til midten av prøvestykket, slik de andre profilene er.

6.2 Måling av varmefluks fra propanbrenner

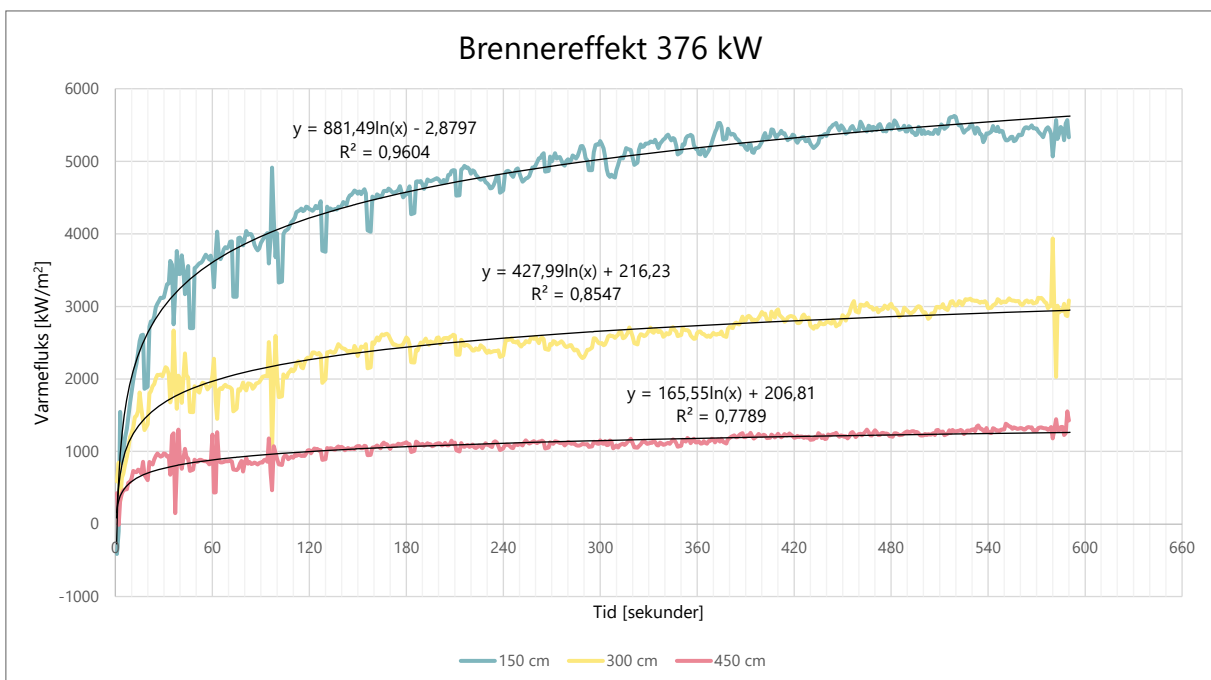
Tre tester (testnummer 20-22) med ubrennbar fasade ble gjennomført for å måle varmefluksen fra brenneren, dvs. uten bidrag fra brennende fasade. Dette for å kunne trekke fra brennerens bidrag fra varmefluksmålingene fra testene med trefasade, og på den måten få et estimat på bidraget fra selve fasaden. Én test ble utført per effektnivå, dvs. 125 kW, 251 kW og 376 kW. Fluksmålingene med linjetilpassingskurve er vist i Figur 6-10 - Figur 6-12. Fasaden var kledd med Rockfon- Tropic 15 mm, med brannklassifisering A1.



Figur 6-10 Måling av varmefluks fra gassbrenner med 125 kW effekt, mot ubrennbar fasade.



Figur 6-11 Måling av varmeffluks fra gassbrenner med 251 kW effekt, mot ubrennbar fasade.



Figur 6-12 Måling av varmeffluks fra gassbrenner med 376 kW effekt, mot ubrennbar fasade.

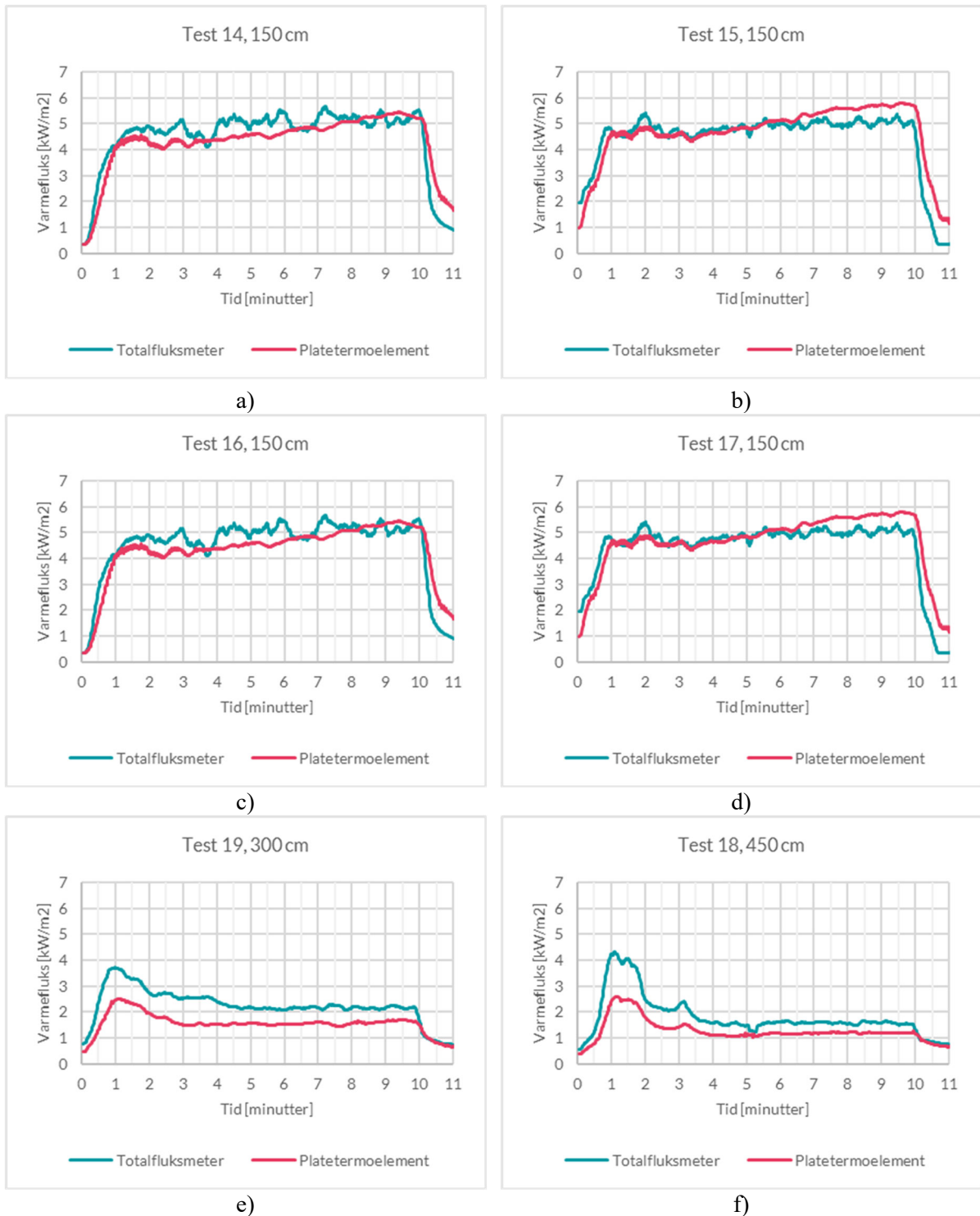
6.3 Sammenligning fluksmeter og platetermoelement

I seks av testene (Test 14-19) ble det i tillegg til platetermoelementer også benyttet totalfluksmeter for å verifisere at målingene og beregningene av varmefluks fra platetermoelementene var representative, og for å kvantifisere eventuelle avvik.

Totalfluksmeteret hadde ulike posisjoner i de forskjellige testene:

- ved siden av det nederste platetermoelementet i Test 14 - 17
- ved det midterste platetermoelementet i Test 19
- ved det øverste platetermoelementet i Test 18

Sammenligninger mellom totalfluksmeteret og det respektive platetermoelementet er vist i Figur 6-13.



Figur 6-13 Sammenligning mellom målinger av varmekraft målt med henholdsvis totalfluksmeter og platetermoelement. a) - d) viser målinger målt 150 cm over gulv, e) viser målinger målt 300 cm over gulv og f) viser målinger målt 450 cm over gulv.

7 Diskusjon

7.1 Kritisk fluks for antennelse

Estimert kritisk fluks for de ulike typene trekledning ble presentert i Tabell 4-2. Jo lavere kritisk fluks for antennelse, jo lettere antennelig er materialet. Litteraturen oppgir stor variasjon i verdier for ubehandlet trevirke, dette skyldes ulike typer tester, testbetingelser, treslag etc. [45]. $12,6 \text{ kW/m}^2$ anvendes imidlertid som en referanseverdi, blant annet i britiske byggeregler.

Det fremgår av resultatene at den ferske royalbehandlete kledningen har en svært lav kritisk fluks for antennelse, $4,9 \text{ kW/m}^2$, og at det derfor vil være lett å antenne. Den allerede varianten av royalbehandlet kledning oppnår imidlertid en verdi som er mer i samme størrelsesorden som ubehandlet trevirke. Malt og beiset trekledning har estimerte verdier som er høyere enn ubehandlet tre.

7.2 Varmefluks

Tabell 6-1 - Tabell 6-4 viser henholdsvis maksimal varmeku, gjennomsnittlig varmeku mellom 4 og 10 minutter etter brannstart, med og uten varmeku fra brenneren.

I testgruppe 1 (Test 1, 2 og 8) ble royalbehandlet kledning, både fersk og aldret, testet med en brennereffekt på 125 kW . Den ferske varianten ble testet både som horisontal kledning med dobbelfals og som vertikal tømmermannskledning, mens den aldrete varianten ble testet som horisontal dobbelfalskledning. Av tabellene ser man at det er små forskjeller mellom resultatene fra de ulike testene, både med hensyn til maksimal varmeku og gjennomsnittlig varmeku, også når man justerer for varmeku fra brenneren. Det ser dermed ikke ut til å være tydelige forskjeller i resultatene, hverken mellom fersk og aldret royalkledning, eller mellom horisontal dobbelfalsprofil og vertikal tømmermannskledning, med dette effektnivået på brenneren.

I den andre testgruppen (Test 3, 4, 5, 6, 7, 9 og 19) ble kledning med alle varianter behandling som omfattes av dette testprogrammet testet. Alle tester i denne gruppen var av kledning med horisontal dobbelfalsprofil, med to unntak (Test 6 og 7) hvor det ble benyttet vertikal tømmermannskledning. Alle prøvestykkene ble eksponert for en brennereffekt på 251 kW . Det er små forskjeller i målt varmeku fra testene av malt, beiset og ubehandlet kledning. Det er noe høyere varmeku fra de royalbehandlede fasadene (maksimal differanse $0,97 \text{ kW/m}^2$). Forskjellene mellom de to royalbehandlede kledningene (fersk og aldret) er små.

I den tredje testgruppen (Test 11, 12, 13, 14, 16, 17 og 18) ble kun kledning med dobbelfalsprofil testet. I to av testene er kledningen vertikal, mens resten av testene er med horisontal kledning. I alle testene ble kledningen eksponert for en brennereffekt på 376 kW . Hvis man ser på maksimal varmeku som er målt på det laveste nivået (150 cm), er det små forskjeller mellom de ulike kledningene. Ubehandlet kledning ga ca. $0,5 \text{ kW/m}^2$ lavere varmeku enn malt kledning, mens varmeku fra royalbehandlet kledning ligger ca. $0,4 \text{ kW/m}^2$ høyere enn malt kledning. Forskjellen mellom de forskjellige kledningene blir imidlertid mer uttalt for målingene som er utført på det midterste og øverste nivået (hhv. 300 cm og 450 cm). Dette kommer av at flammen fra brenneren er dominerende for målingen på det laveste nivået, og at brannen i den royalbehandlede kledningen sprer seg raskere og

høyere opp langs fasaden. Flammen blir da på nivå med varmekulmålerne, slik at målerne dermed ser mer av flammene.

Av Tabell 6-1 kan man også se at den vertikale kledningen (Test 11) gir høyere varmekul enn kledningen som er horisontal (Test 12). Dette kan muligens forklares med at de brennbare gassene til en viss grad bremses av den horisontale profilen til kledningen, mens den vertikale kledningen ikke byr på slike hindringer. Man ser imidlertid ikke denne forskjellen for malte kledninger (Test 17 og 18) eller ubehandlede kledninger (Test 5 og 6) med horisontal og vertikal kledning.

Test 11 og Test 12 (royalbehandlet) var også de eneste testene hvor flammen nådde raftekassen og spredte seg videre horisontalt oppunder denne. Denne geometrien ga et større flammereale enn i de øvrige testene. Dette viser at ulike geometrier vil påvirke resultatene, og at man må forvente forhøyede varmekulverdier ved brann i vegger med eksempelvis innvendig hjørne, karnapp eller balkonger, utstikkende baldakiner, raftekasser, horisontale og vertikale spileløsninger, inntrukne og overbygde inngangspartier, carporter etc. Når flammene treffer horisontale og vertikale utspring, så skaper dette en turbulens ved at flammen tvinges til å skifte retning. Økt turbulens bidrar til mer effektiv innblanding av luft (oksygen), som igjen øker forbrenningen og gir raskere brannutvikling og økt brannspredning.

Av Tabell 6-4 kan man se at når brannene i den tredje testgruppen har stabilisert seg (etter fire minutter), er forskjellene igjen små.

Den fjerde testgruppen omfatter tre tester som også inngår i de foregående testkategoriene. Felles for disse testene er at kledningen var helt lik (royalbehandlet, liggende dobbelfalsprofil), mens forskjellen var brennereffekten (125 kW, 251 kW og 376 kW). Resultatene viser at det er en ulineær sammenheng mellom størrelsen på brennereffekten og målt varmekul på de ulike nivåene. Dette kan tilskrives at brannen i Test 12 (brennereffekt på 376 kW) nådde raftekassen, som tidligere beskrevet.

Varmekulen for disse testene er også vist grafisk i Figur 6-2. Figur 6-3 viser varmekulen i de samme testene, men her med det estimerte bidraget fra brennerens trukket ifra. Fasadens bidrag til varmekulen i Test 1 (brennereffekt på 125 kW) går mot null etter fem minutter. Dette kan skyldes at brennereffekten er for liten til å opprettholde pyrolysen i trevirket bak kullsjiktet. For testene med brennereffekt på henholdsvis 251 kW og 376 kW, konvergerer varmekulen etter cirka tre minutter. Dette kan tyde på at brennereffekten kun påvirker varmekulen i de første minuttene, og at den blir av mindre betydning når det ytterste sjiktet er forkullet. Estimeringen av brennerens bidrag er imidlertid heftet med usikkerheter, så disse resultatene må benyttes med varsomhet. Dette omhandles nærmere i kapittel 7.9.

Ved å sammenligne kun kledning med dobbelfalsprofil, blir prøvematerialene mer like med hensyn til skjøter og eventuelle åpninger i kledningen. I Tabell 7-1 og Tabell 7-2 under har vi sammenlignet målt maksimal varmekul ved høyde 300 cm for de ulike typene behandling ved test med brennereffekt 251 kW og 376 kW. Brennereffekten er trukket fra, så det er kun varmeavgivelsen fra kledningen som bidrar.

Tabell 7-1 Maksimal varmekraft ved høyde 300 cm ved prøving med brennereffekt på 251 kW. Brennereffekten er trukket fra. Alle kledningene ble testet horisontalt.

Test nr.	Behandling	Maksimal varmekraft [kW/m ²]
Test 5	Ubehandlet	0,4
Test 3	Royal fersk	2,05
Test 4	Royal 18 mnd.	1,98
Test 9	Grunning + 2 strøk maling, horisontal	1,3
Test 19	Beiset, vertikal	1,59

Tabell 7-2 Maksimal varmekraft ved høyde 300 cm ved prøving med brennereffekt på 376 kW. Brennereffekten er trukket fra. «Horisontal» og «vertikal» angir orientering av kledningen.

Test nr.	Behandling	Maksimal varmekraft [kW/m ²]
Test 13	Ubehandlet, horisontal	0,27
Test 11*	Royal fersk, vertikal	4,55
Test 12*	Royal fersk, horisontal	3,69
Test 14	Grunning + 2 strøk maling, horisontal	1,71
Test 17	Beiset, vertikal	2,61
Test 18	Beiset, horisontal	2,27

* Flammene slo opp i raftekassen i disse testene, noe som førte til kraftigere brannutvikling

Tabellene over viser at det er tydelig forskjell på maksimal varmekraft ved de to høydene for henholdsvis fersk royalbehandlet kledning, malt eller beiset kledning, og ubehandlet trekledning. Hvis verdiene sammenlignes med målt varmekraft for testene med grunnet og malt kledning (Test 9 og Test 14), ser vi at de royalbehandlede kledningene gir om lag 50 % større varmestrålingskraft i testene med brennereffekt 251 kW, og langt over dobbelt så høy varmestrålingseffekt i testene med en brennereffekt på 376 kW. På dette effektnivået slo flammene i testene med royalbehandlet kledning opp i raftekassen, noe som resulterte i kraftigere brannutvikling. Disse resultatene gir en indikasjon på at måling av varmekraft kan brukes til klassifisering av trekledninger.

De målte varmekraftnivåene er lave i disse testene, noe som har sammenheng med testkonfigurasjonen og størrelsen på brennereffekten. Om testene hadde vært utført med større brennereffekt, eller om geometrien hadde vært annerledes, ville målt varmekraft sannsynligvis vært annerledes, og ulikheter mellom de ulike kledningstypene kunne kanskje vært mer eller mindre tydelige.

Resultatene i tabellene over er uløselig knyttet til det valgte testprosedyren med tilhørende testoppsett, og er ikke nødvendigvis sammenlignbare med verdier fra en virkelig brann. Samtidig mener vi denne testmetoden ser ut til å kunne brukes for sammenligning og rangering av fasadematerialer av trevirke. Det er også interessant å merke seg at rangeringen er den samme som rangeringen av de samme produktene testet i henhold til SBI-metoden, se Tabell 4-1.

7.3 Fuktighet i trevirket

Fuktighet i materialet vil kreve varme for å fordampe, og dette vil redusere flammespredning og varmeavgivelse inntil fukten er fordampet.

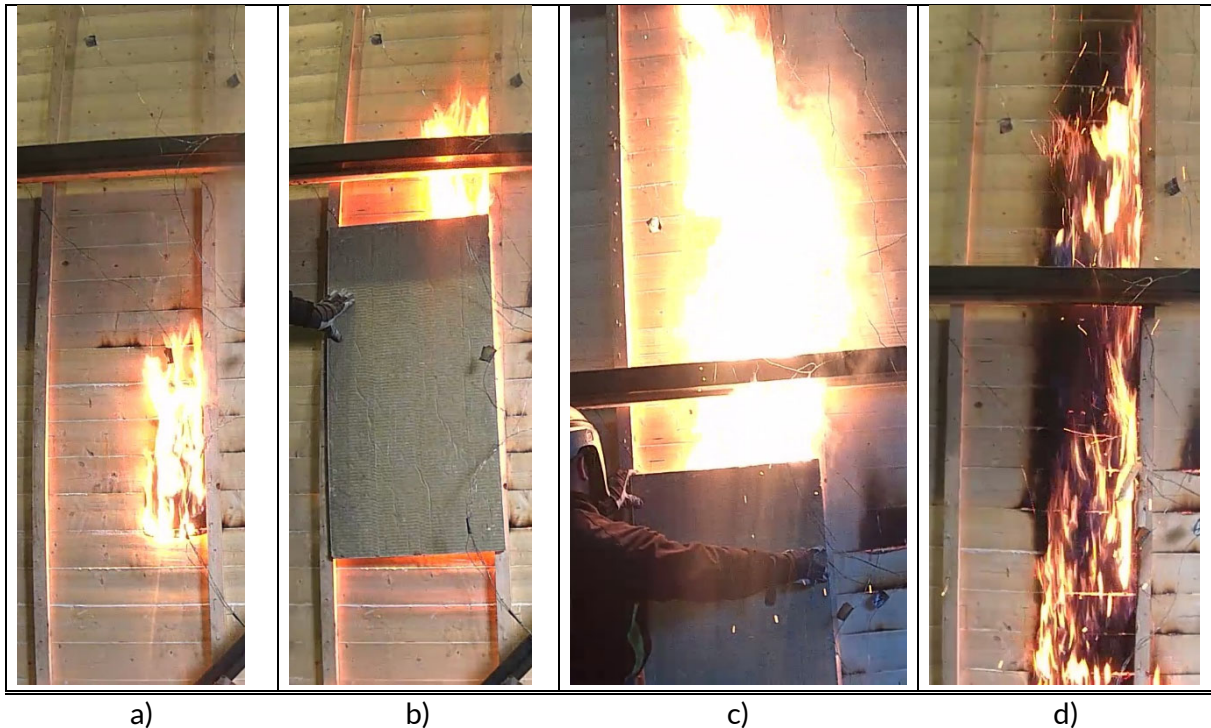
Målinger av fuktigheten i prøvestykkene i storskalatestene er vist i Tabell 6-6. Det er også gitt en grov inndeling av fuktnivåene. I ettertid er det blitt klart at disse målingene er beheftet med en del usikkerhet, og at de burde vært gjennomført på en mer systematisk måte. Det er også mulig at olje i royalkledningene blir registrert som fuktighet. En tredje faktor er at målingene er gjort et stykke under overflaten i trekledningene, mens det i starten av testene vil være fuktigheten i overflaten som er av betydning for tidlig brannspredning. Fuktmålingene i Tabell 6-6 gir heller ikke grunnlag å sammenligne effekten av fukt for de ulike produktene.

7.4 Gjennombrenning til hulrom

Trekledningen er luftet for å gi bedre uttørkingsforhold, og unngå oppfukting. Fuktighet i kledningen kan føre til råte- og soppkader. For horisontale kledninger løses dette som regel ved at det er montert vertikale lekter utenpå vindspærre, noe som skaper et hulrom på noen centimeter mellom vindspærre og bakside av kledning. I tilfellet med vertikal kledning er det gjerne montert et lag med horisontale lekter utenpå de vertikale. Dette skaper i så fall et dypere hulrom, og dermed også større risiko for horisontal brannspredning i hulrommet.

Konfigurasjonen på baksiden av kledningen med hensyn til orientering og geometri av utlektingen kan være problematisk med hensyn til brann og brannspredning. Dersom man får brannspredning til hulrommet bak kledningen, vil kombinasjonen av den smale luftespalten og de varme røykgassene bidra til skorsteinseffekten, som kan gi en akselerert vertikal brannspredning i hulrommet.

Skorsteinseffekten ble demonstrert mot slutten av Test 19, se Figur 7-1. Test 19 hadde beiset, horisontal kledning med dobbelfals. Kledningens bakside var ubehandlet. Brennereffekten var 251 kW. På grunn av gjennombrenning av kledningen, var det en avgrenset flamme på kledningens bakside. Flammen var stabil i høyde og horisontal utbredelse (Figur 7-1a). Ved å legge en plate av ubrennbar, isolerende materiale inntil lektene, slik at man fikk et hulrom mellom platen og kledningens bakside, endret flammens oppførsel seg umiddelbart (Figur 7-1b). Det ble dannet en oppadgående luftstrøm, og flammen spredte seg raskt oppover kledningens bakside. Flammen gikk også over høyden til den ubrennbare platen (Figur 7-1c). Da platen ble fjernet, trakk flammen seg nedover igjen (Figur 7-1d).



Figur 7-1 Demonstrasjon av skorsteinseffekt i hulrom bak luftet kledning. a) stabil flamme på kledningens bakside, b) «hulrom» etableres, c) skorsteinseffekten fører flammen opp langs kledningen, d) når «hulrommet» fjernes trekker flammen seg nedover igjen.

Denne demonstrasjonen viser at skorsteinseffekten kan være problematisk for luftede kledninger av brennbart materiale. I demonstrasjonen var kledningens bakside ubehandlet, og platen som simulerte vindspærren var ubrennbar. Hvilket bidrag til den vertikale brannspredningen mer brennbare materialer ville gitt, er ikke undersøkt i denne studien. Sannsynligvis vil bruk av brennbar vindspærre (eksempelvis uklassifiserte materialer som er tillatt brukt i hulrom for bygg i brannklasse 1 og boliger inntil 3 etasjer) og royalimpregnert bakside føre til høyere varmeavgivelse, noe som akselererer skorsteinseffekten, og man får en raskere vertikal brannspredning i hulrommet. Stråling mellom overflatene i hulrommet vil også være viktig for brannspredningen. Det bør undersøkes i fremtidige studier hvor mye raskere brannspredning man får i hulrommet ved å benytte materialer med ulik varmeavgivelse, og med ulik varmeisolerende evne.

De gjennomførte forsøkene hadde ikke som hensikt å kartlegge tid til brannspredning til hulrom, eller hvorvidt én type overflatebehandling ga raskere spredning til hulrom enn andre. Faktisk ble flammer på ikke-eksponert side av fasaden slokket for å unngå å forstyrre målingene og brannutviklingen av brannen på kledningens fremside. Likevel ble det gjort noen observasjoner (gitt i kapittel 6.1.2) knyttet til spredning til hulrom. Det er påpekt at alle testene med tømmermannskledning fikk gjennombrenning, mens samtlige av testene som ikke opplevde gjennombrenning var med dobbelfals. Dette kan til dels skyldes tilfeldigheter i og med at kun fire tester ble gjennomført med tømmermannskledning, men det er mer sannsynlig at tømmermannskledningens natur gjør at man ikke på en tilfredsstillende måte får sikret at det ikke oppstår gliper mellom ytterbord innerbord. Dette kan skyldes mangler ved utførelsen, for stor avstand mellom spikerslag, eller at bordene er vridde eller vrir seg med tiden. I Test 16 ble det observert lys fra flammene på forsiden gjennom gliper mellom ytter- og innerbord på baksiden sekunder etter teststart, se Figur 7-2.



Figur 7-2 Baksiden av tømmermannskledningen i Test 16, 3 sekunder etter teststart.

I tilfellene hvor man har dobbelfalsprofil vil man ikke ha denne problemstillingen i like stor utstrekning. Ved bruk av dobbelfalsprofil vil ett bord presses inntil et annet bord, og en eventuell glippe vil dermed reduseres. Dermed har man en større sikkerhet mot transport av ild og varme gasser tidlig i brannforløpet. En ulempe med dobbelfalsprofil er imidlertid at de overlappende delene av bordene er tynnere, og dermed mer utsatt for gjennombrenning. Dette ble også observert i de gjennomførte testene. Gjennombrenningen skjedde typisk i områdene rett over gassbrenneren hvor flammene var mest intense.

Observasjonene fra testene indikerer at hvordan kledningen legges på vegg, og hvilken profil kledningen har, er av større betydning med hensyn til tid til gjennombrenning enn hvordan kledningen er behandlet. Et kledningssystem med dobbelfals gir sannsynligvis bedre beskyttelse mot spredning av brann til hulrom i brannens tidligste fase enn en tømmermannskledning. Den gjennomførte hulromsdemonstrasjonen viser at skorsteinseffekten i hulrom kan være betydelig, også i tilfellet med ubehandlet kledningsoverflate og ubrennbar vindsperre. Det bør gjennomføres en studie for å kvantifisere effekten av overflater med høyere varmeavgivelse.

7.5 Vurdering a skadeomfang

Illustrasjoner av skadet område på de ulike prøvestykkene er gitt i Figur 6-6 til Figur 6-9. Nedenfor er det gitt en beskrivelse og vurdering av skadet område for de ulike prøvestykkene i testgruppene. Dette er rent kvalitative vurderinger basert på enkelttester, der testforholdene kan variere noe og påvirke resultatene. Små forskjeller mellom skadeomfang på ulike prøvestykker kan derfor være tilfeldige. En sikker påvisning av om mindre forskjeller er systematiske ville forutsette at det ble utført flere enkelttester av hvert prøveobjekt.

7.5.1 Vurdering av skadeomfang for testgruppe 1

Denne testgruppen besto av tre ulike varianter av royalbehandlet kledning som ble testet med eksponering for den laveste brennereffekten; 125 kW.

Vertikalt skadeomfang

En rangering av observert høyde for vertikal skade (fra høyest til lavest verdi) er vist i Tabell 7-3.

Tabell 7-3 Vertikal skadeutbredelse for testgruppe 1

Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Vertikal skadeutbredelse
Test 8	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	425 cm
Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	350 cm
Test 2	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	350 cm

Horisontalt skadeomfang

Forskjellene i skadeprofilen i horisontal retning var mindre, med de største forskjellene i en høyde på 100 cm. Der var bredden på skadet område for Test 1 på 125 cm, for Test 2 var bredden 110 cm, mens Test 8 ga en bredde på 95 cm. Formen på skadet område var noenlunde den samme for de tre testene.

Kvalitativ vurdering

Årsakene til forskjeller i vertikal og horisontal skadeutbredelse kan være flere, men det er nærliggende å anta at profilen på kledningen har stor betydning. Vertikal brannspredning i overflaten er generelt større for stående trekledning enn for liggende trekledning [46].

7.5.2 Vurdering av skadeomfang for testgruppe 2

Denne testgruppen inneholdt alle de ulike variantene av behandlet og ubehandlet trevirke, der kledningen ble testet med eksponering for en brennereffekt på 251 kW. To av prøvestykkene var bygget opp som stående tømmermannskledning: Test 6 som besto av ubehandlet gran, og Test 7 som besto av fersk royalbehandlet furukledning. De resterende prøvestykkene i denne testgruppen besto av liggende dobbelfalskledning.

Vertikalt skadeomfang

En rangering av observert høyde for vertikal skade (fra høyest til lavest verdi) er vist i Tabell 7-4.

Tabell 7-4 Vertikal skadeutbredelse for testgruppe 2

Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Vertikal skadeutbredelse
Test 7	Royal fersk	Tømmermann	Vertikal	600 cm
Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	520 cm
Test 4	Royal 18 mnd	Dobbelfals	Horisontal	450 cm
Test 19	Beis	Dobbelfals	Horisontal	425 cm
Test 9	Grunning + maling	Dobbelfals	Horisontal	420 cm
Test 6	Ubehandlet	Tømmermann	Vertikal	325 cm
Test 5	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	285 cm

Horisontalt skadeomfang

Det var ikke store forskjeller i den maksimale bredden på skadeprofilene. For ubehandlet trekledning (Test 5 og Test 6) var den maksimale bredden i en høyde på 150 cm, mens for de resterende produktene var maksimal horisontal skadeutbredelse observert i en høyde på 200 cm. Av disse hadde prøvestykket i Test 4 den største observerte bredden (150 cm), mens prøvestykket i Test 19 hadde den minste observerte bredden (135 cm).

Kvalitativ vurdering

Som for testgruppe 1 var det også her stående fersk royaltbehandlet furukledning med tømmermannsprofil som ga størst vertikal skadeutbredelse. Ut fra den vertikale skadeutbredelsen kan det være naturlig å dele resultatene inn i 3 ulike grupper:

- stor vertikal skadeutbredelse (Test 3 og Test 7)
- moderat vertikal skadeutbredelse (Test 4, Test 9 og Test 19)
- liten vertikal skadeutbredelse (Test 5 og Test 6)

Tabell 7-4 viser at fersk royaltbehandlet kledning ga nær dobbelt så stor vertikal skadeutbredelse som tilsvarende ubehandlet trekledning i dette testoppsettet.

Horisontal skadeutbredelse ser ut til å variere mindre med ulike typer trekledning enn vertikal skadeutbredelse.

7.5.3 Vurdering av skadeomfang for testgruppe 3

Denne testgruppen inneholdt kledninger av ubehandlet trevirke, fersk royalkledning og beiset kledning. Kledningene ble testet med eksponering for en brennereffekt på 376 kW. Prøvestykket i Test 16 besto av beiset stående tømmermannskledning av gran. De resterende prøvestykkene i denne testgruppen besto av dobbelfalskledning; 3 tester med liggende og 3 tester med stående kledning.

Vertikalt skadeomfang

En rangering av observert høyde for vertikal skade (fra høyest til lavest verdi) er vist i Tabell 7-5.

Tabell 7-5 Vertikal skadeutbredelse for testgruppe 3

Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Vertikal skadeutbredelse
Test 11	Royal fersk	Dobbelfals	Vertikal	>600 cm
Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	>600 cm
Test 18	Beiset	Dobbelfals	Horisontal	600 cm
Test 16	Beiset	Tømmermann	Vertikal	585 cm
Test 17	Beiset	Dobbelfals	Vertikal	550 cm
Test 13	Ubehandlet	Dobbelfals	Horisontal	375 cm

*Flammene i Test 11 og Test 12 slo opp i raftekassen

Horisontalt skadeomfang

Det var større forskjeller i den maksimale bredden på skadeprofilene i denne testgruppen. For ubehandlet trekledning (Test 13) var den maksimale bredden 130 cm målt i en høyde på 200 cm, mens for de resterende produktene var maksimal horisontal skadeutbredelse noe høyere. Flammene i Test 11 og Test 12 slo opp i raftekassen, noe som førte til en kraftig brannutvikling. Skjermen mellom prøvestykkene bidro til at luftstrømmen ble asymmetrisk, og flammene ble dratt litt mot siden. Den horisontale skadeutbredelsen ble derfor stor.

Kvalitativ vurdering

Det var fersk royalkbehandlet dobbelfalsed furukledning, både liggende og stående, som ga størst vertikal skadeutbredelse. Ut fra den vertikale skadeutbredelsen kan det være naturlig å dele resultatene inn i 3 ulike grupper:

- a. svært stor vertikal skadeutbredelse (Test 11 og Test 12)
- b. stor vertikal skadeutbredelse (Test 16, Test 17 og Test 18)
- c. liten vertikal skadeutbredelse (Test 13)

Horisontal skadeutbredelse ser ut til å være knyttet til vertikal skadeutbredelse i denne testgruppen. Det virker rimelig, fordi en kraftigere brannutvikling i prøvestykket vil medføre større flammer, og dermed mer varmestråling også horisontalt i kledningen. Dermed blir uskadet trevirke varmet opp av flammene, noe som vil bidra til økt lateral flammespredning, sammen med effekten av skjermen mellom prøvestykkene på luftstrømmen.

7.5.4 Vurdering av skadeomfang for testgruppe 4

Denne testgruppen inneholdt fersk dobbelfalsed liggende royalkledning som ble testet med eksponering for en brennereffekt på henholdsvis 125 kW, 251 kW og 376 kW. Testene er de samme som er gjengitt i tabellene for testgruppene 1, 2 og 3 over.

Vertikalt skadeomfang

En rangering av observert høyde for vertikal skade (fra høyest til lavest verdi) er vist i Tabell 7-6.

Tabell 7-6 Vertikal skadeutbredelse for testgruppe 4

Testnr.	Behandling	Profil	Orientering	Brennereffekt [kW]	Vertikal skadeutbredelse
Test 12	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	376	>600 cm
Test 3	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	251	520 cm
Test 1	Royal fersk	Dobbelfals	Horisontal	125	350 cm

*Flammene i Test 12 slo opp i raftekassen

Horisontalt skadeomfang

Den maksimale bredden på skadeprofilene øker med økende brennereffekt, det samme gjelder høyden der bredden er størst.

Kvalitativ vurdering

Både horisontal og vertikal skadeutbredelse øker med økende brennereffekt.

7.6 SBI-metoden og klassifisering av utvendig kledning

7.6.1 Er SBI-metoden relevant for brannprøving av fasadeprodukter?

Det blir stilt spørsmål ved om SBI-metoden er relevant for klassifisering av ytterkledning. *Guidance paper G* beskriver, som tidligere nevnt, bakgrunnen for euroklassesystemet [19]. Der beskrives også prosedyren for videre utvikling av systemet for produkter som ikke er godt nok dekket av dagens euroklasser. For slike produktgrupper må det defineres nye referansescenarier dersom referansescenariet for dagens system (her: brann i rom) ikke er egnet. Brann i fasade er nevnt som et eksempel på et slikt potensielt nytt referansescenario. Det er beskrevet en egen prosedyre som skal følges ved definisjon av nye referansescenarier. Ettersom fasadebrann er spesielt nevnt, vil vi anta at dette har vært diskutert med hensyn til euroklassene. I dag er en europeisk testmetode for brannprøving av fasadematerialer i stor skala under utvikling⁸. Det vil være nærliggende å anta at denne testen kan få status som et referansescenario for fasadebrann, og at det kan utvikles egne euroklasser for fasader basert på studier av korrelasjon mellom resultater i SBI og resultater i fasadetesten.

Resultatene fra SBI-testing av produktene er vist i Tabell 4-1. Der går det frem at ingen av de behandlede produktene tilfredsstilte kravet til klasse D på grunn av for høye FIGRA-verdier, mens ubehandlet trekledning hadde en FIGRA-verdi godt under kriteriegrensen. Vi ser også at fersk royalbehandlet kledning ga høyere FIGRA-verdier enn beiset kledning, og grunnet og malt kledning, mens aldret royalbehandlet kledning ga den laveste verdien.

Ser vi på total varmeavgivelse avgitt de første 600 sekundene av testen (THR_{600s}), er det også forskjeller mellom resultater fra de ulike produktene, men rangeringsrekkefølgen blir litt annerledes enn rangering basert på FIGRA-verdiene. Verdiene for de royalbehandlede produktene er vesentlig høyere enn både ubehandlet, beiset og malt kledning. THR_{600s} er imidlertid ikke et klassifiseringskriterium for euroklasse D, men kunne trolig vært en relevant parameter ved vurdering av fasader.

Når vi sammenligner resultatene fra testene i dette prosjektet, ser det i utgangspunktet ut til at forskjellen mellom ubehandlet og behandlet trekledning ikke er så åpenbar i storskalatesten som i SBI-testen. Det ble kun testet stående kledning med dobbelfals i SBI-testen, mens det var flere ulike monteringsløsninger i storskalatesten. Ved nærmere vurdering av resultatene på skadeomfang og målt varmestrålingsfluks ved høyde 300 cm i storskalatesten, ser man at ubehandlet trekledning oppnår tydelig bedre resultater enn de behandlede kledningene. Vi ser også at det er tydelige forskjeller mellom resultatene fra testing for de ulike typene av behandling. Rangering basert på måling av varmekraft ved høyde 300 cm er den samme som rangering av produktene på grunnlag av FIGRA i SBI. Rangering basert på vertikal skadeutbredelse ved testing med brennereffekt på 251 kW og 376 kW er også i stor grad i overensstemmelse med rangeringen basert på FIGRA.

Vi anser SBI-metoden som en god metode for vurdering og klassifisering av byggevarer egenskaper ved brannpåvirkning. Metoden gir mulighet til å teste ulike former for skjøter, stående og liggende kledning, og effekten av hulrom og ulike materialer bak kledningen. For fasadekledning kan det imidlertid være behov for andre kriteriegrenser enn dem som gjelder for systemet der brann i rom er referansescenario.

⁸<https://www.ri.se/en/what-we-do/projects/finalisation-of-the-european-approach-to-assess-the-fire-performance-of-facades>

Dette kommer tydelig til syne ved at tradisjonelle byggevarer som malt og beiset trekledning ikke tilfredsstillende klasse D-s3,d0 som er det preaksepterte ytelsesnivået for ytterkledning i brannklasse 1.

En annen løsning kan være at brannklassifisering av fasader skal baseres på testing i den nye storskalatesten. Status inntil videre er at systemet med euroklassene er det som er tilgjengelig og gyldig for klassifisering av egenskaper ved brannpåvirkning for fasadematerialer i Europa.

Det er en god ide å utvikle et eget system av euroklasser basert på sammenligning med et relevant referansescenario, og det finnes åpning for en slik løsning innenfor EU-systemet, som beskrevet over. Fokus på brannsikre fasader har vært sterkt i mange år, og ble ytterligere skjerpet etter brannen i Grenfell Tower i London i 2017. Det er trolig en tidkrevende prosess å utvikle et felles europeisk klassifiseringssystem for fasader basert på SBI-testing, men det er mulig at tiden nå er moden for å gå videre med en slik løsning.

7.6.2 Er krav til ytelse skjerpet for fasadematerialer?

Har overgangen fra det tidligere norske klassifiseringssystemet til euroklasser ført til en skjerping av krav til brannteknisk ytelse for ytterkledning av tre? I det gamle systemet var ubehandlet tre klassifisert som In2/Ut2, disse klassene er identifisert til å tilsvare euroklasse D. Hvilke resultater behandlet trevirke vil oppnå ved test i henhold til NS-INSTA 412 har vi ingen tilgjengelig informasjon om. Behandling som innebærer høyere energiinnhold i produktet (som maling og oljeimpregnering) vil gi høyere varmeavgivelse i testen. Slike produkter må testes i henhold til metoden for å avgjøre om de tilfredsstillende kriteriene til klasse Ut2 i henhold til klassifiseringsstandard NS 3919 [15]. Vi kjenner ikke til at treprodukter uten brannhemmende behandling, men med ulike former for impregnering og overflatebehandling, ble testet og dokumentert i henhold til NS 3919.

I veiledning til byggeforskrift 1985 ble det sagt i avsnitt 7.0 om overflater at «*Vanlig overflatebehandling med normale malinger (på linolje-, vinyl-, kalk- og sementbasis) og vanlig papirtapet og glassfibertapet endrer ikke i særlig grad de nedennevnte materialers branntekniske overflateegenskaper*» [47]. Med «nedennevnte» menes blant annet egenskaper til produkter i klasse Ut2. Dette prinsippet ble videreført i nyere veiledninger. I REN veiledning til teknisk forskrift til plan og bygningsloven 1997 står følgende tekst i kapittelet om brannteknisk klassifisering av materialer og bygningsdeler: «*Maling og tynn papirtapet vil ikke endre klassifiseringen av overflaten det er anbrakt på*» [31]. I andre versjon av denne veiledningen (fra 1999) er denne teksten tatt bort [48]. Dette betyr at det har vært ansett som akseptabelt brannteknisk sett med malt trekledning inntil 1999. Vi kjenner ikke bakgrunnen til at dette avsnittet ble tatt bort. Samtidig er vi usikre på om påstanden om at de branntekniske egenskapene ikke ble endret i særlig grad. Dette vil avhenge av type overflatebehandling og antall malingsstrøk [35,49]. Det er behov for mer kunnskap om hvordan ulike typer overflatebehandling av tre påvirker egenskapene ved brannpåvirkning, og dermed brannsikkerhetsnivået.

Preakseptert ytelse D-s3,d0 skal imidlertid være omtrent på samme sikkerhetsnivå som tidligere preaksepterte ytelse Ut2, og det er ikke grunnlag for å si at kravene til ytelse er skjerpet for dette bruksområdet. Det bør imidlertid vurderes om det er behov for å gjeninnføre veiledningsteksten om at overflatebehandling med maling er akseptabelt, men dette må underbygges med en grundig undersøkelse.

7.7 Effekt av geometri for brannspredning i fasaden

I Test 11 og 12 nådde brannen raftekassen på 6 m høyde etter et halvt minutt, noe som førte til at flammene ble slått utover til begge sidene oppunder raftekassen. Slike retningsendringer skaper turbulens, som igjen fører til økt innblanding av oksygen som resulterer i forbedret forbrenning og økt varmeavgivelse. Geometrien gjør også at man får gjensidig utveksling av varmestråling mellom veggen og raftekassen, som bidrar til å opprettholde forbrenningen lokalt. Etter et par minutter hadde flammene trukket seg nedover fasaden igjen og kun glør og småflammer var igjen ved raftekassen.

At flammene nådde raftekassen er et resultat av en kombinasjon av flere faktorer: brennereffekt, raftekassens høyde og kledningens behandling. Det var kun i tester med royalbehandlete fasader at flammene nådde raftekassen, men det var ikke langt unna for de beisede eller malte kledningene heller. I Test 17, hvor det ble benyttet stående, beiset kledning, berørte flammene så vidt raftekassen, men ikke tilstrekkelig til at de ble slått ut til siden.

Det var den royalbehandlete kledningen som ga høyest vertikal brannspredning. Det som er verdt å merke seg er at dersom raftekassen eller annen geometri hadde lavere, eller brennerens effekt hadde vært høyere, kunne man ha fått tilsvarende utvikling for kledningene med annen behandling enn royalbehandling. Dette bør undersøkes nærmere.

Orientering av kledningen horisontalt eller vertikalt kan ha betydning for brannspredningen. Type skjøter kan også være av betydning. I dette prosjektet har vi i hovedsak testet dobbelfalset kledning, men det er også utført noen storskalatester med tømmermannspanel.

I det sveitsiske prosjektet «Brandsicherheit und Holzbau» på begynnelsen av 2000-tallet ble det gjennomført 28 branntester av trefasader i stor skala, og disse testene er gjengitt i referanse [46]. Det inngikk ulike typer geometrier og typer skjøter i testene, og resultatene var en del av grunnlaget for utarbeidelse av retningslinjer for brannsikre trefasader i Sveits⁹. Noen av konklusjonene basert på resultater fra testene var:

- Forkulling av trevirke i brann motvirker brannspredning i fasaden
- Brannspredning i hulrom bak fasaden kan kontrolleres ved enkle løsninger
- Fasadetype med hensyn til geometri og utforming, og type kledning og montering er avgjørende for brannspredningen
- Glatt overflate og tette skjøter (eksempelvis skjøter med not og fjær) reduserer faren for brannspredning i fasaden
- Brannen sprer seg lettere i en vertikal fasadekledning enn i en horisontal
- Geometrien av hulrommet (størrelse, lekter, inndeling) bak kledningen er viktig for brannspredning i hulrommet

⁹ <https://www.lignum.ch/shop/lignum-dokumentationen/dokumentation-brandschutz-2015/>

7.8 Risiko for brannspredning ved brann i fasade

I denne studien har vi sett på forskjeller i utvendig brannutvikling og brannspredning for fasader med trekledning med ulike behandlinger. Det er som tidligere nevnt ikke tatt høyde for brann i hulrom og hvordan dette kan påvirke brannspredningen i fasaden.

I Tabell 6-1 til Tabell 6-4 ble det presentert maksimal og gjennomsnittlig varmekraft målt ved to meters avstand fra den brennende fasaden. I tillegg viste Figur 6-2 til Figur 6-5 hvordan varmekraften utvikler seg gjennom testene, også med brennerens bidrag trukket ifra. I kapittel 7.2 ble det argumentert for at det var små forskjeller mellom trepanel med ulik behandling og at det var brennereffekten som var dominerende, i alle fall etter de første 4 minuttene. I kapittel 7.7 ble det videre argumentert for at fasadens utforming (balkonger, utkrageringer, karnapp etc.) vil være av større betydning for hvordan brannen sprer seg, og hvor mye varme den vil avgi.

Den største forskjellen mellom royalbehandlet kledning og malt eller beiset kledning ble observert i løpet av de første 4 minuttene etter start. Med unntak av de to testene som nådde raftekassen, var forskjellen mindre enn $1,7 \text{ kW/m}^2$. Med bakgrunn i dette, ser det ikke ut til at royalbehandlede kledninger gir forhøyet varmekraft tilstrekkelig lenge til at det utgjør noen større fare for brannspredning i fasaden sammenlignet med malt eller beiset kledning, men at brennereffekten (som representerer størrelsen på startbrannen) og fasadens geometri og type skjøter er parametere av større betydning. Når fasadene ble utsatt for brann kuvet bordene seg, og det bidro til spredning til hulrommet fordi det da oppsto gliper i skjøtene. Tømmermannskledningen kuvet seg mer enn dobbeltfalsset kledning.

Før man kan trekke endelige konklusjoner, bør man undersøke hvordan en brann vil spre seg i hulrom bak luftet kledning, og hvordan dette vil påvirke brannen på kledningens ytterside. Hulromsproblematikken vil være aktuell for alle typer trekledning, men det må undersøkes hvorvidt den royalbehandlede overflaten gir en akselerert brannspredning. Dette arbeidet bør inkludere studier av hvilken effekt ulike typer materialer i hulrommet, som for eksempel ulike typer isolasjon, gipsplater og vindsperrer kan ha på brannspredningen.

7.9 Metodekritikk

7.9.1 Egnethet av testoppsettet

Målet med de gjennomførte storskalaforøkene var å undersøke forskjeller med hensyn til brannutvikling og brannspredning i fasader med trekledning med ulike behandlinger. Som det er beskrevet i kapittel 1.3, er dette en avgrenset del av temaet *brann i fasade*, da en fasadebrann også kan omfatte problemstillinger knyttet til spredning av brann til og i hulrom. For denne studien har det vært en bevisst strategi å holde de temaene adskilt, for å bedre kunne isolere og studere effektene av den utvendige brannspredningen.

Testoppsettet og testprosedyren som ble benyttet i denne studien, beskrevet i kapittel 5, har vist seg å gi nyttige svar med hensyn til studiens målsetting. Fra starten av var det en ambisjon at testprogrammet skulle resultere i branner som i varierende grad strakk seg opp langs fasaden, uten nødvendigvis å slå opp i raftekassen. Dette for å kunne isolere effekten av hvordan panelet var behandlet, uten at elementer som turbulens rundt geometrier (som raftekaske) skulle forstyrre bildet. Dette ble oppnådd i stor grad, kun med få unntak. De tilfellene hvor brannen likevel slo opp i raftekassen ga verdifull innsikt med

tanke på viktigheten av å ta hensyn til fasadens utforming og geometri når man vurderer hvilken sikkerhetsrisiko trekledning med ulik behandling representerer.

Som tidligere beskrevet ble det bygget opp rammer hvor det ble montert to fasader. Mellom fasadene var det plassert en 1,2 m dyp skillevegg, for å unngå at brann i én fasade ville påvirke den andre fasaden. Mellom skilleveggen og de nærmeste endene av de to fasadene var det åpning for å redusere effekten av innvendig hjørne. Dette viste seg å være tilstrekkelig for de to laveste brennereffektene (125 kW og 251 kW), mens det for det høyeste effektnivået (376 kW) påvirket luftstrømningsforholdene rundt fasadene, slik at flammene trakk seg litt inn mot skilleveggen. Utover at skadebildet heller litt inn mot skilleveggen, se Figur 7-3, ser det ikke ut til å ha hatt noen større effekt på resultatene.

I de fleste testene var avstanden til skilleveggen 0,5 m. I Test 1, Test 9, Test 13, Test 14 og Test 15 var imidlertid fasaden noe bredere enn 2,5 m. I disse tilfellene ble derfor avstanden til skilleveggen mindre, noe som i prinsippet kan ha ført til økt effekt av innvendig hjørne i og med at man får et noe annerledes strømningsmønster rundt fasaden. Når man ser på skadene etter disse testene, ser man imidlertid at det har hatt liten innvirkning på skadebildet. Brenneren sto på samme sted i alle testene, noe som innebærer at brenneren ikke sto midt på fasaden i testene der fasaden var bredere enn 2,5 m.



Figur 7-3 Grunnet redusert luftstrømning inn fra venstre har flammen trukket litt inn mot skilleveggen til venstre.

I testene med aldret royalkledning ble det benyttet kledning som hadde stått på yttervegg i 18 måneder. Da denne ble tatt ned for å inngå i testprogrammet hadde den naturlig nok en del skruehull. Disse hullene bidro til å spre brannen til baksiden på et tidligere tidspunkt enn hva som sannsynligvis ville vært tilfellet dersom kledningen hadde vært intakt. I og med at målsettingen i denne studien i utgangspunktet ikke omhandler spredning av brann til kledningens bakside har ikke dette hatt noen større innvirkning på de primære resultatene, men det må tas i betraktning når man vurderer observasjonene knyttet til brannspredning til hulrom i kapittel 6.1.2.

7.9.2 Usikkerheter i målinger

Måling av varmekraft kan være utfordrende, da ulike faktorer kan forstyrre målingene, spesielt om man benytter målemetoder som indirekte måler varmekraften, slik som det ble gjort i denne studien. I de gjennomførte forsøkene ble det benyttet platetermoelementer som måler temperatur på en metalloverflate plassert 2 meter fra den brennende fasaden. Denne temperaturmålingen blir benyttet for å beregne hvilken varmekraft som må til for å oppnå de målte temperaturene, gitt en del valgte

parametere som beskriver varmestråling fra brannen, varmeledning i platetermoelementet og konvektiv avkjøling fra omgivelsene. Dersom disse parameterne avviker fra de virkelige verdiene, vil den beregnede varmefluksen kunne bli feil.

I en del av de gjennomførte forsøkene ble det også benyttet et totalfluksmeter, som målte varmefluksen direkte, for å kontrollere målingene fra platetermoelementene. Totalfluksmeteret ble plassert ved platetermoelementene for å gi begge målemetodene like betingelser. Sammenligninger mellom de to metodene er presentert i Figur 6-13 i kapittel 6.3.

Figuren viser at platetermoelementene underestimerer varmefluksen sammenlignet med totalfluksmeteret. To unntak er Test 15 og Test 17, der det er god overensstemmelse de første 7 minuttene, før platetermoelementet gir gradvis høyere verdier. Underestimeringen er mindre når instrumentene er plassert i 150 cm høyde, og mer uttalt for 300 cm og 450 cm høyde.

I figuren er målingene fra totalfluksmeteret filtrert (10 sekunders glidende gjennomsnitt) for å redusere støyen i målingene. Platetermoelementene har høyere termisk treghet enn totalfluksmeteret, og målingene fra disse var derfor ikke like støybefengt.

Underestimeringen av varmefluks betyr at det sannsynligvis har vært noe høyere varmefluks fra de brennende fasadene enn det som er oppgitt i tabeller og figurer. Tallverdiene i seg selv bør derfor benyttes med varsomhet. I og med at samme metode er benyttet i alle testene, mener vi at målemetoden er godt egnet for å kunne sammenligne resultater fra de ulike testene og at konklusjonene som baseres på varmefluksmålingene står seg.

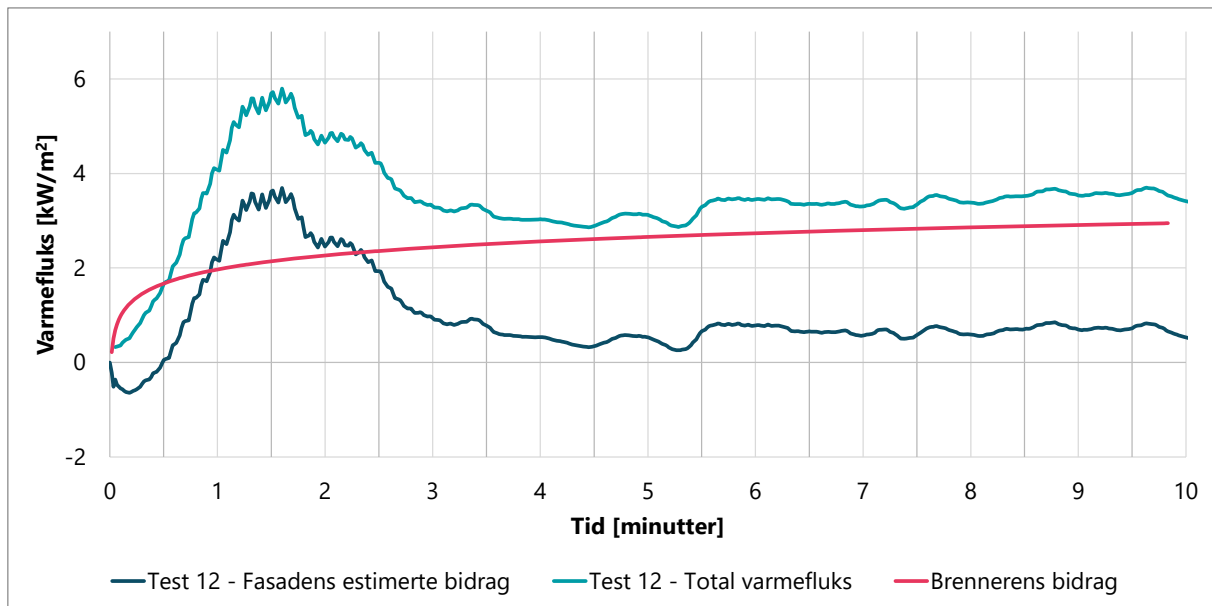
7.9.3 Fuktmålinger

I fuktmålingene som ble gjennomført med Testo 606-1 og innstilling 1 (Bøk, Gran, Lerk, Kirsebær, Valnøtt) ble det ikke endret innstilling under målingene som ble gjort på fasaden som benyttet furu. Det ble heller ikke tatt høyde for at overflatebehandlingen kan påvirke måleresultatet. Målingene som gjennomføres med Testo 606-1 føres 4-5 mm under overflaten på treverket, og vil derfor måle fuktigheten i et område som vil være mindre berørt i løpet av testen varighet på 10 minutter. Resultatene i Tabell 6-6 vil derfor kun være en indikasjon på hvor fuktig treverket var og betydningen av dette under testgjennomføringen.

Fukting av treverket på en av sidene vil kunne medføre at treverket kuver i retning av området som blir fuktet, med for eksempel maling.

7.9.4 Fasadens estimerte bidrag til varmefluks

I Figur 6-2 og Figur 6-3 ble det vist henholdsvis målt total varmefluks og fasadens estimerte bidrag til varmefluks. I sistnevnte figur kan man se negativ estimert varmefluks i begynnelsen av Test 12. At fasaden har negativt bidrag til varmefluks er ufysikalsk og demonstrerer estimatets usikkerhet.



Figur 7-4 Eksempel som viser hvordan fasadens bidrag til varmefluks er beregnet.

Figur 7-4 viser i detalj hvordan fasadens estimerte bidrag er beregnet. Figuren viser fasadens estimerte bidrag i blått, målt total varmefluks i grønt og brennerens bidrag til varmefluks, som er målt i testene med inert fasade og beskrevet i kapittel 6.2, i rødt. Figuren viser at brennerens bidrag til varmefluks øker kraftig i starten av testen, før den flater mer ut etter ca. 30 sekunder. Den målte varmefluksen i Test 12 (grønn linje) har en roligere start, noe som til dels kan tilskrives mer forsiktig åpning for gass til propanbrenneren. Man får derfor en tidsforsinkelse i effekt fra brenneren.

Den blå streken, fasadens estimerte bidrag, er differansen mellom målt total varmefluks og brennerens bidrag. Siden brennerens bidrag er høyere enn målt total varmefluks fra fasaden i Test 12, blir differansen (fasadens estimerte bidrag) negativ. Dette viser at denne metoden kan ha stor usikkerhet i løpet av testens første minutt, og resultatene for denne perioden bør derfor ikke vektlegges i særlig grad. Etter hvert som testen går, vil fasadens estimerte bidrag gi et mer korrekt bilde av virkeligheten.

Brennerens bidrag til varmefluks er basert på målinger fra én enkelt test med inert fasade, på gitt brennereffekt. Det kunne vært argumentert for at flere tester burde ligge til grunn for å bestemme brennerens bidrag. Samtidig kan man argumentere for at det er kun propan som brenner i disse testene, og at propan har kjent og stabil oppførsel når den brennes slik som ble gjort i disse testene. Det er derfor ikke trolig at flere tester ville avsløre noen variasjon av betydning for formålet.

8 Konklusjoner

8.1 Klassifisering av egenskaper ved brannpåvirkning

Det europeiske regelverket for prøving og klassifisering av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning er komplisert. Det er ikke eksplisitt beskrevet i produktstandarden NS-EN 14915 eller i bestemmelsen om klassifisering uten testing (CWFT) for tregulv og panel og kledning av heltre at bestemmelsen bare gjelder for ubehandlet trevirke. Derfor er det forståelig at produkter med royalbehandling er blitt deklartert med samme klasse som ubehandlet trevirke, D-s2,d0. Det bør presiseres tydelig, enten i produktstandarden EN 14915, eller aller helst i tabellen over CWFT-bestemmelsene, at dette gjelder for ubehandlet trevirke, så lenge annet ikke er sagt.

Et viktig poeng er at ingen av de behandlede trekledningene som er testet i dette prosjektet tilfredsstillende klasse D-s2,d0. Det er uvisst om tilsvarende produkter vil tilfredsstillende kravet til utvendig overflate Ut2 i henhold til det tidligere norske klassifiseringssystemet. Preakseptert ytelse for alle typer behandlet ytterkledning av trevirke bør vurderes nærmere.

SBI-metoden anses som en god metode for vurdering og klassifisering av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning, også for ytterkledning av trevirke. Rangering av de testete produktene basert på resultater i storskalatesten er i stor grad i samsvar med rangering av produktene på grunnlag av resultater fra SBI-testen. Mulighetene for å utvikle et eget sett med euroklasser for fasader basert på testing i henhold til SBI-metoden bør undersøkes.

8.2 Betydning av størrelsen på brennereffekten

I storskalaforsøkene som er presentert i dette studiet, er det valgt tre forskjellige størrelser på brennereffekten, 125 kW, 251 kW og 376 kW. Det ble registrert økende varmefluksnivå og et økt skadeomfang ved økende brennereffekt, noe som viser at brennereffektens størrelse har stor betydning for brannforløpet. Desto større brennereffekten blir, desto mindre vil det relative bidraget fra behandlingen av treverket ha på den totale varmeavgivelsen. Brannutviklingen i fasaden vil derfor være mer avhengig av størrelsen på brennereffekten enn av trekledningens overflatebehandling, fordi varmefluksen fra trekledningen alene (enten denne er overflatebehandlet eller ikke), ikke blir høy nok med en relativt liten brennereffekt.

Ved å øke brennereffekten vesentlig mer enn de tre nivåene som ble valgt i dette forsøksprogrammet, kan det hende at forkullingen ikke ville klart å opprettholde en slik isolerende effekt. Etter hvert vil laget med forkulling da sprekke opp og falle av, og friskt trevirke blir eksponert for flammene.

8.3 Betydning av trekledningens behandling

I samtlige forsøk ble det påvist at kledningens behandling har størst innvirkning på varmefluksen målt i ulike høyder i de 2 første minuttene av brannforløpet. Dette er et for kort tidsrom til at strålingen rekker å antenne annet materiale i en avstand på 2 meter.

Etter at store deler av overflatebehandlingen hadde brent av etter to minutter, så var det brenneren som opprettholdt brannen og bidro til varmefluksen som ble registrert. Dette skyldes at overflaten på panelkledningen hadde blitt forkullet, og forkullingslaget isolerte det underliggende friske trevirket, og forhindret eller forsinket brannutviklingen i dette.

8.4 Betydning av geometriske forhold

I samtlige forsøk ble det tilstrebet å isolere andre effekter for å kun undersøke kledningsoverflatens egenskaper (behandlet og ubehandlet). Ved to av forsøkene ble brennereffekten, sammen med den tidlige avbrenningen av overflatebehandlingen, så kraftig i de to første minuttene at flammen slo opp i den utkragede gesimsen. Det resulterte i at hastighetsprofilen til flammene endret retning, noe som skapte økt turbulens med økt innblanding av luft i flammene oppunder gesimsen. Når brennereffekten er stor i forhold til gesimshøyden, så kan effekten av geometriendringer trolig bli større enn effekten av overflatebehandlingen. Dette tar ikke preakseptert ytelse for ytterkledning hensyn til.

8.5 Betydning av utførelse og montering

Kledningsprofil og montering av kledningen, spesielt om skjøtene er tette og det ikke er hull i kledningen, er viktige faktorer med hensyn til brannspredning i fasaden og til hulrom.

9 Forslag til videre arbeid

Dette prosjektet har gitt mange nyttige og interessante resultater, og øker kunnskapen om brannrisiko knyttet til bruk av trekledning som fasademateriale. Det er imidlertid svært mange problemstillinger som burde vært undersøkt nærmere.

- Det er ønskelig å repetere en av de testene med royalkledning der flammene slo opp i raftekassen, det vil si Test 11 (dobbelfalset stående furukledning med fersk royalbehandling) eller Test 12 (dobbelfalset liggende furukledning med fersk royalbehandling) for å undersøke om resultatene blir tilsvarende som i disse testene.
- Det vil være nyttig å teste kledningsproduktene i storskala testriggen, men med høyere brennereffekter enn i testene i dette prosjektet, for å undersøke hvordan brannutviklingen og skadeomfanget endrer seg med økt brannpåvirkning. Dette vil gi et bedre grunnlag for å vurdere brannrisiko knyttet til trefasader.
- For å undersøke hvordan endringen av testmetoder ved innføringen av euroklassene kan ha påvirket branntekniske egenskaper til behandlet trekledning i forhold til preaksepterte ytelsesnivåer (det vil si Ut2 kontra D-s3,d0), ville det vært interessant å teste slike produkter i henhold til NS-INSTA 412.
- Effekten overflatebehandling av ytterkledning av trevirke med ulike typer maling og beis har på de branntekniske egenskapene bør undersøkes. Undersøkelsen bør omfatte ulike antall strøk, for å avgjøre hvor mange lag med overflatebehandling som kan vurderes som akseptabelt med hensyn til brannsikkerhet.
- Typiske effekter som vil påvirke brannutviklingen i fasader med behandlede trekledninger, er luftespalten bak kledningen (hulrom), og utkragede vegg- og takelementer. For luftespalten bak kledningen vil innfestingen (lektsystemene) ha stor innvirkning på brannens utvikling. Det er derfor nødvendig å undersøke om det er luftespaltens utforming som er den styrende parameteren med hensyn til brannspredning i hulrommet, eller om bruk av ulike typer materialer i det samme hulrommet har større effekt. Samspillet mellom ulike faktorer er også viktig å undersøke.
- Det bør undersøkes mulige tiltak som forhindrer eller bremser brannspredning i trefasader, både i overflaten og i hulrommet bak kledningen. Bakgrunnen for de sveitsiske anbefalingene, og erfaringene med slik løsninger, kan være et naturlig sted å starte dette arbeidet. Man kan da vurdere hva som er relevant for norske forhold, både med hensyn til byggeskikk og regelverk. Regelverk og erfaringer fra andre land det er naturlig å sammenligne seg med bør også undersøkes.
- På bakgrunn av resultatene presentert i denne rapporten, og fra ytterligere undersøkelser som foreslått over, kan det utarbeides en norsk veiledning for brannsikker utforming av trekledninger.

Referanser

- [1] “Tilsyn med brannhemmende trekledning,” Direktoratet for byggkvalitet, Nov. 2020.
- [2] “ISO 5660-1:2015 Reaction-to-fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement).” ISO Copyright office, published in Switzerland, 2015.
- [3] “NS-EN 13823: 2020 Prøving av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning — Byggeprodukter (unntatt gulvbelegg) som utsettes for termisk påkjenning fra en brennende gjenstand.” Standard Norge, May. 2020.
- [4] “Brandprovning enligt EN 13823 (SBI Metod) O100352-124076-4,” RISE Research Institutes of Sweden, Borås, Sweden, Test report, Mar. 2021.
- [5] “Brandprovning enligt EN 13823 (SBI Metod) O100352-124076-6,” RISE Research Institutes of Sweden, Borås, Sweden, Test report, Apr. 2021.
- [6] “Prøvningsrapport PFA11673E,” Dansk Brand-og sikringsteknisk institut (DBI), Copenhagen, Denmark, Test report, May. 2021.
- [7] “Prøvningsrapport PFA11673F,” Dansk Brand-og sikringsteknisk institut (DBI), Copenhagen, Denmark, Test report, May. 2021.
- [8] “Vurdering av kritiske varme-strålingsnivåer for antennelse av behandlet tre. Rapport nr. F21 130009-39,” RISE Fire Research, Trondheim, Norway, F21 130009-39, Jun. 2021.
- [9] C. Sesseng, “ISO 5660-1 Testresultater, rev. 02,” Erichsen & Horgen, Trondheim, NOT-RIBr-01 015616, Mar. 2021.
- [10] C. Sesseng and G. Jensen, “Preliminær sammenligning av royalbehandlede og malte kledningers branntekniske ytelser, rev. 3,” Erichsen & Horgen, Trondheim, NOT-RIBr-02 015616, Mar. 2021.
- [11] “FOKUS på tre Nr. 21. Trykkimpregnering.” TreFokus AS, Aug. 2008.
- [12] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. 2017.
- [13] Kommunal og moderniseringsdepartementet, *Lov 27. juni 2008 nr. 71 om planlegging og byggesaksbehandling (Plan og bygningsloven)*, no. LOV-2008-06-27-71. 2008.
- [14] Direktoratet for byggkvalitet, *Veiledning om tekniske krav til byggverk (VTEK)*. 2017.
- [15] “NS 3919:1997 - Brannteknisk klassifisering av materialer, bygningsdeler, kledninger og overflater.” Standard Norge, 05 Mar. 1997.
- [16] International Organization for Standardization, “ISO 5657:1997 Reaction to fire tests — Ignitability of building products using a radiant heat source.” International Organization for Standardization (ISO), 1997.
- [17] “NS-INSTA 412: Brannprøving - Bygningsprodukter - Varmeavgivelse og røykutvikling.” Standard Norge, 1987.
- [18] A. Steen-Hansen and P. J. Hovde, “Bygningsmaterialers egenskaper ved brannpåvirkning - Oversettelse av nasjonale klasser til Euroklasser,” SINTEF NBL as, Trondheim, SINTEF-rapport STF22 A00827, 2000.
- [19] “POSITION PAPER – INFORMATIVE. Background to the European fire classification of construction products regarding their reaction to fire properties as described in the former GUIDANCE PAPER G issued under the CPD.” Fire Sector Group, Group of Notified Bodies for the Construction Products Regulation, 01 Nov. 2018.
- [20] “NS-EN 13501-1:2018 - Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler - Del 1: Klassifisering ved bruk av resultater fra prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning.” Standard Norge, 01 Mar. 2019.
- [21] “NS-EN ISO 11925-2:2020 Prøving av materialers egenskaper ved brannpåvirkning — Antennelighet av byggeprodukter ved direkte påvirkning av flamme — Del 2: Prøving med én enkelt flamme (ISO 11925-2:2020).” Standard Norge, 2010.
- [22] “NS-EN 13238:2010 Prøving av byggevarers egenskaper ved brannpåvirkning - Kondisjoneringsprosedyrer og generelle regler for valg av underlag.” Standard Norge, 2010.
- [23] *COMMISSION DECISION of 6 March 2006 establishing the classes of reaction-to-fire performance for certain construction products as regards wood flooring and solid wood panelling*

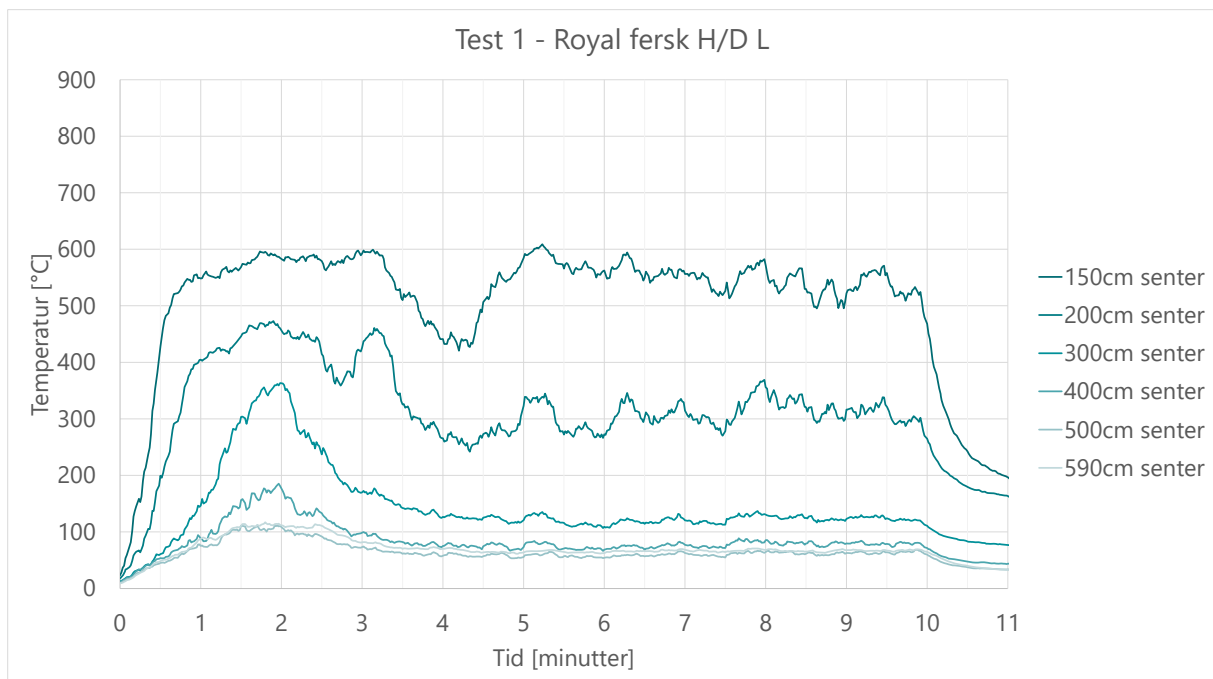
- and cladding (notified under document number C(2006) 655) (Text with EEA relevance) (2006/213/EC). 2006.
- [24] “NS-EN 14915:2013+A2:2020 Panelbord og kledningsbord av heltre - Egenskaper, evaluering av samsvar og merking.” Standard Norge, 2013.
- [25] “Position Paper: Reaction to fire testing and classification of untreated and fire retardant treated wood construction products to EN 13986, EN 14342 & EN 14915. NB-CPR/SH02/19/832r2.” Fire Sector Group, Group of Notified Bodies for the Construction Products Regulation, 14 Jan. 2020.
- [26] “GNB-CPD position paper from SH02 - EN 13986, EN 14080, EN 14081-1, EN 14342 and EN 14915. Reaction to fire testing and classification of untreated and fire retardant treated wood construction products. NB-CPR/SH02/12/096.” Fire Sector Group, Group of Notified Bodies for the Construction Products Regulation, 21 Dec. 2012.
- [27] B. Östman and E. Mikkola, “European Classes for the Reaction to Fire Performance of Wood Products (except floorings),” Träteknik, 10411025, 2004.
- [28] *Byggeverareforordningen. Vedlegg V. Vurdering og verifikasjon av ytelse.* 2011.
- [29] “NS-EN 14390:2007 Brannprøving - Storskalarom referanseprøving for overflateprodukter.” Standard Norge, 2007.
- [30] B. Sundström, “The Development of a European Fire Classification System for Building Products - Test Methods and Mathematical Modelling,” Lund University, Lund, Sweden, 2007.
- [31] Statens bygningstekniske etat, *REN - Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997.* 1997.
- [32] *Instruks om utredning av statlige tiltak (utredningsinstruksen).* 2016.
- [33] A. Øvrum, “FOKUS på tre. Nr. 22. Utvendig kledning.” TreFokus AS, 2011.
- [34] V. Babrauskas, *Ignition handbook: principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk management and forensic science.* Issaquah, WA: Fire Science Publishers, 2003.
- [35] D. Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*, 3rd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.
- [36] “Approved Document B. Volume 1 - Dwellinghouses. 2006 edition incorporating 2010 and 2013 amendments.” HM Government, UK, Apr. 2007.
- [37] M. Janssens, “A thermal model for Piloted Ignition of Wood including Variable Thermophysical Properties,” in *Fire Safety Science 3*, 1991.
- [38] “NS 3912-2020 - Utvendig brannbeskyttelse av bygninger - Metode for planlegging og verifikasjon.” Standard Norge, 30 Oct. 2020.
- [39] “ISO 834-1 Fire-resistance tests - Elements of building construction. Part 1: General requirements.” ISO Copyright office, published in Switzerland, 15 Sep. 1999.
- [40] “NS-EN 1363-1:2020- Prøving av brannmotstand - Del 1: Generelle krav.” Standard Norge, 01 Apr. 2020.
- [41] U. Wickström, J. Anderson, and J. Sjöström, “Measuring incident heat flux and adiabatic surface temperature with plate thermometers in ambient and high temperatures,” *Fire Mater.*, vol. 43, no. 1, pp. 51–56, Jan. 2019.
- [42] “ISO 6780:2003 - Flat pallets for intercontinental materials handling — Principal dimensions and tolerances.” ISO Copyright office, 25 Nov. 2003.
- [43] D. W. Stroup and D. Madrzykowski, “Heat Release Rate Tests of Plastic Trash Containers,” National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, USA, FR 4018, 2003.
- [44] M. K. Cheong, M. J. Spearpoint, and C. M. Fleischmann, “Design fires for vehicles in road tunnels,” in *Proc. 7th International Conference on Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods*, Auckland, New Zealand, 2008, pp. 229–240.
- [45] V. Babrauskas, “Ignition of wood: A review of the State of the Art.,” *J. Fire Prot. Eng.*, no. 12, p. 163, 2002.
- [46] S. Winter and M. Merk, “TEILPROJEKT 02. TP 02 Brandsicherheit im mehrgeschossigen Holzbau,” Technische Universität München.
- [47] *Veiledning til byggeforskrift 1985.* 1985.
- [48] Statens bygningstekniske etat, *REN - Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven 1997. 2. utgave.* 1999.

- [49] B. Kristoffersen, "Etterbehandling av overflater i rømningsvei," SINTEF - Norges branntekniske laboratorium as, Trondheim, Norway, NBL A02113, 2003.

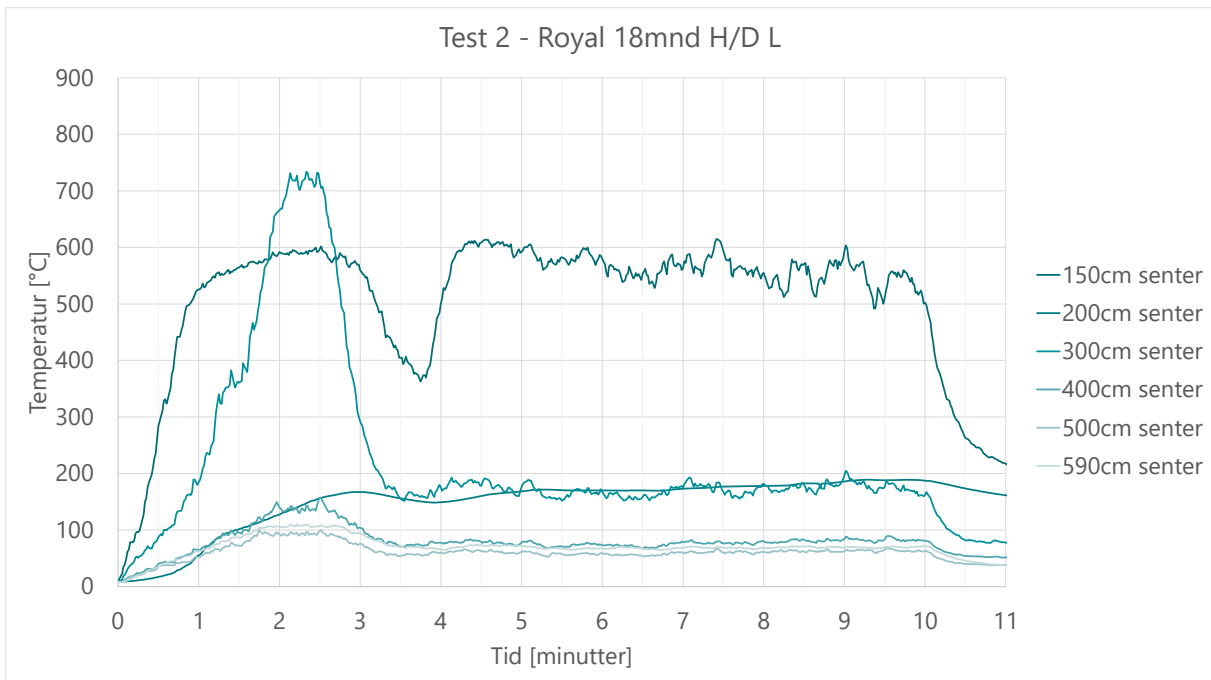
Vedlegg A Temperaturmålinger

I dette vedlegget presenteres temperaturmålinger fra de ulike testene. Figurens tittel angir testnummer og type kledning. I tillegg angir de tre siste bokstavkodene orientering på panel, panelprofil og brennereffekt. Første kode kan være H = horisontal eller V = vertikal. Andre kode kan være D = dobbelfals eller T = tømmermannskledning. Siste kode kan være L = lav (125 kW), M = medium (251 kW) og H = høy (376 kW).

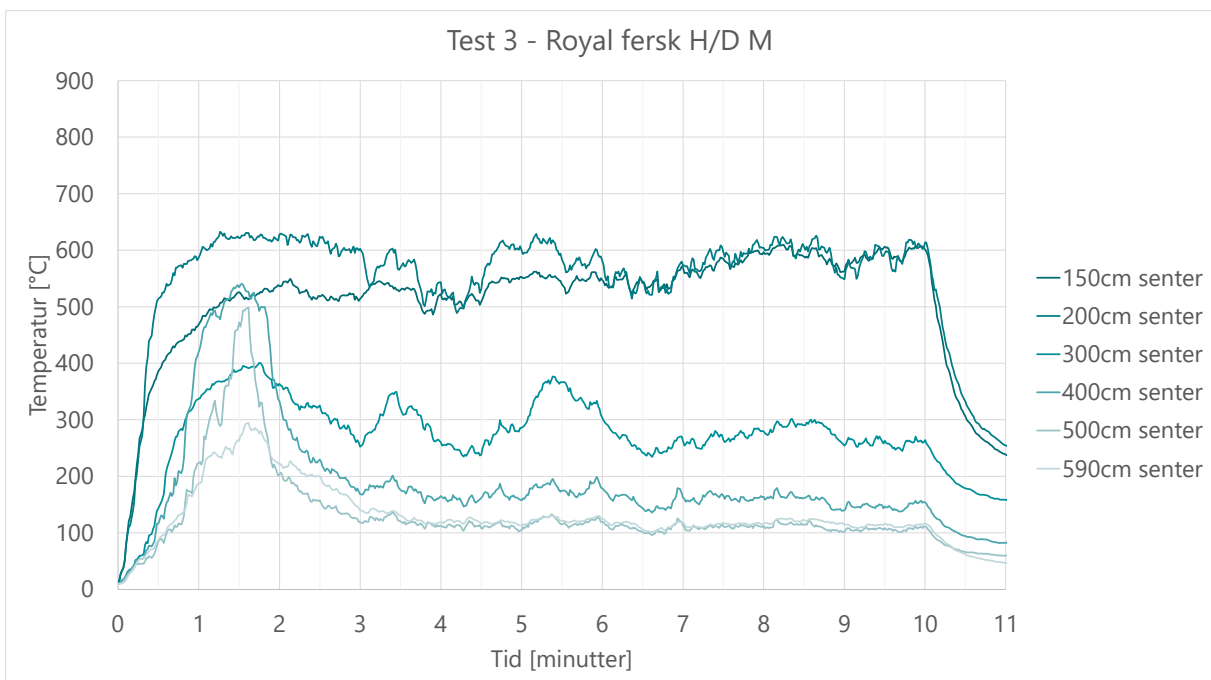
Fargene som er benyttet i diagrammene representerer høyde over gulv hvor målingen er utført. Mørk farge angir laveste nivå, mens gradvis lysere angir høyere nivå.



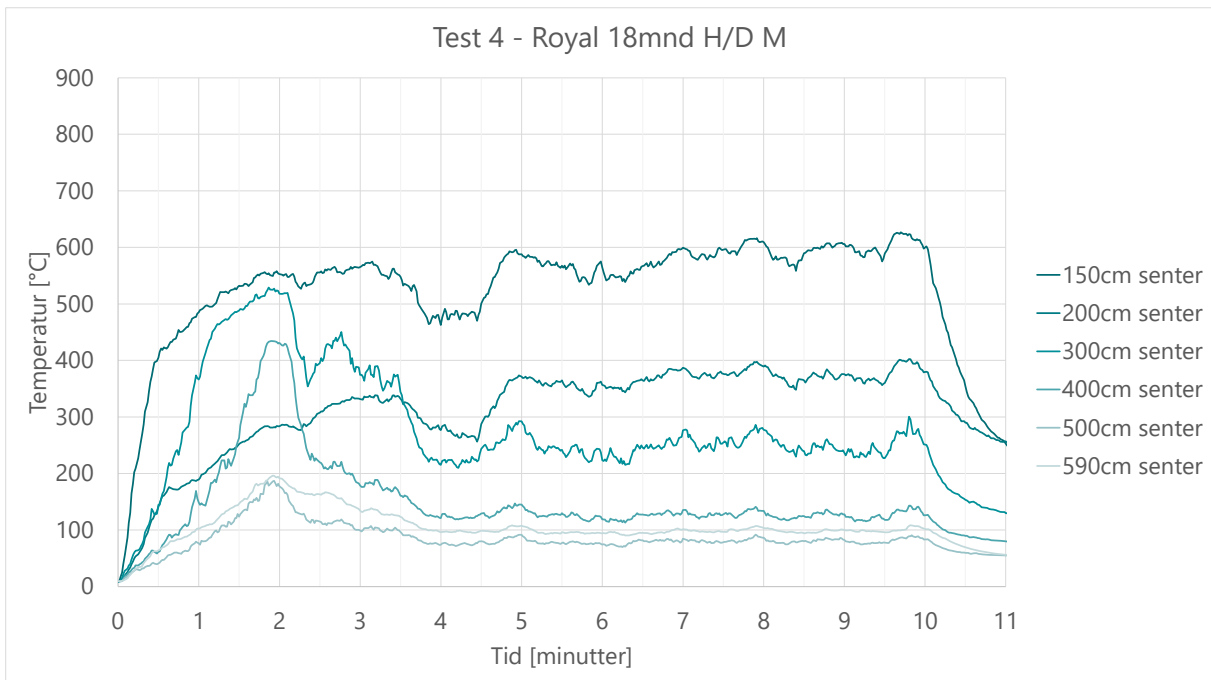
Figur A- 1 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



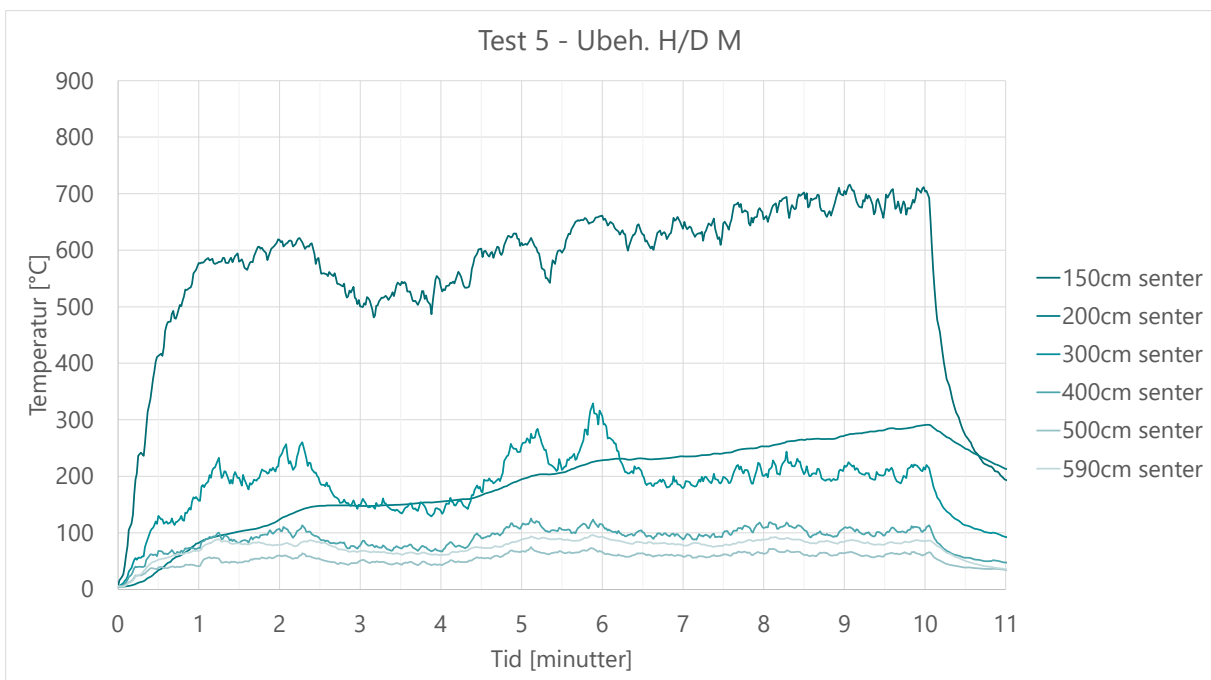
Figur A-2 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



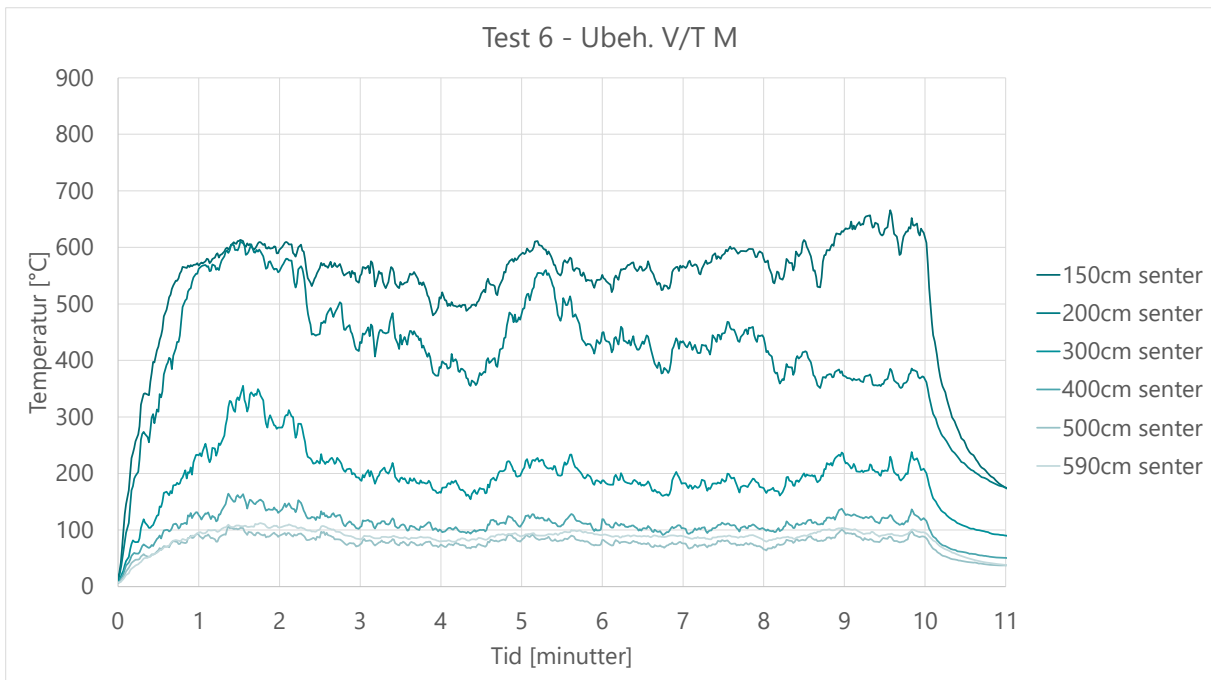
Figur A-3 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



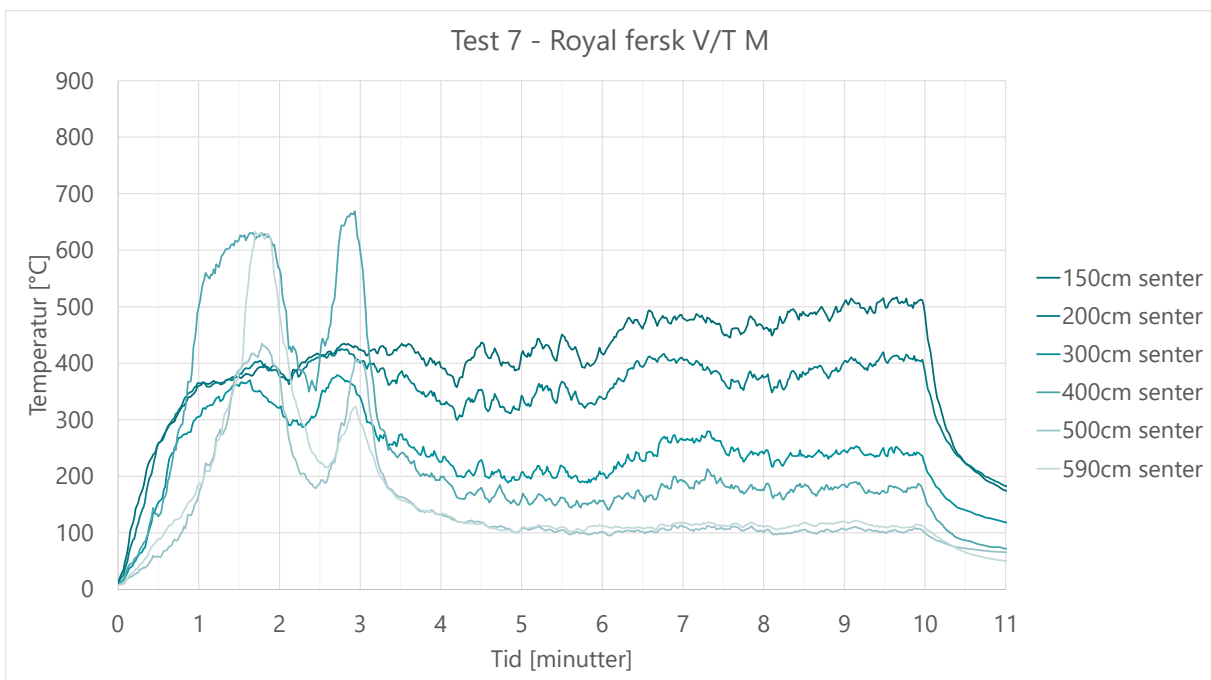
Figur A-4 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



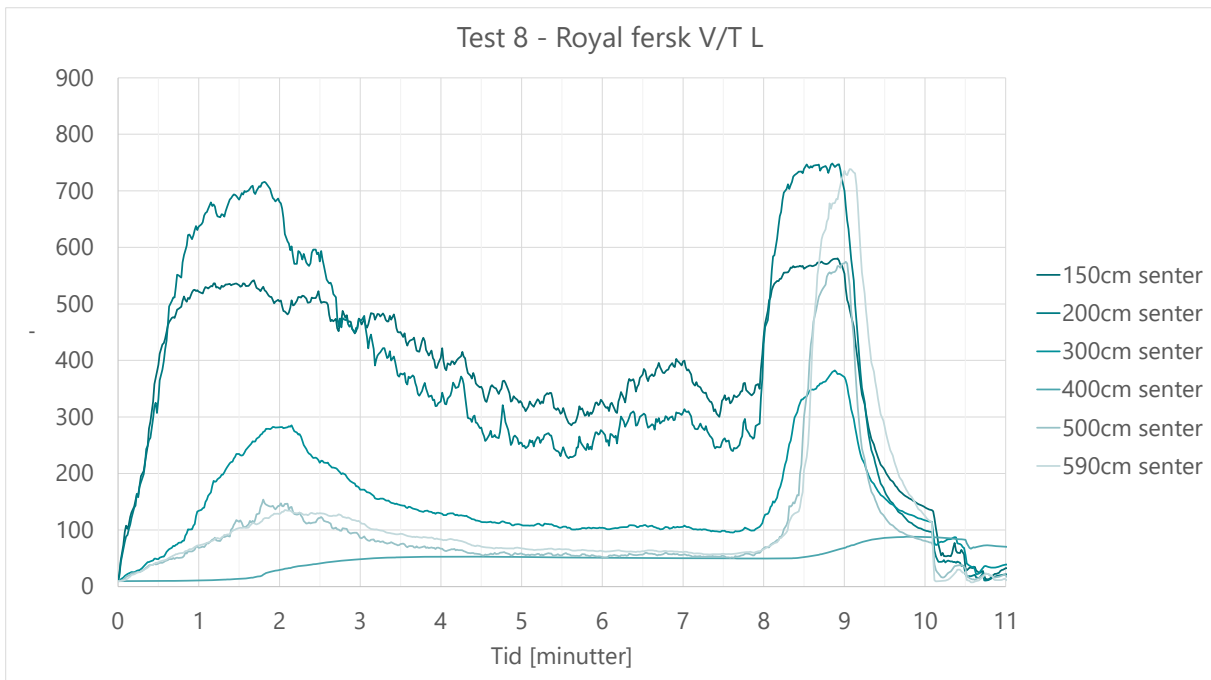
Figur A-5 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



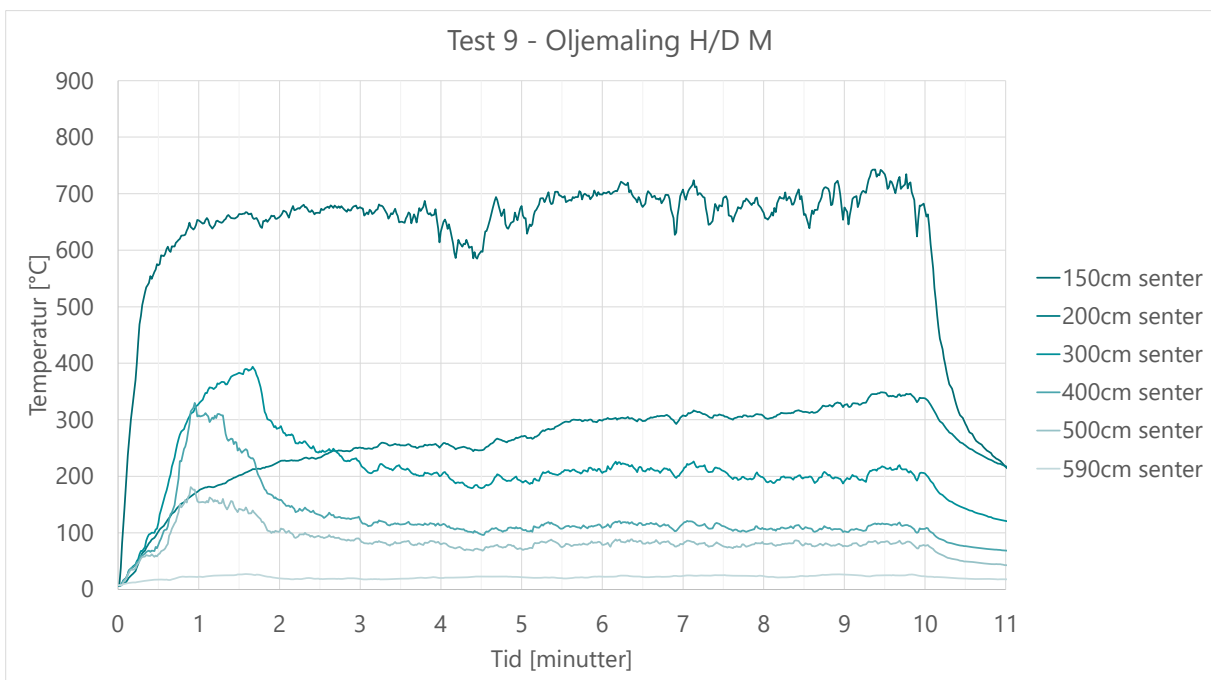
Figur A- 6 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



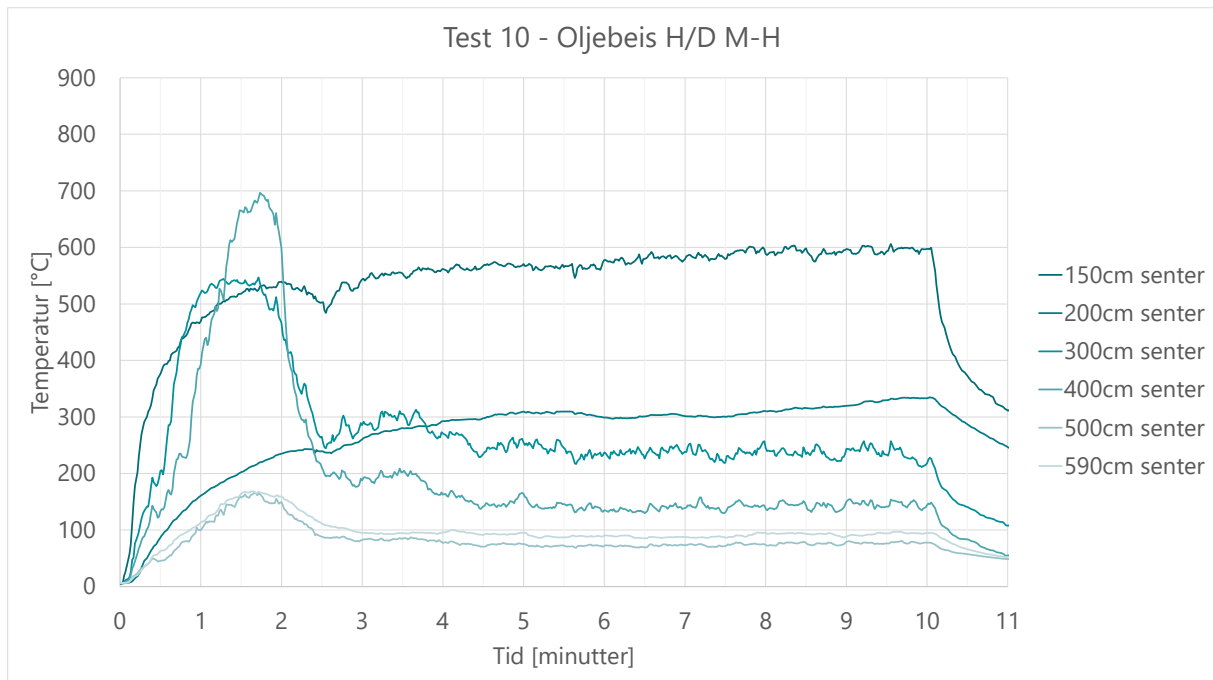
Figur A- 7 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



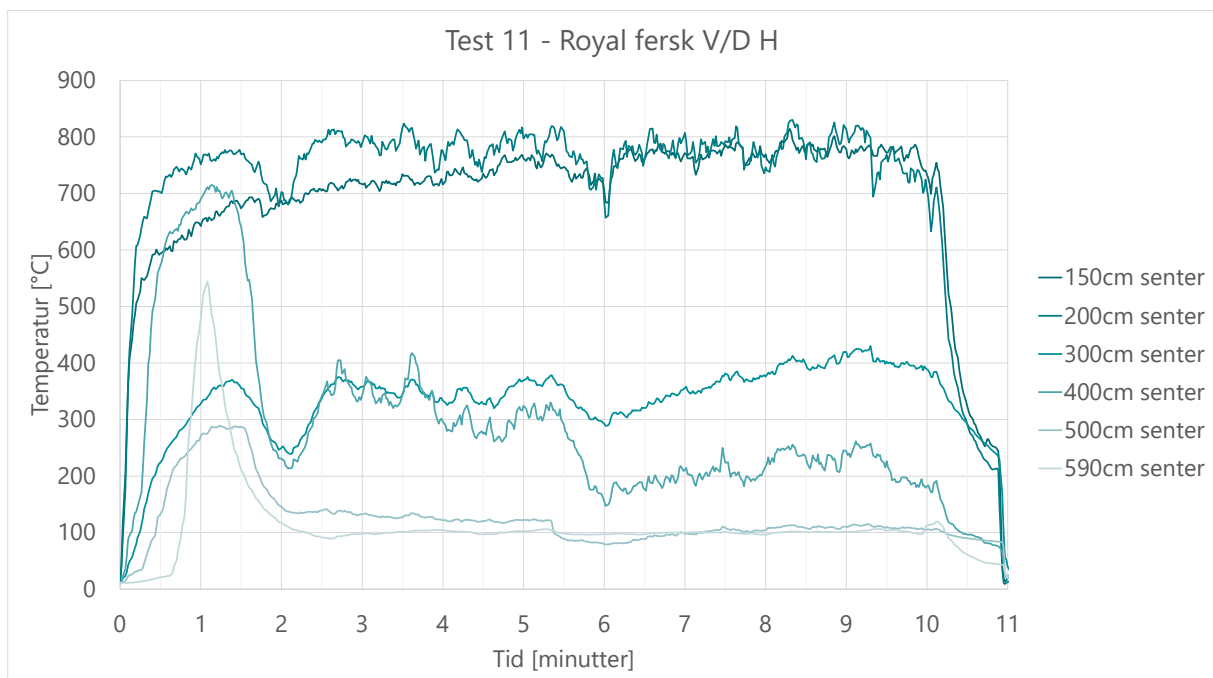
Figur A- 8 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



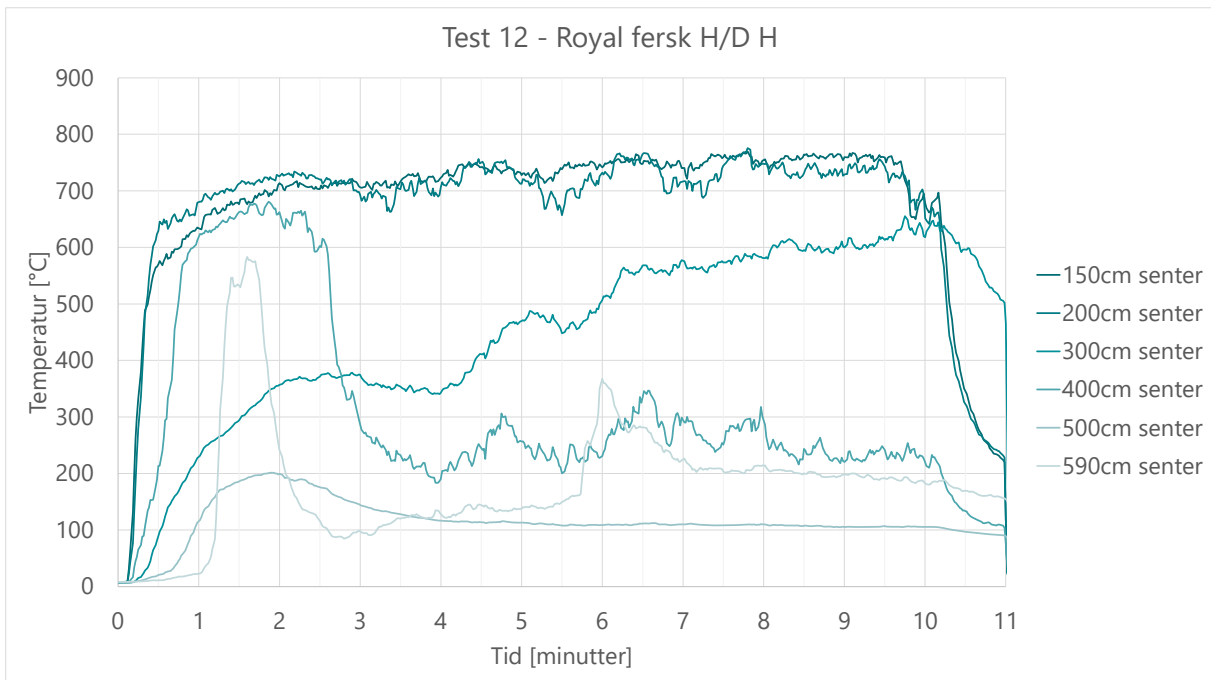
Figur A- 9 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



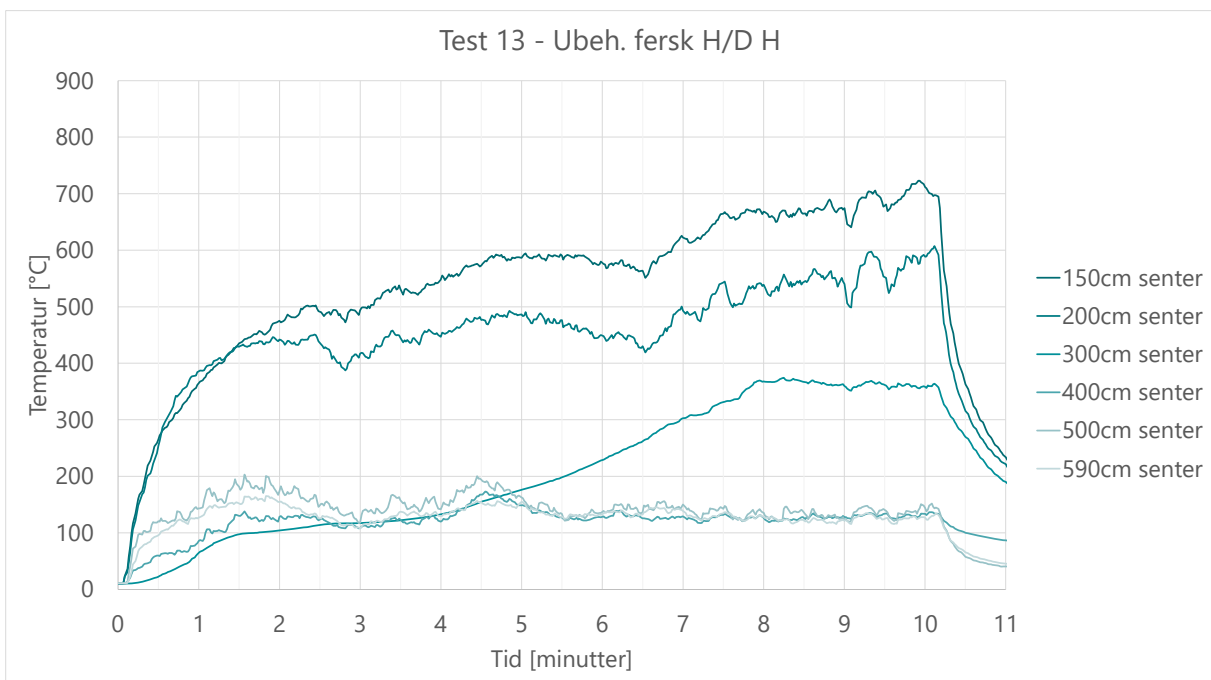
Figur A- 10 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



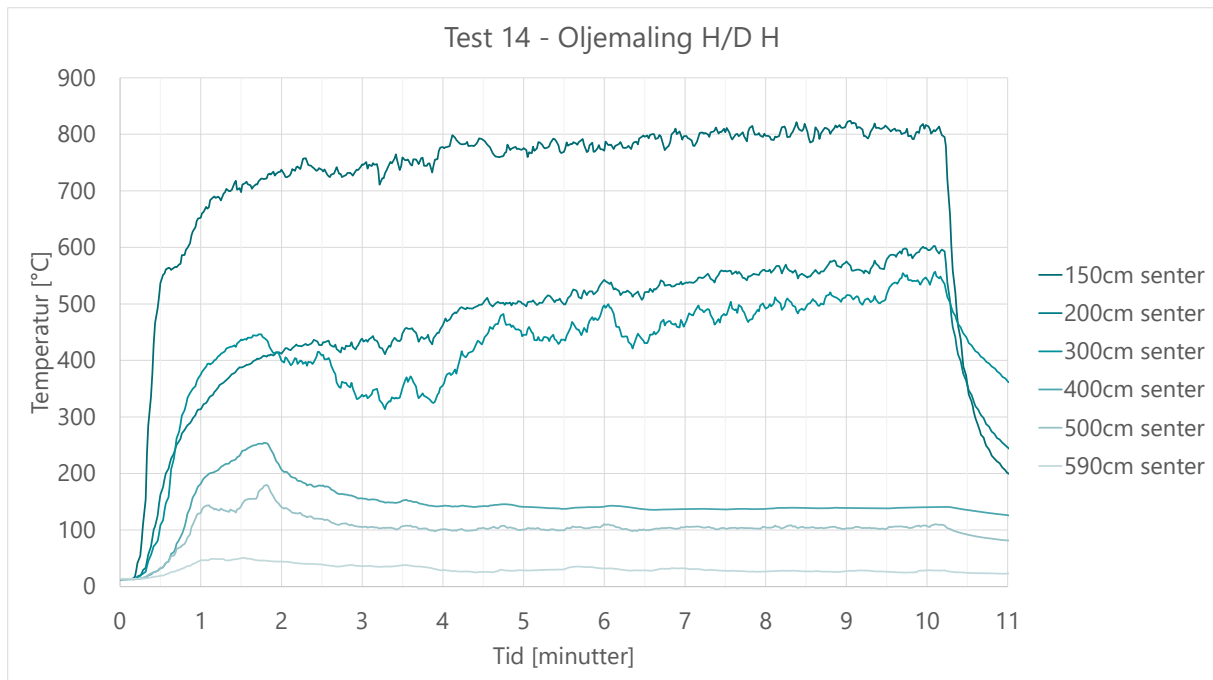
Figur A- 11 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



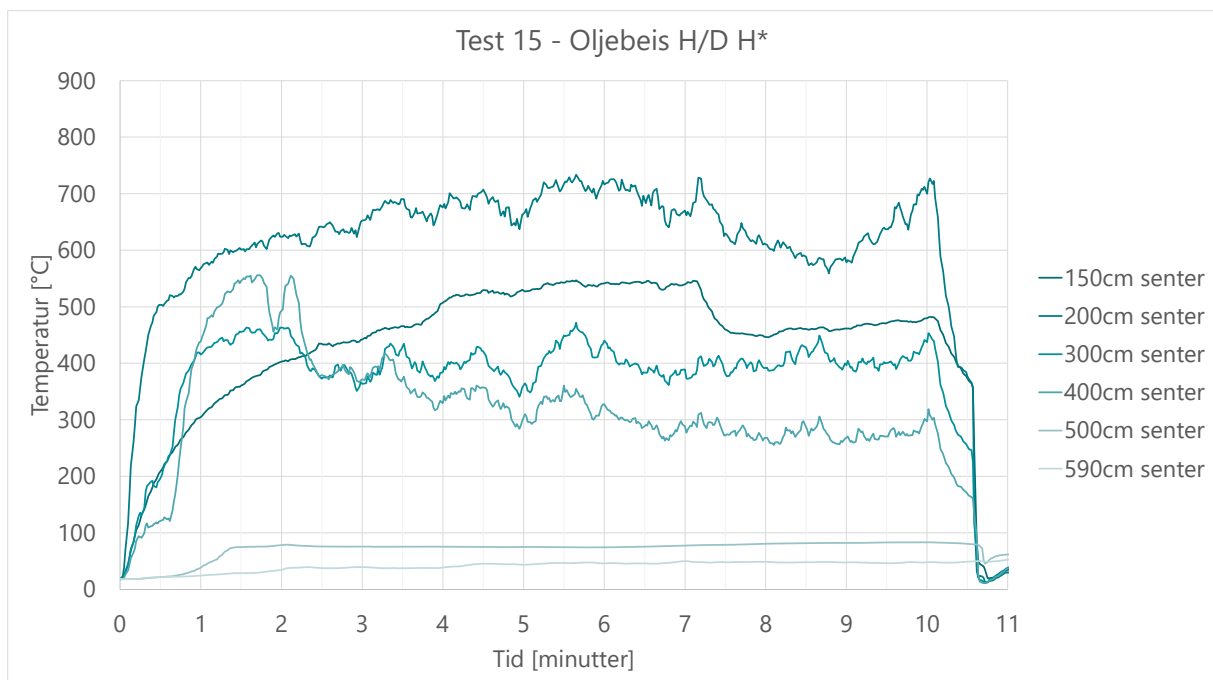
Figur A- 12 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



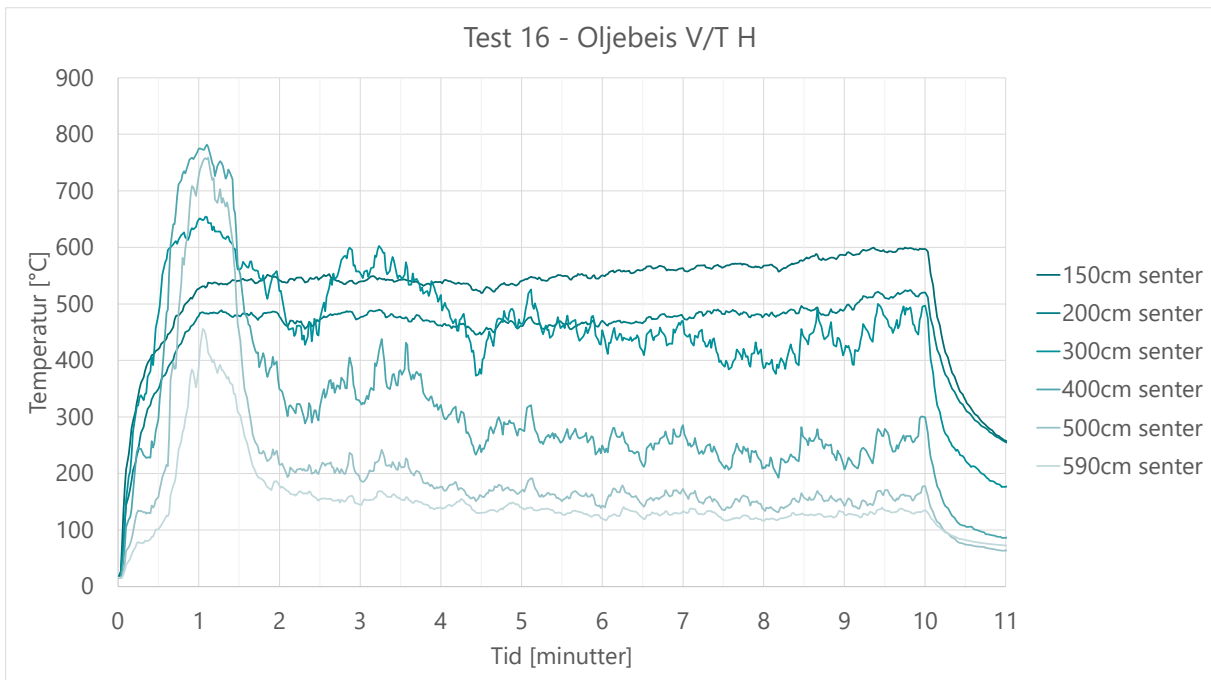
Figur A- 13 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



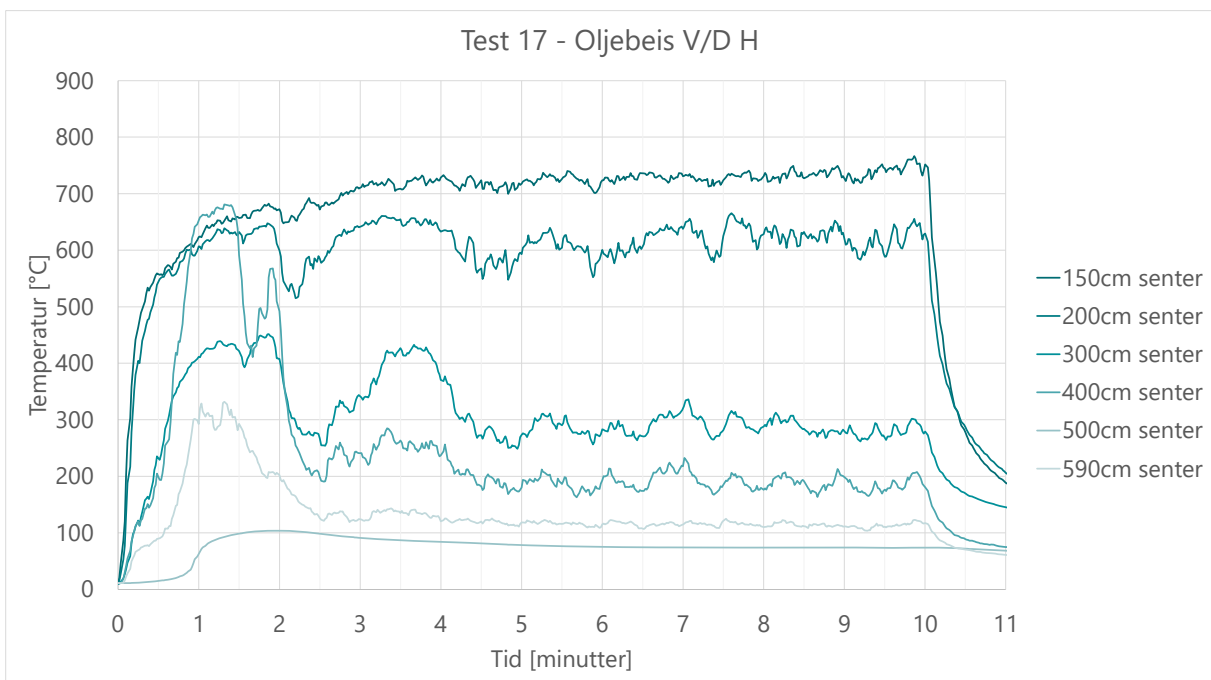
Figur A- 14 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



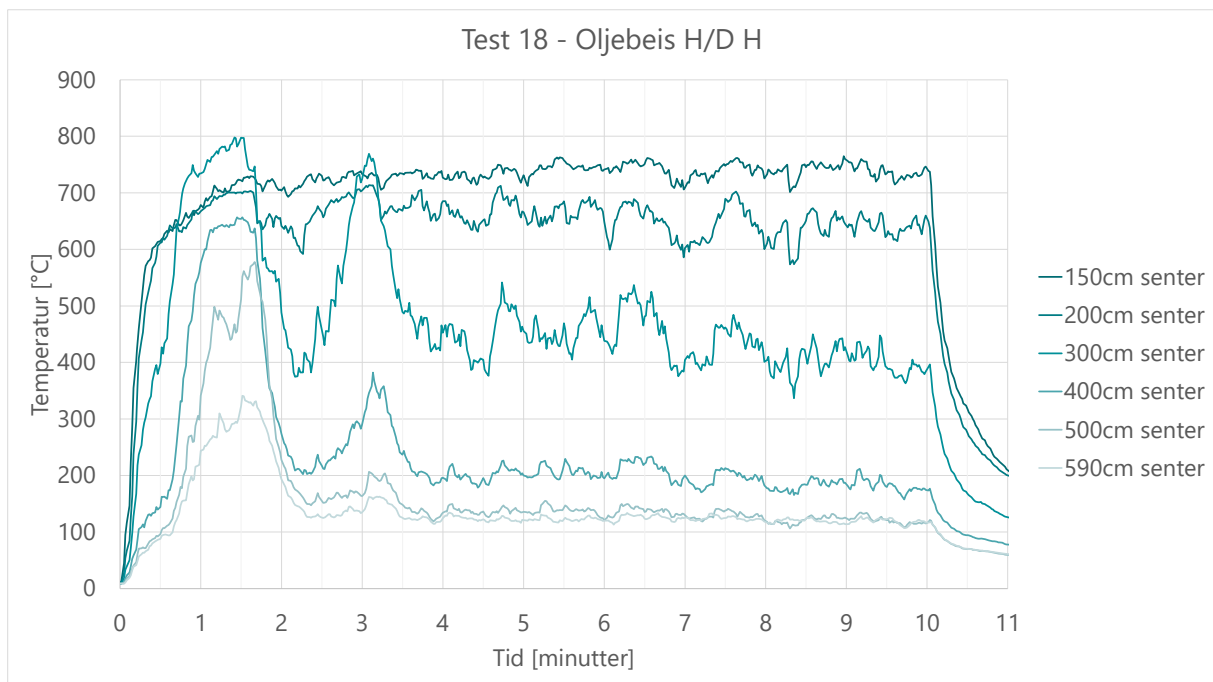
Figur A- 15 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



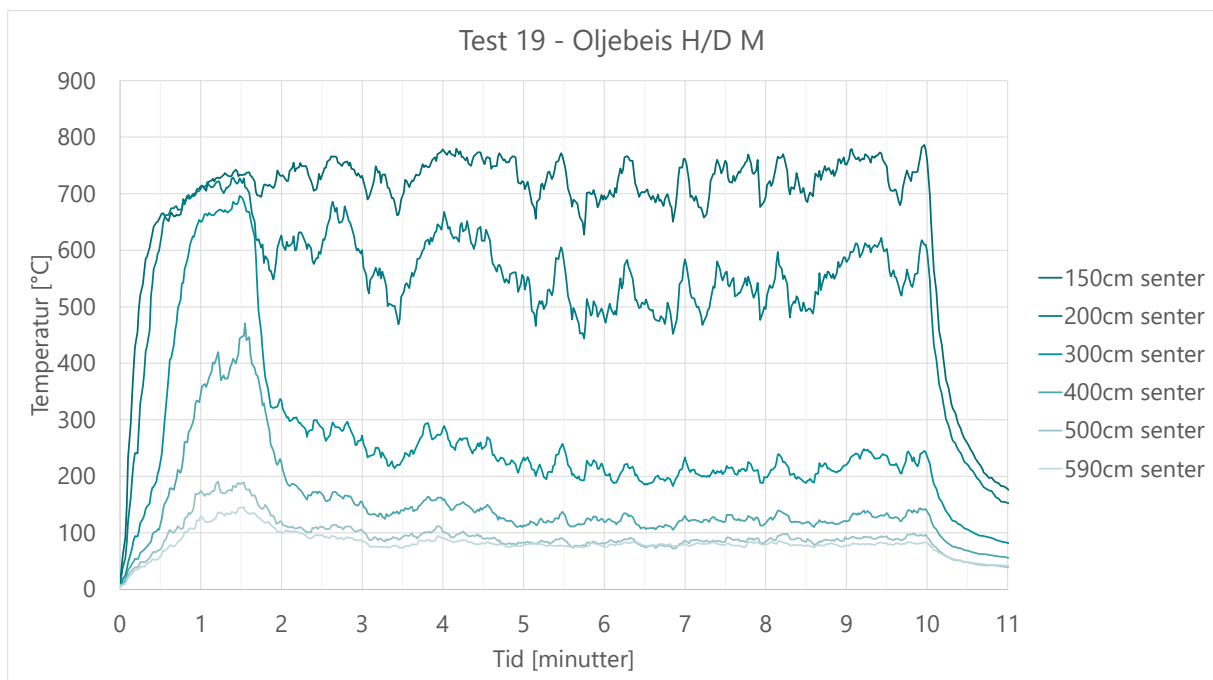
Figur A- 16 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.



Figur A- 17 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.

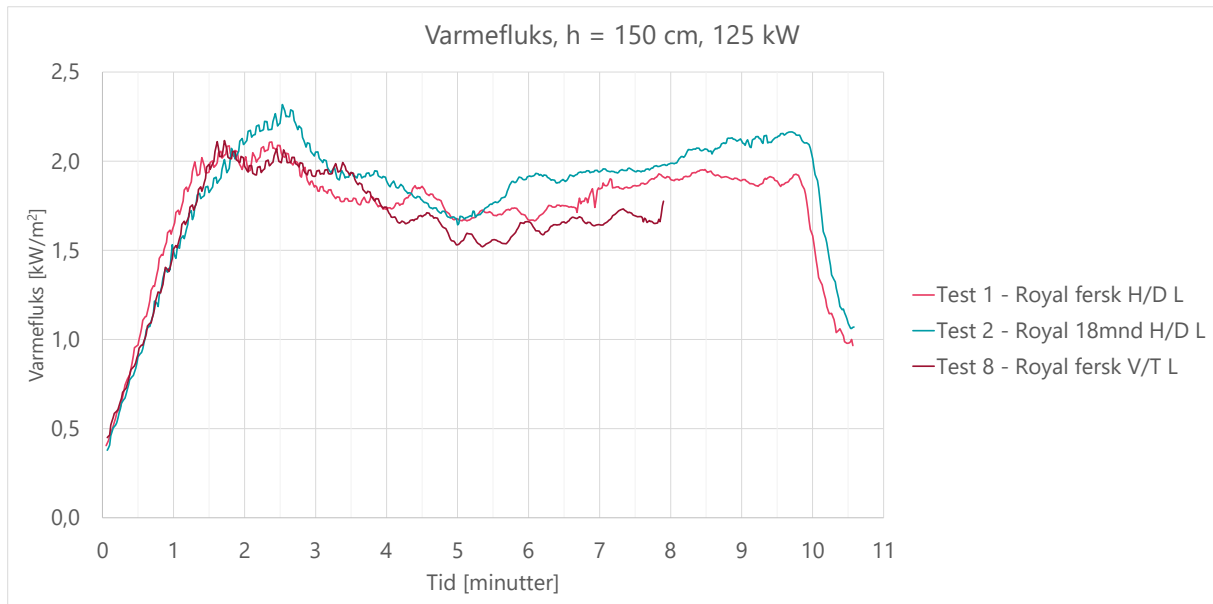


Figur A- 18 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.

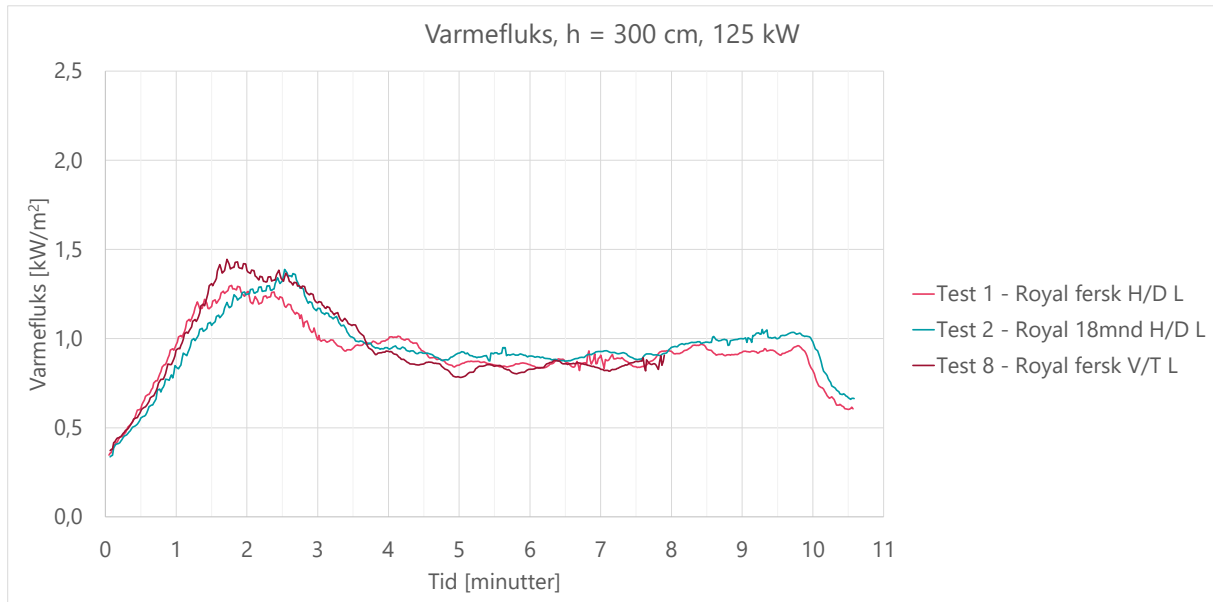


Figur A- 19 Temperaturer målt langs vertikal akse i senter av fasaden.

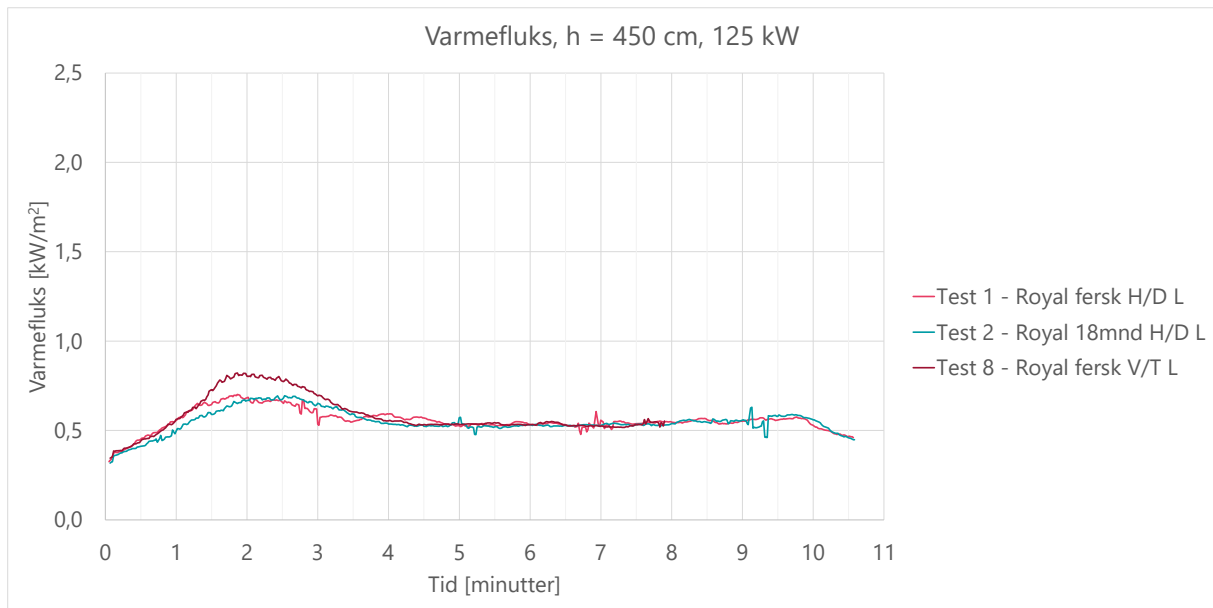
Vedlegg B Varmefluksmålinger



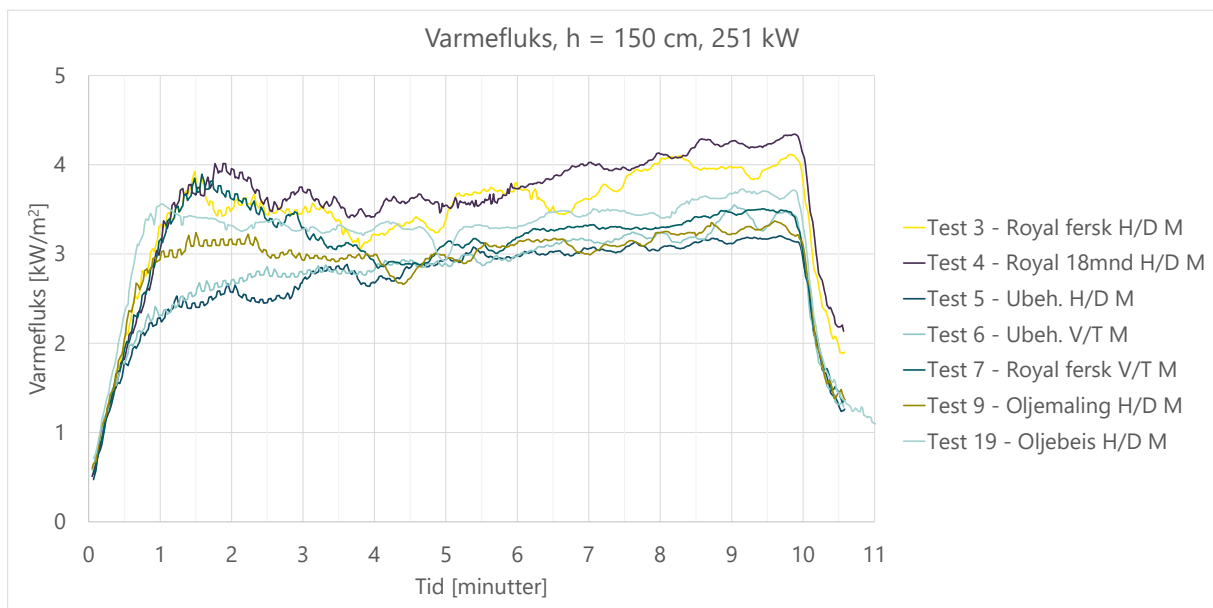
Figur B- 1 Varmefluks målt ved 150 cm høyde. Brennereffekt 125 kW.



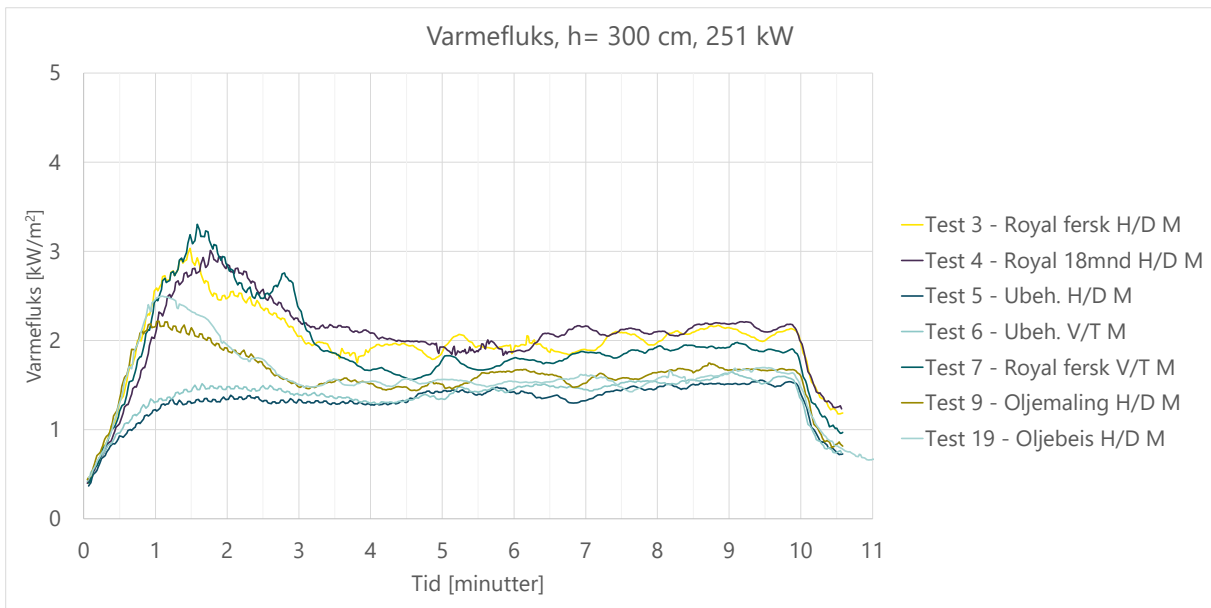
Figur B- 2 Varmefluks målt ved 300 cm høyde. Brennereffekt 125 kW.



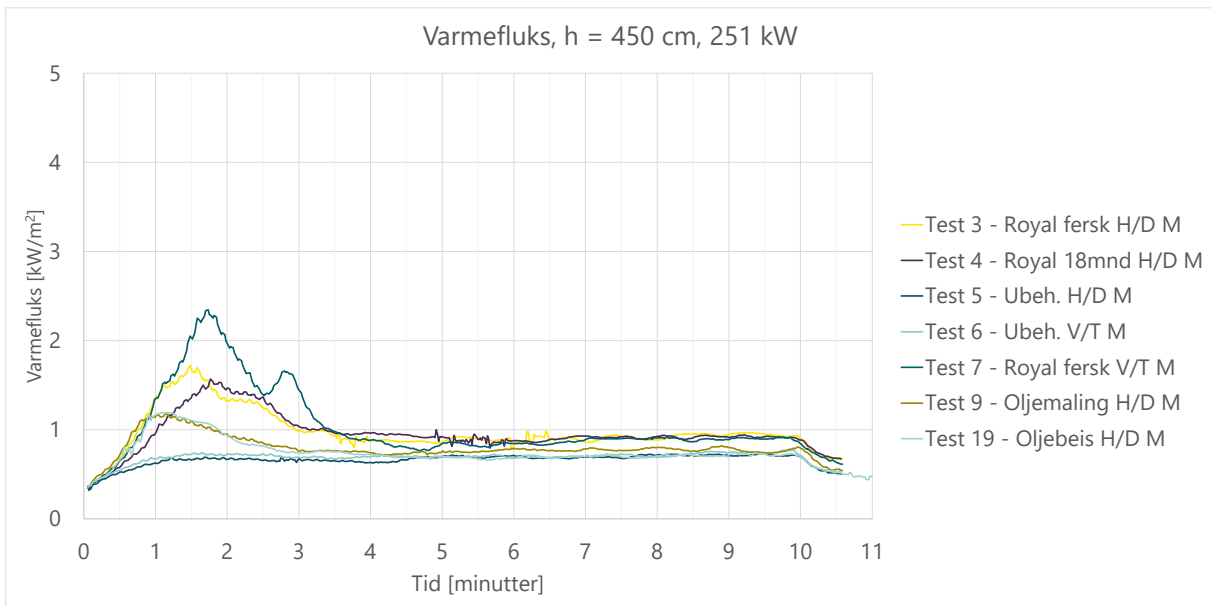
Figur B-3 Varmefluks målt ved 450 cm høyde. Brenner-effekt 125 kW.



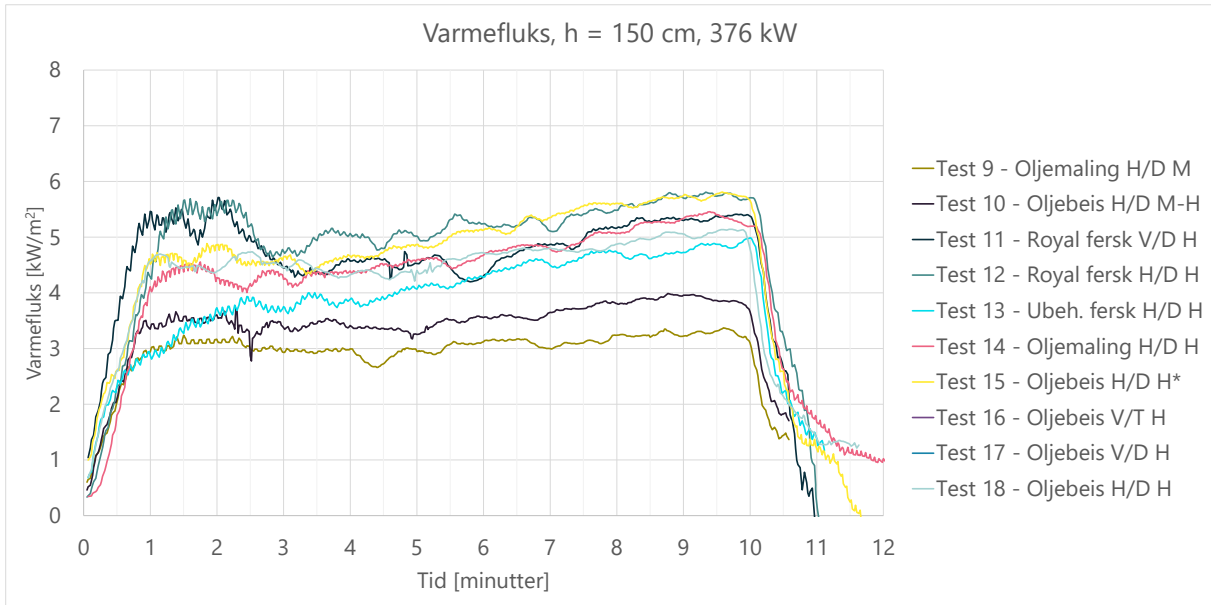
Figur B-4 Varmefluks målt ved 150 cm høyde. Brenner-effekt 251 kW.



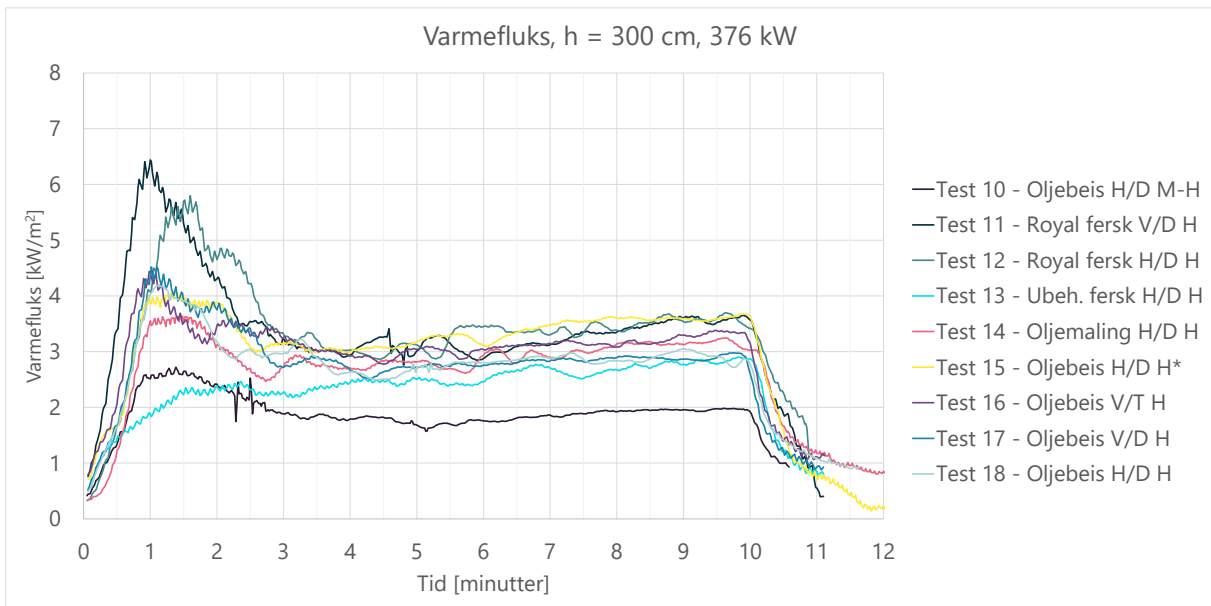
Figur B- 5 Varmefluks målt ved 300 cm høyde. Brennereffekt 251 kW.



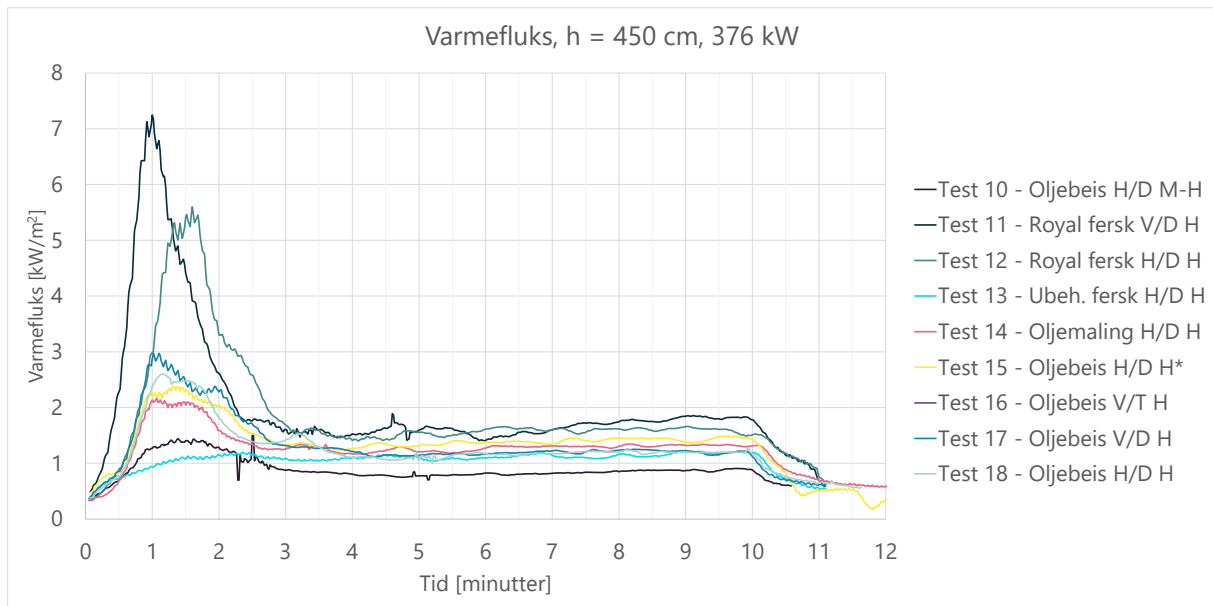
Figur B- 6 Varmefluks målt ved 450 cm høyde. Brennereffekt 251 kW.



Figur B-7 Varmeflukt målt ved 150 cm høyde. Brennereffekt 376 kW.

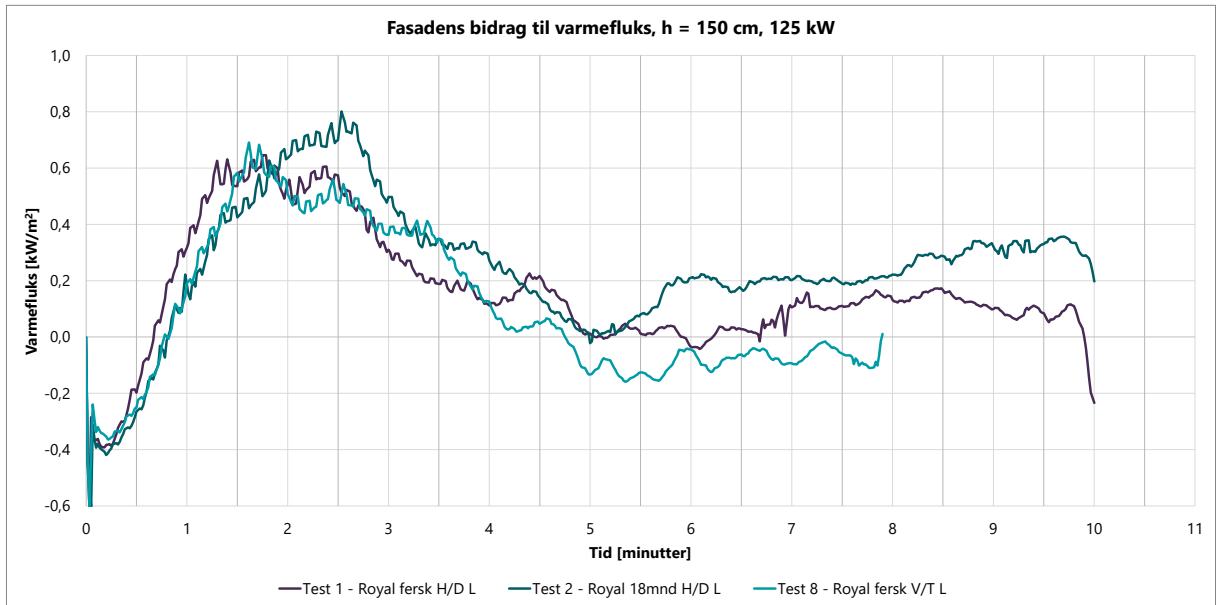


Figur B-8 Varmeflukt målt ved 300 cm høyde. Brennereffekt 376 kW.

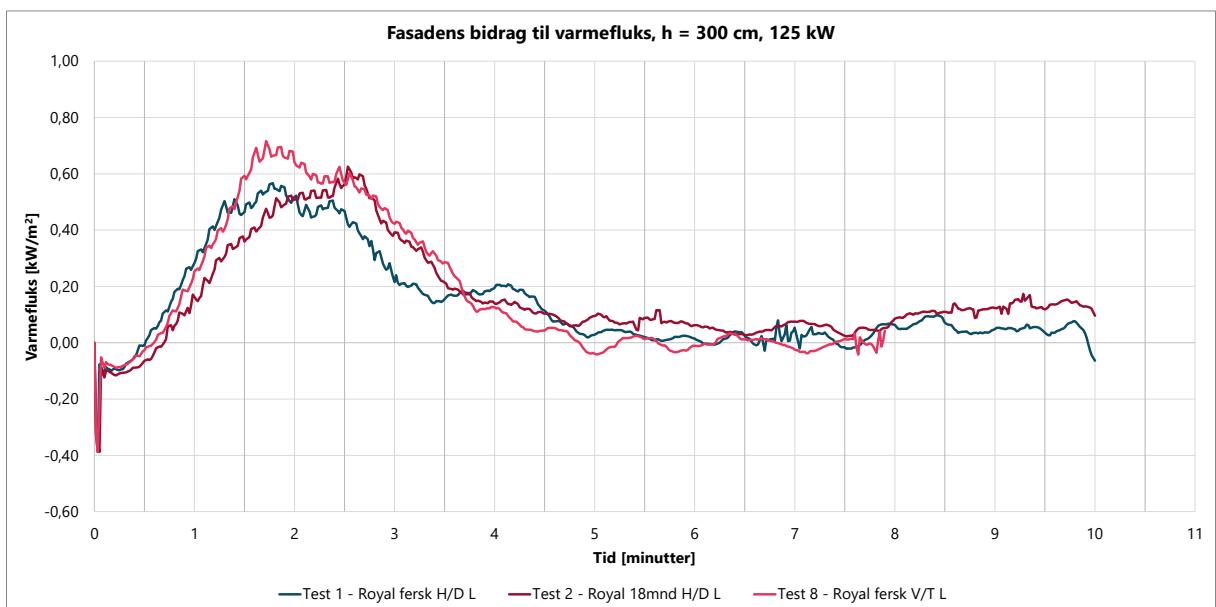


Figur B-9 Varmefluks målt ved 450 cm høyde. Brennereffekt 376 kW.

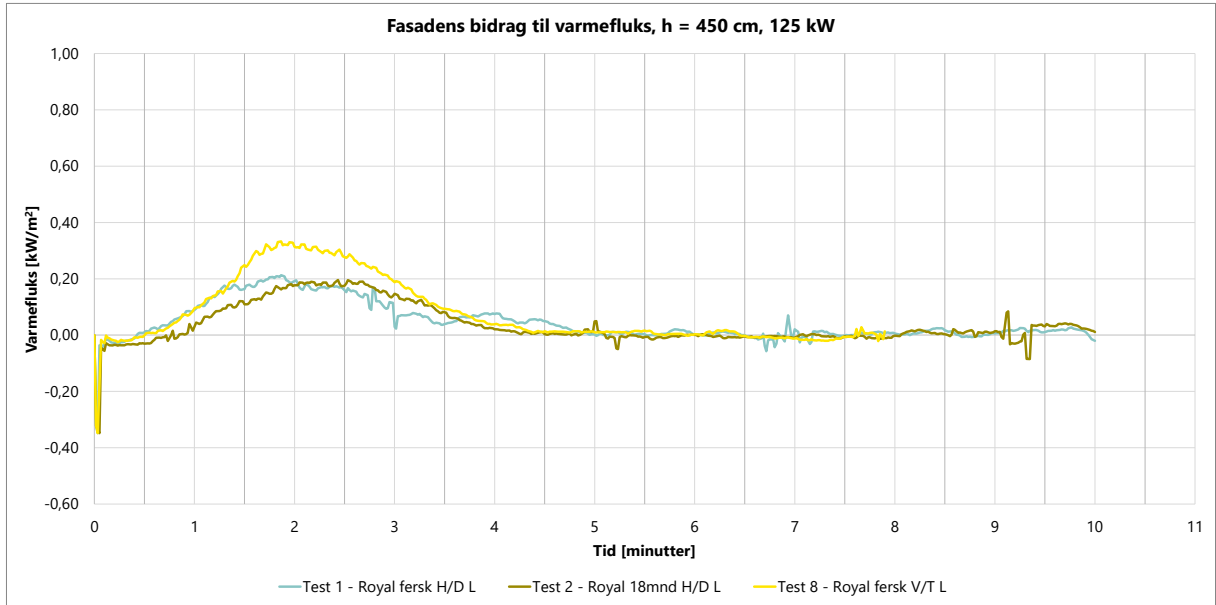
Vedlegg C Fasadens bidrag til varmekraft



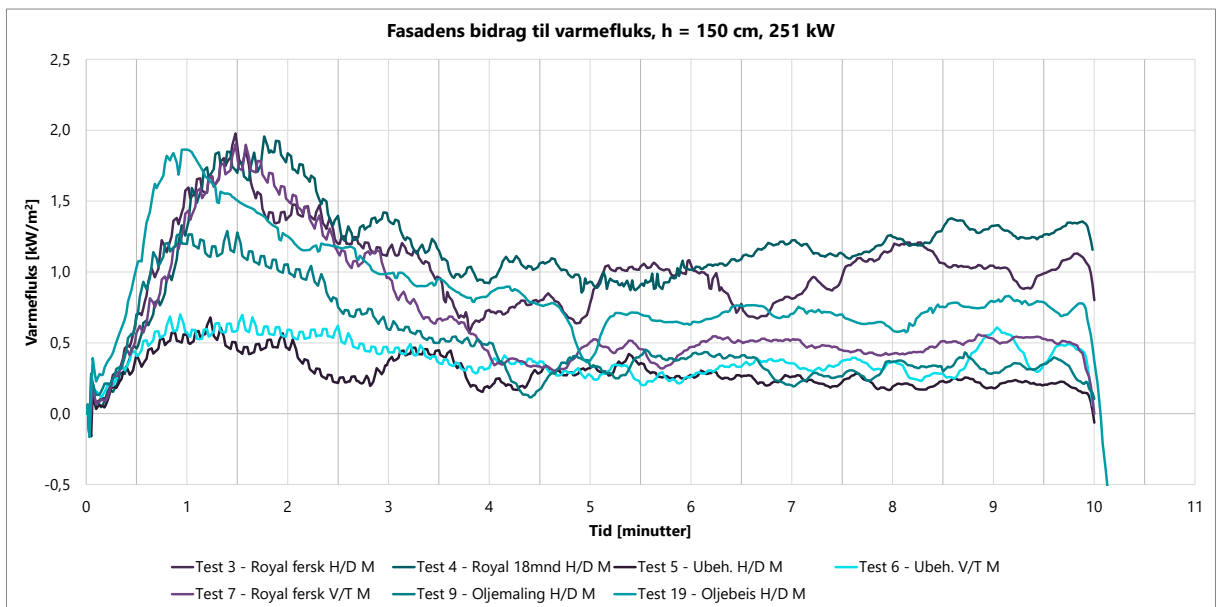
Figur C- 1 Varmeflukt målt ved 150 cm høyde, brennerens bidrag trukket ifra. Brennereffekt 125 kW.



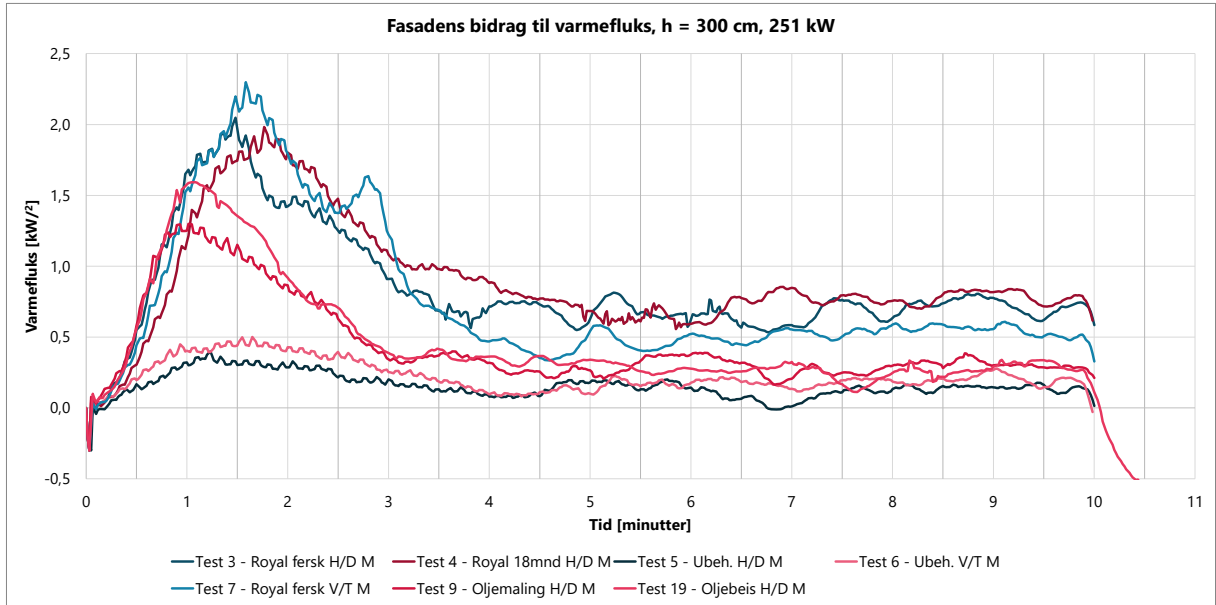
Figur C- 2 Varmeflukt målt ved 300 cm høyde, brennerens bidrag trukket ifra. Brennereffekt 125 kW.



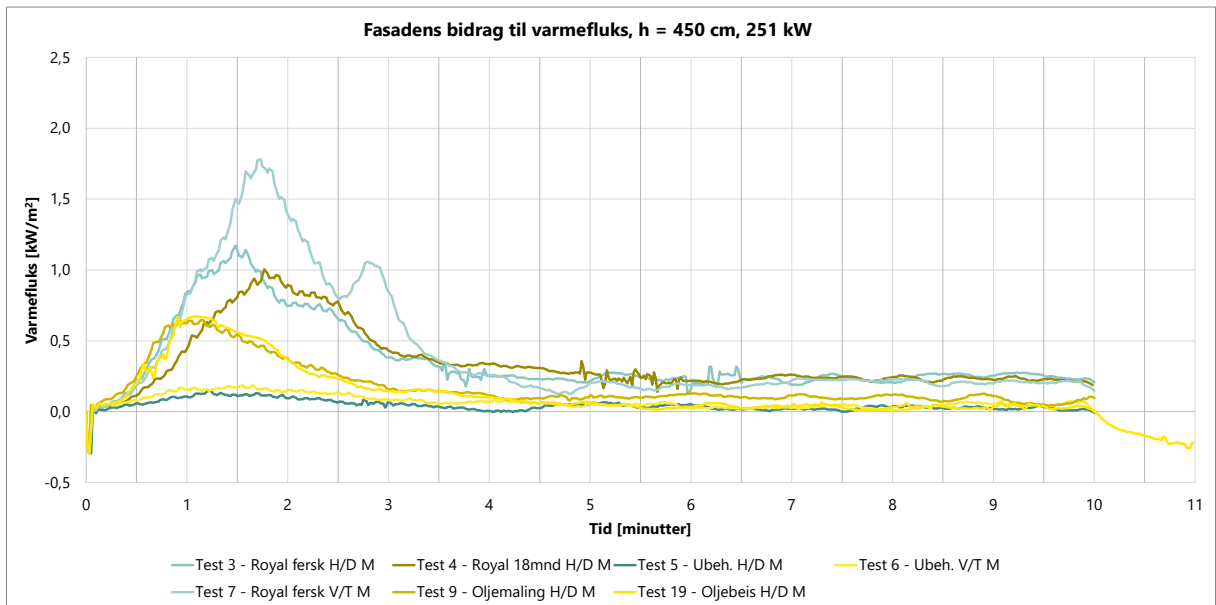
Figur C- 3 Varmefluks målt ved 450 cm højde, brennerens bidrag trukket ifra. Brenner effekt 125 kW.



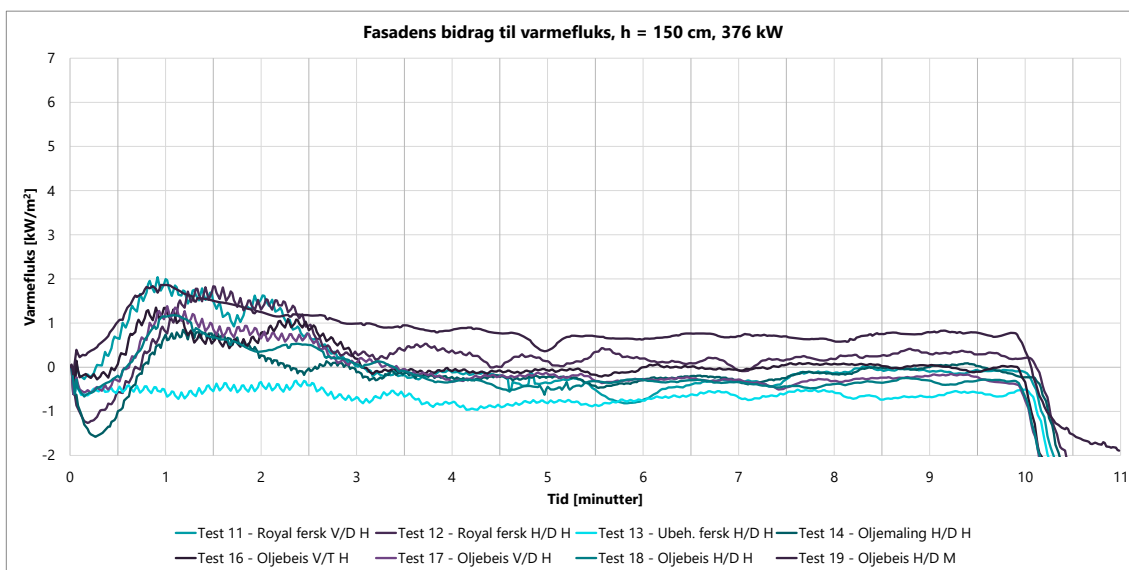
Figur C- 4 Varmefluks målt ved 150 cm højde, brennerens bidrag trukket ifra. Brenner effekt 251 kW.



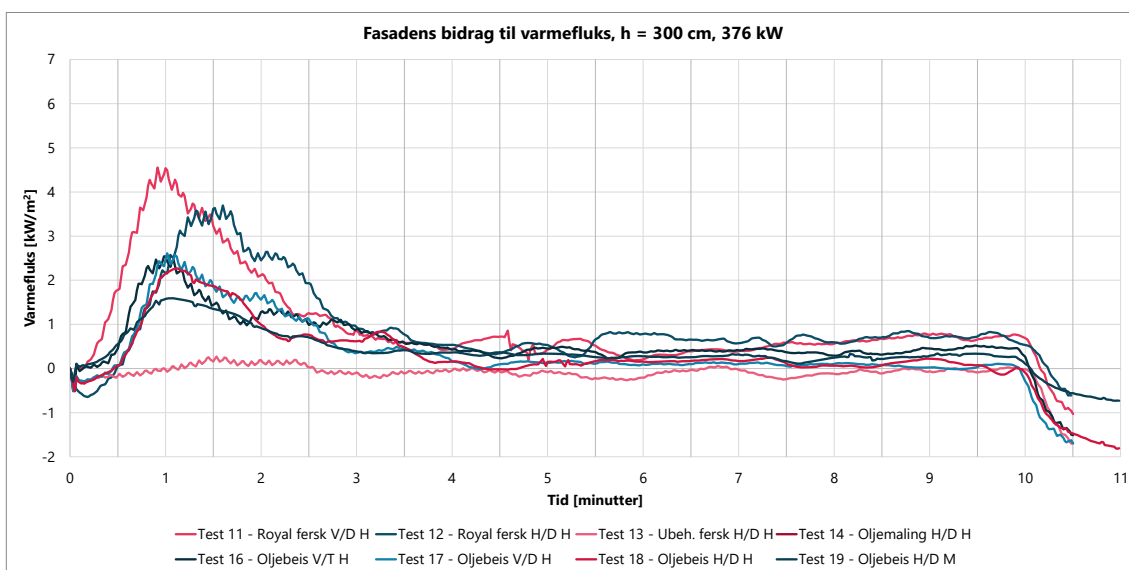
Figur C- 5 Varmefluks målt ved 300 cm højde, brennerens bidrag trukket ifra. Brennereffekt 251 kW.



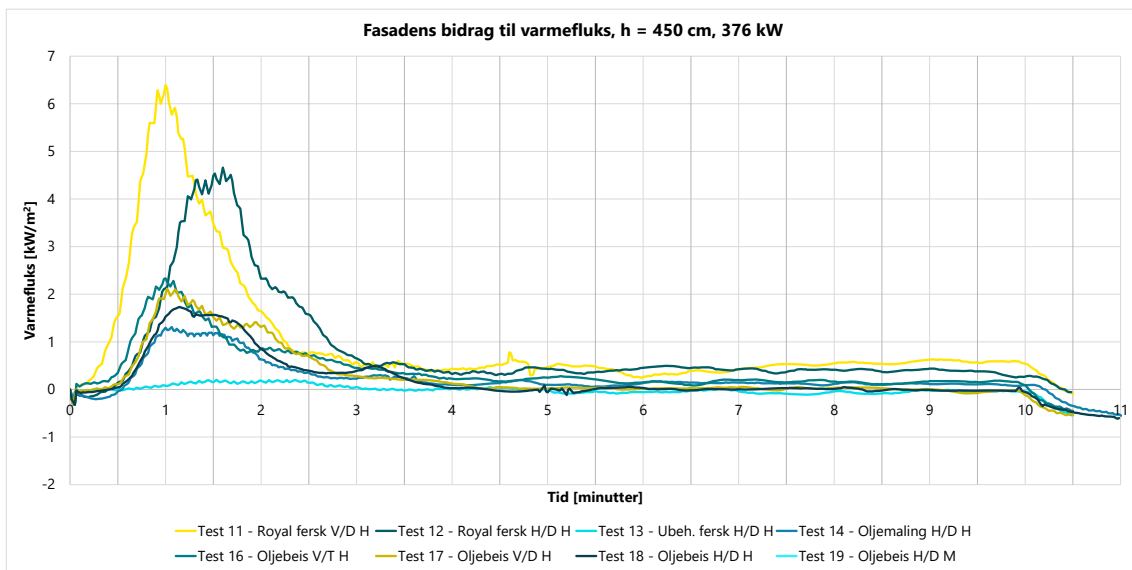
Figur C- 6 Varmefluks målt ved 450 cm højde, brennerens bidrag trukket ifra. Brennereffekt 251 kW.



Figur C- 7 Varmeffluks målt ved 150 cm højde, brennerens bidrag trukket ifra. Brennereffekt 376 kW.



Figur C- 8 Varmeffluks målt ved 300 cm højde, brennerens bidrag trukket ifra. Brennereffekt 376 kW.



Figur C- 9 Varmeflukt målt ved 450 cm høyde, brennerens bidrag trukket ifra. Brenner effekt 376 kW.

RISE – Research Institutes of Sweden
ri.se / info@ri.se / (+47) 464 18 000
Postboks 4767 Torgarden, 7465 TRONDHEIM

E-post: post@risefr.no, Internett: www.risefr.no
RISE Rapport: 2021:61
ISBN: 978-91-89385-51-1

