

Placering av brännbart material på väggar och dess påverkan på brandspridning

En experimentell studie

Samantha Karim Hamoudi & Moa Nyström
BRANDTEKNIK | LTH | LUNDS UNIVERSITET



EXAMENSARBETE
Brandteknik

**Placering av brännbart material på väggar och dess påverkan på
brandspridning**

Samantha Karim Hamoudi
Moa Nyström

Lund 2026

Placering av brännbart material på väggar och dess påverkan på brandspridning
Placement of combustible materials on walls and its impact on fire spread

Författare/Author: Samantha Karim Hamoudi, Moa Nyström

Report 5754

ISRN: LUTVDG/TVBB--5754--SE

Antal sidor/Number of pages: 110

Illustrationer/Illustrations: 46

Sökord/Keywords

Brandspridning, effektutveckling, ytskiktsklass, flamhöjd, SBI-test, brännbart material
Fire spread, heat release rate, surface lining classification, flame height, single burning item, combustible material

Abstract

The aim of this thesis was to investigate how the dimensions, placement and orientation of a combustible material can affect both fire characteristics such as flame height and heat release rate, and material characteristics such as surface lining classification. The extent of the effects was examined using a simplified version of a Single Burning Item (SBI) test. Several experiments were conducted in which 20 percent of the walls in the test facility were covered with combustible material. For each test, the dimensions, placement and orientation of the material were varied in order to identify their effects on the fire- and material characteristics. The result showed that the mean flame height varied only marginally between the tests. The highest heat release rates were generally observed when the tested material was narrow rather than wide, positioned close to the fire source, and orientated vertically. One of the tests resulted in a lower surface lining classification than the others. In conclusion, the dimensions, placement and orientation of a combustible material primarily affect fire characteristics, particularly heat release rate, and may also influence the material characteristics such as surface lining classification.

© Copyright: Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2026

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2026.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund
Sverige

www.brand.lth.se
Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Fire Safety Engineering
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

www.brand.lth.se
Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Detta examensarbete består av en litteraturundersökning och en experimentell studie som utfördes hos avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola under höstterminen 2025. Arbetet har utförts som ett sista moment för att avsluta studier på Brandingenjörsprogrammet och Civilingenjörsprogrammet i riskhantering och omfattats av 30 högskolepoäng.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Nils Johansson, universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik på Lunds Tekniska Högskola, för hans stora hjälp under hela arbetets gång i form av stöd, visat engagemang och bollning av idéer och tankar.

Vi vill även tacka Martin Gunder, forskningsingenjör vid Avdelningen för Konstruktionsteknik, och Konrad Wilkens, forskare vid Avdelning för Brandteknik, för den hjälp de givit oss innan och under experimenten.

Slutligen vill vi tacka våra klasskamrater för alla trevliga fikastunder.

Lund 2026



Samantha Karim Hamoudi



Moa Nyström

Sammanfattning

Examensarbetet har haft som syfte att undersöka om och i sådana fall hur ytskiktssklass, effektutveckling och flamhöjd påverkas av variationer av ett brännbart materials dimensioner, placering och orientering. Bakgrunden till undersökningen är ett undantag som finns i Boverkets byggregler. Undantaget accepterar ett lägre klassat material än det som anges i byggreglerna, för vissa utrymmen, om arean är begränsad. 20 procent av den anslutande vägg- och takarean får upptas av detta lägre klassade material. I de nya byggreglerna pekar dock Boverket på att fler faktorer än arean av ett material påverkar brandförloppet.

En litteraturundersökning och en experimentell studie har genomförts där litteraturundersökningen låg till grund för den experimentella studien, men syftar även till att ge bakgrund om ämnet. Litteraturundersökningen omfattade bland annat information om byggregler, SBI-test, brandspridning samt annan tidigare forskning inom området. Den experimentella studien var ett förenklat SBI-test bestående av 15 olika uppställning. Varje uppställning bestod av 20 procent obehandlad spånskiva där dess dimensioner, placering och orientering varierades. Studien gav mätdata i form av effektutveckling via en kalorimeter och temperatur vid olika höjd via termoelement. Dessa sammanställdes och visualiserades i figurer och användes för vidare beräkningar.

Resultatet visade att både ytskiktssklass och effektutveckling påverkades av att variera spånskivans dimensioner, placering och orientering, medan någon tydlig påverkan på flamhöjden inte kunde identifieras. Generellt uppvisade uppställningar där materialet var vertikalt orienterat, placerat nära gasbrännaren eller uppdelat i tunnare bitar ett mer intensivt brandförlopp och därmed värre utfall. Det mest intensiva brandförloppet observerades i den uppställning där spånskivan var vertikalt placerat i nära anslutning till gasbrännaren.

Summary

The aim of this thesis was to investigate whether, and if so how, the surface lining classification, heat release rate and flame height are affected by variations in the dimensions, placement, and orientation of a combustible material. The background to this study is an exception in the Swedish Building Regulations, which allows the use of materials with a lower surface lining classification than prescribed by the regulations in certain spaces, provided that the material area is limited. 20 percent of the adjacent wall and ceiling area may consist of such lower-classified material. However, the revised building regulations emphasize that factors other than material area also influence fire development.

A literature review and an experimental study were conducted. The literature review formed the basis for the experimental study and also aimed to provide background information on the subject. It included, among other things, building regulations, the SBI-test, flame spread, and other relevant previous research within the field. The experimental study consisted of a simplified SBI-test comprising 15 different configurations. Each configuration included 20 percent untreated particleboard, with variations in its dimensions, placement, and orientation. Measurements data were obtained in the form of heat release rate using a calorimeter and temperature measurements at different heights using thermocouples. These data were compiled, visualized in figures, and used for further calculations.

The results showed that both the surface lining classification and the heat release rate were influenced by variations in the particleboard's dimensions, placement, and orientation, while no clear effect on flame height could be identified. In general, configurations in which the material was vertically oriented, positioned close to the gas burner, or divided into thinner segments exhibited a more intense fire development and consequently more severe outcomes. The most intense fire development was observed in the configuration where the particleboard was vertically positioned in close proximity to the gas burner.

Förkortningar

HRR	Heat Release Rate, en brands effektutveckling
SBI-test	Single Burning Item test, ett ytskikstklassstest
FIGRA	Fire Growth Rate Index, tillväxthastighet för HRR
LFS	Lateral Flame Spread, den horisontella flamspridningen
THR _{600s}	Heat Release, den värmeenergi som producerades under de 10 första minuterna

Följande begrepp används och definieras i detta arbete enligt nedan:

Dimensioner	Testbitarnas längd och bredd
Placering	Testbitarnas placering i x- och y-led
Orientering	Horisontell eller vertikal placering av testbitarna

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	2
1.3	Mål	2
1.4	Frågeställningar	2
1.5	Översiktlig beskrivning av metod	2
1.6	Avgränsningar och begränsningar.....	3
2	Metod	5
2.1	Litteraturundersökning	5
2.2	Experimentell studie.....	6
3	Bakgrund.....	9
3.1	Boverkets byggregler	9
3.2	Brandeffekt och effektutvecklingskurva	10
3.3	Testmetoder och ytskiktsskinner.....	11
3.3.1	Room corner test	12
3.3.2	Single burning item test.....	12
3.3.3	Ytskiktsskinner	13
3.4	Beräkningar för att fastställa brandklass	14
3.5	Värmetransport.....	16
3.6	Brandspridning	17

3.6.1	Brandspridning i trä.....	17
3.6.2	Brandspridning i spånskiva	18
3.7	Flamhöjd.....	19
3.8	Tidigare forskning relaterade till arbetets frågeställningar	20
3.8.1	Slutsatser av tidigare forskning	23
3.9	Laborationsapparater	24
3.9.1	Kalorimeter.....	24
3.9.2	Termoelement.....	25
4	Genomförande av experiment.....	27
4.1	Beskrivning av experimentell uppställning.....	28
4.1.1	Avvikelser från SBI.....	30
4.2	Tillvägagångssätt vid experimentella försök.....	33
4.2.1	Procedur innan testförsök.....	33
4.2.2	Procedur under testförsök.....	33
4.2.3	Procedur efter testförsök	34
4.3	Analys av data från tester	35
4.3.1	Effektutveckling	35
4.3.2	Temperaturmätning	36
4.3.3	Beräkningar och tabeller	36
5	Resultat och analys	37
5.1	Grupp 1.....	37
5.2	Grupp 2.....	40

5.3	Grupp 3.....	43
5.4	Grupp 4.....	47
5.5	Grupp 5.....	50
5.6	Grupp 6.....	55
5.7	Jämförelse av värsta fallen	59
6	Diskussion.....	63
6.1	Metod	63
6.2	Resultat.....	67
6.2.1	Effektutveckling	67
6.2.2	Termoelement.....	69
6.2.3	Beräkningar och ytskiktssklass	70
6.3	Slutsats	72
6.4	Framtida studier.....	74
	Referenser.....	77
	Bilaga 1. Redovisning av användning av generativ AI.....	83
	Bilaga 2. Beskrivning av uppställningar	85
	Bilaga 3. Analys av repeterbarhet	87
	Uppställning 3A.....	87
	Uppställning 4A.....	89
	Uppställning 5B.....	91
	Uppställning 6B.....	94

1 Inledning

Inledningen syftar till att ge en helhetsbild över examensarbetet och det ämne som arbetet kommer att undersöka. Detta innefattar bland annat bakgrundsteori, arbetets frågeställningar som avses besvaras samt en översiktlig metodik.

1.1 Bakgrund

Trä är ett material som det börjar byggas alltmer med. Bland annat för att det är ett mer hållbart material ur en klimatsynpunkt än vad exempelvis betong är, men även för att det är ett material som det går snabbt att bygga med (RISE, u.å.-a). Dessa faktorer gör trä till ett tilltalande byggnadsmaterial, både till stomme, ytskikt och fasad. Dock medför den ökande efterfrågan och produktionen i trä även en oro kopplat till brand och brandspridning.

Enligt BFS 2024:7 5 kap. 1§ (Boverket, 2024a) ska en byggnad inte bidra till att skapa en snabb och intensiv brandspridning. Brandspridningen begränsas genom materialvalet för väggar, tak, golv och fast samt lös inredning. Det är byggnadens byggnadsklass som styr kravnivån för materialen. Trots denna kravnivå finns det ett undantag som tillåter en lägre ytskiktssklass än den egentligen styrande. Den lägsta ytskiktssklassen som tillåts är D-s2,d0. Undantaget gäller för alla utrymmen förutom utrymningsvägar och andra skyddsvärda utrymmen och endast för ytor som inte förväntas påverka brandförloppet i mer än begränsad omfattning. Exempel på sådana ytor är dörrblad, fönsterkarmar och golvlister. Ett material som har ytskiktssklass D-s2,d0 är obehandlad träpanel (Boverket, 2023a).

En tumregel för hur stora ytorna i lägre klass får vara är 20 procent av den anslutande väggen, då större ytor än så bedöms påverka brandförloppet i mer än begränsad omfattning (Boverket, 2024b). Andra parametrar som kan vara av betydelse för brandspridningen är materialets placering, orientering och utbredning i utrymmet. För att undersöka hur dessa parametrar påverkar brandförloppet kommer en experimentell studie genomföras med ett

antal olika testförsök. De olika testförsöken kommer variera dimensioner, placering och orientering av ett material med ytskiktssklass D-s2,d0. Mängden material kommer ha en sammanlagd omslutningsarea om 20 procent vid varje testförsök.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att experimentellt testa och jämföra om brännbart material kan få olika brandegenskaper beroende på dess placering, orientering och utbredning i ett utrymme.

1.3 Mål

Målet med arbetet är att undersöka huruvida det brännbara materialets placering, orientering och utbredning på en väggyta påverkar en brands effektutveckling, flamhöjd och ytskiktssklass och i vilken utsträckning.

1.4 Frågeställningar

Följande frågeställningar har tagits fram för detta arbete. Genom att besvara dessa bedöms målet kunna uppfyllas.

- Kan ytskiktssklassen för ett brännbart material förändras beroende på dess dimensioner, placering och orientering?
- Hur påverkas brandens effektutveckling av att variera ett brännbart materials dimensioner, placering och orientering?
- Hur påverkas brandens flamhöjd av det brännbara materialets dimensioner, placering och orientering?

1.5 Översiktlig beskrivning av metod

Här ges en översiktlig beskrivning av metoden som kommer användas i arbetet för att besvara frågeställningarna. En djupare beskrivning av metoden finns i avsnitt 2 *Metod*.

En litteraturundersökning och en experimentell studie kommer utföras i detta arbete för att kunna besvara frågeställningarna och för att uppnå målet. En litteraturundersökning och en

experimentell studie kommer utföras i detta arbete för att kunna besvara frågeställningarna och för att uppnå målet. Litteraturundersökningen syftar till att samla bakgrundsinformation om ämnet och inför experimenten. Detta innefattar bland annat genomgång av byggreglerna, identifierande av de berörda problemområdena, samt läsning av tidigare utförda arbeten inom området om sådana påträffas. Denna del av studien ligger sedan till grund för planerandet, uppställningen och utförandet av nästa del av examensarbetet; den experimentella studien.

Syftet med den experimentella studien är att praktiskt studera det brännbara materialets variation med litteraturundersökningen som underlag. Ett antal experimentella tester i form av eldningsförsök kommer utföras i Brandlabbet i V-huset på Lunds Tekniska Högskola. I dessa försök kommer placering av det brännbara materialet på invändiga väggar att varieras för att se hur detta påverkade brandspridningen. Varje försök kommer dokumenteras genom bland annat tidtagning, brandeffekt- och temperaturmätning, samt genom att filma och ta anteckningar. Exakt experimentell uppställning baseras bland annat på litteraturundersökningen och bestäms därmed efter att denna är genomförd. Efter försökens genomförande utförs handberäkningar på den data som samlas in. Beräkningarna används sedan för att bland annat analysera huruvida ytskiktets klassen förändras.

Informationen samlad som resultat från litteraturundersökningen och den experimentella studien kommer slutligen till att analyseras och sammanställas för att nå en slutsats som besvarar examensarbetets frågeställningar.

1.6 Avgränsningar och begränsningar

Detta examensarbete är avgränsat till tester på endast ett brännbart material, obehandlad spånskiva. Just detta material har valts då det uppfyller brandklassen som avses testas. Det är även ett träbaserat material, vilket anses vara bland de vanligast förekommande materialen när det kommer till berörda invändiga ytor såsom fönsterkarmar och dörrlistor. Arbetet är även avgränsat till ett antal oberoende variabler; materialets dimensioner, placering och orientering.

Med dimensioner avses bredd och längd på testbitarna. Placering avser testbitarnas placering i x- och y-led på provkropparna. Orientering avser huruvida testbitarna är horisontellt eller vertikalt placerade på provkropparna. Övriga variabler, som exempelvis brandens storlek och dess placering kommer i så hög grad som möjligt hållas densamma under alla försök. Detta gäller även omslutningsarean av materialet på 20 procent av anslutande väggarea.

Examensarbetet är av utforskande karaktär och därav kommer inga samband eller modeller tags fram som resultat av detta.

2 Metod

Detta arbete har bestått av en litteraturundersökning och en experimentell studie.

Litteraturundersökningen har handlat om att hitta relevant forskning och teori. Dels för att ge en bättre förståelse om arbetets ämne, dels för att samla grundläggande information för den experimentella studien. Den experimentella studien har bestått av ett antal eldningsförsök i Brandlabbet på Lunds Tekniska Högskola. I avsnitt nedan beskrivs det utförligt hur vardera del har utförts i arbetet.

2.1 Litteraturundersökning

Litteraturundersökningen syftar till att samla teori och bakgrund till arbetet. Resultatet av litteraturundersökningen redovisas i avsnitt 3 *Bakgrund* och utgör även grunden för planeringen och genomförandet av experimenten. Litteraturundersökningen genomfördes under september 2025. För att hitta tillämplig litteratur användes främst sökmotorerna Scopus, Science Direct, Finn och Google Scholar. Sökord som användes under litteraturundersökningen listas nedan:

- combustible material
- flammable material
- wood
- flame spread
- hrr
- heat release rate
- curve
- fire
- test method
- experiment
- SBI
- Single burning item
- furniture calorimeter
- measure
- particleboard
- chipboard

Urvalet av sökord gjordes utifrån arbetets syfte, forskningsområde och frågeställningar och nyttjades för att nå hög validitet. Dessa sökord i kombination med sökkommandon AND

och OR samt citattecken och asterisk ledde till ett snävare sökresultat, vilket gjorde det lättare att hitta den information som söktes.

Vid utsorterandet av källor skannades först rubrikerna efter väsentliga sökord. Därefter lästes abstract/sammanfattningen för att avgöra huruvida källan fortsättningsvis uppfattades som väsentlig. Innehöll abstract/sammanfattningen information som ansågs relevant för arbetet genomsöktes resterande delar av litteraturen. Denna arbetsmetod för sållande av källor medför ett mer strukturerat tillvägagångssätt.

Snöbollsteknik användes i detta arbete som komplement till databassökning. Detta innefattar sökning av litteratur via redan funna källor, även kallat initiala urvalet av artiklar. Nya källor hittas alltså i källhänvisningar till redan funna källor. Detta för att bland annat utöka den information som den redan funna källan bidragit med till detta arbete (Säfssten, 2023).

2.2 Experimentell studie

Den experimentella studien syftar till att göra prov på det som undersökts under förstudien på ett vetenskapligt sätt. Experimentella studier utgår från oberoende variabler och beroende variabler, där det är de oberoende variablerna som varieras. Denna studie undersökte korrelationer mellan brandbeteende och de valda oberoende variablerna. De variablerna i denna studie är dimensioner, placering och orientering av materialet som testas. De beroende variablerna, det vill säga variablerna som har samma utgångspunkt vid varje prov, är brandens effektutveckling och temperatur. För att det ska vara en korrelation mellan brandbeteendet och de oberoende variablerna ska:

- brandens effektutveckling och temperatur (beroende variabler) varieras av att dimensioner, placeringen och orienteringen (oberoende variabler) av materialet varieras,

- dimensionerna, placeringen och orienteringen varieras innan det sker en förändring i brandens effektutveckling och temperatur,
- andra oberoende variabler ska till bästa möjliga förmåga elimineras för att man med stor validitet ska kunna dra slutsatsen att det är de oberoende variablerna som undersöks som påverkar de beroende variablerna.

Det som undersöktes i experimenten var effektutvecklingen, temperaturen på fyra olika höjder och vilken ytskiktssklass testen gav indikation på. Mer om den experimentella studien och dess utförande samt datahantering i avsnitt 4 *Genomförande av experiment*.

3 Bakgrund

Detta kapitel är resultatet av den litteraturundersökning som utfördes i detta arbete. Bakgrunden ska ge den kunskap och information som är behövlig för att få en mer omfattande förståelse för arbetet, dess ämne samt syfte och mål. Det ska även ligga till grund för den experimentella studien.

3.1 Boverkets byggregler

Sedan 1947 har det funnits rikstäckande moderna lagstiftningar i Sverige (Boverket, 2016) då Byggnadsstyrelsens anvisningar till byggnadsstadgan, BABS 46, kom. Sedan dess har byggreglerna utvecklats och haft många utformningar för att bli de byggreglerna vi har idag, Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i händelse av brand i byggnader – BFS 2024:7. Det är byggreglerna som styr kravnivån för bland annat brandsäkerheten i byggnader. Kraven på brandsäkerhet ser idag olika ut för olika byggnader beroende på vilken byggnadsklass byggnaden hänförs till. Ju större skyddsbehov en byggnad har desto högre blir kraven. Exempel på byggnader med högre skyddsbehov är byggnader med många våningsplan (Boverket, 2024a).

För att förhindra brandspridningen inom en byggnad gäller det generellt att ytskiktet på väggarna lägst uppfyller kravet C-s2,d0 (Boverket, 2024a), vilket kan vara gipsskiva med tapet (Boverket, 2023a). Sedan 1968 har det funnits tydliga krav på ytskikt i byggnader, men även avsteg från kraven (Statens planverk, 1968). Lägre ytskiktsklass accepterades på maximalt halva väggytan och avstegen gällde inte för trapphus eller utrymningsvägar (Statens planverk, 1968). I Boverkets nybyggnadsregler bedömdes undantaget acceptabelt då ”den sammanlagda exponerade omslutningsarean i varje rum är högst 20 procent av den horisontella takarean” (1989, s. 363). Sedan dess har detta undantag i stort sett varit oförändrat men i och med BBR 1 förtydligades det att detta gällde ”mindre byggnadsdelar där

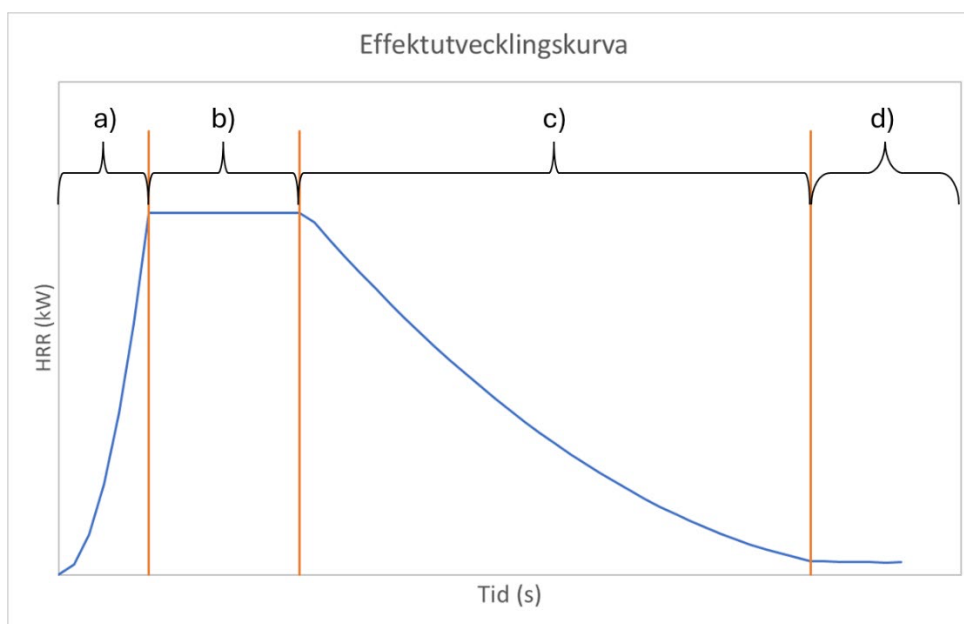
ytskiktet saknar betydelse för brandförloppet” (Boverket, 1993, s. 48). Boverket (2020) menar att mindre byggnadsdelar exempelvis kan vara dörrblad och golvlister. I dagens byggnadsregler BFS 2024:7 benämns inte detta undantag som 20 procent längre. Enligt 5 kap. 18§ beskrivs det i stället att lägre klassat material bland annat får användas för ”ytor där ytskiktet enbart kan förväntas bidra till brandförloppet i begränsad omfattning” och ”ytor i utrymmen där ytskiktet inte påverkar utrymningssäkerheten” (Boverket, 2024a, s. 26). I konsekvensutredningen för BFS 2024:7 beskrivs undantaget om 20 procent av anslutande tak eller vägg endast som en tumregel då det anses att fler faktorer än mängden material har betydelse för brandförloppet (Boverket, 2024b).

3.2 Brandeffekt och effektutvecklingskurva

Den sammanlagda energi som frigges per tidsenhet vid brand kallas för effektutveckling och ges ofta i enheten kW (kJ/s). Inom brandteknikområdet är det dock vanligare att använda sig av begreppet brandeffekt, även kallat *Heat Release Rate* (HRR), vilket är den energi som frigges vid brand (Karlsson & Quintiere, 2000). Det främsta sättet att kvantitativt beskriva en brands storlek på är via dess effektutveckling och därmed anses det vara den viktigaste variabeln när det kommer till att förutsäga hur stor av en brandfara något kan komma att vara (Babrauskas & Peacock, 1992).

Effektutveckling kan bestämmas genom beräkningar av ekvationer och matematiska modeller eller via mätningar i samband med tester i laborativ miljö. Testerna kan genomföras i olika skalor med varierande tekniker och verktyg, men vanligen används kalorimetern (Babrauskas, 2016). Mer om kalorimetern och dess funktion går att läsa i avsnitt 3.9.1 *Kalorimeter*. Efter ett kalorimetertest fås utdata, i form av mätvärden, som sedan kan användas för att göra en empirisk effektutvecklingskurva, även kallat HRR-kurva (Witkowski m.fl., 2016). Utseendet på en effektutvecklingskurva varierar mellan olika material och föremål. Normalt består kurvan av en tillväxtfas (a), vilket pågår under den tid det tar för en

brand att växa fram till dess att den når högsta HRR-värde, det vill säga toppen. Vissa material genomgår sedan en stabil massavbrinning under en period, även kallat *steady state* (b), för att därefter gå in i en avsvalningsfas (c). Slutligen övergår avsvalningsfasen till en svans (d), vilket vanligtvis är den period då branden är glödande. Material som förkolnar vid förbränning kan efter glödbranden följas upp av en flambrand (Mowrer & Williamson, 1990). Se Figur 1 för en exempelbild på en standardiserad effektutvecklingskurva.



Figur 1 Visar ett exempel på en effektutvecklingskurva där a) illustrerar tillväxtfasen, b) illustrerar steady state, c) illustrerar avsvalningsfasen och d) illustrerar svansen eller glödbranden.

3.3 Testmetoder och ytskiktsskisser

För att få sälja byggnadsmaterial som ska uppnå en viss standard inom EU måste produkten vara CE-märkt enligt byggproduktförordningen (Boverket, 2023b). Denna märkning uppnås via bland annat brandklassning enligt EN 13501-1 (SIS, 2019). Denna brandklassning omfattas exempelvis av brandprovningssmetoden EN 13823 (SIS, 2022a). Efter ett genomfört test enligt EN 13823, så kallat *Single Burning Item* (SBI) test, kan materialet som testats få en rad olika klassificeringar (RISE, u.å.-b). En huvudklass, A2, B, C, D, och två tilläggsklasser, rökproduktion (s1-s3) och brinnande droppar (d0-d2) (RISE, u.å.-b; van Mierlo & Sette, 2005). Det finns ytterligare tre huvudklasser, A1, E och F. Klass A1 och

A2 innebär obrännbara material medan B-F är brännbara material (Boverket, 2023a). För att klassificera byggprodukter till huvudklasserna A1, E och F används andra testmetoder än SBI (RISE, u.å.-c). Dessa testmetoder kommer inte behandlas i denna rapport då de huvudklasser dessa testmetoder medför inte är intressanta för undersökningen. Testmetoden SBI är tänkt att efterlikna en brand i ett hörn, så som en brand i en papperskorg (van Mierlo & Sette, 2005). Ursprunget till SBI-testerna är rumsbrandstestet *room corner test* som kommer från standarden SS-ISO 9705 (Boverket, 2023a).

3.3.1 Room corner test

Room corner test (SIS, 2017a) är ett fullskaligt ytskiktstest där en modell av ett rum byggs upp och materialet som ska testas monteras på väggar och tak, ej golv (RISE, u.å.-d). Enligt Svenska institutet för standarder (SIS) (2017b) ska modellrummet ha dimensionerna 3,6 x 2,4 x 2,4 m med en öppning som är 0,8 x 2,0 m. Det ska även bestå av obrännbart material och vara placerat inomhus utan drag. Antändningskällan för rumsbrandstestet är en propanbrännare som är 0,17 x 0,17 m och den ska stå i ett hörn på motsatt sida av dörren (SIS, 2017a). Testet pågår i 20 minuter varav de första 10 minuterna med propanbrännaren inställd på en effekt av 100 kW och de resterande 10 minuterna med en effekt av 300 kW (RISE, u.å.-d). Under testets gång samlas brandgaserna upp i kalorimeterns huv för att brandeffekt och rökproduktion sedan ska kunna uppmätas och beräknas. Samtidigt observeras flamspridning, brinnande droppar och övertändning visuellt. Rumsbrandstestet är tämligen omfattande och tidskrävande varför SBI-testet har tagits fram för att mer kostnadseffektivt kunna testa och verifiera fler byggnadsmaterial (Boverket, 2023a).

3.3.2 Single burning item test

SBI-testet är ett ytskiktstest i mellanskala som kan testa material monterat på vertikala väggar (SIS, 2022a; van Mierlo & Sette, 2005). Testet är uppbyggt av ett rätvinkligt hörn som står på ett golv. Väggarna har två olika storlekar, en stor och en liten. Den stora väggens

dimensioner är 1,0 x 1,5 m och den lilla väggens dimensioner är 0,5 x 1,5 m (SIS, 2022a). På golvet vid hörnet placeras antändningskällan, en propanbrännare. Materialet som ska testas monteras endast på väggarna då uppställningen inte har något tak. Testhörnet ska befinna sig i ett testrum för att det ska gå att kontrollera olika förhållanden likt rumsbrandstestet, exempelvis ventilationen. Testrummet ska vara 3,0 x 3,0 x 2,4 m och väggarna till rummet ska vara gjort av ett stenbaserat material (SIS, 2022a). Testet pågår i totalt 20 minuter med en effekt av 30 kW på brännaren. Liket rumsbrandstestet samlas brandgaser upp i en huv även under SBI-testet. Detta för att kunna räkna ut brandens effektutveckling, brandeffektens tillväxthastighet, värmeenergi, rökproduktion samt rökproduktionens tillväxthastighet. SBI-testet får således fram motsvarande resultat som det storskaliga rumsbrandstestet med undantag för övertändning (Boverket, 2023a).

3.3.3 Ytskiktsskisser

Resultatet från SBI-testet mynnar ut i att testmaterialen får en huvudklassificering som beror på hur de presterat i olika avseenden enligt EN 13501-1, se Tabell 1. Det som avgör vilken huvudklass materialet hamnar i är tillväxthastigheten för effektutvecklingen (FIGRA), den horisontella flamspridningen (LFS) och hur mycket värmeenergi som totalt produceras under de tio första minuterna (THR_{600s}). Utöver en huvudklassificering kan material även få en tilläggsklassificering. Tilläggsklassificeringen rökproduktion (s1-s3) styrs av rökproduktionens tillväxthastighet (SMOGRA) och den totala mängden rök som producerats under de tio första minuterna (TSP). Tilläggsklassificeringen brinnande droppar (d0-d2) styrs av mängden brinnande droppar under de tio första minuterna (van Mierlo & Sette, 2005). I detta arbete kommer endast huvudklassificering att undersökas. Tabell 1 visar kriterierna för de huvudklasser där SBI-testet används för att fastställa klassningen.

Tabell 1 Visar huvudklasserna, dess kriterier och exempel på byggprodukter för varje huvudklass. Huvudklasserna och dess kriterier är enligt EN 13501-1. Exempel på byggprodukter kommer från Boverket (2023a).

Huvudklass	Kriterier	Exempel på byggprodukt
<i>A2</i>	$FIGRA_{0,2 MJ} \leq 120 \text{ W/s}$ $LSF < \text{provkroppens kant}$ $THR_{600s} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Obehandlad gipsskiva
<i>B</i>	$FIGRA_{0,2 MJ} \leq 120 \text{ W/s}$ $LFS < \text{provkroppens kant}$ $THR_{600s} \leq 7,5 \text{ MJ}$	Målad gipsskiva
<i>C</i>	$FIGRA_{0,4 MJ} \leq 250 \text{ W/s}$ $LFS < \text{provkroppens kant}$ $THR_{600s} \leq 15 \text{ MJ}$	Tapetserad gipsskiva
<i>D</i>	$FIGRA_{0,4 MJ} \leq 750 \text{ W/s}$	Obehandlad träpanel

3.4 Beräkningar för att fastställa brandklass

För att kunna fastställa FIGRA och THR_{600s} , och därmed bedöma huvudklassen efter ett genomfört SBI-test, krävs ett antal handberäkningar. Dessa finns i EN 13823 (SIS, 2022a) och utgörs av ekvationerna på nästa sida.

$$HRR_{30s}(t) = \frac{0,5HRR(t-15)+HRR(t-12)+\dots+HRR(t+12)+0,5HRR(t+15)}{10} \quad \text{Ekvation 1}$$

Där:

$HRR_{30s}(t)$ är effektutvecklingens glidande medelvärde för tiden t baserat på effektutvecklingen 15 sekunder före och 15 sekunder efter t.

$$THR_{600} = \frac{3}{1000} \sum_{300s}^{900s} (\max [HRR(t), 0]) \quad \text{Ekvation 2}$$

Där:

THR_{600s} är den totala värmeutvecklingen för perioden $300 s \leq t \leq 900 s$ (MJ)

$HRR(t)$ är brandeffekten för testmaterialet (kW)

$\max [a, b]$ är de största värdena för a och b.

$$FIGRA_{0,2MJ} = 1000 \times \max. \left(\frac{HRR_{av}(t)}{t-300} \right) \quad \text{Ekvation 3}$$

Där:

$FIGRA_{0,2MJ}$ är brandeffektens tillväxthastighet för $HRR_{av}(t) > 3 \text{ kW}$, $THR(t) > 0,2 \text{ MJ}$ och $300 s < t \leq 1500 s$

$HRR_{av}(t)$ är det glidande medelvärdet av $HRR(t)$

$\max. [a(t)]$ är det maximala värdet för a(t) under den givna tidsperioden.

$$FIGRA_{0,4MJ} = 1000 \times \max. \left(\frac{HRR_{av}(t)}{t-300} \right) \quad \text{Ekvation 4}$$

Där:

$FIGRA_{0,4MJ}$ är brandeffektens tillväxthastighet för $HRR_{av}(t) > 3 \text{ kW}$, $THR(t) > 0,4 \text{ MJ}$ och $300 s < t < 1500 s$.

3.5 Värmetransport

Värmeenergi transporteras genom ledning (konduktivitet), strålning och strömning (konvektion) (Ondrus, 1996). Vid ledning sker värmeöverföring via molekylrörelse (Ondrus, 1996). Hur väl ett material leder värme beror på dess värmeledningsförmåga. Material med högre värmeledningstal är bättre värmeledare och har därmed lägre värmemotstånd.

Värmeledningsförmågan varierar bland annat beroende på materialets densitet. Generellt har material med högre densitet högre värmeledningsförmåga. Detta då mycket solida material förenklar värmeflödet vilket gör att värmetransporten sker mer effektivt (Shettihalli Anand Reddy, 2025). Andra parametrar som exempelvis fukthalt och temperatur påverkar också värmeledningsförmågan där högre fukthalt och temperatur ger högre värmeledningsförmåga (Sonderegger & Niemz, 2009).

Vid brand, mer specifikt rumsbrand, sker värmetransport mestadels via strålning men även strömning (Karlsson & Quintiere, 2000). Brandgaslager sprider värme via strålning till väggar och tak, samt luft och andra omgivande ytor. Detta bidrar bland annat till en högre brandeffekt (Karlsson & Quintiere, 2000). Strålning innefattar överföring av värmeenergi via elektromagnetiska vågor mellan två varma ytor. Värmeenergi sprids från den avgivande ytan som, när den når den mottagande ytan, kan interagera på tre olika sätt; reflektion (studsas bort), absorption (tas upp) och/eller transmission (passera igenom) (Ondrus, 1996). Det är bland annat den mottagande ytans egenskaper och utseende som avgör vilket eller vilka av dessa interaktionssätt som uppstår. Mörka och grova material har exempelvis högre absorptionsförmåga än ljusa och blanka ytor.

Värmeöverföring mellan fast material och dess omgivande gas kan ske via strömning. Strömning kan förklaras som en kombination av de övriga värmetransportsätten och den rörelseenergi som frigges av en kropp som transporteras (Atreya, 2016). Rörelseenergin kan uppstå på grund av yttre faktorer, som vind, eller naturligt till följd av densitetsskillnader

mellan varm och kall gas. Dessa två rörelseorsaker kallas även för påtvingad och naturlig strömning (Atreya, 2016).

3.6 Brandspridning

Fasta material kan brinna i alla riktningar men flamspridning uppåt är den snabbaste och på en vertikal yta kan den ske tio gånger snabbare än horisontell flamspridning (Drysdale, 2011). Nedåtgående flamspridning är långsammare men har en mer konstant hastighet och är inte lika beroende av ytans vinkel som uppåtgående flamspridning.

3.6.1 Brandspridning i trä

Trä brinner genom att materialets yta värms upp och avger brännbara gaser. Dessa gaser blandas med syre och när brännbarhetsgränsen för gasen uppnås kan det börja brinna om det finns en antändningskälla i närheten (Hu m.fl., 2025). Om det är en låga som värmer upp materialet för att gaserna ska frigöras kommer samma låga antända gaserna och branden har spridit sig vidare i materialet. Tunna träbitar (1–2 mm) blir varma snabbt, vilket gör att hela materialet brinner samtidigt (Drysdale, 2011). Tjockare träbitar blir däremot inte varma lika snabbt vilket innebär att spridningsgraden hos trä blir mer oberoende av tjocklek ju tjockare träbitarna är. I stället för att hela materialet brinner påbörjas en förkolningsprocess när träet når cirka 200–250°C (Drysdale, 2011). Ett kolskikt bildas och fungerar som ett skyddande isolerande lager mot det opåverkade materialet undertill. Detta leder till att en mindre mängd brännbara gaser frigörs från materialet vilket i sin tur saktar ner brandspridningen. Branden blir dessutom långsammare på grund av kolskiktet då det har sämre värmeledningsförmåga än resterande delen av träet. (Drysdale, 2011).

Värmeledningsförmågan längs träets fibrer är ungefär dubbelt så stor än vad den är vinkelrätt mot träets fiberriktning (Drysdale, 2011). Trä är anisotropt vilket medför att det går snabbare att antända en träbit längs dess yta än vid dess avskurna ände (Flynn m.fl., 2026). Trästrukturen börjar brytas ner vid 300°C, vilket först visar sig i form av sprickor i kolskiktet

vinkelrätt mot fiberriktningen. Djupare kolskikt följs av bredare sprickor som bildar ett mönster som kallas för *crocodiling/alligatoring* (Drysdale, 2011). Detta mönster ansågs tidigare vara en indikation på hur brandförloppet kan ha gått ut. Detta är dock inte en metod som används idag då den inte har utretts och därav är väldigt osäker.

3.6.2 Brandspridning i spånskiva

Spånskiva är ett träbaserat homogent material som görs på små korn av sågspån och andra trärester. Detta genom att blanda in lim till råmaterialet för att sedan forma och pressa ihop massan till skivor (Shettihalli Anand Reddy, 2025). Enligt Svenskt Trä (2015) används spånskivor exempelvis till väggar, undergolv och möbler samt inredning.

Spånskivor finns i tjocklekar från 8–38 mm, där 12–22 mm är det vanligaste att använda sig av i Sverige (CEOS, u.å.). Hur tjockleken påverkar förbränningsprocessen undersöktes av Jervis Calle (2012) där tunna skivor (6 och 12 mm) jämförs med tjockare skivor (15 och 18 mm). Detta visade att tunna skivor når högre effektutvecklingsvärden än vad tjockare gör. Tjockare skivor har dock längre antändningstid och brinner under en längre tid än vad tunnare skivor gör (Jervis Calle, 2012). Detta beror på att tjockare material har mer tillgängligt bränsle att förse branden med. Jervis Calle (2012) skriver även att densitet och tjocklek har liten till ingen påverkan på förbränningsprocessen hos skivor som är termiskt tjocka.

Brandegenskaper hos spånskivor har tagits fram genom forskning av olika träbaserade material där de har testats gentemot varandra. Bland annat Shettihalli Anand Reddy (2025) har utfört flertalet försök genom bland annat SBI-test och ett anpassat test i mellanskala med vertikal brandspridning. Spånskivor har i dessa tester jämförts mot andra träbaserade material som plywood, Medium Density Fibreboard (MDF) och Oriented Strand Board (OSB). Vid dessa försök visades det att spånskivor har liknande egenskaper som de andra mer homogena, träbaserade materialen MDF och OSB (Shettihalli Anand Reddy, 2025). Plywood har lägre

högsta HRR-värde samt snabbare antändningstid jämfört med de andra materialen. Den termiska trögheten är även högst hos plywood där MDF och spånskiva jämförelsevis har relativt konstanta termiska egenskaper. Detta på grund av materialens homogenitet.

Karyaparambil m.fl. (2022) utförde laborationer där vertikala spånskivor utsattes för flammor med propan som antändningskälla för att få fram brandegenskaper hos detta material. Bland brandegenskaperna var det bland annat flamspridning och förkolningstemperatur som togs fram i denna undersökning. Resultatet gav en medelflamspridning på omkring 3,2 mm/s för spånskivor samt en förkolningstemperatur på 300°C (Karyaparambil m.fl., 2022). Det är alltså vid denna temperatur som spånskivan började förkolningsprocessen vid just denna undersökning.

Under förkolningsprocessen av spånskivor bildas det ett lager förkolnat material på ytan. Detta lager fungerar som ett skydd mot det obrända materialet undertill, likt trä. Det är vid detta tillfälle som spånskivor uppnår *steady state*. Denna period håller sedan vanligen på fram till att även materialet undertill börjar brinna och därmed får en ökad effektutveckling. Detta enligt Jervis Calle (2012), som vid undersökning observerade detta.

3.7 Flamhöjd

Det finns många olika definitioner på vad flamhöjden är, men Karlsson och Quintiere (2000) definierar medelflamhöjden som den höjd flamman har hälften av tiden. En annan definition för medelflamhöjden är den höjd som flamman har när flammans temperatur ligger mellan 500–600°C (Drysdale, 2011). Anledningen till att begreppet medelflamhöjd används i istället för flamhöjd är för att flamman, mer specifikt toppen av flamman, fluktuerar väldigt mycket (Karlsson & Quintiere, 2000). Detta gör även att flammans höjd kan variera mycket under en kort period. Medelflamhöjden blir mer konstant vilket gör att den är lättare att använda vid beräkningar och antaganden (Karlsson & Quintiere, 2000). Flamhöjden är en viktig parameter när det gäller flamspridning. En hög flamma är jämförelsevis farligare än en

lägre flamma som brinner under en längre tid då den högre flammen kommer i kontakt med mer intelligande material som kan antändas (Chow m.fl., 2017). Av denna anledning är det viktigt att veta hur flamhöjden kan uppskattas för att kunna begränsa dess påverkan på omgivningen. Det går även att få en inblick i hur ett brandförlopp kan komma att se ut då man vet en flamhöjd (Drysdale, 2011).

Hur hög flammen blir beror bland annat på hur branden och bränslet är placerat i ett utrymme. Är bränslet placerat i ett hörn eller mot en vägg blir flammen högre än om det hade varit placerat mitt i ett rum (Drysdale, 2011). När en flamma är placerad mot en vägg har den mindre exponerad yta som kan ta upp syre. Detta kompenseras genom att flammen blir högre, därav blir flamhöjden högre i ett hörn. Den flamhöjd som uppmäts i ett hörn är därför endast applicerbar för hörnbränder.

3.8 Tidigare forskning relaterade till arbetets frågeställningar

Detta avsnitt avser forskning som innefattat tester och undersökningar likt den experimentella studien som gjorts i detta arbete. Forskning som lyfts i detta avsnitt har till syfte att komplettera resterande bakgrund genom att ge kunskap kring hur just dimensioner, placering och orientering av brännbart material påverkar ett brandförlopp.

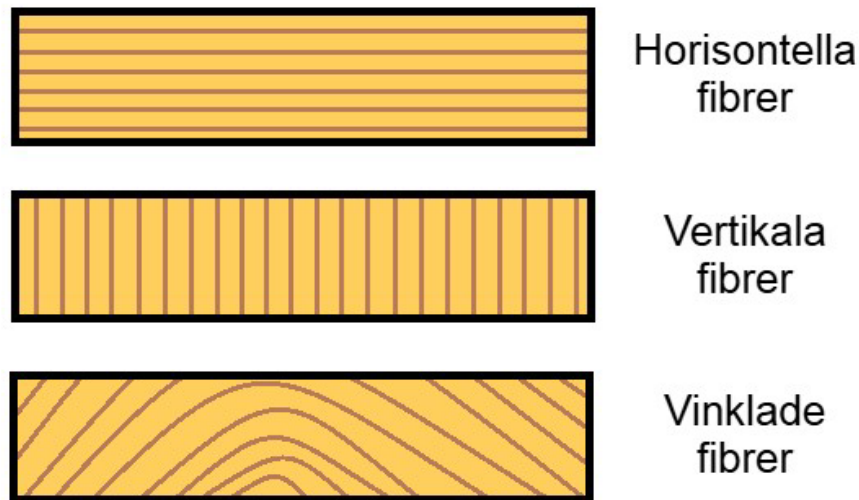
Meng m.fl. (2018) gjorde småskaliga experiment för att testa hur den vertikala flamspridningen påverkades av plywoods tjocklek. De testade plywood i tre olika tjocklekar, 2, 3 och 6 mm. Den tjockaste skivan uppmätte långsammast flamspridning vilket enligt Meng m.fl. (2018) berodde på att värmeenergin gick åt till att värma upp mer material. Därav blev yttemperaturen lägre på det tjockaste materialet jämfört med det tunnaste.

Flamspridningen från en yta till en annan beror mycket på hur de är placerade gentemot varandra. B. Zhou, Wang, Xu, m.fl (2021) testade om avståndet mellan olika träskivor hade någon påverkan på brandspridningen. Detta genom ett småskaligt test med vertikal egenanpassad uppställning. De gjorde 20 olika experiment där de varierade tjockleken på

träbitarna (1–4 mm) samt avstånden mellan träbitarna (10–30 mm). Uppställningen till försöken bestod av sex träbitar uppställda på höjden. För varje test hade träbitarna samma storlek och det var samma avstånd mellan samtliga bitar. Deras resultat visar på att lufttrummet mellan träbitarna påskyndar den vertikala flamspridningshastigheten till en viss grad. När avståndet blev för stort blev det ett avbrott i flammen som drog ner flamspridningshastigheten. Flamspridningshastigheten påverkades även av tjockleken på träbitarna. De tjockare träbitarna visade inte på samma ökning i flamspridningshastigheten som de tunnare bitarna gjorde, vilket B. Zhou , Wang, Xu, m.fl. (2021) menade berodde på att ett kolskikt hann bildas på de tjockare bitarna som hindrade vidare uppvärmning av materialet.

B. Zhou, Wang, Yang, m.fl. (2021) gjorde en till studie där de undersökte brandförloppen vid vertikal flamspridning för trä med olika tjocklek och avstånd gentemot varandra. Testet var småskaligt med en egenanpassad vertikal uppställning. Denna studie fokuserade i stället på fiberriktningen hos träet och vilken påverkan den har på brandförloppet. De gjorde 60 olika försök där tjockleken på träbitarna varierade mellan 1–4 mm, avståndet mellan träbitarna varierade mellan 1–3 cm och fiberriktningarna som undersöktes var horisontella, vertikala och vinklade, se Figur 2 för visualisering. Försöken visade att den vertikala flamspridningen är snabbast i den horisontella fiberriktningen och långsammast i den vinklade riktningen. Skillnaden mellan samtliga riktningar var däremot inte så stor och det visade sig att det var tjockleken på provbitarna som påverkade hastigheten mest. Visuellt kunde de observera att under de tio första sekunderna var flamspridningen snabbast för den vinklade fiberriktningen och långsammast i den horisontella riktningen. I slutet av experimentet var flamspridningen snabbast i den horisontella fiberriktningen och långsammast för de vinklade fibrerna. Detta för att värmespridningen för provbiten sker i

fiberriktningen, värmespridningen påskyndar flamspridningen (B. Zhou, Wang, Yang, m.fl., 2021).



Figur 2 Illustrerar horisontella, vertikala och vinklade fibrer hos trä.

I en studie utförd av Y. Zhou m.fl. (2025) undersöktes det hur densitet och tjocklek påverkar värmeöverföring och flamspridning vid brand av förtätat trä (*densified wood*). Tjockleken varierade mellan 2–10 mm och densiteten mellan 281–1080 kg/m³. Experimentet bestod bland annat av en horisontell strålande panel och ovanpå denna panel lades träprover. Flamspridning och flamhöjd lästes av och resultatet av detta uppvisade att för tjockare träprover (6–10 mm) minskade flamhöjden med ökad densitet (Y. Zhou m.fl., 2025). En lägre flamhöjd leder till ett lägre värmefflöde i uppvärmningszonen vilket i sin tur även ger en lägre flamspridning. Vad gäller tunnare träprover (2–4 mm) ökade flamspridningen med ökad densitet fram till och med 650 kg/m³, vilket blev vändpunkten då flamspridningen i stället minskade. Flamhöjden genomgick liknande utveckling och ökade till en början för att sedan minska. Detta på grund av att en ökning av densitet till en början innefattar mer involvering av brännbar gas och därmed högre flamhöjd. Högre densitet kräver dock mer värme i början av förloppet, vilket gör att temperaturhöjningen i andra delar av förloppet sänks och därmed

även flamhöjden (Y. Zhou m.fl., 2025). Högsta flamspridningen uppvisades vid 6 mm då densiteten var mindre än 430 kg/m^3 , och 4 mm då den var större än 430 kg/m^3 .

Zeinali m.fl. (2021) gjorde en undersökning där de testade och jämförde hur brandeffekten, flamhöjden och värmespridningen förändrades av mängden brännbart material. Testen utgjordes av SBI-test där hörnet bestod av en brännbar vägg tillsammans med en obrännbar vägg, eller två brännbara väggar. De använde sig av plywood- och MDF-skivor som brännbart material. Det obrännbara materialet som användes var gipsskivor. Testerna utfördes som SBI-test och därav var de två testväggarna av olika storlek. För att ta hänsyn till den varierande storleken varierades placeringen av det brännbara och obrännbara materialet så att båda materialen testades på den stora respektive den lilla väggen. Resultaten visade att det som skiljde testerna med en respektive två brännbara väggar åt mest var brandeffekten, därefter flamhöjden och minst skillnad var det i värmeutvecklingen. Två MDF-skivor uppmätte en brandeffekt som var 45 procent större än den sammanlagda brandeffekten för en MDF-skiva på den korta sidan och en MDF-skiva på den långa sidan. Samma resultat blev det även för plywoodskivorna men med en brandeffekt som var 50 procent större. Slutligen var den totala värmeutvecklingen nästintill densamma när de jämförde resultatet av två brännbara väggar med det sammanlagda resultatet av värmeutvecklingen för en brännbar vägg på den korta sidan och en brännbar vägg på långsidan.

3.8.1 Slutsatser av tidigare forskning

Det finns många olika faktorer som påverkar hur ett brandförlopp ser ut. Enligt avsnittet ovan har materialets tjocklek stor inverkan på flamspridningshastigheten. Tjockare material har markant långsammare flamspridningshastighet än tunna material (Meng m.fl., 2018; B. Zhou, Wang, Xu, m.fl., 2021; Y. Zhou m.fl., 2025). Flamhöjden påverkas inte så mycket av mängden brännbart material (Zeinali m.fl., 2021) däremot har tjockleken på

materialet en tydlig påverkan (Y. Zhou m.fl., 2025). Precis som att flamspridningen blir snabbare med ett tunnare material blir flamhöjden högre.

B. Zhou, Wang, Xu, m.fl. (2021) gjorde tester som visade på att avståndet mellan materialet som testats påverkade brandförloppet. Ett avstånd gentemot inget avstånd leder till en snabbare flamspridning, men om avståndet blir för stort minskar flamspridningshastigheten.

Även fiberriktningen hos trä har en inverkan på brandförloppet. B. Zhou, Wang, Yang, m.fl. (2021) kom fram till att flamspridningshastigheten är snabbast då träfibrerna är horisontella. De kom dock också fram till att den faktorn som påverkar brandspridningen mest är tjockleken på provbiten. Vid tjockare provbitar blev det inte så stor skillnad i flamspridningshastigheten för de olika fiberriktningarna längre.

Mängden material som brinner och finns tillgängligt påverkar också hur branden har möjlighet att utvecklas. Zeinali m.fl. (2021) såg detta när de gjorde SBI-test och varierade mängden brännbart material. De kom fram till att brandeffekten ökade oproportionellt jämfört med mängden material.

3.9 Laborationsapparater

Testförsöken i detta arbete innefattar bland annat laborationsapparater som samlar in mätdata som sedan blir en del av resultatet i detta arbete. Hur dessa fungerar och vad de mäter förklaras mer ingående i detta avsnitt.

3.9.1 Kalorimeter

Kalorimetern (*furniture calorimeter*) är ett laborationsinstrument som används för tester av större storlek, ofta gällande möbler där flertalet olika material ingår i testobjektet. Testobjektet placeras under kalorimeterns huv tillsammans med vald antändningskälla för att sedan antändas. Förbränningsprodukter fångas upp i huven och transporteras via utsugskanalen till olika analysinstrument (Janssens, 2016). De ingående instrumenten som

finns i kalorimetern uppmäter förbränningsprodukterna i variabler så som gashalter (syre-, kolmonoxid- och koldioxidnivåer), temperatur, flödeshastighet och ljustransmission. Utifrån detta kan bland annat brandeffekt beräknas (Sundström, 1993; Janssens, 2016).

Kalorimetern ger bäst resultat vid laborationer som pågår under en längre tid. Detta då man vill ge de utsläppta gaserna och produkterna tid att transporteras från det testade materialet till de ingående mätinstrumenten i kalorimetern (Morrisset m.fl., 2024). Det är följaktligen inte optimalt att använda sig av denna typ av laborationsapparat, i alla fall inte i stor skala, vid mer kortvariga laborationer då det kan ge ett missvisande resultat. Vid mätning av effektutveckling har kalorimetern en osäkerhet på 5-10 procent (Morrisset m.fl., 2024) och ger därmed inte ett fullt pålitligt resultat. Detta bör tas i beaktning vid användandet av laborationsapparaten.

3.9.2 Termoelement

Termoelementet är ett enkelt instrument som används för mätning av temperatur (Duff & Towey, 2010). Det är en kostnadseffektiv och robust metod med godtagbar noggrannhet. Enligt Duff och Towey (2010) är den vanligaste varianten av termoelement i brandförsök av typ K med ett mätbart intervall på -200 till +1250 °C. Duff och Towey (2010) menar på att fördelarna med termoelement av typ K är termoelementets vidd i temperaturmätning, dess tålighet, förmåga att snabbt uppmäta temperatur samt att de värms upp och lagrar temperatur så pass lite att det vid en liten termisk massa inte har någon påverkan. Med uppmätt temperatur kan man uppskatta annan information kring en undersökning. Exempelvis kan en medelflamhöjd uppskattas genom att se vilken höjd flammen har då temperaturen ligger mellan 500–600°C (Drysdale, 2011).

Termiskt inducerad inhomogenitet kan uppstå hos termoelement, vilket innebär en ojämn påverkan av omgivningen på grund av att trådens olika delar har utsatts för olika temperaturer över tid. Spänningen hos termoelementet per temperaturdifferens blir då

växlande i tråden. Detta leder i sin tur till att uppvisad temperatur kan vara inkorrekt (Edler m.fl., 2021). Detta kan dock förhindras genom omkalibrering.

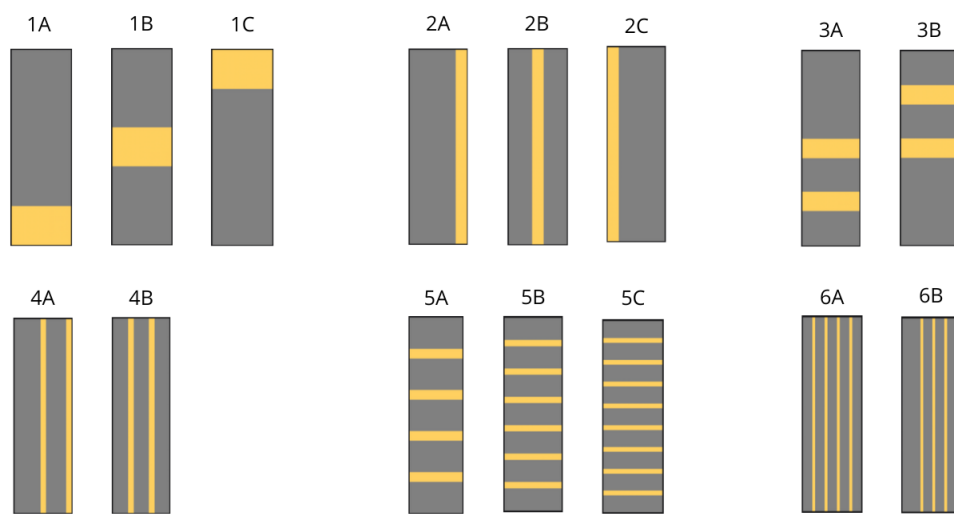
4 Genomförande av experiment

De faktorer som ansågs påverka brandförloppet mest efter genomgång av tidigare studier var tjockleken på materialet (Meng m.fl., 2018; B. Zhou, Wang, Xu, m.fl., 2021; Y. Zhou m.fl., 2025), fiberriktningen hos materialet (B. Zhou, Wang, Yang, m.fl., 2021) samt avstånd mellan olika bitar av materialet (B. Zhou, Wang, Xu, m.fl., 2021). För att begränsa arbetet valdes det att endast gå vidare med och undersöka den sistnämnda av dessa variabler.

Undantaget för lägre klassat material i byggreglerna kommer från att kunna godkänna exempelvis lister av trä i ett utrymme där trä annars inte hade varit acceptabelt (Boverket, 2020). Med hänsyn till att exemplen som ges i byggreglerna främst är olika typer av lister togs beslutet att inte variera tjockleken på materialet i experimenten. Fiberriktningen hos materialet valdes också bort, då det lägre klassade materialet kan vara mycket annat än bara massivt trä. Massivt trä valdes bort som material till experimenten på grund av dess fibrer men även för att eventuella sprickor och kvistar i träet påverkar brandförloppet (Drysdale, 2011). Detta kan göra det svårt att analysera resultatet då det varierar mycket i materialet. Sammantaget leder detta till att den parametern som valdes att variera var avståndet mellan materialets olika bitar. Materialet valdes till spånskiva då det är ett homogent material (Shettihalli Anand Reddy, 2025) utan inhomogena avvikelser som kan påverka brandförloppet, så som sprickor och kvistar. Ett homogent testmaterial medför att materialet som testas är en beroende variabel, det vill säga icke varierande. Syftet med arbetet är att endast undersöka hur varierande dimensioner, placering och orientering av ett brännbart material påverkar brandförloppet. Av denna anledning är det av vikt att materialet förblir en beroende variabel.

När den oberoende variabeln och materialet hade fastställts sattes 15 olika uppställningar upp, med varierande dimensioner, placering och orientering. Dessa uppställningar visualiseras i Figur 3 nedan. Spånskivan för alla uppställningar tar upp

20 procent av gipsskivornas area för att följa den tumregel för den maximala mängden brännbart material i lägre ytskiktssklass som accepteras enligt 5 kap i konsekvensutredningen för BFS 2024:7 (Boverket, 2024b). Mer om detta i avsnitt 3 Bakgrund. I figuren visualiseras den vänstra av de två provkropparna för samtliga uppställningar. Uppställningarna är grupperade utefter antalet testbitar och dess orientering, det vill säga om de är horisontellt eller vertikalt placerade på provkroppen. Uppställning 3A, 4A, 5B och 6B repeteras en gång vardera och dessa repetitionsförsök kallas i detta arbete för XXrep (exempelvis 3Arep).



Figur 3 Visar de olika uppställningarna i dess grupper. Provkroppen som visualiseras är den vänstra i hörnuppställningen.

4.1 Beskrivning av experimentell uppställning

Den experimentella uppställningen bestod av följande delar:

- Kalorimeter (se beskrivning i avsnitt 3.9.1 *Kalorimeter*)
- Förenklad SBI-uppställning
- Provkroppar bestående av två gipsskivor med testbitar enligt storlek och orientering beskrivning i Figur 3 och Bilaga 2. *Beskrivning av uppställningar*
- Gasbrännare enligt EN 13823 med bränslet propan
- Handhållen gasbrännare
- Fyra termoelement (se beskrivning i avsnitt 3.9.2 *Termoelement*)

- Tidtagarur
- Kamera för filmning av test
- Skyddskläder (overall, skyddsglasögon och handskar)

Hörnkonstruktionen stod under kalorimetern på en EU-pall och var gjord av cementbaserade skivor vid namn cembrit. På dess väggar fanns skenor i aluminium för provkropparna att skjutas in i. På botten av hörnkonstruktionen låg tegelstenar utplacerade för gasbrännaren att positioneras på, se Figur 4. Varje testförsök bestod av två provkroppar i gips med måtten 0,45 x 1,20 mm, värmeledningstal 0,25 W/mK och brandklass A2-s1,d0 (Norgips Svenska AB, 2024). Provkropparna kilades på plats i skenorna med hjälp av träklossar, en som placerades uppe och en som placerades nere mellan provkroppen och cembritväggen. Detta medförde att det blev en luftspalt på ca 3 cm mellan provkroppen och cembritväggen.



Figur 4 Visar hörnuppställningen med gasbrännaren.

På varje provkropp var testbitar fastskruvade i olika konstellationer och storlekar enligt uppställningsbeskrivningen i Bilaga 2. *Beskrivning av uppställningar*, visualiserat i

Figur 3 ovan. Testbitarna var av 12 mm tjock spånskiva med brandklass D-s2,d0 och värmeledningstal 0,12 W/mK (Byggelit, 2018). För uppmätning av temperatur användes fyra termoelement av typ K som placerades genom höger provkropp på olika höjder. Detta genom att borra fyra hål 40, 60, 80 och 100 cm upp från brännaren och 15 cm in på väggen från hörnet. Termoelementen stack cirka 5 cm rakt ut från provkropparna.

På ett bord ungefär två meter bort från hörnkonstruktionen stod ett stativ uppställt med en mobiltelefon som filmade varje testförsök. Utanför laborationslokalen fanns ett kärl avsett för avfall där provkropparna slängdes efter utfört testförsök.

4.1.1 Avvikelser från SBI

Testförsöken som utförts i denna undersökning är baserade på SIS (2025) SBI-test. Avvikelser från standarden SS-EN 13823:2020+A1:2022 har dock gjorts och dessa listas i Tabell 2 på nästa sida.

Tabell 2 Redovisar vilka avvikelser som gjordes från SBI-testet. Vänster kolumn beskriver villkor för SBI-testet enligt EN 13823. Höger kolumn visar avvikelsen som gjordes i detta arbete för respektive villkor.

SBI-TEST	AVVIKELSE
Provkropparna ska ha dimensionerna 1,0 x 1,50 m (long wing) och 0,50 x 1,50 m (short wing)	Båda provkropparna hade dimensionerna 0,45 x 1,20 m
Uppställning ska vara placerat i ett testrum på en vagn	Uppställning var placerad öppet i en laborationssal på en EU-pall
Luftflöde ska vara kontrollerat	Luftflödet var inte kontrollerat
Kalorimeterns huv ska vara i anslutning till testrummet	Kalorimeterns huv var fritt placerad i laborationssalen
Två gasbrännare, där sekundärbrännaren ska stå och brinna i 180 sekunder innan huvudbrännaren sätts på	En gasbrännare stod och brann i 90 sekunder innan den förflyttades till dess rätta position i uppställningen
Försök ska upprepas minst tre gånger	4 av 15 försök upprepades en gång vardera
Ett test ska pågå i 20 minuter	Ett test pågick i 13 minuter
Två horisontella streck på uppställningen för lättare observation av flamhöjd	Fyra termoelement på provkroppen för att med hjälp av temperaturen kunna uppskatta flamhöjd
Provkroppar ska stå i kontrollerad miljö under minst 48 timmar (SIS, 2010)	Provkropparna stod i laborationsmiljö inomhus innan testerna

Somliga avvikelser gjorda i detta arbete har sin grund i undersökningens omfattning, tillgångar och begränsningar. Testförsöken utfördes i Brandlabbet, vilket är en laborationssal som inte har ett testrum till sitt förfogande. Uppställningen och kalorimetern inklusive dess huv finns därmed positionerat öppet i laborationssalen. Detta innebär att luftflödet inte kontrollerades på samma sätt som i ett SBI-test. I Brandlabbet finns det endast tillgång till en, och inte två, gasbrännare. Dock gjordes bedömningen att två stationära gasbrännare jämfört med en gasbrännare som flyttas till två positioner ger likvärdig effekt. Brinntiden för gasbrännaren på 90 sekunder valdes för att spara på gas. Det bedömdes initialt att 90 sekunder

brinntid kontra 180 sekunder inte hade någon nämnvärd påverkan på gasbrännarens medelvärde. Effektutvecklingen kontrollerades så att det kom upp i önskad effekt innan gasbrännaren flyttades.

Provkropparnas dimensioner innebar bland annat en lägre höjd i denna undersökning jämfört med ett SBI-test, vilket påverkade skalan på testet. Bredden begränsades till 0,45 m eftersom det initialt bedömdes att horisontell spridning ej skulle förekomma i någon större omfattning. Detta ledde även till att den horisontella flamspridningen, LFS, som i ett SBI-test baseras och mäts utifrån den längre provkroppen (long wing), inte undersöktes i detta arbete.

En kortare testtid för samtliga test i detta arbete beror bland annat på den begränsade tiden på en vecka i laborationssalen, samt arbetets storlek. Under denna vecka prioriterades det att hinna med flertalet olika testförsök för att fånga in en bred variation av uppställningar. Av samma anledning ledde detta även till att antalet repeterade testförsök begränsades till fyra. Det första genomförda testförsöket (5Brep) fortgick under en längre tid än 13 minuter då den exakta testtiden inte var satt. Vid detta tillfälle bedömdes det att brandförloppet inte förändrades nämnvärt efter cirka 10 minuter. Det var exempelvis inga flammor som spred sig eller fluktuerade horisontellt över kortsidan, likt bedömningen som gjordes innan testerna påbörjades. Därmed togs beslutet att korta ner tiden från 20 minuter för att effektivisera veckan i laborationssalen.

Flamhöjden studerades via termoelement i stället för okulärt. Därför valdes det att placera ut fyra termoelement på provkropparna i stället för att rita två streck. Mätningar via termoelementen gav ut mätdata mer exakt än vad okulära bedömningar kunnat göra. Samtliga försök filmades vilket gjorde det möjligt att jämföra flamhöjderna för testerna mot varandra.

Alla testförsök gavs samma förhållanden, förutsättningar och uppställning i så stor utsträckning som möjligt. Samtliga provkroppar förvarades i Brandlabbet ett par dagar innan testerna påbörjades och bedöms ha hållit liknande temperatur och fukthalt. Testerna

genomfördes sedan inom loppet av ett fåtal dagar. Då detta är en jämförande studie är det inte i huvudsak storleken på experimentens mätdata som undersöks, utan hur det ser ut för de olika scenarion som ställs upp. Det är därmed av stor vikt att de experimentella förhållandena är densamma mellan testförsöken.

4.2 Tillvägagångssätt vid experimentella försök

I nedanstående avsnitt beskrivs tillvägagångssättet för de experimentella testförsöken. Proceduren innan, under och efter testförsöken beskrivs ingående. Den experimentella undersökningen utfördes i Brandlabbet den 4:e till 6:e november 2025.

4.2.1 Procedur innan testförsök

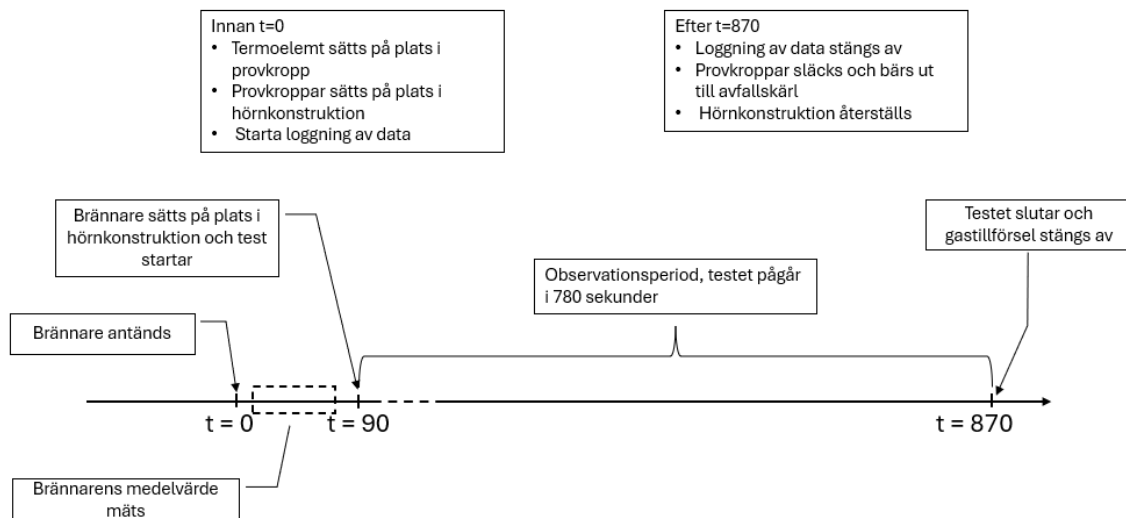
Innan testförsöken påbörjades vidtogs begränsnings- och skyddsåtgärder samt andra förberedelsemoment. Dessa bestod av att:

- skyddskläder togs på, vattenslang kopplades in och brandlarmet i lokalen stängdes av,
- dörren till det fria öppnades och avfallskärl ställdes utanför lokalen i det fria,
- brännaren förberedes och fläkten sattes på,
- gasbrännaren placerades utanför hörnkonstruktionen, men innanför kalorimetern,
- kalorimetern kalibrerades med hjälp från handledare eller annan sakkunnig.

4.2.2 Procedur under testförsök

Iordningställandet av uppställningen började med att termoelementen sattes i dess rätta positioner i provkroppen. Provkropparna fördes därefter in i skenorna och kilades fast med tråklossar. I samband med att uppställningen sattes upp förbereddes även datorn som via kalorimetern loggade mätdata. Gasventilen vreds på, flödesmätare startades och brännaren antändes. Flödesmätaren gav ett konstant flöde med propan vilket gav brännaren en effekt på 30 kW. Brännaren brann i 90 sekunder för att få en uppskattning av dess effektutveckling för

att sedan kunna ta hänsyn till detta vid beräkningen. Efter 90 sekunder flyttades brännaren med försiktighet in till sin position i hörnet. Brandförloppet pågick inne i hörnet i 13 minuter och därefter vreds gasventilen av och flödesmätare nollställdes. Brännaren togs tillbaka till dess ursprungliga position utanför hörnkonstruktionen och loggningen på datorn stoppades efter en kort tids avsvälning. Se Figur 5 för en schematisk tidslinje för genomförandet av ett test.



Figur 5 Visar en tidslinje för hur ett test gick till.

Bilder togs på uppställningen innan, under och efter tiden då mätdata loggades, det vill säga då brännaren var placerad i hörnkonstruktionen. Testförsöken filmades från början till slut. Under tiden som testförsöken genomfördes togs även anteckningar. Tider noterades när brännaren antändes och vid placering i hörnkonstruktion

4.2.3 Procedur efter testförsök

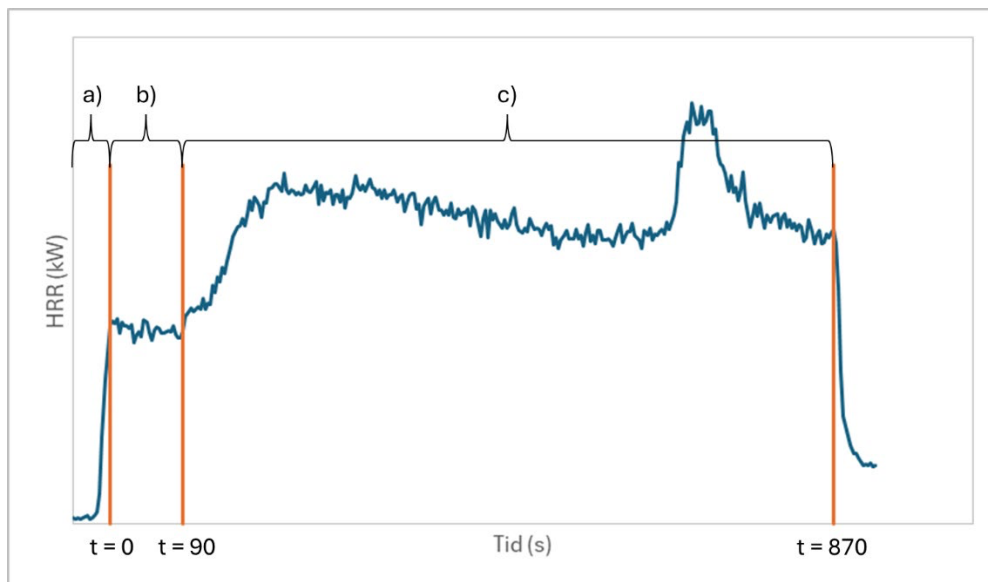
Vid behov påbörjades en mindre eftersläckning av provkropparna med en vattenspruta innan tråklossarna och termoelementen togs bort. Därefter blev de utburna till avfallskärlet som stod utanför laborationslokalen. Uppställningen sopades rent och snyggades till innan processen började om igen och nästa testförsök påbörjades. Mätdata som loggats på datorn under testet sparades ner.

4.3 Analys av data från tester

Den mätdata som loggades under testens gång bearbetades och beräknades enligt ekvationer i avsnitt 3.4 *Beräkningar för att fastställa brandklass*. Beräkningsgången för de olika resultaten presenteras nedan.

4.3.1 Effektutveckling

I den mätdata som insamlats via kalorimetern gavs värdet för effektutvecklingen gemensamt för brännaren och bränslet. Det första som gjordes var att ta fram effektutvecklingen för endast bränslet. Detta gjordes genom att först beräkna ett medelvärde av effektutvecklingen för brännaren. Brännarens medelvärde beräknades av den mätdata som samlades in under de 90 sekunder som brännaren brann innan testet startade, se Figur 6 nedan. Sedan drogs brännarens medelvärde bort från resterande effektutvecklingsvärden som samlats in under testets gång. För att effektutvecklingsgrafens endast ska visa bränslets effektutvecklingskurva sattes tiden till noll då brännaren sattes på plats i uppställningen.



Figur 6 Förklarar de olika faserna i effektutvecklingskurvan. a) illustrerar den mätdata som loggats från det att loggningen började till att brännaren antändes, b) illustrerar den del av effektutvecklingen som brännarens medelvärde beräknades av, c) illustrerar effektutvecklingen under de 13 minuter som testet varade.

För att effektutvecklingskurvorna lättare ska kunna jämföras mot varandra användes ekvation för glidande medelvärde (se Ekvation 1) för att jämna ut fluktuationer i

brandeffektkurvan. Detta gjordes enligt standard EN 13823. Kurvorna från varje test i samma grupp lades in i samma diagram för att kunna jämföra de mot varandra.

4.3.2 *Temperaturmätning*

Ett glidande medelvärde för temperaturen beräknades på samma sätt som för effektutvecklingen, Ekvation 1. Därefter lades termoelementsgraferna för termoelementen placerade 40 cm ovanför brännaren för varje test in i diagram. Kurvorna från varje test i samma grupp lades in i samma diagram för att kunna jämföra de mot varandra. Slutligen lades den teoretiska medelflamhöjdstemperaturen på 500°C in som referens i samma diagram.

Ett höjd-temperaturdiagram för varje grupp togs fram. Den beräknade temperaturen för det glidande medelvärdet vid 300 sekunder på termoelementens samtliga fyra höjder, 40, 60, 80 och 100 cm, lades in i ett punktdiagram. Temperaturerna för testerna i samma grupp lades in i samma diagram.

4.3.3 *Beräkningar och tabeller*

THR_{600s} samt FIGRA_{0,2MJ} och FIGRA_{0,4MJ} beräknades för samtliga försök enligt EN 13823. THR_{600s} beräknades med Ekvation 2 under de första 600 sekunder från det att brännaren sattes på plats i uppställningen. Först beräknades värdet för FIGRA_{0,2MJ} (Ekvation 3) och sedan värdet för FIGRA_{0,4MJ} (Ekvation 4). Ekvation 3 och Ekvation 4 beräknades för samtliga glidande medelvärden för effektutvecklingen. FIGRA_{0,2MJ} är det största värdet på FIGRA då THR_{600s} är större än 0,2 MJ men mindre än 0,4 MJ. FIGRA_{0,4MJ} är det största värdet på FIGRA då THR_{600s} är större än 0,4 MJ.

Värdet för THR_{600s} och de maximala värdena för FIGRA_{0,2MJ} och FIGRA_{0,4MJ} för varje test i samma grupp lades in i en tabell och det värsta testförsöket observerades. Det värsta testförsöket var det test som hade högst värden i tabellen. De värsta testen för samtliga grupper samlades ihop och jämfördes mot varandra i nya diagram och tabeller.

5 Resultat och analys

Nedan presenteras resultatet av den experimentella undersökningen i form av effektutvecklingskurvor, temperatur över tid och temperatur över höjd. Beräknade värden för THR_{600s} och FIGRA samt motsvarande indikerande ytskiktssklass presenteras även i tabeller. Uppställningarna har delats in grupper, 1–6, utifrån testbitarnas utseende och placering, se visualisering i Figur 3. De högsta beräknade värdena för samtliga grupper är fetmarkerade i tabellerna. Fullständiga mätdata från samtliga försök finns i separat Bilaga 4. *Mätdata*.

5.1 Grupp 1

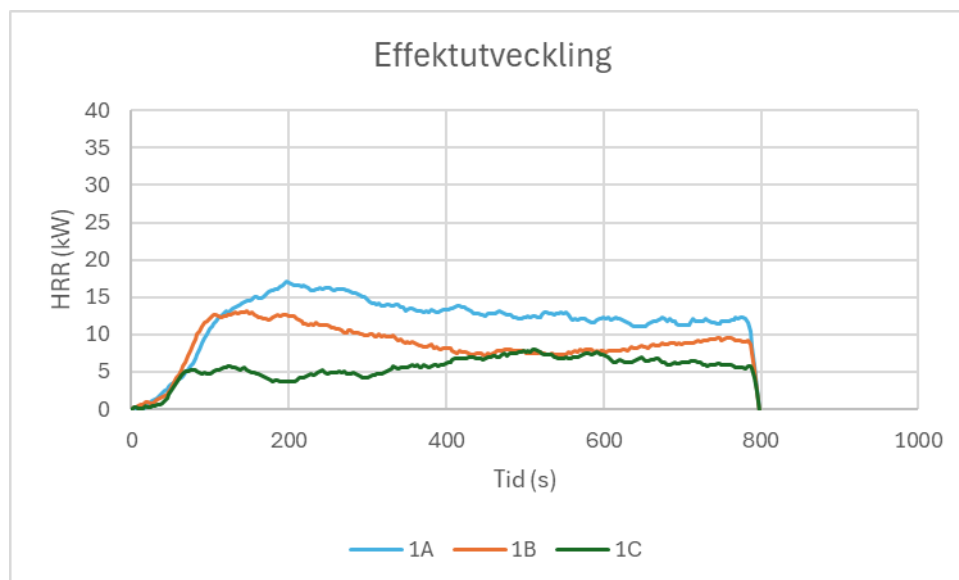
Grupp 1 bestod av tre uppställningar där alla provkroppar hade en horisontell testbit i samma storlek, se Figur 7 nedan. 1A hade testbiten placerad längst ned vid brännaren. 1B hade testbiten placerad i mitten på provkroppen. 1C hade testbiten placerad längst upp på provkroppen.



Figur 7 Visar uppställningarna för grupp 1 med testbitarnas dimensioner. Från vänster: 1A, 1B och 1C.

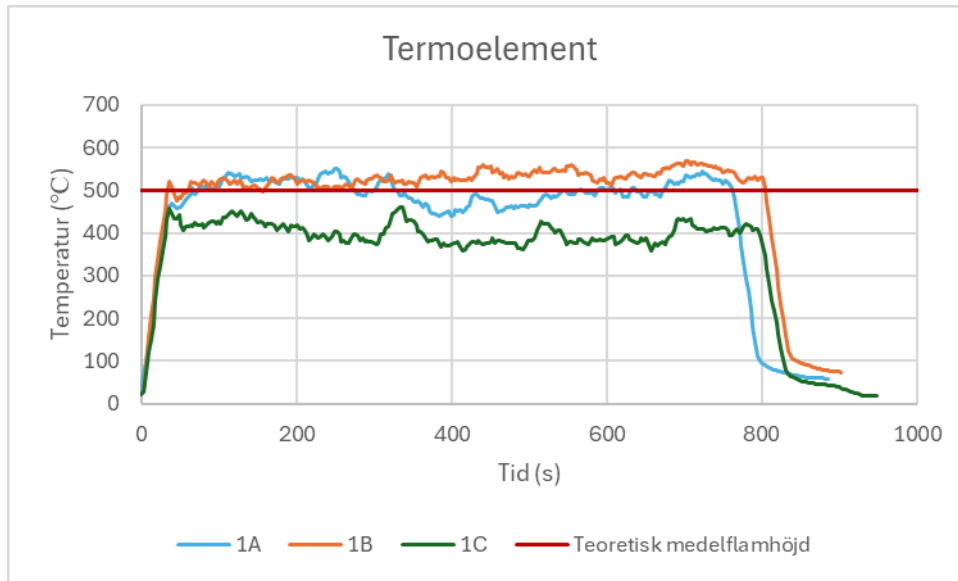
Enligt Babrauskas och Peacock (1992) är en brands effektutveckling det främsta sättet att kvantitativt beskriva och förutsäga hur stor av en brandfara det kommer vara (se avsnitt 3.2 *Brandeffekt och effektutvecklingskurva*). Effektutvecklingskurvan i Figur 8 visar att

uppställning 1A hade högst effektutveckling. Att det är just den uppställningen som blev värst är väntat då hela lågan kom i kontakt med spånskivan direkt från testets start. För uppställning 1B var det till en början endast toppen av flammen som var i kontakt med spånskivan. Detta fördröjde brandförloppet lite men i takt med att spånskivan började brinna spred sig flammen längre upp. För uppställning 1C var det till en början av testet bara en fluktuerande flamtopp som var i kontakt med spånskivan vilket gjorde att det tog lång tid innan antändning skedde. Tillväxtfasen för spånskivan tog längre tid i denna uppställning, detta kombinerat med att allt material inte brann gör att försöket inte kom upp i lika höga nivåer på effektutvecklingen.



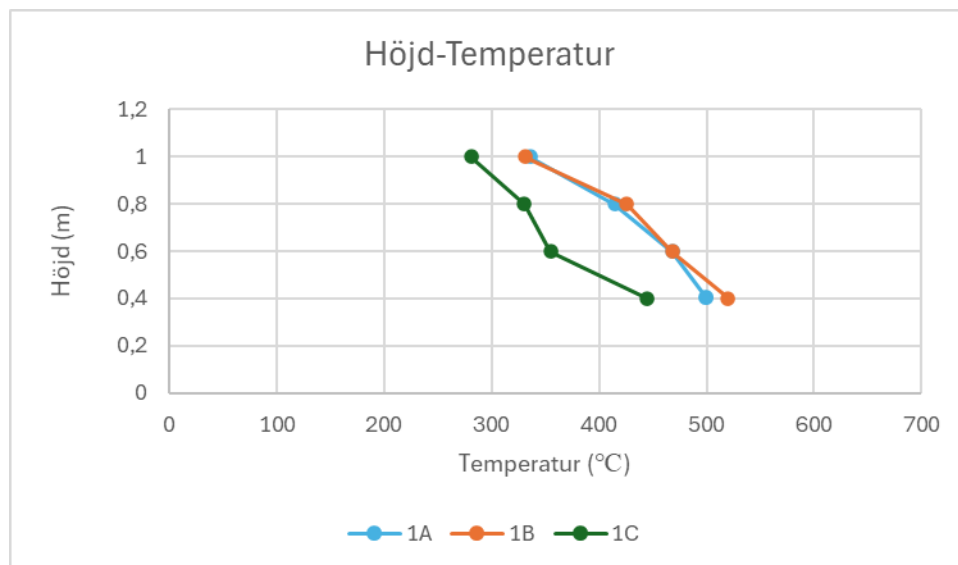
Figur 8 Visar effektutvecklingskurvor (HRR över tid) för uppställningar i grupp 1.

Termoelementsmätningarna som visas i Figur 9 nedan baseras på termoelementen som var placerade 40 cm ovan brännaren. Den teoretiska definitionen för medelflamhöjden är även utmärkt och enligt denna framstår det att uppställning 1B hade den högsta medelflamhöjden. För uppställning 1C påverkade det brännbara materialet inte temperaturen på denna höjd så mycket då materialet var placerat högre upp på provkroppen. Därav ligger den temperaturen en bit lägre än de två andra.



Figur 9 Visar temperaturkurvor (temperatur över tid) för uppställningar i grupp 1 vid 40 cm ovan brännaren.

Höjd-temperaturdiagrammet i Figur 10 visar den medeltemperatur som uppmättes vid tidpunkten 300 sekunder för samtliga höjder. Även här går det att se tydligt att uppställning 1C låg en bit under de två andra försöken.



Figur 10 Visar höjd över temperatur vid 300 sekunder för uppställningar i grupp 1. Punkterna visar den uppmätta temperaturen för respektive termoelementet.

I Tabell 3 nedan redovisas de uträknade värdena för THR_{600s} och FIGRA. Enligt dessa värden var uppställning 1B det försök som var värst. Både THR_{600s} - och FIGRA-värdena baserades på effektutvecklingen och trots att uppställning 1A hade en högre effektutveckling fick 1B högre beräknade värden. Detta medförde att uppställning 1B hänfördes till en annan

ytskiktsklass än de två andra uppställningarna. Enligt Tabell 1 är gränsvärdet för ytskiktsklass B 120 W/s.

Tabell 3 Redovisar de beräknade värdena för grupp 1. Även den ytskiktsklass som värdena hänför redovisas i tabellen. Den uppställningen med värst resultat är markerad i fet stil.

	THR _{600s} (MJ)	FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	Ytskiktsklass
1A	0,693	113	96,8	B
1B	0,773	168	135	C
1C	0,432	71,4	33,2	B

5.2 Grupp 2

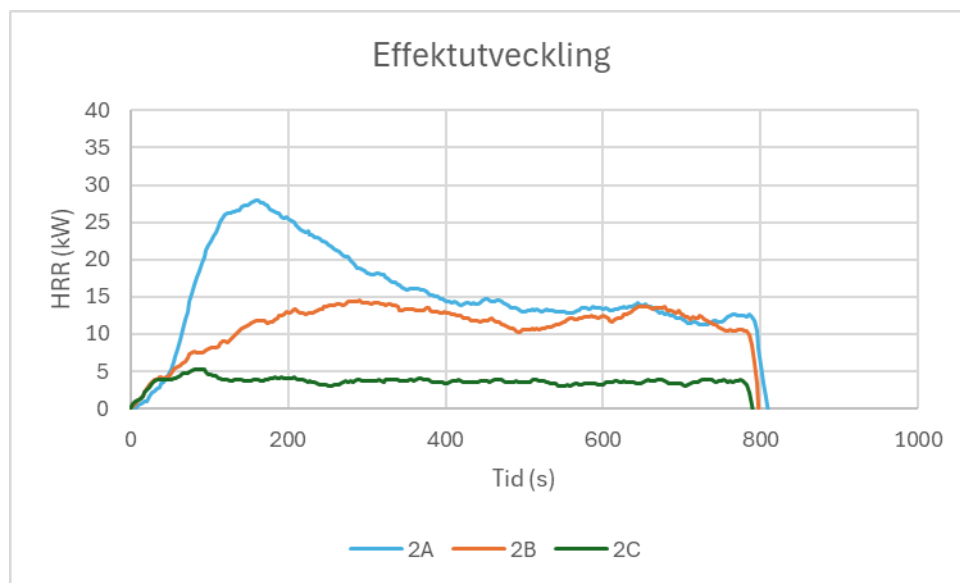
Uppställning 2 bestod av tre tester där alla tester hade en vertikal testbit i samma storlek på varje provkropp, se Figur 11 nedan. 2A hade testbitarna placerade längst in i hörnet vid brännaren. 2B hade testbitarna placerade i mitten på provkropparna. 2C hade testbitarna placerade längst ut på provkropparna, längst bort från brännaren.



Figur 11 Visar uppställningarna för grupp 2 med testbitarnas dimensioner. Från vänster: 2A, 2B och 2C.

Enligt Figur 12 nedan hade uppställning 2A tydligt högst effektutveckling. Detta kan bero på att testbitarnas placering på den uppställningen simulerade en större täckning än

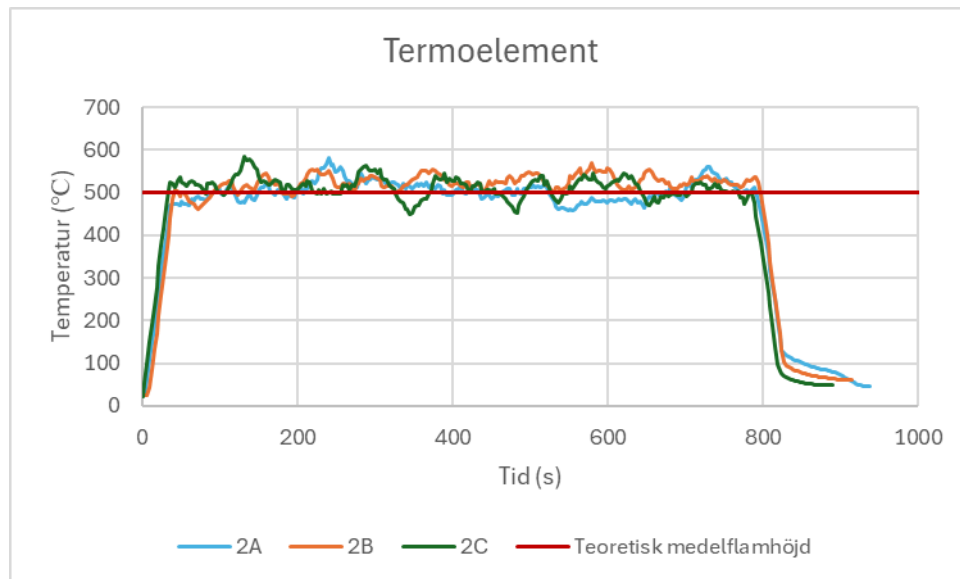
20 procent. Flamman exponerade mycket material redan från start direkt när testet började. Materialet förbrändes då ganska snabbt, vilket visar sig i effektutvecklingskurvan i form av en snabb tillväxtfas. Detta efterföljdes sedan av en mer stabil fas av effektutvecklingen på en betydligt lägre nivå. Uppställning 2B hade en hyfsat stabil effektutveckling under hela testperioden vilket kan bero på att det endast var ytterkanterna av flamman som kom i kontakt med spånskivan. Detta resulterade i ett långsamt brandförlopp och en låg och stabil effektutveckling. Spånskivorna i uppställning 2C antändes under testets gång aldrig av flamman. De var placerade för långt bort från brännaren så det blev aldrig någon direkt kontakt från flamman till spånskivan. Endast värmeenergi i form av strålning från flamman nådde till spånskivan och det räckte inte för att självantändning skulle ske.



Figur 12 Visar effektutvecklingskurvor (HRR över tid) för uppställningar i grupp 2.

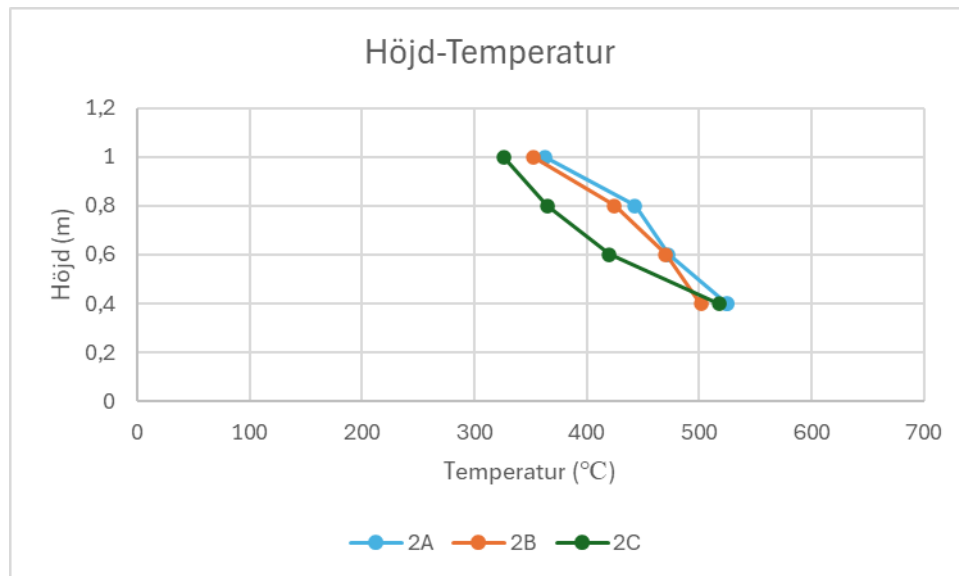
Enligt termoelements mätningen som redovisas i Figur 13 nedan låg alla uppställningar stabilt kring 500°C. Detta resultat är intressant då uppställning 2C aldrig började brinna, därav är det endast brännarens temperatur som visas i grafen. Detta till skillnad från de andra uppställningarna främst 2A där spånskivan antändes direkt. En anledning till att det knappt var någon temperaturskillnad mellan fallen kan bero på värmeledningsförmågan för de olika materialen. I uppställning 2C var flamman endast i kontakt med gipsskivan, vilket har ett

högre värmeledningstal. Detta innebär att flammen snabbt värmdde upp gipsskivan. Värmen reflekterades sedan tillbaka till flammen i stället för att absorberas av gipsskivan. För uppställning 2A och 2B var flammen i stället i direkt kontakt med spånskivan. Spånskivans värmeledningstal är ungefär hälften av gipsskivans värmeledningstal, vilket innebär att det tar mycket mer värmeenergi från flammen att värma upp spånskivan. Däremot började spånskivan själv avge värmeenergi när den väl antänt, vilket kan vara en förklaring till att temperaturen för de olika försöken hamnar på ungefär samma trots att mer värme försvinner från flammen i 2A och 2B.



Figur 13 Visar temperaturkurvor (temperatur över tid) för uppställningar i grupp 2 vid 40 cm ovan brännaren.

I Figur 14 nedan redovisas temperaturen vid 300 sekunder för samtliga höjder på termoelementen för de olika uppställningarna. I detta diagram är det en tydligare skillnad mellan de uppställningar som hade material som brann, 2A och 2B, och den uppställningen där materialet aldrig antände, 2C. För de termoelement som satt högre upp kan det observeras att uppställning 2C uppmätte lägre temperatur än de andra. Anledningen till att de två andra uppställningarna hade en högre temperatur var för att båda dessa försök hade material som brann och därmed bidrog till värmeökningen.



Figur 14 Visar höjd över temperatur vid 300 sekunder för uppställningar i grupp 2. Punkterna visar den uppmätta temperaturen för respektive termoelement.

I Tabell 4 nedan redovisas beräkningarna för THR_{600s} - och FIGRA-värdena för uppställning 2. I tabellen syns det tydligt att uppställning 2A var den värsta. Detta är i linje med effektutvecklingens resultat. De höga värdena på FIGRA för uppställning 2A resulterade i att denna uppställning hamnade två ytskiktsskylar lägre än de övriga uppställningarna.

Tabell 4 Redovisar de beräknade värdena för grupp 2. Även den ytskiktsskyl som värdena hänför redovisas i tabellen. Den uppställningen med värst resultat är markerad i fet stil.

	THR_{600s} (MJ)	$FIGRA_{0,2MJ}$ (W/s)	$FIGRA_{0,4MJ}$ (W/s)	Ytskiktsskyl
2A	1,30	283	277	D
2B	0,684	95,4	83,7	B
2C	0,343	58,3	27,4	B

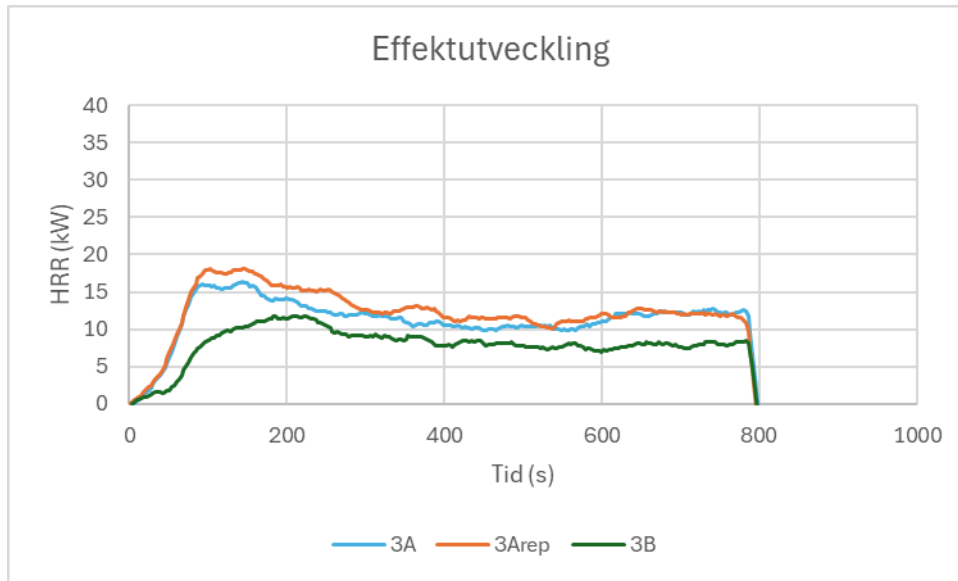
5.3 Grupp 3

Grupp 3 bestod av tre tester där alla tester hade två horisontella testbitar i samma storlek, se Figur 15 nedan. 3A hade en testbit placerad mitt på provkroppen och en längre ned vid brännaren. 3B hade en testbit placerad på mitten av provkroppen och en längre upp. I denna grupp gjordes även en repetition av uppställning 3A.



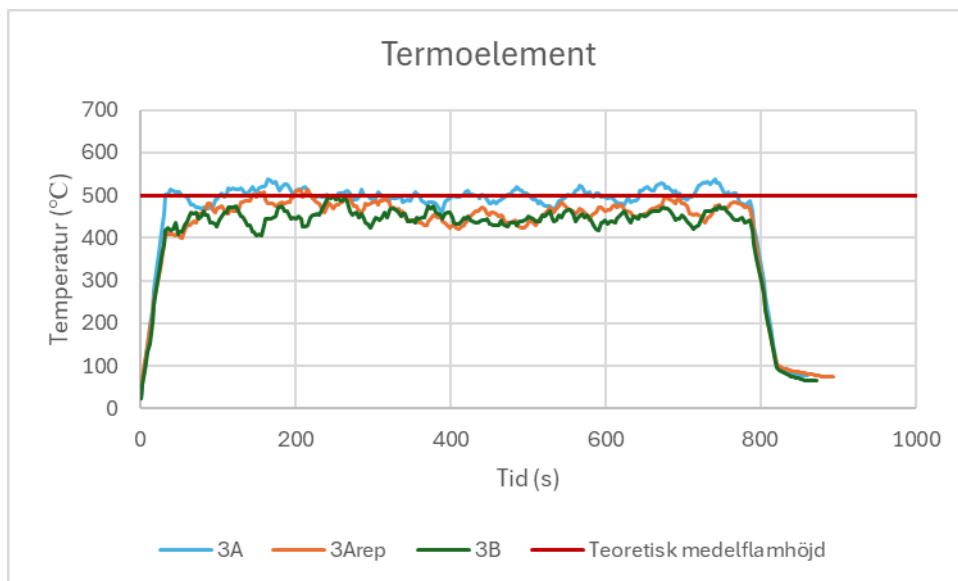
Figur 15 Visar uppställningarna för grupp 3 med dimensioner för varje testbit och avståndet mellan dem. Från vänster: 3A och 3B

I Figur 16 nedan redovisas effektutvecklingskurvan för samtliga tre försök. Effektutvecklingskurvorna för 3A och dess repetition blev mycket lika varandra till utseendet, vilket var förväntat då båda uppställningarna såg likadana ut. 3B hade en lägre effektutveckling än de två andra testerna men tydligast är skillnaden i tillväxtfasen på kurvorna. 3A och 3Arep hade en brantare tillväxtfas vilket berodde på att materialet antände tidigare och snabbare. Eftersom spånskivan var placerad längre bort från brännaren i 3B tog det längre tid innan det antändes. Det var även en mindre mängd material som antändes samtidigt än vad det var i 3A och 3Arep.



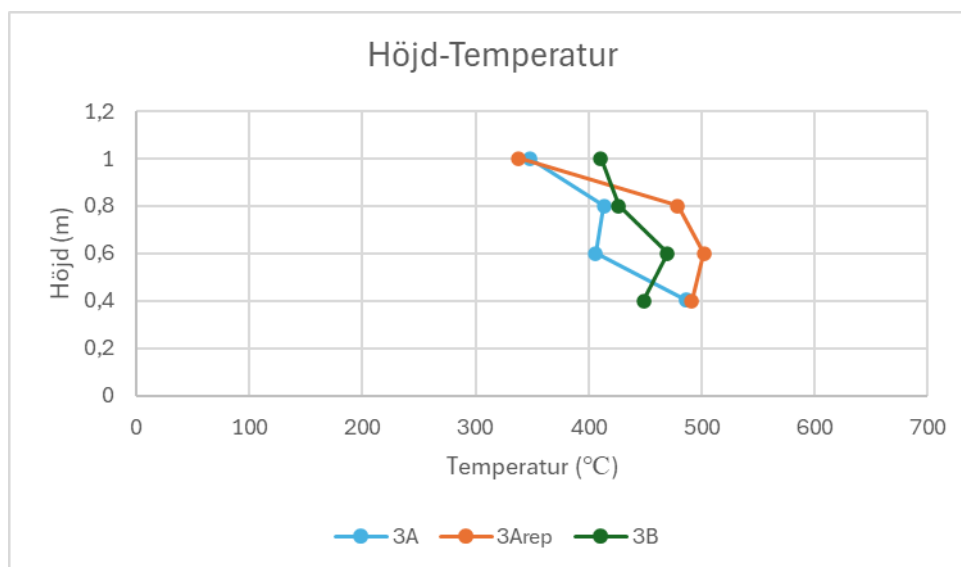
Figur 16 Visar effektutvecklingskurvor (HRR över tid) för uppställningar i grupp 3.

Figur 17 nedan presenterar termoelementet placerat på 40cm för samtliga försök i grupp 3. Enligt figuren hade uppställning 3A en högre temperatur än 3Arep och 3B. Medelflamhöjden på 500°C låg på 40cm för uppställning 3A men något lägre för de andra uppställningarna. Enligt effektutvecklingskurvorna följer kurva 3A och 3Arep varandra väl, men enligt termoelementsgraferna fanns det många likheter mellan försök 3Arep och 3B i stället.



Figur 17 Visar temperaturkurvor (temperatur över tid) för uppställningar i grupp 3 vid 40 cm ovan brännaren.

Höjd-temperaturdiagrammet i Figur 18 visar att temperaturen för uppställning 3B var ganska jämn mellan de olika höjderna. För testförsök 3A och 3Arep var skillnaden i temperatur mellan termoelementen större och skiljde ungefär 150°C mellan det högsta och det lägsta termoelementet. Det kan uppmärksammas att det högsta och det lägsta termoelementet för 3A och 3Arep i princip låg på samma temperatur. Däremot skiljde det nästan 100°C mellan dem för de två andra termoelementen. En anledning till detta kan vara att flammans fluktuerade mycket under brandens gång och det som redovisas i figuren nedan är temperaturen för en specifik tidpunkt. Då effektutvecklingskurvorna för 3A och 3Arep är tämligen lika bör även temperaturen för de olika testerna vara det. En annan anledning till att dessa temperaturer skiljer sig åt kan vara att det var något fel på termoelementen under testerna. Om en annan tidpunkt skulle redovisats i stället för 300 sekunder skulle grafen förmodligen haft ett annat utseende.



Figur 18 Visar höjd över temperatur vid 300 sekunder för uppställningar i grupp 3. Punkterna visar den uppmätta temperaturen för respektive termoelement.

Tabell 5 visar beräknade THR_{600s}- och FIGRA-värden för grupp 3. Testförsök 3Arep var den uppställning som fick värst resultat. Den fick markant högre värden än uppställning 3A som såg exakt likadan ut. Testförsök 3A fick ett resultat som påminner mer om 3B än om 3Arep. Detta är lite underligt men kan bero på att alla tre testen gjordes vid olika dagar och

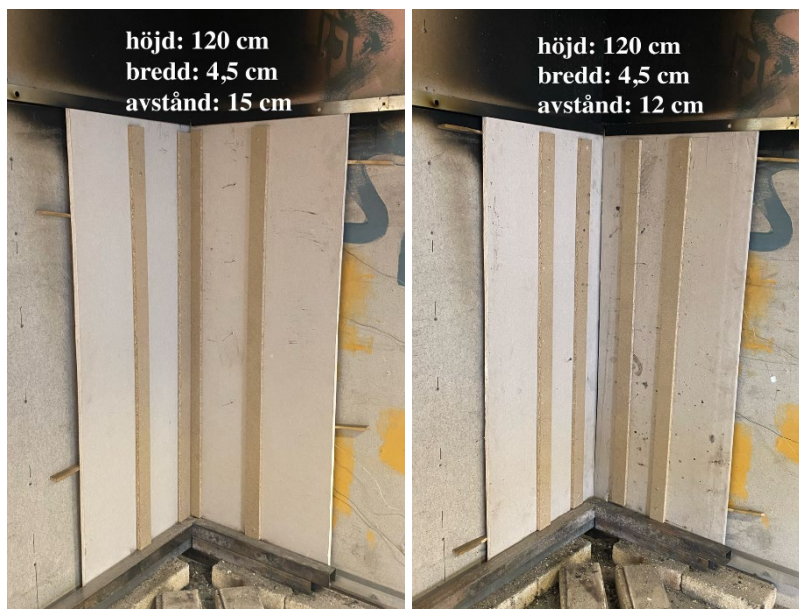
därmed kan ventilationsförhållanden ha varit något annorlunda. Med det sagt indikerar alla testerna ändå på samma ytskiktssklass.

Tabell 5 Redovisar de beräknade värdena för grupp 3. Även den ytskiktssklass som värdena hänför redovisas i tabellen. Den uppställningen med värst resultat är markerad i fet stil.

	THR _{600s} (MJ)	FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	Ytskiktssklass
3A	0,673	177	121	C
3Arep	0,872	216	177	C
3B	0,686	128	100	C

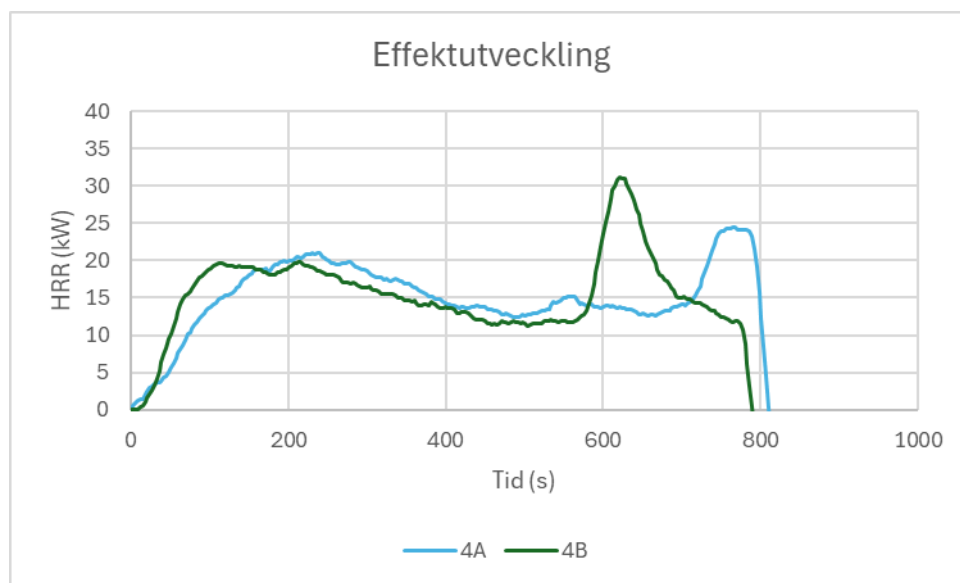
5.4 Grupp 4

Grupp 4 bestod av tre tester där alla tester hade två vertikala testbitar i samma storlek på varje provkropp, se Figur 19 nedan. Testförsök 4A hade en testbit placerad mitt på provkroppen och en i hörnet vid brännaren. Testförsök 4C har de två testbitarna placerade med jämn fördelning över hela provkroppen. I denna grupp gjordes även ett repetitionsförsök av 4A.



Figur 19 Visar uppställningarna för grupp 4 med dimensioner för varje testbit och avståndet mellan dem. Från vänster: 4A och 4B.

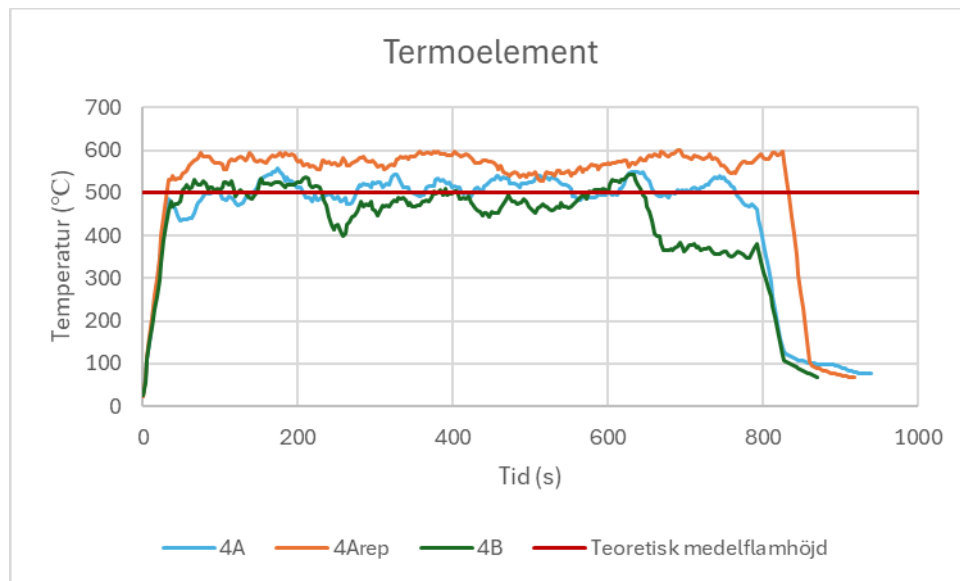
I effektutvecklingsdiagrammet nedan, se Figur 20, presenteras endast effektutvecklingskurvorna för 4A och 4B och inte för 4Arep. Detta beror på handhavandefel av mätutrustningen som resulterade i att mätdata för effektutveckling inte samlades in under det försöket. Effektutvecklingskurvorna för 4A och 4B påminner mycket om varandra trots att uppställningarna var olika. 4B hade en brantare tillväxtfas vilket kan bero på att flamman från brännaren kom åt materialet från alla exponerade ytor, det vill säga framifrån och sidorna. I 4A låg spånskivorna i hörnet diktan varandra och därav exponerades inte lika mycket brännbar yta direkt för flamman. Topparna som uppkommer mot slutet av kurvorna beror på att det skedde ett brott i materialet som exponerade ny brännbar yta. En anledning till att det skedde tidigare för 4B än för 4A kan vara för att 4B hade en snabbare tillväxtfas och därmed förbrände materialet snabbare.



Figur 20 Visar effektutvecklingskurvor (HRR över tid) för uppställningar i grupp 4.

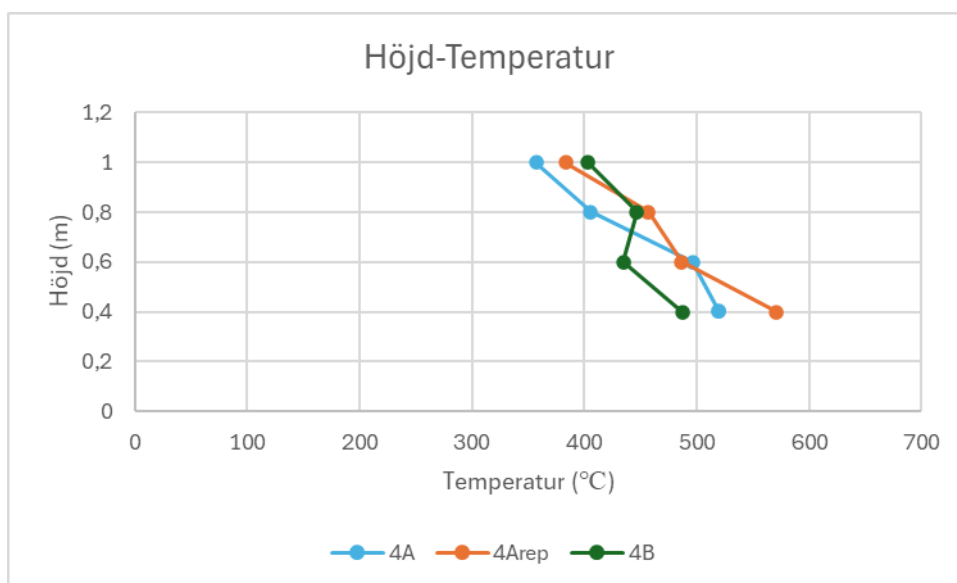
I Figur 21 nedan går det att avläsa termoelementens uppmätningar för respektive försök vid 40 cm höjd tillsammans med medelflamhöjden. Diagrammet visar att medelflamhöjden för 4A och 4B låg omkring 40 cm men för 4Arep låg medelflamhöjden något högre. Temperaturen för 4A och 4Arep borde rimligtvis ligga närmre varandra än 4B då uppställningarna ser likadana ut. Att de trots detta skiljer sig åt kan bero på många olika

faktorer. En faktor kan vara att testerna för 4A och 4Arep gjordes vid två olika dagar vilket kan ha resulterat i olika ventilationsförhållanden. En annan orsak kan vara den mänskliga faktorn och att uppställningarna därför inte var helt identiska. Materialet på provkropparna kan ha hamnat med lite annorlunda avstånd till varandra vilket kan ha lett till att det blev mer eller mindre exponerat för flammen.



Figur 21 Visar temperaturkurvor (temperatur över tid) för uppställningar i grupp 4 vid 40 cm ovan brännaren.

I Figur 22 nedan går det att avläsa temperaturerna för samtliga uppställningar för alla höjder som uppmättes. Enligt diagrammet följde temperaturerna för uppställning 4A och 4Arep varandra väl. Temperaturerna för uppställning 4B skiljde mycket mindre från högsta till lägsta termoelement än för de andra uppställningarna.



Figur 22 Visar höjd över temperatur vid 300 sekunder för uppställningar i grupp 4. Punkterna visar den uppmätta temperaturen för respektive termoelement.

Eftersom det inte registrerades någon mätdata för repetitionsförsöket gick det endast att beräkna THR_{600s} - och FIGRA-värden för 4A och 4B. Dessa redovisas i Tabell 6 nedan. Beräkningarna i Tabell 6 visar, liksom effektutvecklingskurvorna i Figur 20, att 4B hade en kraftigare lutning än 4A. Tabellvärdena gör det dock lättare att tolka och se just skillnaden mellan de två testerna jämfört med observation av kurvorna. Tabell 6 anger att uppställning 4B var den värsta av de två och även i närheten av att indikera på en annan ytskiktsslag.

Tabell 6 Redovisar de beräknade värdena för grupp 4. Även den ytskiktsslag som värdena hänförelse redovisas i tabellen. Den uppställningen med värst resultat är markerad i fet stil.

	THR_{600s} (MJ)	$FIGRA_{0,2MJ}$ (W/s)	$FIGRA_{0,4MJ}$ (W/s)	Ytskiktsslag
4A	1,03	178	157	C
4B	1,10	274	229	C

5.5 Grupp 5

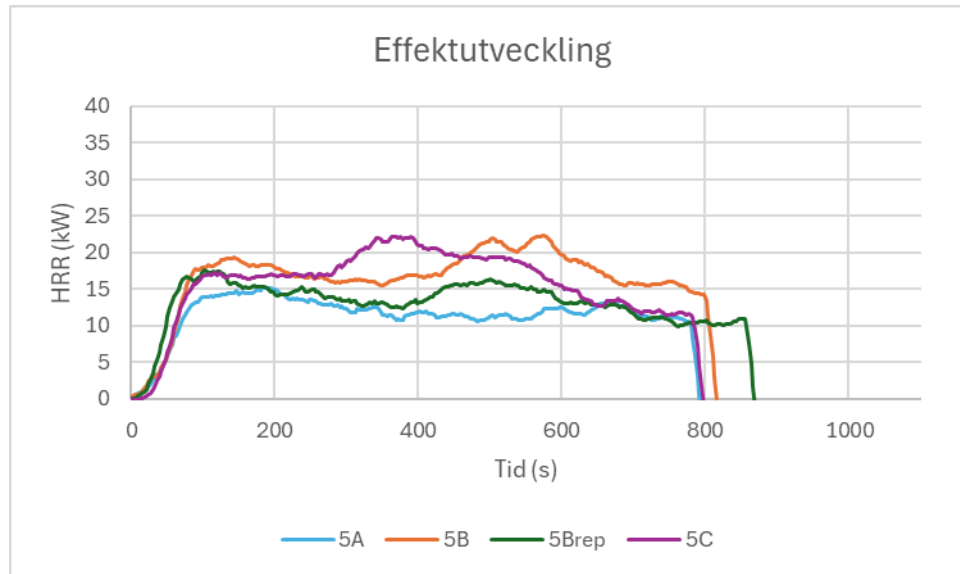
Grupp 5 bestod av fyra tester där alla tester hade en mängd olika horisontella testbitar i varierande storlek, se Figur 23 nedan. 5A bestod av fyra testbitar som var placerade jämt över provkroppen. 5B bestod av sex testbitar som var placerade jämnt över provkroppen.

5C bestod av åtta testbitar som var placerade jämnt över provkroppen. I denna uppställning gjordes även ett repetitionsförsök av 5B.



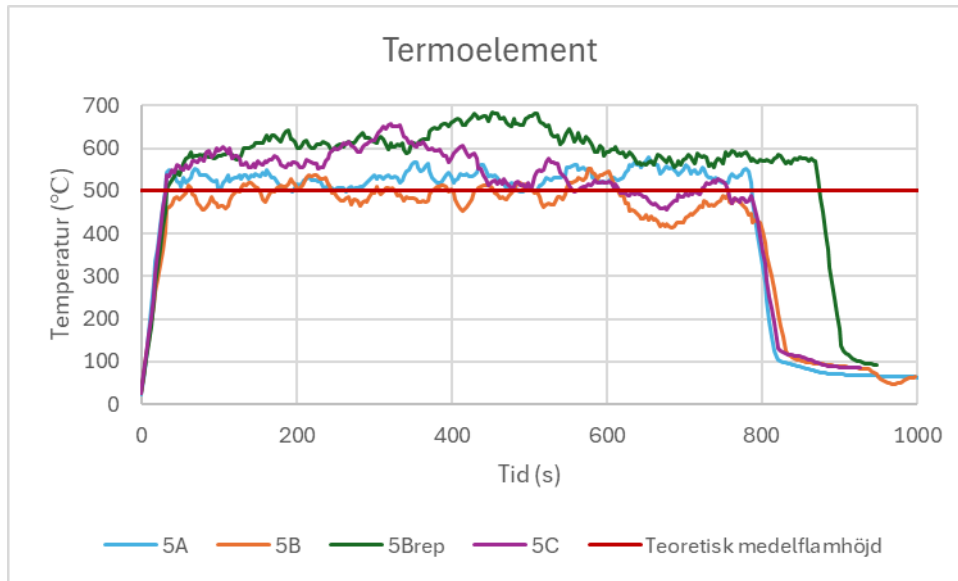
Figur 23 Visar uppställningarna för grupp 5 med dimensioner för varje testbit och avståndet mellan dem. Från vänster: 5A, 5B och 5C.

Topparna i kurvorna som kan ses i Figur 24 nedan kommer främst av att testbitarna gick sönder och exponerade nytt brännbart material. För uppställning 5A återfanns inga toppar i kurvan och brandförloppet såg relativt stabilt ut. Detta kan bero på att denna uppställning hade hyfsat breda testbitar vilket gjorde att de aldrig gick sönder under testets gång. Uppställning 5B hade lite smalare testbitar än 5A och i 5B gick första testbiten sönder vid den första toppen cirka 500 sekunder in i testet. Det obrända materialet på baksidan av testbiten exponerades för flammen och nytt material började brinna, därav att effektutvecklingen blev högre. Kort därefter gick två till testbitar sönder och en till topp i kurvan uppstod ca 580 sekunder in i testet. 5Brep hade generellt något lägre effektutveckling än 5B men fick en topp vid samma tidpunkt som 5B. Det var då första testbiten gick sönder som sedan efterföljdes av fler. För uppställning 5C skedde brottet av första testbiten efter toppen cirka 380 sekunder in i testet. I detta fall skedde toppen på grund av att ett antal testbitar en bit längre upp på provkroppen började brinna ungefär samtidigt.



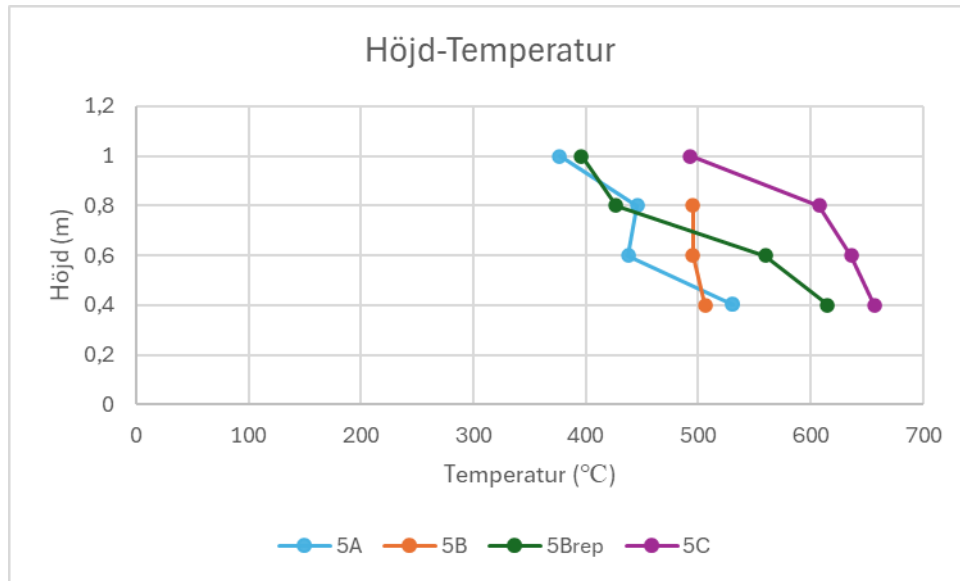
Figur 24 Visar effektutvecklingskurvor (HRR över tid) för uppställningar i grupp 5.

Figur 25 presenterar det varmaste termoelementet för samtliga försök tillsammans med temperaturen för den teoretiska medelflamhöjden. Enligt denna hade 5A och 5B en medelflamhöjd på omkring 40 cm. 5C hade första halvan av testet en medelflamhöjd som låg något högre än 40 cm för att sedan hamna på ungefär 40 cm mot slutet av testet. 5Brep hade under hela försöket en medelflamhöjd som var högre än för de resterande uppställningarna. En anledning till att 5Brep låg så mycket högre än de andra testerna kan bero på att det var det första försöket som utfördes. Det testet låg till grund för tiden som de andra testerna sattes till, och finjusteringar i termoelementens placering gjordes även efter detta test. Termoelementen satt på samma höjder under detta test som för alla andra tester och var utdragna lika långt från provkroppen. Däremot kontrollerades det inte lika noggrant att termoelementen stod rakt ut från provkroppen. Det kan alltså innebära att ett eller flera termoelement var böjt upp eller ner, in mot väggen vilket i sin tur gjorde att förhållanden inte blev desamma för detta test som för övriga. Således skall jämförelser göras med försiktighet och för stora slutsatser kan inte dras av detta test.



Figur 25 Visar temperaturkurvor (temperatur över tid) för uppställningar i grupp 5 vid 40 cm ovan brännaren.

Höjd-temperaturdiagrammet i Figur 26 visar termoelementens temperaturer för samtliga höjder vid tiden 300 sekunder. Termoelementet på höjd 100 cm för uppställning 5B fungerade inte under försöket vilket är anledningen till att den inte finns med i figuren. I termoelementsdiagrammet ovan är 5Brep det test som generellt hade varmast temperatur genom hela testet. Jämförs detta med höjd-temperaturdiagrammet syns det att 5Brep inte hade den varmaste temperaturen på någon höjd. Detta blir lite missvisande då det vid just 300 sekunder skedde en topp i temperaturen för 5C vilket resulterade i att 5C registrerade de varmaste temperaturerna i höjd-temperaturdiagrammet nedan. Om en annan tidpunkt hade valts att observeras i stället hade 5C kunnat visa lägre temperaturer.



Figur 26 Visar höjd över temperatur vid 300 sekunder för uppställningar i grupp 5. Punkterna visar den uppmätta temperaturen för respektive termoelement.

Tabell 7 nedan redovisar THR_{600s} - och FIGRA-värden för samtliga uppställningar.

Uppställning 5C var den uppställning som beräknades till värst resultat. Enligt tabellen går det från bredast testbit till smalast testbit i hur illa resultatet blev. Det test med bredast testbitar, 5A, var det test som fick lägst värden. 5C var det test som hade tunnast testbitar och även högst värden. Eftersom både THR_{600s} - och FIGRA-värden baserades på effektutvecklingen är det rimligt att de tunnaste testbitarna fick högst värde. Tunna testbitar innebar fler testbitar än breda testbitar för att uppnå samma täckning (20 procent) av provkroppen. Ett större antal testbitar ledde till fler sidor på testbitarna och i sin tur en större omslutningsarea. Detta gjorde det lättare för en större mängd material att brinna vilket kan vara en anledning till att uppställning 5C fick de högsta värdena i tabellen.

Tabell 7 Redovisar de beräknade värdena för grupp 5. Även den ytskiktssklass som värdena hänför redovisas i tabellen. Den uppställningen med värst resultat är markerad i fet stil.

	THR _{600s} (MJ)	FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	Ytskiktssklass
5A	0,817	182	138	C
5B	0,898	204	155	C
5Brep	0,818	220	156	C
5C	1,11	229	190	C

5.6 Grupp 6

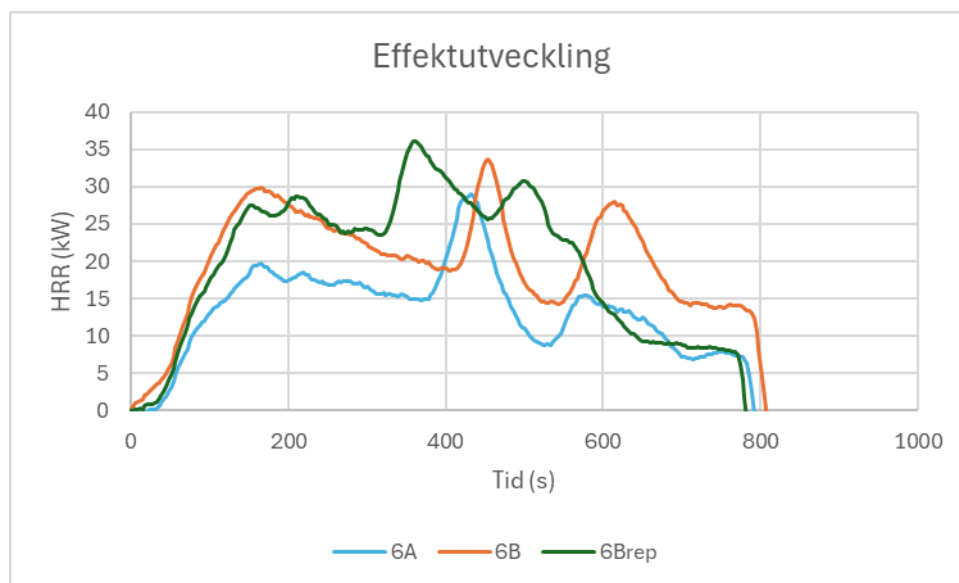
Grupp 6 bestod av tre tester där samtliga tester hade fyra vertikala testbitar i samma storlek på varje provkropp, se Figur 27 nedan. 6A hade testbitarna placerade med jämn fördelning över provkroppen. 6B hade testbitarna placerade med samma avstånd mellan varandra som i 6A med skillnaden att de var förskjutna in mot hörnet och brännaren. I denna uppställning gjordes även ett repetitionsförsök av 6B.



Figur 27 Visar uppställningarna för grupp 6 med dimensioner för varje testbit och avståndet mellan dem. Från vänster: 6A och 6B.

Topparna i graferna i Figur 28 kommer av att testbitarna böjdes av värmen och gick av vilket exponerade nytt material för flammorna. 6B och 6Brep hade två tydliga toppar medan

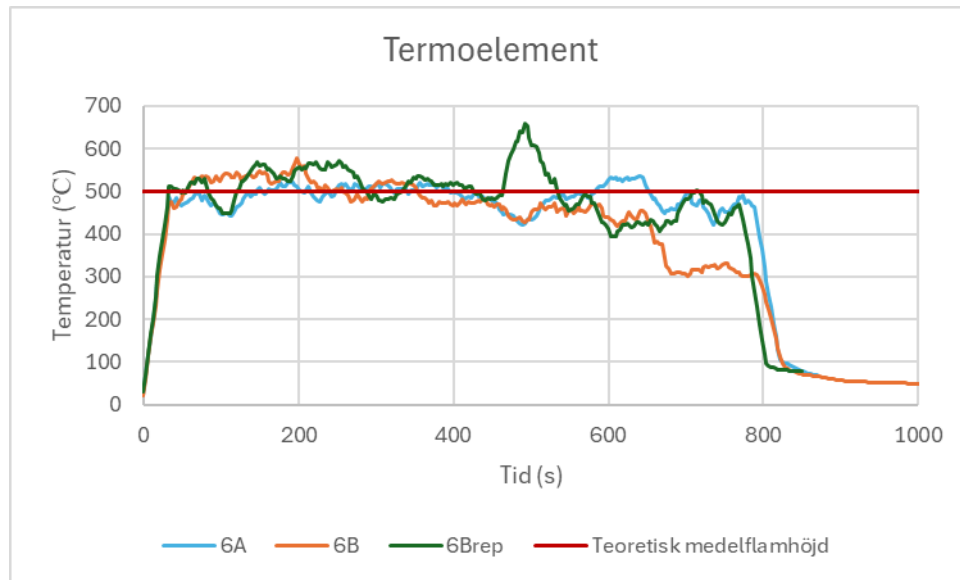
6A endast hade en. Detta beror på att i 6A satt allt material lite längre bort från brännaren än vad det gjorde i 6B och 6Brep. I de sistnämnda gick sex av åtta testbitar av och exponerade ny yta för flammen medan i 6A hände detta endast med fyra av åtta testbitar. Flamman nådde inte ut på samma sätt till de yttre testbitarna i 6A och branden spreds inte horisontellt mellan testbitarna. Detta var även anledningen till att 6A och 6Brep fick en dipp vid 10 minuter och hamnade på en ganska låg effektutveckling. Vid denna tidpunkt var de fyra respektive sex närmaste testbitarna uppbrända och det mesta hade även fallit av från provkroppen. De yttersta testbitarna som fanns kvar var för långt bort från flammen för att bli så påverkade vilket ledde till en lägre effektutveckling jämfört med test 6B. Anledningen till att detta inte var fallet för 6B var för att det tog längre tid för testbitarna att gå sönder vilket gjorde att brandförloppet blev lite förskjutet. Därav kom första toppen lite senare för 6B än för 6Brep.



Figur 28 Visar effektutvecklingskurvor (HRR över tid) för uppställningar i grupp 6.

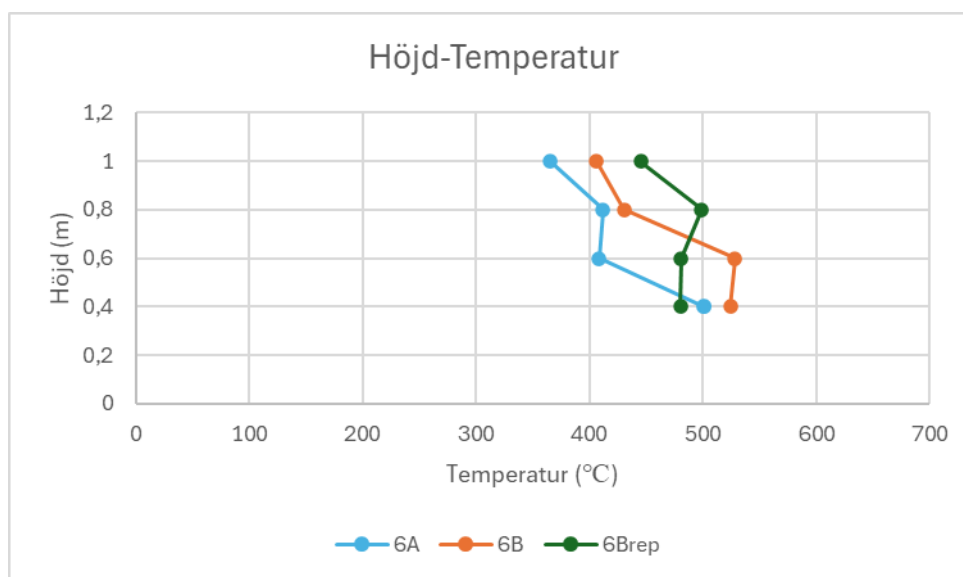
I termoelementsdiagrammet i Figur 29 var temperaturen för samtliga tester jämn under den första halvan av testet. Strax efter 400 sekunder började temperaturen skilja mellan testerna, detta var ungefär samtidigt som topparna i effektutvecklingen skedde, det vill säga ungefär samtidigt som testbitarna föll av. Vid ungefär 700 sekunder skedde en dipp i temperaturen för 6B som inte återfanns i de andra kurvorna. Detta kan bero på att en testbit

vid ungefär samma tidpunkt gick sönder. Detta kan ha lett till att värmeenergi från flammen gick åt till att värma upp den nyexponerade spånskivan, som i sin tur ledde till en minskad temperatur hos flammen.



Figur 29 Visar temperaturkurvor (temperatur över tid) för uppställningar i grupp 6 vid 40 cm ovan brännaren.

Höjd-temperaturdiagrammet i Figur 30 visar att temperaturen för alla olika tester generellt låg ganska nära varandra. Detta kan dels bero på att testbitarna var placerade vertikalt, alltså i flammans riktning, så materialet bromsade inte flammans höjd. Dels att testbitarna var smala vilket kan ha gjort det lättare för flammen att antända materialet då det snabbare blev uppvärmt tack vare en större omslutningsarea. Att temperaturen mellan testerna inte skiljde sig så mycket kan tyda på att placeringen i detta fall, 6A eller 6B, inte hade så stor inverkan på temperaturen där termoelementen var placerade.



Figur 30 Visar höjd över temperatur vid 300 sekunder för uppställningar i grupp 6. Punkterna visar den uppmätta temperaturen för respektive termoelementet.

Tabell 8 nedan redovisar resultatet av beräkningarna för THR_{600s} - och FIGRA-värdena för grupp 6. Denna tabell påvisar en tydligare likhet mellan 6B och 6Brep än vad som kunnat påvisas i tidigare diagram. THR_{600s} -värdet för 6Brep var högre än det för 6B medan FIGRA-värdena var högre för 6B än 6Brep. Enligt tabellvärdena som styr vilken ytskiktsslag testmaterialet ger indikation till, Tabell 1, är THR_{600s} mycket lågt för samtliga uppställningar i hela arbetet. Detta beror förmodligen på att det endast var 20 procent av provkroppen som bestod av brännbart material. I de fullskaliga SBI-testerna består hela provkropparna av materialet som testas. FIGRA-värdena däremot uppnår gränsvärden för olika ytskiktsslag, därför är det FIGRA-värdet som avgör vilket test som fått värst resultat i gruppen.

Tabell 8 Redovisar de beräknade värdena för grupp 6. Även den ytskiktsslag som värdena hänförs redovisas i tabellen. Den uppställningen med värst resultat är markerad i fet stil.

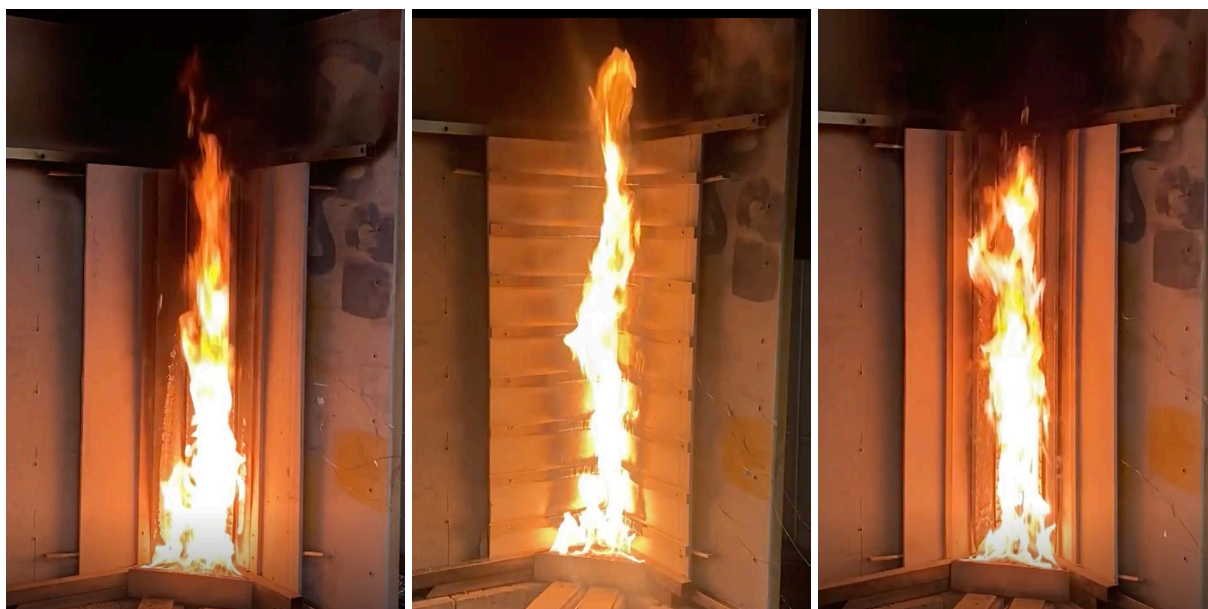
	THR_{600s} (MJ)	FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	Ytskiktsslag
6A	0,921	149	137	C
6B	1,28	221	219	C
6Brep	1,45	219	212	C

5.7 Jämförelse av värsta fallen

De uppställningar som beräknades ha högst THR_{600s}- och FIGRA-värden i samtliga grupper har samlats och jämförts mot varandra i figurerna uppvisade i detta avsnitt. En stillbild av samtliga testförsök vid 300 sekunder visas i Figur 31 och Figur 32 nedan.



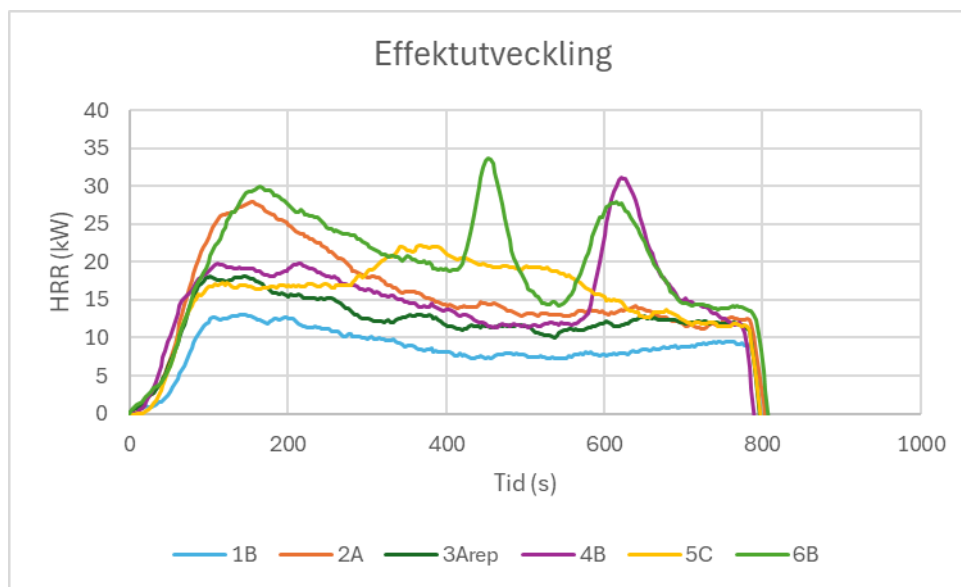
Figur 31 Visar en stillbild av flammhöjden vid 300 sekunder. Från vänster: 1B, 2A och 3Arep.



Figur 32 Visar en stillbild av flammhöjden vid 300 sekunder. Från vänster: 4B, 5C och 6B.

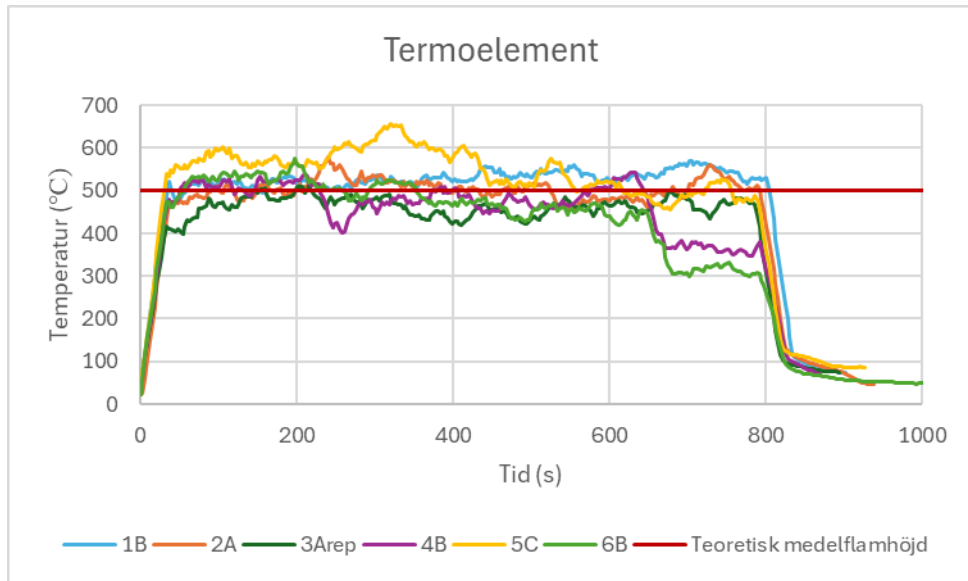
I Figur 33 presenteras effektutvecklingen för de värsta fallen. De flesta uppställningar hade en liknande tillväxtfas. Undantag var 1B, 2A och 6B. Uppställning 1B låg över lag lite

lägre i effektutvecklingen under hela testet än de andra. Tillväxtfasen för 2A och 6B pågick längre än för resterande och toppen blev därav tydligt högre. Den tydligaste skillnaden mellan de två ytterligheterna var att 1B endast hade en stor testbit och 6B hade flera tunna testbitar. Anledningen till att 2B också låg så högt var för att allt material i det testet träffades av flamman från det att testet startade. Uppställning 5C är också intressant då dess tillväxtfas var i linje med ett antal andra uppställningar som började gå ned igen efter tillväxtfasen. 5C hade i stället en tids *steady state* för att sedan öka igen. Det som skiljde 5C åt från de andra testerna var att den uppställningen hade mycket material utspritt över hela provkroppen. Materialet var smala testbitar vilket gjorde det relativt lättantändligt.



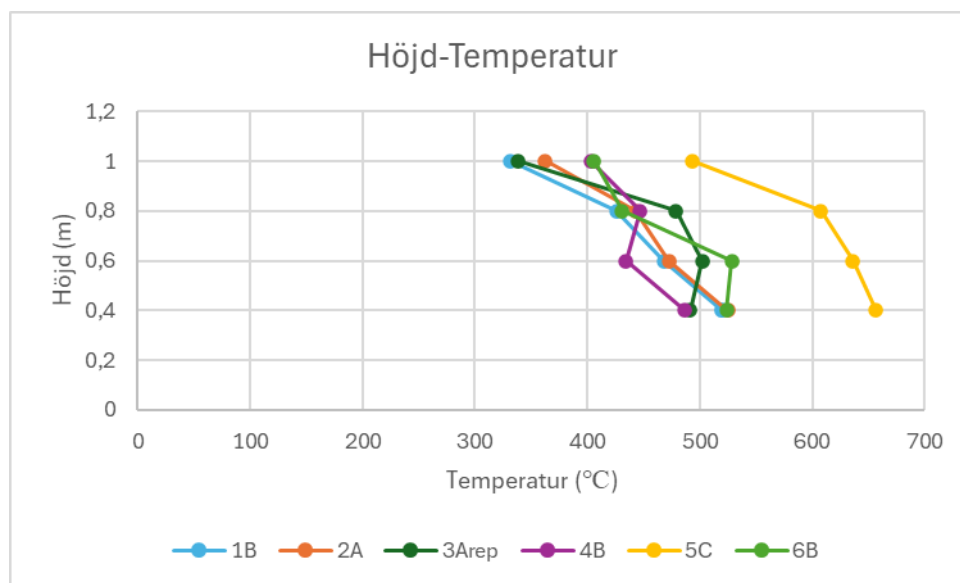
Figur 33 Visar effektutvecklingskurvor (HRR över tid) för de värsta uppställningar i varje grupp.

Det som sticker ut mest och syns tydligast i Figur 34 nedan är att uppställning 5C uppmätte högre temperaturer än resterande vilket också ledde till att 5C hade den högsta medelflamhöjden av dessa uppställningar.



Figur 34 Visar temperaturkurvor (temperatur över tid) för de värsta uppställningar i varje grupp vid 40 cm ovan brännaren.

Höjd-temperaturdiagrammet nedan i Figur 35 visar än tydligare än i Figur 34 att uppställning 5C uppmätte de varmaste temperaturerna. Figuren presenterar temperaturen för samtliga höjder för de värsta fallen. Temperaturskillnaden mellan 5C och de närmaste uppställningarna i figuren var minst 100°C, för de flesta termoelement var temperaturskillnaden mer än 100°C. De övriga uppställningarna låg väldigt nära varandra temperaturmässigt vilket gör det än mer intressant varför uppställning 5C avvek så mycket.



Figur 35 Visar höjd över temperatur vid 300 sekunder för de värsta uppställningar i varje grupp. Punkterna visar den uppmätta temperaturen för respektive termoelementet.

Trots att uppställning 2B inte har utmärkt sig så mycket i ovan figurer går det att se tydligt i Tabell 9 nedan att THR_{600s}- och FIGRA-värdena var högst för uppställning 2A. Det var den enda uppställningen som indikerade på en annan ytskiktsklass. Uppställning 4B var den närmaste att också indikera på ytskiktsklass D. Gränsvärdet går vid 250 W/s på FIGRA_{0,4MJ} vilket uppställning 4B ändå hade en bit kvar till. Inga försök var i närheten av att uppnå gränsvärdena för THR_{600s}. Det lägsta gränsvärdet är 7,5 MJ. En anledning till att testförsöken inte uppnådde dessa nivåer kan bero på mängden brännbart material.

Gränsvärdena som ytskiktsklasserna styrs av utgår från ett verkligt SBI-test. I ett verkligt SBI-test är mängden brännbart material:

$$A = (1,0 * 1,5) + (0,5 * 1,5) = 2,25m^2.$$

I testförsöken som gjordes i detta arbete var mängden brännbart material:

$$A = (0,45 * 1,2) * 2 * 0,2 = 0,216 m^2.$$

Det betyder att det nästan är tio gånger mer brännbart material i de fullskaliga SBI-testen än i testerna som gjordes i denna experimentella studie. Då THR_{600s} baseras på effektutvecklingen är det inte konstigt att testförsöken i detta arbete inte når upp i så höga siffror.

Tabell 9 Redovisar de beräknade värdena för de värsta fallen. Även den ytskiktsklass som värdena hänför redovisas i tabellen. Den uppställningen med värst resultat är markerad i fet stil.

	THR _{600s} (MJ)	FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	Ytskiktsklass
1B	0,773	168	135	C
2A	1,30	283	277	D
3Arep	0,872	216	176	C
4B	1,10	274	229	C
5C	1,11	229	190	C
6B	1,28	221	219	C

6 Diskussion

I detta avsnitt har arbetets metod och resultat diskuterats och analyserats däribland felkällor och osäkerheter samt jämförelser av testförsök och dess påverkan av de ingående variablerna. Detta utifrån resultatet som redovisas i avsnittet ovan och efter analys av videoinspelningarna, för att sedan komma till en slutsats där frågeställningarna i avsnitt 1.4 *Frågeställningar* besvaras.

6.1 Diskussion av metod

För att undersöka huruvida reliabiliteten för undersökningen är god eller ej genomfördes ett antal repetitionsförsök. För god reliabilitet bör skillnaden mellan repetitionerna vara liten. I detta arbete begränsades repetitionsförsöken till en repetition på fyra olika uppställningar. Detta är för lite mätdata för att avgöra reliabiliteten för undersökningen. Däremot kan man säga att repeterbarheten är god, se Bilaga 3. *Analys av repeterbarhet* för en diskussion om repeterbarheten.

För att uppnå god intern validitet har mängden oberoende variabler begränsats till ett litet antal. I denna undersökning är de oberoende variablerna materialets dimensioner, placering och orientering. I samtliga grupper förutom grupp 5 är dimensionerna och orienteringen för materialet samma för alla uppställningar och placeringen varierande. Detta gör att det enkelt går att jämföra de oberoende variablernas påverkan på resultatet. Grupp 5 varierar både dimensioner och placering, och endast orienteringen är konstant. Detta val gjordes för grupp 5 då det stora antalet testbitar gjorde det svårt att variera placeringen på ett intressant sätt samtidigt som uppställningarna skulle skilja varandra åt. I stället togs beslutet att det var mer intressant att se skillnaden av mängden testbitar som alla var jämnt fördelade över provkroppen.

Då en rad avvikelser från det verkliga SBI-testet gjorts innebär detta att den externa validiteten (det vill säga resultatens förhållande till vad som kan förväntas vid ett verkligt SBI-test) för testerna i detta arbete inte är så god. Mängden material och höjden på provkropparna är förmodligen de parametrar som hade påverkat resultatet mest om uppställningarna hade gjorts utan avvikelser från EN 13823. En ökad mängd material hade lett till ett högre värde för THR_{600s}. En högre provkropp hade kunnat leda till ett högre värde på FIGRA_{0,2MJ} och FIGRA_{0,4MJ}. Av denna anledning hade det därför varit intressant och relevant att inkludera en uppställning med motsvarande mängd material som i ett verkligt SBI-test, det vill säga uppställningar med heltäckande brännbart material. En annan faktor som påverkar den externa validiteten är att de uppställningar som testas inte baseras på något verkligt scenario, varken material eller utformningsmässigt. Materialet är obehandlad spånskiva vilket sällan skulle förekomma i ett verkligt fall. En mindre god extern validiteten innebär dock inte att arbetet inte är användbart eller givande. Detta är en experimentell studie gjord för jämförande syfte och har endast testats för att se hur varierande dimensioner, placering och orientering påverkar brandförloppet.

En parameter som inte togs hänsyn till för testerna var den förändrade exponerade omslutningsarean för testbitarna beroende på hur många testbitar det var. Den yta som beräknades som 20 procent var endast den del av testbitarna som var horisontell mot flammen, sidorna på testbitarna räknades inte med. Detta var något som påtalades efter att de experimentella försöken påbörjats. Uppställningarna för samtliga försök var redan förberedda vid denna tidpunkt. På grund av arbetets omfattning och tidsbegränsning fanns det varken material eller tid att göra om uppställningarna och försöken. Tabell 10 visar att den exponerade omslutningsarean mellan de olika uppställningarna skiljde sig tämligen mycket, vilket kan ha betydande påverkan på resultatet och det kan även vara missvisande att jämföra dessa på grund av detta.

Tabell 10 Beräknad exponerad omslutningsarea för samtliga uppställningar.

Uppställning	En av två väggar					Exponerad area	Exponerad omslutningsarea	Exponerad area	Exponerad omslutningsarea
	Area för en vägg	Exponerad testbit							
	<i>A (m)</i>	<i>Höjd (m)</i>	<i>Bredd (m)</i>	<i>Tjocklek (m)</i>	<i>Antal</i>	<i>A (m²)</i>	<i>A (m²)</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
1A	0,54	0,24	0,45	0,012	1	0,108	0,125	20	23,1
1B	0,54	0,24	0,45	0,012	1	0,108	0,125	20	23,1
1C	0,54	0,24	0,45	0,012	1	0,108	0,125	20	23,1
2A	0,54	1,2	0,45	0,012	1	0,108	0,139	20	25,7
2B	0,54	1,2	0,09	0,012	1	0,108	0,139	20	25,7
2C	0,54	1,2	0,09	0,012	1	0,108	0,139	20	25,7
3A	0,54	0,12	0,09	0,012	2	0,108	0,135	20	25,1
3B	0,54	0,12	0,45	0,012	2	0,108	0,135	20	25,1
4A	0,54	1,2	0,45	0,012	2	0,108	0,168	20	31,1
4B	0,54	1,2	0,045	0,012	2	0,108	0,168	20	31,1
5A	0,54	0,06	0,045	0,012	4	0,108	0,157	20	29,1
5B	0,54	0,04	0,45	0,012	6	0,108	0,179	20	33,1
5C	0,54	0,03	0,45	0,012	8	0,108	0,200	20	37,1
6A	0,54	1,2	0,2	0,012	4	0,096	0,213	18	39,5
6B	0,54	1,2	0,2	0,012	4	0,096	0,213	18	39,5

Testbitarna fästes i gipsskivorna med en skruv i vardera ände. I de försök då testbitarna gick sönder avgjorde skruvarnas position hur testbitarna placerade sig efter brott. Grupp 5 hade ett flertal horisontellt placerade testbitar vilka gick sönder under testens gång. Brotten i testbitarna skedde nära brännaren och när testbiten föll vinklade den sig nedåt och utåt. Detta på grund av den andra skruven som satt i den yttre kanten. Denna händelse exponerade nytt material för flammen. Grupp 6 hade ett flertal vertikalt placerade testbitar vilka gick sönder på mitten under testens gång. Dessa testbitar vinklade sig utåt vilket exponerade mycket nytt material. För båda dessa grupper hade fler skruvar kunnat ändra detta förlopp. För grupp 5 hade en skruv på mitten av testbitarna kanske inneburit att inget nytt material hade exponerats för flammen. Grupp 6 hade behövt fler skruvar runt mitten för att förhindra en sådan stor exponering av nytt material. Ett alternativ till att skruva fast testbitarna hade varit att limma fast de. Detta hade dock också kommit med problem då det hade behövt vara lim som klarar av höga temperaturer. Skulle limmet lossna hade det inneburit att eventuellt hela testbiten skulle fallit bort från provkroppen. Med skruvarna på plats var testbitarna i alla fall kvar på provkroppen under testets gång.

En observation som gjordes under försökens gång var att det ansamlades varm luft och rök i luftrummet mellan provkroppen och uppställningen. Detta kan ha bidragit till en uppvärmning från baksidan av både provkropparna och testbitarna. Möjligen kan detta ha påverkat resultatet i sådan utsträckning att samtliga resultat fått högre värden än de fått utan den luftspalten. Eftersom testerna har fler avvikelser från ett verkligt SBI-test är det sedan tidigare endast avsett att jämföra resultaten som ges i detta arbete med varandra. Då samtliga tester i arbetet utfördes med denna luftspalt är detta inget som påverkar resultatet av jämförelserna. Även den relativt korta testtiden på 13 minuter att resultatet, trots luftspalten, förmodligen inte hade lett till högre värden. Vidare är flammans temperatur avsevärt mycket

högre än den temperatur som kunnat uppnås i luftspalten, så luftspaltens inflytande kan bedömas som marginell.

6.2 Resultat

Nedan diskuteras resultatet av den experimentella studien där de olika uppställningarna jämförs mot varandra genom djupare analys av figurer och beräkningar som uppvisas i avsnitt 5 *Resultat och analys*.

6.2.1 Effektutveckling

Vid jämförelse av effektutvecklingen hos grupper med vertikala och horisontella testbitar visar det att vertikalt är den orientering som generellt ger högre effektutveckling. De horisontella grupperna (grupp 1, 3 och 5) har toppar med en effektutveckling på 16–22 kW som stegrar gradvis med fler antal testbitar. Vertikala (grupp 2, 4 och 6) har i stället toppar med effektutvecklingsvärden mellan 25–36 kW som varierar med antalet testbitar, men inte med en lika tydlig stegring som kan ses hos de horisontella. De horisontella effektutvecklingskurvorna är även jämnare och har en tydligare stabil effektutveckling efter den initiala tillväxten, medan de vertikala är mer fluktuerande och har fler toppar och dalar. Anledningen till att effektutvecklingskurvorna för de vertikala grupperna har detta utseende är för att testbitarna i alla grupper, förutom i grupp 2, böjde sig och gick sönder. Branden fick då tillgång till mer exponerat bränsle, vilket i sin tur ledde till de höga topparna i effektutvecklingskurvorna. Att testbitarna i grupp 2 inte böjde sig och gick sönder kan bero på att dessa var bredare än de andra grupperna med vertikala testbitar. Vid testförsök 5B och 5C (horisontella testbitar) gick testbitar också sönder, men topparna blev inte lika stora. Detta då testbitarna positionerades långt bort från flamman efter det att de gick sönder och därmed inte bidrog med lika mycket bränsle till branden. Av denna anledning kan de högsta och lägsta värdena i effektutvecklingskurvorna till viss del vara missvisande och speglar nödvändigtvis inte hela brandförloppet.

Bland de horisontella testförsöken är det de försök i varje grupp som är placerade närmast brännaren (1A och 3A) samt med tunnast testbitar (5C) som har högst effektutveckling. Testbitarna placerade närmast brännaren, det vill säga längre ner på provkropparna, har mer intensiv kontakt med flamman och blir därför varmare och ger en högre effektutveckling. Bland de testbitar som är jämnt fördelade på provkropparna är det testförsöket med flest antal och därmed också tunnast testbitar (5C) som får högst effektutveckling. Detta kan bero på att det blir en större omslutningsarea av fler testbitar och därmed mer exponerad brännbart material än de med färre testbitar. För de vertikala testförsöken är det de försök där testbitarna var placerade i hörnet som generellt uppnådde högst effektutveckling. Dessa var uppställning 2A och 6B. Att det är just dessa som kommer upp i höga effektutvecklingsvärden kan bero på att hörnbränder får högre flamhöjder (Drysdale, 2011) och när det dessutom finns tillgång till mer brännbart material i hörnet kan det bli en mer intensiv hörnbrand. Se mer om flamhöjd och hörnbränder i avsnitt 3.7

Flamhöjd.

De testförsök med tunnast testbitar med en bredd på 2–4 cm har effektutvecklingskurvor som visar sig som fluktuerande. Detta kan bero på att de tunnare testbitarna böjdes och gick sönder under testtiden, vilket gav kurvorna höga toppar med djupare dalar likt testerna med vertikala testbitar. Dessa ligger på högre effektutvecklingsvärden från ungefär 10 kW upp till toppar över 20 kW. Detta med undantag från testförsök 6A och 6Brep som även har värden under 10 kW. Vad detta beror på är svårt att säga, men det kan vara på grund av att mycket brännbart material hade förbrukats och fallit av från provkropparna vid det tillfälle då låga effektutvecklingsvärden uppstod. Jämförelsevis är effektutvecklingskurvorna för testförsöken med bredare testbitar på 9–24 cm mer synkroniserade och stabila. De bredare bitarna ser ut att ha ett lugnare brandförlopp där inga testbitar varken böjde sig eller gick sönder och ramlade av vid testförsöken. Dessa kurvor

uppvisar effektutvecklingsvärden mellan 4 kW och 20 kW. Som tidigare nämnt i avsnitt 6.1 *Metod* kan detta bero på infästningen av testbitarna. En annan typ av infästning, som exempelvis lim eller fler skruvar, hade förmodligen givit ett annorlunda resultat.

6.2.2 *Termoelement*

I detta arbete har resultatet bland annat presenterats i form av figurer som är avsedda för att visa termoelementen och dess temperaturer. Mätdata vid 300 sekunder in i testförsöken respektive vid 40 cm höjd har valts för dessa figurer, se avsnitt 5 *Resultat och analys*.

Tidpunkten på 300 sekunder valdes då det ansågs visa en representativ bild av det generella brandförloppet och snittemperaturen för testförsöken. Det är knappt halvvägs in i testets gång och därav inte för tidigt och inte för sent. Termoelementet vid 40 cm höjd valdes då det var vid denna höjd som majoriteten av testerna uppvisade högst temperaturer, se höjd-temperaturfigurerna i avsnitt 5 *Resultat och analys*. De högsta uppmätta temperaturerna ansågs vara mest intressant för resultatet i arbetet. För fullständiga mätdata för alla testförsök se separat Bilaga 4. *Mätdata*.

Vad gäller temperaturen vid 40 cm höjd är det inte så markanta skillnader mellan testförsöken. De flesta testförsök har vid denna höjd en temperatur omkring 500°C. Utstickarna vid denna höjd är uppställning 1C som ligger mellan 400–500°C och uppställning 3B på omkring 400°C. Detta gäller även vid observation av alla termoelement i de olika höjderna där dessa är de uppställningar som förblir de med lägst temperatur. Båda har horisontella testbitar och har bränslet placerat på den övre halvan av provkroppen, vilket förklarar varför dessa har lägre temperaturer under testförsöken. De har bränslet långt bort från antändningskällan och därför tar det längre tid att värma upp dessa. Dock är det svårt att säga varför uppställning 2C, som också har bränslet placerat längre bort från brännaren, inte följer detta mönster. Uppställning 2C ligger på omkring 500°C vid 40 cm höjd likt majoriteten av testförsöken trots att testbitarna efter utfört test ser i princip opåverkade ut. En

anledning till detta kan vara att termoelementen vid detta försök inte fungerade som de skulle, men det kan även bero på materialens olika värmeledningstal eller flammorna från gasbrännaren. Läs mer om detta i avsnitt 5.2 *Grupp 2*.

Uppställning 4Arep, 5Brep och 5C låg i jämförelse med resterande testförsök i överkant temperaturmässigt vid 40 cm höjd på omkring 500–600°C. Dessa har bränsle i hörnet respektive fler tunna testbitar, vilket kan vara anledningen till att de har en högre temperatur. Dock når inte de andra testförsöken med liknande uppställning upp till dessa temperaturer och därför kan inte detta dras som ett generellt samband.

Vid analys av alla fyra termoelement i de olika höjderna 40–100 cm ligger uppställningarna i relativt liknande temperaturer med ett intervall på omkring 300–600°C. Vissa uppställningar har en större temperaturdifferens än andra och vissa har jämnare temperatur under testets gång. Dock finns det inte ett tillräckligt tydligt mönster kring vilka uppställningar som har mer eller mindre för att kunna dra ett generellt samband.

Utöver utstickarna nämnda tidigare i detta avsnitt verkar majoriteten av testförsöken ha en medelflamhöjd på omkring 40–60 cm. Detta baserat på att termoelementeten i dessa höjder i snitt ligger kring 500°C under majoriteten av tiden då testet pågick. Detta är en relativt låg medelflamhöjd vilket kan bero på provkropparnas storlek. Hade provkropparna haft större dimensioner, exempelvis i storlek med ett verkligt SBI-test (se Tabell 2), hade medelflamhöjden förmodligen blivit högre och därmed även FIGRA-värdena. Detta påverkar dock inte analysen då detta är en jämförande studie där det inte är storleken på värdena som är av störst betydelse, utan jämförelsen av värdena mellan de olika uppställningarna.

6.2.3 Beräkningar och ytskiktssklass

De uppställningar med lägst beräknade värden är 1C och 2C med THR_{600s}-värde under 0,5 MJ samt FIGRA-värden under 100 W/s, varav 2C är det med lägst värden. Den gemensamma faktorn för dessa uppställningar är att båda har bredare testbitar placerade

längre bort från brännaren på provkropparna, högst upp respektive längst ut. Resterande testförsök i grupp 1 och 2 har också lägre värden, förutom 2A som har de högsta FIGRA-värdena av alla testförsök och det näst högsta THR_{600s}-värdet. Detta är förmodligen för att bränslet är i hörnet, vilket är den plats där flamman blir högst eftersom brännaren är placerad i ett hörn (Drysdale, 2011). Detta i kombination med flammans egenskap att sprida sig vertikalt gör att det anses förklarligt att uppställning 2A är så intensiv. Uppställning 1A har testbiten nere vid gasbrännaren, men har trots detta inte högst uppmätta mätvärden i grupp 1, utan det är 1B där bränslet är på mitten av provkroppen. Vad detta beror på är svårt att säga, men det kan vara på grund av det finns lite mer omslutningsarea och att det eventuellt är bättre positionerat gentemot flamman.

Som grupp är det grupp 4 och 6 som har högst beräkningsvärden. Båda dessa grupper har vertikala testbitar som har jämn placering vid hörnet. Inom dessa grupper är det uppställning 6Brep som har högst THR_{600s}-värde, vilket går i linje med att placering i hörnet är den positionering som ger värst utfall. Dock är det uppställning 4B som har högst FIGRA-värden vilket säger emot detta då dessa testbitar har en mer jämn fördelning längs provkropparna. Testbitarna i denna uppställning var dock relativt nära hörnet i jämförelse med andra uppställningar i detta arbete. Grupp 3 har beräknade mätvärden som ligger i nivå med mätvärdena för uppställning 1B och 5A. Dessa uppställningar har liknande utseende där alla testbitar är horisontellt placerade och befinner sig på mitten eller jämnt utspridda på provkropparna, se Figur 3, vilket kan vara anledningen till att dessa fick snarlika resultat.

Tabell 9 uppvisar att majoriteten av uppställningarna indikerade på ytskiktssklass C, fyra ytskiktssklass B och en uppställning uppnådde indikering för ytskiktssklass D. Ytskiktssklasser är satta utifrån testförsökens FIGRA_{0,2MJ}- och FIGRA_{0,4MJ}-värden enligt Tabell 1 där 2A är den enda uppställningen som har ett FIGRA_{0,4MJ}- värde över 250 W/s. Uppställning 1B och 2A var de enda uppställningarna som indikerade på en annan

ytskiktsklass än resterande i samma grupp. I båda fallen uppnådde de resterande uppställningarna i de två grupperna den högsta uppmätta ytskiktsklassen för experimentet, ytskiktsklass B. För uppställning 2B och 2C kan en anledning till att ytskiktsklass B indikerades vara att materialet var placerat långt bort från tändkällan. I uppställning 2B hade flammen lite direktkontakt med materialet vilket ledde till en låg effektutveckling. Uppställning 2C uppmätte en ännu lägre effektutveckling då flammen aldrig lyckades antända materialet. För dessa uppställningar var det således materialets placering som var anledningen till den höga ytskiktsklassen. För uppställningarna i grupp 1 som uppmätte samma ytskiktsklass beror det inte här på att materialet var placerat för långt bort från tändkällan. Att uppställning 1C indikerade på den höga ytskiktsklassen är av samma anledning som för grupp 2. Materialet var placerat långt bort från tändkällan vilket resulterade i en låg effektutveckling. Den höga ytskiktsklassen för 1A däremot har inte samma anledning, den har även hög effektutveckling. Varför uppställningen ändå indikerade på den ytskiktsklassen är svårt att säga. Detta resultat tillsammans med analysen som utförts visar på att de oberoende variablerna i denna experimentella undersökning, det vill säga dimensioner, placering och orientering, har en påverkan på brandförloppet och därmed även på materialets ytskiktsklass. Att uppställning 2A uppnådde en annan ytskiktsklass än de andra uppställningarna i grupp 2 kan bero på att testbitarnas placering har en större inverkan på brandförloppet än utformningen på testbitarna. Dock kan det vara fler eller andra parametrar som påverkat brandförloppen under testerna och därför bör detta samband dras med försiktighet.

6.3 Slutsats

I detta avsnitt sammanställs slutsatser utifrån resultat och diskussion ovan. Detta genom att besvara arbetets frågeställningar.

- Kan ytskiktsklassen för ett brännbart material förändras beroende på dess dimensioner, placering och orientering?

För de uppställningar som gjorts i detta arbete indikerade resultaten på tre olika ytskiktsskisser, B, C och D. Den ytskiktsskiss som materialet var hänförd till enligt produktbladet var huvudklass D. Fyra uppställningar uppmätte indikation på den höga ytskiktsskissen B vilket för de flesta av uppställningarna kan förklaras av att materialet var placerat långt bort från tändkällan. Majoriteten av uppställningarna resulterade i indikation till huvudklass C vilket är en högre klass än den produktbladet anger. Detta beror förmodligen på den mängd material som testades. I detta arbete var det endast FIGRA-värdet som styrde ytskiktsskisserna, och FIGRA-värdet baseras på effektutvecklingen. Därav är det inte konstigt att ytskiktsskissen blir högre för samma material då det har testats under andra förhållanden.

Uppställning 2A var den enda uppställningen som indikerade på samma huvudklass som materialet enligt produktbladet. Denna uppställning hade en testbit vertikalt placerad, i hörnet och nära brännaren. Det fanns fler uppställningar som även de hade materialet placerat vertikalt och nära brännaren men i stället för endast en testbit hade de fler. Dessa uppställningar uppmätte inte den lägre ytskiktsskissen vilket betyder att endast placeringen och orienteringen inte räcker för att uppnå detta fall, utan även materialets dimensioner är viktiga. Materialets dimensioner, placering och orientering kan således påverka ytskiktsskissen för ett material. Men utifrån resultatet i detta arbete påverkas ytskiktsskissen oftast inte av dessa ändringar.

- Hur påverkas brandens effektutveckling av att variera brännbart materials dimensioner, placering och orientering?

Effektutvecklingen påverkas i högsta grad av materialets dimensioner, placering och orientering. Vad gäller dimensioner på materialet så resulterade tunnare testbitar generellt i en högre effektutveckling än vad de bredare testbitarna gjorde. Detta kan förklaras av att de tunnare testbitarna värmdes upp snabbare då de har högre omslutningsarea. En snabbare uppvärmning leder till en snabbare antändning och en högre effektutveckling. Materialets

placering gentemot brännaren var den parameter som hade störst betydelse. Om materialet var placerat för långt bort från brännaren antändes materialet inte (uppställning 2C). Även uppställning 1C fick en låg effektutveckling då materialet var placerat så långt från brännaren att det knappt hann antändas innan testet var över. De uppställningar där materialet befann sig placerat nära brännaren var generellt de uppställningar som uppmätte högst effektutveckling. Slutligen påverkade även orienteringen av materialet effektutvecklingen. De uppställningar som uppmätte högst effektutveckling var generellt de med vertikalt placerade testbitar. Detta kan bero på att flamman hade direktkontakt med större yta i de vertikala fallen än de horisontella. Testbitar för många vertikala uppställningar gick även sönder och exponerade mer material vilket hade en inverkan på effektutvecklingen.

- Hur påverkas brandens flamhöjd av det brännbara materialets dimensioner, placering och orientering?

Utifrån termoelementsuppmätningarna går det inte att se så stora skillnader i medelflamhöjden för de olika uppställningarna. Samtliga uppställningar ligger på en medelflamhöjd på omkring 40–60 cm. De uppställningarna som skiljer sig lite är uppställning 1C och 3B som låg lite lägre än de andra uppställningarna. Båda uppställningarna var horisontellt placerade och befann sig ganska långt bort från brännaren. Materialet i båda uppställningarna var endast placerat på övre halvan av provkropparna. Detta gjorde det svårt för flamman att antända materialet och därmed även få en högre flamhöjd.

6.4 Framtida studier

Då det främst var de uppställningar med materialet vertikalt orienterat och placerat nära brännaren som resulterade i värst utfall bör framtida studier fokusera mer på dessa parametrar. Då det inte gjordes så många olika försök med dessa förhållanden finns det fler olika variationer av uppställningar som går att undersöka. Detta gäller egentligen för samtliga oberoende variablerna i detta arbete, det vill säga dimensioner, placering och orientering. Det

hade varit intressant att variera dessa på fler och andra sätt och med olika kombinationer. Exempelvis genom uppställningar med både vertikala och horisontella, tunna och breda, samt nära och långt bort från brännaren. Antal olika utseenden man kan sätta upp på en sådan här uppställning med 20 procent brännbart material är i princip oändlig och därav finns det mycket mer att hämta här än vad som undersökts och redovisats i just detta arbete. Som tidigare nämnt i avsnitt 6.1 *Diskussion av metod* hade det även varit intressant att se en uppställning med heltäckande brännbart material, likt ett verkligt SBI-test.

En dimension som inte undersöktes i detta arbete var testbitarnas längd. Samtliga testbitar nådde ut till kanterna på provkroppen, antingen på kort- eller långsidan. Att halvera testbitarnas längd och förslagsvis placera de omlott gentemot varandra hade också varit intressant att undersöka. Denna typ av uppställning var med som alternativ i detta arbete innan sållandet, men valdes bort då det skulle bli för spretigt och brett annars.

En undersökning likt denna fast med ett annat lägre klassat testmaterial skulle också vara intressant att undersöka, som exempelvis trä. Detta för att se om och i sådana fall hur stor skillnad det hade blivit jämfört med denna undersökning, men också för att se hur stor påverkan materialegenskaper som homogenitet har på brandförloppet.

Referenser

- Atreya, A. (2016). Convection Heat Transfer. I M. J. Hurley, D. Gottuk, J. R. Hall, K. Harada, E. Kuligowski, M. Puchovsky, J. Torero, J. M. Watts, & C. Wieczorek (Red.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (s. 53–101). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_3
- Babrauskas, V. (2016). Heat Release Rates. I M. J. Hurley, D. Gottuk, J. R. Hall, K. Harada, E. Kuligowski, M. Puchovsky, J. Torero, J. M. Watts, & C. Wieczorek (Red.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (s. 799–904). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_26
- Babrauskas, V., & Peacock, R. D. (1992). Heat release rate: The single most important variable in fire hazard. *Fire Safety Journal*, 18(3), 255–272.
[https://doi.org/10.1016/0379-7112\(92\)90019-9](https://doi.org/10.1016/0379-7112(92)90019-9)
- Boverket. (1989). *Boverkets nybyggnadsregler: Föreskrifter och allmänna råd enligt 1. uppl.* Allmänna förlaget.
- Boverket. (1993). *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd), BBR 94 (BFS 1993:57).*
- Boverket. (2016). *Byggregler – en historisk översikt.*
- Boverket. (2020). *Boverkets byggregler (2011:6)—Föreskrifter och allmänna råd, BBR: konsoliderad version med ändring till och med BFS 2020:4.*
https://rinfo.boverket.se/BFS2011-6/dok/BFS2020-4_Konsolidering.pdf
- Boverket. (2023a, maj 10). *Brandklasser för golv, väggar tak, rörisolering och kablar.*
Boverket. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/brandklasserd-for-ytskikt/>

- Boverket. (2023b, juni 14). *Att sälja byggprodukter*. Boverket.
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/byggprodukter/att-salja-byggprodukter/>
- Boverket. (2024a). *Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2024:7) om säkerhet i händelse av brand i byggnader*.
- Boverket. (2024b). *Konsekvensutredning BFS 2024:7—Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i händelse av brand i byggnader*.
- Byggelit. (2018). *Prestandadeklaration—P1.10-22*.
- CEOS. (u.å.). *Spånskiva—Kunskap*. CEOS. Hämtad <https://ceos.se/spanskiva-kunskap>
- Chow, W. K., Dang, J. F., Gao, Y., & Chow, C. L. (2017). Dependence of flame height of internal fire whirl in a vertical shaft on fuel burning rate in pool fire. *Applied Thermal Engineering, 121*, 712–720. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.04.108>
- Drysdale, D. (2011). *An introduction to fire dynamics* (3rd ed). Wiley.
- Duff, M., & Towey, J. (2010). Two Ways to Measure Temperature Using Thermocouples Feature Simplicity, Accuracy, and Flexibility. *Analog Dialogue, 44*(4), 3–8.
- Edler, F., Kim, Y. G., Liedberg, H., Webster, E., & White, D. R. (2021). *Thermocouple thermometry: Part 1—General usage*. Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). <https://www.bipm.org/>
- Flynn, J. J., Morrisset, D., Hadden, R. M., & Bond, T. C. (2026). Exploiting wood species and grain orientation to illuminate the onset of pyrolysis and ignition in deliberate combustion. *Fuel, 411*. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2025.138025>
- Hu, Y., Wang, S., Yu, X., Liu, Y., & Huang, X. (2025). Self-extinction of wood plate: Effect of fuel thickness and flame spread orientation. *Fire Safety Journal, 156*, 104437. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2025.104437>

- Janssens, M. (2016). Calorimetry. I Morgan J. Hurley, D. Gottuk, J. R. Hall, K. Harada, E. Kuligowski, M. Puchovsky, J. Torero, J. M. Watts, & C. Wieczorek (Red.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (s. 905–951). Springer New York.
https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_27
- Jervis Calle, F. X. (2012). *Application of fire calorimetry to understand factors affecting flammability of cellulosic material: Pine needles, tree leaves and chipboard* (s. 79–106). The University of Edinburgh.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure fire dynamics* (First Edition). CRC Press.
- Karyaparambil, D. D., Erland, S., Van Hees, P., Frette, V., & Hagen, B. C. (2022). Flame heights and charring on a particle board – An experimental study. *Fire Safety Journal*, *134*, 103675. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2022.103675>
- Meng, Q., Zhu, G., Yu, M., & Pan, R. (2018). The Effect of Thickness on Plywood Vertical Fire Spread. *Procedia Engineering, 2017 8th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering (ICFSFPE 2017)*, *211*, 555–564.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.048>
- Morrisset, D., Reep, J., Ojwang, I., Hadden, R. M., & Law, A. (2024). Repeat Fire Tests of Upholstered Furniture: Variability and Experimental Observations. *Fire Technology*, *60*(3), 1453–1476. <https://doi.org/10.1007/s10694-023-01523-3>
- Mowrer, F. W., & Williamson, R. B. (1990). Methods to characterize heat release rate data. *Fire Safety Journal*, *16*(5), 367–387. [https://doi.org/10.1016/0379-7112\(90\)90009-4](https://doi.org/10.1016/0379-7112(90)90009-4)
- Norgips Svenska AB. (2024). *Produktblad Standard 13 mm*. www.norgips.se
- Ondrus, J. (1996). *Brandteori*. Skogs Grafiska.
- RISE. (u.å.-a). *Bygg högt och robust – och i trä* | RISE. Hämtad 11 december 2025, från <https://www.ri.se/sv/bygg-hogt-och-robust-och-i-tra>

- RISE. (u.å.-b). *Fire testing of building products according to EN 13823—SBI* | RISE. Hämtad 24 september 2025, från <https://www.ri.se/en/expertise-areas/services/fire-testing-of-building-products-according-to-en-13823-sbi>
- RISE. (u.å.-c). *Klasser för reaktion vid brandpåverkan för byggprodukter med undantag för golvbeläggningar och linjär rörisolering*. RISE. Hämtad 05 december 2025, från <https://www.ri.se/sites/default/files/2020-02/Klasstabell%20ytskikt%20EN%2013501-1%20sv.pdf>
- RISE. (u.å.-d). *Large scale room fire test of surface layers*. | RISE. Hämtad 24 september 2025, från <https://www.ri.se/en/expertise-areas/services/fire-testing-according-to-room-corner-test>
- Shettihalli Anand Reddy, V. (2025). *Ignition and Flame Spread in Wood-Based Composites* [Elektronisk resurs]. Lund University.
- SIS. (2010). *Reaction to fire tests for building products—Conditioning procedures and general rules for selection of substrates* (SS-EN 13238:2010).
- SIS. (2017a). *SS-ISO 9705-1:2017 Provning av reaktion vid brandpåverkan—Rumsbrandsprovning av ytskikt på väggar och tak—Del 1: Provningsmetod för ett litet rum (ISO 9705-1:2016, IDT)*.
- SIS. (2019). *SS-EN 13501-1:2019 Brandteknisk klassificering av byggprodukter och byggnadselement—Del 1: Klassificering baserad på provningsdata från metoder som mäter reaktion vid brandpåverkan*.
- SIS. (2022a). *SS-EN 13823:2020+A1:2022 Provning av reaktion vid brandpåverkan för byggprodukter—Byggprodukter utom golvbeläggningar utsatta för termisk påverkan av ett enskilt brinnande föremål*.
- SIS, S. S. I. (2017b). *SS-ISO 9705-1:2017. Reaction to fire tests—Room corner test for wall and ceiling lining products—Part 1: Test method for a small room configuration (ISO*

- 9705-1:2016, IDT). SIS, Swedish Standards Institute.
<https://www.sis.se/api/document/get/8025079>
- SIS, S. S. I. (2022b). *SS-EN 13823:2020+A1:2022. Reaction to fire tests for building products—Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item*. SIS, Swedish Standards Institute.
<https://www.sis.se/api/document/get/80036967>
- Sonderegger, W., & Niemz, P. (2009). Thermal conductivity and water vapour transmission properties of wood-based materials. *European Journal of Wood and Wood Products*, 67(3), 313–321. <https://doi.org/10.1007/s00107-008-0304-y>
- Statens planverk. (1968). *Svensk byggnorm 67: Föreskrifter, råd och anvisningar för byggväsendet (BABS 1967)*. Bocktryckeri AB Thule.
<https://www.boverket.se/contentassets/c4c3f9ae57294ae889bfaf710b08b125/sbn-1967.pdf>
- Sundström, B. E. (1993). *Furniture reaction to fire: Test methods and models: reprint from EUCOFF '92 -3rd European Conference on Furniture Flammability, November 1992 Brussels, published by Interscience Communications Limited, London*. Swedish National Testing and Research Institute (SP).
- Svenskt Trä. (2015). *Bra att veta om träskivor*. Svenskt Trä. www.byggbeskrivningar.se
- Säfsten, K. (2023). *Forskningsmetodik 2.0: För ingenjörer och andra problemlösare (Andra upplagan)*. Studentlitteratur.
- van Mierlo, R., & Sette, B. (2005). The Single Burning Item (SBI) test method – a decade of development and plans for the near future. *Heron*, 50(4).
https://www.brandveiligmetstaal.nl/upload/Image/Hallen-StalenPuien/SBI_test_Efectis_UniversiteitGent.pdf

- Witkowski, A., Stec, A. A., & Hull, T. R. (2016). Thermal Decomposition of Polymeric Materials. I M. J. Hurley, D. Gottuk, J. R. Hall, K. Harada, E. Kuligowski, M. Puchovsky, J. Torero, J. M. Watts, & C. Wieczorek (Red.), *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* (s. 167–254). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_7
- Zeinali, D., Vandemoortele, E., Verstockt, S., Beji, T., Maragos, G., & Merci, B. (2021). Experimental study of corner wall fires with one or two combustible walls. *Fire Safety Journal*, 121, 103265. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103265>
- Zhou, B., Wang, K., Xu, M., Yang, W., Zhu, F., Sun, B., Wang, X., & Ke, W. (2021). Influence of air-gap and thickness on the upward flame spread over discrete wood chips. *Thermal Science and Engineering Progress*, 26, 101106. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2021.101106>
- Zhou, B., Wang, K., Yang, W., Wang, W., Sun, B., Xu, M., Wang, X., & Ke, W. (2021). Influence of woodgrain orientation on the upward flame spread over discrete wood chips. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101616. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101616>
- Zhou, Y., Qiu, W., Wang, Z., & Liu, C. (2025). The heat transfer mechanism of flame spread over densified wood under external radiation. *Journal of Building Engineering*, 112, 113732. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.113732>

Bilaga 1. Redovisning av användning av generativ AI

Nedanstående text redovisar hur författaren använt så kallad generativ AI.

Användning av GAI	Ja eller nej
1) I rapporten har jag använt verktyg för Generativ AI (t.ex. ChatGPT eller liknande)	<i>Ja</i>
2) Jag har använt ett GAI-verktyg för språkbehandling (t.ex för att åtgärda grammatiska fel etc.	<i>Nej</i>
3) Jag har använt ett GAI-verktyg för att söka efter information.	<i>Ja</i>
4) Jag har använt ett GAI-verktyg för att skapa programkod.	<i>Nej</i>
5) Jag har använt ett GAI-verktyg för att översätta text	<i>Ja</i>
6) Jag har använt ett GAI-verktyg för att skapa figurer eller andra illustrationer.	<i>Nej</i>
7) Jag har använt ett GAI-verktyg för att strukturera texten i rapporten.	<i>Nej</i>

GAI-verktyg har främst använts i rapporten för att hitta synonymer till ord, översätta litteratur och i vissa fall söka i böcker efter specifika begrepp.

Bilaga 2. Beskrivning av uppställningar

Varje testbit monterades fast på provkropparna med två skruvar vardera; en vid varje ände med cirka 5 cm marginal från kanten. Detta gäller alla uppställningar förutom de i grupp 1, det vill säga de tre förstnämnda i listan nedan. Dessa hade tre skruvar var, varav den tredje skruven var placerad i centrum av testbiten.

- En testbit horisontellt, 24 cm hög, 45 cm bred, placerad längst ned på väggen (1A)
- En testbit horisontellt, 24 cm hög, 45 cm bred, placerad på mitten av väggen (1B)
- En testbit horisontellt, 24 cm hög, 45 cm bred, placerad längst upp på väggen (1C)
- En testbit vertikalt, 120 cm hög, 9 cm bred, placerad närmast brännaren på väggen (2A)
- En testbit vertikalt, 120 cm hög, 9 cm bred, placerad mitt på väggen (2B)
- En testbit vertikalt, 120 cm hög, 9 cm bred, placerad längst bort från brännaren på väggen (2C)
- Två testbitar horisontellt, 12 cm höga, 45 cm breda, en placerad på mitten av väggen och en längre ned (3A)
- Två testbitar horisontellt, 12 cm höga, 45 cm breda, en placerad på mitten av väggen och en längre upp (3B)
- Två testbitar vertikalt, 120 cm höga, 4,5 cm breda, en närmast brännaren och en mitt på väggen (4A)
- Två testbitar vertikalt, 120 cm höga, 4,5 cm breda, jämnt fördelat över väggen (4B)
- Fyra testbitar horisontellt, 6 cm höga, 45 cm breda, jämnt fördelat över väggen (5A)
- Sex testbitar horisontellt, 4 cm höga, 45 cm breda, jämnt fördelat över väggen (5B)
- Åtta testbitar horisontellt, 3 cm höga, 45 cm breda, jämnt fördelat över väggen (5C)
- Fyra testbitar vertikalt, 120 cm höga, 2,25 cm breda, jämnt fördelat över väggen (6A)

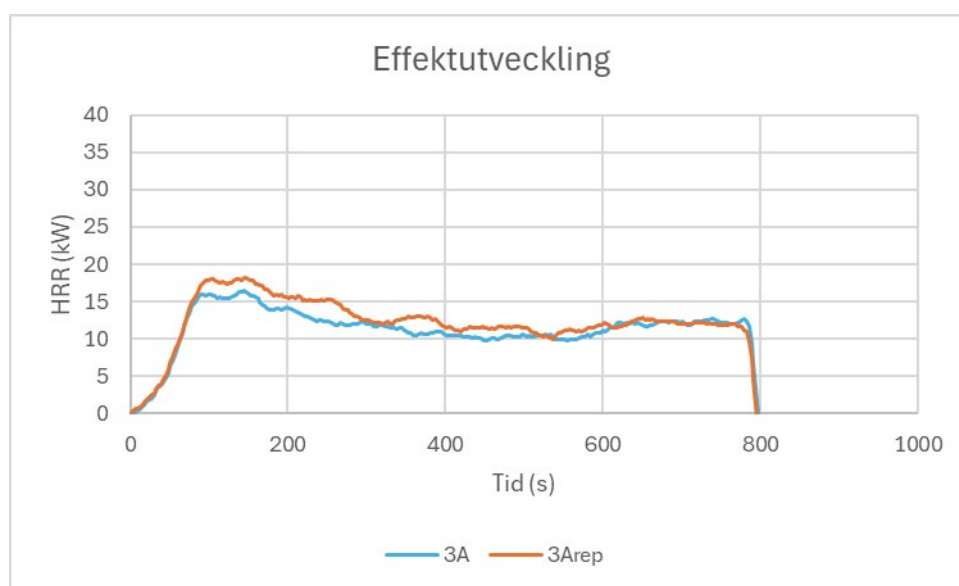
- Fyra testbitar vertikalt, 120 cm höga, 2,25 cm breda, en närmast brännaren på väggen resterande med samma avstånd som i 6A (6B).

Bilaga 3. Analys av repeterbarhet

Ett antal repetitioner gjordes för att kunna jämföra resultaten av samma uppställning vid två olika försök. I vilken grad ett resultat är pålitligt respektive slumpartat är viktigt att ha i åtanke för att senare kunna dra slutsatser av resultatet och vid jämförelser av de olika testerna. Ett sätt att bedöma om resultaten är pålitliga gentemot varandra är att utföra samma test flera gånger och se hur lika de blir. Nedan presenteras fyra olika uppställningar där repetitioner utförts på samtliga.

Uppställning 3A

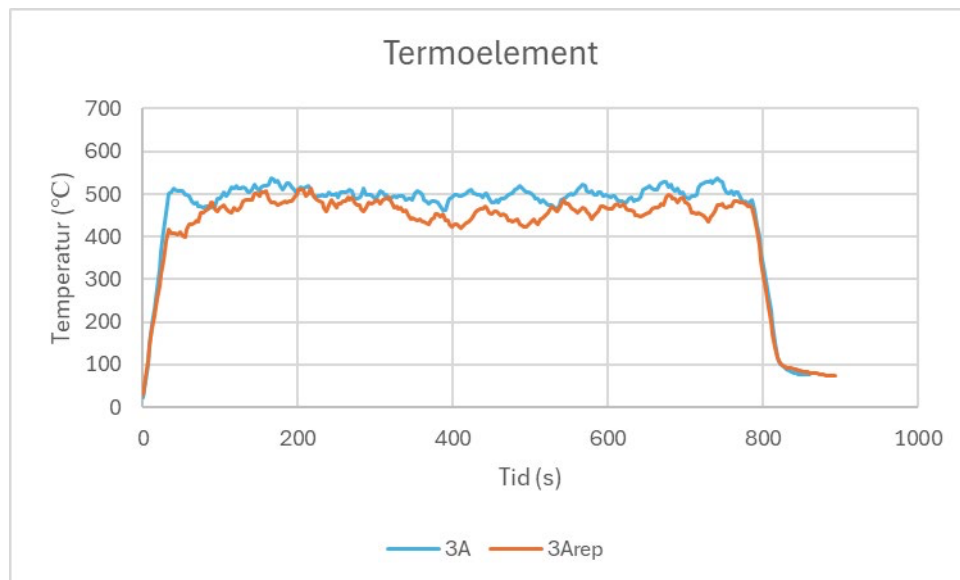
Effektutvecklingskurvorna för uppställning 3A jämförs i diagrammet nedan, Figur 36. De två testerna följer varandra väl där kurvornas form i hög grad stämmer överens med varandra. Effektutvecklingen ligger även omkring samma värde. Detta resultat tyder på god repeterbarhet.



Figur 36 Jämför effektutvecklingskurvorna för 3A och dess repetitionsförsök.

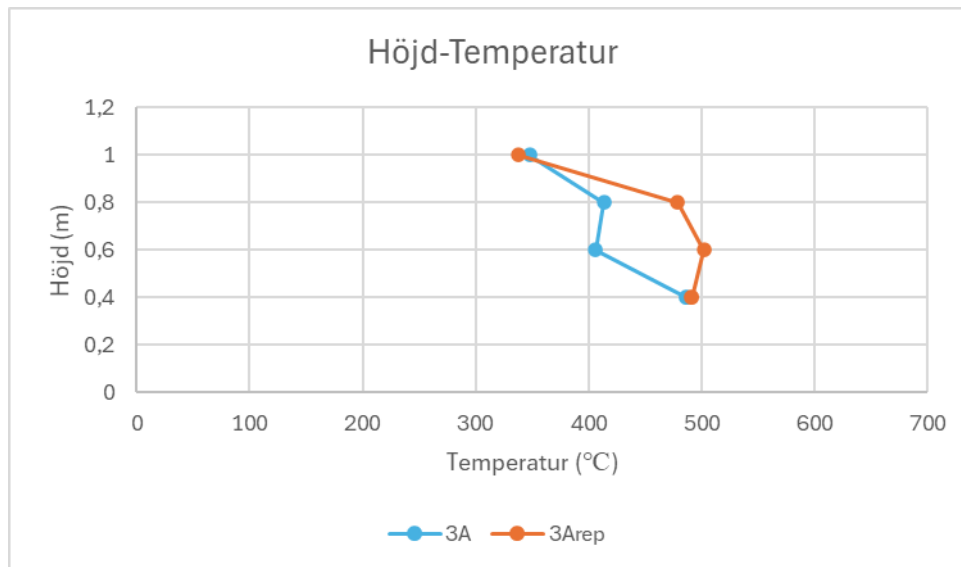
Även temperaturdiagrammet nedan, Figur 37, tyder på god repeterbarhet då temperaturerna för båda testerna är omkring samma, samt att kurvorna följer varandra väl. Det skiljer ungefär 50°C mellan temperaturkurvornas medelvärden. Detta kan uppfattas som lite i

sammanhanget då temperaturerna ligger mellan 450–500°C. Något som kan noteras är att effektutvecklingskurvan för repetitionsförsöket ligger något högre än för det andra försöket. Däremot ligger temperaturkurvan för repetitionsförsöket lägre än för det andra försöket.



Figur 37 Jämför temperaturkurvorna för uppställning 3A och dess repetitionsförsök 40 cm ovan brännare.

I höjd-temperaturdiagrammet, Figur 38, kan det observeras att mer eller mindre samma temperatur uppmätts för det högsta respektive det lägsta termoelementet vid 300 sekunder. Däremot skiljer det omkring 100°C mellan de olika försöken för de andra termoelementen. Detta kan bero på att flamman fluktuerar mycket och därav inte värmt termoelementen i mitten lika mycket vid den tidpunkten. Även detta resultat tyder på god repeterbarhet.



Figur 38 Jämför den uppmätta temperaturen på termoelementens alla höjder vid 300 sekunder för 3A och dess repetitionsförsök.

Skillnaderna i THR_{600s} - och FIGRA-värdena som redovisas i Tabell 11 beror på att effektutvecklingen skiljer sig åt för de två olika försöken. Båda värdena baseras på effektutvecklingen, eftersom den var högre för test 3Arep var det väntat att även THR_{600s} och FIGRA skulle bli högre för 3Arep. Trots att värdena skiljer sig åt resulterar de ändå i samma ytskiktsslag enligt Tabell 1, vilket tyder på någon typ av repeterbarhet. Om de två testerna hade resulterat i två olika ytskiktsslag skulle resultatet inte gå att analysera på samma sätt. Sammantaget med de andra resultaten för dessa två tester bedöms repeterbarheten god.

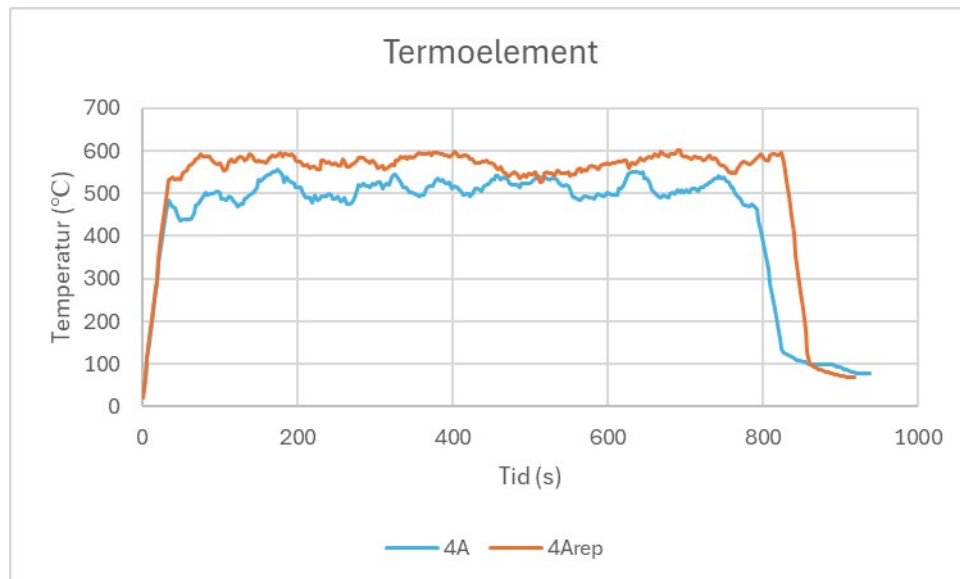
Tabell 11 Redovisar de beräknade värdena för grupp 1. Även den ytskiktsslag som värdena hänför redovisas i tabellen.

	THR_{600s}	FIGRA _{0,2MJ}	FIGRA _{0,4MJ}	Ytskiktsslag
3A	0,673	177	121	C
3Arep	0,872	216	177	C

Uppställning 4A

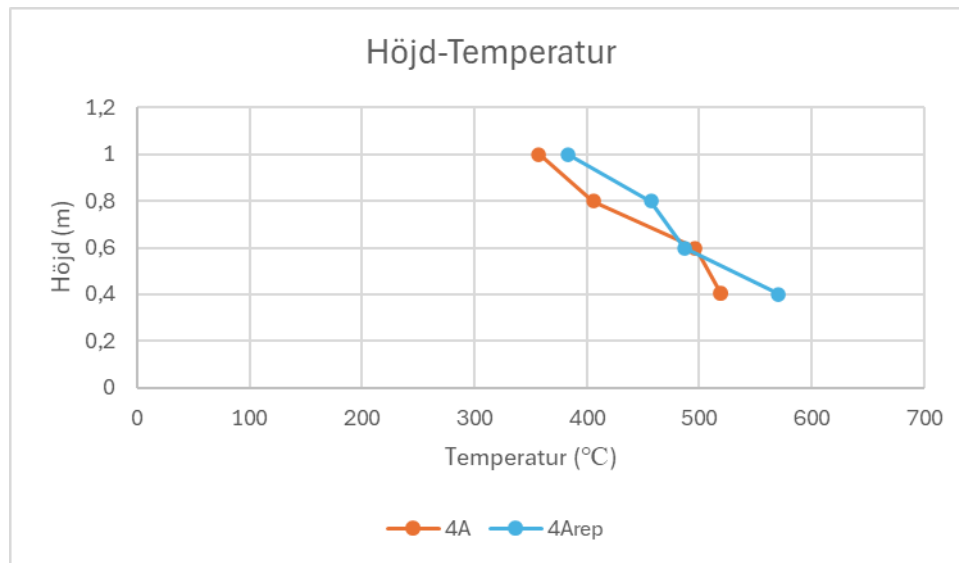
Under en av testerna för uppställning 4A loggades ingen mätdata för effektutvecklingen vilket innebär att för det för denna uppställning endast går att jämföra termoelementen för att

avgöra hur god repeterbarheten är. Som Figur 39 visar skiljer det omkring 100°C mellan försöken vid ett flertal tillfällen. Medeltemperaturen för de olika kurvorna visar en skillnad på cirka 70°C. Höjden på termoelementet som diagrammet baseras på är 40cm, alltså det varmaste termoelementet. En anledning till att temperaturen skiljer sig åt kan vara ventilationsförhållandena. Eftersom testet inte gjordes i ett testrum som det egentligen skall göras i ett SBI-test, var ventilationen inte kontrollerad. En dörr till det fria stod på glänt och väderförhållanden som temperatur och vind kan påverka ventileringen. Dessa två tester gjordes vid två olika dagar vilket kan förklara skillnaderna.



Figur 39 Jämför effektutvecklingskurvorna för uppställning 4A och dess repetitionsförsöket 40 cm ovan brännare.

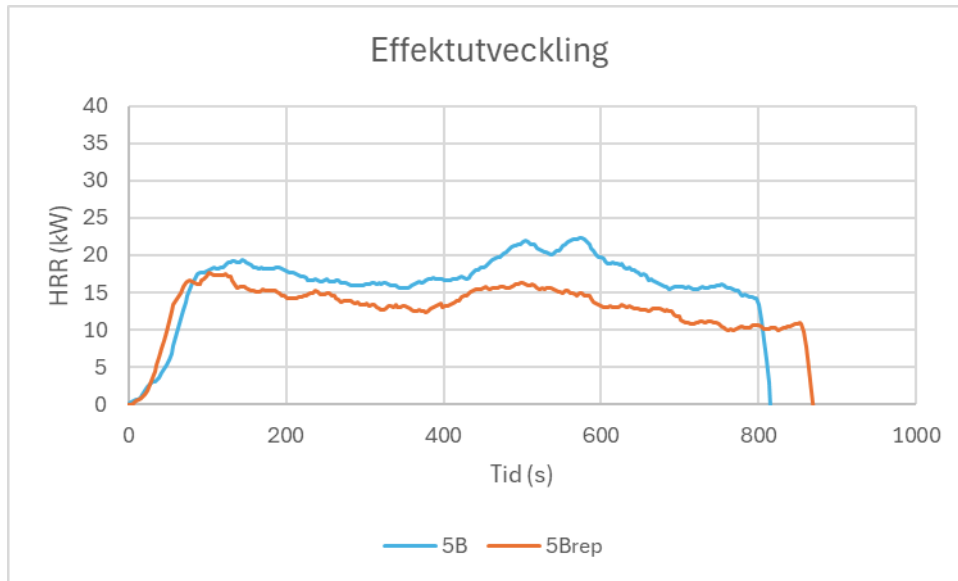
I höjd-temperaturdiagrammet, Figur 40, följer de två testerna varandra väl och här skiljer det som mest omkring 50°C mellan testen. Att de har en liknande form och i princip samma temperaturer på samtliga höjder tyder det på god repeterbarhet.



Figur 40 Jämför den uppmätta temperaturen på termoelementens alla höjder vid 300 sekunder för 4A och dess repetitionsförsök.

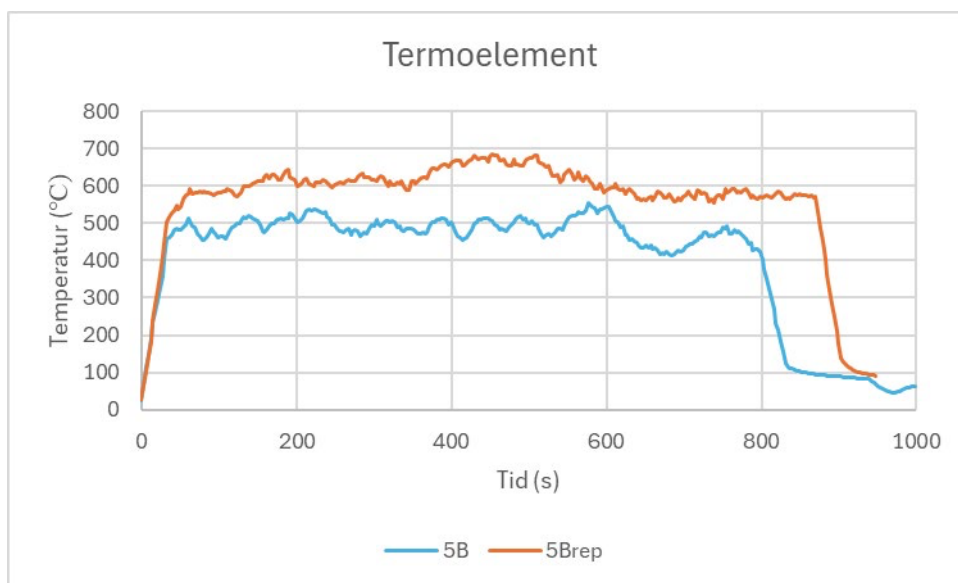
Uppställning 5B

Effektutvecklingskurvorna för uppställning 5B i Figur 41 har fler olikheter än vad ovanstående uppställningar har. Även i detta fall gjordes testen vid två olika dagar vilket kan ha inneburit varierande ventilationsförhållanden. Det varierande ventilationsflödet för de olika dagarna kan förklara varför det ena testet ligger på en högre effektutveckling än det andra. Trots att värdena inte är densamma följer kurvorna varandra någorlunda väl vilket ändå tyder på att brandförloppet har sett relativt likadant ut. 5Brep var även det allra första försöket som gjordes i den experimentella studien. Efter det försöket ändrades smådetaljer och testtiden fastställdes. Dessa faktorer kan ha påverkat resultatet på det första testet så att det inte riktigt blir representativt eller jämförbart.



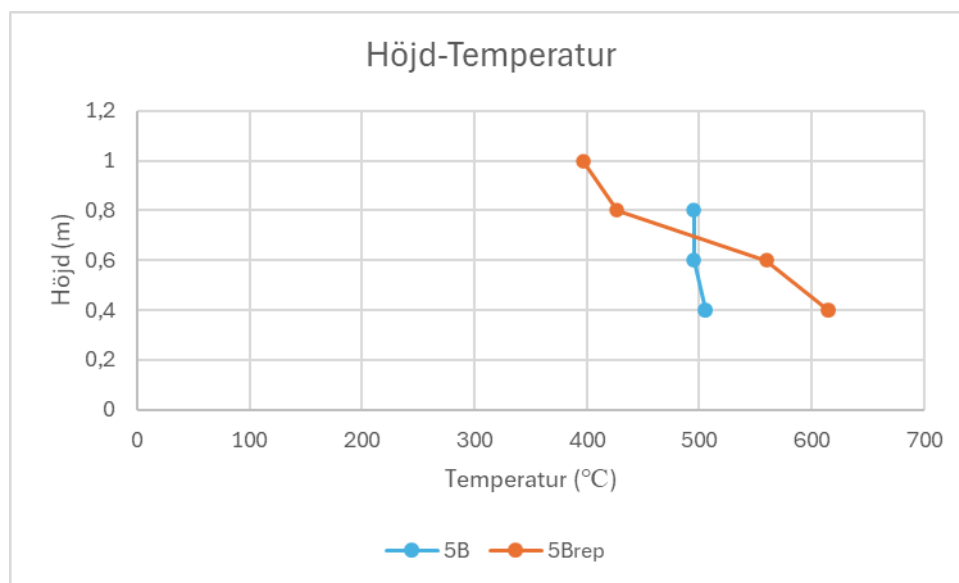
Figur 41 Jämför effektutvecklingskurvorna för 5B och dess repetitionsförsök.

Temperaturmätningen för uppställning 5B som redovisas i Figur 42 följer samma mönster som uppställning 3A. Det försök med högst effektutveckling har också lägst temperatur och precis som i effektutvecklingsdiagrammet skiljer även temperaturerna mer åt i denna uppställning. Det skiljer ungefär 100°C mellan medeltemperaturerna för de olika försöken. Detta är en större skillnad än för tidigare upprepningar, däremot är formen på kurvorna liknande vilket tyder på någon typ av repeterbarhet.



Figur 42 Jämför temperaturkurvorna för uppställning 5B och dess repetitionsförsök 40 cm ovan brännare.

Genom att bara observera höjd-temperaturdiagrammet, Figur 43, går det inte att se något som tyder på god repeterbarhet. Termoelementet på 100 cm höjd för test 5B fungerade ej under testet vilket gör att det endast finns tre datapunkter att jämföra med. De datapunkter som går att jämföra har inga tydliga likheter mer än att de ligger i spannet $\pm 100^{\circ}\text{C}$ från varandra. En anledning till att temperaturen skiljer sig lite åt kan vara ventilationen och fluktuerande flammor. Flamman rör sig mycket hela tiden vilket gör att det inte blir ett linjärt samband för temperatur över höjden. Däremot gav samtliga termoelement som fungerade i test 5B en ganska stabil temperatur på omkring 500°C . Om detta jämförs med uppmätningarna för repetitionsförsöket syns det att de temperaturerna som uppmättes förändrades 200°C från lägsta till högsta termoelementet. Detta resultat skiljer sig åt en del och mönstret går inte att applicera. Resultatet av höjd-temperaturdiagrammet visar inte på någon typ av repeterbarhet.



Figur 43 Jämför den uppmätta temperaturen på termoelementens alla höjder vid 300 sekunder för 5B och dess repetitionsförsök.

Som nämnt ovan är $\text{THR}_{600\text{s}}$ - och FIGRA-värdena baserade på effektutvecklingskurvan. Men trots att effektutvecklingskurvorna skiljer sig åt mer för uppställning 5B än för 3A skiljer

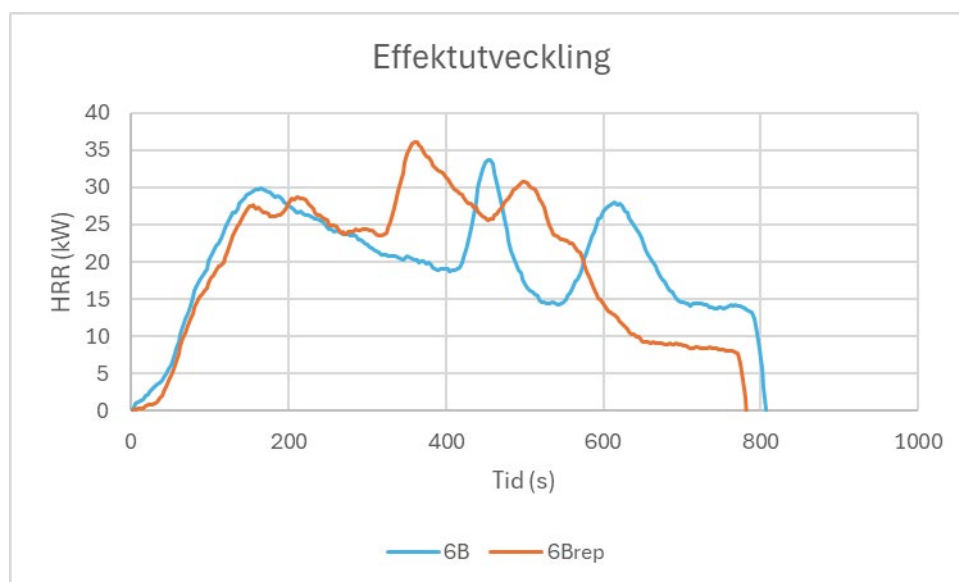
sig THR_{600s}- och FIGRA-värdena mindre åt, se Tabell 12. De är i princip samma, vilket tyder på mycket bra repeterbarhet.

Tabell 12 Redovisar de beräknade värdena för grupp 5. Även den ytskiktssklass som värdena hänför redovisas i tabellen.

	THR _{600s} (MJ)	FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	Ytskiktssklass
5B	0,898	204	155	C
5Brep	0,818	220	156	C

Uppställning 6B

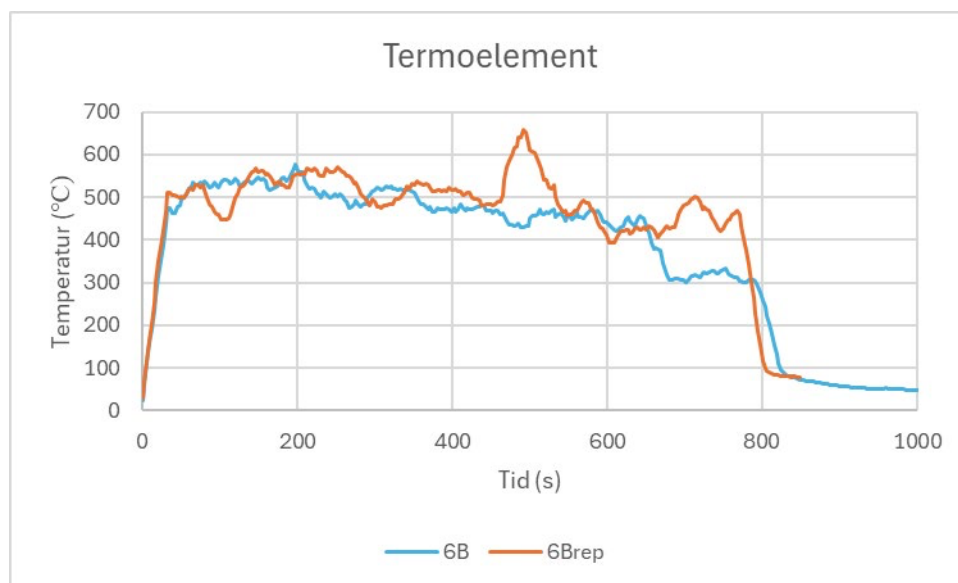
Effektutvecklingskurvan för uppställning 6B, Figur 44, har mer skillnader än de övriga uppställningarna med repetitioner. Formmässigt följer kurvorna inte varandra så väl, men de har samma mönster fast vid olika tidpunkter. Fram till första toppen är de lika, men sen beror resterande toppar på att spånskivorna går sönder och nytt brännbart material exponeras. Detta sker vid två tillfällen för båda testerna. Trots att detta inte sker vid samma tidpunkt eller med samma intervall är det ändå samma mönster.



Figur 44 Jämför effektutvecklingskurvorna för 6B och dess repetitionsförsök.

I Figur 45 går det att se att medeltemperaturen för de två testerna skiljdes åt med knappa 50°C. Dock skiljer kurvorna varandra åt en del. Genom ungefär halva testet uppvisar

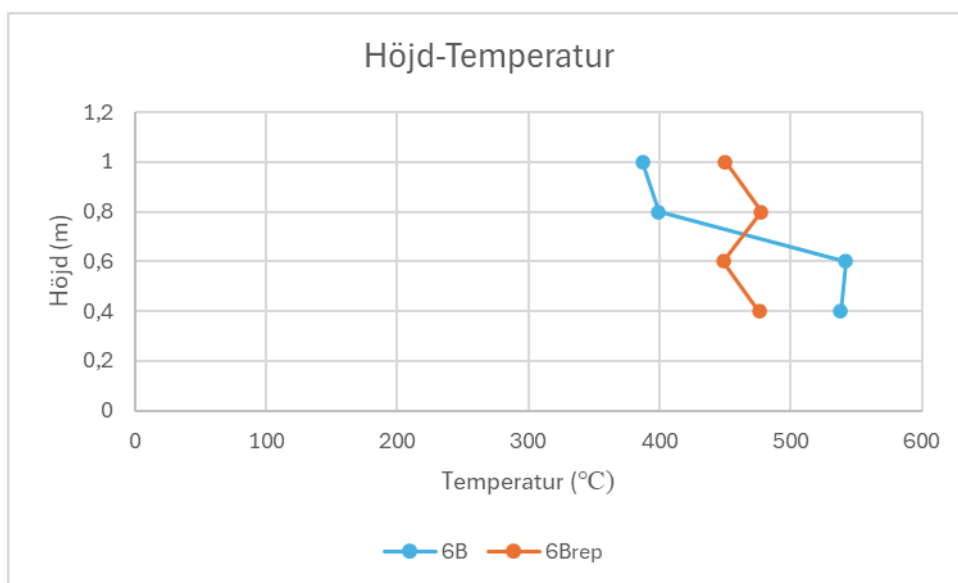
kurvorna liknande mönster och temperatur. Den första toppen för test 6Brep uppstår efter cirka 500 sekunder, vilket är samtidigt som testets andra topp på effektutvecklingskurvan ovan. Detta innebär att den högst uppmätta temperaturen för repetitionsförsöket uppmättes strax efter att nytt brännbart material under kort tid hade exponerats och börjat brinna. För test 6B är det lite längre tid mellan första och andra gången som nytt brännbart material exponeras vilket kan vara en förklaring till att det inte får samma effekt i temperaturökning. I stället blir det en avtagning i temperaturen för test 6B. Detta sker i samband med att brännbart material lossnar från väggen och faller ner på marken. Det material som lossnar är det som befinner sig närmast termoelementet på 40cm, det vill säga det termoelementet som redovisas i diagrammet nedan. Trots vissa utstickande skillnader i termoelementskurvorna tyder resultatet likväl på god repeterbarhet.



Figur 45 Jämför temperaturkurvorna för uppställning 6B och dess repetitionsförsök ovan brännare.

Resultatet av höjd-temperaturdiagrammet för uppställning 6B, Figur 46, påminner mycket om höjd-temperaturdiagrammet för uppställning 5B. Repetitionsförsök 6Brep håller sig ganska stabilt omkring 450°C medan test 6B skiljer nästan 150°C mellan de två översta och de två lägsta termoelementen. En anledning till detta kan vara att försöken gjordes vid två

olika dagar vilket innebär olika väder och ventilationsförhållanden. Även att flaman är väldigt fluktuerande gör att det blir svårt att jämföra två olika test vid en specifik tidpunkt.



Figur 46 Jämför den uppmätta temperaturen på termoelementens alla höjder vid 300 sekunder för 6B och dess repetitionsförsök.

THR_{600s}- och FIGRA-värdena för de två olika försöken fick trots två väldigt varierande effektutvecklingskurvor värden som visar på mycket god repeterbarhet, se Tabell 13.

Tabell 13 Redovisar de beräknade värdena för grupp 6. Även den ytskiktssklass som värdena hänförs redovisas i tabellen.

	THR _{600s} (MJ)	FIGRA _{0,2MJ} (W/s)	FIGRA _{0,4MJ} (W/s)	Ytskiktssklass
6B	1,28	221	219	C
6Brep	1,45	219	212	C

Sammantaget har samtliga försök visat på både god repeterbarhet och mindre bra repeterbarhet. Däremot har majoriteten av repetitionerna god repeterbarheten.