

Effekten av släcksprayer vid brandtillbud

Casper Flensburg & Axel Kriborg

| Avdelningen för Brandteknik | LTH |
LUNDS UNIVERSITET



Effekten av släcksprayer vid brandtillbud

**Casper Flensburg
Axel Kriborg**

Lund 2020

Titel: Effekten av släcksprayer vid brandtillbud

Title: The impact of extinguishing sprays

Författare/Authors:

Casper Flensburg

Axel Kriborg

Report 51XX

ISRN: LUTVDG/TVBB--51XX--SE

Antal sidor/Number of pages: 61

Illustrationer/Illustrations: 24

Sökord/Keywords

Släckspray, Housegard, Taerosol, Brandsläckare, Släckprodukt

Abstract

This report investigates the impact of extinguishing sprays on residential fires, these sprays are a relatively new category of extinguishing equipment and therefore their actual effect on fires is generally unknown. Taking several factors such as human behavior and user error into account the report aims to give a comprehensive picture of potential risks and dangers connected to the usage of these products.

Furthermore, the arguments put forward by the authors are strengthened by experiments investigating extinguishing capacity and user reliance, combined with theories and calculations regarding human behavior, fire dynamics, and information provided by manufacturers; these results are the basis of discussion regarding the extinguishing sprays suitability.

The report concludes that extinguishing sprays have a good effect on small fires under controlled circumstances. However, the user being well informed regarding the hazards posed is required to use them safely. In addition to this, poor or otherwise wrongly interpretable information provided by manufacturers make up the main flaws of the products.

© Copyright: Division of Fire Safety Engineering, Faculty of Engineering, Lund University, Lund 2022

Avdelningen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2022.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Denna rapport är vårt gemensamma examensarbete för Brandingenjörsprogrammet på Lunds tekniska högskola. Rapporten har skrivits av Axel Kriborg och Casper Flensburg under höstterminen 2020, där mycket har försvårats av den då pågående covid19-pandemin och följande restriktioner. Vi vill därför rikta ett extra stort tack till de som gjort sitt yttersta för att underlätta rapportskrivandet under dessa restriktioner. Nedan nämns ett fåtal vid namn, men det finns givetvis fler som hjälpt till och förtjänar ett tack.

Marcus Runefors – För råd och handledning genom flera rapporter, inte bara examensarbetet. Där fokus ständigt legat på resultatet och inte brister i planering eller missade deadlines samt ett hjälpsamt och pragmatiskt förhållningssätt till denna rapport.

Joakim Åström – För hjälp med genomförande och planering av rapportens avslutande laborationer, tillgänglighet samt ett lösningsorienterat tillvägagångssätt.

Stefan Svensson – För hjälp och värdefull granskning av försöksuppställningar inför laborationer samt bokning och information kring laborationen på övningsfältet Revinge.

Dan Madsen – För vägledning och råd vid rapportens inledande laborationer.

Sammanfattning

Denna rapport undersöker effekten av släcksprayer på brandtillbud i bostäder, dessa släcksprayer är relativt nya produkter och därför är deras generella effekt på bränder okänd. Rapporten beaktar flera faktorer såsom mänskligt beteende och användarfel. Rapportens mål är att ge en övergripande bild av risker, farhågor, och fördelar med produkterna.

Vidare styrks de argument som presenteras av laborativa experiment och beräkningar som undersöker släckkapacitet, användarberoende och vissa påtagliga risker. Detta i kombination med teorier kring mänskligt beteende, branddynamik, och information från tillverkare utgör grunden för rapportens diskussion.

Sammanfattningsvis konstaterar rapporten att släcksprayer har god effekt under det tidiga brandförloppet under kontrollerade former; dock kräves att användaren är påläst och medveten om de inneboende risker och faror produkten medför. De största bristerna med produkten utgörs utöver detta av bristande eller annars misstolkningsbar information från tillverkare och återförsäljare.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och Mål	3
1.3	Frågeställning	3
1.4	Avgränsningar & Begränsningar	3
2.	Teori	5
2.1	Klassning av brandsläckare enligt SS-EN 3-7	5
2.2	Traditionell släckutrustning	5
2.3	Brandorsaker i Sverige	7
2.4	Fibröst och vätskeformigt bränsle.....	8
2.5	Släckteori.....	10
2.6	Effektutveckling av träribbstaplar.....	11
2.7	Stänk och antändning vid kollision i vätskegränsskikt	12
2.8	Mänskligt beteende vid brand.....	13
3.	Metod	16
3.1	Produktbeskrivning.....	16
3.2	Laboration 1.....	18
3.3	Laboration 2.....	19
3.4	Laboration 3.....	19
3.5	Beräkning av potentiellt stänk	22
3.6	Beräkning av effektutveckling för fibrösa bränslen.....	22
4.	Resultat.....	23
4.1	Släckning av vätskebränder	23
4.2	Släckning av fibrösa bränslen.....	28
4.3	Laboration 3.....	30
5.	Diskussion	37
5.1	Laborationer och släckeffekt	37
5.2	Spis-, och Vätskebränder	38
5.3	Bränder i fibrösa material	39
5.4	Mänskligt beteende och användning.....	40
5.5	Övriga aspekter.....	41
6.	Slutsats	44
7.	Framtida forskning	45
8.	Referenser.....	46

9.	Bilagor.....	48
9.1	Bilaga 1: Laborationsuppställning 1	48
9.2	Bilaga 2: Riskvärdering för laboration 1	49
9.3	Bilaga 3: Laborationsuppställning 2	50
9.4	Bilaga 4: Riskvärdering för laboration 2	51
9.5	Bilaga 5: Laboration 2	52
9.6	Bilaga 6: Laborationsuppställning 3	56
9.7	Bilaga 7: Riskanalys för laboration 3 - Förberedande försök	59
9.8	Bilaga 8: Riskanalys för laboration 3 - Släckförsök av madrasser vid övningsfältet Revinge	60

1. Inledning

Det aktiva brandskyddet inuti bostäder har under lång tid varit relativt stillastående, i huvudsak har det utgjorts av traditionella brandsläckare, brandvarnare och brandfiltar. De senaste åren har dock försök gjorts till att modernisera både brandvarnare och brandsläckare, ett steg i denna modernisering har lett till en ny produktkategori, nämligen släcksprayer. Dessa släcksprayer ska syfta till att i ett tidigt skede kunna släcka en brand på exempelvis spisen, bilen etcetera. Även om brandklassning finns, är klassningen så pass låg att det är oklart vilken effekt som kan förväntas i ett verkligt brandscenario.

1.1 Bakgrund

Släcksprayer är en relativt ny produkttyp som under de senaste åren har fått mer uppmärksamhet, exempelvis från Sveriges brandskyddsförening (SBF) som efterfrågat en bedömning av dessa.

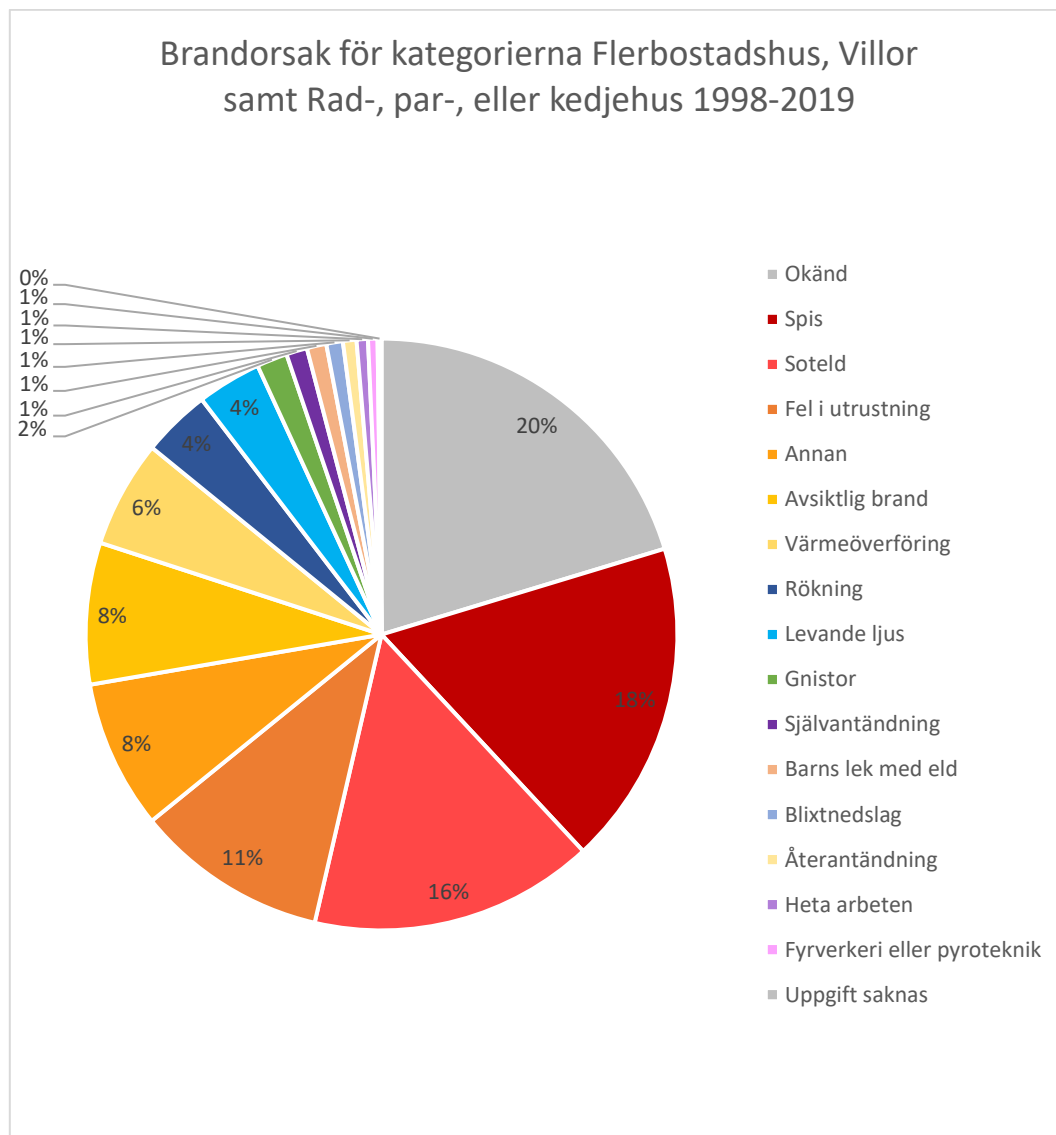
Det finns flera aspekter med släcksprayer som behöver undersökas och beaktas, en särskilt intressant aspekt är huruvida det är klokt att införa en ny släckartyp med lägre släckeffekt när det redan finns bekymmer med omkomna till följd av misslyckade släckförsök. Dock är det inte uppenbart att dessa dödsfall har något med brandsläckarens släckförmåga att göra, snarare pekar mycket mot att dessa dödsfall uppstår till följd av att de inte brukar handbrandsläckare alls utan istället exempelvis vatten. Detta i kombination med människors generellt dåliga förmåga att uppskatta bränders tillväxt, se 2.8. Dessa dödsfall hade kunnat reduceras genom en mängd åtgärder, exempelvis genom lättillgängliga släckare i kombination med en tidigt påbörjad släckinsats, detta är en aspekt som diskuteras mer senare i rapporten.

Det finns idag inget lagkrav i Sverige på släckutrustning i hemmet, istället regleras detta via rekommendationer från myndigheter, föreningar och försäkringsbolag. De lägsta klasserna som rekommenderas för användning i bostäder av både Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och Svenska Brandskyddsföreningen (SBF) är 43A233BC respektive 43A233B. Detta innebär i praktiken ofta en pulver- eller skumsläckare på 6 kilogram respektive 9 liter. Detta betyder inte nödvändigtvis att släckspray som koncept är dåligt, utan en marknad och behov för mindre, lättanvänd släckutrustning som komplement finns eventuellt utan att de i sig uppfyller försäkrings- eller branschkrav.

Återförsäljare av dessa släcksprayer är noga med att påpeka att dessa inte ersätter en traditionell släckare, utan att de är ett komplement. Det finns sedan tidigare bekymmer med traditionella släckare där de är relativt ovanliga i hemmet, men även att de används relativt sparsamt bland annat på grund av det stora saneringsarbetet som är knutet till en släckinsats med framförallt pulversläckare. Om det då är så att släcksprayer inhandlas av de som inte har en släckare i övrigt är det givetvis gynnsamt, men om det ersätter inhandlingen av en traditionell släckare är det istället bekymmersamt. Då är det vanskligt att det på flaskan anges att de bör användas som ett komplement, även om det är svårt att säga vad tillverkarna kan göra för att ytterligare understryka dess tänkta användningsområde.

Det är dock svårt att undersöka hur produkten inhandlas i praktiken, och kräver uppgifter som ligger utanför denna rapports begränsningar. Det är vidare intressant att fråga sig om det i ett brandscenario finns något som kan kallas ett komplement då det ofta är antingen eller.

Det är oaktat konsumtionsmönster intressant att kolla på hur statistiken för bränder ser ut i Sverige idag, för att underlätta detta används Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps insatsdatabas (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2020) där bostadsbränder undersöks. Detta illustreras nedan i Figur 1.



Figur 1: Brandorsaker för bostäder i Sverige 1998 – 2019 totalt 127 679 insatser, hämtad från MSBs insatsdatabas.

Av detta framgår det att spisbränder, elbränder (fel i utrustning), och bränder med okänd startorsak utgör en stor del av alla bränder i hemmet. Om släcksprayen placerats lämpligt kan denna utgöra en effektiv åtgärd i det tidiga brandförloppet för många av dessa orsaker. Det är dock oklart hur långt in i brandförloppet en släckspray kan tänkas vara effektiv, och vilka

andra risker som kan finnas med produkten. Vidare är det av intresse att undersöka hur funktionen påverkas av användarvana, vilket denna rapport hoppas klarlägga.

1.2 Syfte och Mål

Denna rapport syftar till att klarlägga vilka fördelar, nackdelar, och farhågor det finns med släcksprayer. Rapporten undersöker två produkter närmare där släckeffekt, kastlängd och andra egenskaper undersöks. Därefter diskuteras andra generella egenskaper med släcksprayer som bör beaktas, för att slutligen ge en objektiv bedömning av produkten, dess användningsområden, och lämplighet. Målet med rapporten är således att kunna ge en rekommendation kring användning och lämplighet av släcksprayer som släckprodukt i bostäder.

1.3 Frågeställning

Rapportens frågeställning är huruvida släcksprayer eller liknande produkter lämpas som släckutrustning i hemmet, detta innefattar exempelvis vilken storlek och brandscenario en släckspray skulle vara lämplig för, samt andra faktorer som användarvänlighet, potentiella risker och kvalitativa argument utifrån studier kring brandtillbud.

1.4 Avgränsningar & Begränsningar

Under denna rubrik redovisas de avgränsningar och begränsningar som är värda att ha i åtanke när rapporten läses. De avgränsningar skribenterna avsatt har gjorts med största opartiskhet i åtanke, då en rättvis bedömning av produkttypen eftersträvs.

Rapporten har avgränsats till att undersöka två olika modeller, vilka ansågs utgöra tillräckligt underlag för en grundläggande bedömning av produkten. Frågor kring rimligheten i att endast undersöka dessa två och bedöma produkttypen som helhet kvarstår, detta diskuteras vidare under rapportens avslutande delar, se kapitel 5.

Vidare har undersökningsmetod uteslutande valts till laboratorieförsök, litteraturstudier, samt marknadsundersökning, trots att inkludering av en kompletterande enkätstudie kring konsumtionsmönster vid släckspraysinköp hade gjort rapporten mer heltäckande. Av denna anledning är det fortsatt oklart hur produkterna inhandlas i verkligheten, och försvårar därför uttalanden kring lämpligheten av produkttypen som helhet. Denna lämplighet beror i hög grad på om dessa produkter inhandlas och används som komplement eller substitut till traditionella brandsläckare.

Laborationer har vidare begränsats då storlek på testerna, till följd av labbets kapacitet, begränsades till 30 cm bål för vätskebränder samt ~100 kW brand för fasta bränslen. På grund av säkerhetsskäl genomfördes inte heller stänklaborationer med brinnande matolja, istället undersöks detta fenomen genom beräkningar och litteraturstudie.

Till följd av pågående pandemi har den andra av två laborationer som inledningsvis planerats inte kunnat genomföras. Ett försök på denna laboration genomfördes, men resultaten ansågs

inte tillförlitliga och till följd av laboratoriets begränsningar i kombination med rådande restriktioner var ett nytt försök inte aktuellt. Detta databortfall har kompenserats med beräkningar med tillhörande felmarginal, vilka presenteras under 2.6 och dess resultat under 4.2.

2. Teori

Nedan följer övergripande och nödvändig teori för resterande delar av rapporten.

2.1 Klassning av brandsläckare enligt SS-EN 3–7

Inom EU klassas alla brandsläckningsprodukter avsedda för privatbruk, med undantag för brandfilter, enligt standarden SS-EN 3–7 som avser en samling standardiserade tester av varierande skala för olika bränsletyper.

Brandsläckare kategoriseras enligt klasserna A, B, C, D, (E), och F; dessa kategorier är tänkta att representera alla vanliga bränsletyper. A-klassningen innefattar fibrösa bränslen såsom trä, textil eller kartong. B-, C- och F-klassningar avser, i ordning, vätskeformiga bränslen, gasformiga bränslen, samt fettbränder. D-klassning återfinns sällan på typiska brandsläckare då de avser metallbränslen och kräver således specialiserat släckmedel. Denna klassning omfattas inte av standarden men används likväl på släckare avsedda för detta ändamål. E-klassningen, släckning i elektrisk utrustning, som tidigare använts har ersatts med informativ text som tydligt anger att produkten klarar av släckning i elektrisk utrustning.

A-, B- och F-kategorierna har även en så kallad effektivitetsklass, denna klassning avser storleken av ett testbål för vilket produkten klarar släckning. Testbålet för fibrösa bränslen utgörs av träribbor med 39 mm kvadratisk tvärsnitt som placeras i 14 lager till en stapel med måtten 0,5 x 0,5 x Y meter (bredd x höjd x längd), där Y varierar och bestämmer således klassningen, exempelvis ger ett Y på 34 dm en klassning på 34A. Dessa tester fortgår för ökande storlekar tills det att släckning inte längre är möjlig och inga lågor återuppstår efter avslutat test, liknande metodik gäller även för övriga klassningar.

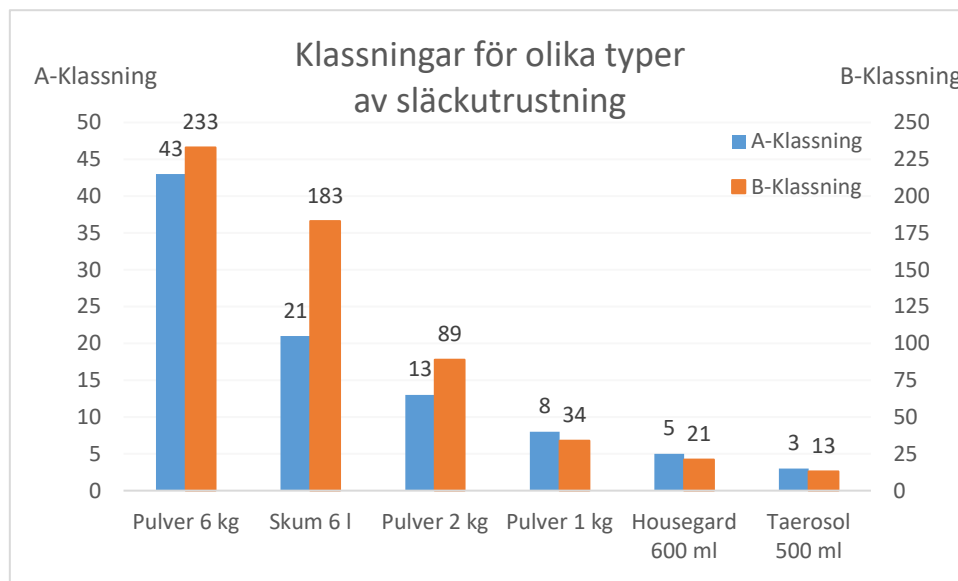
Bålen för vätskor ser annorlunda ut, där avser numret istället volymen n-heptan i ett kärl med radie som motsvarar roten av talet i decimeter, exempelvis motsvarar klassning 21B ett bål på 21 liter och med radie ~4,6 dm. Samma princip gäller för F-klassningen men denna har annorlunda standardstorlekar som generellt är mindre än B-bålen.

2.2 Traditionell släckutrustning

De brandsläckare som rekommenderas till hemmet bör som lägst ha klassningen 43A233BC enligt MSB, vilket i dagsläget endast uppfylls av 6-kilos pulversläckare samt 9-liters skumsläckare. Enligt informationsbladet *Allt om brandsläckare* (Storstockholms Brandförsvär, u.d.) är kastlängden för pulverbrandsläckare ungefärlig 5–7 meter och för skumbrandsläckare 4–5 meter; det påpekas även att ett större avstånd ökar säkerheten vid släckinsats.

Släcksprayerna som beaktas i denna rapport är, som presenteras under paragraf 3.1, av klass och nettovolym 5A21B(E)5F 600 ml respektive 3A13B(E)5F 500 ml, till följd av deras släckmedel kan släckeffekten brandtekniskt liknas vid en traditionell skumsläckare, dock understiger dessa sällan klassning och nettovolym 21A183B 6 l i dagsläget. Släcksprayerna kan ytterligare jämföras med små pulversläckare vars klassningar och användningsområde ligger närmre varandra, dessa har generellt klassning och nettovikt 8A34BC 1 kg eller

13A89BC 2 kg. Ur detta kan observationen att släcksprayerna har betydligt lägre klassningar än liknande alternativ göras. Nedan presenteras även dessa klassningar i ett stapeldiagram.



Figur 2: Klassningar för traditionella brandsläckare presenterat med klassningar för släcksprayer.

Vidare kan det konstateras att släcksprayers saneringsbehov efter insats är mycket likt det för skumsläckare vid korrekt användning, det krävs alltså ingen omfattande sanering efter släckning; pulversläckare skiljer sig däremot då de ofta kräver mycket omfattande sanering av utrymmet efter släckning.

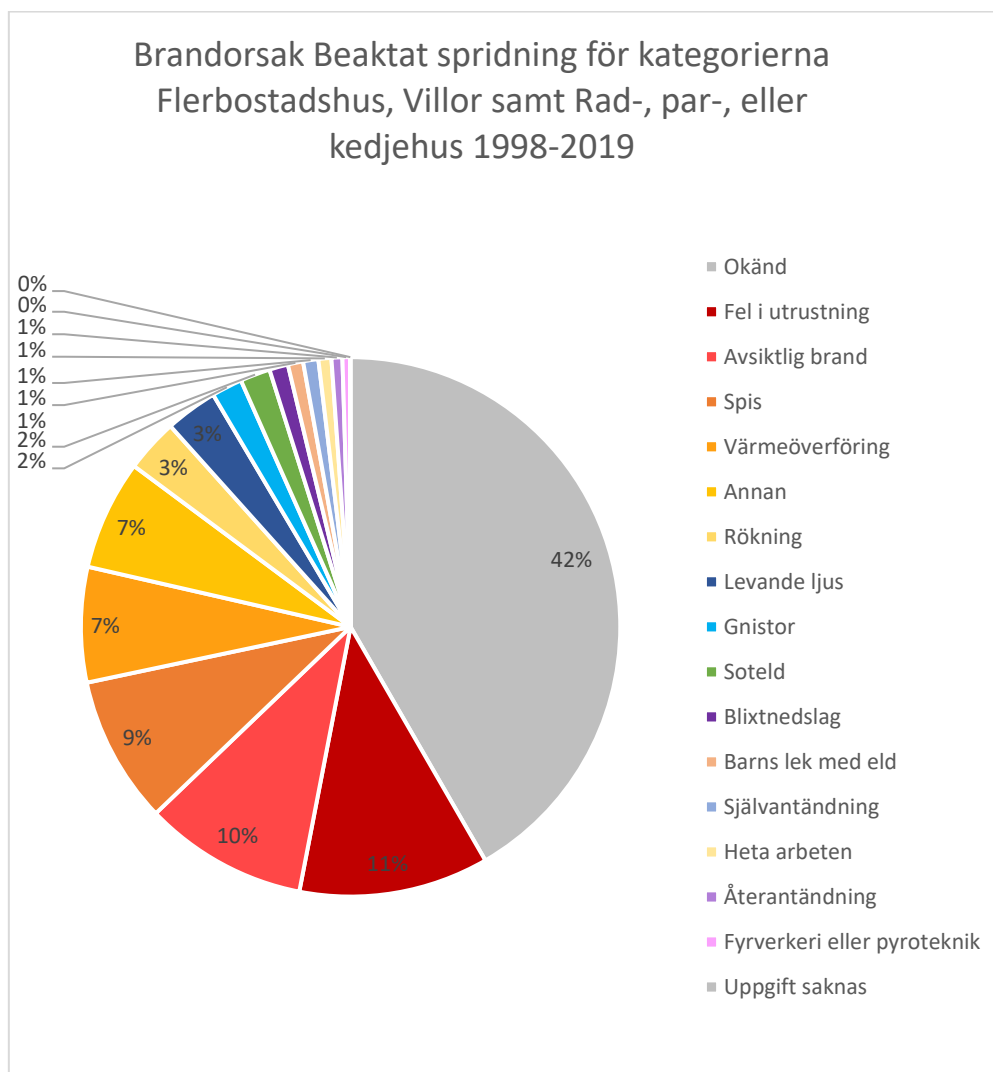
Utöver detta har traditionella brandsläckare alltid en plomberad avtryckare för att förhindra oavsiktlig aktivering, det finns också alltid någon form av tryckavlastning som syftar till att motverka en eventuell explosion av släckaren vid tryckhöjning, typiskt till följd av ökad temperatur enligt SS EN 3–7 (Svenska institutet för standarder, 2004). Detta till skillnad från släcksprayerna vars förpackning är försedd med explosionsvarning.

Det är även av intresse att här nämna brandfiltar som främst syftar till att släcka små och begränsade bränder, dessa kräver att personen som genomför släckinsatsen i princip befinner sig precis intill branden, de anses även lämpliga att släcka personer med kläder i brand enligt informationsbladet *Brandskydd i bostäder – för dig som ger råd* (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019). Brandfiltar saknar till skillnad från vanliga brandsläckare ett klassningssystem men ska godkännas enligt standarden SS EN-1869:2019; detta innebär i praktiken att brandfilten ska vara värmetålig och röktät. Däremot menar MSB att brandfiltar är mycket lättanvända och kan släcka bränder vars yta med god marginal kan täckas.

2.3 Brandorsaker i Sverige

Ur Figur 1 som tidigare presenterats kan det inte med säkerhet utläsas vilka orsaker som tillåter släckinsats av privatperson, däremot kan det konstateras att släckinsats inte kan förväntas ske om branden är för stor vid upptäckt eller om den startar i ett otillgängligt utrymme. Vidare avser dessa startorsaker främst organiska bränslen med vissa undantag, exempelvis matolja vid spisbränder. Rapporten *Torrkokningar – En statistisk och experimentell studie om antändning av mat i fast form* (Eklöf, 2017) presenterar att vid de spisbränder som lett till antändning har bränslet i 98% av fallen utgjorts av smör/olja. Vilket betyder att en F-klassning på släckutrustning är högst relevant.

Nedanstående figur visar brandorsaker där branden spridit sig utanför startobjektet vid räddningstjänstens ankomst hämtat från IDA (Myndigheten för samhällsskydd och breddskap, 2020), det kan utläsas att fel i utrustning är enskilt vanligast, bortsett från okänd, för denna kategori. Vidare syns att spisbränder står för en mindre andel i denna kategori, exempelvis kan torrkokning ofta räknas bort då detta primärt producerar rök och sällan antänder.



Figur 3: Insatser där branden spridits utanför startobjektet 1998–2019 totalt 17 972 insatser, hämtat från MSB IDA.

Anledningen att brandspridning bör beaktas är att endast de brandtillbud där spridningsrisk föreligger beaktas, alltså de händelser där tidig släckinsats hade haft störst påverkan. Detta diagram utgörs dock i högre grad av kategorin okänd, vilket är problematiskt då senare resonemang omges av en viss grad av osäkerhet till följd av detta. Statistiken avslöjar inte heller huruvida släckinsats varit möjlig.

I kombination med ovanliggande text samt att bostäder nästan uteslutande innefattas av bränsletyperna A, och F, bör dessa klassningar prioriteras vid bedömning av brandsläckare för hemmet, dock förekommer i vissa fall begränsade mängder brännbar vätska, exempelvis tändvätska och vissa lösningsmedel, så även B-klassning är fördelaktig.

2.3.1 Vanliga brandstiftare

Till skillnad från begreppet brandorsak syftar brandstiftare till mer specifika objekt som orsakar branden, detta är vanligtvis mest applicerbart under kategorin fel i utrustning då resterande kategorier ofta har en självklar brandstiftare, exempelvis spis, blixtnedslag eller levande ljus.

Det är av värde att understryka vissa vanliga brandstiftare i hemmet då detta ytterligare förtydligar de fall då släckinsats av privatperson kan ske. 2019 utfördes enligt MSBs insatsdatabas 1257 insatser i bostäder med en elektrisk apparat som brandstiftare och där orsaken också var till följd av elfel i produkten. Detta utgör ca 17,5 % av de 7178 insatser som genomfördes i bostäder. Värt att påpeka är att bränder i till exempel fasta installationer där släckinsats ofta är svårutförd för en privatperson till följd av att branden ofta är otillgänglig, såsom elcentral, och ventilationsanläggning, står för 311 insatser och således utgörs den andel av alla insatser där släckinsats rimligtvis kunnat ske 13,2 procent av de totala insatserna 2019.

Generellt för mindre elektriska produkter är att de enligt data från *Burning item database* uppnår en maximal effektutveckling på 15 - 30 kW. Denna relativt låga effektutveckling medför att bränder i dessa produkter ofta kan begränsas av en privatperson om släckning påbörjas innan branden spridits.

2.4 Fibröst och vätskeformigt bränsle

Generellt delas bränslen in i olika kategorier utifrån genomgående drag i hur bränslet brinner. Klassningssystemet för brandsläckare utgår från de egenskaper som påverkar vilket släckmedel som anses lämpligt. A-klassen innefattar exempelvis fasta bränslen som tenderar att ge en glödande yta.

Fasta bränslen bildar generellt både brännbara gaser och har hög yttemperatur. Vanligt för denna typ, särskilt trämaterial, är att pyrolys och glödeld kan ske längre in i det porösa materialet. Pyrolys avser de kemiska reaktioner som sublimerar trämaterialet och resulterar i en brännbar gas, detta fenomen sker vid 280 - 500 grader enligt boken *An introduction to fire dynamics* (Drysdale, 1985), efter pyrolys förkolnar även trämaterialet. Typiskt för brand i fasta material är att effektutvecklingen stiger relativt jämnt tills det når sin topp och planar ut,

det brinner sedan med samma intensitet innan det börjar minska. Detta medför att de bör släckas genom en kombination av ytverkan och kylning av flammorna.

Enligt *An introduction to fire dynamics* (Drysdale, 1985) kan det för vissa fasta bränslen där effektutvecklingskurvan under en tid förväntas vara konstant nyttjas ett mått för effektutveckling per areaenhet (HRRPUA). Detta mått anger vilken effektutveckling materialet avger per kvadratmeter, således kan detta mått multipliceras med brandobjektets area för en uppskattning av dess effektutveckling. HRRPUA tas fram genom att effektutvecklingen för ett material mäts under den tid som denna är konstant sedan divideras detta värde med arean av branden.

Vid fett- och vätskebränder är det inte vätskan som brinner utan det bildas en brännbar blandning till följd av förångning, denna förångning stabiliseras fort och effektutvecklingen blir då i stort konstant. Vid släckning av vätskebränder kan kylning av flammor vara ineffektivt då det inte nödvändigtvis ger skydd mot återantändning, detta kan istället åstadkommas genom att exempelvis täcka ytan och således förhindra vidare förångning av vätskan. Till skillnad från fasta material hindras temperaturökning vid vätskeytan av förångning, således uppnår fasta material ofta högre yttemperatur än vätskor.

Till skillnad från många vanliga vätskebränder har matlagningsfett hög kokpunkt och kräver därför en temperatur på mellan 400 och 435 grader (Buda-Ortins, 2010) beroende på typ av fett för att antända termiskt, vilket leder till att oljebränder kan förånga vattenbaserade släckmedel och leda till stänk; detta utgör en risk både för brandspridning och personskador och är den primära anledningen att fettbränder inte klassas som B-bränder.

Effektutveckling kan generellt beräknas enligt nedanstående formel (Drysdale, 1985). För vätskebränder kan denna formel användas för att beskriva majoriteten av brandförloppet då de har relativt konstant effektutveckling med undantag för start och slut. Vidare behöver endast massavbrinning mätas vid laborationstillfälle då förbränningsvärmen, likaså förbränningseffektiviteten, är bränsleunikt och finns således tabellerade för många bränslen, dock förändras förbränningseffektiviteten då branden börjar slockna (Karlsson & Quintiere, 2000).

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta H_c \cdot \chi_c \quad \text{Ekvation 1.}$$

där	
\dot{Q}	Effektutveckling [W]
\dot{m}	Massavbrinning [kg/s]
ΔH_c	Förbränningsvärme [J/kg]
χ_c	Förbränningseffektivitet [-]

Denna formel kan även användas för andra bränsletyper men kräver ofta mer avancerade beräkningar då effektutvecklingen förändras över tid, den kan dock vara användbar för att enkelt beräkna den effektutvecklingen vid en specifik tidpunkt om massavbrinningen mäts eller beräknas vid denna.

2.5 Släckteori

Stefan Särdaqvist presenterar i sin bok *vatten och andra släckmedel* (Särdaqvist, 2013) att släckning antingen sker genom kylning av flammorna tills de inte har tillräcklig energi att fortsätta förbränningsreaktionen, eller genom kylning av bränsleytan tills denna slutar avge brännbara gaser; ett släckmedels viktigaste egenskap är alltså att snabbt absorbera energi från branden. Detta är sant för många situationer men det finns undantagsfall, exempelvis kan vissa pulver binda med fria radikaler och således släcka branden kemiskt, även skum är ett exempel på annan släckverkan än kylning då skummet bryter tillförseln av bränsle till flammorna genom att avskärma ytan och då förhindra förångning vid vätskebränder.

Släckeffekt mäts vanligtvis i måttet REMP (Required extinguishing media portion) som är en kvot mellan masstillföringshastigheten av släckmedel och massflödet av en brinnande gas. Detta värde kan exempelvis användas för att beräkna den teoretiskt krävda mängden släckmedel. En begränsning med REMP är att de test som utförs endast fungerar för släckmedel som kan finfördelas (exempelvis pulver, vatten eller inertgaser) då släckmedlet blandas in i gasledningen innan förbränningsmunstycket. Dessa tester tar också bara hänsyn till släckmedlets kyleffekt samt eventuell kemisk inverkan på själva flammen.

I stället för REMP kan ett liknande mått användas, då den totala mängden släckmedel som krävs för att släcka en testbrand delas med effektutvecklingen, detta ger ett värde med enheten [kW/g] som likt REMP kan användas för att beräkna en maximal släckeffekt för en viss mängd släckmedel. Denna metod är däremot mycket användarberoende och två användare kan få skilda värden beroende på deras erfarenhet och kunskap. Vidare är påföringshastigheten, till skillnad från REMP, inräknad med detta mått och således blir detta värde unikt för den produkt som testas.

Enligt Särdaqvist är skum, som lägger sig ovanpå vätskeytan och kyler samt förhindrar vidare förångning, det mest effektiva sättet att släcka vätskebränder, det är också möjligt att kyla vätskan och flammorna, genom exempelvis pulver, tills det att förångning upphör men detta ger ej återantändningsskydd och är därför mer applicerbart för små bränder där pulvret kan släcka hela ytan samtidigt.

Fibrösa bränder tenderar att ha en lägre effektutveckling per areaenhet, vilket leder till att en större yta behöver täckas och ökar därmed användningen av skum. Av denna anledning, tenderar skum att ha något sämre släckeffekt på fibrösa bränder än det har för vätskebränder.

I praktiken beror släckning mycket på användare och kunskap, men även vid felfri släckning utnyttjas inte släckmedlet optimalt, exempelvis förs en del bort av plymen. Detta gör att släckning ofta kräver mer släckmedel än vad som teoretiskt beräknats; något som uppmärksammas under de laborationer som utförts. Beräkningar bör alltså appliceras med försiktighet, och användarberoendet understrykas.

2.6 Effektutveckling av träribbstaplar

G. Heskestad menar i sin rapport *Modeling of enclosure fires* (Heskestad, 1973) att en träribbstapel med tillräckligt avstånd mellan träribborna kan beräknas genom att anta de enskilda komponenterna som fritt brinnande. För mer kompakta staplar, likt de som används vid A-klassning av brandsläckare, är detta inte fallet då effektutvecklingen i allt högre grad blir beroendet av luftflödet genom stapeln som beskrivs enligt följande uttryck.

$$\dot{m}_{luft} \propto A_v s^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ekvation 2.}$$

där

\dot{m}_{luft}	Massflödet av luft [g/s]
A_v	Tvärsnittsarean av vertikala schakt i stapeln [cm ²]
s	Avstånd mellan staplar [cm]

Vidare använder Heskestad ett tidigare experimentellt framtaget uttryck som beskriver maximal massavbränningshastighet som funktion av massflödet luft och stapelns dimensioner. Denna presenteras nedan i Ekvation 3.

$$\frac{\dot{m}}{A_s b^{\frac{1}{2}}} = f\left(\frac{\dot{m}_{luft}}{A_s b^{-1/2}}\right) \quad \text{Ekvation 3.}$$

där

\dot{m}	Bränslets massförlust [g/s]
A_s	Exponerad yta av ribbor i stapeln [cm ²]
b	Ribbornas tjocklek [cm]

Heskestad kombinerar ovanstående uttryck med sambandet för luftflöde för att konstruera nedanstående samband.

$$\frac{\dot{m}}{A_s b^{\frac{1}{2}}} = f\left(\frac{A_v}{A_s} (sb)^{\frac{1}{2}}\right) \quad \text{Ekvation 4.}$$

Ovanstående ekvation visar att massavbränningen kan beskrivas som en funktion av termen i högerledet, denna benämns generellt som heskestadsporositet ($\phi_{Heskestad}$). Detta uttryck varierar med avseende på stapelns konfiguration och behöver därför bestämmas experimentellt för olika fall. Vidare menar Heskestad att denna metod generellt har en felmarginal på 20% och varierar beroende på träets fuktinnehåll.

Rapporten *Burning Rates of Wood Cribs with Implications for Wildland Fires* (U.S. Forest Service, 2016) menar att nedanstående uttryck kan användas för staplar i storleksordningen 0,0002 - 0,1 m³ i någorlunda kubisk konfiguration med relativ säkerhet (14%).

$$\frac{\dot{m}}{A_s b^{\frac{1}{2}}} = \left(1 - \exp\left(-50 \left(\frac{A_v}{A_s} (sb)^{\frac{1}{2}}\right)\right)\right) \cdot \frac{1,08}{1000} \quad \text{Ekvation 5.}$$

Detta uttryck kan kombineras med Ekvation 1 som presenteras under 2.4 och resulterar då i följande ekvation.

$$\dot{Q} = \left(1 - \exp\left(-50 \left(\frac{A_v}{A_s} (sb)^{\frac{1}{2}}\right)\right)\right) \cdot \frac{1,08 A_s b^{\frac{1}{2}}}{1000} \cdot \Delta H_c \cdot \chi_c \quad \text{Ekvation 6.}$$

Ovanstående är alltså ett samband för att beräkna effektutvecklingen av trästaplar utifrån dess dimensioner och bränsleunika parametrar.

2.7 Stänk och antändning vid kollision i vätskegränsskikt

Så kallat fluidmekaniskt stänk uppstår till följd av droppar eller partiklar som träffar vätskeytan och är enligt rapporten *Droplet impact on deep liquid pools: Rayleigh jet to formation of secondary droplets* (Castillo, Davanlou, Choudhury, & Kumar, 2015) beroende av Reynolds- (Re), Weber- (We), samt Ohnesorgetalet (Oh), dessa kan förenklat sägas påverka vätskeytans instabilitet. Nedanstående ekvationer, som presenteras i ovanstående rapport, används för att bedöma hur en vätska kommer stänka till följd av kraftpåverkan i vätskeskiktet.

$$Re = \frac{\delta v L}{\mu} \quad \text{Ekvation 7.}$$

där

δ	Densitet [kg/m ³]
v	Karakteristisk hastighet [m/s]
L	Karakteristisk längd [m]
μ	Dynamisk viskositet [Ns/m ²]

$$We = \frac{\delta v^2 L}{\sigma} \quad \text{Ekvation 8.}$$

där

δ	Densitet [kg/m ³]
v	Karakteristisk hastighet [m/s]
L	Karakteristisk längd [m]
σ	Ytspänning [N/m]

$$Oh = \frac{\mu}{\sqrt{\sigma\delta L}}$$

Ekvation 9.

där

μ	Dynamisk viskositet [Ns/m ²]
σ	Ytspänning [N/m]
δ	Densitet [kg/m ³]
L	Karakteristisk längd [m]

Det kan från ovanstående ekvationer utlösas att en låg viskositet ökar Re samt minskar Oh vilket enligt studien ökar benägenheten för kronstänk, en mer våldsam typ av stänk, droppformationen av den stänkta mängden till följd detta beror även starkt på vätskans ytspänning där en låg ytspänning ger mindre droppar. Det kan även utläsas att en hög hastighet av den kolliderande vätskan ger ett ökande Re samt starkt ökande We.

Vid brand är det inte själva stänket som utgör en risk, utan antändningen av det stänkta bränslet efter kollisionen mot ytan. Effekten av denna antändning varierar beroende på storleken av bränsledropparna, där mindre droppar förångas lättare till följd av den större mantelarean i förhållande till volymen, detta leder då till att mer energi frigörs under kort tid och således en mer våldsam reaktion. Vidare anger rapporten att våldsamt stänk alltid sker vid $We > 1800$ oberoende de andra dimensionslösa talen. Det presenteras även i boken *vatten och andra släckmedel* (Särdqvist, 2013) att riktande av släckstrålen rakt mot vätskeytan vid pölbrand nästan alltid medför stänk och således bör släckmedlet hastighet reduceras om möjligt, exempelvis genom en bågformad kastbana.

Släckning av matolja kan i kombination med fluidmekaniskt stänk även ge upphov till stänk på grund av vattenavkokning. Detta kan vara mycket påtagligt då brinnande matolja har en temperatur på ca 420 grader och således bidrar till en våldsam avkokning av vatten och vattenbaserade släckmedel som expanderar och således orsakar stänk. Enligt rapporten *Biooljas egenskaper vid brand och släckning samt släckmedelsalternativ vid en första släckningsinsats* (Ovesson, 2010) påvisar brinnande olja en stark benägenhet för ökad flambildning vid släckning med vattenbaserade släckmedel, däribland skum; skum anges dock efter den initiala ökningen av flamstorlek ha god släckeffekt för matolja.

2.8 Mänskligt beteende vid brand

Enligt Daniel Nilssons rapport *People's Subjective Estimation of Fire Growth: An Experimental Study of Young Adults* (Nilsson & Fridolf, 2011) kan människor generellt sägas ha dålig uppfattning om både brandspridning och tillväxt, detta medför i vissa fall att branden grovt underskattas och kan därav leda till felaktigt agerande. Oftast kan detta tillskrivas människors antagande av linjär tillväxt, dock är detta inte fallet för brand vars tillväxt bäst beskrivs som exponentiell.

Enligt denna rapport var bedömningen av brandtillväxt spridd mellan de olika deltagarna, dock tenderade branden underskattas i majoriteten av fallen. Även deras bedömning av huruvida branden kunde släckas med en 9L skumsläckare underskattades; där antog endast 30% av deltagarna att denna släckare kunde släcka en brand överstigande 220 kW när denna i realitet har betydligt högre släckeffekt. Även faktumet att män mer sällan identifierar brandtecken som en påtaglig risk medan detta var vanligare för kvinnor benämns i rapporten.

I rapporten *Människors förhållningssätt till risker, olyckor och kriser* (Enander, 2018) redovisas det att människor visar klassiska stresssymptom vid brandtillbud och andra olyckor, detta innebär exempelvis tunnelseende och försämrad problemlösningsförmåga, det påpekas dock att stressresponsen är högst individuell. Det menas även att människor som är med om brandtillbud tenderar att falla tillbaka på inlärt beteende istället för att hytta nya lösningar på problem.

Vidare påpekas det att människor agerar på ett generellt förutsägbart sätt vid brandtillbud, där brandtecken först upptäcks sedan undersöks och slutligen fattas ett beslut om handling. Som nämnt i ovanstående stycken tenderar män att i mindre utsträckning känna sig hotade av branden, till följd av detta är det också ofta män som genomför släckinsatser.

Denna rapport pekar även på att människor lägger olika värde på samma handlingar i olika situationer där personlig bedömning av vad hotet riskerar skada spelar stor roll. Detta innebär exempelvis att människor i allmänhet är mer benägna att släcka en brand i deras bostad än i en butik de besöker, detta till följd av att bostaden är av större personligt värde än butiken i detta exempel.

Som tidigare nämnt agerar människor till följd av stress och generell förvirring till mycket på instinkt, detta understryker importansen att produkter som är avsedda för användning i brandtillbud är både tydliga och förhållandevis lättanvända.

2.8.1 Dödsfall vid släckförsök

I cirka 20% av alla dödsbränder hade utrymning kunnat ske men genomfördes ej utan istället försökte personen släcka men misslyckades (Runefors, Hees, & Johansson, 2016), rapporten påpekar vidare att åtgärder för ändrande av detta beteende behöver undersökas mer noggrant för att minska dessa dödsfall. Noterbart är att det i majoriteten av dessa släckförsök nyttjats exempelvis vatten istället för handbrandsläckare.

Utav dessa 20% kan 82% attribueras till misslyckade släckförsök. Vidare utgjordes 9% respektive av försök till räddningsinsats samt att utrymmande valde att stanna medan de larmade räddningstjänst. Vidare påpekas det att brandsläckare förmodas ha liten inverkan på denna dödsstatistik; om personen har möjlighet att påbörja släckförsök så har denne även möjlighet att utrymma. Dock menas det att fall då personer omkommit medan de hämtat eller letat efter släckutrustning förekommer.

2.8.2 Theory of affordances

Theory of affordances är ett begrepp inom psykologin som myntats i Gibsons bok *The Senses Considered as Perceptual Systems* (Gibson, 1966). Teorin beskriver hur en individ interagerar med sin omgivning utifrån vad denna erbjuder, exempelvis är en glasdörr mot det fria en självklar utgång medan en ståldörr inte erbjuder samma tydlighet.

Gibson menar också att dessa tecken är inlärningsbara, exempelvis associeras utrymningsskyltar med en väg till det fria trots att detta inte är självklart tydligt. Dessa inlärd associationer leder till förväntan att okända föremål fungerar likt jämförbara redan kända sådana, alltså att de är intuitiva till en viss grad.

Denna teori refereras till inom många olika områden, exempelvis design, miljöpsykologi och människors beteende vid brand. Inom det sistnämnda syftar teorin ofta till lämpligheten av utrymningsvägar och markeringar men kan likväl appliceras på släckutrustning och dylikt.

3. Metod

Under rapportens inledande delar genomfördes en marknadsundersökning med avsikt att identifiera modeller, farhågor med dessa och tänkta användningsområden för släcksprayer.

Marknadsundersökningen genomfördes genom att det via en internetbaserad sökmotor slogs på ledord såsom “släckspray”, “extinguishing spray”, “små brandsläckare” etc. Därefter noterades de mest frekvent återkommande produktnamnerna samt återförsäljarens storlek. Där faktumet att produkten finns hos en stor återförsäljare ansågs öka sannolikheten för att produkten återfinns i fler svenska hem. Problem med detta antagande diskuteras senare, se avsnitt 5.5. Därefter kontrollerades återförsäljarens övriga utbud av produkttypen där det bekräftades att de två utvalda produkterna var överrepresenterade. Efter genomförd marknadsundersökning gjordes en riskidentifiering med grund i produkternas säkerhetsdatablad.

Vidare användes detta till att konstruera laborationer som gav användbara resultat. Resultatet av marknadsundersökningen blev två modeller som valdes ut för att testas laborativt, där fokus lades på att undersöka släckeffekt och kastlängd. Vid båda laborationerna ansågs ett (1) lyckat släckförsök tillräckligt för att kunna påvisa att släckeffekten är tillräcklig för den aktuella dimensionen på bränslet, ett (1) misslyckat släckförsök hade krävt upprepade misslyckanden för att påvisa en otillräcklig släckeffekt, detta diskuteras vidare i rapportens avslutande delar, se kapitel 5. De båda modellerna presenteras i nästa avsnitt.

De två modellerna testades i två olika laborationer för att bestämma dess släckeffekter samt översiktligt undersöka hur kastlängderna varierar, men även hur produkten i övrigt presterar. Under rapportens tidiga skede, när utbudet av släcksprayer kartlades, blev det tydligt att det fanns viss variation inom det spann av produkter som kan kallas släcksprayer. De videor där olika släcksprayer används för att släcka mindre bränder åskådliggjorde hur viktigt det är med en kompetent användare av produkten, vilket är en aspekt som är svår att ta hänsyn till under laborationerna och diskuteras vidare senare i rapporten.

3.1 Produktbeskrivning

Som tidigare nämnts valdes 2 olika släcksprayer ut för att sedan genomgå tester där framför allt kastlängd och släckeffekt undersöktes. Dessa modeller upplevdes, som tidigare nämnt, vara de som förekom mest frekvent hos vanliga återförsäljare, och är då sannolikt två av de vanligare släckspraysmodellerna som finns ute i hushållen, även om konsumtionsstatistik givetvis vore önskvärt för att stärka denna tes. Den ena, FireStopper, marknadsförs på tillverkarens hemsida med följande citat “*FireStopper är en effektiv släckspray som ligger nära en traditionell handbrandsläckares egenskaper.*” vilket gör den till en av de släcksprayer som utlovar bäst släckeffekt. Den andra, Fire fighter, påstods ha mycket lång kastlängd, 3-4m, vilket var betydligt längre än de kastlängder som uppskattades från det videomaterial som studerats under marknadsundersökningen. För enkelhetens skull kommer de båda benämnas med tillverkarens namn i fortsättningen, Housegard respektive Taerosol, detta eftersom produktnamnerna är mycket lika varandra. De båda modellerna presenteras i nedanstående figur.

Båda produkterna anges riskera att explodera vid upphettning; denna explosionsrisk understryks ytterligare av Aerosoldirektiv 75/324/EC från 2017 som inte ställer krav på någon form av tryckavlastning. Det presenteras i *Brandprovning av aerosol och gasolbehållare - En studie för MSB* (Madsen, Barton, Svensson, & Hees, 2015) att sprängning av tre likartade sprayburkar producerade tillräcklig kraft för att öppna och böja delar av baksidan till den container i vilken testet genomfördes. Detta är inte helt applicerbart för en bostadsmiljö men det tydliggör att det föreligger en stor risk för person och egendomsskador till följd av explosion. Vidare skiljer sig produkterna något åt i deras klassning, detta presenteras nedan i Tabell 1.

Tabell 1. Brandklassning för släcksprayerna.

Klassning	Housegard	Taerosol
A	5A	3A
B	21B	13B
C	-	-
D	-	-
E	-	E
F	5F	5F

Det bör dock noteras att även släcksprayen från Housegard anges fungera i elektrisk utrustning upp till 1000V, klassningsskillnaden i denna kategori beror på att E-klassningen är utdaterad, se 2.1, och Taerosols produkt genomgick sannolikt sin klassning innan detta var fallet. De bör ur klassningssynpunkt alltså anses likvärdiga när det gäller elektronikbränder.

3.2 Laboration 1

Laboration 1 utgick från produkternas B-klassning, vilka definieras mer ingående under 2.1. En storlek som produkterna kunde förväntas släcka valdes som utgångspunkt. Detta med avsikt att få en uppfattning om vilken släckeffekt som är rimlig att förvänta sig vid användning, men även stänkbeteende, kastlängd och funktionalitet undersöktes.

Till förarbetet för denna laboration genomfördes ett preliminärt test för att bedöma produkternas saneringsbehov samt ge en uppfattning av produkternas funktion; under detta test noterades ett lågt saneringsbehov samt att majoriteten av släckmedlet inte nådde mer än ca 2 meter från behållaren vilket gällde för båda modeller. Av denna anledning valdes 2 meter till startavstånd för båda laborationer. Vidare behövde detta avstånd minskas ytterligare för Housegard, till 1,5 meter, för att uppnå fullständig släckning. Under släckförsöken påbörjades påföringen i mitten av kärlet och vidare ut mot dess kanter i en spiralliknande rörelse.

Under laboration 1 utfördes släckförsök från 2 meters avstånd på heptanbål i stålformar av varierande storlek, dessa utgjordes av diametrarna 15, 20, och 30 cm, där båda produkterna klarade alla släckförsök; anledningen till att större storlekar ej undersöktes var, som

omnämnts under 1.4, dels på grund utav labbets begränsningar, dels att det från produktens klassning redan var känt att den klarar av släckning av bål upp till 90 cm i diameter. Under laborationen mättes massan var tionde sekund för att senare beräkna massavbrinning och effektutveckling, eftersom laborationen genomfördes med flytande bränsle kunde dessa beräknade variabler anses konstanta efter en kort tid (ca 30 sek), därav användes detta konstanta värde för att redovisa resultaten, se 4.1. Denna laboration var framför allt avsedd som ett initialt test av produkterna där övriga iakttagelser och observationer noterades.

Laborationen upprepades för båda släcksprayerna och genomfördes av samma person för att minska skillnader till följd av variation mellan personer. Detaljer och erhållna resultat presenteras senare i rapporten under **Fel! Hittar inte referenskölla.**

3.3 Laboration 2

Laboration 2 undersöker istället släcksprayernas effekt på bränder i fibrösa material, och därför användes spånskiva istället för heptan. Spånskivan hade dimensionerna 80x120cm och antändes med hjälp av en gasolbrännare med effekten 45 kW. Laborationen nyttjar spånskivor istället för faktiskt möblemanng för att stärka repeterbarheten. När branden fått fäste i spånskivan stängdes gasolbrännaren av för att direkt inleda ett släckförsök. Släckförsöket inleddes även vid denna laboration från avståndet 2m, för att sedan tillåta fri rörelse om så krävdes för att släcka hela spånskivan. Laborationen upprepades för båda släcksprayerna och genomfördes av samma person för att minska skillnader till följd av variation mellan personer. Under hela laborationen uppmättes brandens effektutveckling med hjälp av konkalorimeter, detta erhöles sedan i datafiler.

Denna laboration valdes, efter att resultaten och utförandet analyserats, att kasseras till följd av att både den data som erhöles samt utförandet bedömdes som högst stokastiskt i efterhand. Detta berodde på att skivan vid laborationstillfället antändes i mitten och således hade den förkolnats innan den väl antände och motsvarar därför inte ett vanligt brandförlopp för materialet. Till följd av detta utgjorde denna laboration inte ett lämpligt underlag för vidare diskussion; resultat för denna laboration presenteras dock under 9.5. På grund av rådande restriktioner till följd av coronapandemin var ett nytt laboratorieförsök inte aktuellt, för att täcka databortfallet genomförs endast beräkningar för att kunna bedöma produkternas släckförmåga i fibrösa material. Detta genomförs med den metod som presenteras under 2.6 och resultatet redovisas under 4.2.

3.4 Laboration 3

Laboration 3 syftade, likt ovanstående, till att undersöka produkternas släckeffekt på porösa material och som ett praktiskt försök för att komplettera de beräkningar som genomförts, se avsnitt 4.2. Denna laboration använder madrasser av polyeterskum med dimensionerna 80 x 200 x 9 cm. Madrasser och uppstoppade möbler i övrigt kan antas vara vanligt förekommande i många bostäder, och därmed utgör de även ett representativt bränsle. Vid genomförda försök testades endast polyeterskummet från madrassen för att utesluta tygöverdragets eventuella inverkan på resultatet.

Med utgångspunkt i genomförda beräkningar, se avsnitt 4.2, kommer de effektutvecklingar som släcksprayererna kan förväntas klara överstiga brandlaboratoriets kapacitet. Detta medför att effektutvecklingen inte kan mätas under släckförsöken; Laboration 3 är därför ur genomförandesyfte uppdelat i två försök, ett som undersöker materialets egenskaper för vidare beräkning samt ett där faktiska släckförsök genomförs, dessa presenteras nedan.

3.4.1 Förberedande försök – mätning av HRRPUA

Det förberedande försöket utgick från att undersöka de utvalda madrassernas effektutveckling per areaenhet (HRRPUA) vilket görs genom syrekalorimetri. Storleken för testerna utgick från ett riktvärde på en cirkel med diameter 41 cm som erhållits från ansvarig vid Brandlaboratoriet på Lunds tekniska högskola som den största storlek som fick användas.

Uppmätningen av effektutvecklingen resulterar i en graf som sedan används för vidare bedömning; denna graf behöver vara konstant under en period för att nyttja HRRPUA (se avsnitt 2.4) vid efterföljande laboration samt för att praktiskt kunna genomföra släckförsöken vid en tidpunkt då effektutvecklingen är relativt konstant.

Testbiten med radie 20 cm och höjd 9 cm täcks med aluminiumfolie på kanter och undersida vid försöken för att minska eventuellt saneringsbehov. Därefter placerades provet i en metallform med liknande dimensioner, radie 20 cm samt djup 10 cm. När provet var placerat i försöksområdet påbörjades syrekalorimeterns upptagning, polyeterskummet antänds sedan med hjälp av gasolbrännare med diffusionsmunstycke. Antändning påbörjas i överkant från laborantens utgångspunkt och fortsatte nedåt med rörelser sidovägs till dess att hela ytan var antänd. Efter detta fick provet brinna ut fullständigt samtidigt som försöket filmades som hjälp för vidare analys. Efter detta testades även två testbitar staplade ovanpå varandra för bekräftandet av att den plåt som syntes i grafen under första försöket var till följd av materialets egenskaper och inte dess tjocklek. Detta försök följde samma metodik som föregående. Efter genomförda försök analyserades och sammanställdes data som utgångspunkt för följande släckförsök.

Noterbart är att försök enligt liknande metod även utfördes tidigare, dock med en tunnare madrass (5 cm). Vid dessa försök var plåt inte lika tydlig, detta torde vara till följd av madrassens tunnhet, och därmed beslutades det att liknande försök skulle genomföras med ett tjockare prov. Data och observationer från dessa försök redovisas inte i denna rapport, dock bidrog dessa försök till konstaterandet av att gasolbrännare med diffusionsmunstycke betydligt påskyndar antändning av hela polyeterskummets yta.

3.4.2 Släckförsök av madrasser

Släckförsöken genomfördes vid brandtekniks försökscontainer på MSBs övningsfält Revinge med samma typ av madrasser som föregående försök, för att undvika inhomogenitet valdes den maximala storleken till en hel madrass. Vidare användes en ny släckspray vid varje försök för försäkran av att påföringshastigheten var densamma vid varje släckförsök samt att förbättra försökens repeterbarhet. Försöken följde nedanstående tabell.

Tabell 2. Antalet försök, beräknad effektutveckling samt dimensioner på försöksprov för laboration 3.

Försök nr.	Släckspray	Yta (m ²)	Dimensioner (cm)	Beräknad maximal effektutveckling (kW)
1	Taerosol	1	80 x 125	200
2	Taerosol	1,3	80 x 162,5	260
3	Taerosol	1,6	80 x 200	320
4*	Housegard	1,3	80 x 162,5	260
5	Housegard	1,6	80 x 200	320

(*) Försök nr. 4 kommer ej genomföras om släckning vid försök nr. 3 lyckas, detta eftersom Taerosol har en lägre klassning, därmed antas även Housegard klara detta. Istället testas Housgard två gånger på den största storleken.

Försöken var planerade med antagandet att Housegarden, till följd av sin högre klassning, kunde förväntas släcka samma bränder som Taerosolen, dock skulle släckförsök av den högsta effektutvecklingen utföras i vilket fall för att bekräfta detta antagande. Antändning av polyeterskummet skedde genom att ett område i madrassens övre hörn antändes varefter gasolbrännaren flyttades sidledes för att antända nästa område, detta repeterades för hela madrassens längd, se 9.6 för skiss. Likt de förberedande försöken användes även här en gasolbrännare med diffusionsmunstycke. Efter antändning påbörjades släckförsök med en fördröjning på ca. 60 sekunder för att madrassen skulle uppnå maximal effektutveckling. Släckningen följde samma metodik som vid antändning, d.v.s. påbörjades i övre hörnet och fortsatte sidledes nedåt tills hela ytan var täckt med skum. Släckförsöken genomfördes även av samma person för att hålla användarberoendet likvärdigt under alla försök.

Efter genomförda släckförsök vägs släcksprayen från varje försök för att bidra i bedömningen av hur nära släcksprayernas maximala släckförmåga dessa försök låg.

3.5 Beräkning av potentiellt stänk

Vid laboration 1 noterades fluidmekaniskt stänk, vilket innebär stänk till följd av att kraften från släckstrålen stänker upp den brännbara vätskan. Då matlagningsfett är ett av de vanligaste bränslena vid bostadsbränder medför detta en påtaglig risk.

Tendensen för fluidmekaniskt stänk kan beräknas enligt de ekvationer som presenteras i kapitel Stänk och antändning vid kollision i vätskegränsskikt och sedan jämföras med grafer från rapporten *Droplet impact on deep liquid pools: Rayleigh jet to formation of secondary droplets* (Castillo, Davanlou, Choudhury, & Kumar, 2015). Eftersom beräkning av dessa tal i många praktiska situationer kräver att resultaten verifieras genom vidare laborationer gör att bedömning av eventuellt stänkande ofta blir högst oförutsägbar. Med detta sagt kan fall där stänk noterats jämföras med okända fall genom att förhållandet, istället för det absoluta värdet, mellan dimensionslösa tal jämförs för olika vätskor; ett nära 1:1 förhållande kommer då ge liknande stänk.

Till följd av att lämplig säkerhetsnivå inte kunnat garanteras för laboranterna, samt övriga risker såsom antändning och skaror på utrustning i brandlaboratoriet har denna laboration valts att ej genomföras i detta skede.

3.6 Beräkning av effektutveckling för fibrösa bränslen

Utifrån de ekvationer som presenteras under avsnitt Effektutveckling av träribbsstaplar kan effektutvecklingen för de träribbsstaplarna släcksprayer är klassade för beräknas. Eftersom släcksprayerna har klarat släckning för dessa dimensioner, då produkterna inte klarat större staplar kan det antas att en majoritet av släckmedlet förbrukats. Således kan det argumenteras för att effektutveckling som beräknas för dessa staplar motsvarar den praktiska släckkapaciteten för produkterna. Dessa beräkningar redovisas med den angivna felmarginalen för att visa på resultatets osäkerhet. Resultatet från beräkningarna antags även vara konservativt då skummet vid släckning av träribbsstaplar har svårt att tränga in i den geometriskt komplexa konstruktionen och således kan ett högre värde förmodas för geometriskt enkla bränslen.

Vidare har resultaten från dessa beräkningar valts att visas med effektutvecklingskurvor för utvalda möbler för att uppskatta under vilken del av brandförloppet produkterna kan antas vara effektiva.

4. Resultat

Nedan redovisas resultaten ingående från utförda beräkningar och laborationer som presenterats i metod, se kapitel 3.

4.1 Släckning av vätskebränder

Effektutvecklingen beräknas, som beskrivs under avsnitt 2.4, med Ekvation 1, där värden för förbränningsvärme och förbränningseffektivitet för n-heptan är hämtade från boken *Enclosure fire dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000). Nedan följer tabeller med uppmätta och beräknade värden från laboration 1.

Tabell 2 Värden för släckförsök med Housegard

Housegard				
Båldiameter	15	20	30	[cm]
Beräknad effektutveckling	135	269	404	[kW]
Förbrukat släckmedel	231	145	93	[g]
Släckkapacitet	0,6	1,9	4,3	[kW/g]
Teoretisk släckkapacitet	350	1114	2605	[kW]

Tabell 3 Värden för släckförsök med Taerosol.

Taerosol				
Båldiameter	15	20	30	[cm]
Beräknad effektutveckling	134	235	404	[kW]
Förbrukat släckmedel	250	196	214	[g]
Släckkapacitet	0,5	1,2	1,9	[kW/g]
Teoretisk släckkapacitet	242	541	849	[kW]

Det syns tydligt på de varierande resultaten att produkternas släckkapacitet är starkt erfarenhets- och användarberoende, detta underbyggas då det trots ökande brandstorlek generellt användes mindre släckmedel till varje försök, detta till följd av att laboranten blev mer van att använda produkterna.

I Figur 5 och 6 nedan visas den initialreaktion som uppstår då släckmedel når flammen. Figur 7 visar brandspridning till följd av stänk under släckförsök på ett av heptanbålen.



Figur 5: Flammor precis före släckförsök.



Figur 6: Flammor vid påbörjat släckförsök



Figur 7: Stänkt vätska som fortsatt brinna efter släckning.

Under släckförsöken noterades det att flammorna initialt ökade i storlek under släckning, detta konstateras bero på att släckstrålen stänker upp vätska som sedan förångas och antänder.

Vidare är det viktigt att understryka att dessa resultat endast kan användas för att bedöma släckeffekt på vätskebränder då andra bränsletyper är väsentligt annorlunda ur brandteknisk synpunkt.

4.1.1 Potentiellt stänk

För att bedöma potentiellt stänk vid släckning av olja används kvoterna mellan det mediet, n-heptan, där stänk observerades samt matolja där risken för stänk avses, detta redovisas i följande ekvationer. Som redovisat under avsnitt Avgränsningar & Begränsningar genomfördes inga laborationer kring detta på grund av säkerhetsskäl.

$$\frac{Re_{olja}}{Re_{n-Heptan}} = \frac{\delta_O \mu_H}{\delta_H \mu_O} \quad \text{Ekvation 4.}$$

där
 δ Densitet [kg/m³]
 μ Dynamisk viskositet [Ns/m²]

$$\frac{We_{olja}}{We_{n-Heptan}} = \frac{\delta_O \sigma_H}{\delta_H \sigma_O} \quad \text{Ekvation 5.}$$

där
 δ Densitet [kg/m³]
 σ Ytspänning [N/m]

$$\frac{Oh_{olja}}{Oh_{n-Heptan}} = \frac{\mu_O \sqrt{\delta_H \sigma_H}}{\mu_H \sqrt{\delta_O \sigma_O}} \quad \text{Ekvation 6.}$$

där
 δ Densitet [kg/m³]
 μ Dynamisk viskositet [Ns/m²]
 σ Ytspänning [N/m]

Nedan redovisas i tabell 4 de värden som används vid beräkning.

Tabell 4: Värden för densitet, viskositet, samt densitet för matolja och heptan.

Storhet:	Cirkavärde för matolja vid 350°C	Värde för n-heptan
δ	714,6 [kg/m ³]	684 [kg/m ³]
μ	0,001127 [Ns/m ²]	0,000376 [Ns/m ²]
σ	0,0158 [N/m]	0,0203 [N/m]

Dessa tabellerade värden är för rapsolja hämtade ur rapporten *Density, viscosity, and surface tension of five vegetable oils at elevated temperatures: Measurement and modeling* (Sahasrabudhe, Rodriguez-Martinez, O'Meara, & Brian E, 2017). Eftersom endast bränsleytan för n-heptan får förhöjd temperatur till följd av antändning med pilotlåga används värden för

rumstemperatur hämtade ur rapporten *Surface Tension of Heptane, Decane, Hexadecane, Eicosane, and Some of Their Binary Mixtures* (Rolo, Caço, Queimada, Marrucho, & Coutinho, 2002) samt från webbsidan *Absolute viscosities of common liquids and Densities of common liquids* (Engineering toolbox, 2008). Till skillnad från n-heptan får hela mängden matolja förhöjd temperatur till följd av termisk antändning. Temperaturen för olja har valts till 350°C som ett medelvärde för olika matfetters termiska antändningstemperatur. Beräkning enligt ekvationerna ovan resulterar i nedanstående tabell.

Tabell 5: Beräknade värden för kvoterna av de dimensionslösa talen.

Kvot	Resultat
$\frac{Re_{olja}}{Re_{n-Heptan}}$	0,3485
$\frac{We_{olja}}{We_{n-Heptan}}$	1,35
$\frac{Oh_{olja}}{Oh_{n-Heptan}}$	3,324

Ur detta kan det utläsas att webbertalet samt ohnesorgetalet blir större samt att reynoldstalet minskar för olja jämfört med heptan, både ökandet av Oh-talet samt minskandet av Re-talet ger minskad benägenhet för stänk medan det ökade We-talet ger ökad benägenhet, dock är den procentuella ökningen av We-talet betydligt mindre än både Oh- och Re-talen. Ur dessa resultat går det alltså med säkerhet inte att bestämma huruvida stänk kommer ske med matolja; rapporten som dessa beräkningar är baserade på menar dock att vid $We > 1800$ kommer kronstänk alltid inträffa oberoende av de andra dimensionslösa talen, om detta påvisas kan alltså detta garanteras. Vidare kan det sägas att We-talet kommer öka vid förhöjd temperatur till följd av oljans minskande ytspänning.

Dock har vattenbaserade släckmedel oaktat ovanstående en benägenhet att stänka vid släckning av matfett, som redovisats under avsnitt 2.7. Detta stänk beror dock inte på fluidmekanik utan istället på att vattnet i släckmedlet övergår till ånga och då bidrar till stänk på grund av expansion; då släckstrålen riktas mot bränsleytan ökar även risken för fluidmekaniskt stänk. Därav kan det med säkerhet sägas att en viss mängd stänk och följande flammförstoring kommer ske före fullständig släckning vid användning av dessa produkter mot fettbränder.

4.2 Släckning av fibrösa bränslen

Många av de studier där effektutveckling av träribbsstaplar mätts har generellt utförts på staplar av mindre dimensioner än de som används i SS EN 3-7 (Svenska institutet för standarder, 2004). Av denna anledning finns en avsaknad av uppmätt effektutveckling för dessa standardiserade staplar och således behöver effektutvecklingen beräknas för att bedöma släcksprayernas släckkapacitet för fibrösa bränslen. Tabellen nedan presenterar de olika areor som senare används vid beräkning.

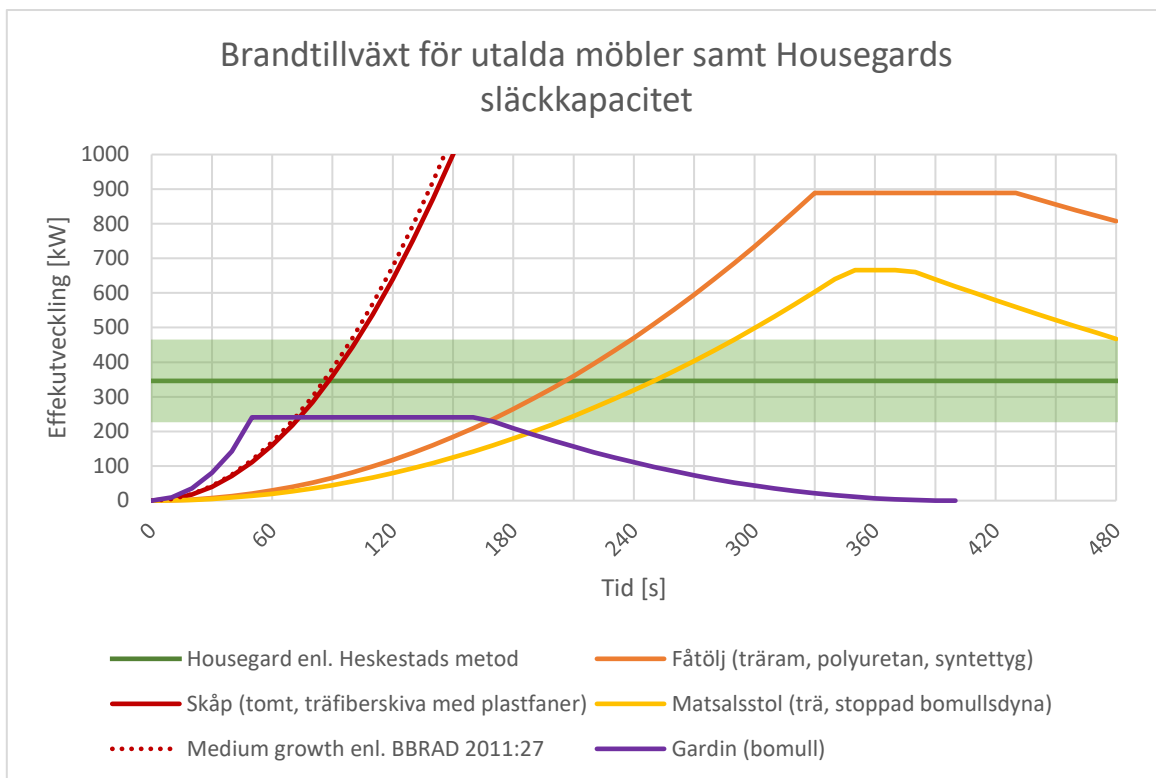
Tabell 6: Relevanta areor för de olika klassningar som undersöks

Areor [cm ²]	3A	5A
Total yta av staplar	38 831,5	56 729,4
Exponerad yta (A_S)	35 508,7	51 191,4
Tvärsnittsarea av vertikala schakt (A_V)	675	1125

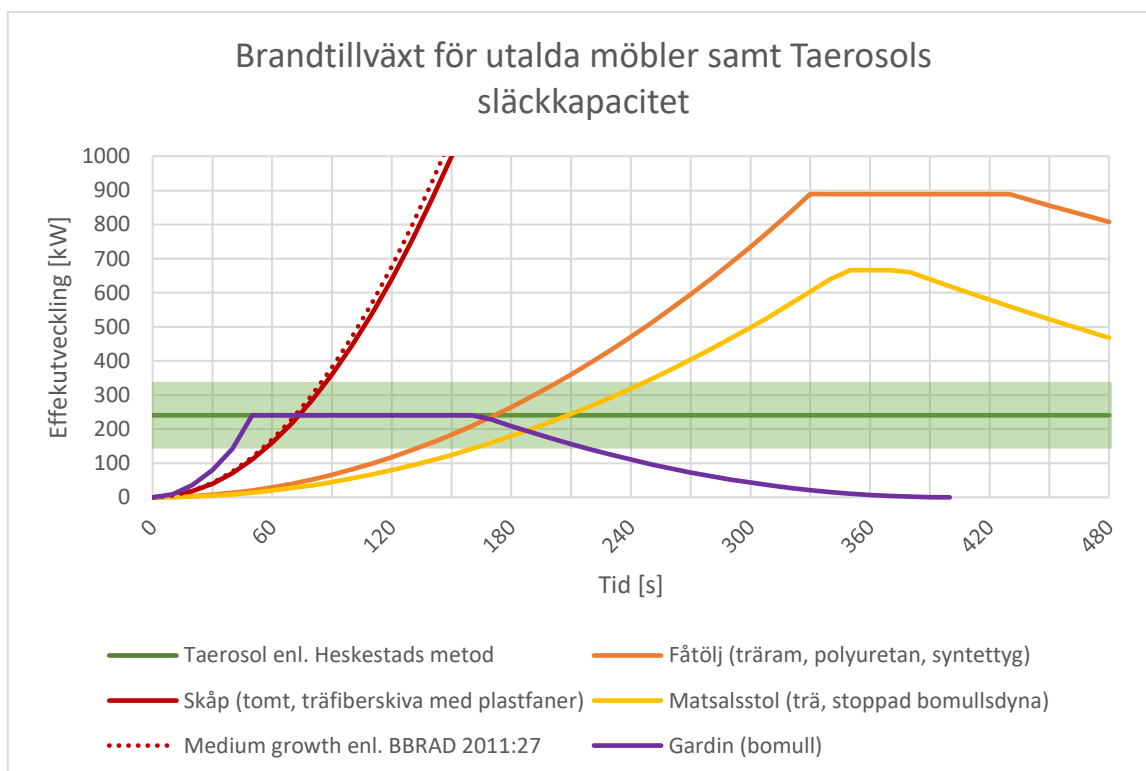
Ovanstående värden som beräknats från de dimensioner som beskrivs i SS EN 3-7, även måtten för avstånd mellan ribborna och ribbornas dimensioner, 7,5 respektive 3,9 cm, används vid beräkning enligt Ekvation 4 som resulterar i en massavbränning på 19,4 g/s för 3A respektive 27,9 g/s för 5A.

Vid beräkning av effektutveckling, enligt Ekvation 5, krävs värden för förbränningsvärme och förbränningseffektivitet. Förbränningsvärmens för trä anges i boken *Enclosure fire dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000) vara 17,7 MJ/kg, förbränningseffektiviteten sätts i detta fall till 70% och är hämtat från boken *An introduction to fire dynamics* (Drysdale, 1985). Som nämnt under Beräkning av effektutveckling för fibrösa bränslen kan de värden som erhålls antas konservativa då skum generellt har svårt att komma in i geometriskt komplexa objekt likt dessa staplar d.v.s. att släckkapaciteten förmodas vara något högre än nedan presenterade grafer. Dock har beräkningarna inneboende osäkerheter och de värden som presenteras bör inte ses som absoluta utan istället som storleksordningen på släckkapaciteten.

Släckkapaciteten i nedanliggande grafer presenteras i grönt med Heskestads angivna felmarginal på 20% som ett ljusgrönt område kring det beräknade värdet. Vidare redovisas i grafen effektutvecklingskurvor för utvalt möblemang tagna ur rapporten *Heat release rates of burning items in fires* (Kim & Lilley, 2000) samt den dimensionerande brandtillväxten för bostäder enligt boverkets allmänna råd 2011:27 (Boverket, 2011). Dessa effektutvecklingskurvor tar dock inte hänsyn till förbrinntid som enligt ovan refererad rapport kan variera från ett fåtal sekunder till ca 10 minuter beroende på bränsle och antändningskälla; under denna tid bildas också förbränningsprodukter som ofta leder till aktivering av brandvarnare innan branden spridits utanför startobjektet.



Figur 8: Housegards beräknade släckkapacitet ritad mot olika effektutvecklingskurvor.



Figur 9: Taerosols beräknade släckkapacitet ritad mot olika effektutvecklingskurvor.

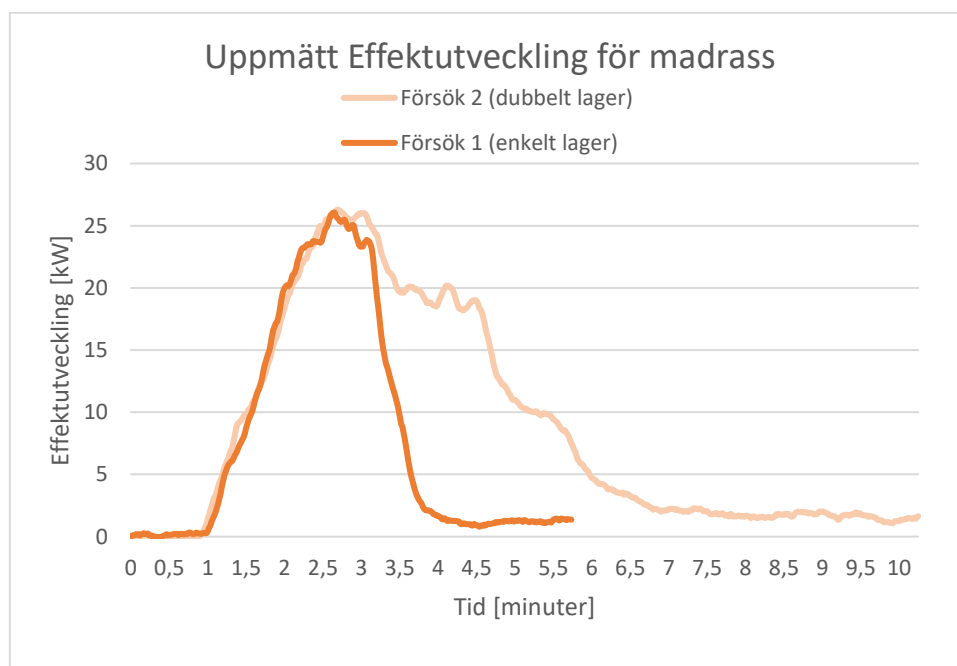
Ur ovanstående grafer kan det konstateras att släcksprayerna klarar släckning av de delar av tillväxtkurvorna som befinner sig under det gröna området vid korrekt användning. För de delar av graferna som befinner sig inom det gröna området är släckning möjlig, men inte garanterad då det ligger innanför den redovisade felmarginalen. Det bör här understrykas att presenterade värden är konservativa och anger endast en storleksordning för produkternas släckkapacitet, även användarens inverkan på släckkapaciteten som redovisats i ovanstående kapitel är värdefullt att återigen påpeka.

4.3 Laboration 3

Nedan presenteras resultatet från laboration 3 uppdelat efter de två separata försökstyperna som genomförts.

4.3.1 Förberedande försök – mätning av HRRPUA

De förberedande försöken genomfördes på utskurna madrassbitar från *skummadrass 80x200 F30* (Jysk) med densiteten 25 kg/m^3 . Dessa försök nyttjade brandlaboratoriets syrekalorimeter för mätning av effektutveckling vilken producerade nedanstående grafer som kombinerats i presentationssyfte.



Figur 10: Effektutveckling för madrasser vid laboratorieförsök.

Ur ovanliggande graf kan det utläsas att både försöken med höjd 9 cm och 18 cm har en nästintill identisk maximal effektutveckling, dock fortsätter kurvan för försöket med den tjockare biten under en längre period. Medelvärdet under plattan (alla värden som översteg 20 kW mellan 2 - 3,5 minuter) vid maxvärdet för försök 3 resulterade i ett värde på 23,7 kW,

detta dividerades sedan, som enligt avsnitt 3.4, med arean av försöksbiten vilket resulterade i en effektutveckling per areaenhet på $188,7 \text{ kW/m}^2$. HHRPUA var inför släckförsöken uppskattat till 200 kW/m^2 då värdet 25 kW användes som överslagsräkning istället för det mer noggrant beräknade på $23,7 \text{ kW}$. Nedan presenteras bilder på försöksuppställningen samt under pågående försök.



Figur 11. Försöksuppställning precis före påbörjat test.



Figur 12. Pågående försök (9 cm tjocklek).



Figur 13. Vad som kvarstod av testbiten strax före försöket avslutades.



Figur 14. Pågående försök (18 cm tjocklek).

Polyeterskummet brann fort vilket resulterade i ganska korta tester, Figur 13 visar första testet nära sitt slut där endast sot och en liten mängd smält plast kvarstår. Figur 12 visar försöket med tjocklek 9 centimeter och Figur 14 visar försöket med tjocklek 18 centimeter, det syns på båda av dessa bilder att flammorna bas ligger i höjd kärlets eller aluminiumfoliets kant.

4.3.2 Släckförsök av madrasser

Alla släckförsök som genomfördes var lyckade och laboranten, en av rapportens författare, bedömde bränderna som lättsläckta, efter genomfört försök märktes den använda släcksprayen upp för att vid senare tillfälle vägas och jämföras med dess ursprungsvikt, nedan presenteras tabellerade värden från försöken.

Tabell 7: Tabellerade värden med effektutveckling och förbrukat släckmedel för försök med Taerosol.

Taerosol				
Madrassyta	1	1,3	1,6	[m ²]
Beräknad effektutveckling	188,7	245,3	301,9	[kW]
Förbrukat släckmedel	183	174	265	[g]
Lyckat släckförsök	Ja	Ja	Ja	[-]
Släckkapacitet	1,0	1,4	1,1	[kW/g]
Teoretisk släckkapacitet	515,6	704,9	569,6	[kW]

Tabell 8: Housegards släckkapacitet ritad mot olika effektutvecklingskurvor.

Housegard			
Madrassyta	1,6	1,6	[m ²]
Beräknad effektutveckling	301,9	301,9	[kW]
Förbrukat släckmedel	187	261	[g]
Lyckat Släckförsök	Ja	Ja	[-]
Släckkapacitet	1,6	1,2	[kW/g]
Teoretisk släckkapacitet	968,9	694,0	[kW]

Det syns ur dessa värden, liksom 4.1, att släckeffekten varierar mellan försöken, däremot går det att se släcksprayernas marginal då alla försök förutom försök 3 använde under hälften av släckmedlet (Taerosols släckmedelsmängd: ca 500g, Housegards släckmedelsmängd: ca 600g). Noterbart är även att den teoretiska släckeffekten som beräknas för försöken genomgående överskrider de tidigare beräknade släckeffekterna utifrån släcksprayernas klassning, se 4.2.

Släckförsöken genomfördes i brandtekniks försökscontainer som har måtten 2,15 x 2,20 x 5,30 meter med ena gaveln helt öppen. Under försöken, särskilt de med högre effektutveckling, noterades ett tydligt brandgaslager som försämrade sikten in i container. Laboranten som genomförde släckförsöken noterade även försämrad sikt när denne befann sig i försöksutrymmet. Nedan presenteras bilder tagna vid släckförsöken.



Figur 15: Antändning av madrass, sett utifrån.



Figur 16: Avslutad antändning, sett inifrån.



Figur 17: Bild tagen under släckförsök, sett inifrån.



Figur 18: Madrass efter avslutat släckförsök.

I Figur 15 och Figur 16 syns den rök som bildas, särskilt i Figur 16 kan det konstateras att sikten är kraftigt begränsad då den öppna gaveln knappt syns genom röken. I samma figur kan även en flamhöjd på ca. 1,2–1,5 meter noteras. Figur 17 visar ett nästan avslutat släckförsök, och Figur 18 visar en madrass efter avslutat släckförsök, där det tydligt syns att hela madrassen inte är lika värmepåverkad. Efterföljande varje försök mättes även temperaturen i containerns tak med hjälp av en IR-kamera, denna varierade mellan 70-90 °C, där högre temperaturer uppmättes närmre slutet av laborationen.

5. Diskussion

Majoriteten av rapporten är skriven under andra halvåret av Coronapandemin, och har onekligen påverkats av de restriktioner som gällt. Bland annat har genomförandet av laboration 3 fördröjts kraftigt, men även försvårat planering och genomförande av laborationer i övrigt. Nedan följer diskussion kring erhållna resultat från laborationer, beräkningar och marknadsundersökning. Även felkällor, val av metod och annat diskuteras.

5.1 Laborationer och släckeffekt

Resultatet från utförda laborationer samt beräkningar verkar peka mot att släckeffekten för släcksprayerna inte är ett problem förutsatt att släckning påbörjas tidigt i brandförloppet. Det finns dock andra bekymmer med produkten som bör diskuteras, även om de flesta redan nämnts tidigare i rapporten anses det värdefullt att åter adressera samt diskutera dessa bekymmer under rapportens avslutande delar.

Som ovan nämnt är släckkapaciteten för släcksprayerna inte ett reellt problem, att själva släckeffekten för produkterna är tillräcklig för det tänkta användningsområdet då samtliga kärl i laboration 1, men framför allt madrasserna i laboration 3 kunde släckas utan större bekymmer, vilket även beräkningarna kring effektutveckling tyder på. Det tycks vid släckning vara kritiskt att hela bränsleytan täcks med skum så fort som möjligt för att helt släcka branden, vilket även understryks under 2.5, därav är högt flöde önskvärt. Dock bör det poängteras att ett högt flöde på släckmedlet minskar tömningstiden, vilket i sin tur minskar felmarginalen då risken att behållaren töms innan fullständig släckning ökar.

Vidare noterades vikten av användarvana vid laboration 1, även då laboranten besatt relativt god erfarenhet av olika brandsläckare går det att tydligt observera försökens låga repeterbarhet vid användning av denna produkttyp. Exempelvis kunde en betydligt större brand, sett till både area och effekt, släckas med avsevärt mindre mängd släckmedel (vilket går att se i Tabell 2 och 3), förmodligen på grund utav mer vana och därav bättre tekniskt utförande. Till följd av den låga repeterbarheten bedöms produkten vara känslig och effekten kan då variera från gång till gång och person till person. Där är även troligt att denna effekt är mer påtagligt under skarpt läge, där stress och andra mänskliga faktorer påverkar i högre grad, som presenterat under avsnitt 2.8. Det är av denna anledning svårt att med säkerhet bedöma produkttypens egentliga släckkapacitet vid ett brandtillbud d.v.s. att produktens effekt kan variera markant från fall till fall. Det tycks därför vanskligt att ha så pass liten felmarginal som produkttypen erbjuder. Under kapitel 3 nämns det att ett (1) misslyckat inte varit tillräckligt för att bedöma produktens släckeffekt som otillräcklig, men ett lyckat släckförsök ansågs tillräckligt. Detta gjordes då ett misslyckat släckförsök inte nödvändigtvis beror på produktens släckeffekt, utan kan exempelvis bero på användarfel. Ett lyckat släckförsök medför dock att släckeffekten är tillräcklig, åtminstone med ett korrekt användarutförande.

Resultatet av laborationerna gällande kastlängd verkar peka på att den angivna kastlängden på behållaren för Taerosol är det maximala avståndet släckmedlet färdas, det betyder dock inte att släckning på detta avstånd är möjligt. Vid laboration 1 inleddes försöken från 2 meter då det under förarbetet noterades att majoriteten av släckmedlet inte nådde längre än detta. Detta avstånd sänktas sedan vid behov för att fullständig släcka branden.

Den effektutveckling som beräknats för släckförsök vid laboration 3 är inte helt tillförlitlig, då bland annat återstrålning från brandgaser i containern kan bidra till ökad effektutveckling. Däremot uppnåddes endast en förhållandevis låg temperatur i taket samt att brandgasernas rörelse tydde på en lägre temperatur, detta medför sannolikt att återstrålningen varit försumbar i detta fall. Samtidigt finns det faktorer som kan sänka effektutvecklingen, exempelvis antändes inte hela madrassens yta samtidigt, och vi kan därför inte garantera att den maximala effektutvecklingen uppnåddes. Däremot bör den beräknade effektutvecklingen ligga när den faktiska effektutveckling vi släckte. Vidare utgör de beräkningar angående släckkapacitet som följde laborationen endast en uppskattning, att häften av släckmedlet användes medför alltså inte att en brand med dubbla effektutvecklingen kan släckas. En mängd olika faktorer påverkar detta, exempelvis avångas en större del av släckmedlet innan det når ytan vid en större brand, dock utgör dessa värden, enligt rapportens författare, i presentationssyfte en tydlig bild över felmarginalen.

Förutsättningarna för laborationen i övrigt anses vara representativa för ett mindre rum i en bostad med avseende på dimensioner, dock är öppningsarean i ett vanligt rum ofta lägre. Det kan därför förmodas att brandgaserna som noterades vid denna laboration, till följd av en lägre öppningsarea, hade varit tätare och gett sämre möjlighet att släcka utan skyddsutrustning. I en större volym hade dock brandgaserna förmodligen blivit glesare, trots en mindre öppningsarea, och därmed förbättrat släckmöjligheten; det ska däremot nämnas att brandgaser oavsett täthet medför hälsorisker.

5.2 Spis-, och Vätskebränder

Spisbränder står, som tidigare nämnt, för 18% av insatserna från 1998 till 2019, detta gör spisen till den enskilt vanligaste startplatsen för brandtillbud i bostäder. Spisbränder sker ofta till följd av oaktsamhet vid matlagning, därför kan släckinsats av privatperson ofta bli fördröjd då, som ovan, personen i fråga är ouppmärksam på sin omgivning. Vidare uppvisar släcksprayer utifrån observationer vid laboration 1 benägenhet att stänka vid släckning av vätskor (se Figur 7 och 8) vilket är bekymrande då matolja är ett vanligt förekommande bränsle vid spisbränder. Vid beräkning framgår det att risken för stänk vid släckning av matolja är något lägre än för heptan. Dock har släckskum en tendens att stänka till följd av kokning vid släckning av matolja, som redovisats under avsnitt 2.7. Det kan alltså konstateras att en viss mängd stänk kommer ske vid släckning borträknat det potentiella fluidmekaniska stänket.

Detta stänkande är dock inte unikt just för släcksprayer; den största skillnaden ligger däremot i att kastlängden för dessa är betydligt kortare, och man är således närmare branden och därmed även detta fenomen. Det bör påpekas att släckmedlet färdas bort från behållaren och då kommer även stänket ske i denna riktning, till följd av detta är användaren förmodligen inte utsatt för omedelbar fara. Det föreligger dock rimligtvis ökad risk för brandspridning, exempelvis till spisfläkt eller intilliggande skåp. Det bör dock kommenteras att det bränsle som användes under laboration 1 inte nödvändigtvis har samma egenskaper som matolja, och att det inte med säkerhet kan sägas att de stänk som kommer ske är kraftigt nog för att bidra till brandspridning.

Oaktat vilken personskade- eller brandspridningsrisk som föreligger till följd av detta går det inte att bortse från att fenomenet i sig är otäckt, och för många säkerligen oväntat. Även om reaktionen sannolikt inte är unik för dessa släcksprayer så är den mer problematisk, i och med kortare avstånd än för en traditionell skum- eller pulversläckare. Vidare bör det poängteras att storlek av stänk samt potentiell antändning av detta inte kan säkerställas utan mer efterforskning, rapportens författare anser dock att detta är mycket sannolikt utifrån den data som finns tillgänglig. Vätskebränder med större diameter än 30cm förmodas i majoriteten av fallen ligga utanför släcksprayens rimliga användningsområde och undersöks därmed inte djupare, produkterna klarar släckning i begränsade mängder brännbar vätska.

5.3 Bränder i fibrösa material

Ur de beräkningar som presenterats i kapitel 4.2 framgår det att produkterna har märkbart lägre släckeffekt för fibrösa bränslen jämt mot vätskeformiga bränslen, detta främst då skum har välkänt god släckeffekt mot vätskebränder. Dock är de träribbsstaplar varpå A-klassning är baserad geometriskt komplexa och skummet kan således förmodas ha svårt att tränga in i objektet och släcka, detta medför att högre släckeffekt kan förväntas för geometriskt enkla föremål.

Om dessa iakttagelser beaktas kan det förmodas att produkten har begränsad inverkan på möbelbränder i sent skede. Som tidigare nämnt klarar produkterna en effektutveckling i storleksordningen 240 - 360 kW för fibrösa bränslen; däremot bedöms produkterna ha god inverkan i ett tidigt skede. Denna bedömning stärks även ur resultat från laboration 3, där en effektutveckling på ca. 300 kW kunde släckas av båda släcksprayer.

Det framgår ur graferna som presenterats under kapitel 4.2 att släckning bör ske inom 60 - 100 sekunder att döma utifrån Boverkets rekommenderade tillväxthastighet för bostäder, detta tar dock ej hänsyn till förbrinntiden som varierar beroende på typ av objekt och antändningskälla. Vidare kan brandvarnare förmodas aktivera redan under förbrinntiden för många fall, och således kan släckning förmodas möjlig. Det bör dock påpekas att termiskt tunna bränslen, exempelvis textilier eller olika plaster, ofta har kort förbrinntid och snabb tillväxt och kan därför eventuellt utmana släckmöjligheten.

Under laboration 3 klarade släcksprayerna samtliga släckförsök, och efterföljande beräkningar visade att de även kan förmodas klara större bränder, dock är dessa beräkningar, som tidigare nämnt, endast en uppskattning. Trots detta visar beräkningarna på att produkterna har en viss redundans men också att de är starkt användarberoende, vilket diskuteras vidare under avsnitt 5.4. Noterbart är att släcksprayernas möjlighet att nå flammornas bas var god under försöken, detta kan vid faktiska brandtillbud försvåras av exempelvis lakan, täcken, eller andra föremål placerade på sängen, det kan alltså kortfattat sägas att en brand av liknande storlek i en verklig situation är mer svårsläckt.

Även produkternas felmarginal bör här beaktas, det presenteras under avsnitt 2.8 att människors bedömning av brandstorlek och tillväxt är opålitlig, produktens låga släckmedelsvolym kan därför bli problematisk vid eventuell felbedömning. Dock motsägs detta av att människor generellt tenderar att underskatta släckkapaciteten för

brandbekämpningsutrustning. Oaktat detta saknar släcksprayer den inneboende säkerheten som en stor mängd släckmedel medför, detta diskuteras vidare under 5.4.

5.4 Mänskligt beteende och användning

Som tidigare nämnt kan produkternas felmarginal bli av stor vikt under skarpt läge då bland annat stressymptom kan förmodas sänka släckeffekten. Det kan även konstateras att produkternas släckeffekt kommer variera markant baserat på användarens erfarenhet och kunnande. Detta resulterar i att produkterna vid skarp läge inte garanterat kan utnyttjas fullt, det vill säga att produkternas släckeffekt kan skilja avsevärt gentemot dess klassning, laborationsresultat, samt beräkningar som presenterats. Däremot framkom det av laboration 3 att släckeffekten blir problematisk först efter en ohälsosam miljö uppnås i brandrummet. Mängden släckmedel som användes vid samma laboration var relativt låg, vilket resulterar i att felmarginalen var hög, det kan därför anses att produkterna, vid mindre bränder än de som testades under laboration 3, har god felmarginal om de används korrekt.

Vidare skiljer sig släcksprayerna från typiska handbrandsläckare genom att de kräver att användaren är mer påläst, exempelvis har produkten i vissa avseenden lägre felmarginal, en viss explosionsrisk och vissa modeller måste skakas innan användning.

En av tillverkarna samt vissa återförsäljare marknadsför släcksprayen som ett mer subtilt komplement till traditionella släckare, som lättare kan smälta in i hemmiljön. Det bör nämnas att det finns ett värde i att ha brandbekämpningsutrustning i utstickande färger, som förklaras i avsnitt 2.8, men kan förbises i och med att produkterna är tänkta att vara placerade där god lokalkännedom kan antas. Släcksprayerna marknadsförs med vad som kan upplevas som vilseledande påståenden; främst att Housegard påstår att sin produkt har liknande egenskaper som en traditionell brandsläckare (se Figur 2) men också Taerosol som påstår sig ha en kastlängd på 3-4m när släckning kräver betydligt kortare avstånd än så Laborationer. Dessa produkter marknadsförs även kunna placeras nära spisen trots att de, som nämnt under avsnitt 3.1 och vidare diskuteras i följande underkapitel, är explosionsklassade. Utöver detta är båda produkter försedda med klassningen 5F, alltså släckning av fettbränder, men i dagsläget är det troligt att produkterna stänker vid släckning av fett. Det ska här påpekas att stänkfri släckning inte är ett krav för att erhålla klass 5F, däremot kan det vara missvisande mot konsumenten som förmodligen inte känner till detta fenomen, men är snarare kritik mot klassningsstandarden snarare än tillverkarna.

Släcksprayer kan som tidigare nämnt inte ersätta traditionell släckutrustning, och således utgör de ett komplement till ordinarie brandskydd. Det är dock intressant att diskutera huruvida något kan kallas komplement vid brandtillbud som vanligtvis har binärt utfall, antingen släcks branden eller så sprids den. Termen komplement beror i stort på vad som utgör brandskyddet för varje fall, exempelvis kan ett hushåll med flera brandsläckare och brandfiltar knappast kalla en släckspray för komplement då denna inte förmodas erbjuda ytterligare skydd. Dock kan en lättillgängligt placerad släckspray i ett hushåll med rekommenderat brandskydd (43A183B- släckare och brandfilt) vid brandtillbud utgöra en första insats och då minska tiden innan släckning påbörjas. Den största risken kopplat till inhandling av släcksprayer är om dessa prioriteras över rekommenderad utrustning då de i sig

inte utgör ett tillräckligt utförligt brandskydd; släcksprayer bör alltså inhandlas som valfri påbyggnad av ordinarie brandskydd.

Även dödsstatistiken i Sverige är värd att nämna, som tidigare presenteras under avsnitt 2.8 så omkommer ca. 17% av alla dödsfall vid bränder till följd av misslyckade släckförsök. Det redovisas även att det i majoriteten av dessa fall använts exempelvis vatten istället för erforderlig släckutrustning. Med detta sagt kan släckspray konstateras ha bättre släckeffekt än någon hanterlig mängd vatten och således, eventuellt, förbättrat utkomsten i vissa av dessa fall. Vidare kan lättillgängligt placerad släckspray minska tiden till påbörjat släckförsök och begränsa branden tidigt. Dock har produkterna, som tidigare nämnt, låg kastlängd och låg släckkapacitet, jämfört med brandsläckare, vilket potentiellt kan placera personer i farliga situationer om produktens förmåga missbedöms. I kontrast till detta pekar kapitel 2.8 på att släckprodukter snarare tenderar underskattas oftare än de överskattas, det föreligger däremot fortfarande farhågor kring detta som i framtiden bör undersökas mer noggrant.

5.5 Övriga aspekter

Det är intressant att diskutera produkternas utformning. Tillverkarna tycks ha tagit en utformning för en bekant produkttyp och applicerat den på ett tänkt brandbekämpningsmedel, detta medför att produkten enligt Theory of affordances, som presenteras under avsnitt 2.8, därför är intuitiv och lättanvänd. Det framgår dock att tillverkare av dessa produkter inte övervägt för- och nackdelar med den valda utformningen och därför inte tagit hänsyn till de risker som tillkommit.

Ett stort bekymmer uppstår i och med dess avsaknad på sprängbleck eller tryckavlastningsventil, som traditionellt sett finns på brandsläckare då de är tänkta att användas i brandsammanhang. Detta skulle i praktiken leda till att en kvarglömd eller icke-använd släckspray innebär en explosionsrisk vilket kan vara av avgörande vikt för räddningstjänstpersonalens säkerhet. Som presenteras under avsnitt 3.1 så kan dessa explosioner vara mycket kraftfulla, och riskerar att innebära ytterligare person- och egendomsskador. Det faktum att behållaren i sig innehåller släckmedel är av mindre betydelse, då kraften av själva explosionen är direkt livsfarlig för de som befinner sig i närheten. Det skulle sannolikt också leda till ytterligare brandspridning, även om detta kanske lindras då en liten mängd släckmedel hade spridits i utrymmet.

Oavsett vilken explosionsrisk som föreligger är det värt att diskutera, som påpekats under 5.4, att både tillverkare och återförsäljare väljer att marknadsföra släcksprayerna med bild och text där de placerats nära en spis, när detta är en av de vanligaste startplatserna för bränder i hemmet. Produkterna placeras lämpligtvis i nära anslutning men på säkert avstånd från spisen, detta framgår dock inte ur marknadsföringen som därför kan misstolkas. Om släcksprayen placeras tillräckligt nära spisen kan de tillfällen där en påslagen spisplatta glömts men inte lett till brand potentiellt medföra risk för upphettning av produkten. Det finns därför anledning att misstänka att antalet tillfällen där risk för explosion föreligger är vanligare än spisbränder i de fall produkten är placerad på detta sätt.

Produkternas miljöpåverkan har inte undersökts under rapportens skede, dock anges de vara ofarliga för miljön av dess tillverkare. Miljöpåverkan utgör dock ytterligare en kategori där

släcksprayerna kan jämföras med andra alternativ och således bör även detta tas in i helhetsbedömningen av produktkategorin. Av denna anledning är det av intresse att i framtiden undersöka släcksprayernas påverkan på miljön.

Vid laboration 3 konstaterades det att släcksprayerna inte begränsas av dess släckkapacitet i första hand, utan andra bekymmer såsom brandrök och strålningsvärme från lågorna hade begränsat släckning utan skyddsutrustning innan dess att släckeffekten blivit ett reellt bekymmer. Till skillnad från traditionella brandsläckare, som har en avsevärt längre kastlängd, måste man befinna sig betydligt närmre branden för att få god effekt med släcksprayer. Detta leder i sin tur till att de scenarier som släcksprayer kan förväntas klara av blir begränsade av de faktorer som omnämns ovan, alltså inte till följd av dess lägre släckeffekt i första hand.

Som tidigare berörts kan det konstateras att då släcksprayer vägs mot jämbördig släckutrustning resulterar det i att släcksprayerna har lägst klassning bland dessa; däremot är släcksprayer en mycket specialiserad produkt och således har de traditionella alternativen generellt bredare användningsområde och därför större mängd släckmedel. Till följd av detta jämförs släcksprayer troligtvis bäst mot brandfiltar. Detta då släcksprayer och brandfiltar i hög grad har överlappande användningsområde, alltså att begränsa och släcka små bränder tidigt under deras tillväxt, båda produkter kräver även att man befinner sig mycket nära branden för att släcka den. Brandfiltar bedöms även generellt som lämpliga för oerfarna då de är lättanvända, detta kan även släcksprayer förmodas vara.

Vid elbränder kan det konstateras att dessa bränder är av liten storlek till en början och därmed kan släcksprayen användas för släckning, dessa bränder har även högst spridningsrisk bland de kända brandorsakerna. Dock kan bränder av denna karaktär ibland stoppas på andra sätt, exempelvis genom att avlägsna brandobjektet till en plats där det inte finns risk för brandspridning. Elektriska produkter innehåller även flera olika brännbara material som antingen brinner som fasta bränslen eller smälter och bildar pölbrand, det är därför till fördel att produkterna är klassade för både A- och B-bränder.

Till följd av sin förhållandevis låga vikt samt att de är relativt lättanvända kan släcksprayer eventuellt vara ett lämpligt alternativ i hushåll där personer, av olika anledningar, inte kan förväntas hantera brandsläckare av normalvikt (6 kg). Traditionella brandsläckare kan upplevas som otympliga eller till och med omöjliga att använda av personer med nedsatt fysisk förmåga, släcksprayer kan då användas som mildrande åtgärd och då öka säkerhetsnivån för utsatta människor.

Avslutningsvis är det inte mer än rättvist att ifrågasätta rimligheten i att diskutera hela produkttypen släcksprayer genom att endast undersöka 2 olika modeller. Metoden för marknadsundersökning är något bristande då förekomsten av produkterna hos större återförsäljare inte nödvändigtvis medför att de är vanligt förekommande hos konsumenter, däremot är det mer sannolikt än om detta inte hade varit fallet; i brist på övergripande statistik över produkttypens försäljning utgjorde den valda metoden en kvalificerad gissning. Det finns ingen garanti för att vare sig produktvalen eller undersökningsmetoden är utförda på det mest rättvisa sättet, och läsarna bör därför vara försiktiga kring tolkandet av resultaten för

produkttypen som helhet. Däremot tycks en stor del av de för- och nackdelar som presenterats vara gemensamma för hela produktkategorin.

6. Slutsats

Majoriteten av rapporten har genomförts under andra halvåret av 2020, och har därför formats av de restriktioner som gällt till följd av Coronapandemin. Mycket av det som försvårats av pandemin har åtgärdats i efterhand men vissa frågor främst gällande stänkbenägenhet och användarberoende kvarstår.

De slutsatser som kan dras från rapporten är att släcksprayernas släckeffekt är för ändamålet, under ordnade former, tillräcklig. Beräkningar pekar på att släcksprayerna klarar släckning i möbler i cirka 3 minuter efter att brandtillväxten startat, dock medför resultatet från laboration 3 att även något större bränder misstänks kunna släckas. Det kvarstår dock frågetecken kring släckeffekten vid skarpa lägen, där mänskliga faktorer sannolikt påverkar mer än vad som kunnat undersökas under rapportens skede. Det bekräftades vid laboration 3 att andra faktorer såsom rökbildning och strålningsvärme begränsar släckmöjligheter innan dess att släckeffekten är otillräcklig, och ger därför viss redundans kopplat till mänskligt beteende.

Produkterna marknadsförs även med påståenden som är till viss del missledande eller som kan misstolkas av oerfarna användare, det är därför av vikt att konsumenten är påläst om produkten. Däremot anses produkten, till följd av dess bekanta utformning, som lämplig för användare utan större erfarenhet. Släcksprayer kan även potentiellt användas som mildrande åtgärd hos personer som till följd av rörelsesvårigheter, eller av andra anledningar, inte kan hantera traditionell släckutrustning. Det bör dock poängteras att produktens utformning i andra avseenden är problematisk, särskilt då den, likt många andra aerosolbehållare, riskerar att explodera vid upphettning.

Vidare tyder rapportens resultat på att produkterna lider av liknande bekymmer som annan skumsläckningsutrustning, och därmed att kravnivån till följd av kortare kastlängd och lägre volym släckmedel, bör vara högre; denna förhöjda kravbild anses inte, av tillverkare, beaktats tillfredsställande.

När dödsstatistik för släckförsök undersöks framgår det att dessa inte nyttjat handbrandsläckare utan istället exempelvis vatten. Det kan därför förmodas att släcksprayerna, om dessa används istället, ger personen i fråga bättre möjlighet att klara sig. Dock kvarstår problematiken med kort kastlängd och, under senare brandförlopp, otillräcklig släckkapacitet.

Med detta sagt kan inga större slutsatser kring produktens lämplighet göras, då detta i hög grad beror på med vilken avsikt produkterna inhandlas. Detta kräver uppgifter vilka ligger utanför rapportens omfattning. Det är tydligt att produkten, som tillverkarna påpekar, inte bör användas som ensamt brandbekämpningsmedel, men det finns ett användningsområde under det tidiga brandförloppet och särskilda fall där produkterna anses lämpliga.

Sammanfattningsvis kan produkterna konstateras vara en möjlig påbyggnad av ordinarie brandskydd med relativt god effekt, dock kräves det att konsumenterna är pålästa och medvetna, vilket sällan kan antas, om produkten, trots de risker den medför, ska kunna nyttjas säkert.

7. Framtida forskning

Rapporten har gett upphov till följande förslag för framtida forskning inom ämnet.

1. Laboration kring stänkbenägenhet i matolja, för att klarlägga vilken egentlig risk för stänk som föreligger och eliminera bränslespecifika egenskaper.
2. Undersöka hur släckeffekt påverkas av användarberoendet, i synnerhet av oerfarna användare.
3. Undersöka effekten av att rekommendera dessa produkter till personer som inte kan använda traditionell släckutrustning.
4. Undersöka i vilket syfte släcksprayer inhandlas i praktiken för att på så sätt klarlägga dess lämplighet.
5. Mer noggrant undersöka explosionsrisk, exempelvis vilket säkerhetsavstånd som är lämpligt, tid och konsekvens av explosion etcetera; eventuellt med åsikter från räddningstjänst.
6. Undersöka personers skattning av produkternas släckkapacitet likt rapporten *People's Subjective Estimation of Fire Growth: An Experimental Study of Young Adults* (Nilsson & Fridolf, 2011).
7. Underökning av produktkategoriens miljöpåverkan.

8. Referenser

- Absolute viscosities of common liquids och Density of common liquids.* (2008). Hämtat från Engineering toolbox: <https://www.engineeringtoolbox.com>
- Boverket. (2011). *Boverkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd.*
- Buda-Ortins, K. (2010). *Auto-Ignition of Cooking Oils.*
- Castillo, E., Davanlou, A., Choudhury, P., & Kumar, R. (2015). *Droplet impact on deep liquid pools: Rayleigh jet to formation of secondary droplets.*
- Drysdale, D. (1985). *An introduction to fire dynamics.*
- Eklöf, E. (2017). *Torrkokningar – En statistisk och experimentell studie om antändning av mat i fast form .*
- Enander, A. (2018). *Människors förhållningssätt till risker, olyckor och kriser.* MSB.
- Gibson, J. J. (1966). *The Senses Considered as Perceptual Systems .*
- Heskestad, G. (1973). *Modeling of enclosure fires.*
- Housegard. (2019). *Släckspray FireStopper.* Hämtat från Housegard's hemsida: <https://www.housegard.se/brandslackare/slackspray-firestopper.html>
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure fire dynamics.*
- Kim, H.-J., & Lilley, D. G. (2000). *Heat release rates of burning items in fires.*
- Madsen, D., Barton, J., Svensson, S., & Hees, P. v. (2015). *Brandprovning av aerosoloch gasolbehållare – en studie för MSB.*
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2019). *Brandvarnare, pulversläckare och brandfilt i bostäder - för dig som ger råd.* Hämtat från MSBs webbsida: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandskydd/brandskyddsutrustning/brandskydd-i-bostader/>
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2020). *MSB IDA.* Hämtat från Bränder i byggnad: <https://ida.msb.se/ida2#page=3d635cdf-e7eb-4f49-b579-9612fb44c941>
- Nilsson, D., & Fridolf, K. (2011). *People's Subjective Estimation of Fire Growth: An Experimental Study of Young Adults.*
- Ovesson, M. (2010). *Bioljans egenskaper vid brand och släckning samt släckmedelsalternativ vid en första släckningsinsats .* Luleå tekniska universitet.
- Rolo, L. I., Caço, A. I., Queimada, A. J., Marrucho, I. M., & Coutinho, J. A. (2002). *Surface Tension of Heptane, Decane, Hexadecane, Eicosane, and Some of Their Binary Mixtures.*
- Runefors, M. (2019). *Fatal Residential Fires – Prevention and Response .* Lunds Universitet.

- Runefors, M., Hees, P. v., & Johansson, N. (2016). *How could the fire fatalities have been prevented? An analysis of 144 cases during 2011–2014 in Sweden: An analysis.*
- Sahasrabudhe, S. N., Rodriguez-Martinez, V., O'Meara, M., & Brian E, F. (2017). *Density, viscosity, and surface tension of five vegetable oils at elevated temperatures: Measurement and modeling.*
- Storstockholms Brandförsvär. (u.d.). *Allt om brandsläckare.* Hämtat från Storstockholms Brandförsvär: <https://www.storstockholm.brand.se/kunskapsartiklar/brandslackare/>
- Svenska institutet för standarder. (2004). *SS EN 3-7.* Svenska institutet för standarder.
- Svenskt trä. (2016). *Träguiden.* Hämtat från Brandegenskaper: <https://www.traguiden.se/om-tra/materialet-tra/traets-egenskaper-och-kvalitet/termiska-egenskaper1/brandegenskaper/>
- Särdqvist, S. (2013). *Vatten och andra släckmedel.* MSB.
- U.S. Forest Service. (2016). *Burning Rates of Wood Cribs with Implications for Wildland Fires .*
- University of Maryland. (2009). *Burning items database.* Hämtat från Electronics: <http://www.firebid.umd.edu/burning-item-database.php>
- University of Maryland. (2009). *Furniture, Chairs (page 1 to 3).* Hämtat från Burning items database: <http://www.firebid.umd.edu/burning-item-database.php>

9. Bilagor

Nedan presenteras de dokument och handlingar som tagits fram och använts under arbetet med inte bedömts som tillräckligt betydelsefulla att presentera i huvudrapporten och redovisas därför nedan. Dock finns referenser till dessa bilagor i flera av rapportens delar.

9.1 Bilaga 1: Laborationsuppställning 1

Denna laboration innefattar släckförsök av olika storlekar på heptanbål, de storlekar som ska undersökas är cirkulära bål med diametern 10,15,20 samt 30 cm. Målet med laborationen är att bedöma släckkapaciteten av produkter tillhörande kategorin släcksprayer som är aerosolformigt skum i formen av en sprayburk. Detta resulterar i 5–10 separata tester då 2 olika produkter ska testas för dessa storlekar. Dess produkter uppskattas ha en släckeffekt på 20–50 kW baserat på videor där liknande produkter testas, dock genomförs dessa exempel på andra bränsletyper.

Till laborationen behövs kärl av respektive storlek, heptan (bränsle), konkalorimetern/huven, säkerhetsutrustning (overall samt skyddsglasögon), lastcell, och släcksprayen som ska testas. Det ska på 3 av 4 sidor av huven monteras mineritskivor eller annan avskiljande konstruktion för att försäkra oss om att plymen samt aerosolerna inte sprids i labbet, både för vår hälsa och saneringsskäl.

Testen kommer påbörjas i mitten av de utvalda storlekarna, där storleken ökas vid lyckad släckning och minskas annars efter ytterligare 2 misslyckade släckförsök. Först genomförs alla tester med en av produkterna sedan den andra, detta bör ge tid för kärlden som används att svalna godtyckligt mellan testen.

Information som ska samlas under labben är massförlusten som vidare används för att beräkna effektutveckling samt bilder och videor på de olika testerna. Bålen kommer innan släckning få brinna fritt tills de nått en stabil effektutveckling för att ge ett värde på ungefärlig släckkapacitet för B-bränder. Produkternas generella funktion och första intryck noteras även.

Den data som erhålls från laborationen kommer även jämföras med *Burning items database* (University of Maryland, 2009) och *Heat release rate of burning items in fires* (Kim & Lilley, 2000) för att dimensionera kommande tester där vi istället använder substitut till olika inredningsdetaljer/möbler för att bedöma produkternas släckeffekt på dessa.

9.2 Bilaga 2: Riskvärdering för laboration 1

Denna laboration omfattas av släcktest av heptanbål med hjälp av den produkttyp som undersöks i arbetet. Heptan är ett bränsle som ofta används i brandlabbet och säkerhetsregler för detta finns därför tillgängliga och ska följas, kärnen där testen utförs ska fyllas med ett tunt lager vatten och sedan en mindre mängd heptan då endast släckning ska undersökas. Utöver detta följs de befintliga säkerhetsföreskrifterna för bål-försök.

Produkterna som används är inte klassade som miljöfarliga men däremot är de klassade som irriterande för ögon så skyddsglasögon ska användas vid hantering, produkterna utgörs nästan uteslutande av skum i aerosolform vilket enligt tillverkaren inte kräver sanering. Det kommer dock utföras ett test utomhus för att se i vilken utsträckning detta påstående stämmer.

För ytterligare säkerhet ska mineritskivor (fast isolering) eller annan typ av avskiljande konstruktion monteras för att täcka tre av huvens fyra sidor vilket ska hindra plymen och aerosolen från produkterna att spridas i labbet, det försäkras också att vi med större säkerhet kan mäta effektutvecklingen under testerna.

9.3 Bilaga 3: Laborationsuppställning 2

Denna laboration innefattar släckförsök på olika storlekar av spånskivor, de storlekar som ska undersökas är spånskivor av storlek 80 x 120 cm som vid förra labben användes för att skärma av, släcktestet börjar med en sådan skiva, sedan beroende på om produkten klarar släckning eller ej halveras storleken, annars ökas den till en maximal storlek av 1,5 skivors höjd, denna metodik är för att minska materialsvinn. Målet med laborationen är att bedöma släckkapaciteten av produkter tillhörande kategorin släcksprayer för släta ytor av fibrösa bränslen. Detta resulterar i ca 6 separata tester då 2 olika produkter ska testas för dessa storlekar. Dessa produkter har en tidigare uppmätt och beräknad släckeffekt uppemot 400 - 2000 kW beroende på användarens förmåga, detta är dock för flytande bränslen för vilka skum har en mycket god släckeffekt.

Till laborationen behövs spånskivor av respektive storlek som bränsle, ett obrännbart material för att täcka baksidan av spånskivorna, spånskivor till avskärmning, konkalorimetern/huven, ställning för att montera skivorna vertikalt. säkerhetsutrustning (overall samt skyddsglasögon), och släcksprayen som ska testas.

I det hörn som är i anslutning till släcktestet ska det monteras en avskiljande konstruktion för att försäkra oss om att plymen samt släckmedlet inte sprids i labbet, både för hälso- och saneringsskäl.

Testen kommer utgå från den tänkta mittenstorleken för den ena produkten, sedan för den andra, detta reducerar det totala antalet försök då de mindre storlekarna ej behöver testas om produkten klarar det första försöket för mittenstorleken. Spånskivorna antänds i de två nedre hörnen tills hela skivans yta brinner, baksidan av skivan kommer förses med ett obrännbart skikt som labbhandledaren anser lämpligt (exempelvis mineritskivor).

Information som ska samlas under labben är effektutveckling via syrekalorimetern samt bilder och videor på de olika testerna. Det kommer även genomföras ett "freeburn" försök där spånskivan får brinna ut fullständigt innan släcktester för respektive storlek.

Den data som erhålls från laborationen kommer användas till relevanta beräkningar samt jämföras med *Burning items database* (University of Maryland, 2009) för att bedöma hur användbar produkten är för släckning av fibrösa material som majoriteten av möbler i hemmet består av.

9.4 Bilaga 4: Riskvärdering för laboration 2

Denna laboration omfattas av släcktest av upprätt monterade spånskivor med hjälp av den produkttyp som undersöks i arbetet. Skivorna ska monteras på så sätt att de inte riskerar att falla och orsaka skador, oönskat brandförlopp eller dylikt. Släckning sker även på ett avstånd av 1,5 - 2 meter vilket reducerar risken för personskador.

Produkterna som används är inte klassade som miljöfarliga men däremot är de klassade som irriterande för ögon så skyddsglasögon ska användas vid hantering, produkternas släckmedel utgörs av skum i aerosolform vilket endast resulterar i sanering av ytan där släcktestet sker. Skivorna kommer även om möjligt att monteras över ett uppsamlingsfat för att ytterligare minska sanering.

9.5 Bilaga 5: Laboration 2

Under laboration 2 utfördes släcktester med spånskivor som bränsle. Dessa skivor liknar till stor del de som återfinns i exempelvis vanligt möblemang och köksluckor. De data som erhöles används sedan som bedömningsgrund för produkternas släckverkan på organiska material.

Tester utgjordes, som beskrivs i **Fel! Hittar inte referenskälla.**, av vertikalt orienterade spånskivor av dimensionerna 80 x 120 cm som antändes via gasolbrännare med konstant effekt på 45 kW, efter antändning i skivan avlägsnades denna för att sedan omedelbart påbörja släckförsöket. Försöksuppställning visas i figur B1.



Figur B1. Påbörjad antändning m.h.a. gaslåga.

Vid släckförsöket utgick laboranten, som beskrivet i **Fel! Hittar inte referenskälla.**, 2 meter från spånskivan, släckning påbörjades därifrån men fortskred senare till fri rörelse för att fullständigt släcka objektet. Denna metodik bibehölls för försök med båda produkter.

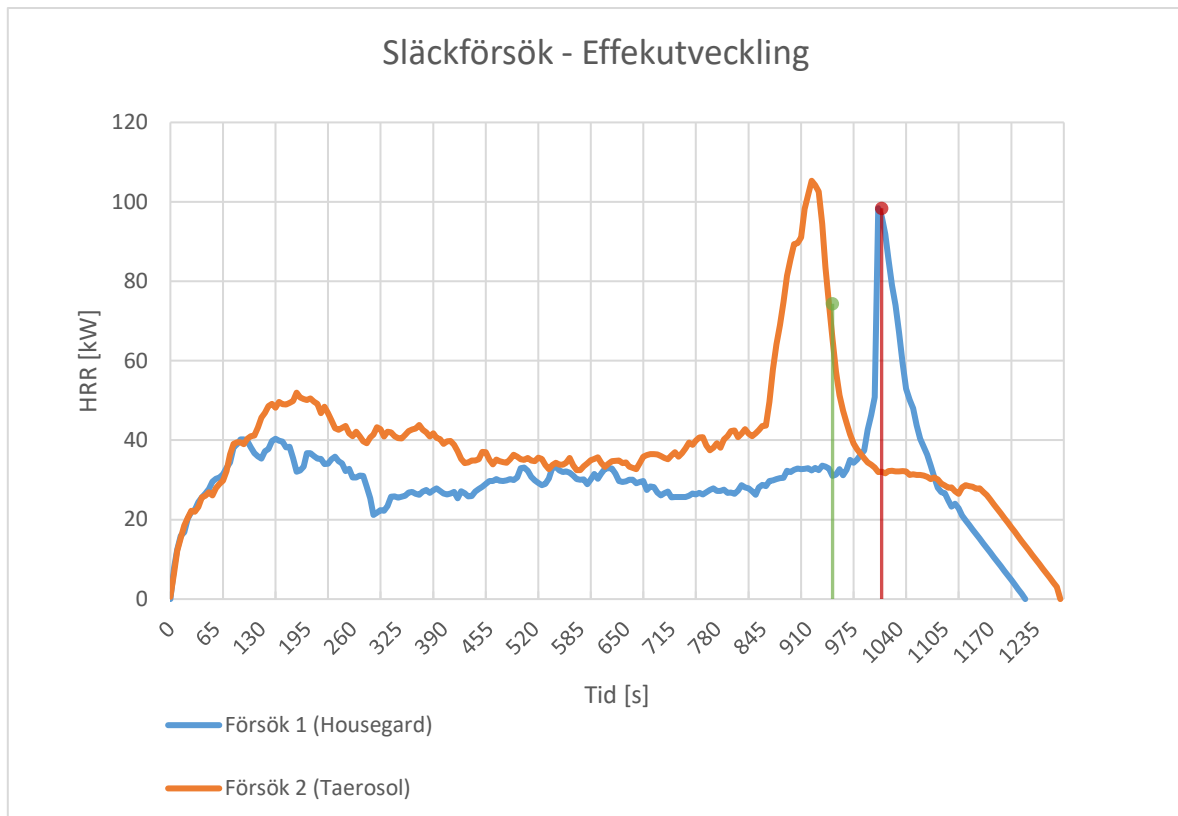
Effektutvecklingen mättes vid laborationen via syrgaskalorimetern men stort fokus låg även vid att notera produkternas och släckmedlets verkan på branden.

I figur 8 syns det att skivan helt brunnit genom innan släckförsök, i praktiken krävs sällan detta då möbler och inredning generellt är mer geometriskt komplicerade och har således större brännbar yta. Dock ger dessa spånskivor en relativt god approximation av hur exempelvis sidan av ett köksskåp kan tänkas brinna.



Figur B2. Brandomfattning precis före släckförsök 1.

Nedan visar Figur B3 effektutvecklingskurvor för respektive försök och tidpunkten för påbörjad släckinsats redovisas även med vertikala linjer. Det syns att släckförsök 2 påbörjats efter den maximala effektutvecklingen nåtts medan släckförsök 1 påbörjats innan då kurvan börjar minska skarpt efter släckning påbörjats.



Figur B3. Effektutveckling för skivorna under försöken.

Vid släckförsöken förbrukades hela eller majoriteten av den användbara mängden släckmedel, här märktes att det i praktiken var svårt att fullständigt tömma dessa produkter på släckmedel; dock är detta generellt sätt är ett vanligt problem med sprayflaskor som förpackningstyp. Utifrån detta kan slutsatsen att släcksprayerna förmodligen har svårt att släcka bränder med högre effektutveckling dras.

Vidare kan dessa resultat jämföras med data från *Burning items database* (University of Maryland, 2009) där den effektutveckling som släcktes i grova drag motsvara något i storleksordningen av en brinnande papperskorg eller gardin. Generellt sätt kan det utifrån denna databas även sägas att majoriteten av de möbler som återfinns i hemmet har maximal effektutveckling på >250 kW, detta tar dock inte hänsyn till det tidiga brandförloppet.

I figur B4 och B5 visas bilder från ett påbörjat släckförsök samt när laboranten närmare sig branden för att släcka fullständigt.



Figur B4. Påbörjat släckförsök (släckförsök 1).



Figur B5. Närmande till följd av ofullständig släckning (släckförsök 2).

Det uppmärksammades vid släckförsöken att det, enligt produkterna, föreskrivna säkerhetsavståndet på 1 meter inte gick att upprätthålla vid fullständig släckning, detta berodde dock till stort på lokalens geometri. Släckverkan för de båda produkterna bedömdes även i stort som otillräcklig för större släckförsök, dock var detta, till följd av laboratoriets och laboratorietrustningens begränsningar, inte avsett.

9.6 Bilaga 6: Laborationsuppställning 3

Laboration 3 avser testa släcksprayerna på madrasser av polyuretanskum för att efterlikna en verklig brand i en uppstoppad möbel, exempelvis en säng, soffa, eller fåtölj. Vid val av storlekar på branden utgår vi från rapporten *An Experimental Study of the Effect of Thermal Radiation Feedback on the Room-Burning Behaviour of Horizontal Slabs of Polyurethane* (Poulsen & Bwalya 2011) där en maximal HRRPUA på 720 mätts upp för fritt brinnande polyuretanskum, detta värde varar i ca 1 minut. Med utgång i detta värde motsvarar den beräknade effekten en släckspray klarar en cirkulär madrassbit med radie 0,4 m för Housegard respektive 0,33 m för Taerosol.

Förberedande försök - Mätning av HRRPUA

För att mer exakt bestämma HRRPUA för vårt testmaterial (Jysk skummadrass 80*200*9 cm 400 kr) kommer ett test genomföras i brandlabbet där en testbit av materialet med radie 20 cm, detta utifrån direktiv från handledare. Med dessa mått ska testbiten inte överstiga brandlabbetts kapacitet för matning av effektutveckling. Testbiten kommer få brinna upp fullständigt under försöket, d.v.s. inget släckförsök kommer ske.

En bit på, som tidigare nämnt, mer radie 20 cm kommer skäras ut ur madrassen och sedan mätas igen för att säkerställa att följande beräkningar blir korrekta, detta sker före labbtillfället. Under försöket kommer testbiten placeras i ett uppsamlingskärl med samma radie för att samla upp smält material, kanterna på testbiten kommer också kläs noga i aluminiumfolie för att hindra areaförändring när/om materialet smälter och underlätta sanering av kärl efteråt. Detta kärl kommer stå på en isolerad botten. Testbitens hela yta antänds med gasolbrännare som kommer förflyttas över ytan i ett zick-zackmönster. Under detta test kommer effektutvecklingen mätas med syrekaliometri genom labbets fast installerade utrustning. Efter genomfört försök kommer insamlade data användas för beräkning av en effektutvecklingskurva och maximalt HRRPUA för materialet, detta kommer användas som utgångspunkt för storleken av de fullskaliga försöken.

Släckförsök av madrasser vid övningsfältet Revinge

Som tidigare nämnt beräknas släcksprayernas kapacitet ligga runt en cirkulär testbit med radie 0,33 m för Taerosol respektive 0,4 m för Housegard, dock medförde resultatet i test 1 att detta inte stämde, den uppmätta HRRPUA ligger på nästan exakt 200 kW/m². Testerna kommer utgå en testbit på 1 m² motsvarande 200 kW. Vidare kommer detta försök utföras i Branteknikavdelningens försökscontainer på MSB Revinge eller på ett annat övningsfält för räddningstjänst då effektutvecklingen som kommer utmana släckarnas kapacitet kan förväntas vara betydligt större än vad som kan utföras i brandlabbet. Likt test 1 kommer hela ytan av testbiten antändas. Nedan syns en schematisk skiss över hur antändning kommer ske.



Figur B6. Geografisk skiss över antändnings- och släckningsmetodik.

I ovanstående skiss visar de röda ovalerna det ungefärliga område som gasolbrännaren kommer täcka och som ska vara antänt innan brännaren flyttas enligt den röda linjen, den svarta rektangeln anger testbitens gränser. Släckmedelspåföring kommer också följa samma rutt som antändningen. I test 1 observerades att det endast tar några sekunder att antända materialet med en gasolbrännare som har ett munstycke som breder ut flamman över större area.

Beroende på om släckförsöket är lyckat eller ej ökas respektive minskas storleken på branden i steg som på plats bedöms rimliga utifrån hur mycket släckmedel som användes samt hur ”lättsläckt” laboranterna bedömer storleken vara, totalt hoppas vi att detta inte överstiger 3-4 försök per släckspray, de första testerna utförs med den släckspray som har lägst klassning enligt SS-EN 3 (Taerosol) för att bestämma ett konservativt värde för vad produktkategorin som helhet kan förväntas släcka, sedan testas större provbitar än vad denna klarade med den högre klassade produkten (Housegard). Som tidigare nämnt kommer släcksprayerna vägas efter varje försök som en del av bedömningen i hur mycket branden kan ökas, om exempelvis endast halva produkten användes kan nästkommande försök ökas mer än om nästan hela behållaren förbrukades.

Polyuretanet kommer placeras i något slags uppsamlingskärl och sedan antändas med gasbrännare. När hela ytan brinner väntar vi tills branden bedöms vara som störst, utifrån test ett framgår det att det handlar om ca 1 minut. Vind och annan väderpåverkan ska även minskas i den mån det är möjligt.

Vid släckförsöket kommer släcksprayen, i den mån möjligt, påföras i det övre vänstra hörnet först och sedan kommer resten av ytan täckas i samma mönster som ovanliggande skiss, ett avstånd på cirka 1 meter kommer även hållas från brandens kant. Vid varje försök kommer en ny behållare med släckspray användas för att säkerställa repeterbarhet.

Under testerna kommer tider för olika händelser noteras, nämligen tid som antändning av provbiten pågår, tid till påbörjad släckning, och tid tills släckning är slutförd. Andra intressanta iakttagelser såsom eventuellt stänk eller kvarvarande glödbrand/återantändning kommer också noteras.

Till följd av den lägre effektutvecklingen per areaenhet föreslås testbitarna istället för att vara cirkulära vara rektangulära, detta då de rektangulära bitarna kommer vara mer homogena (cirkulära bitar hade behövt skäras ut ur 2 eller fler madrasser till följd av deras geometri för de brandstorlekar vi eftersträvar) och även minska materialsvinn. Den största area som kommer testas är en hel madrass, dvs 0,8*2 meter eller 1,6 m² motsvarande 320 kW.

9.7 Bilaga 7: Riskanalys för laboration 3 - Förberedande försök

Denna laboration beskrivs i separat dokument, men går i grund och botten ut på att mäta effektutvecklingen av det material som sedan kommer användas vid ett fullskaleförsök. Brandlabets generella regler kommer följas samt kommer brandhandskar användas vid antändning eller hantering av varma föremål. Vidare kan det plastmaterial som eldas producera ohälsosamma brandgaser i större omfattning än andra bränslen, därav kommer ingen vistas under huven så länge brand pågår (undantaget precis vid antändning, detta sker på en armlängds avstånd från testbiten). Om branden skulle te sig oberäkneligt eller utgöra fara för vår hälsa eller utrustning i labbet kommer denna släckas med hjälp av brandsläckare, lämpligtvis skum för att minska ev. saneringsbehov, som finns på plats i labbet. Avfallet som kvarstår efter testet kommer avlägsnas från aluminiumfolie som är opåverkat vilket sedan återvinns som metallförpackning, resterande avfall kommer sorteras som brännbart restavfall; efter sysavs direktiv ska även oförbränt PUR-skum hanteras på detta vis, och eftersom detta ska förbrännas ändå anser vi detta vara lämpligt.

9.8 Bilaga 8: Riskanalys för laboration 3 - Släckförsök av madrasser vid övningsfältet Revinge

Denna laboration beskrivs i separat dokument, men består i grunden av fullskaliga släckförsök av madrasser i olika storlekar för att testa släckeffekten av släcksprayer, dessa genomförs i brandtekniks försökscontainer på övningsfältet Revinge. Vid en tidigare laboration mättes HRRPUA vilket kommer användas för att beräkna försöksbrändernas effektutveckling.

Det plastmaterial som eldas producerar ohälsosamma brandgaser i större omfattning än många andra bränslen, därav kommer ingen utan skyddsutrustning vistas i eller i närheten av försökscontainerns öppning under testen, även efter avslutat släckförsök ska de som arbetar i containern använda andningsskydd. Laboranten som genomför släckförsöket kommer kläs i full branddräkt (d.v.s. brandställ med handskar, stövlar, rökdykarluva, och hjälm) samt andningsapparat, detta skyddar mot värmepåverkan, röken, samt eventuellt stänk av varma vätskor. Båda laboranter är godkända för varm rökdykning och har god vana med den utrustning som kommer användas vilket minskar risken för att ex. felaktig montering av denna ska orsaka problem.

Vid användning av containerns luckor följs nedanstående direktiv från handledare:

- *För den stora luckan som täcker hela gaveln ska öppning/stängning ske genom handvinsch efter att kedjorna som säkrar luckan har lossat. Ingen person får befinna sig inom luckans rörelseräckvidd då luckan inte är säkrad av dessa kedjor. Se till att inte dra luckan för hårt då den är stängd (upphängningen deformeras), ska bara stängas så att kedjorna kan monteras.*
- *För den mindre luckan gäller att denna lucka ska hanteras av 2 personer vid öppning/stängning.*

Faran för att det brännbara väderskyddet vid ovandelen av försökscontainern bedöms som låg vid de brandstorlekar som ska testas, både av laboranterna och personal från övningsfältet. Utöver detta kommer även konstruktionen bevakas av brandvakt en timme efter avslutat försök med hjälp av värmekamera och släckutrustning.

Om branden skulle ta sig oberäkneligt eller utgöra fara för vår hälsa kommer denna tillåtas brinna ut kontrollerat, containern kommer tömmas på brännbart material som inte utgör en del av försöket, vilket i stort eliminerar denna risk. Det kommer även finnas strålrör uppkopplat till det kommunala vattennätet vid behov av släckning.

Båda typer av släckspray anges av dess tillverkare vara miljöofarliga, om detta, mot förmodan, inte skulle stämma är övningsfältet Revinge utrustat med egen vattenrening samt dimensionerat för övning med skum, den lilla mängd som släcksprayerna innehåller bör därför inte utgöra någon miljöfara.

Avfallet som kvarstår efter testet kommer avlägsnas från aluminiumfolien som är opåverkat vilket sedan återvinns som metallförpackning, resterande avfall kommer sorteras som brännbart restavfall; efter SYSAVs direktiv ska även oförbränt PUR-skum hanteras på detta vis, och eftersom detta ska förbrännas ändå anser vi detta vara lämpligt.

