

# Risker och konsekvenser med Li- jonbatteribränder i hemmiljö

Cassandra Hansson Evertsson och Ronja Bjerstedt |  
Brandteknik | LTH | LUNDS UNIVERSITET





**Risker och konsekvenser med Li-jonbatteribränder i hemmiljö**

**Cassandra Hansson Evertsson och Ronja Bjerstedt**

**Lund 2022**



**Title:** Risker och konsekvenser med litiumjonbatteribränder i hemmiljö  
**Title:** Risks and consequences with Li ion batteries in home environments

**Författare/Author:** Cassandra Hansson Evertsson och Ronja Bjerstedt

**Report:** 5675

**ISRN:** LUTVDG/TVBB--5675--SE

**Antal sidor/Number of pages:** 135 (inklusive bilagor/ including appendices)

**Illustrationer/Illustrations:** 53

**Sökord/Keywords**

Hemmet, hemmiljö, HRR, jämförelsebrand, Li-jonbatteri, Li-jonbatteribrand, termisk rusning, toxiska gaser

**Abstract**

Li-ion batteries are rechargeable batteries with a high energy density. The demand for this kind of products has gradually been rising in Sweden, which has increased the proportion of Li-ion batteries available in people's homes.

Due to the high energy density of the Li-ion batteries in combination with the toxic gases that can be emitted from them if ignited there is a risk that this kind of batteries might cause very serious hazards. This was analyzed in the report by comparing Li-ion battery fires with other fires, which were not affected by these kinds of batteries, in a home environment.

The conclusion of the report was that the risks varied depending on which Li-ion product or comparative fire that was ignited and its possibility to spread to other flammable materials

© 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](http://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](http://www.brand.lth.se)  
Telephone: +46 46 222 73 60



## Summary

Lithium ion batteries (Li-ion batteries) are rechargeable batteries with a high energy density. Since the 90s the Li-ion battery has become an increasingly important battery type since the technology has been developed and used in everything from our mobile phones and computers to cars and buses. The demand for Li-ion batteries has gradually been rising in Sweden which has increased the proportion of Li-ion batteries available in the people's homes. However, this increase might contribute to a possibly greater fire risk if the Li-ion batteries ignite. Li-ion batteries are a battery that has different battery chemistries for different uses which have been developed and expanded in a short time when demand has been high. This has led to inadequate analyzes of various safety issues, which furthermore has resulted in some notable cases such as spontaneous ignitions of hoverboards.

There are no restrictions or laws governing the number of Li-ion batteries that may be stored in home environments and no specified locations where they must be stored either. As a result of the lack of restrictions the number of lithium-ion batteries in the form of mobile phones, computers or other components can vary between households in Sweden. This report aims to identify and analyze the risks and consequences that may arise from different kinds of Li-ion battery fires in home environments and compare these risks with the risks of other fires in the home caused by other items. The differences between the risks are then be analyzed. Further, the report also aimed to study the development of Li-ion batteries over time and to take temporary risks that may arise into account. The aim of this report is also to select representative Li-ion battery fires that occurred in the home environment and compare these with other fires without Li-ion batteries, to study the difference in risks and consequences over time.

To achieve these goals, the analysis process was divided into several steps. Initially, a literature study was conducted which was the basis for understanding the structure of the Li-ion batteries and to gain an understanding of previous experiences and knowledge, both nationally and internationally, about the batteries and their safety issues. Subsequently, the knowledge that was considered relevant for a risk-identification was summarized, containing reasons why a fire in a Li-ion battery can occur and what it can cause. These causes and consequences were summarized as:

- Overcharging
- Deep discharge
- Short circuit
- Thermal runaway
- External temperature influence
- Explosion
- Toxic gases

Different kinds of fires were assumed to occur in different places in the home environment since many of the Li-ion battery components are movable which means that they can be used in the different rooms regardless of what the home looks like. Subsequently, a market penetration analysis was done to study which Li-ion battery products that are used in today's society. Based on the analysis of the market penetration it was decided to base the Li-ion battery fires on mobile phones, computers, rechargeable cars and hoverboards. The hoverboard-case were based

on temporary Li-ion batteries risks since these products were mostly used between 2015-2016. The comparative fires were selected according to risk matrices that were based on statistics from MSB database IDA, thereafter the most likely scenarios or the scenarios with the highest consequence were selected. The comparative fires resulted in:

- Stovefire in kitchen
- Electrical failure in the kitchen
- Candles in the living room
- Smoking in the living room
- Leakage in the garage

The distribution of the uncertainties in the different parameters was tested in the program @Risk to study the spread of the parameters and to see if it affected and then how it affected our result. The report resulted in a discussion about the comparative fires and the Li-ion battery fires, which showed that the risks varied depending on which Li-ion product or comparative fire that was ignited and whether it went out without spreading to other flammable materials or not.



## Sammanfattning

Litium-jonbatterier är ett laddningsbart batteri med en hög energitäthet som sedan 90-talet blivit en allt viktigare batteriteknologi allt eftersom den utvecklats och använts i allt från mobiltelefoner och datorer till både bilar och bussar. Efterfrågan på Li-jonbatteri har alltså stegvis ökat och gjort det möjligt att skapa en enorm tillväxt på marknaden och därmed ökat andelen Li-jonbatteri som finns i hemmet. Denna ökning bidrar dock till en eventuellt större risk om Li-jonbatterierna antänds. Litium-jonbatterier är ett batteri som har olika batterikemier för olika användningsområden vilka utvecklats och expanderat under en kort tid då efterfrågan varit hög. Detta har lett till bristande analyser av olika säkerhetsfrågor, vilket resulterat i en del uppmärksammade fall som spontanantändning av hoverboards under användning.

Det finns i dagens läge inga begränsningar eller lagar som reglerar antalet Li-jonbatterier som får förvaras eller lagras i hemmet och inga angivna platser som de måste lagras eller förvaras på heller. Därav kan antalet Li-jonbatterier i form av mobiltelefoner, datorer eller andra komponenter variera mellan hushållen i Sverige. Rapporten syftar till att identifiera och analysera de risker och konsekvenser som kan tänkas uppstå för brand i Li-jonbatterier i hemmet för att sedan jämföra dessa risker med andra bränders risker i hemmiljö som orsakats av icke Li-jonbatterier. Därefter analyserades skillnaderna mellan riskerna av jämförelsebränderna och Li-jonbatteribränderna som kan uppstå i hemmet. Rapporten syftade även till att studera Li-jonbatteriers utveckling över tid och ta hänsyn till tillfälliga risker som kan uppstå. Målet med rapporten var att välja ut representativa Li-jonbatteribränder som tidigare skett i hemmiljö och jämföra dessa med andra bränder i hemmiljö för att studera skillnaden i risker och konsekvenser över tid.

För att uppnå målen delades analysprocessen in i flera moment. Till en början utfördes en litteraturstudie som låg till grund för en förståelse av Li-jonbatteriets uppbyggnad samt för att få en förståelse för tidigare erfarenheter och kunskaper både nationellt och internationellt kring Li-jonbatterier och dess risker. Därefter sammanställdes den kunskap som ansågs relevant för att bilda en riskidentifiering av anledningar kring varför brand i Li-jonbatteri kan uppstå och vad som kan inträffa, dessa summerades till:

- Överladdning
- Djupurladdning
- Kortslutning
- Termisk rusning
- Yttre temperaturpåverkan
- Explosion
- Toxiska gaser

Dessa risker antogs kunna inträffa i olika utrymmen i hemmet eftersom många komponenter med Li-jonbatteri är flyttbara och kan placeras i både vardagsrum, sovrum, kök och garage, oavsett hur hemmet ser ut och vilken storlek det har. Därefter utfördes en undersökning av deras marknadspenetration, för att studera vilka Li-jonprodukter som konsumeras och används i dagens samhälle. Valen av produkter med Li-jonbatterier resulterade i mobil, dator, laddningsbara bilar och hoverboards, där hoverboards valdes som en tillfällig Li-jonbatteriprodukt som kan innebära tillfälliga risker. Resterande Li-jonprodukter som valdes ut placerades i ett rum där produkten ofta används i hemmet. Jämförelsebränderna valdes utefter riskmatriser där scenarierna som ingick baserades på statistik från MSB databas, IDA, som

innehåller räddningstjänstens insatsrapporter. Därefter användes de mest sannolika scenariona eller de med en oacceptabelt hög konsekvens. Jämförelsebrändernas resulterade i:

- Spisbrand i kök
- Elfel i kök
- Levande ljus i vardagsrum
- Rökning i soffa
- Läckage i garage

Därefter gjordes en känslighetsanalys, där osäkerheter hos olika parametrar studerades, i @Risk för att undersöka hur de kan ha påverkat våra resultat. Rapporten resulterade sedan i en diskussion kring jämförelsebränderna och Li-jonbatterierna som visade att riskerna varierade beroende på vilken Li-jonprodukt eller jämförelsebrand som antänts samt om det fanns någon i rummet som kunde släcka branden i ett tidigt skede eller inte.

## Förord

Detta är ett examensarbete som avslutar våra studier till brandingenjörer och civilingenjörer i riskhantering vid Lunds Tekniska högskola (LTH). Arbetet har utförts för avdelningen för riskhantering och avdelningen för brandteknik från 2022-01-10 till 2022-05-31.

Vi vill börja med att tacka vår handledare Petra Andersson för den värdefulla handledning hon givit oss under arbetets gång och all den kunskap hon bidragit med. Under laborationerna hade vi stor hjälp av Dan Madsen och Joakim Åström som vägledde oss i säkerhetsrelaterade frågor och i utförandet av olika experiment, varmt tack till er! Vidare vill vi också tacka Håkan Frantzich som hjälpt oss med arbetets upplägg, de som tålmodigt bidrog med svar till vår garagerrelaterade undersökning samt alla våra vänner på LTH som stöttat och peppat oss under arbetets gång.

Cassandra Evertsson Hansson och Ronja Bjerstedt

Lund, 2022



## Teckenförklaring

<b>Förkortning</b>	<b>Betydelse</b>
BBR	Boverkets byggregler
BMS	Battery Management System, Li-jonbatteriers styrsystem
CID	Current Interrupt Device, skyddssystem i Li-jonbatterier
C-rate	Mått på hur snabbt ett batteri laddas eller laddas ur
DEC	Dietylkarbonat
DMC	Dimetylkarbonat
Firebid	Branddatabasen från A. James Clark School of Engineering
EC	Etylenkarbonat
HRR	Heat Release Rate, värmeutveckling
HRRPUA	Heat release per unit area, värmeutveckling per areaenhet
LCO	LiCoO <sub>2</sub> en Li-jon kemi
LFP	LiFePO <sub>4</sub> en Li-jon kemi
Li-jonbatteri	Laddningsbart litiumjonbatteri
LMO	LiMn <sub>2</sub> O <sub>4</sub> en Li-jon kemi
MSB	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
NMC	Nickel, Magnesium och Kobolt, en Li-jon kemi
PCM	Protection Circuit Module, skyddssystem i Li-jonbatterier
PTC	Positive Thermal Coefficient, skyddssystem i Li-jonbatterier
SCB	Statistiska centralbyrån
SEI	Solid Electrolyte Interface, solid del av elektrolyten
SMED	Svenska Miljöemissionsdata
SOC	State of charge, Li-jonbatteriers laddningstillstånd
SOH	State of health, hälsostatus på li-jonbatteri



# Innehållsförteckning

Summary.....	VII
Sammanfattning.....	IX
Förord .....	XI
Teckenförklaring .....	XIII
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och mål .....	2
1.3 Avgränsningar.....	2
2 Teori.....	3
2.1 Litium-jonbatterier .....	3
2.2 Säkerhetsfunktioner .....	4
2.3 Battericell.....	5
2.4 Termisk rusning .....	6
2.5 Toxicitet .....	7
2.5.1 LiPF <sub>6</sub> och dess nedbrytningsprodukter.....	7
2.5.2 Vätefluorid .....	8
2.5.3 Kolmonoxid.....	10
2.6 Lagstiftning.....	10
2.7 Laddning .....	11
3 Metod.....	13
3.1 Litteraturstudie.....	13
3.2 Kvantitativ analys .....	13
3.3 Riskidentifiering .....	13
3.4 Riskvärdering.....	14
3.5 Känslighetsanalys .....	14
4 Riskidentifiering .....	15
4.1 Överladdning.....	15
4.2 Djupurladdning .....	15
4.3 Kortslutning .....	16
4.4 Yttre temperaturpåverkan .....	16
4.5 Toxiska gaser .....	17
4.6 Räddningstjänstens insats .....	17
4.7 Explosion .....	18
5 Marknadspenetration .....	19

5.1 Val av Li-jonbatterier för närmare analys.....	20
6 Brand i hemmet .....	23
7 Konsekvenser av bränder i de valda Li-jonbatteriprodukterna .....	25
7.1 Mobiltelefon.....	25
7.2 Bärbar dator .....	32
7.3 Laddbara bilar .....	34
7.4 Hoverboard .....	35
8 Jämförelsebränder.....	36
8.1 KEB (köksbrand) .....	40
8.1.1 Spisbränder.....	41
8.2 VEB (Vardagsrumsbrand) .....	42
8.2.1 Brand i eldstad/öppen spis.....	43
8.2.2 Bränder orsakade av levande ljus.....	43
8.2.3 Rökning i soffa/fåtölj .....	43
8.2.4 Elfel i vardagsrum .....	44
8.3 HEB (Hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum och soprum).....	44
8.4 FGEB (Brand i förråd och garage).....	45
8.4.1 Hett arbete .....	46
8.4.2 Brandfarlig vätska eller gas .....	46
8.4.3 Brand i bensin eller dieselbil .....	47
8.4.4 Elfel i garage .....	47
8.5 SEB (Sovrum).....	47
8.5.1 Rökning i säng.....	48
8.5.2 Levande ljus .....	48
9 Konsekvensanalys av jämförelsebränder.....	49
9.1 Köksbrand .....	49
9.1.1 Spisbränder.....	52
9.1.2 Elfel i kök.....	53
9.2 Vardagsrumsbränder .....	55
9.2.1 Bränder orsakade av levande ljus.....	57
9.3.2 Bränder orsakade av rökning i soffa/fåtölj .....	58
9.3 Brand i garage .....	58
9.3.1 Brand orsakad av elfel.....	61
9.3.2 Brand orsakad av brännbar vätska .....	63
10 Konsekvensanalys av Li-jonbatteribränder .....	65



10.1 Köksbrand .....	66
10.1.1 Värsta fall – Fullständig brandspridning i kök .....	66
10.1.2 Det mest troliga scenariot – Li-jonbatteriprodukter antänds och slocknar utan att branden sprids .....	67
10.2 Brand i vardagsrum .....	67
10.2.1 Värsta fall – Fullständig brandspridning i vardagsrum .....	68
10.2.2 Det mest troliga scenariot – Li-jonbatteriprodukter antänds och slocknar utan att branden sprids .....	69
10.3 Garagebrand .....	69
10.3.1 Värsta fall – Fullständig brandspridning i garage .....	70
10.3.2 Det mest troliga scenariot – Li-jonbatteriprodukter antänds och slocknar utan att branden sprids .....	70
11 Osäkerheter .....	71
11.1 Mobil .....	71
11.2. Elbil .....	73
11.3 Kök och vardagsrum .....	74
12 Jämförelse och diskussion av Li-jonbatteribränderna och deras jämförelsebränder .....	76
12.1 Utrymning .....	76
12.2 Jämförelse av sannolikheter och konsekvenser för kök och vardagsrum .....	76
12.2.1 Värsta-Fall scenarierna .....	76
12.2.2 Mest sannolika scenarierna .....	79
12.2.3 Sannolikhet och statistik för brand i vardagsrum och kök .....	80
12.3 Garagebrand .....	80
12.3.1 Värsta-Fall scenarierna .....	80
12.3.2 Mest sannolika scenarierna .....	81
12.3.3 Sannolikhet och statistik för brand i vardagsrum och kök .....	82
13 Resultat .....	82
14 Diskussion .....	84
15 Slutsats .....	88
Referenser .....	92
<b>Bilaga A Riskanalys för beräkning av mobilers HRR och kolmonoxidkoncentration .....</b>	<b>1</b>
<b>Experimentuppställning .....</b>	<b>1</b>
<b>Identifiering och kvantifiering av risk .....</b>	<b>4</b>
<b>Riskanalys .....</b>	<b>7</b>
<b>Åtgärder .....</b>	<b>8</b>
<b>Riskreduceringsanalys .....</b>	<b>11</b>

Slutsats.....	11
<b>Bilaga B Försöksplan för mätning av mobilers HRR och kolmonoxidkoncentration.....</b>	<b>1</b>
Syfte .....	1
Allmänt.....	1
Materiel .....	1
Genomförande.....	2
<b>Bilaga C Statistik för Riskmatris 1 och 2 i Kapitel 8 .....</b>	<b>1</b>
Startutrymme för icke batterirelaterade bränder .....	1
Startutrymme för batterirelaterade bränder.....	2
Utformning av riskmatriser .....	4
<b>Bilaga D Data från IDA, MSB:s databas.....</b>	<b>1</b>
<b>Framtagning av statistik från IDA, MSB:s databas .....</b>	<b>1</b>
Startutrymme Sovrum:.....	1
Startutrymme Kök:.....	3
Startutrymme Garage: .....	5
Startutrymme Vardagsrum: .....	6
Startutrymme, utrymme utanför huset inklusive källare och vind: .....	8
Startutrymme: Hiss, Tvättstuga, Loftgång, Korridor, Pannrum, Soprum .....	9
Startutrymme: Garage och Förråd (både fristående och inte).....	11
<b>Bilaga E Garagestudie.....</b>	<b>1</b>
<b>Bilaga F Rådata från mobilexperimenten .....</b>	<b>1</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Li-jonbatterier har blivit allt vanligare i samhället och även i våra hem. Det fortsätter att komma nya produkter som används i vardagen, exempelvis hoverboards, cyklar, laddningsbara fordon, maskiner och verktyg (MSB, 2020b). Li-jonbatterier är sekundära batterier, vilket innebär att de är laddningsbara. Den ökade användningen av Li-jonbatterier beror på att de har en högre effekt- och energitäthet och kan laddas ur många gånger (MSB, 2020b). För att undvika risk för instabilitet i battericellerna samt ge dem en längre livslängd finns det anvisningar om exempelvis lämpliga lagringsförhållande vilket innefattar bland annat en lagringstemperatur på 15–25 °C och hänvisningar om att inte förvara Li-jonbatterier i exempelvis kylskåp då luftfuktigheten kan bidra till att battericellerna korroderar. Li-jonbatterier bör dessutom inte förvaras fullt laddade eftersom det kan leda till att en del av batteriets kapacitet försvinner och inte kan återfås. Vid förvaring av utrustning där Li-jonbatterier används bör batterierna tas ut när utrustningen inte ska användas under en länge period eftersom litium-jonceller har en självurladdning per månad på cirka 1–3%, vilket tillsammans med utrustningens kryptömmar kommer att leda till att Li-jonbatteriet laddas ur. (Batteriföreningen, 2021).

Den höga energitätheten och den brännbara elektrolyten bidrar till en del risker vid användningen av Li-jonbatterier som skiljer sig från andra batterier. Dessa risker innefattar bland annat termisk rusning, risk för återantändning och även utsläpp av farliga gaser som kan leda till en negativ hälsopåverkan. Li-jonbatterier kan vidare vara en bidragande faktor till självantändning eller förvärra brandförloppet (MSB, 2020b). Även om de finns en del risker med Li-jonbatteri så är de inte farligare än alkaliska batteri vid en normal användning, dock finns det mycket större energi i ett Li-jonbatteri än ett alkaliskt batteri i samma storlek. Då Li-jonbatteri utsätts för skada, högre temperaturer eller annat som är utanför vad de är specificerade för kan det leda till brand eller explosion i värsta fall. Utöver den förhöjda energin i Li-jonbatteriet skiljer sig elektrolyten också åt då det finns en elektrolyt i Li-joncellen som består av brandfarliga organiska lösningsmedel som är lättantändliga även vid lägre temperaturer som rumstemperatur medan alkaliska batteriers elektrolyt är vattenbaserad och inte brandfarlig i samma utsträckning (Batteriföreningen, 2021).

Vid brand i Li-jonbatterier kan utsläpp bestå av farliga gaser som exempelvis vätefluorid (HF), vätecyanid (HCN) samt väteklorid (HCl) förekomma, vilka kan vara giftiga, frätande och bidra till retande symptom vid inandning (MSB, 2020b). Brandgaserna från Li-jonbatterier behöver inte nödvändigtvis vara mer giftiga än andra bränder, dock har bränderna potential för låga koncentrationer av exempelvis HF vilket är en mycket hälsofarlig gas (Meraner et al., 2021). Vid inrapportering av exponering av vätefluorid i gasform är det biverkningar som bland annat andningsbesvär och ögonirritation som är de vanligaste, då det redan vid låga koncentrationer är irriterande för luftvägar och ögon. Det är viktigt att uppsöka sjukvård vid negativ hälsopåverkan till följd av HF då det finns ett motgift (antidot) att få som kan användas vid en exponering. Det hygieniska gränsvärdet för HF är ett korttidsgränsvärde för en oskyddad person för ett snittvärde på 1,7mg/m<sup>3</sup> på en tid över 15 minuter (MSB, 2020a).

Då Li-jonbatteribränder blir allt vanligare i dagens samhälle och finns i allt från elbilar till datorer och högtalare (Åkerblom et al., 2020) var detta ett intressant område att studera. Li-jonbatterier används i en allt större utsträckning i dagens samhälle. De används ständigt i nya produkter och kraven på både dess effekt och laddningsförmåga är höga samtidigt som dess risker är omdiskuterade. Idén till att skriva denna rapport uppkom eftersom det var osäkert om ett ökat antal Li-jonbatteriprodukter i hemmet skulle innebära en högre risk i jämförelse med andra befintliga komponenter i hemmet utan Li-jonbatterier då även dessa kan resultera i ett brandförlopp och innebära en risk. I studien ville vi därmed studera om det fanns någon skillnad mellan riskerna för komponenter med eller utan Li-jonbatteri.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med rapporten är att analysera och identifiera de risker och konsekvenser som kan uppstå om en brand sker i Li-jonbatterier i hemmiljö och jämföra dessa risker och konsekvenser med andra bränder i hemmiljö.

Rapportens mål är att, baserat på svensk brandstatistik, välja ut ett antal representativa Li-jonbatteribränder som tidigare skett i hemmiljö samt andra bränder i hemmiljö som inte påverkas av Li-jonbatterier och jämföra deras risker och konsekvenser över tid. Målet är vidare att besvara följande frågor:

- Hur har antändningskällor i hemmamiljö varierat över tid och hur har detta förändrats i förhållande till marknadspenetrationen av Li-jonbatterier?
- Finns det några skillnader kring riskerna och konsekvenserna för en brand i hemmet som startar i ett Li-jonbatteri respektive för en jämförelsebrand utan Li-jonbatteri och hur påverkar dessa parametrar scenarierna?

## 1.3 Avgränsningar

Examensarbetet kommer endast att fokusera på bränder i hemmiljö i Sverige, internationell brandstatistik kommer därmed inte att ingå vid valet av representativa bränder. Målet är att undersöka Li-jonbatteribränder i det nutida samhället, bränderna som analyseras kommer därför att ha skett nyligen, tidigast 2010. Examensarbetet kommer vidare vara baserat på Li-jonbatterier med en elektrolyt bestående av saltet litiumhexafluorofosfat  $\text{LiPF}_6$  i brännbart lösningsmedel.

Risken analysen kommer att fokusera på risker relaterade till människors hälsa, ingen hänsyn kommer därför att tas till exempelvis miljömässiga eller ekonomiska risker. Inga anlagda bränder kommer heller att detaljstuderas i analysen.

## 2 Teori

Litium-jonbatterier är sekundära batterier med en hög energi- och effekttäthet som även är laddningsbara (Batteriföreningen, 2019). Marknaden för Li-jonbatterier har ökat markant de senaste åren och ingår i allt från elsparkcyklar och elcyklar till hoverboards och elbilar. Den ökade användningen av Li-jonbatteriprodukter har därmed inneburit att antalet produkter per hushåll ökat och även dess risker (Åkerblom et al., 2020). Dess känslighet mot skador och osäkerheterna kring laddning har uppdagats genom bland annat en del uppmärksammade bränder där exempelvis hoverboards har självantänt under laddning (Brandskyddsföreningen, 2018). I kommande avsnitt kommer olika komponenter och områden inom Li-jonbatteriet att beskrivas.

### 2.1 Litium-jonbatterier

Det finns många benämningar och samlingsnamn för både Litium-jonbatteri (sekundära) som är ett laddningsbart batteri och för litiummetallbatteri (primära) som är ett icke-laddningsbart batteri. Litiumbatterier är exempelvis ett samlingsnamn för en grupp olika batterisystem, dock avser termen litiumbatteri framförallt litiummetallbatterier som då inte är laddningsbara. (Batteriföreningen, 2019) Exempel på litiummetallbatteri är nyckelbatteri (knappceller) som används till bland annat bilen och brandvarnare vars laddning varar över en längre tid men som inte går att ladda upp igenom utan som måste bytas. Termen Litium-jonbatteri kallas även Li-jon batteri vilket används som ett samlingsnamn på laddningsbara batterier som använder interkalerade (lagrade) elektroder och litiumjonledande elektrolyter med olika kemiska sammansättningar (Larsson, 2017). De primära Li-metallbatterier och de sekundära Li-jonbatterier skiljer sig inte bara åt genom laddningssynpunkt utan också genom att de använder olika material samt har varierande egenskaper (Andersson et. al., 2017). De sekundära Li-jonbatterier använder Li-joner medan de primära litium-metallbatterierna innehåller litium i form av litiummetall. Ur ett säkerhetsperspektiv måste de därför behandlas olika, då de innefattar olika risker och egenskaper (Andersson et. al., 2017:34).

Samlingsnamnet Litiumbatterier och skillnader mellan primära och sekundära batterier är dock inte helt klagjordade för majoriteten av människorna som använder benämningarna vilket ofta resulterar i att Li-jonbatteri förväxlas med litiummetallbatteri då namnen är relativt lika. I denna rapport kommer endast de laddningsbara Li-jonbatterierna (sekundära) att vara i fokus och undersökas.

Uppladdningsbara Li-jonbatterier ingår ofta i elektroniska produkter och utgör majoriteten av den globala produktionsvolymen på cirka 10–12 GWh per år (Huff et al., 2015). Batterierna kännetecknas i allmänhet av en hög cellspänning, hög energi- och effekttäthet, korta laddningstider, låg självurladdning samt en lång livslängd (Larsson, 2017). Under de senaste åren har även teknologin kring Li-jonbatteri utvecklats i en mycket snabb takt (Huff et al., 2015), vilket beror på att de små och kraftfulla Li-jonbatterierna har revolutionerat konsumentmarknaden. Detta genom att bland annat möjliggöra smarta telefoner och annan mobil utrustning. Li-jon batterier har dock även en del nackdelar och säkerhetsvillkor jämfört med många andra batteriteknologier. Bland annat är Li-jonbatteriets elektrolyt brandfarlig och kan riskera att bli instabil om den utsätts för en för hög spänning eller temperatur, vilket kan

leda till bland annat brandutveckling och termisk rusning, som beskrivs i avsnitt 2.4 (Larsson, 2017).

Litium-jonbatterier erbjuder en hög energi- och effekttäthet i kombination med lång livslängd och hög effektivitetsnivå (Andersson et al., 2017). Batterierna kräver dock vissa säkerhetsfunktioner för att minska risken att hamna i termisk rusning, dess funktioner varierar beroende på typ av celler och användningsområde. Exempelvis måste Li-jonbatterierna i fordon uppfylla krav som resistans mot väg vibrationer, potentiella krockkrafter, extrema temperaturer och luftfuktighetsvariationer. Det påverkar de önskade batteriegenskaperna hos bilbatterier som kan vara räckvidden, låg kostnad och topphastighet. Dessa begränsningar innebär att det alltid kommer krävas en avvägning mellan exempelvis energitätheten och effekttätheten då det inte går att uppnå de bästa förutsättningarna för båda egenskaperna samtidigt. Detta då exempelvis en snabb uppladdningskapacitet begränsar livslängden hos batteriet eftersom en hög ström vid laddning sliter ut det snabbare (Larsson, 2017).

Li-jon batterier tillverkas i celler, det finns olika typer av celler pouch-, cylindriska- och prismatiska celler. Prismatiska och cylindriska celler finns i bland annat datorer och liknande bärbar elektronik (Huff et al., 2015). I cylindriska celler är elektroderna utformade som långa remsor och gjorda av metallfolie med ett belagt elektrodmaterial på båda sidor av remsorna. Elektroderna för positiv respektive negativ elektrod läggs samman och formas utefter en cylinder varav det positiva och negativa ändarna skiljs åt med en separator av ett tunt plastliknande material för att sedan placeras i ett paket av rostfritt stål. I de prismatiska cellerna kan utförandet av cellerna antingen vara långa remsor eller som separata ark. Detta eftersom varannan elektrod ska vara negativ och varannan positiv då lagerna inte ska rullas ihop cylindriskt utan istället lindas eller vikas ihop där den vanligtvis sedan placeras i ett paket av aluminium. Pouch-celler finns i bland annat mobiltelefoner och använder sig av en liknande konstruktion som de prismatiska cellerna. Däremot skiljer sig materialet på höljet åt då detta istället är en plastlaminerad aluminiumfolie som används vilket är mjukare och därmed gör det mer känsligt för stötar än vad de prismatiska och cylindriska cellerna är (Batteriföreningen, 2021).

## 2.2 Säkerhetsfunktioner

”Battery management system” (BMS), även kallat Li-jonbatteriets styrsystem, är ett komplext system bestående av elektronik med innehållande sensorer av många olika delar. Styrsystemet är en del av batterisystemet, vilket innefattar bland annat battericeller, mekanisk struktur, skyddslådor, elektriska anslutningar samt styr- och ledningssystem (Andersson et. al., 2017). Batterisystemet byggs upp av flera sammankopplade batteripaket, där varje paket består av flertalet moduler. Varje modul innehåller i sin tur sedan flertalet ihopkopplade battericeller.

Styrsystemet, BMS, har till uppgift att övervaka batteriets funktioner och kontrollera att parametrarna inte överstiger sina nivåer för att undvika att batteriet blir instabilt. Detta görs med hjälp av flertalet sensorer som mäter bland annat cellspänning, batteritemperatur, packspänning och packström (Andersson et. al., 2017). Då BMS är ett komplext system kan sensorfel eller BMS-fel uppstå, vilket då måste hanteras med lämpliga åtgärder (Andersson et. al., 2017). Styrsystemet noterar även om det är en hög eller låg batteritemperatur, vilket är en viktig parameter för att undvika ett brandförlopp. Om temperaturen under- eller överstiger godkända

nivåer aktiveras BMS och antingen kylsätter, värmer upp, begär stopp av ström, avstängning av batteriet eller sänkning av strömmen från det omgivande systemet för att hantera den uppkomna förändringen (Andersson et. al., 2017).

Trots att styrsystemet, BMS, är mycket viktig för att skydda batterisystemet från olika fellägen, innebär inte detta att styrsystemet kan hantera alla fellägen. Därför menar Larsson & Mellander (2017) att det är viktigt att kunna bedöma och hantera konsekvenserna i en större systemskala, särskilt i de situationer där det framgår att styrsystemet inte kan hantera eller skydda från situationer där det finns exempelvis sensorfel. Även spänningen måste hållas inom en övre och nedre spänningsgräns som varierar beroende på Li-jonkemier. Om den övre gränsen överskrids måste styrsystemet stänga av batteriet för att skydda cellen, vilket innebär att spänningen slutar öka och kan förbli inom det tillåtna cellspänningsområdet (Andersson et. al., 2017).

Kortslutning kan uppstå då en del av en elektisk krets förbigås genom att strömmen förbikopplas så att den kan ta en genväg, eftersom strömmen alltid vill ta den väg där resistansen är lägst. Vid en kortslutning blir strömstyrkan mycket hög samtidigt som batteriet laddas ur snabbt. Vanligtvis används en eller flera säkringar som ett kortslutningsskydd av batteripaketet och det finns ofta elektriska brytare i form av kontaktorer, det vill säga omkopplare för elektrisk ström, vid varje batteripol, en positiv kontaktor och en negativ kontaktor (Larsson, 2017). Positive Thermal Coefficient (PTC) är ett exempel på en mindre inbyggd säkerhetsanordning, även kallad Protection Circuit Module (PCM) som ofta finns i batterier och skyddar mot externa kortslutningar. Det finns även Current Interrupt Device (CID) som skyddar genom att stänga av batteriet helt om trycket i batteriet skulle bli för högt. Vid mer komplexa fall krävs styrsystemet, BMS, för att hantera mer omfattande och styrande funktioner så att systemets funktion kan kontrolleras genom att övervaka dess relevanta parametrar (Larsson, 2017). Styrsystemet bestämmer även vanligtvis laddningstillståndet, state of charge (SOC), vilket motsvarar den kapaciteten batteripaketet har kvar tills det är fullt laddat. För mer avancerade system ingår även hälsotillståndet, state of health (SOH), vilket innefattar hur batteriet har åldrats mätt i procent och jämförs alltid med kapaciteten batteriet haft i nyskick (Larsson, 2017).

### 2.3 Battericell

Li-joncellerna som utvecklas idag kan lagra mycket mer energi än tidigare versioner, vilket ger större konsekvenser ifall de skulle utsättas för skada. Egenskaperna hos en battericell styrs av de huvudkomponenterna som ingår i batteriets struktur, exempelvis påverkar elektrolyten, bland annat, om batteriet fungerar bra under höga och låga temperaturer. Vidare är det elektrodmaterialiet för de två elektroderna som avgör vilken spänning cellen har (Batteriföreningen, 2019). Även designen av cellen och komponenterna kan ha inverkan kring om cellen kan klara av höga effektuttag, lång drifttid eller om det är anpassat för ett högt energiinnehåll. Därav är olika cellers egenskaper relevanta för olika applikationer (Batteriföreningen, 2019).

Li-jonbatteri består av flera olika cellkemier med skiftande egenskaper beroende på vilka material som ingår i varje typ av Li-jonbatteri (Research, 2022). De delas in olika batterikemier beroende på vilka litiumföreningar den positiva polen bestрукits med. För exempelvis olika elbilar är (litium)-nickel-mangan-kobolt-oxid (NMC) den mest använda cellkemin, litium-

järnfosfat (LiFePo) den mest använda i kinesiska elbilar och (litium)-nickel-kobolt-aluminium-oxid (NCA) den som används mest i Teslas elbilar (Elbilen, 2020).

Battericellerna som modulerna i ett Li-jonbatteri byggs upp av består i huvudsak av en positiv pol och en negativ pol med en separator mellan samt en elektrolyt som leder jonerna mellan polerna (Andersson et. al., 2017). Battericeller har en jonisk sammankoppling med en elektrolyt som kan leda joner, men inte elektroner. Genom att bygga celler med ett poröst isoleringsmembran, kallat separator, mellan de två materialen och fylla det med en jonledande saltlösning (Huff et al., 2015), kan elektrolyten möjliggöra transport mellan elektroderna då det fungerar som en väg för jonerna. Separatoren som finns mellan polerna är vanligtvis en polymer, det vill säga en lång kedja av polyeten eller polypropen som har en låg elektrisk ledningsförmåga samt små hål för att tillåta Li<sup>+</sup>-jontransport (Andersson et. al., 2017).

Elektroderna i ett Li-jonbatteri är uppladdningsbart och rör sig från den negativa elektronen till den positiva elektronen vid urladdning och sedan tillbaka igen vid uppladdning. En Li-jonbattericell innehåller två reaktiva material som kan genomgå en elektronöverföring, något som skulle orsaka instabilitet i batteriet (Huff et al., 2015). Reaktionen kan dock endast ske om materialen kommer i elektrisk kontakt med varandra, antingen via direktkontakt eller med en tråd som ledare. Genom den elektriska kontakten kan cellmaterialen utbyta laddade joner för att upprätthålla sin laddningsneutralitet när elektroner överförs. Därför är battericellen konstruerad och utformad så att materialen inte ska vara i direkt kontakt med varandra, vilket uppnås genom att ansluta båda materialen till elektriska terminaler som är isolerade från varandra. Dessa terminaler utgör cellens yttre kontakter (Huff et al., 2015).

## 2.4 Termisk rusning

Den största risken med ett Li-jonbatteri är att det kan hamna i en termisk rusning (MSB, 2020b). Vilket sker när batteriet blivit instabilt på grund av att det utsatts för en för hög temperatur eller spänning (Bisschop et. al., 2019). Detta sker vid temperaturer som varierar mellan olika katod och anoder, från ca 70°C för grafitanoder till 250°C för litiummangananoder (Sun et al., 2016).

Termisk rusning är en process där temperaturen snabbt stiger när ämnena i cellen reagerar med varandra vilket i allmänhet följs av en eller en kombination av följande scenarier:

- Stark ventilering av gaser från battericellen
- Battericellen går sönder eller exploderar
- Ackumulerade gaser antänds

Storleken på branden och mängden ventilerade gaser varierar beroende på storleken på batteriet. För att sänka brandrisken och temperaturen om antändning väl sker har åtgärder, som nya elektrodmaterial och flamsäkra batterihöljen tagits fram, det saknas dock information om hur stor nytta dessa åtgärder gör för att sänka riskerna ur ett holistiskt perspektiv för större batterier (Larsson & Mellander, 2017).

När batteriet blir instabilt kan en rad exotermiska reaktioner uppstå som resulterar i en snabbt accelererande temperatur inuti battericellen. På detaljnivå sönderfaller först SEI-lagret, där SEI



står för solid electrolyte interface. I det här stadiet är batteriets självuppvärmning fortfarande möjligt att kontrollera och stiger endast med 0.2 °C/min (Bisschop et. al., 2019).

När SEI-lagret brutits ned kommer, i det andra stadiet, fler reaktioner att ske som orsakar en kraftig temperaturacceleration. Reaktionerna mellan elektrolyten och anoden följs av att separatorn smälter och katodmaterialet bryts ned.

I det sista stadiet sker en termisk rusning då batteriets självuppvärmningshastighet är 10°C/min eller högre, där hastigheten varierar beroende på batteri. Processen kan orsaka en total förbränning av Li-jonbatteriet följt av att toxiska gaser ventileras, stora jetflammar, samt att batteriet exploderar och avger snabba projektiler. När termisk rusning inträffar är dock beroende av batteriets design, struktur och ingående material (Bisschop et. al., 2019).

## 2.5 Toxicitet

Gaserna som kan emitteras vid en Li-jonbatteribrand är antingen organiska lösningar som dimetylkarbonat, (DMC), dietylkarbonat, (DEC), etylenkarbonat, (EC) eller nedbrutna till andra gaser som, exempelvis kolmonoxid, CO, vätgas, H<sub>2</sub> och kolväten, dock finns det endast en begränsad mängd forskning inom detta område. Det vetenskapliga fokuset har mestadels inriktat sig på vätefluorid, HF, då det är en mycket giftig gas. Andra gaser som kan verka negativt på människors hälsa är de oxiderade och termiskt nedbrutna produkterna av saltet litiumhexafluorofosfat, LiPF<sub>6</sub>. De troligaste nedbrytningsprodukterna av ämnet är PF<sub>5</sub>, POF<sub>3</sub> och HF, men även florerade fosforsyror då de kan producera HF och fosforsyra när de reagerar med vatten (Andersson et al., 2017). Gränsvärdena för de här gaserna är inte helt bestämda. Arbetsmiljöverket har gränsvärden för en del fluorider, som ligger kring 2mg/m<sup>3</sup> medan HF har ett takgränsvärde på 2ppm. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health, USA) anger vidare att HF har ett IDLH (Immediately Dangerous to Life and health) värde på 30 ppm. Det finns inga gränsvärden för PF<sub>5</sub> och POF<sub>3</sub>, dock har deras klormotsvarigheter PCl<sub>5</sub> och POCl<sub>3</sub> nivågränsvärden på 0.1 ppm, enligt Andersson (2013). Toxiciteten kan dock variera mellan fluor och klorämnena, gränsvärdena är däremot låga och gaserna synnerligen reaktiva. Kunskapsluckorna kring gaserna är dock stora då få studier har gjorts kring deras toxicitet (Andersson et al., 2013).

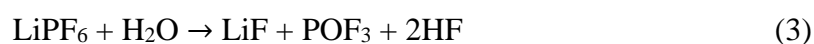
Det konstateras vidare att en stor mängd giftiga ämnen avges när Li-jonbatterier antänds. I ett försök av Sun et al (2016) där fyra olika 18650 batterier med katoder gjorda av LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (LMO), NMC (nickel, magnesium och kobolt), LiCoO<sub>2</sub> (LCO) och LiFePO<sub>4</sub> (LFP) undersöktes. Det visade sig att batterierna emitterade över 100 olika organiska ämnen vid upphettning med varierande toxicitetsgrad från akut skadliga till mildt irriterande, ett stort antal av ämnena var även miljögifter. Liksom Andersson et al (2013) skrev nämndes det att den vanligaste elektrolyten LiPF<sub>6</sub> avger en stor mängd fluor-relaterade ämnen både i sin egen nedbrytningsprocess och när den reagerar med andra ämnen vid upphettning, på grund av dess låga termiska stabilitet (Sun et al., 2016).

### 2.5.1 LiPF<sub>6</sub> och dess nedbrytningsprodukter

Elektrolyten i ett Li-jonbatteri innehåller i allmänhet litiumhexafluorofosfat, LiPF<sub>6</sub>, eller andra fluorhaltiga litiumsalter. När batteriet överhettas kommer elektrolyten förångas och fluordelen av elektrolyten, samt andra delar av batteriet, som exempelvis polyvinylidenfluoridhållaren i

elektrolyten, bilda olika nedbrytningsprodukter. Dessa kan vara PF<sub>5</sub>, POF<sub>3</sub> och HF, men även andra fluorhaltiga föreningar (Larsson, Andersson, Blomqvist, et al., 2017).

Nedbrytningen av LiPF<sub>6</sub> sker i kombination med vatten eller fukt enligt följande reaktion (Larsson, Andersson, Blomqvist, et al., 2017)



I det här arbetet kommer fokus att ligga på de toxiska gaserna då det är brandrelaterade risker som analyseras. Av nedbrytningsprodukterna är PF<sub>5</sub> relativt kortlivad och reagerar snabbt med vatten, enligt reaktionen ovan (Larsson, Andersson, Blomqvist, et al., 2017). Det saknas toxikologiska data angående POF<sub>3</sub>, vilket är ett reaktivt ämne som kommer att antingen reagera med andra organiska ämnen eller med vatten för att då producera vätefluorid, HF, ett ämne som beskrivs i nedanstående avsnitt. Om POF<sub>3</sub> liknar sina klormotsvarighet POCl<sub>3</sub> finns det risk att POF<sub>3</sub> är ännu giftigare än HF (Larsson, Andersson, Blomqvist, et al., 2017).

### 2.5.2 Vätefluorid

Vätefluorid, HF, är ett frätande, toxiskt ämne som kan förekomma i både vätskeform och gasform. Det är färglöst i båda flytande fas och gasfas, obrännbart samt har en kokpunkt på 20°C (MSB, 2022g). HF kan tas upp av kroppen via andning samt kontakt med ögon, hud och slemhinnor, vilket kan leda till allvarlig förgiftning. Symptom på svår förgiftning kan ibland dröja till ett senare skede (MSB, 2022g), vilket bör beaktas vid planering och riskanalyser.

Symptom på vätefluoridförgiftning vid inandning och kroppskontakt är frätskador på hud, ögon, näsa, mun och svalg. Irritation och rodnad är vanligt förekommande, men större doser kan även orsaka andningssvårigheter, kramper, hjärtpåverkan, medvetslöshet och lungödem. Vätefluorid kan vid förtäring orsaka mun- och svalgsmärtor, kräkningar, buksmärter och blödningar samt risk för medvetslöshet och hjärtpåverkan. Akutsjukvård kan genomföras direkt på plats, med exempelvis HF-gel och kalcium. Enligt RIB ska den utsatta personen även spolras med vatten, dock finns det risk för att HF reagerar med vattnet och bildar fluorvätesyra (MSB, 2022g), vilket är både giftigt och frätande (MSB, 2022c). Det är därför av största vikt att stora mängder vatten används för att skölja av den utsatta personen (MSB, 2022g).

Vätefluoridens påverkan skiljer sig dock åt mellan gas- och vätskefas. Det finns bristande forskning på HF i gasforms påverkan på människor, men i en studie utförd av MSB visade det sig att gasformig HF hade betydligt mindre frätande egenskaper än när den var i vätskeform. I ett experiment där hud från buken utsattes för gasen i olika koncentrationer i 20 minuter fick de ett resultat där det noterades att mycket små mängder HF penetrerade huden samt att svettig hud hade ett större upptag av ämnet än torr (MSB, 2022g).

MSB analyserade vidare risken räddningstjänstens rökdykare utsattes för då de arbetade i vätefluoridgas. Eftersom de använder en heltäckande övertrycksmask som är kopplad till ett externt luftpaket är deras andningsvägar väl skyddade mot inhalationsskador. Däremot finns det en möjlig risk för att de utsätts för gasen via hudkontakt vilka antingen kan orsaka hudskador

eller upptag av HF joner i kroppen som kunnat orsaka en systematisk förgiftning. Det finns i Sverige låg erfarenhet från insatser kopplade till ämnet (Wingfors et al., 2021).

I en annan studie, som fokuserade på larmställsmaterialets skyddsförmåga, men bortsåg från inflöden via dragkedjor, glipor och andra svagheter i larmstället, konstaterades det att de hade ett bra skydd mot HF, men däremot släppte genom andra vanligt förekommande partiklar i brandgaser såsom kolväten och vätecyanid enligt Wingfors et al (2021). De menar däremot att riskerna med gasen reduceras i öppen terräng då den snabbt späds ut, så länge andningsskydd används på ett korrekt sätt, men att risken ökar i trånga utrymmen med dålig ventilationsförmåga (Wingfors et al., 2021).

Ett försök utfördes av MSB där två rökdykare i full skyddsmundering samt personburen övervakningsutrustning, under 20 minuter gick in i en rökfylld container samt utförde brandmansrelaterade rörelser under 18 minuter. Skyddskläderna bestod då av en kemdräkt för engångsbruk med provtagare och luftpumpar, utanpå det full rökdykningsutstyrsel som dock var en storlek för stor för att få plats ovanpå kemdräkten. Utifrån den experimentella data beräknades skyddsfaktorer vilka definierades som gaskoncentrationen utanför dräkten dividerat med koncentrationen innanför den. En hög skyddsfaktor innebar därmed en hög skyddsnivå. Resultatet redovisas i Tabell 1 för respektive rökdykare, förkortade rökdyk.

Tabell 1. Skyddsfaktorer för experiment med rökdykarna. Källa MSB (2021a).

Försök	Teoretisk koncentration (ppm)	Begynnelsekoncentration utanför dräkt (ppm)	Medelkoncentration utanför dräkt (ppm)	Medelkoncentration innanför dräkt (ppm)	Skyddsfaktor
1	>50	5	3,8	0,41 (rökdyk1) 0,36 (rökdyk2)	9,3 (rökdyk1) 11 (rökdyk2)
2	70	15	6,5	0,08 (rökdyk1) 0,04 (rökdyk2)	81 (rökdyk1) 160 (rökdyk2)
3	70	29	13	0,05 (rökdyk1) 0,06 (rökdyk2)	260 (rökdyk1) 220 (rökdyk2)

I en tabell 1 från MSB (2021) skiljer de på startkoncentrationen när rökdykaren gick in i containern och medelkoncentration, då HF koncentrationen sjönk med tiden, då ämnet reagerade med omgivningen och ingen ny gas tillfördes när försöken väl påbörjats. Det första försöket, med lägst HF-koncentration gav en skyddsfaktor på 9,3 medan de andra två försöken, med högre koncentrationer, gav en betydligt högre skyddsfaktor, de har dock ingen förklaring till varför. Den genomsnittliga skyddsfaktorn då rökdykarna rörde sig med räddningstjänstlika rörelser var 120 vilket innebär att i genomsnitt en 1/120-del tar sig igenom larmstället och kommer i kontakt med huden (Wingfors et al., 2021).

Baserat på de här testerna bedömde Wingfors et al. (2021) att konsekvenserna av både hudpenetration och rökdykning i gasen vara relativt små, även om smärta och hudirritationer fortfarande kan uppstå. Studierna tar därmed inget etiskt ställningstagande till hur mycket smärta det är acceptabelt att utsätta de drabbade människorna för.

### 2.5.3 Kolmonoxid

Koldioxid är en färg och doftlös icke-irriterande gas som absorberas via inhalering och verkar kvävande då de binds 200 till 250 gånger lättare till blodets hemoglobin än syre. Symtomen på kolmonoxidförgiftning är mer diskreta än väterfluorid, vanligt förekommande är huvudvärk, yrsel, förvirring och att tappa medvetandet även hjärnskador kan också förekomma (Ernst & Zibrak, 1998).

I studien av Sun et al. (2016) jämfördes kolmonoxidkoncentrationen mellan 18650 Li-jonbattericeller och en 10 Ah påscell när de utsattes för hög värme. Försöken gjordes i en 80x80x80 cm<sup>3</sup> förbränningskammare designad för att kunna hantera Li-jonbatteribränder av den storleken med ett hål i taket för gasutsläpp där analys av branden och dess gaser genomfördes. Kolmonoxidkoncentrationen översteg 600 ppm hos samtliga 18650 batterier i försöket. I försöket med 10 Ah cellen producerades mer än 10 000 ppm kolmonoxid (Sun et al., 2016). Detta kan jämföras med gränsvärdena för kolmonoxid där det finns risk för allvarliga hälsoeffekter vid 420 ppm och dödsfall vid 1700 ppm efter 10 min (MSB, 2022b). Även tester genomförda av Andersson et al. (2013) genomförda i en kalorimeter av typen ”Single Burning Item” apparat enligt EN13823 visade på kolmonoxidkoncentrationer som översteg kritiska värden.

Båda Li-jonbatterityperna uppnådde därmed hälsofarliga kolmonoxidkoncentrationer, men 10 Ah cellen uppnådde koncentrationsnivåer som snabbt blev dödliga. Detta indikerar att i slutna utrymmen är batterier med hög kapacitet betydligt hälsofarligare än batterier med lägre kapacitet under termiska rusningar. Kolmonoxidkoncentrationen ökade 15–22 gånger när kapaciteten ökade endast 3 gånger för det här specifika fallet. Koncentrationerna av de andra giftiga, brännbara produkterna höll sig dock på konstant lägre nivåer. Det innebär att fulladdade Li-jonbatterier är betydligt mer hälsofarliga än oladdade, enligt denna studien. Här blir det alltså en kompromiss mellan marknaden, som vill ha batterier med hög kapacitet och säkerhetsriskerna de medför (Sun et al., 2016).

### 2.6 Lagstiftning

Det kan konstateras att svensk lagstiftning är relativt bristfällig när det kommer till hantering och projektering av Li-jonbatterier. Det saknas närmare information i Boverkets byggregler, BBR, och andra regelverk om ämnet.

Enligt BBR 5:53 ska brandceller indelas så att konsekvenserna av en brand begränsas. I deras allmänna råd står vidare att utrymmen i byggnader vars verksamhet med stor sannolikhet kan leda till en brand med allvarliga konsekvenser för utrymningssäkerheten bör indelas i egna brandceller (Boverket, 2011). Den närmaste liknelsen som finns i BBR är projekteringen av avskilda pannrum som bör utformas som en egen brandcell med särskilt skydd mot brand- och brandgasspridning enligt 5:249 (Boverket, 2011).

På EU-nivå finns European Battery Alliance, vars mål är att skala upp Europas batterirelaterade innovationer samt produktionsförmåga. De har tagit fram en strategisk handlingsplan med en mängd åtgärder angående bland annat batterisystem, produktion och råmaterial (Halleux, 2021). Baserat på detta togs ett förslag angående regleringen av batterier fram 2020 med målet av att modernisera EU:s lagstiftning om ämnet på ett hållbart och etiskt sätt. Förslaget fokuserar

främst på etisk och miljömässig hållbarhet, men även säkerhet vid framtagningen, hanteringen samt återvinningen av både vanliga batterier och Li-jonbatterier. Förslaget har dock inte godkänts än när detta skrivs (Halleux, 2021).

## 2.7 Laddning

Laddning av Li-jonbatterierna sker nästintill alltid med konstant ström och spänning för att battericellerna ska kunna skyddas från överladdning samtidigt som de ska kunna laddas upp till 100%. Det innebär att battericellen först laddas med en konstant ström tills den nått en viss gränsspänning. När spänningsnivån uppnåtts hålls den konstant medan strömmen tillåts sjunka till en lägre nivå. En viktig parameter gällande laddning för Li-jonbatterier är SOC, vilket är ett sätt att uttrycka laddningsgraden, det vill säga kapaciteten i ett batteri (Batteriföreningen, 2019). Driftgränsen för SOC kan definieras från 0–100%, vilket innebär att ett batteri med 100% SOC anses vara fulladdat till sin nominella kapacitet (Bisschop et al., 2019). Den fulla kapaciteten hos batteriet kan dock över- och understiga den nominella gränsen för högsta och lägsta kapaciteten (Bisschop et. al., 2019).

Överföringen av litiumjoner från den ena sidan till den andra sker genom det separerande materialet, vilket resulterar i en kemisk reaktion som genererar en elektrisk ström (Bisschop et. al., 2019). Strömriktningen beror på om batteriet är urladdat eller ej eftersom när Li-jonbatterier är laddade förflyttar sig litiumjoner från anoden till katoden. När batteriet istället är urladdat går strömmen åt motsatt håll (Bisschop et. al., 2019:50). Det innebär att överladdning kan uppstå när cellspänningen detekteras felaktigt av laddningens styrsystem, ifall laddaren går sönder eller om fel laddare används (Bisschop et. al., 2019:50). Urladdning sker då istället genom att litiumjoner rör sig från anoden till katoden och placerar sig i ett hålrum i katodens kristallografiska struktur (Blum & Long Jr, 2016)

Ytterligare en benämning eller uttryck som kopplas till laddning av batteri och används för att beskriva strömmar är C-rate. C-rate beskriver strömmar som har normaliserats mot en utvald cells uppmätta kapacitet och används för att underlätta jämförandet av flera olika batterier, (Batteriföreningen, 2019). Exempelvis innebär  $0,15\text{ C} = \frac{C}{15}$  en urladdning på 15 timmar. När det gäller laddning påminner Li-jon batterier om blybatteriers uppladdning då spänningen är specifik för att kunna upprätthålla batterilivslängden men även säkerheten (Celltech, 2022).

Laddningen på batteriet har också en påverkan då batterier med en hög eller full laddning kunde användas vid en lägre antändningstemperatur, producerade en större mängd toxiska gaser och gav en högre effektutveckling. Effektutveckling (HRR) är ofta mätt över tid och redovisas vanligtvis i diagram som förenklar kurvan genom att dela in HRR i tre faser där den första är en växande, andra en konstant och en tredje en avtagande. I verkligheten intar däremot batteribränder flertalet växande, konstanta och avtagande faser. HRR är vidare ett mått på hur mycket värmeenergi i, kW eller Joule/s, som genereras av branden. Denna information bekräftas på övergripande nivå av Andersson et al. (2013) och Bisshop et al. (2018).

Li-jonbatteri 18650 är ett av de mest populära Li-jonbatterierna på grund utav deras höga effektivitet och dess kompakta dimension. Skillnaden mellan ett AAA-batteri och 18650 Li-jonbatteri är att AAA-celler har en spänning på 1,5V (ofta maximalt 1000mAh) medans 18650 Li-jonbatteri 2600 mAh-cell har en spänning på 3,7V. Ytterligare en skillnad är att endast

AAA-celler av Ni-Cd varianter kan laddas (vanligast är dock primärceller, det vill säga icke laddningsbara) och de har även en relativ kort livslängd, medan alla typer av 18650 2600mAh batteri kan laddas med en stor effektivitet, kan laddas samt urladdas många gånger med en långvarig effektivitet och har dessutom en väldigt lång livslängd (Parede, 2022). Fu et al (2017) undersökte 18650 Li-jonbatteriers beteende vid brand. Brandprocessen delades in i tre stadier där batteriet i det första stadiet endast producerade rök men ingen flamma. I fas två, som varade i flera tiotals sekunder, brann en stadig flamma innan branden gick in i fas tre då de exploderade. När branden utsatte batteriet för värmeutveckling ökade batteriets ytemperatur gradvis. Först går ökningen långsamt då batteriet hettades upp, när batteriet sedan krackelerar och gaser ventileras går batteriet in i termisk rusning och då stiger temperaturen till maximal nivå inom loppet av ett fåtal sekunder för att sedan långsamt sjunka (Fu et al., 2015).

Vid experimenten noterades det att antändningstiden minskade med ökad SOC, dock var tiden kortare för batterier med 0–50% SOC än de med 65% SOC medan fulladdade hade kortast antändningstid. Vidare konstaterades det att ökad värmeutveckling gav en snabbare antändningstid (Fu et al., 2015). Experimenten utfördes dock endast med ett batteri per SOC, så osäkerheter finns då försöken inte upprepades. Samma beteende har dock noterats i andra arbeten (Kriston et al., 2019; Torbjörnsson, 2019).

Tiden till explosion minskade med ökande SOC där de fulladdade Li-jonbatterierna exploderade efter 81s medan de med 65% laddning exploderade efter 200s. När laddningen sjönk under 50% skedde dock ingen explosion (Fu et al., 2015).

## 3 Metod

Metoden som används för att besvara frågeställningarna är indelad i flera olika delar. För att få en grundläggande förståelse för Li-jonbatterier samt för att lära av tidigare erfarenheter genomfördes en litteraturstudie där flera olika vetenskapliga källor, både svenska och internationella, studerades. En kvalitativ studie genomfördes därefter där svensk statistik om skador, olyckor och räddningsinsatser främst studerades, men även kompletterades med internationella, representativa data om underlaget var för litet. En riskidentifiering genomfördes för att finna eventuella risker som kunde uppkomma. Därefter gjordes en riskanalys som främst baserades på en scenarioanalys där ett antal representativa scenarier valts ut, granskats och värderats i detalj. För att verifiera riskanalysen gjordes känslighetsanalys där osäkerheternas påverkan på resultatet undersöktes och slutligen gjordes en riskvärdering som utgjorde underlag för diskussionen och slutsatsen.

### 3.1 Litteraturstudie

För att få en bättre överblick av Li-jonbatteriers uppbyggnad och funktion samt konsekvenser om de blev instabila i scenarier relaterade till brand genomfördes en litteraturstudie. Den var främst baserad på internationell forskning samt artiklar från RISE och MSB. Litteraturen har hittats via databaser som Google Scholar och LUBsearch, samt inhämtades från RISE och MSB.

Då det här examensarbetet i huvudsak består av en komparativ riskanalys med ett brett, nationellt perspektiv har den teoretiska kunskapen från litteraturstudien utgjort grunden för analysen. En kontinuerlig analys av källornas trovärdighet har därför utförts under arbetets gång där målet varit att presentera data från så ny och pålitlig forskning som möjligt, dock har inte detta diskuterats i något separat avsnitt i rapporten.

### 3.2 Kvantitativ analys

En del av syftet med rapporten har varit att undersöka hur antändningskällor i hemmiljö varierat över tid och hur det har förändrats i förhållande till marknadspenetrationen av Li-jonbatterier. Vidare att undersöka skillnaden i risk och konsekvens mellan bränder med och utan Li-jonbatterier involverade. I den här undersökningen, samt för att finna sannolikheterna till scenarierna i riskanalysen, har en kvantitativ analys genomförts. I den har statistik om skador, olyckor och räddningsinsatser i Sverige studerats, där data från MSB:s databas IDA främst har använts, men även kompletterats med internationella, då representativa data om underlaget var för litet. Statistik angående brand- och batteriinstabilitetsfrekvens för olika hemprodukter samt Li-jonbatteriers marknadspenetration har också studerats för att ta fram representativa scenarier. Den data har både kommit från IDA, men även andra källor som SCB och Internetstiftelsen.

### 3.3 Riskidentifiering

Riskidentifieringen i rapporten är en typ av grovanalys som grundar sig på litteraturen som studerats i litteraturstudien och där analysen syftar till att identifiera de risker som kan uppstå under litteraturstudien och som sedan behöver analyseras vidare (Arbetsmiljöverket, 2017). Under riskidentifieringen var målet att summera och analysera de risker som kunde finnas kopplat till Li-jonbatterier och därefter risker som kan uppstå i samma utrymme i hemmet men som inte är baserat på Li-jonbatteri. Dessa risker som inte var kopplade till Li-jonbatterierna

och som användes som jämförelsebränder baserades på statistik om vanligast uppkomna bränder som insatser sker på grund av.

### 3.4 Riskvärdering

En riskvärdering genomfördes där sannolikhet och konsekvens för representativa scenarier för brand i olika Li-jonbatterier värderades, både kvalitativt och kvantitativt mot icke Li-jonbatterirelaterade jämförelsebränder. Hänsyn togs då till brändernas spridning, HRR, tillväxtökning och toxicitet, samt utrymningsmöjligheter.

### 3.5 Känslighetsanalys

För att studera osäkerheter i resultatet användes tilläggsprogrammet @Risk i Excel för att utföra en normalfördelning på parametrar som ansågs osäkra genom en variation i testerna och diagrammen. Monte Carlo Metoden användes då detta är en metod som slumpvis applicerar värden på parametrar och därmed bildar olika scenario för en beräkning och därefter tittar på resultatet av denna slumpmässiga variation. Antalet iterationer anger hur många gånger det slumpas och normalfördelningen visar sedan ett diagram för vilka värden parametrarna kommer anta. Genom denna metod kommer det mest troliga utfallet visas utefter vår situation inom ett visst osäkerhetsintervall i fördelningen. Vidare granskades felkällor som kunnat påverka resultatet såsom bristande tillgång till data, olika källors kvalitet med mera.



## 4 Riskidentifiering

MSB (2020b) konstaterade att den största risken är att Li-jonbatteriet hamnar i termisk rusning vilket kan orsaka en antändning och utsläpp av toxiska gaser som exempelvis HF. (MSB, 2020b). Räddningstjänsten behöver troligen göra en insats i majoriteten av dessa fall och därav utsätts räddningspersonalen också för risk under räddningsinsatsen i form av bland annat de toxiska gaserna som emitteras från batteriet, släckningssvårigheter samt den höga temperaturutvecklingen i batteribranden (Wingfors et al., 2021).

Den termiska rusningen kan bero på många olika orsaker. De främsta riskerna som har identifierats är överladdning, djupurladdning, kortslutning och yttre temperaturpåverkan. Flera kan dock förekomma beroende på exempelvis Li-jonbatterityp, miljön där de förvarats och batterihanteringen.

I det här arbetet definieras risk som sannolikheten att en oönskad händelse kommer att inträffa samt storleken på konsekvenserna. I det här avsnittet kommer fokus främst ligga på konsekvenserna medan sannolikheten för att oönskade händelse inträffar kommer att bedömas i scenarioanalysen då de har en stor variation beroende på vilken situation som diskuteras.

Nedan beskrivs de identifierade riskerna i närmare detalj.

### 4.1 Överladdning

Överladdning uppstår när ett Li-jonbatteri laddas med en högre ström än vad det är lämpat för (Blum & Long Jr, 2016), vilket kan ske när exempelvis laddaren gått sönder. Detta kan leda till brand via termisk rusning (Elsäkerhetsverket, 2019), eftersom överladdningen innebär att kemiska reaktioner uppstår i Li-jonbatteriets anod och katod. Detta kan leda till en förhöjd temperatur inom batteriet, vilket orsakar den termiska rusningen (Blum & Long Jr, 2016).

Under överladdningen sker en fortsatt transport av litiumjoner efter att SOC uppnått 100% laddning vilket orsakar en negativ påverkan på batteriet (Doughty & Roth, 2012). Reaktionen är ett kemiskt förlopp som vid överladdning sker i katoden genom att förändringar i kristallstrukturen uppstår, det kan medföra en snabbt förhöjd temperatur i batteriet samt att en intern kortslutning skulle kunna uppstå (Doughty & Roth, 2012). Termisk rusning kan även byggas upp under en längre tid exempelvis genom att mindre överladdningar sker på samma battericeller (Blum & Long Jr, 2016). Om överladdning skulle ske i ett Li-jonbatteri kan det oftast upptäckas på lukten då det påminner om nagellackslukt detta eftersom elektrolyten inom ett Li-jonbatteri innehåller lösningsmedel av alkydkarbonater (Elsäkerhetsverket, 2019). Alkydkarbonaters ånger är brandfarliga och även om batterilagret stängs av finns det en självantändningsrisk för redan skadade celler (Elsäkerhetsverket, 2019).

### 4.2 Djupurladdning

När Li-jonbatteriet är urladdat flödar litiumjoner från den negativa strömkollektorn och anoden till den positiva strömkollektorn och katoden (Bisschop et. al., 2019). Om urladdningsnivån blir för stor kan den negativa strömavtagaren lösas upp då den består av koppar. Det resulterar i att små kopparpartiklar frigörs i elektrolyten vilket i sin tur ökar risken för kortslutning.

Djupurladdning kan resultera i två olika scenarier där det första innebär att det sker genom en långsam tömning av batteriet till en låg nivå och det andra att en snabb urladdning av batteriet

sker (Blum & Long Jr, 2016). Den höga urladdningsnivån kan även leda till en utveckling av syre och väte, cellventilering samt litiumavlagring på katoden (Bisschop et. al., 2019).

### 4.3 Kortslutning

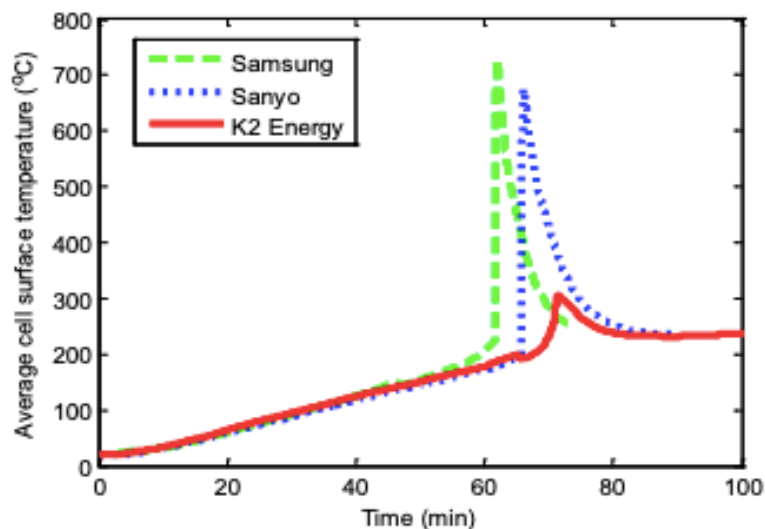
Kortslutningar i Li-jonbatterier kan vara både interna och externa samt kan uppkomma till följd av exempelvis mekanisk deformation, produktionsfel eller dendriter i battericellen.

Interna kortslutningar sker inuti Li-jonbatteriet och innebär att anoden och katoden är i elektrisk kontakt med varandra, vilket leder till att mycket energi kan frigöras. I en del Li-jonbatterier kan 70% av batteriets energi frigöras på under 60 sekunder. Detta innebär att battericellens temperatur snabbt ökar vilket kan orsaka en termisk rusning (Maleki & Howard, 2009). Ofta sker den här sortens kortslutningar mycket snabbt och oväntat (Bisschop et al., 2019), vilket innebär att överraskningen i sig kan förvärra risken. En vanlig orsak till interna kortslutningar i Li-jonbatterier är produktionsfel i batterier som annars uppfyller industriella standarder. Exempel på fel kan vara felinställda elektrodpaket, skadade separatorer eller partiklar på katoden (Bisschop et al., 2019).

Externa kortslutningar uppstår till följd av att Li-jonbatteriet utsätts för externa skador som mekanisk deformation, korrosion, vatten eller elektrisk chock. Kortslutningens påverkan på batteriet varierar beroende på vilken extern skada batteriet utsätts för. Skadan orsakar dock i allmänhet emission av toxiska gaser och en snabb temperaturökning, enligt Bisschop et. al. (2019) gjordes flertalet experiment där det framkom att konsekvenserna för en extern kortslutning var mindre än för en intern. Exempelvis skedde i många fall ingen termisk rusning i Li-jonbatteriet. (Bisschop et al., 2019).

### 4.4 Yttre temperaturpåverkan

Andersson et. al. (2017)) beskriver en studie där yttemperaturerna för de koboltbaserade Li-jonbattericellerna Samsung, Sanyo och K2 Energy studerades medan cellerna utsattes för en extern uppvärmning. Figur 1 visar temperaturhöjningen över tid för batteriet efter att det placerats i en ugn med extern uppvärmning. Samtliga batterier hade en skarp temperaturökning vilken uppstod på grund av termisk rusning (Andersson et al., 2017).



Figur 1. Yttertemperaturen över tid för tre olika komponenter av Andersson et al., (2017) är licenserad enligt CC BY-ND 2.0.

Vid cellöverhettning på cirka 130–160°C smälter ofta polymerseparatören vilket orsakar en intern kortslutning av battericellen och den elektrisk lagrade energin urladdas (Andersson et. al., 2017:34). Vid en ökande cellöverhettning kan battericellen börja ventilera ut gas och vid högre temperaturer kan en termisk rusning ske vilket sedan kan leda till brand, stora gasutsläpp eller explosion enligt Larsson, Andersson, Blomqvist och Melander (2017).

#### 4.5 Toxiska gaser

Vid brand kan toxiska gaser avges, se avsnitt 2.5, exempelvis kolmonoxid och vätefluorid, vilka kan vara både dödliga och hälsofarliga.

#### 4.6 Räddningstjänstens insats

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) är en myndighet som ansvarar för frågor kring skydd, krisberedskap och civilt försvar. Inom dessa områden ingår hanteringen av frågor kopplade till civilskydd och riskhantering, det innebär att utreda vilka åtgärder som krävs både före, under och efter att olyckor inträffat (MSB, 2022f). Deras ansvar innefattar även räddningstjänstens insatser gällande teknik, metod och utvecklingsområden (MSB, 2021b).

MSB utformar och utvecklar tillvägagångssätt för insatser kopplade till brand och olycka (MSB, 2021). Insatsen styrs av vilken typ av händelse som sker, exempelvis om det är brand i små Li-ionbatteri, brand i energilager eller stora batterier, brand som startar i batteriet och även brand som startar i närheten av batteriet (MSB, 2020a). Granlund et. al (2013) beskriver att hanteringen av insatser kring bränder och olyckor beror på framför allt tre parametrar för att kunna påverka möjligheten för att åstadkomma en snabb och effektiv insats. Första parametern är tiden det tar för räddningstjänst att ta sig till platsen och påbörja en insats, andra parametern är insatsförmågan, vilket innefattar vilka arbetsinsatser som kan genomföras, och den sista parametern innefattar slutligen förmågan och uthålligheten som räddningstjänsten kan tillhandahålla, vilket beror på vilka resurser räddningstjänsten har med sig, exempelvis

mängden vatten som finns tillgänglig (Granlund et al., 2013). Gemensamt för alla insatser är dock att varje räddningsinsats ska börja med en riskbedömning av den aktuella situationen (MSB, 2020). En stor del av säkerhetsansvaret ligger därför på räddningstjänstpersonalen själva som måste ha kunskap och kapacitet nog att hantera ofta komplexa situationer som troligen kommer förändras i takt med den ökade marknadspenetrationen och utveckling av Li-jonbatterierna.

Vid räddningsinsatser där Li-jonbatteri förekommer bör, bland annat, information kring var Li-jonbatteri finns, riskbedömning innehållande risk-och säkerhetsavstånd samt zonindelning utföras och bestämmas. Risker kring personskador vid strömgenomgång bör också beaktas och likaså val av skyddsutrustning (MSB, 2020a). Därutöver är det viktigt att följa olika rekommendationer som att utföra insatsen med vinden i ryggen alternativt använda en fläkt för att undvika att befinna sig i en farlig miljö (Särdqvist, 2002). Skyddsnivån som krävs vid bränder i Li-jonbatteri beror bland annat på koncentrationen av farliga gaser som uppstår vid branden.

Li-jonbatterier tillhör riskklass 9 enligt MSB åtgärdskalender vilket innebär att ett riskavstånd på 100 meter vid brand i batterierna är nödvändig, dock varierar avståndet lite beroende på parametrar som vind, batterikapacitet och omgivning (MSB, 2020a). Gastäta kemskyddsdräkter kan vara en lösning då närmare kontakt krävs eftersom god ventilering inte kan uppnås i trånga eller slutna utrymmen. För att ytterligare minska exponeringen av de farliga gaserna ska rökdykningsintervallen vara så korta som möjligt (MSB, 2020a).

En vanlig uppfattning är att bränder i Li-jonbatterier inte kan släckas (MSB, 2020a). Dock visar forskning och tidigare erfarenheter att vatten är ett lämpligt släckmedel för att kyla och släcka bränder i Li-jonbatteri (MSB, 2020a). Dock kan större Li-jonbatteri i exempelvis fordon kräva stora mängder vatten och även vara svåra att nå fram med vatten till delarna där kylning behövs som mest vilket kan vara en utmaning (MSB, 2020a). Släckningssvårigheterna bedöms vara en risk då de kan innebära en längre exponeringstid för räddningstjänstpersonalen. Den mänskliga faktorn kan också eventuellt utgöra en fara om längden på insatserna tröttar ut personalen som då riskerar att göra fler misstag som kan påverka personalsäkerheten.

#### 4.7 Explosion

När man pratar om explosioner och batterier bör man skilja på två olika typer, dels explosion av själva cellen, dels antändning av ackumulerad gas.

En cylindrisk eller prismatiska cell kan explodera om den inte är konstruerad med säkerhetsventil eller om ventilen felfungerar. Utan ventil ökar trycket i cellen under uppvärmning tills den till slut spricker och då kan avge ballistiska fragment till omgivningen (Larsson & Mellander, 2017).

## 5 Marknadspenetration

Li-jonbatterier fick sitt första stora genomslag under 2000-talet i främst mobiltelefoner och bärbara datorer, det var också denna utveckling som startade utvecklingen av prismatiska och cylindriska Li-jonceller, där de prismatiska batterierna oftast används i telefoner och cylindriska i datorer. Mängden köpta bärbara datorer och mobiler har därefter ökat nästan varje år globalt och även vidareutvecklats till exempelvis läsplattor (Melin, 2019).

Efter 2010 blev Li-jonbatterierna dominanta på elverktygsmarknaden och därefter har nya produkter som drönare, hoverboards och elsparkcyklar tagits fram för personligt bruk. Det var även under 2010 som elbilarna i någon större utsträckning kom ut på marknaden och de har under de senaste åren bara ökat i popularitet (Melin, 2019). Melin (2019) presenterar också mängden Li-jonbatterier i ton från 2000 till 2024 för olika Li-jonbatteriprodukter på världsmarknaden presenteras med en konstant ökning.

Melins studie behandlar världsmarknaden och innehåller inte separata siffror för Sverige. För att ta fram statistik angående användningen av Li-jonbatterier i produkter avsedda för hemmabruk i Sverige har därför statistik från SMED:s rapport ”Kartläggning av materialflöden av småelektronik i Sverige” använts. SMED är en förkortning för Svenska Miljöemissionsdata, vilket är ett samarbete mellan, Svenska Miljöinstitutet, IVL, Sveriges Lantbruksuniversitet, SCB och SMHI (Åkerblom et al., 2020). De har beräknat den inhemska konsumtionen småelektronik från 2010–2019 genom att använda följande formel:

$$\text{Inhemska konsumtion} = \text{Import} + \text{Inhems Produktion} - \text{Export} \quad (4)$$

Deras beräknade konsumtion av olika typer av småelektronik redovisas i Figur 5 nedan där dataunderlaget är hämtat från SCB:s statistik (Åkerblom et al., 2020). Här ingår både produkter med och utan Li-jonbatterier där endast de produkter som innehåller Li-jonbatterier har analyserats, Tabell 2.

Tabell 2. Andelen IKT-produkter, hushållsapparater och Ljud- och bildprodukter i ton. Källa:(Åkerblom et al., 2020)

Kategori	Vikt (ton)
IKT-produkter inklusive mobiltelefoner	43961
Hushållsapparater	15629
Ljud- och bildprodukter	10051
Leksaker och sportutrustning	1577

I rapporten definierades småelektronik som elektroniska produkter vars yttermått varken på längden, bredden eller djupet översteg 50cm. Småelektroniken delades in i olika kategorier där IKT-produkter var ett samlingsnamn för informations- och kommunikationsteknologiska produkter som exempelvis skrivare, mobiltelefoner, GPS-utrustning och liknande.

Åkerblom konstaterade att konsumerade IKT-produkter vida översteg de andra kategorierna, följt av hushållsapparater samt ljud och bildprodukter (Åkerblom et al., 2020). Det bör dock noteras att mängden här beräknas i ton istället för antal. I SMED:s undersökning har därför inte

antalet utan vikten av produkterna analyserats, kategorierna innehåller vidare olika mängder av produkter, vilket kan påverka resultatet.

Enligt Internetstiftelsen hade 92% av alla svenskar över 12 år tillgång till en dator år 2016. Vid samma tid hade 65% tillgång till en surfplatta och 98% hade en egen mobil (Internetstiftelsen, 2016). Sannolikheten att dessa finns i en bostad är därmed mycket hög.

När elektroniska produkt inte längre används lagras de ofta privat i hemmet för en tid innan de slängs, vilket redovisas för åren 2000 till 2020 av Åkerblom et. al. (2020). År 2020 redovisas mängden till cirka 195 500 ton för bildskärmar och TV-apparater, 868 354 ton för liten elutrustning som exempelvis verktyg och leksaker och 157 518 ton för liten IT- och teleutrustning som innefattar bland annat mobiltelefoner. Det noteras att den största mängden som lagras är liten elutrustning som verktyg, rakapparater och hushållsmaskiner, men även exempelvis mobiler, vilket diskuteras nedan. Trots att de här produkterna inte används kan de utgöra en brandrisk, vilket kommer att undersökas i närmare detalj i scenarioanalysen.

### 5.1 Val av Li-jonbatterier för närmare analys

Baserat på SMED:s rapport valdes mobiltelefoner och bärbara datorer ut då de var bland de mest förekommande produkterna i det svenska samhället samt för att det fanns goda möjligheter att beräkna konsekvenserna för den typen av bränder, vilka redovisas i kapitel 7.

En stor majoritet av svenskarna har minst en egen mobil. SMED redovisar en sammanställning mellan år 2014–2018 av mobiltelefonflöden i Sverige där cirka 8,2 miljoner mobiler importerar, cirka 5 miljoner exporterar, 3,2 miljoner används till inhemsk konsumtion och drygt 760 000 insamlas. Den är baserad på SCB:s produktion - och handelsstatistik där konsumtionen beräknats enligt följande formel:

$$\text{Inhemsk konsumtion} = \text{Import} + \text{Inhemsk Produktion} - \text{Export}$$

Enligt Halebop (2020) innehas ca 2 miljoner mobiltelefoner som är under fyra år gamla och fortfarande fungerar, men inte används av svenska personer. 22% av svenskarna äger och använder också mer än en mobiltelefon som är under 3 år gammal, av dessa är majoriteten av dem, 28%, ägda av personer med åldern 18-25 år (Halebop, 2020). Trasiga mobiler förvaras också vid en del tillfällen i hemmet en längre tid innan de slängs (Åkerblom et al., 2020). I flera brandscenarios kan det därför antas att fler än ett mobilbatteri kan orsaka eller bidra till branden.

Andelen svenska hushåll som har minst en dator har mer än tredubblats på 20 år och var strax över 90% år 2016. Då beräknades det finns ca 2,07 datorer per hushåll där många antas vara laptops. 95% av alla hushåll med personer under 65 år hade en dator medan i hushåll med äldre, över 76 år, var andelen endast 56% (Internetstiftelsen, 2016).

Enligt statistik från El-kretsen har laptops en medianålder på 18 år eftersom de ofta förvaras hemma efter att de slutat användas. Detta då de i många fall innehåller bilder och andra filer med sentimentalt värde, vilket innebär att många inte vill slänga dem. I andra fall kan de repareras och säljas vidare efter att de bytts in till butik (sopor.nu, 2019). Majoriteten av olika laptops håller dock endast för normalt bruk i tre till fem år och endast 25% i över fem år (sopor.nu, 2019). Det är därmed troligt att fler bärbara datorer än en förvaras i många hem.

En annan typ av produkter som ökat i popularitet, enligt SMED:s undersökning var elektroniska transportmedel. En typ av transportmedel som väckt stor uppmärksamhet var hoverboards som under flera tillfällen självantände under användning och för vilken antalet olycksfall ökade med dess snabbt ökande popularitet. Problemet med hoverboardsbränder var inte bara vanligt förekommande utan har lett till allvarliga konsekvenser där exempelvis hela villor brunnit ned. En del av bränderna har också uppkommit utan synlig orsak, som exempelvis användning eller laddning (Brandskyddsföreningen, 2018). Bränderna växte ofta snabbt i styrka, brann med höga flammor och ledde i flera fall till att produkten exploderade (Prasad et al., 2019).

Elsäkerhetsverket har satsat på att försöka hantera produktgruppen, något som uppmuntrats av MSB. Hoverboards av märket iScooter har stoppats av Arbetsmiljöverket då de inte uppfyllde kraven på hälsa och säkerhet. Nyttan av detta kan dock ha varit begränsad då majoriteten av produkterna var tillverkade på samma ställe i Kina, oavsett märkning (Elinstallatören, 2017).

I Tabell 3 nedan redovisas antalet bränder i hoverboard, sparkcykel och elcykel som har skett i Sverige 2020 samt hur de uppstod (MSB, 2021c)

Tabell 3. Antalet bränder som uppstått i hoverboard, sparkcykel och elcykel – 2020. (MSB, 2021c).

Fordon	Laddning	Under färd	Okänd	Ej laddning	Totalt
Elcykel	19	2	11	11	34
Elsparkcykel	16	1	5	2	24
Hoverboard	38	1	4	2	11

Antalet bränder i elcyklar och elsparkcyklar har ökat under treårsperioden medan antalet i hoverboards har minskat, vilket tros bero på att antalet sålda elcyklar och elsparkcyklar har ökat i Sverige medan antalet hoverboards har minskat under samma period. Majoriteten av de kända brandsakerna var laddning, vilket oftast sker i hemmet. Elcyklarna utmärker dock sig genom att en stor andel av bränderna skedde spontant när de varken laddades eller på annat sätt nyttjades (MSB, 2021c).

En kartläggning för hoverboards, där det totala antalet hoverboardbränder under 12 månader 2016-2017 uppmättes, noterade att det då skedde 57 bränder (MSB, 2021c). Det är nästan sex gånger mer än de 11 bränder som uppstod 2020. Troliga förklaringar kan vara att de sjunkit i popularitet samt att hoverboards blivit säkrare, exempelvis kan BMS systemen ha förbättrats av tillverkare, dock saknas information om BMS systemens utformning för olika sorters hoverboards då sådan data sällan delas av tillverkningsföretagen.

På grund av den stora risken kring användningen av hoverboards i kombination med dess snabbt stigande popularitet när de kom, som sedan föll när de brandrelaterade problemen uppenbarade sig, har det beslutats att analysera denna produkt närmare.

En annan produkt som tros bli allt vanligare är laddningsbara bilar, vilka har ökat exponentiellt från nära noll 2012. I februari 2022 hade antalet stigit till 315 404 laddbara personbilar i Sverige av vilka 38% var elbilar och 62% laddhybrider där båda typerna väntas öka i framtiden. Laddbara bilar utgör därmed endast 6% av landets personbilar (elbilsstatistik.se, 2022) så antalet hushåll med sådana är relativt få. Det valdes ändå att studera den typen av bilar närmare

då de tros bli vanligare i framtiden samt då konsekvenserna av en sådan brand bedöms vara betydligt högre än för de andra Li-jonbatteriprodukterna, se kapitel 7.



## 6 Brand i hemmet

Brand i hemmet även kallat bostadsbränder innefattar brand i samtliga typer av bostäder, exempelvis lägenhetshus (bostadsrätt, hyresrätt i både första och andra hand, med flera), kollektiv (rum), radhus, villor eller annat utrymme som både kan vara en permanent bostad eller en fritidsbostad (Boverket, 2022a).

I Tabell 4 nedan redovisas olika typer av bostäder och i Tabell 5 olika typer av särskilda boenden. Definitionerna är tagna från MSB:s nya definitioner för händelserapporter under kategorierna ”Svarsalternativ” och ”Definition”. Dessa kommer att publiceras på IDA MSB:s databas, enligt Colin McIntyre, statistiker på MSB (McIntyre, 2022).

Tabell 4. Bostadstyper med tillhörande definition.

Bostadstyp	Definition
Flerbostadshus	Bostadshus med minst tre bostadslägenheter.
Rad-, par- eller kedjehus	Småhus som inte är friliggande.
Villa	Friliggande småhus som är avsett för permanent boende.
Fritidshus	Friliggande småhus som inte är avsett för permanent boende.

Tabell 5. Speciella boendetyper med tillhörande definition.

Seniorboende	Boende som inte omfattas av särslagstiftning och som är avsett för personer över en viss ålder. (SOU 2008:113)
Trygghetsboende	Boende för äldre med tillgång till gemensamhetslokal med möjlighet att inta gemensamma måltider, personal som en gemensam resurs och trygghetslarm. (SOU 2008:113)
Elev- eller studentboende (inte gemensamhetsboende)	Elev- eller studentboende som inte är klassad som gemensamhetsboende.
Gemensamhetsboende	Flera av varandra oberoende personer som delar bostad.
Särskilt boende, behovsprövat enligt lag	Boende för personer: – med fysisk eller psykisk sjukdom, – med funktionsnedsättning, – med utvecklingsstörning, – med demens eller – som på annat sätt har en nedsatt förmåga att själva sätta sig i säkerhet.

	Behovsprövning kan ske mot lagstiftning såsom socialtjänstlagen, SoL, eller lagen om stöd och service till vissa funktionshindrade, LSS. Även öppna avdelningar med behovsprövning enligt lagen om vård av missbrukare i vissa fall (1988:870), LVM, lagen om vård av unga (1990:52), LVU, eller lagen om verkställighet av sluten ungdomsvård (1998:603), LSU. (BBR)
Annat boende	Annan form av permanent boende.

Det sker cirka 24 000 bränder i bostäder och ungefär 80–90 personer omkommer i bränder varje år i Sverige. Bostadsbränder ligger bakom cirka 80 % av de totala antalet dödsbränder i landet. Den mest utsatta gruppen för att omkomma i bränder är framför allt äldre personer då över hälften av de omkomna är över 60 år gamla. En anledning till att äldre blivit allt mer utsatta beror på minskade vårdresurser i Sverige samt att äldre idag har ett eget boende längre än vad som var vanligt förr (Brandskyddsföreningen, 2022b). En annan bidragande faktor till bostadsbränder är, enligt Brandforsk (2018) människors levnadsvillkor som kan mätas med hjälp av ett socialt index. Det innefattar, bland annat, variabler som utbildningsnivå och medelinkomst. Ett högt socialt index innebar en sämre inkomst samt lägre utbildningsnivå medan ett lägre socialt index indikerade en högre utbildningsnivå och högre medelinkomst. Denna undersökning visade att vid ett högre index (lägre medelinkomst och lägre utbildningsnivå) var framförallt oavsiktliga och anlagda bränder högre än vid ett lågt index (högre medelinkomst och högre utbildningsnivå) vilket visar att det finns vissa grupper i samhället som är mer utsatta, med en fyra gånger så hög risk för bostadsbrand, än andra (Brandforsk, 2018).

Bostadsbränder kan indelas efter startutrymme där bränder uppstår, exempelvis kök, vardagsrum, sovrums, vind, källare, hiss, soprum och balkong/altan. En del av bränderna i vissa av bostadens startutrymmen kan kopplas till både ålder, rörelseförhinder, minnessjukdomar och levnadsvillkor, men även till vanor som rökning, alkohol och oaktsamhet (Brandforsk, 2018) något som kommer att analyseras närmare i scenarioanalysen.

## 7 Konsekvenser av bränder i de valda Li-jonbatteriprodukterna

En scenarionidentifiering genomfördes som underlag till riskanalysen där scenarierna valdes ut baserat på om produkterna hade stor marknadspenetration samt om den identifierade typen av brand var vanligt förekommande eller medförde allvarliga konsekvenser.

Den ständiga förändringen i användning och typ av batterier (Andersson et al., 2017) ger en viss osäkerhet i hur det ser ut idag då all information endast redovisar vad som redan har hänt. Eftersom relativt få bränder sker i Sverige är dataunderlaget inte så omfattande, därför adderades den publicerade data för de senaste tre åren, 2018, 2019 och 2020, på IDA, MSB:s databas samman och genomsnittet av dessa användes för att få en bättre översikt när scenarierna angående brandutrymmen analyserades.

I Kapitel 5 diskuterades marknadspenetrationen av elektroniska produkter i hemmet där Li-jonbatterier ingår. Av dessa valdes mobiltelefoner, bärbara datorer och elbilar ut som representativa produkter då de hade antingen en hög sannolikhet att orsaka eller ingå i en brand eller orsakade bränder med allvarliga konsekvenser. År 2016 hade 98% av Sveriges unga och vuxna en egen mobiltelefon och det fanns vid samma tillfälle 2.07 datorer per hushåll varav en stor del antas vara laptops, 65% hade även tillgång till surfplatta (Internetstiftelsen, 2016), men då de till stor del liknar mobiler bedömdes det scenariot vara för likt det med mobiler för att tas upp i den här analysen. Elbilar är fortfarande i minoritet i svenska hushåll i jämförelse med andra biltyper (elbilsstatistik.se, 2022). Dock är Li-batteriet så stort i den typen av fordon att det kan orsaka mycket allvarliga konsekvenser om det antänts.

Hoverboards är ett tillfälligt representativt scenario med avseende på sannolikhet och konsekvens. Det är av intresse eftersom de, när de kom ut på marknaden, snabbt steg i popularitet, men även antändes i flera fall innan populariteten och antändningsfallen sjönk igen (MSB, 2021c). Målet är därför att analysera riskerna med dessa när de kom ut samt se hur de sedan hanterats och jämföra dem med andra fordon innehållande Li-jonbatterier som elsparkcyklar och elcyklar.

### 7.1 Mobiltelefon

Konsekvenserna av en mobilbatteribrand varierar beroende på typ av batteribrand. Det saknades relevant, uppdaterad information om mobiltelefoners beteende vid brand, därför genomfördes det experiment där sex stycken mobiltelefoner brändes för att beräkna deras värmeutveckling och kolmonoxidkoncentration över tid. Om möjligt hade även vätefluoridkoncentrationen mätts, för att få en bättre helhetsbild över konsekvenserna med mobiltelefonbränder, men på grund av avsaknad av utrustning gick inte detta att genomföra.

Inför testen gjordes en riskanalys för att säkerställa vår och labbets säkerhet, detta hittas i Bilaga A-B.



*Figur 2. Mobil skyddad av finmaskigt stål nät.*

I försöken placerades mobiltelefonerna i ett kuvert av tätmaskat stål nät, för att undvika skador från flygande projektiler vid en eventuell explosion, se Figur 2. Därefter placerades de på ett bord med en yta av stål nät för att underlätta värmegenomföringen från sandbrännaren under som förseddes med ett kontinuerligt flöde av gasol. Bordet trappades upp på tegelstenar för att komma på en bra höjd i huven.

För att skydda sandbrännaren mot droppar från mobilerna skyddades den med aluminiumfolie. Mineralullsisolering placerades vidare runt uppställningen för att undvika värmerelaterade skador på omgivande utrustning, se Figur 3.

Först rådde det viss osäkerhet om mobiltelefonbränderna skulle ha för stor effektutveckling för att kunna brännas i en konkalorimeter, därför utfördes de tre första mobilbränderna under en större huv. När det konstaterats att så inte var fallet genomfördes de andra tre mobilbränderna i konkalorimetern, vilket gav ett mer exakt resultat.



Figur 3. Testupställning konkalorimeter.



Figur 4. Testupställning under huv.

Totalt brändes sex olika mobiltelefoner i testerna, tre av dem under en större huv och tre i konkalorimetern. Data angående effektutveckling och kolmonoxidkoncentration från de som brändes under den större huvan var dock bristande och innehöll flera osäkerheter, därför beslutades det att endast använda data från de mobiltelefoner som brändes i konkalorimetern i det här arbetet.

De mobiltelefoner som brändes i konkalorimetern redovisas i Tabell 6 nedan. De var av märkena Sony och Samsung samt var mellan två och åtta år gamla.

Tabell 6. Mobiltelefonerna 1–3 som brändes i konkalorimetern samt deras egenskaper.

Mobil	Laddning (%)	Kapacitet (mAh)	Elektrisk Spänning (V)
1	0	1265	3,7
2	100	3500	4,4
3	100	1700	3,7

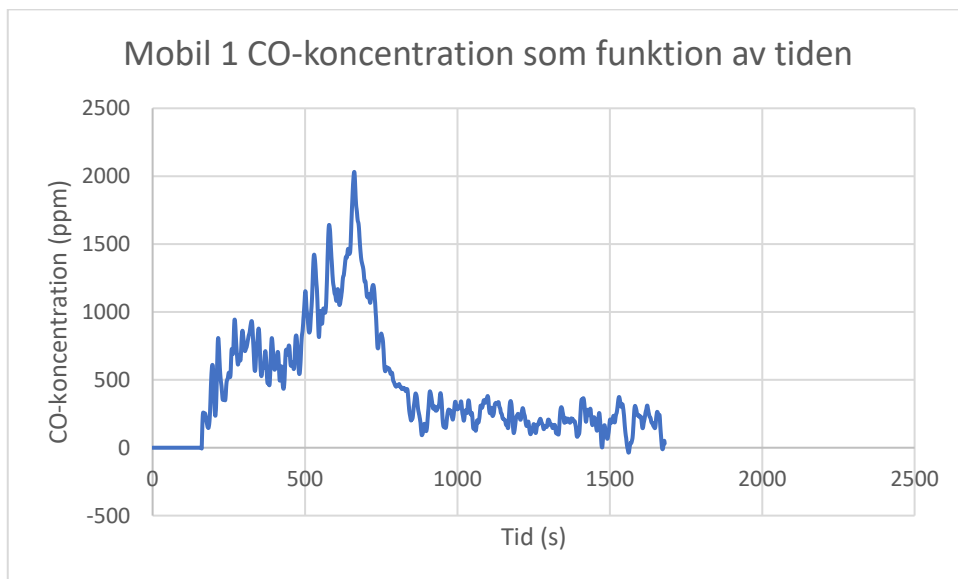
Mobil 1 började brinna efter sex minuter, från det att sandbrännaren antändes, då smält plast också började droppa. Efter åtta minuter ökade branden i storlek under en till två minuter innan den återtog sin ursprungliga storlek.

Mobil 2 antändes redan efter två minuter, då det började droppa smält plast från produkten. Efter 20 sekunder blev flammorna stora och den brann rejält i en till två minuter innan lågorna blev mindre.

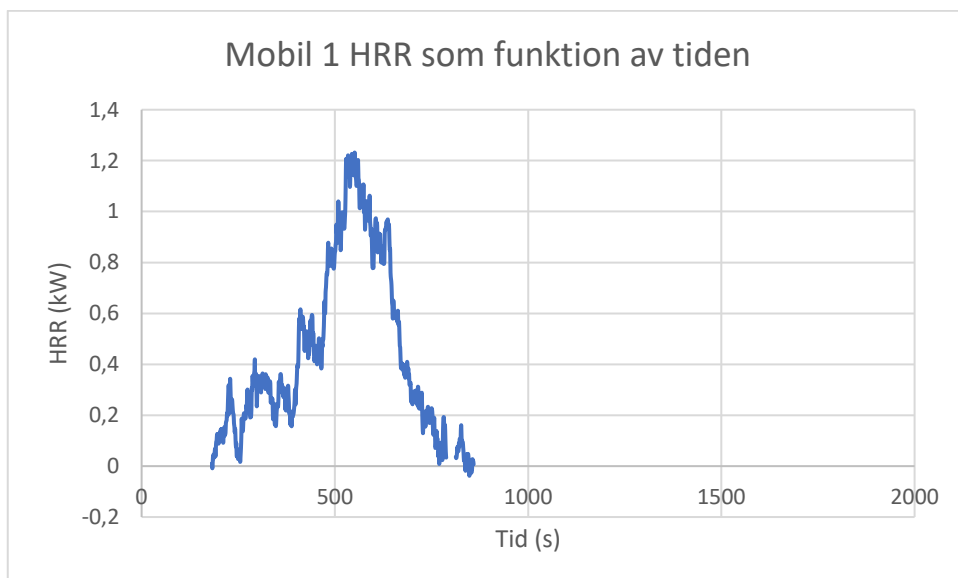
Mobil 3 antändes efter sju minuter, men dröjde tre minuter till innan flammen blev större. Då började smält plast att droppa och enstaka puffar hördes. Mobilen brann med en stor flamma i cirka fyra minuter innan den blev mindre.

För samtliga mobiler var det svårt att bedöma när de slutade brinna då brännaren var påslagen hela tiden medan testet pågick och ett tiotal minuter efter för att kontrollera att alla produkternas brännbara material hade förbränts.

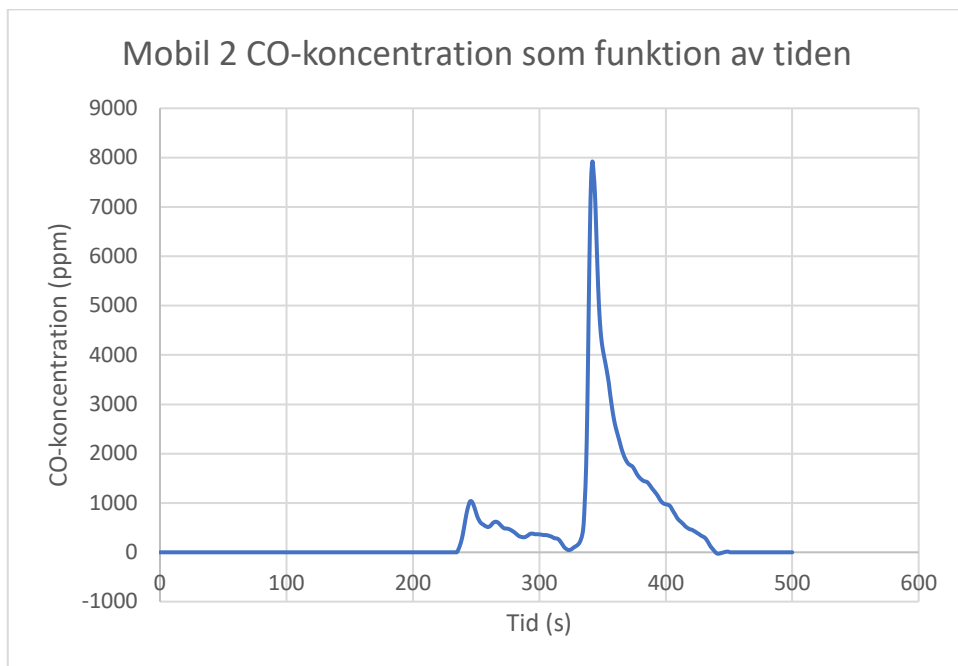
I Figur 5 till 10 redovisas kolmonoxidkoncentrationen och värmeutvecklingen för mobilerna som brändes i konkalorimetern där brännarens värden dragits bort. Detta gjordes genom att först köra ett test med brännaren endast (ett blanktest) och sedan beräkna medianvärden för HRR och CO för detta test. Dessa värden subtraheras sedan från samtliga värden med medianvärdet, eftersom bränderna mättes under så lång tid att pilotflammen var det enda som brann under majoriteten av tiden, och sedan sätta de negativa värdena till 0. Figurer med rådata som Figur 5 till 10 är baserade på återfinns i Bilaga E.



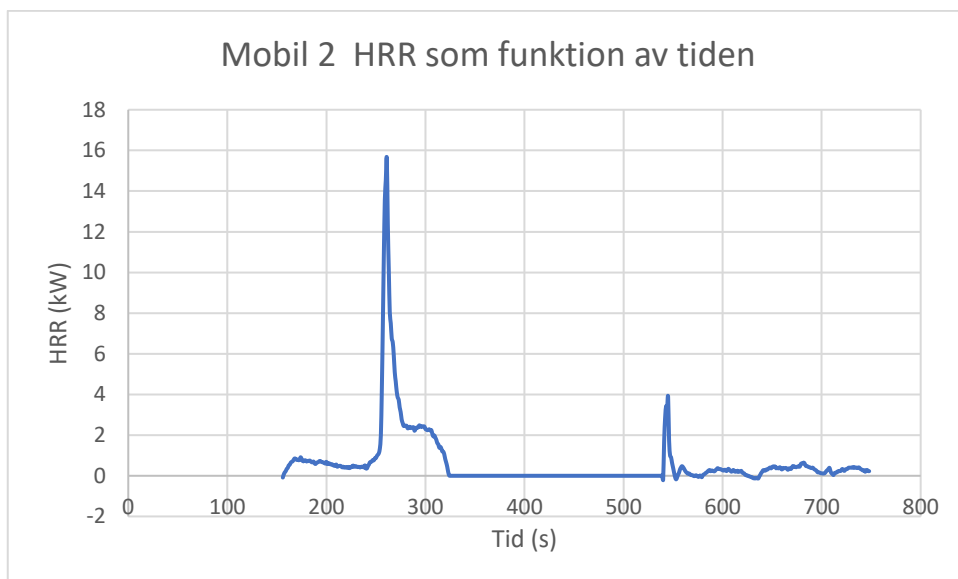
Figur 5. Kolmonoxidkoncentrationen för Mobil 1 som funktion av tiden.



Figur 6. HRR för Mobil 1 som funktion av tiden.

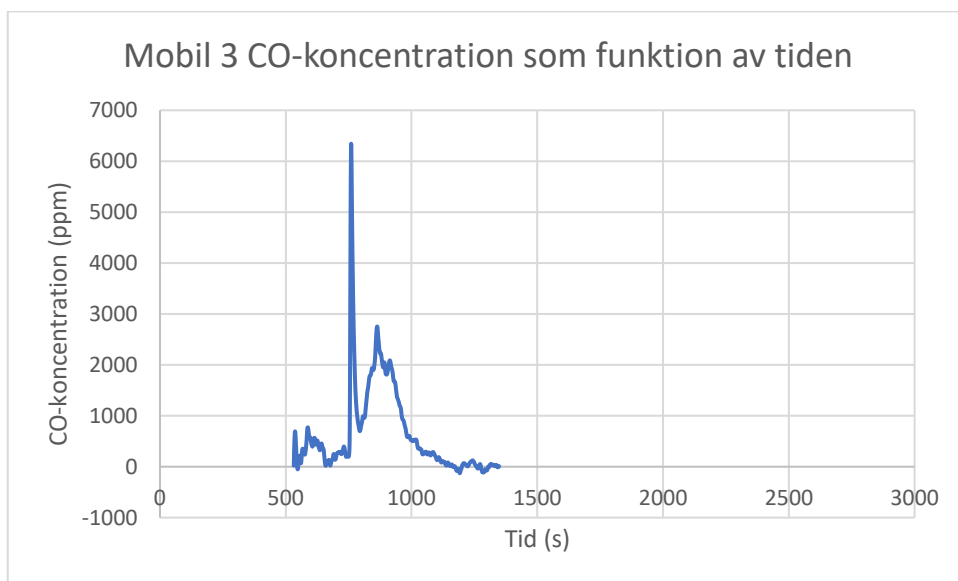


Figur 7. Kolmonoxidkoncentrationen för Mobil 2 som funktion av tiden.

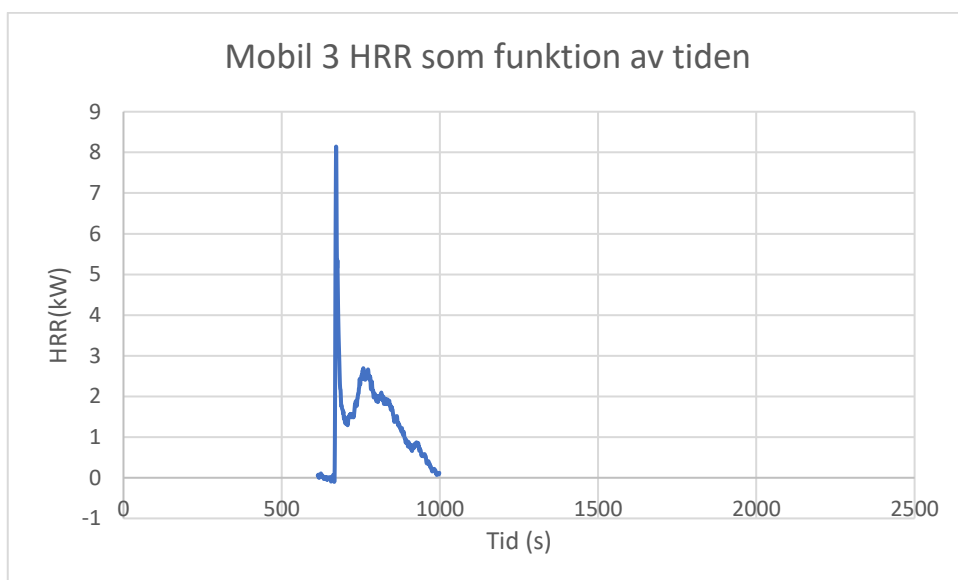


Figur 8. HRR för Mobil 2 som funktion av tiden.





Figur 9. Kolmonoxidkoncentrationen för Mobil 3 som funktion av tiden.



Figur 10. HRR för Mobil 3 som funktion av tiden.

Det kan konstateras att mobil 2 var den mobil som fick högst värmeutveckling och kolmonoxidkoncentration. Detta beror troligen på att den hade högst elektrisk spänning och kapacitet av mobilbatterierna samt var 100% laddad. För att göra en konservativ analys kommer dess data främst att användas i riskanalysen för mobiler som fortfarande används. Det bör dock noteras att värdena för alla tre mobilerna skiljer sig avsevärt åt. Osäkerheten för hur olika mobilbränder kommer att bete sig är därför hög.

Mobil 1, som var fullständigt urladdad, hade en betydligt lägre maximal HRR än de andra två, 1,2, kW vilket kan jämföras med Mobil 2 som hade en HRR på ca 15,6 kW, även kolmonoxidkoncentrationen för Mobil 1 var betydligt lägre än för de andra två. En laddad mobil utgör därför en betydligt högre brandrisk än en oladdad.

Massförlusten för samtliga bränder redovisas i Tabell 7 nedan där vikten på mobilerna innan och efter förbränning är inklusive nät då det vore riskabelt att avlägsna det direkt efter testerna.

Tabell 7. Massförlusten för mobiltelefon 1–3.

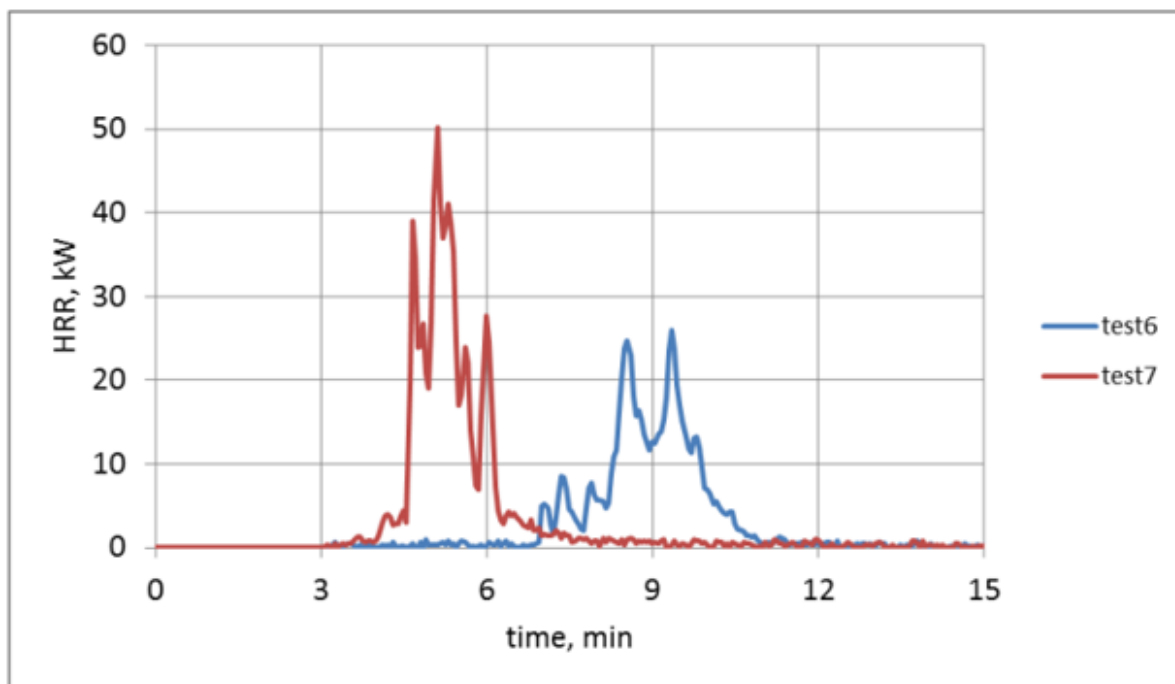
Mobil	Vikt före brand (gram)	Vikt efter brand (gram)	Massförlust (gram)	Maximal CO-koncentration (ppm)	Maximal HRR (kW)
1	186,5	157,1	29,4	2000	1,2
2	247,1	218,7	28,4	8000	15,6
3	235,1	196,2	38,9	6000	8,1

Det kan konstateras att samtliga mobiler fick en hög maximal HRR och kolmonoxidkoncentration i förhållande till mängden brunnat material, även om variationerna var stora. De brännbara materialen i mobilerna är främst plasten i ytterhöljerna och kring mobilens metallkomponenter som kan variera beroende på mobil i kombination med att det inte går att separera mängden brännbara material i mobiltelefonen i sig och batteriet. Någon korrelation mellan massförlust och effektutveckling eller kolmonoxidkoncentration har därför inte sökts för batteriet separat.

## 7.2 Bärbar dator

Som bas för konsekvensberäkningarna används en studie från RISE. De brände två batteripaket avsedda för laptops i kommersiellt bruk där varje laptoppaket bestod av 6 celler, tre var seriekopplade och två parallella. Batteripaketerna var fullständigt kompletta och hade kvar samtlig elektronik, plasthölje, elektrisk kontakt till laptoppen med mera (Andersson et al., 2013).

Vid försöket brändes batteripaketerna i en så kallad "Single Burning Item" apparat enligt EN13823, som brukar användas för klassificering av byggnadsmaterial enligt det europeiska klassificeringssystemet eftersom den hade ett lämpligt extraktionsflöde för testerna. Den liknade den stora huven som användes i mobilexperimenten. Batteripaketerna placerades på ett bord där ytan var gjord av metallvagnar med en propanbrännare under. Värmeeffekten mättes med syrgaskonsumtion och effekten från brännaren subtraherades för att få avgiven värmeeffekt från batterierna, vilket redovisas i Figur 19 nedan. Den röda kurvan är för laptopbatteripaketet medan den blå är för en cylindrisk battericell av typ 26650. Vid försöket laddades batteripaketerna upp till 100%. De hade en kapacitet på 33,6 Ah och vägde 639,0g. Försöket filmades och redovisas med kommentarer på skeendet i Tabell 8.



Figur 11. Värmeavgivning (HRR) i kilowatt för två laptopbatteripaket, röd kurva, samt en kommersiellt tillgänglig, cylindrisk battericell av typ 22605 (blå kurva) av Andersson et al. (2013) är licenserad enligt CC BY-ND 2.0.

Tabell 8. Videinspelning med kommentarer för test av upphettning av laptopbatteriet av Andersson et al. (2013) är licenserad enligt CC BY-ND 2.0.

Video time (min:sec)	Comment
00:00	Video start
01:20	LPG fire beginnings
02:25	Small fire in left pack, likely in plastics – yellow flames (same as LGP flames)
03:24	One short flame
03:33	One short flame
03:34-39	Outburst 1 (4-5 sec)
03:43	One short flame
03:46-48	Outburst 2 (2-3 sec)
03:54	One short flame
03:58-01	Outburst 3 (2-3 sec)
04:04-08	Outburst 4 (3-4 sec)
04:12-14	Outburst 5 (2-3 sec)
04:15-19	Outburst 6 (4 sec), maybe several
04:22-23	Outburst 7 (2 sec), can have been multiple, last 20 sec
04:35-38	Outburst 8 (2-3 sec)
04:56-57	Outburst 9 (1 sec)
05:02-03	Outburst 10 (1 sec)
> 06:00	Light smoke
06:50-07:00	10 sec white smoke
> 07:00	Light smoke
18:14	LPG flames end

Sammanfattningsvis konstaterades det att batteripaketet i försöket fick en massförlust på 25%, den maximala värmeutvecklingen blev 50kW och den totala värmeavgivningen 3036 kJ. I

försöket analyserades även emitteringen av HF, där det i testet avgavs 1,9 gram av ämnet med en hastighet av 0,0011 g/s medan den totala HF yielden var 7,3 mg/g.

### 7.3 Laddbara bilar

I det här arbetet fokuserar vi på bilbränder i hemmiljö, det vill säga när bilen är avstängd i anslutning till hemmet, vilket i allmänhet sker under laddning. År 2018–2020 antändes två elbilar och fyra elhybrider när de stod parkerade på laddning. Under färd har under samma period fem elhybrider, varav en var i ett tävlingssammanhang, samt en elbil antänds. Detta är mycket få i jämförelse med de 415 fossildrivna personbilar som antänds under samma period. Fler bilar än så har brunnit till följd av anlagd brand, men dessa tas ej med i den här analysen (MSB, 2021c).

Mycket arbete har, inom bil- och forskningsbranschen lagts på att öka säkerheten för transportmedelsbatterier. Exempelvis genom att arbeta för en ökad kvalitet samt att mer avancerade material använts för att Li-jonbatterierna ska få en ökad livslängd, vilket gör dem säkrare än de som används i mindre konsumentprodukter (Larsson, Andersson, & Mellander, 2017).

Skillnaden i HRR mellan en fossilbil och en elbil mättes av Lecoq et al i ett slutet utrymme, försedd med en huv. Vid antändning av bilen användes en extern brandkälla, bestående av en 6 kW propanbrännare, som placerades i passagerarsätet bredvid förarsätet och släcktes sedan när bilarna väl antändes för att mäta den korrekta värmeutvecklingen (Lecocq et al., 2012). Antändning kan givetvis ske på andra sätt och med andra tändkällor, vilket vore intressant att jämföra med, men få liknande experiment har genomförts på elbilar. Det saknades också experiment och data kring HRR och emissioner vid brand av elhybrider.

Fyra bilar, två elbilar och två fossilbilar från två olika tillverkare antändes i experimenten (Lecocq et al., 2012). Branden började i passagerarcellen innan den spred sig först till bakdelen av fordonet och sedan framdelen, vilken dock kan ha påverkats av den påtvingade konvektionen. Massförlusten var densamma för samtliga bilar cirka 20% av originalmassan och inga explosioner förekom i Li-jonbatterierna under brandförloppet. Maximal HRR och antändningstiden för bilarna redovisas i Tabell 9.

Tabell 9. Maximal HRR och antändningstid för bilarna: Källa: (Lecocq et al., 2012)

Bil	Maximal HRR (kW)	Antändningstid (s)
EV-Manufacturer 1	4500	1800
EV-Manufacturer 2	4200	1400

Till skillnad från de andra Li-jonbatteriprodukterna hade elbilarna inte en skarp pik som inträffade när batteriet gick in i termisk rusning utan uppnådde inom loppet av några tiotals sekunder en hög HRR som hölls konstant i några sekunder innan HRR sjönk till en lägre nivå och sedan gradvis fortsatta sjunka under loppet av 1–1,5 timme. Fossilbilarna hade ett liknande brandmönster och hade endast en några hundra kW lägre effektutveckling än elbilarna (Lecocq et al., 2012).

Lecoq et al mätte även massflödet av HF för elbilarna som funktion av tiden, vilket redovisas i Tabell 10.

Tabell 10. Maximalt massflöde av HF för bilarna vid brand. Källa: (Lecocq et al., 2012)

Bil	HF (g/s)
EV Manufacturer 1	2,8
EV Manufacturer 2	4,0

Dorsz och Lewandowski jämförde det här resultaten med några andra elbilsbränder där experimenten också utförts i en lokal utformad som en stor kalorimeter på Nissan Leaf och två bilar benämnda A-EV och B-EV (Dorsz & Lewandowski, 2021). Deras maximala HRR och antändningstid redovisas i Tabell 11.

Tabell 11. Elbilarna från Dorsz och Lewandorski (2021) med deras Maximala HRR och antändningstid.

Elbil	Maximal HRR (kW)	Antändningstid (s)
A-EV	5900	300
B-EV	6800	600
Nissan Leaf	6200	2400
EV-Manufacturer 1	4500	1800
EV-Manufacturer 2	4200	1400

#### 7.4 Hoverboard

Mängden information kring kvantitativa konsekvenser av bränder i hoverboards var begränsad och på grund av kostnadsskäl gick det inte att genomföra en experimentell undersökning av den sortens bränder.

Prasad et al genomförde ett värmeutvecklingstest för en hoverboard som kördes med hög hastighet. Hoverboardens Li-jonbatteripaket bestod av 22 stycken tätt packade 18650-batterier i 6 celler innanför ett tunt plasthölje som var i närlinje med produktens metallhölje. Inget kylsystem ingick förutom luftens påtvingade konvektion och värmekonduktion via metallen. I försöket mättes temperaturökningen med termoelement på ytan av några av cellerna i batteripaketet som beräknades till cirka 30°C (Prasad et al., 2019). Det antas att batterierna hettas upp på liknande sätt när de laddas, eventuellt kan temperaturen då bli ännu högre beroende på om något fel har uppstått.

Det saknades information om vilken HRR som uppstår vid en hoverboardbrand därför gjordes en mycket grov uppskattning där värmeutvecklingen från 22650-batteriet, då de liknar 18650-batterierna, från en laptop av Andersson et al. 2013, (se avsnitt 7.2) användes. Batteriet fick då ett maximalt HRR på 25kW, vilket, om det multipliceras med de 22/6 som ingick i bränslepaketet från studien utförd av Prasad et al. 2019. Uppnått HRR blir då 92 kW, ett värde som, på grund av givna osäkerheter, främst är menat att ge en fingervisning om konsekvenserna av en sådan brand.

## 8 Jämförelsebränder

I det här kapitlet väljs troliga jämförelsebränder till Li-jonbatteribränderna ut, analyseras och diskuteras.

För att bestämma vilka scenarier som skulle ingå som jämförelsebränder beräknades sannolikhet och konsekvens ut för uppkomst av brand i möjliga startutrymmen i hemmiljö. Startutrymmena valdes baserat på indelningarna som fanns att tillgå för hemmiljö i MSB:s databas, IDA. Detta gjordes via MSB:s hemsida för statistik- och analysverktyget IDA (MSB, 2022d) där en detaljerad statistik valdes för räddningstjänstens insatser mellan 2018-2020 för bränder i byggnad. Därefter valdes objekt som ansågs vara relevanta för startutrymmet ut utefter antagande kring var produkterna kan vara placerade i ett hem. Exempelvis placerades kyl/frys och mikrovågsugn i köket och ljud-bildapparat i vardagsrummet.

För att skilja på jämförelsebränderna och Li-jonbatteribränderna fick utrymmen med jämförelsebränder slutbenämning EB (Ej Batteri) och utrymmen med Li-jonbatteribränder den sista bokstaven B (Batteri). Förkortningarna för startutrymmena och deras bränder visas i Tabell 12 nedan. För varje startutrymme beräknades sedan sannolikheten och konsekvensen för både Li-jonbatteribränderna och jämförelsebränderna för samma startutrymme. Li-jonbatteribränderna inkluderades i matriserna för att få en uppfattning kring vilken risk denna typ av scenario skulle kunna utgöra utefter statistik de senaste tre åren, 2018–2020.

Tabell 12 . Förkortningar för bränders startutrymme.

KB	Kök, Li-jonbatteribrand
KEB	Kök, ej Li-jonbatteribrand
GB	Garage, Li-jonbatteribrand
GEB	Garage, ej Li-jonbatteribrand
VB	Vardagsrum, Li-jonbatteribrand
VEB	Vardagsrum, ej Li-jonbatteribrand
UB	Utanför hus, Li-jonbatteribrand
UEB	Utanför hus, ej Li-jonbatteribrand
HB	Hiss, soprum, tvättstuga, Li-jonbatteribrand
HEB	Hiss, soprum, ej tvättstuga, Li-jonbatteribrand
FGB	Förråd och garage, Li-jonbatteribrand
FGEB	Förråd och garage, ej Li-jonbatteribrand
SB	Sovrum, Li-jonbatteribrand
SEB	Sovrum, Li-jonbatteribrand

För varje utrymme studerades sedan två olika konsekvenser för både jämförelsebränderna och Li-jonbatteri bränderna, där den första konsekvensen var död, vilket visas i Matris 1, och den andra antalet personer förda till sjukhus/vårdenhet som visas i Matris 2 nedan. I både Matris 1 och Matris 2 redovisas bostadsbränder som skett i de olika startutrymmena, både

jämförelsebränder (-EB) och Li-jonbatterier (-B), baserat på ett genomsnitt av de totala antalet bränder som uppstått under åren 2018–2020. I Tabell 13 och 14 redovisas antalet döda och förda till sjukhus eller vårdenhet i genomsnitt under de tre åren till följd av icke batterirelaterade och batterirelaterade bränder, se Bilaga C för mer information.

Tabell 13. Sannolikhet och konsekvens i form av antal förda till sjukhus/vårdenhet och döda i genomsnitt för år 2018-2020 till följd av icke batterirelaterade bränder.

Startutrymme	Antal förda till sjukhus/vårdenhet (antal/år)	Antal döda (antal/år)	Sannolikhet att brand inträffar
Kök	137,0	2,3	0,175
Garage	0,6	0	0,003
Vardagsrum	20,3	0,6	0,012
Utanför byggnaden, källare och vind	7,0	0	0,036
Hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum och soprum	10,6	1,0	0,078
Förråd och garage (både fristående och inte)	10,0	3,0	0,065
Sovrum	22,3	3,7	0,014

Tabell 14. Sannolikhet och konsekvens i form av antal förda till sjukhus/vårdenhet och döda i genomsnitt för år 2018-2020 till följd av batterirelaterade bränder.

Startutrymme	Antal förda till sjukhus/vårdenhet (antal/år)	Antal döda (antal/år)	Sannolikhet att brand inträffar
Kök	0,0	0,0	0,0005
Garage	1,3	0,0	0,002
Vardagsrum	1,0	0,0	0,0006
Utanför byggnaden, källare och vind	0,0	0,0	0,002
Hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum och soprum	0,3	0,0	0,0003
Förråd och garage (både fristående och inte)	1,3	0,0	0,003
Sovrum	3,0	0,0	0,002

Vid uträkningarna av sannolikheten och konsekvenserna sammanställdes två tabeller med alla beräkningar, en tabell för jämförelsebränderna, Tabell 1, och en för Li-jonbatteribränderna, Tabell 2, i Bilaga C. För beräkning av sannolikheten för brand i startutrymmena utfördes

beräkningar för både Matris 1 (konsekvens död) och Matris 2 (konsekvens förda till sjukhus) gemensamt och baserades endast på om det var en jämförelsebrand (EB) eller Li-jonbatteribrand (B). Sannolikheten för respektive utrymme beräknades därav genom att addera det totala antalet inträffade händelser mellan 2018–2020, i utrymmet för ett visst antal valda andtändningsalternativ som ansågs rimliga för just det specifika utrymmet i hemmet, för att sedan dividera detta med det totala antalet bränder för de tre åren tillsammans.

Exempelvis för kök (EB) valdes elva antändningsalternativ som brödrost, diskmaskin, gardiner, bord, matfett med flera för att summeras till ett totalt antal bränder för respektive år i kök på 1872st (2018), 1970st (2019) och 1951st (2020). Dessa adderades sedan för att kunna divideras med antalet bränder som skett i hemmiljö totalt sett vilket var 11059st (2018), 11154st (2019) och 10822st (2020). Detta resulterade sedan i en sannolikhet på 0,175 för kök totalt sett över åren 2018–2020. Sannolikheten för Li-jonbatteribränderna (B) utfördes på samma sätt, dock valdes endast parametrarna batteri och batteriladdare som antändningsalternativ vilket exempelvis resulterade i en sannolikhet på 0,0005 bränder per år i Sverige för kök. Sannolikheten beräknades på samma sätt för alla startutrymmena för både jämförelsebrand och Li-jonbatteribrand.

För beräkning av konsekvenserna utfördes det två olika beräkningar för både jämförelsebränderna (EB) och Li-jonbatteribränderna (B) i Tabell 1 (jämförelsebränderna) och Tabell 2 (Li-jonbatteribränderna) i Bilaga C för de olika konsekvenserna död (benämnd som konsekvens 2 i Bilaga C) och förda till sjukhus (benämnda som konsekvens 4 i Bilaga C). I Matris 1 (död), Figur 26 nedan, beräknades konsekvensen för de olika utrymmena genom att summera antalet dödsfall i bränder mellan år 2018–2020 för att sedan dividera detta med tre, totala antalet år (2018–2020) som data kring död inhämtas från. För Matris 2 (förda till sjukhus), Figur 13 nedan, beräknades konsekvensen för alla utrymmena på samma sätt då antalet förda till sjukhus mellan 2018–2020 summerades för att sedan dividerades med tre. Både jämförelsebränder och Li-jonbatteribränder för de olika utrymmena placerades sedan in i riskmatris 1 och riskmatris 2.

Båda riskmatriserna innefattar ett grönt, ett gult och ett rött område som indikerar om risken för de olika bränderna kan anses vara en acceptabel risk eller inte. De bränder som hamnade i det röda området ansågs inte vara acceptabla och krävde vidare analys, dock var det en av jämförelsebränderna som placerade sig i rött område som inte analyserades vidare. Detta var utanför hus, ej batteri (UEB). Eftersom detta ansågs innefatta många liknande antändningsparametrar och startutrymme som andra scenarier, som hamnade inom rött område, ansågs detta täckas av bland annat både förråd och garage, ej batteri (FGEB) och Hiss, soprum med flera, ej batteri (HEB). Utöver detta fall valdes resterande bränder i rött område att analyseras vidare och diskuteras för vidare användning som jämförelsebränder i rapporten.

Konsekvensen för områdena grön, gul och röd i riskmatris 1 (död) baserades på att mer än ett dödsfall ansågs vara oacceptabelt. Detta valdes utifrån en framtagen nationell strategi kring stärkt brandskydd för den enskilde som gjorts av ett antal myndigheter, kommuner och organisationer, kallad *Dödsbränder i Sverige - En analys av datakvalitet, orsaker och*



*riskmönster*, där målet var att ingen person till följd av brand ska omkomma eller skadas allvarligt. För konsekvensen i riskmatris 2 (förda till sjukhus/vårdenhet) ansågs allt över 15 personer vara oacceptabelt. Detta eftersom en uppskattning av skadenivån gjordes och antogs vara relativt låg för de flesta personer som behöver föras till sjukhus/vårdenhet eftersom dödligheten i Sverige till följd av brännskador de senaste decennierna har minskat avsevärt samtidigt som målet kring inga skadade av myndigheter, kommuner och organisationer kvarstår, enligt Jonsson (2018).

För Li-jonbatteribränderna placerade sig alla olika alternativa startutrymmen i grönt område. Detta är dock det område som ska utvärderas i rapporten ändå och studerades endast i riskmatriserna för att få en bild av om de låg på en acceptabel eller oacceptabel nivå av att utgöra en risk i hemmiljö. Därav kommer de representativa scenariona i kapitel 7 användas vidare i rapporten.

		Konsekvens (antal döda/år)			
		0	1	2	3
S a n n o l i k h e t	<0.005	KB, UB GB, HB VB, FGB GEB, SB			
	0.005 – 0.01				
	0.01 – 0.15	UEB	VEB, HEB FGEB		SEB
	>0.15			KEB	

Figur 12 . Riskmatris 1, konsekvens beräknad i antal döda i brand/år

		Konsekvens (antal förda till sjukhus/år)			
		<5	5-10	10-15	>15
S a n n o l i k h e t	<0.005	KB, GB, VB, UB, HB, FGB, GEB, SB			
	0.005 – 0.01				
	0.01 – 0.15		UEB	HEB, FGEB	VEB, SEB
	>0.15				KEB

Figur 13. Riskmatris 2, konsekvens beräknad i antal förda till sjukhus/år

### 8.1 KEB (köksbrand)

I Tabell 15 visas antalet bränder som uppstått totalt med kök som startutrymme, antalet dödsfall samt antalet förda till sjukhus över perioden 2018-2020. Antändningsobjekten varierade mellan bland annat brödrost, diskmaskin, fritös, ljusstake, kaffebryggare, mat, matfett, bord, gardiner och mikrovågsugn vilket hämtades från IDA, MSB:s databas. Då det fanns så många olika startobjekt summerades de samman i tabellen, men många var relaterade till matlagning och elprodukter.

Tabell 15. Startutrymme kök med totalt antal bränder, dödsfall och antalet förda till sjukhus för åren mellan 2018-2020.

	2018 Antal bränder	2019 Antal bränder	2020 Antal bränder
Totala antalet bränder	1 872	1 970	1 951
Antal döda	3	2	2
Antalet förda till sjukhus	123	144	144

Enligt riskmatris 1 och riskmatris 2 är sannolikheten att brand ska inträffa i köket och konsekvensen av dessa bränder hög och hamnar i rött område i båda. Scenarion som kan antas inträffa i detta utrymme är framför allt spisbränder, brand till följd av smält fett från spisfläkten som droppar ner vid upphettning och elfel i bland annat elektronik som exempelvis kyl, frys, diskmaskin och mikrovågsugn.

### 8.1.1 Spisbränder

Sannolikheten att en spisbrand inträffar är hög då 33,1% av de totala antalet bränder inträffar i köket enligt Brandskyddsföreningen. Spisbränder kategoriseras som en av de huvudsakliga anledningarna till förekomsten av brand i kök genom att, bland annat, mat glöms på spisen och sedan inte stängs av vilket redovisas vara hela 59,7% av alla köksbränderna som uppstår (Brandskyddsföreningen, 2022f). Konsekvenserna av en spisbrand kan antas vara relativt hög i avseendet till parametrarna ”förda till sjukhus” och ”död” i riskmatriserna ovan. Den relativt höga konsekvensen beror ofta på att de som orsakar denna typ av olycka ofta är personer som lider av minnessjukdomar, är äldre eller har alkohol i kroppen (Socialstyrelsen, 2020) vilket bidrar till att den igångsatta plattan kan glömmas bort. Äldre och alkoholpåverkade bidrar även till en förhöjd risk eftersom de kan ha en begränsad förmåga att kunna reagera och agera snabbt. Äldre har ofta bakomliggande sjukdomar eller till viss del funktionsnedsättningar som påverkar både deras hörsel eller rörelseförmåga, vilket försämrar deras reaktionsförmåga (Brandskyddsföreningen, 2022g).

När spisen används för matlagning finns det även risk för uppkomst av brand i bränt fett eller annan föda, som sedan kan sprida sig och antända exempelvis fett i spisfläkten. Därifrån kan den sedan sprida sig via ventilationen till utrymmen som vind eller intilliggande rum med anknytning via ventilationen (SÄRF, 2022). Sannolikheten för att denna typ av brand kan starta och spridas via matfett som fett och olja är enligt Räddningstjänsten Väst, relativt vanligt och ett förlopp som kan gå fort (Väst, 2022). Konsekvenserna av detta förlopp kan vara förödande om exempelvis brinnande matolja släcks med vatten då detta kan bidra till ett explosionsartat förlopp (Storgöteborg, 2016). Att människor släcker matolja med vatten behöver dock inte bero på okunskap utan kan också vara ett resultat av ett högt stresspåslag. Stressfulla situationer ökar utsöndrandet av exempelvis kortisol, adrenalin och dopamin i kroppen vilka är stresshormoner som påverkar vårt beslutsfattande och våra kognitiva förmåga (Jonsson, 2016), vilket innebär att människor kan fatta förhastade och ogenomtänkta beslut. Då majoriteten av bränderna som sker vid spisen i köket inträffar runt 17–20 tiden (Jonsson, 2016) kan detta ses styrka stressrelaterade bränder då detta är en tid då många slutat jobb/skola och ska laga mat antingen innan eller efter kvällens aktiviteter vilket kan innebära att människor kan vara både trötta och stressade inför kvällens kommande aktiviteter och därav kanske glömmar bort att de satt på spisen.

Till följd av den stora mängden spisbränder som inträffar och de allvarliga konsekvenser som kan uppstå till följd av dem har det beslutats att gå vidare med detta scenario i rapporten.

### 8.1.2 Elfel

Elfel i hemmet är den tredje vanligaste orsaken till att brand uppstår i bostad. En av de vanligaste startobjekten är enligt Elsäkerhetsverket eluttag och 35% av den här typen av bränder uppkommer i just kök (Elsäkerhetsverket 2021a). Deras statistik kring andelen uttryckningar till bränder per produkt mellan åren 2005–2015 innefattar elfel i bland annat startobjekt som kontaktuttag, kyl/frys, diskmaskin, ugn och TV. Sannolikheten för elfel är enligt Elsäkerhetsverket högst på grund av, bland annat, felaktig användning av spis, diskmaskin och kyl/frys. Vidare menar de att risken för att drabbas av brand på grund av elfel kan anses vara lika stor oavsett vilken bostadstyp man bor i. Bränder under 2005–2015 i exempelvis kyl/frys är

dock en kurva som varit nedåtgående sedan runt 2011 medan diskmaskinsbränder stannat av mellan 2014 till 2015 vilket kan innebära att säkerheten i produkterna blivit bättre. Det bör dock noteras att produkterna kan förekomma på fler ställen än i köket, beroende på hur hushållet ser ut. Utöver elektronikprodukter i hemmet kan brand även uppstå i olika elinstallationer som eluttag och dylikt. Elsäkerhetsverket presenterar även antalet bränder som startat i olika typer av elinstallationer vilket visar att det vanligaste startutrymmet är elcentral, eluttag och elkabel (Elsäkerhetsverket, 2021a).

Det finns även en del av bostadsbränderna som registreras som en “okänd” del men som troligen är elfel enligt Elsäkerhetsverket. Detta eftersom om de “osäkra” bränderna adderas till de fasta elinstallationerna matchar och följer dessa befolkningsökningen medan de som endast är säkerställda fasta elinstallationsbränder ligger placerade lite under. (Elsäkerhetsverket 2021a) För att bedöma antalet personer som omkommer eller skadats av elanvändning sammanställdes en tabell av Elsäkerhetsverket över antalet omkomna, svårt skadade och lindrigt skadade under åren 2005-2015. Detta var baserat på ett register från räddningstjänstens insatsrapporter och även från dödsbrandsdatabasen. Deras tabell resulterade i att flesta utryckningarna skett vid bränder startade av Kyl/frys. Dock är antalet omkomna och skadade orsakat av elfel mellan åren 2005–2015 relativt oförändrad över åren. (Elsäkerhetsverket, 2021a) Det finns troligen även en koppling mellan gamla bostäder och brister i elinstallationer och fast installerade apparater, vilket kan bero på att bland annat egenskaperna hos plast försämras över tid i avseende på isolation, kunna motstå sprickbildning och segheten i materialet. Sprickbildning i plast uppkommer vid åldring och bidrar till en försämrade elektrisk isolationsförmåga vilket i längden kan öka risken för brand. (Elsäkerhetsverket, 2021a)

På grund av den här typen av bränders höga sannolikhet och möjliga konsekvens har det valts att gå vidare med scenariot elfel i kök.

## 8.2 VEB (Vardagsrumsbrand)

Tabell 16 visar det totala antalet bränder, antalet döda och antalet förda till sjukhus för startutrymme vardagsrum för perioden 2018-2020. Antändningsobjekten som ingick för startutrymmet hämtades från IDA, MSB:s databas och var bland annat ljud- och bildapparat, bord, dator, gardiner, ljusstake, Soffa/fåtölj och belysningsarmatur.

Tabell 16. Totala antalet bränder, antalet döda och antalet förda till sjukhus för startutrymme vardagsrum mellan perioden 2018-2020.

	2018 Antal bränder	2019 Antal bränder	2020 Antal bränder
Totala antalet bränder	130	128	127
Antal döda	1	1	0
Antalet förda till sjukhus	21	15	25

Vardagsrumsbrand hade placering i rött område i både riskmatris 1 och riskmatris 2 då sannolikheten var relativt hög och även konsekvenserna. De vanligaste bränderna som kan

inträffa i vardagsrum är brand i eldstaden/öppen spis, levande ljus, rökning och elfel (Förebygg, 2022).

### 8.2.1 Brand i eldstad/öppen spis

Sannolikheten att brand i eldstaden ska inträffa bedöms vara relativt hög eftersom skorstensbränder summeras till 14 % av bostadsbränderna och därmed är det näst vanligaste startutrymmet (Förebygg, 2022). Brand i vardagsrum till följd av brandspridning från eldstaden beror till största del på att det finns för mycket material i eldstaden som inte hanteras rätt, inte kontrolleras regelbundet eller att rekommendationer kring sotning inte följs (Brandskyddsföreningen, 2019).

Brand i en öppen spis startar ofta med att det börjar brinna i beläggningar i skorstenen vilket även brukar kallas för sotbrand. Brand kan även uppstå genom att för mycket ved används i eldstaden som sedan kan leda till en överhettning av skorstenen vilket i sin tur leder till att brand kan uppstå i bjälklaget (Länsförsäkringar, 2022). Dessa bränder kan vara svåra att upptäcka i ett tidigt skede, därav är det viktigt att sota och kontrollera eldstaden med jämna mellanrum samt följa instruktionerna om hur många kilo per timme som får användas. Det är även viktigt att inte elda när ingen är hemma om kaminen inte är lämpad och godkänd för det. I fall då det inte finns en skorsten används ofta bränsle i form av mycket brandfarliga vätskor vilket innebär att kaminen måste vara typkontrollerad, rätt monterad och användas enligt anvisning för att undvika risk för brand (Brandskyddsföreningen, 2022f). Konsekvensen av en brand i eldstaden bedöms vara relativt hög för villor enligt brandskyddsföreningen om inte rekommendationer kring hanteringen följs (Brandskyddsföreningen, 2022a).

Scenariot kommer dock inte att analyseras närmare då de inte är vanligt förekommande i lägenheter/flerbostadshus. Många radhus och villor saknar också den typen av värmekällor vilket innebär att det inte bedöms vara ett representativt scenario för svenska bostäder som helhet.

### 8.2.2 Bränder orsakade av levande ljus

Levande ljus är en vanlig brandorsak, framförallt under vintern och i december månad. Sannolikheten att brand ska inträffa till följd av levande ljus är relativt hög trots alla rekommendationer och uppmaningar som finns att tillgå (Nerikes-Brandkår, 2020). Årligen inträffar ungefär 150 bränder på grund av levande ljus (Brandskyddsföreningen, 2022f). Konsekvenserna kring brand orsakad av levande ljus kan bli förödande om ljuset lämnas utan uppsikt, ramlar eller människor somnar utan att släcka ljusen eftersom branden då kan sprida sig till intilliggande brännbart material.

Då levande ljus är vanligt förekommande, kan användas i alla typer av bostäder och har en relativt hög sannolikhet att orsaka bränder med allvarliga konsekvenser har det beslutats att gå vidare med detta scenario i rapporten.

### 8.2.3 Rökning i soffa/fåtölj

Rökning ligger bakom de flesta dödsbränderna, ofta i kombination med alkohol, läkemedel eller med funktionsnedsättningar på grund av bland annat en hög ålder, vilket försvårar utrymningen (Brandskyddsföreningen, 2022d).

Sannolikheten för att brand ska uppstå i vardagsrummet till följd av rökning är hög (Brandskyddsföreningen, 2022d). Detta eftersom det är många äldre med funktionsnedsättningar som fortsätter att röka även när de får en sämre rörelseförmåga. Det innebär att brand kan uppstå genom att cigaretter exempelvis tappas i en soffa, fåtölj eller direkt på kläderna som personen i fråga har på sig. Därefter är det svårt för rörelsehindrade personer att sätta sig själv i säkerhet eller släcka branden utan hjälp från andra. Konsekvensen vid brand i vardagsrum är hög eftersom det ofta leder till död eller att personer behöver bli förda till sjukhus (Brandskyddsföreningen, 2022d).

Då bränder till följd av rökning i vardagsrum ofta leder till allvarliga konsekvenser har det beslutats att gå vidare med detta scenario i rapporten.

#### 8.2.4 Eifel i vardagsrum

Eifel i vardagsrum är också vanligt förekommande, men har en sannolikhet och konsekvens som är lik den för köksbränder (Elsäkerhetsverket, 2021b), se avsnitt 8.1.2 ovan. Då det enda som skiljer scenarierna eifel i kök och eifel i vardagsrum åt är lokalens möblemang och användning avskrivs scenariot eifel i vardagsrum.

#### 8.3 HEB (Hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum och soprum)

De totala antalet bränder, antalet dödsfall och antalet förda till sjukhus för utrymmena hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum och soprum visas i Tabell 17. Antalet antändningsobjekt specificerades inte i IDA, MSB:s databas eftersom det var så pass många utrymmen som ingick som ett gemensamt startutrymme.

Tabell 17. Antalet bränder, antalet dödsfall och antalet förda till sjukhus för det sammanslagna startutrymmet HEB.

	2018 Antal bränder	2019 Antal bränder	2020 Antal bränder
Totala antalet bränder	894	910	789
Antal död	2	1	0
Antalet förda till sjukhus	15	14	13

Vid brand i utrymmen som soprum, loftgång och korridor är majoriteten av bränderna anlagda (ingår därmed inte i detta arbete) eller uppstår till följd av oförsiktighet vid hantering av het aska eller cigarrettglöd. Anledningen till att bränder blir anlagda i bland annat sopkärl är att de är lätta att förflytta och placera för att antända fasader (Brandskyddsföreningen, 2022e). I lägenhetshus ska lägenheter vara belägna i egna brandceller, enligt BBR (Boverket, 2011), och är därför avskilda från andra delar av byggnaden. Vid brand i lägenhetshus finns det anvisningar om att aldrig gå ut i ett rökfyllt trapphus utan i stället stanna i sin lägenhet och ring 112 samt hålla lägenhetsdörren stängd. Det finns även anvisningar kring att placera sig ute på balkong eller vid fönster för att räddningstjänsten ska kunna se att det finns personer i lägenheten (Skaraborg, 2022). Anvisningarna medför att lägenheter som ingår i anslutning till HEB inte bör påverkas i någon större utsträckning vid brand om anvisningarna följs och villor/fristående byggnader har sällan har den här typen av utrymmen. Även om varje lägenhetsdörr ska kunna motstå en brand i minst 30 min innebär dock inte detta att en viss

mängd rök inte kan passera in genom otätheter som brevinkast eller gamla extra-nyckelhål, utan endast att dörren ska kunna stå emot ett värme genomslag, därav kommer personer i lägenheter med exempelvis gemensamma utrymmen att kunna påverkas i viss mån.

Incidenter av denna typ bortser vi dock från i rapporten eftersom både sannolikheten och konsekvensen för endast hissutrymmen i flerbostadshus är relativt låg. Trots att HEB hamnar i ett oacceptabelt område, rött, i riskmatriserna så ingår det inte i alla bostadstyper och är även delvis separerade från många lägenheter då det ofta finns många trapphus/hissar per byggnad. HEB är vidare en sammanslagning av många typer av utrymmen, om de delas upp är risken lägre för varje enskilt utrymme. Även andelen anlagda bränder bidrar till en förhöjd sannolikhet i utrymme som exempelvis soprum.

#### 8.4 FGEB (Brand i förråd och garage)

I detta område är både förråd och garage beaktade. Dessa kan vara i anslutning till byggnaden eller fristående från huset som en egen byggnad. Garage kan skilja sig åt i placering och utformning. Exempelvis finns det enskilt garage, garage placerade efter varandra i en lång sammanhängande länga eller parkeringshus under ett flerbostadshus. Även förråd kan variera i utformning beroende på om man bor i villa, radhus eller lägenhet.

Tabell 18 innefattar antalet bränder totalt, antalet döda och antalet förda till sjukhus för startutrymme garage och förråd, både fristående och inte, för perioden 2018-2020 hämtat från IDA, MSB:s databas. Antalet användningsobjekt summerades till 44 stycken då inga separata parametrar valdes till startutrymmena eftersom de var en sammanslagna och antogs variera mellan olika utrymmen och utförande.

Tabell 18. Summerat antal bränder, döda och förda till sjukhus för startutrymmet garage och förråd för åren 2018-2020.

	2018 (Antal bränder)	2019 (Antal bränder)	2020 (Antal bränder)
Totala antalet bränder	714	721	728
Antal döda	2	0	0
Antalet förda till sjukhus	12	9	9

Bränder i förråd och garage som lett till död eller att personer behövt föras till sjukhus har varit relativt låg med avseende på dödsfall men fortfarande oacceptabelt hög då det hamnar i rött område, se riskmatris 1. Antalet sjukhusfall har varit relativt högt med en konsekvens på mellan 10–15 personer/år, se riskmatris 2 ovan. Då förråd ingick i statistiken från IDA, MSB:s databas, är antalet garagebränder räknat för sig själv dock färre. Statistiken visar även att den vanligaste användningsorsaken i garage är anlagd bilbrand (Österberg & Ericson, 2019), anlagda bränder är dock en av avgränsningarna för det här arbetet.

Enligt statistik i IDA, MSB:s databas, var den vanligaste brandorsaken för alla skadetyper i ej fristående garage främst elapparat, elledning eller motsvarande, i genomsnitt 32 stycken per år 2018–2020. Kombinerades statistiken för alla typer av garage framkom resultaten i Tabell 19. Här tas inte batteri och batteriladdare med då brandorsaker relaterade till Li-jonbatterier i elbilar

redovisas i avsnitt 7.3 och resterande kategoriseras som ”elapparat, elledning eller motsvarande”.

Tabell 19. Totala antalet bränder i de vanligaste skadetyperna för brand i samtliga typer av garage. Källa: (IDA, MSB:s databas)

Objekt	2018 Antal bränder	2019 Antal bränder	2020 Antal bränder
Brännbar vätska eller gas	6	4	4
Papper, tidning eller kartong	9	13	12
Elapparat, elledning eller motsvarande	67	78	72

Det vanligaste scenariot är därmed att en brand uppstår till följd av elfel, men sedan slocknar utan att någon skadas, dock uppstår i flera fall egendomsskador enligt databas IDA, MSB:s databas. Det är även till följd av elfel som flest personer skadas allvarligt, om än mycket få då det högsta antalet var fyra stycken under år 2018 och därefter endast två per år under 2019 och 2020.

Majoriteten av svenskarna, 85%, har tillgång till en bil i sitt hushåll (Transportföretagen, 2017) vilket innebär att de måste ha tillgång till en parkeringsplats i närheten av hemmet även om de inte nödvändigtvis behöver ha tillgång till ett garage. Trots att garage är en lokalkategori som, likt öppen spis/eldstad, inte förekommer i alla hem bedöms bilbrändernas storlek i kombination med hur vanligt förekommande det är att äga en bil vara anledning nog att gå vidare med scenariot brand i garage.

Då förråd främst finns i separata byggnader till villor eller i en annan brandcell i lägenhet/flerbostadshus, samt inte ingår i många bostäder avskrivs detta scenario.

#### 8.4.1 Hett arbete

Sannolikheten att en brand ska inträffa i garage eller förråd på grund av hett arbete är relativt liten eftersom andelen privatpersoner som använder verktyg avsedda för heta arbeten som, bland annat, svetsning, skärning eller liknande verktyg inte är många. Heta arbeten utförs oftast på arbetsplatser och vid dessa arbeten är det viktigt att följa de säkerhetsregler som finns för utförande av den sortens arbete (Brandskyddsföreningen, 2022c). Konsekvensen av bränder orsakade av heta arbeten i hemmet kan vara förödande eftersom gnistor lätt kan spridas till brandfarligt material (Brandskyddsföreningen, 2022c). Så länge brännbart material placeras enligt anvisningar och säkerhetsregler följs blir dock konsekvenserna vid gnistbildning begränsade.

Den relativt milda konsekvensen vid korrekt utfört arbete i kombinationen med den låga sannolikheten för att den här typen av brand uppstår i bostadsutrymmen anses vara skäl nog att avskriva scenariot för vidare analysering i rapporten.

#### 8.4.2 Brandfarlig vätska eller gas

Brandfarliga varor innefattar bland annat brandfarliga vätskor och gaser som tändvätska, bensin, lacknafta, gasol och sprejburkar (Storstockholms-Brandförsvaret, 2022). För förvaring av



de brandfarliga vätskorna och gaserna finns det anvisade platser. Exempelvis får farlig gas som gasol inte förvaras i garage som är placerat under bostadshuset (Gavlegårdarna, 2021).

Sannolikheten för att en brand ska inträffa i garage- eller förrådsutrymme är relativt hög eftersom förvaring av farliga varor inte kontrolleras regelbundet i hushåll eller lägenhetshus vilket innebär att det finns en högre sannolikhet för att förvaring av farliga varor finns på felaktiga platser och i otillåtna mängder. Även om branden inte startar i samband med farliga vätskor eller gaser kan felaktig förvaring leda till ett förvärrat brandförlopp. Konsekvenser kring brandfarlig vätska eller gas kan bli ytterst allvarliga eftersom farliga vätskor och gaser kan vara mycket reaktiva och explodera om det förvaras i flaskor eller tuber vid en förhöjd temperatur (MSB, 2021a). Enligt förordningen (2010:107) om brandfarliga och explosiva varor får dock inte större mängder av dessa varor hanteras utan tillstånd från kommunen (MSB, 2022e) så mängden i ett vanligt hem förväntas vara begränsat.

En enkätundersökning kom att genomföras senare i arbetet där mängden brandfarliga vätskor och gaser i olika typer av hushåll undersöktes. Detta eftersom sannolikheten att den här typen av produkter finns i många hushåll bedöms i det här stadiet vara hög. Detta i kombination med att konsekvenserna av en brand i sådana komponenter kan bli mycket allvarliga anses vara skäl nog att analysera detta scenario vidare.

#### 8.4.3 Brand i bensin eller dieselbil

Bilar som drivs av bensin eller diesel har en förväntan av att vara mindre benägna att börja brinna än elbilar, vilket inte stämmer. En studie från norska myndigheten Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) visade att andelen bränder i elbilar är låg i förhållande till andelen bränder i bensin- och dieselbilar (Elinstallatören, 2021). Sannolikheten att en bensin- eller dieselbil ska börja brinna är relativt låg eftersom det år 2018-2020 antändes 415 fossildrivna personbilar och endast 12 hybrid och elbilar i Sverige, undantaget från anlagda bränder (MSB, 2021c). Konsekvenserna av brand i bensin eller dieselbil redovisas i avsnitt 7.1.3 ovan under benämningen fossilbil. Det konstaterades att effektutvecklingen blir mycket hög, vilket kan leda till allvarliga skador på människor och egendom. Detta ses som tillräckligt stor anledning till att granska detta scenario närmre. Bilen kommer dock inte vara antändningskällan då detta är mycket ovanligt såvida branden inte är anlagd (MSB, 2021c).

#### 8.4.4 Elfel i garage

Elfel i form av elapparat, elledning eller motsvarande i garage var enligt IDA, MSB databas, en av de vanligaste orsakerna till uppkomsten av brand, se Tabell 19 ovan. Dock var det inga fall som lett till dödsfall utan endast ett fåtal per år som resulterat i uppsök av sjukhus/vårdenhet. Då sannolikheten var störst för denna typ av incident valdes det att analysera elfel vidare i rapporten.

#### 8.5 SEB (Sovrum)

För startutrymme sovrums summerades antalet bränder, dödsfall och antalet förda till sjukhus för perioden 2018-2020 i Tabell 20. Antändningsobjekten för sovrums ansattes till gardiner, kläder (ej på person), ljusstake, papper, rullator, säng, eluttag och ljud- och bildapparat från IDA, MSB:s databas.

*Tabell 20. Startutrymme sovrums totala antal bränder, dödsfall och antalet förda till sjukhus för åren 2018-2020.*

	2018 Antal bränder	2019 Antal bränder	2020 Antal bränder
Totala antalet bränder	166	145	148
Antal döda	3	5	3
Antal förda till sjukhus	26	20	21

Enligt riskmatriserna ovan har sovrumbränder en relativt hög sannolikhet och konsekvens, både med hänsyn till död och antalet förda till sjukhus/vårdenhet. Sovrumbränder är också något som ofta förknippas med äldre eftersom de ofta har en begränsad rörelseförmåga för att kunna förflytta sig själv i säkerhet. De finns dock även fall med skador och dödsfall i andra åldrar (Räddsam, 2011) där levande ljus och rökning i sängen är vanliga brandorsaker (Torvinen, 2021; Wikman, 2012). Därav är det två sovrumsscenarioer som ansågs representativa och är indelade i (1) brand orsakad av rökning i sängen och (2) brand orsakad av levande ljus som lämnas utan tillsyn eller somnas ifrån.

#### 8.5.1 Rökning i säng

Bränder orsakade av rökning i sängen är ofta som nämnt ovan ofta förknippat med äldre människor som har en begränsad rörelseförmåga eller nedsatt psykisk förmåga (Brandskyddsföreningen, 2022d). Risken med att rökning sker i sängen är att somna och tappa cigaretten på brännbara material som madrass, kläder eller lakan. Sannolikheten att brand ska uppstå till följd av rökning i sängen är därav hög. Sänggrökning är en av de vanligaste orsakerna till dödsbränder och mer än hälften av de omkomna är över 60 år gamla (RSYD, 2020). Konsekvensen av rökning i sängen anses därför vara väldigt hög.

Rökning i säng och rökning i vardagsrum är dock mycket lika scenario och därför väljs detta scenario bort då svårigheter med äldre och funktionshindrades utrymning kommer diskuteras närmare i vardagsrumsscenarioet vid rökning i soffa/fåtölj.

#### 8.5.2 Levande ljus

Bränder i sovrummet som uppstår till följd av att levande ljus antingen lämnats eller somnats ifrån innebär en relativt hög risk. Att människor lämnar ljus utan uppsikt är relativt vanligt och enligt en undersökning av företaget YouGov var det cirka 53% som någon gång lämnat levande ljus utan uppsikt (Skadeförsäkring, 2017). Eftersom brand på grund av levande ljus i sovrum liknar dess motsvarighet i vardagsrum har även detta scenario dock avskrivits.

## 9 Konsekvensanalys av jämförelsebränder

I detta avsnitt kommer konsekvenserna för utvalda jämförelsebränder att analyseras närmare i olika scenarier för att sedan kunna jämföras med sina Li-jonbatterimotsvarigheter. För varje jämförelsebrand kommer det mest sannolika scenariot och det som orsakar störst konsekvenser att beräknas för att bättre få en uppfattning av vad deras risker kan innebära.

För att kunna beräkna scenarierna har varje rum där bränderna uppstått försetts med en representativ inredning där HRR för samtliga brännbara material redovisats.

### 9.1 Köksbrand

I kapitel 8 identifierades scenarierna spisbrand och brand på grund av elfel som två fall i kök, vilka krävde närmre analys. Nedan redovisas en representativ avbildning av ett kök, Figur 14, en tabell med tillhörande branddata, Tabell 21, samt en beräknad HRR-kurva, Figur 15, för värsta troliga fall vid en övertändning i köksutrymmet där allt antas brinna.



Figur 14. En skiss över det kök som branden antas starta i.

Nedan presenteras indata för alla komponenter i köket som främst innehåller långsamt brinnande eller obrännbara material.

Tabell 21. Komponenterna som finns i köket samt startobjektet spis och deras maximala HRR.

Möbel	Antändningskälla / Startobjekt	$\alpha$ -värde (kW/s <sup>2</sup> )	t (s)	Maximalt HRR (kW)
Kyl/ Frys		-	-	1816 (Hietaniemi et al., 2001)
Spis	Startobjekt (fall1)	-	-	Vi antar att denna inte har något brännbart material i sig.
Kaffekokare (Philips)		-	-	19 (Engineering, 2022)
Köksbord		0,012 (Abrahamsson,	300	1080

		1998; Karlsson & Quintiere, 1999)		
Köksstolar (4 stycken)		0,0733 (Abrahamsson, 1998)	20	117,3
Köksskåp		0,012 (Karlsson & Quintiere, 1999)	300	1080
Kyl/frys	Startobjekt (Fall 2)	-	-	1816 (Engineering, 2022)
Gardiner		-	-	630 (Engineering, 2022)

För att beräkna initialbranden på spisen anpassades två framtagna kurvorna i en artikel utförd av Zidong och Yongs (2017). Dessa beskriver hur två olika fetter i fläkten bidrar till den maximala HRR för respektive fett. För Test 1 hämtades fett från inloppet för fläkten som var placerad 2m in och i Test 2 hämtades fett från sotavskiljaren som finns placerad precis ovanför fläkten (Zidong & Yong, 2017). Testerna utfördes genom att placeras i en konkalorimeter med en pilotlåga placerad precis under testerna med en värmestrålning på 35 kW/m<sup>2</sup>, 50kW/m<sup>2</sup> respektive 65kW/m<sup>2</sup> för att kunna studera förbränningsbeteendet för fett. Genom att studera de olika kurvorna valdes testet utsatt för en värmestrålning på 65kW/m<sup>2</sup> ut för att ett så konservativt resultat som möjligt skulle uppnås. Därefter sammanställdes det högsta HRR-värdet för båda kurvorna samt tiden tills det inträffade. Detta gjordes genom att beräkna ett medelvärde av HRR för testerna med en pilotlåga på 65kW/m<sup>2</sup> där m<sup>2</sup> står för provobjektets yta för både Test 1 och Test 2. Att beräkna ett medelvärde gjordes för att ta hänsyn till så många olika fetter som kan finnas i en köksmiljö som möjligt då testerna var hämtade från olika delar av fläktsystemet. (Zidong & Yong, 2017). Värdena som sammanställdes för det maximala HRR som inträffade för Test 1 respektive Test 2 visas i Tabell 22 nedan och det beräknade medelvärdet samt tiden tills medelvärdet antas inträffa visas i beräkning (5) och (6) nedan.

Tabell 22. En sammanställning av högsta värdet som HRR-kurvorna för testen uppnår under en pilotlåga med en värmestrålning på 65kW/m<sup>2</sup>.

Sample 1		Sample 2	
Tid (s)	HRR (kW/m <sup>2</sup> )	Tid (s)	HRR (kW/m <sup>2</sup> )
0	0	0	0
50	260 (högst)	50	160
100		100	20
150		150	790 (högst)

Det beräknade medelvärde av högsta HRR-värdet vid en pilotlåga med en värmestrålning på 65kW/m<sup>2</sup>:

$$\frac{260+790}{2} = 525kW/m^2 \quad (5)$$

och tiden till medelvärdet beräknades till:

$$\frac{50+150}{2} = 100 \text{ sek} \quad (6)$$

Därefter uppskattades arean på en stekpanna genom att mäta en "vanlig" stekpanna i hemmet till 0,28m och arean beräknades sedan till:

$$A_{stekpanna} = \pi \cdot \left(\frac{0,28}{2}\right)^2 = 0,0615m^2 \quad (7)$$

Arean multiplicerades sedan med HRR-medelvärdet för att få fram effekten på spisbranden:

$$525 \cdot 0,0615 = 32,3kW$$

När effekten för spisbranden beräknats för den initiala branden användes sedan ekvation (8) för att studera hur snabbt brandförloppet gick.

$$\dot{Q} = \alpha \cdot t^2 \quad (8)$$

För att beräkna den totala effekten adderades effekten för köksskåpet och kyl/frys efter 100sekunder fram tills 300 sekunder med hjälp av  $\alpha$  -värde på köksskåpet på 0,012 och ett  $\alpha$  -värde för kyl/frys på 0,02. Bränslepaketet med skåp, kaffekokare samt kyl/frys antänds vilket efter ca 300 sekunder uppnår en maximal effekt på 2880kW. Effekttvecklingen styrs ofta av antingen tillgången på syre eller bränslets förbränningshastighet och enligt Bengtsson (2013) brukar en övertändning i de flesta fall inte ske. Om övertändning sker brukar det dock antas inträffa vid 1MW och Bengtsson (2013) beskriver vidare att det inte går att överleva i detta stadie, vilket innebär att utrymning av köket måste ske innan. Övertändning kan endast ske om det finns god tillgång på luft (rummet har en öppning av något slag), en viss förbränningshastighet (för att uppnå effekttvecklingen) och att branden övergår från att vara bränslekontrollerad till att vara ventilationskontrollerad (Bengtsson, 2013). Eftersom kök ofta är utformade med både fönster och dörr till intilliggande rum antas en process till övertändning på 2880kW inte vara orimlig, om dock konservativ då allt i rummet antas brinna innan räddningstjänst påbörjat något släckningsarbete.

När effekten för bränslepaketet adderats utfördes en strålningsberäkning för att kontrollera ifall bordet och stolarna antänds. Avståndet mellan bränslepaketet antogs vara ungefär 1,5m och flammans bredd till 2m (baserat utefter bredden för spisen och köksskåpet som var placerade mitt för bordet och stolarna) och en höjd på 2,2m (medelhöjden för bostäder).

Enligt (Karlsson & Quintiere, 1999) beräknas strålningen genom en platta till punkt metod som centrerar strålningen genom att dela upp den uppskattade flammen i fyra delar för att kunna utgå från dess mittpunkt. Vidare beskrivs det att för en möjlig antändning av bränslepaket ska kunna ske krävs det att strålningen överstiger  $12kW/m^2$ . Formeln som används för att beräkna strålningen var ekvation (9) nedan:

$$\dot{q}'' = \phi \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4 \quad (9)$$

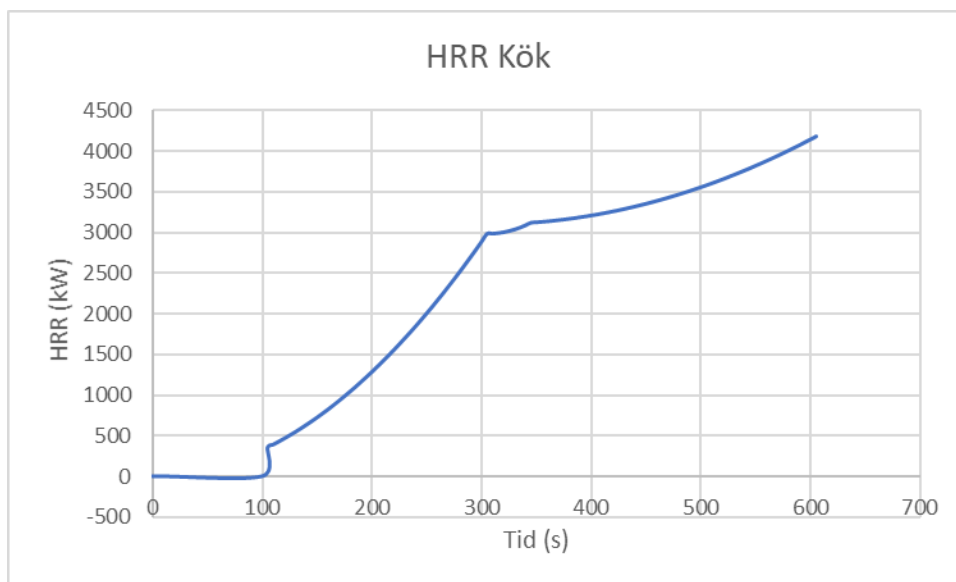
där  $\varepsilon = 1$ ,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  och temperaturen antogs vara  $800^\circ C = 1073,15K$

För synfaktorn ( $\phi$ ) beräknades detta med hjälp av avståndet mellan bränslepaketet, dess höjd och längd på branden till  $S=0,9$  och  $\alpha = 0,5$  vilket enligt tabell 2,67 resulterade i en synfaktor på 0,096 (Karlsson & Quintiere, 1999).

Därefter multiplicerades synfaktorn med resterande termer och resulterade i en strålning på  $28,8kW/m^2 > 12kW/m^2$ , vilket innebär att branden kommer att sprida sig vidare till bord och stolar efter 300 sekunder. Därav adderades effekten från bord och stolarna till den totala effekten för branden i köket efter 300 sekunder vilket innebär en total effekt för köksbranden på 4200kW på cirka 605 sekunder under ett värsta fall-scenario i köket. Den uträknade strålningen

kan dock antas underskattats eftersom rummet antas vara övertänt vid 300 sekunder vilket innebär att även ytor som tak brinner. Det är dock svårt att uppskatta till fullo eftersom en övertändning innebär att branden blir ventilationskontrollerad och därav kan strålning antas vara lite lägre ändå.

För både antändningsobjekt spis (fall 1) och kyl/frys (fall 2), ser HRR-kurvan ut på samma sätt då startobjekten tillhör samma bränslepaket, därav beräknades endast en kurva med start i spisutrymmet. Kurvan som beräknades visas i Figur 15 nedan och det första bränslepaketet innefattar spis, köksskåp och kyl/frys, vilket visas i den uppskattade illustrationen av ett kök i Figur 14. Bränslepaket ett antas antända innan branden sprider sig vidare till bränslepaket två innefattande bordet och stolarna. Vid en full utvecklad brand beräknades tiden till cirka 600 sekunder. Generellt sätt vid en beskrivning av ett brandförlopp delas det in i fem olika stadier antändning, tillväxt, övertändning, fullt utvecklad brand och slutligen avsvälning. Fram till tillväxtfasen är brandförlopp beroende av om det finns tillräckligt med syre och bränsle. För att branden sedan ska kunna övergå till övertändning krävs det tillräckligt mycket bränsle i förhållande till rummets volym för att inträffa, vilket gör branden bränslekontrollerad (Karlsson & Quentiere, 1999). I Figur 15 passerar kurvan 1MW (antas vara gränsen för när övertändning sker) efter cirka 200 sekunder. Vid övertändning antas allt i rummet vara antänt och branden går från att vara bränslekontrollerad till att vara ventilationskontrollerad, vilket för kurvan i Figur 15 innebär att den avtagande fasen egentligen kan komma tidigare än kurvan visar då bränslet i rummet kan antas ta slut innan den uppnå en effekt på 4000kW. I kurvan saknas även en avtagande fas helt vilket inte ses som helt rimligt eftersom detta är en fas som ingår i beskrivningen av ett brandförlopp. Dock har det vid beräkning inte tagit hänsyn till avtagande fasen utan endast beräknats fram tills det maximala HRR-värdet.



Figur 15. HRR-kurvan för värsta fallet av köksbranden där allt i rummet antände.

### 9.1.1 Spisbränder

Spisbränder kan leda till olika sorters brandförlopp beroende på om intilliggande material är lättantändligt samt om materialet som tillagas på spisen antänder eller förkolnas och därmed endast resulterar i en massförlust.

#### 9.1.1.1 Värsta fall - Brandspridning i hela köket

Vid en brand som startar från spisen är det enligt Torbjörnsson och Jansson (2018) en stigande andel spisbränder som sprider sig från spisen och startföremålet vidare till annat brännbart material i köket, totalt ligger spridningen kring 10% av de bränder som räddningstjänsten larmas till (Torbjörnsson & Jansson, 2018). Vid spridning från startföremålet på spisen till intilliggande brännbart material i rummet kan detta i ett värsta scenario orsaka en fullt utvecklad brand liknande den beräknade kurvan i Figur 15.

#### 9.1.1.2 Mest troligt - Glömd spisplatta

I de flesta fall vid matlagning slocknar branden av sig själv, släcks eller upptäcks i ett tidigt skede. Exempelvis sker ingen antändning vid torrkokning av korv eller pasta på gjutjärnspis i experimenten utförda av Stedt & Tordsson (2021).

Vid fall med bränder som släcks eller slocknar snabbt kan förberedelser i form av rengöring av spisfläkt, placerat lock i närheten vid tillagning i olja och genom att hålla uppsikt över det som tillagas på spisen vara avgörande för att undvika ett större och mer förödande brandförlopp (Brandforsk, 2018). Vid start av brand följer förloppet kurvan i Figur 15 fram tills cirka 100 sekunder, därefter släcks branden och utvecklas inte vidare till en fullt utvecklad brand.

Det fanns ingen möjlighet att genomföra experimentella försök för att beräkna HRR och tid till antändning för olika typer av spisbränder, exempelvis antändning av smör eller olja i stekpanna på olika typer av spisar och det saknades källor på liknande experiment. Ett försök med smör på en elektronisk spisplatta med en maxtemperatur på 650 °C samt över en sandbrännare med en 3 kW flamma genomfördes, men stekpannan antändes inte. Det antas därför att samma maximala HRR uppnås som när fett för spisbranden ovan antänds, det vill säga 32kW.

#### 9.1.2 Eifel i kök

Det andra scenariot som valdes att analyseras vidare och som kunde leda till brand i kök var eifel. Konsekvenserna av eifel i utrustning varierar från ett scenario där de bränder som uppstår upptäcks snabbt och släcks, till att branden inte uppmärksammas förrän senare, vilket innebär att förloppet beror på hur mycket brännbart material det finns i rummet och hur lättantändligt det är. Konsekvenserna ökar även med åldern på de personer som bor i bostaden och varierar vidare beroende på om de är kapabla till att kunna släcka branden eller sätta sig själv i säkerhet utanför bostaden (Elsäkerhetsverket, 2021b) den individuella variationen är därför stor.

Konsekvenserna, följderna och allvarlighetsgraden för en elbrand varierar mellan olika bränder beroende på hur tidigt branden upptäcks och kan släckas. Om Branden inte upptäcks i ett tidigt skede påverkas den av på vilket sätt material i omgivningen kan antända och underlätta brandspridning (Elsäkerhetsverket, 2021a).

#### 9.1.2.1 Värsta fall – Brandspridning i hela köket

Vid bränder där branden inte upptäcks i ett tidigt skede och kan släckas är det avgörande hur mycket brännbart material det finns och hur lättantändligt det är. Om det finns mycket brännbart och lättantändligt material i närheten av startutrymmet för branden finns det en större risk att branden sprider sig till intilliggande material. I ett fritidshus är risken för brandspridning dessutom större än i ett flerbostadshus eller villa (Elsäkerhetsverket, 2021a). Detta kan bero på att fritidshus ofta inte är den primära bostaden och det därmed är det svårare att upptäcka en brand i ett tidigt skede. Vidare kanske inte lika mycket pengar investeras i ny och säker

elektronik då folk vistas där mer sällan och prioriterar sin primära bostad i första hand vilket innebär att el-komponenter generellt sätt kan vara äldre.

Då detta är baserat på ett värsta-fallscenari antas det att elbranden sker i närheten av spisen, exempelvis i kaffekokaren, så att den antänds lika snabbt och med samma effektutveckling som i avsnitt 9.1. Branden sprider sig sedan från bränslepaket 1 med spis, kaffekokare, skåp och kyl/frys till bränslepaket 2 med matbordet och stolarna i på samma vis som i Figur 15. Detta leder till en fullt utvecklad brand där samtliga brinnande material i köket antänds.

#### *9.1.2.2 Mest troligt – Elinstallation antänds*

För bränder startade av fasta elinstallationer eller felanvändning av fast installerade elprodukter är felaktig elanvändning den vanligaste orsaken till uppkomna bränder (Elsäkerhetsverket, 2021a).

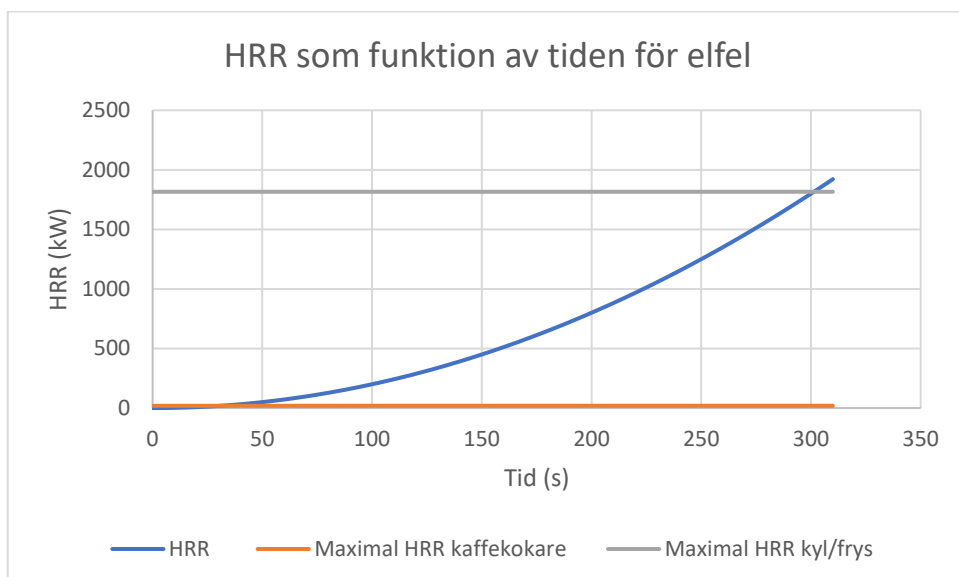
I majoriteten av bränderna som uppstår i elinstallationer och elprodukter är det felaktigt användande som är överhängande största anledningen till brand vilket kan motverkas genom att bland annat följa medföljande anvisningar om laddning av elektroniska produkter, deras funktion och även att kontrollera tillståndet på kablar och liknande så att det inte uppkommit skador på någon sladd eller kontakt. Elfelets konsekvens kan också variera mellan en liten gnista med en effektutveckling närmare 0 kW till att hela hushållsmaskiner antänds. (Elsäkerhetsverket, 2021a).

Mörkertalet för den här typen av bränder tros vara stort då de relativt lätt kan släckas på egen hand utan att räddningstjänst eller försäkringsbolag behöver kontaktas, vilket innebär att de inte deltar i statistiken. Enligt Elsäkerhetsverket är antalet utryckningar betydligt lägre än antalet bränder (Elsäkerhetsverket, 2021a). vilket bedöms innebära att bränderna blir så små att de som bor i hemmen kan lösa det själva. Konsekvenserna blir därmed främst egendomsskador, vilket inte kommer analyseras närmare i detta arbete.

Vid uppkomst av brand i eluttag eller dylikt är bästa sättet att släcka branden genom att lösgöra stickkontakter först. Därefter är brandsläckare med koldioxid eller pulver bästa sättet att släcka branden då ingen av de två släckningsmedlen leder ström. Om detta tillämpas i ett tidigt skede förhindras ett fullt utvecklat brandförlopp att ske.

Om elfel uppstår i någon elektrisk produkt i köket kan den största möjliga effektutvecklingen bli 1816 kW för kyl/frys eller 19kW för kaffekokaren. Det saknas information om effektutvecklingen som bildas i elinstallationer, men de brand på grund av den typen av elfel består oftast av en gnista som antänder omgivande produkter (Elsäkerhetsverket, 2021a), därför antas de vara betydligt lägre än för elektroniska produkter. En HRR-kurva för elfel redovisas i Figur 16 där en  $\alpha^2$ -kurva med samma  $\alpha$  som användes som för de produkterna i köksbranden i värsta fall-scenariot, det vill säga  $0,02 \text{ kW/s}^2$ . Maximal HRR för kaffekokare samt kyl/frys är markerade i diagrammet med grå, respektive röd kurva.

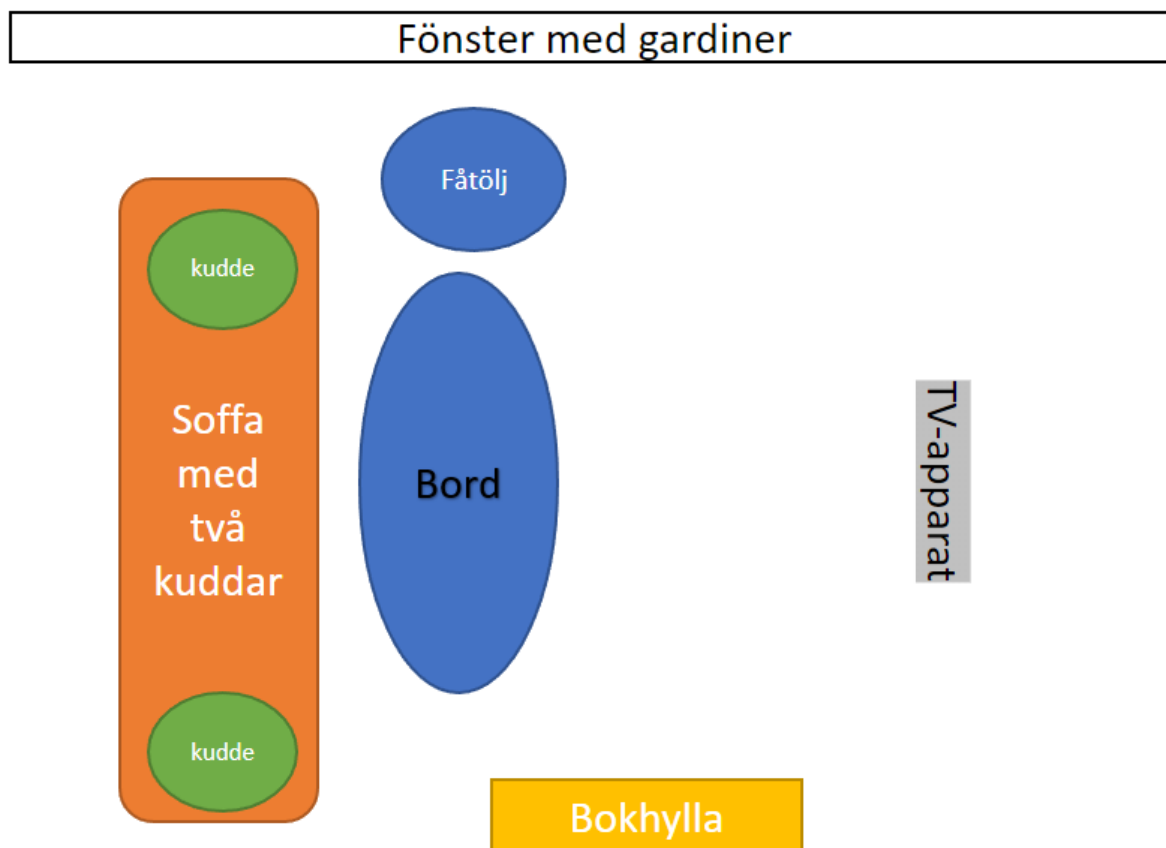




Figur 16. HRR som funktion av tiden där  $at^2$ -kurvan är den blå linjen, maximal HRR för kaffekokaren röd och maximal HRR för kyl/frys grå.

## 9.2 Vardagsrumsbränder

I detta avsnitt analyseras scenarion kring levande ljus och fall med tappad cigarett i sofffa/fåtölj i vardagsrum. Figur 17 visar en skiss över hur ett representativt vardagsrum kan se ut medan möblernas materialegenskaper presenteras i Tabell 23.



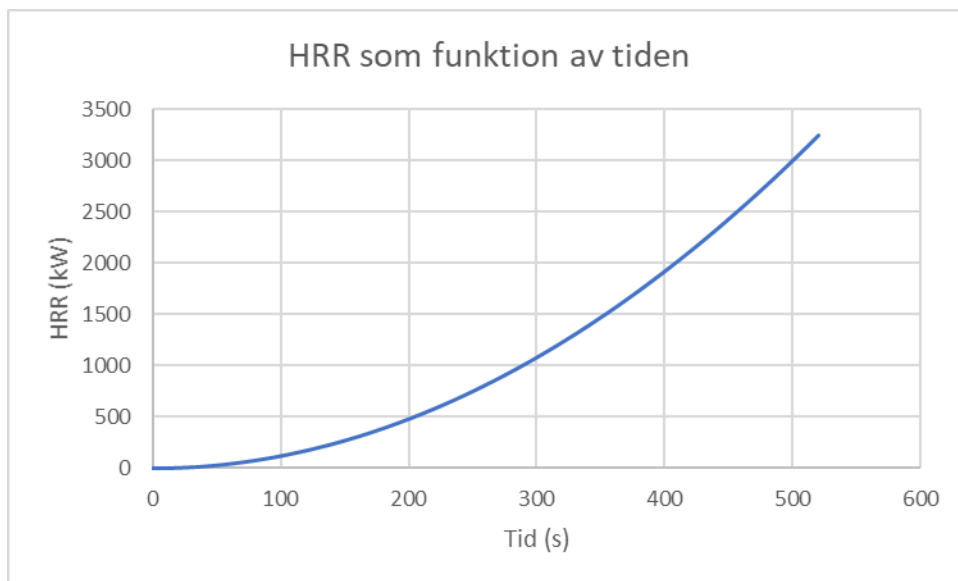
Figur 17. En skiss av vardagsrummet där allt i rummet är placerat så pass nära att det appliceras som ett enda bränslepaket vid beräkning av effekten i rummet.

Nedan presenteras i Tabell 23 indata för materialet som antas antända i Figur 17 och som sedan används i beräkningarna för den totala effekten i ett värsta fall vid brand i vardagsrummet.

Tabell 23. Värdena för olika komponenter som finns i vardagsrummet i Figur 17.

Möbel	Antändningskälla / startobjekt	$\alpha$ (kW/s <sup>2</sup> )	t[s]	Maximalt HRR (kW)
Bokhylla (plywood med aluminiumram (Engineering, 2022))		0,2497	40	399,5
Fåtölj (chair F31 loveseat 39,6 kg (Engineering, 2022))		0,1648	100	1648
Soffa (chair F32 51,5kg (Engineering, 2022))	Fall 2: Tappad cigarett	0,1055	50	263,8
TV-apparat		-	-	239 (Engineering, 2022)
Gardiner	Fall 1: Levande ljus	-	-	630 (Engineering, 2022)
Kuddar		-	-	43 (kudde med polyuretanstopppning, 0,65 kg (Engineering, 2022))
Bord av metall		-	-	-

Enligt Figur 18 resulterade den totala, maximala värmeutvecklingen i 3200 kW efter cirka 520 sekunder, vilket beräknades genom användning av en  $\alpha t^2$ -kurva utefter ett materialberoende värde  $\alpha$  som ger en exponentiell ökning av HRR till följd av tiden (Karlsson & Quintiere, 1999). Den totala effekten beräknades med hjälp av värdena från Tabell 23 ovan där effekten för de olika komponenterna adderades till en total effekt för vardagsrummet.



Figur 18. Kurvan för brandeffekten i vardagsrummet efter antändning.

### 9.2.1 Bränder orsakade av levande ljus

I detta avsnitt analyseras det värsta fallet som kan ske och det mest troliga scenariot när levande ljus är orsaken till att brand uppstår i ett vardagsrum.

#### 9.2.1.1 Värsta fall – Tänt ljus leder till brandspridning

Den mänskliga faktorn är ofta en anledning till att bränder uppkommer genom att bland annat levande ljus glöms bort eller genom oaktsamhet (Brandkontoret, 2022).

Gardiner och draperier är material som kan bidra till en snabb övertändning eller avge en tillräckligt hög effekt för att själv orsaka en övertändning. En begränsad brand eller övertändning styrs i huvudsak av två faktorer, materialets egenskaper och den yta som kommer i kontakt med branden. En vanlig gardin i ett fönster kan knappast antända vägg- eller takytor direkt även om dessa är av brännbara material. Gardinen är normalt för liten för att leverera den energi som krävs för att tända ytskikten även om den flamar upp snabbt. Däremot kan gardinen falla ned på en stoppad möbel med fortskridande brand som följd. Produktens antändlighet är avgörande för detta fall och det kan inredas med svårantändliga produkter för att nå en rimlig säkerhet. Givetvis bör svårantändligheten matchas mot tänkbara tändkällor för att tänkt säkerhet ska uppnås (Sundström et al., 2009).

Ett representativt scenario bedöms därav vara att ett tänt ljus trillar intill en duk på bordet som sedan sprider sig vidare till soffa och fåtölj och därefter vidare till gardiner och bokhyllor i anslutning till väggarna i vardagsrummet. Ett alternativt scenario är att ljuset trillar i en fönsterkarm och sprider sig till intilliggande gardiner som är lättantändligt, därefter sprider sig branden vidare till bokhyllor och soffa/fåtölj vilket resulterar i en övertändning på liknande sätt, enligt Figur 18.

#### 9.2.1.2 Mest Troligt – Fallande ljus

Det sker en del bränder orsakade av att ljus trillar på exempelvis soffbordet, oftast släcks dock troligen ljuset av sig själva, alternativt slocknar då det inte finns något lättantändligt material i närheten (Sundström et al., 2009). Ett levande ljus brinner endast med en effektutveckling kring ett medelvärde av 77 W och med en standardavvikelsen 9 W (Hamins et al., 2005) vilket är lågt

i jämförelse med exempelvis en spisbranden. De kan även släckas på grund av att det finns närvarande personer som hinner släcka branden innan den kan antända något intelligande material när det välter.

### 9.3.2 Bränder orsakade av rökning i soffa/fåtölj

Bränder i vardagsrum kan uppstå på grund av exempelvis oförsiktighet vid rökning men även genom en begränsad rörelseförmåga, vilket försämrar möjligheterna att släcka cigaretten på ett säkert sätt (Brandskyddsföreningen, 2022d).

#### 9.2.2.1 Värsta fall – Cigarett orsakar brandspridning i hela rummet

Vid ett värsta fall tappas en cigarett på en fåtölj/soffa som antänds, därefter sprids branden vidare till resterande brännbara material i rummet vilket orsakar en värmeutveckling i enlighet med Figur 18. Därmed uppstår en liknande brand som precis som beskrivs i avsnitt 9.3.1.

#### 9.2.2.2 Mest troligt – Cigarett faller ner i möbel, men slocknar innan den antänds.

Det troligaste fallet när en tänd cigarett tappas på brännbara möbler är att den självslocknar eller lyckas släckas av personal (om det sker på en vårdenheter eller hem med personlig assistans) alternativt av personen själv. Självslocknande cigaretter infördes för att kunna minska antalet bränder orsakade av cigaretter, dessa har dock visat sig inte fungera så bra utan det finns dokumenterade fall där de fortfarande orsakat brandspridning. En risk kan vara att de kan ge en falsk känsla av trygghet vilket kan göra rökare mer oförsiktiga (Arvidson et al., 2015). Ofta resulterar cigaretter som antänder porösa material i en glödbland, vilken kan pågå i flera timmar innan den övergår i en fullskalig brand (Anderson et al., 2000), vilket ger personer i bostaden gott om tid att upptäcka den. En cigarett producerar vidare endast en effekt på 5 W (Karlsson & Quintiere, 1999).

## 9.3 Brand i garage

I bostadsgarage får högst 100 l brandfarliga vätskor förvaras där drivmedel som tankats i fordon och reservdunk inte ingår. Utöver detta får maximalt 10 000 l diesel, eldningsolja och petroleumprodukter avsedda för elproduktion och uppvärmning förvaras där, dock inte i själva bostaden. Om mängderna överstiger dessa krävs tillstånd från kommunen. Reglerna för garage i flerfamiljshus är mer restriktiva då fler personer påverkas av eventuella olyckor. I garage i bottenplan får ingen brandfarlig vätska eller gas förvaras förutom den i fordonet med tillhörande reservdunk. I garage avskilda från byggnaden får brandfarlig vätska förvaras, men endast om den är oåtkomlig för obehöriga. Sprayburkar och andra aerosolförpackningar eller gasbehållare ska, då möjlighet finns, inte förvaras tillsammans med brandfarliga vätskor. Detta då trycksatta behållare riskerar att explodera vid högre temperaturer (MSB, 2021a).

För att få en uppfattning om vad som förvarades i människors garage gjordes en mindre studie i både enkät- och intervjuform där samma frågor ställdes. Då målet har varit att få en bredd av olika typer av människor har personer i varierande ålder, sysselsättningsgrad och bostadsort intervjuats. Personerna som deltog i undersökningen var därför en kombination av studenter i Lund, personer anställda vid Hässleholms kommun, människor bosatta i Osby samt anställda på kommunen i Landskrona.

Undersökningen gjordes via telefon, mejl och SMS där de ombads uppge sin ålder, bostadstyp samt antal och volym brännbara vätskor och gaser som förvarades i deras garage. Det konstaterades att mängden fysiska produkter i garaget varierade mycket beroende på personernas ålder och bostadstyp där de som var äldre oftare bodde i villa samt hade en större mängd brännbara ämnen i sitt garage. Många av de tillfrågade hade bil men inget garage utan förvarade bilen på en öppen parkeringsplats, i en carport eller på uppfarten bredvid sitt hus, detta motsvarade 11 personer. Av de som hade garage redovisas mängden och typen av brännbara vätskor och gaser nedan. Två som hade hus eller gård på landsbygden använde även sina garage som stora förråd och verkstad där mycket stora mängde brännbara, fasta material förvarades. Dessa var dock i allmänhet garage i separat byggnad samt mycket få i förhållande till hela försöksunderlaget så de togs ej med i studien.

Tabell 24. Studier av vilka brännbara vätskor, gaser och trycksatta behållare som människor förvarar i sina garage.

Ålder	Bostadstyp	Gaser	Vätskor	Trycksatta behållare
24	Lägenhet	0	10 l bensin	Sprayburk med Lackeringsfärg
21	Lägenhet	0	0	0
74	Villa	Gasoltub Lösningemedel	Bensindunk 10 l	0
69	Villa	0	Bensindunk 5 l Spolarvätska etanol	500 ml smörjolja Kedjeolja 150ml Låsolja 100ml
32	Villa	0	Bensin 10 l Motorolja 20 l Bromsvätska 1 l ATF olja 5 l Spilloolja 5 l Bilvax 1 l Målarfärg 30 l	4–5 sprayburkar med färg
58	Villa	0	Bensin 10 l Olja 1 Terpentin 0,5 l T-röd 0,5 l	0
39	Villa	0	Bensin 5 l Spilloolja 7 l Motorolja 10 l Servoolja 2 l Bromsvätska 1 l Spolarvätska 2 l	5–10 st sprayburkar
25	Lägenhet	0	0	0
27	Lägenhet	0	0	0
26	Lägenhet	0	0	0
56	Villa	gasol	Bensin 5 l Olja 10 l Spolarvätska	Sprayfärg 5 st Rostolja 5 st Startgas 1 st Smörolja 3 st
24	Lägenhet	0	0	0
51	Villa	gasol	Bensin 30 l Spolarvätska 5 l Motorolja	Sprayburkar 20 st

63	Lägenhet	0	Spolarvätska 4 l	0
58	Villa	gasol	Bensin 4 l Spolarvätska 4 l Motorolja 4 l	Sprayburk Färgburkar Rostolja
62	Villa	Gasol 5 l Bensin 10 l	Motorolja Spolarvätska	Sprayburkar 30–40 st
56	Villa	Gasoltub	Bensin 15 l Spolarvätska 4 l Servoolja 10 l Hyudralolja 5 l Motorolja 5 l	Färgburkar Kedjespray Färgburkar Startgas Rostolja Summa:70 st
25	Lägenhet	0	0	0
62	Villa	Gasol	Motorolja 5 l Spolarvätska 10 l Bensin 20 l	Sprayburkar 2 st Rostolja 0,5 l
52	Lägenhet	0	0	0
63	Villa	Gasol	Spolarvätska 4 l	0
55	Lägenhet	Gasol	Smörjmedel 0,5 l	Sprayburkar 10 st

Osäkerheter finns då personunderlaget var begränsat, för att nå fler människor var en tanke att göra en digital enkät, men då äldre personer tenderar att vara mer obekväma med digital teknik och vi ville få detaljerade svar ansågs muntliga och skriftliga intervjuer vara en bättre metod.

Det var en stor spridning angående vilka brännbara vätskor och gaser som förvarades i olika garage där en del inte hade några brännbara ämnen alls och andra tiotals liter. Det konstaterades också att ett antal förvarade trycksatta behållare i nära anslutning till brännbara vätskor och andra lättantändliga produkter vilket ger en ökad risk för explosion om närliggande material skulle antändas.

Trycksatta behållare utgjorde en egen kategori då de innehåller gaser som kan orsaka explosioner vid höga temperaturer (MSB, 2021a). Vid försök med brinnande heptan konstaterades det att det i allmänhet inte krävdes mer än 0,08-0,36 l av den brännbara vätskan för att den trycksatta behållaren skulle explodera, något som 30 av 33 sprayburkar med olika innehåll gjorde i studien (Svensson et al., 2015). Det finns ingen liknande data för trycksatta behållare utsatta för ämnena i denna studie, men då det beräknas finnas så stora kvantiteter av ämnena i de beräknade scenarierna beräknas samma sak kunna ske här.

Ett representativt garagescenario konstruerades, baserad på undersökningen ovan där en bensinbil förväntades förvaras tillsammans med 10 l spolarvätska, 10 l olja, 20 l bensin och fem sprayburkar. De brännbara vätskorna valdes ut då de var det mest förekommande i undersökningen och mängden ökades till över den genomsnittliga mängden för att göra en konservativ analys. Många bodde dock i lägenhet och förvarade därför inga brandfarliga ämnen alls i sina garage, därför ansågs det orimligt att ta med extremfallen där tiotals liter brandfarlig vätska och stora mängder sprayburkar förvarades i garaget. Angående volym och vilka ämnen gaserna och vätskorna i sprayburkarna bestod av var osäkerheten stor. Därför antogs det att de innehöll olja, det mest brandfarliga ämnet som angavs i den kategorin, där volymen ingår i de

antagna 10 litrarna. Då garage tenderar att vara små till ytan i förhållande till den stora effektutvecklingen som en bilbrand avger, se avsnitt 7.1.3, antogs det vidare att samtliga brännbara ämnen ingick i samma bränslepaket som bilen.

Handberäkningar, där formler och tabellvärden hämtades från boken Enclosure Fire Dynamics, skriven av Karlsson och Quintiere (1999) användes för att beräkna den maximala HRR för bensin och olja som uppstått om de antänts.

Spolarvätska består i allmänhet till största del av etanol och isopropanol (MSB, 2019). Här valdes det att gå vidare med den etanolbaserade då det fanns mest väl underbyggd forskning kring brandrisker och HRR om det ämnet. SPOLARVÄTSKA reg.nr: 02- 2119666127-35 (Etanol) innehåller 80-100% etanol, andra ämnen som ingår är Monoetylglykol, vatten och Metyletylketon (Chemicals, 2018). För att beräkna HRR för en pölbrand med spolarvätska antogs det att den endast bestod av etanol då det var det klart dominerande ämnet i blandningen. Maximal HRRPUA som uppstod om en 96,6% etanolvölbrand med diametern 1,13m och höjden 5mm var  $750 \text{ kW/m}^2$ , ett värde som uppmätts experimentellt med konkalorimeter enligt metoden som beskrivs i ISO 5660-1 (Hakkarainen et al., 2017). HRR beräknades sedan genom att multiplicera brandens HRRPUA med arean på pölbranden.

Pölbränderna som uppstod till följd av förbränning av bensin och olja är baserade på formler och data från Karlsson och Quintiere (1999).

HRRPUA för en pölbrand beräknades med hjälp av formeln:

$$\dot{q}'' = A_f \cdot \dot{m}'' \cdot X \cdot \Delta H_c \quad (10)$$

X antas här vara 70%, baserat på beräkningar från Karlsson och Quintiere (1999).  $A_f$  baseras på pöldiametern som antogs vara 1,2 m för olja då hela 10 l spilldes ut, den diametern dubblerades sedan för bensin vars mängd var dubbelt så stor. Massförlusten  $\dot{m}''$  beräknades enligt följande formel:

$$\dot{m}'' = \dot{m}''_{\infty} (1 - e^{-k\beta D}) \quad (11)$$

Då samtliga ämnen uppnår sin maximala HRR inom bara några sekunder när de antänds (Hakkarainen et al., 2017; Mealy et al., 2011) antogs det att bränderna antändes och direkt antog sina maximala HRR vilka redovisas i Tabell 25 nedan, därefter brann vätskorna i 180-360 sekunder beroende på pilotflammans och pölens storlek.

Tabell 25. Pöldiameter och den maximala effektutvecklingen som uppstod när bensin, olja och spolarvätska förbrändes.

Ämne	Pöldiameter (m)	HRR (kW)
Bensin	2,4	7556
Olja	1,2	957
Spolarvätska	1,2	848
Summa:	4,8	9361

### 9.3.1 Brand orsakad av elfel

Nedan presenteras ett scenario som anses vara det mest troliga och ett som anses vara ett scenario baserat på det värsta fallet.

### 9.3.1.1 Mest troliga scenariot – Elfel som inte orsakar brandspridning

Det mest troliga fallet vid elfel antas vara ett fall som inte orsakar någon större skada då den slocknar eller upptäcks snabbt, den vanligaste skadan i detta scenario är då egendomsskada, enligt IDA, MSB:s databas, se avsnitt 8.4. Troligtvis finns det flera fall av den här sortens mindre bränder som dock inte rapporteras utan släcks innan någon skada hunnit uppstå.

Elfel kan uppstå till följd av många olika orsaker, men i garage tros de vanligast förekommande elektroniska produkterna vara lampor och kablar. I en studie som utfördes med flera fullskaleexperiment i en kalorimeter med 112 olika elektriska kablar för att mäta maximala HRR, användes kablarna i ett slutet utrymme och resulterade i en median för maximala HRR på 19kW. De utfördes i en stor kalorimeter där medianen för maximalt HRR var 19 kW. Mediantiden till maximal HRR uppnåddes var vidare 13 minuter (McGrattan & Bareham, 2016). Då antalet försök var så många bedömdes detta vara ett representativt scenario.

### 9.3.1.2 Värsta Fall – Elfel antänder samtliga brännbara ämnen i garaget

Det värsta troliga scenariot är att elfelet sprider sig och därav antänder samtliga brännbara ämnen i garaget. Först Bensinen, oljan och spolarvätskan vilka sammanlagt ger en kombinerad HRR på cirka 9400 kW, då dessa vätskor är så snabbantändliga beräknas detta värde uppnås inom ett tiotal sekunder efter att vätskan antänts. Denna effektutveckling riskerar att leda till att sprayburkarna exploderar, till följd av värmeutvecklingen, vilket kan leda till snabbt flygande projektiler, se avsnitt 4.7. Trycksatta kärl ska förvaras separerade från brännbara vätskor, men enligt undersökningen följdes inte dessa riktlinjer av alla deltagare, se ovan.

Dessa faktorer innebär att utrymning måste ske snabbt för att undvika negativ hälsopåverkan eller död. En bil med förbränningsmotor tog i Lecocq et al.s experiment ca 5 minuter för att antändas av en pilotlåga med en effekt på 6 kW (Lecocq et al., 2012). Det är betydligt lägre än den maximala effekten på 9400kW som anges från de brännbara vätskorna. Branden kan dock antas få en lägre effektutveckling eftersom branden troligen blir ventilationskontrollerad, dock är effekten så pass hög ändå att det antas att bilen antänder inom en minut. Nedan redovisas maximal HRR och HF för bilarna som undersöktes.

Tabell 26. Maximal HRR och antändningstid för bilarna: Källa: (Lecocq et al., 2012)

Bil	Maximal HRR (kW)	Antändningstid (s)
ICE Manufacturer 1	4900	1800
ICE Manufacturer 2	6000	1400

I ett värsta-fallscenario hade den maximala effektutvecklingen blivit 9400 kW adderat med 6000 kW vilket resulterat i en HRR på 15400 kW (Lecocq et al., 2012).

I jämförelse med brand i kök och vardagsrum blir HRR mycket hög för garagebränderna i kombination med en snabb brandspridning. En snabb utrymning är därmed av stor betydelse för att undvika skador och dödsfall. Vid beaktning av spridning till bostaden från garaget måste ett intilliggande garage vara placerat på ett visst avstånd från huset utefter dess klassificering, om det är intilliggande eller fristående samt ifall de ligger placerat mellan bostäder. Generellt gäller det att garage ska konstrueras så att risken för brand eller explosion begränsas. Exempelvis måste till och med carport med öppna väggar vara placerad 5 meter ifrån småhus om väggarna i



småhuset är klassificerade med EI30 (Boverket, 2022) och vid intilliggande garage från 0-2m krävs det även en klassificering på minst EI30 samt måste alla fönster vara klassificerade (Boverket, 2020).

### 9.3.2 Brand orsakad av brännbar vätska

Nedan presenteras ett troligt scenario vid bränder orsakade av brännbar vätska samt ett värsta fall vid en vidare spridning.

#### 9.3.2.1 Mest troliga scenariot – Brännbar vätska antänds, men sprids ej

Det mest troliga scenariot är att en mindre mängd av en vätska antänds, men upptäcks och släcks innan någon skadas, med egendomsskador som följd, enligt IDA, MSB:s databas. Som nämns ovan uppstår troligen många mindre brändes som inte rapporteras.

Ett exempel på ett scenario är att 6 liter bensin spills ut på golvet och antändes vilket orsakade en pölbrand med en area på 0,25 m<sup>2</sup> som producerade en HRR på 510 kW enligt samma beräkningsprocedur som ovan.

#### 9.3.2.2 Värsta Fall – Brännbar vätska orsakar brandspridning i hela garaget

Det värsta scenariot antas vara att all brännbar vätska börjar brinna, vilket resulterar i att sprayflaskorna exploderar och bilen antänds. Samma brand uppstår alltså som i avsnitt 9.4.1.2, där den beskrivs i närmare detalj.



## 10 Konsekvensanalys av Li-jonbatteribränder

Vilka Li-jonbatteriprodukter som finns i vilken lokal varierar beroende på deras användningsområden. I Tabell 28 nedan redovisas vilka produkter som placeras i vilken lokal.

Tabell 28. Fördelning av vilka Li-jonbatteriprodukter som finns i vilken lokal.

Lokal	Li-jonbatteriprodukt
Kök	Mobiltelefon, hoverboard och dator
Vardagsrum	Mobiltelefon, hoverboard och dator
Garage	Mobiltelefon, elbil och hoverboard

Då hoverboards kan laddas i samtliga rum och en stor andel av svenskarna inte har ett garage antogs denna produkt kunna förvaras i samtliga rum i hemmet. Mobiler är små och används till allt från att kommunicera via till att betala räkningar och lyssna på musik. De antogs därför också kunna finnas i alla rum där personer kan befinna sig. Bärbara datorer är dock tyngre och används oftare som underhållnings eller arbetsredskap. Därför förmodades de främst användas i kök och vardagsrum istället för att tas med till garaget där den inte är lika lätt att ta med i arbetet som en mobiltelefon. Även riskerna att den går sönder om den placeras på en smutsig yta eller på golvet är större då den typen av utrymmen sällan är lika välmöblerade som bostadsutrymmena.

Nedan redovisas konsekvensanalyserna för de bränder som uppstått om Li-jonbatteriprodukterna ersatt användningsobjekten i Kapitel 9 för de olika rummen i hemmet. Tiden till maximal HRR för respektive produkt antas vara desamma som redovisas i Kapitel 7, för att studera det konservativt, vilka redovisas i Tabell 29 nedan. Samtliga HRR-kurvor beräknades genom att Li-jonbatteriprodukterna antändes av en pilotflamma, vilket anses vara konservativt beräknat då Li-jonbatteriprodukterna i dessa scenarier utgör antändningskällor och därmed inte utsätts för någon brandpåverkan.

För att göra en så konservativ analys som möjligt kommer Mobil 2 som brann med högst maximal effektutveckling i experimenten i Kapitel 7 att användas som en mobilbrand. Det fanns endast ett experiment som utfördes av RISE för den bärbara datorn vilket kommer att användas för dator. Det fanns även en mätning gjord på den typ av Li-jonbatteri som hoverboards innehåller, utifrån detta test uppskattades den maximala effektutvecklingen. Detta underlag används även för att beräkna tid till maximal HRR.

Flera HRR-kurvor för el-bilar hade dokumenterats, av dem används bil EV-B vidare i detta arbete då den hade högst maximal effektutveckling samt näst lägst tid till maxeffekt. För att göra en analys så konservativt som går i detta arbete användes mobil 2 med högst effekt. Tyvärr gick det inte att göra samma konservativa analys av hoverboard och dator då det endast fanns information om deras batterier och inte resterande material. För mer information om respektive produkt se Kapitel 7. I Tabell 29 nedan redovisas respektive Li-jonbatteriprodukt som kommer att analyseras, deras maximala HRR och tiden till denna.

Tabell 29. Li-jonbatteriprodukterna, deras maximal HRR och tiden som krävs för att uppnå denna.

Li-jonbatteriprodukt	Maximalt HRR (kW)	Tid till maximal HRR
Mobiltelefon (Mobil 2)	15,6	105
Bärbar dator	25,0	70
Hoverboard	92	90

Elbil	6800	550
-------	------	-----

## 10.1 Köksbrand

I avsnitten nedan ersätts scenario spisbrand och brand på grund av elfel med brand i mobiltelefon, hoverboard och dator för scenarier av värsta fall, där antändningskällorna antände allt brännbart material i rummen, och för de mest troliga scenarierna, där brand uppstod i startobjekten, men ingen vidare brandspridning skedde.

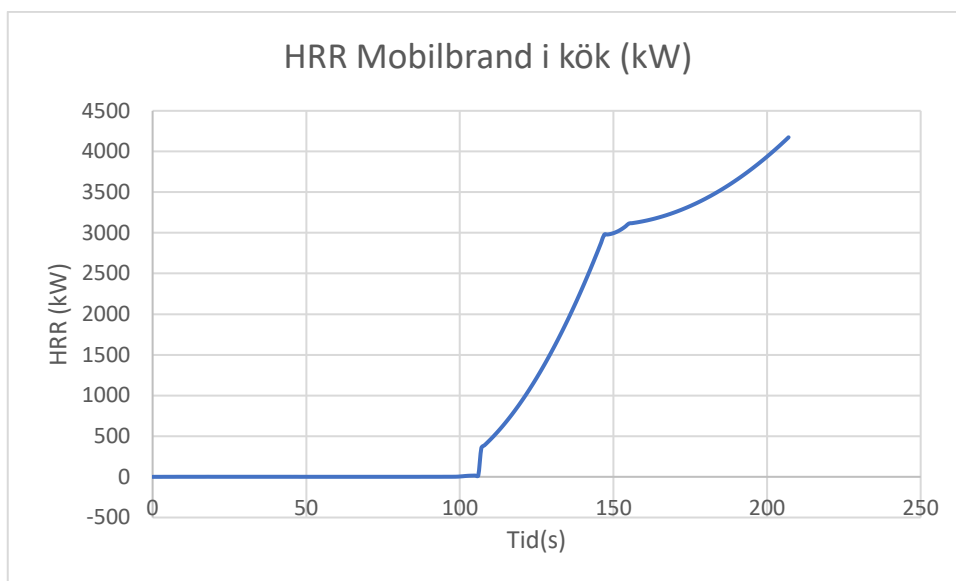
### 10.1.1 Värsta fall – Fullständig brandspridning i kök

I värsta-fallscenarierna för kök antände brand på grund av elfel och spisbrand samtliga brännbara material i köket. De här scenarierna jämförs med samma fall, men där det är Li-jonbatteriprodukterna som antänder bränslepaketen i stället.

I scenariot laddas Li-jonbatteriprodukten i nära anslutning till det första bränslepaket där spisen, skåpet, kaffekokaren samt kyl/frys ingår, och antas antända på grund av ett fel i produkten.

En HRR-kurva för scenariot beräknas genom att HRR-kurvan för Li-jonbatteriprodukten används tills den nått sin maximala effektutveckling, då den antänder bränslepaket 1 med skåp, kaffekokare, spis och kyl/frys som sedan antänder det andra bränslepaketet med bord och stolar, enligt beräkningarna i avsnitt 9.1. Samma HRR-kurva kan då användas för att beräkna effektutvecklingen för inredningen i köket som den i avsnitt 9.1.

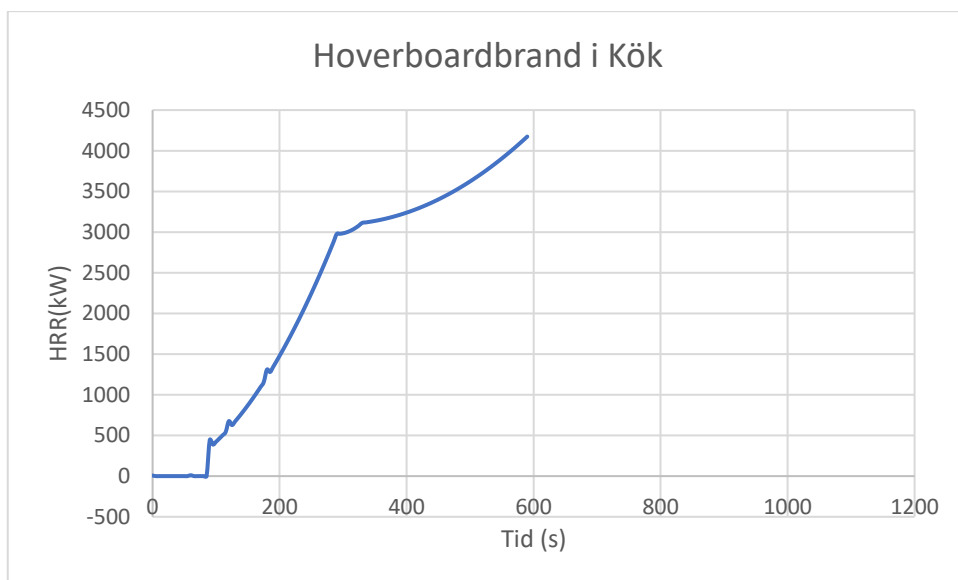
I fallet med Mobil 2 resulterade det i HRR-kurvan i Figur 19 där data från HRR-mätningarna från det experimentella försöket användes för att ge ett så exakt resultat som möjligt.



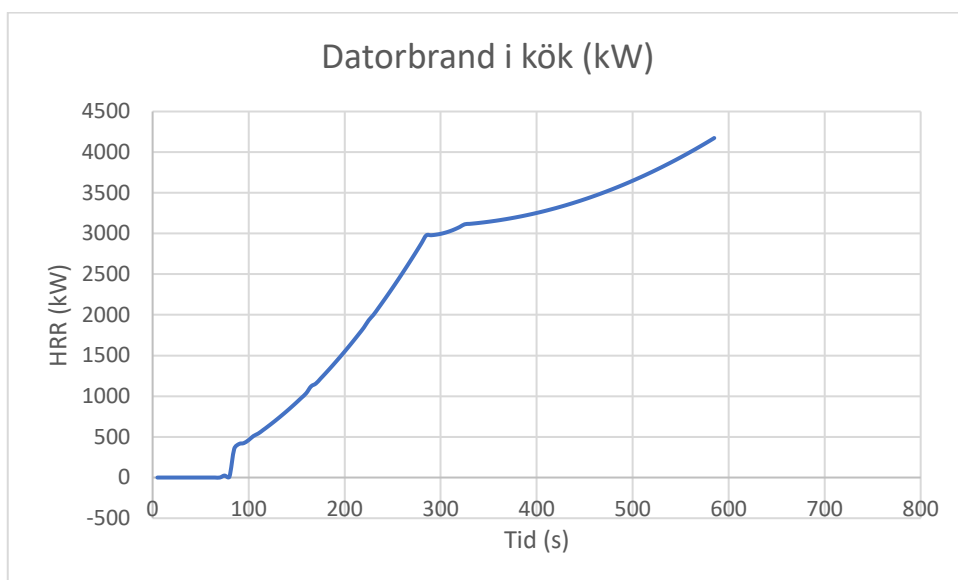
Figur 19. Mobilbrand antänder samtliga material i köket.

I fallen med bärbar dator och hoverboard fanns det inga datafiler att tillgå utan data inhämtades direkt från diagrammen och beräkningarna i Kapitel 7. Det resulterade i Figur 20 och Figur 21 där det bör noteras att mer osäkerheter kan förekomma då data är svårare att beräkna visuellt från ett diagram eftersom alla ingående värden inte är beskrivna. Hoverboarden innefattade den största branden och baserades på Figur 11 i Kapitel 7 som multiplicerats med 22/6 då det var sex celler för att representera effektutvecklingen i batteripaketet, då det är antalet 18650-

batteriet som ingår i dess bränslepaket. Som nämnts tidigare är detta en metod som kan innebära flera osäkerheter.



Figur 20. Datorbrand antänder samtliga material i köket.



Figur 21. Datorbrand antänder samtliga material i köket.

### 10.1.2 Det mest troliga scenariot – Li-jonbatteriprodukter antänds och slocknar utan att branden sprids

I detta scenario antänds produkterna separat, men ingen brandspridning sker från dessa produkter till andra material, vilket resulterar i en maximal HRR och tid till termisk rusning som redovisas i Tabell 29.

### 10.2 Brand i vardagsrum

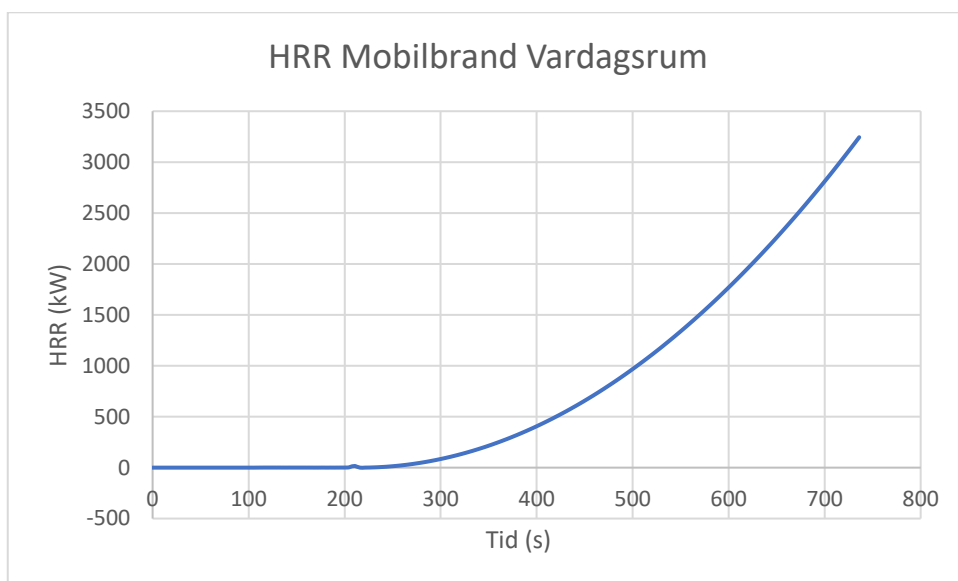
I de nedanstående avsnitten ersätts scenarierna brand på grund av rökning och levande ljus med brand i mobiltelefon, hoverboard och dator för scenario av värsta fall, där antändningskällorna antände samtliga brännbara material i lokalen, och de mest sannolika scenarierna, där brand uppstod i startobjekten, men ingen brandspridning skedde.

### 10.2.1 Värsta fall – Fullständig brandspridning i vardagsrum

I värsta-fallscenarierna för vardagsrum antände cigarett- och levande ljus samtliga brännbara material i vardagsrummet. Dessa scenarier jämförs med samma fall, men där det är Li-jonbatteriprodukterna som antänder bränslepaketet, därför användes samma  $\alpha t^2$ -kurva som i avsnitt 9.2 för möbelbranden. Produkterna antas antändas i närheten av soffmöblemanget och sprida sig till samtliga brännbara material i rummet då de ingår i ett och samma bränslepaket.

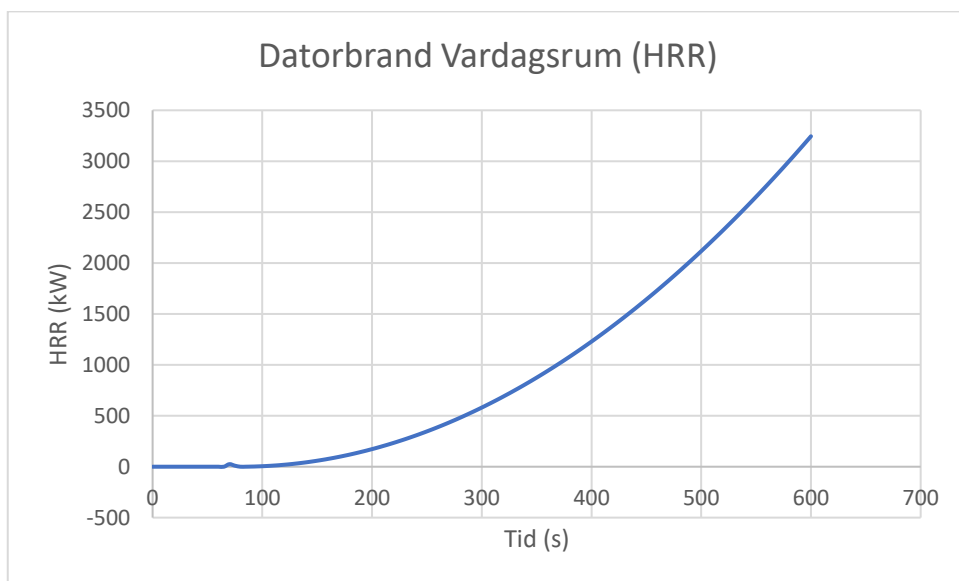
Beräkningsproceduren är densamma som i avsnitt 10.1.1 där Li-jonbatteriprodukterna antänds, uppnår sin maximala HRR och därefter antänder bränslepaketet med möblemanget.

HRR som funktion av tiden för mobilbranden redovisas i Figur 22 nedan där datafilen från HRR-mätningarna från det experimentella försöket, där HRR för Mobil 2 mättes, användes för att ge ett så exakt resultat som möjligt.

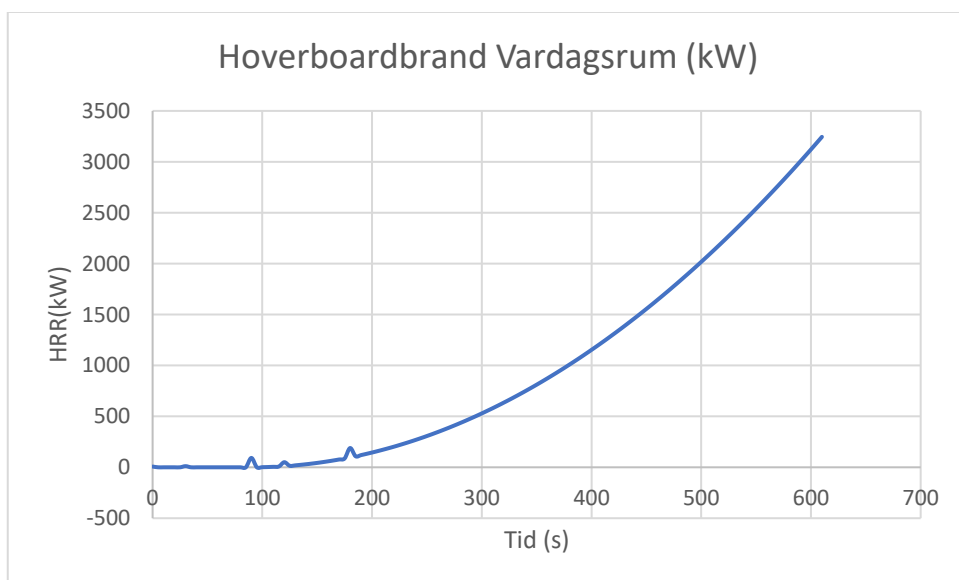


Figur 22. HRR för mobilbrand i vardagsrum som funktion av tiden.

I Figur 23 och Figur 24 redovisas HRR som funktion av tiden när vardagsrumsbranden uppstod till följd av dator- och hoverboardbrand. I fallen med bärbar dator och hoverboard fanns det inga datafiler att tillgå utan data togs direkt från diagrammen och beräkningarna i Kapitel 7, vilket kan medföra osäkerheter, se avsnitt 10.1.1.



Figur 23. HRR för datorbrand i vardagsrum som funktion av tiden.



Figur 24. HRR för hoverboardbrand i vardagsrum som funktion av tiden.

### 10.2.2 Det mest troliga scenariot – Li-jonbatteriprodukter antänds och slocknar utan att branden sprids

I detta scenario antänds produkterna separat i varje scenario, men ingen brandspridning sker i vardagsrummet och branden slocknar efter att varje produkt brunnit ut. Detta resulterar i en maximal HRR och tid till termisk rusning som redovisas i Tabell 29.

### 10.3 Garagebrand

I avsnitten nedan ersätts scenarierna brand på grund av elfel och brand på grund av brännbar vätska med brand i mobiltelefon, hoverboard och dator för scenario av värsta fall, där antändningskällorna antände samtliga brännbara material i lokalen, och även för de mest sannolika scenarierna, där brand uppstod i startobjekten, men ingen brandspridning skedde.

### 10.3.1 Värsta fall – Fullständig brandspridning i garage

I värsta fall antänder hoverboarden eller mobiltelefonen elbilen i garaget eller tvärtom. Här räknas då de brännbara vätskorna bort då de var dessa som utgjorde jämförelsebranden.

Det antas att hoverboarden och mobilen antänds vid laddning, vilket sker i nära anslutning till bilen och därefter antänder även bilen. Det tar dock 550 sekunder för elbilen att antända medan hoverboarden endast brann i cirka 90 sekunder. Hoverboarden brinner dock med 92 kW, vilket är betydligt högre pilotflammorna som användes för att antända elbilarna (Dorsz & Lewandowski, 2021). Därmed kan den eventuellt antända bilen snabbare, men då detta inte är säkerställt går det ej vidare i detta scenario.

Mobiltelefonen antas på samma sätt antända bilen vid laddning. Mobil 2 brann endast under ca 50 sekunder med hög HRR och tros också slockna innan bilen går in i termisk rusning då tiden när den brinner med maximalt HRR är betydligt kortare än 550 sekunder. Elbilen antänds dock innan dess, men eftersom det tar så pass lång tid för bilen att antändas i jämförelse med mobilens tiotals sekunder av hög effektutveckling är det inte säkert att maximala möjliga HRR kan uppnås i detta scenario. Om elbilen antänds och uppnår maximal HRR efter att mobilen slocknat kommer scenariot endast att uppnå effektutvecklingen för bilen, det vill säga 6800 kW.

Det värsta scenariot inträffar därmed om elbilen antänder hoverboarden eller mobiltelefonen. Då den förväntas brinna i över en timme, se avsnitt 7.3, finns det ingen risk att den slocknar innan de andra Li-jonbatteriprodukterna hinner antändas och eftersom en elbil har en HRR på tusentals kW antas den antända de andra produkterna direkt.

Elbilen brinner med en maximal effekt av 6800 kW. Maximalt HRR blir därmed summan av de tre Li-jonbatteriprodukternas HRR, det vill säga 7366 kW om de befinner sig samtidigt i garaget. Antändningstiden blir då densamma som för elbilen, det vill säga 550 sekunder.

### 10.3.2 Det mest troliga scenariot – Li-jonbatteriprodukter antänds och slocknar utan att branden sprids

I detta scenario antänds mobiltelefonen och Hoverboarden separat, men ingen brandspridning sker i garaget och branden slocknar efter att varje produkt brunnit ut. Elbilen deltar inte i detta scenario då de brinner ytterst sällan och fossilbilen inte antändes i det mest troliga scenariot för jämförelsebränder i garage, se avsnitt 9.3 Dessa bränder resulterar i en maximal HRR och tid till termisk rusning som redovisas i Tabell 29 ovan. För jämförelse av Li-jonbatterikurvorna och kurvorna för HRR för jämförelsebränderna se Kapitel 12.



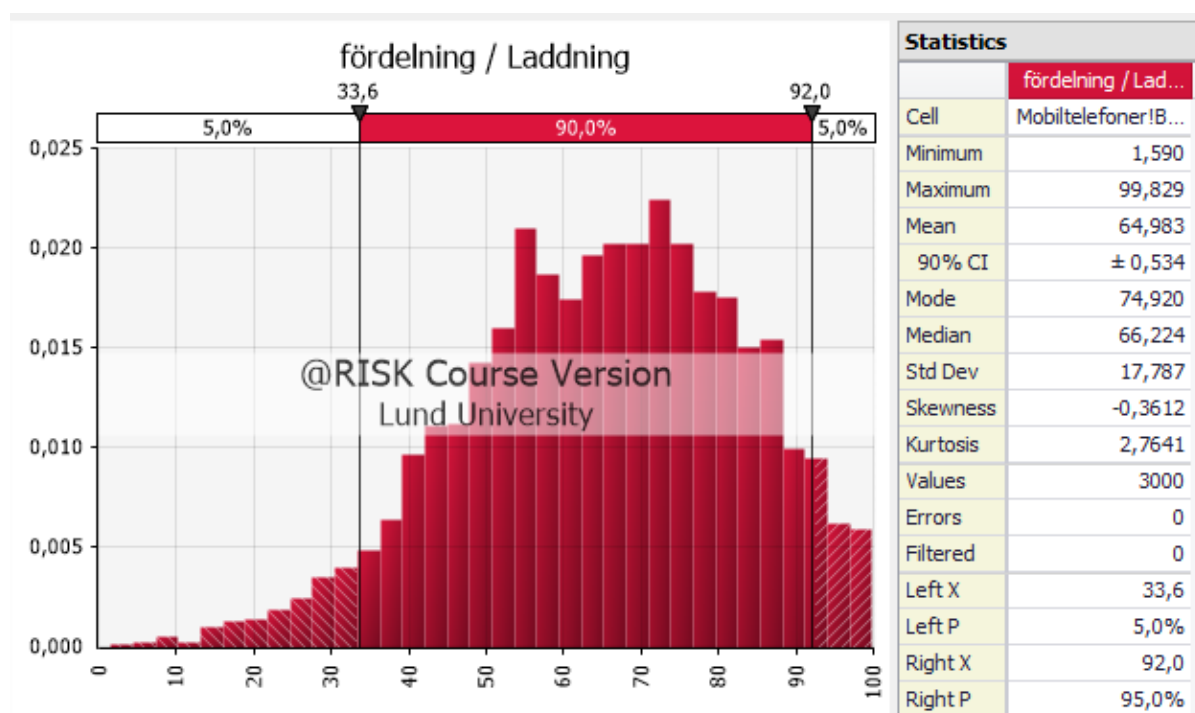
## 11 Osäkerheter

För att analysera hur olika parametrar varierar och kan påverka resultatet för beräkningarna av HRR-kurvorna utfördes normalfördelningar i @RISK för att se spridningen av parametrar som påverkar mobil-, elbil-, vardagsrum- och köksbranden. För varje simulering fördelades data i en normalfördelning med 3000 iterationer i kombination med simuleringmetoden Monte Carlo. Det är en statistisk simuleringmetod som använder flera sekvenser av slumpstal för att beräkna ett genomsnitt av det ”rätta svaret” som parametern bör vara.

### 11.1 Mobil

För mobilbranden var parametrar som laddningsnivån på respektive mobiltelefon osäker, även HRR (max) och tiden till HRR (max) uppstår var osäkra och varierande parametrar.

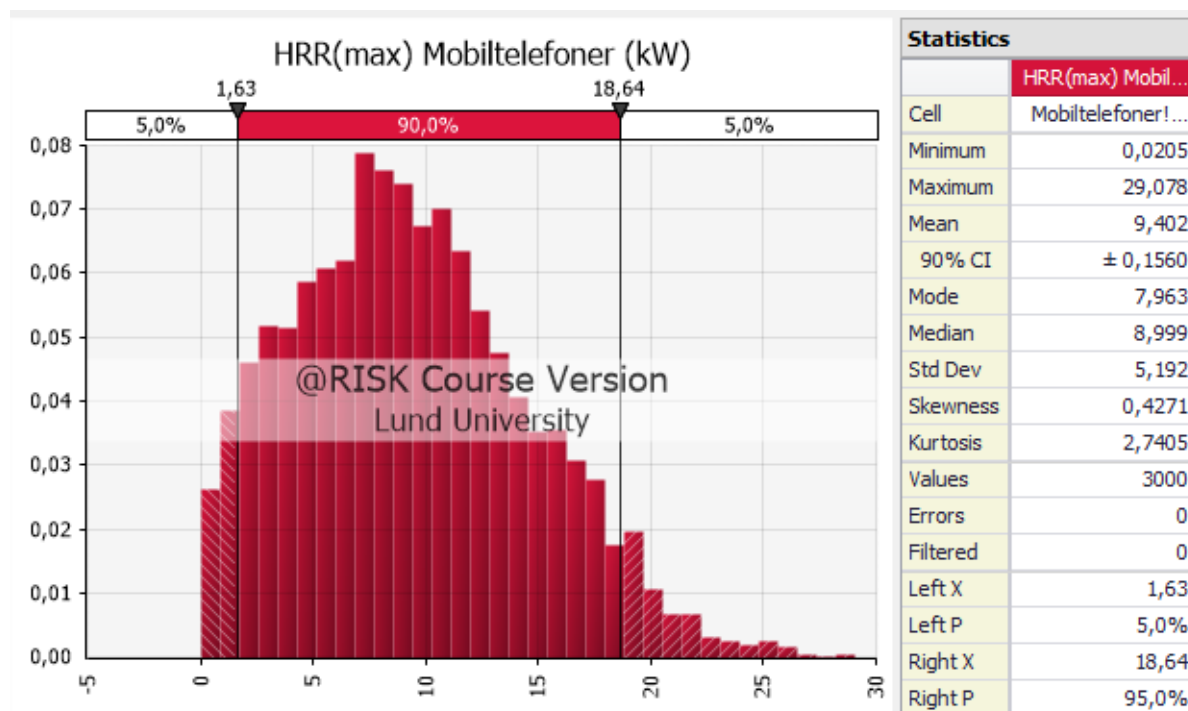
Laddningen är en parameter som antas påverka HRR eftersom det i Kapitel 7 konstaterades att Mobil 1, som var oladdad, hade en betydligt lägre effektutveckling än mobil 2 och 3 som var fullt laddade. Då laddningen på mobil 1 antogs vara 0% (då den inte gick att ladda) och en antogs vara fullt laddad (mobil 2, fungerade att ladda men visade inte antalet procent på skärmen) gjordes en osäkerhetsanalys för andelen procent på mobiltelefonerna. Intervallet ansattes från 0 (ej laddad) till hundra procent (fulladdad) och resulterade i fördelningen i Figur 25.



Figur 25. Normalfördelningen av andelen batteri i mobiltelefonerna.

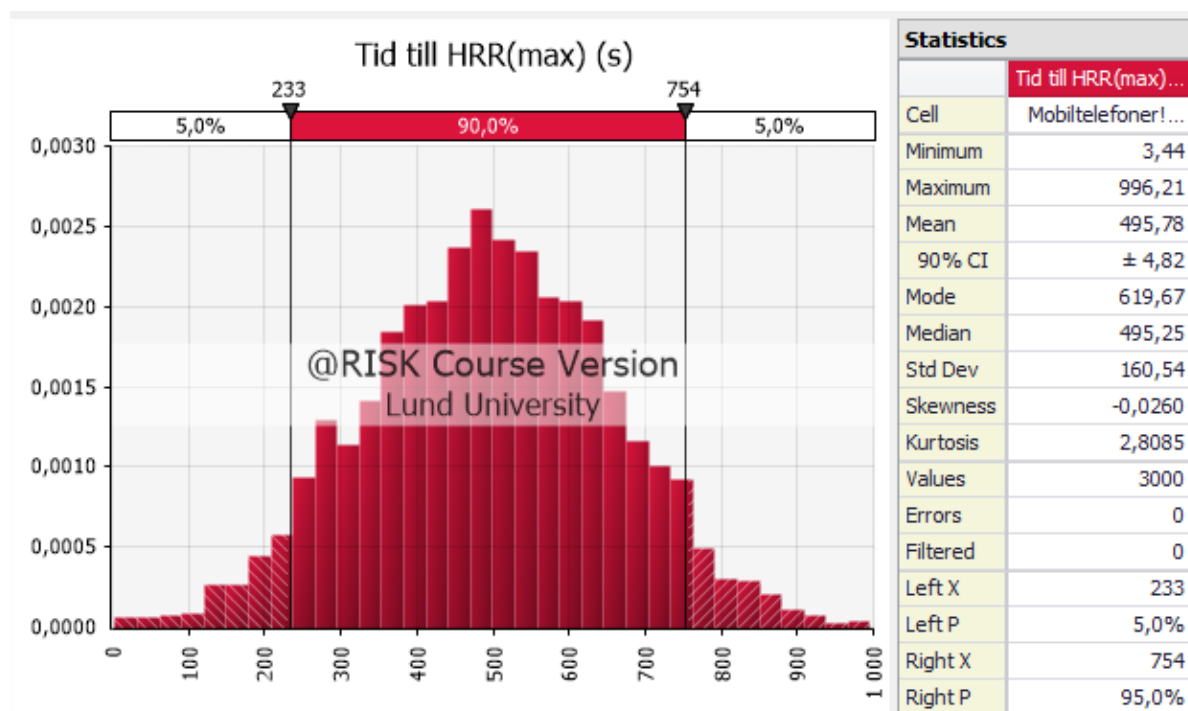
Den andra osäkra parametern var resultatet av förbränningen av mobiltelefonerna, HRR (max). Även om detta är en parameter som antas påverkas av laddning var en osäkerhetsanalys aktuell

för att kontrollera dess variation. Resultatet av simuleringen visas i Figur 26 där 90% av brändernas HRR (max) beräknas ligga inom intervallet 1,63–18,64kW.



Figur 26. Normalfördelningen av HRR (max) för mobiltelefonerna som antändes.

Den sista parametern, tiden till att HRR (max) uppstod för respektive brand, varierade mellan 300 och 700 sekunder enligt kapitel 7. Därför genomfördes en fördelning för tiden, Figur 27, som visar att tiden tills HRR (max) inträffar ligger inom intervallet 233–754 sekunder med en pik för högst sannolikhet runt 500 sekunder.

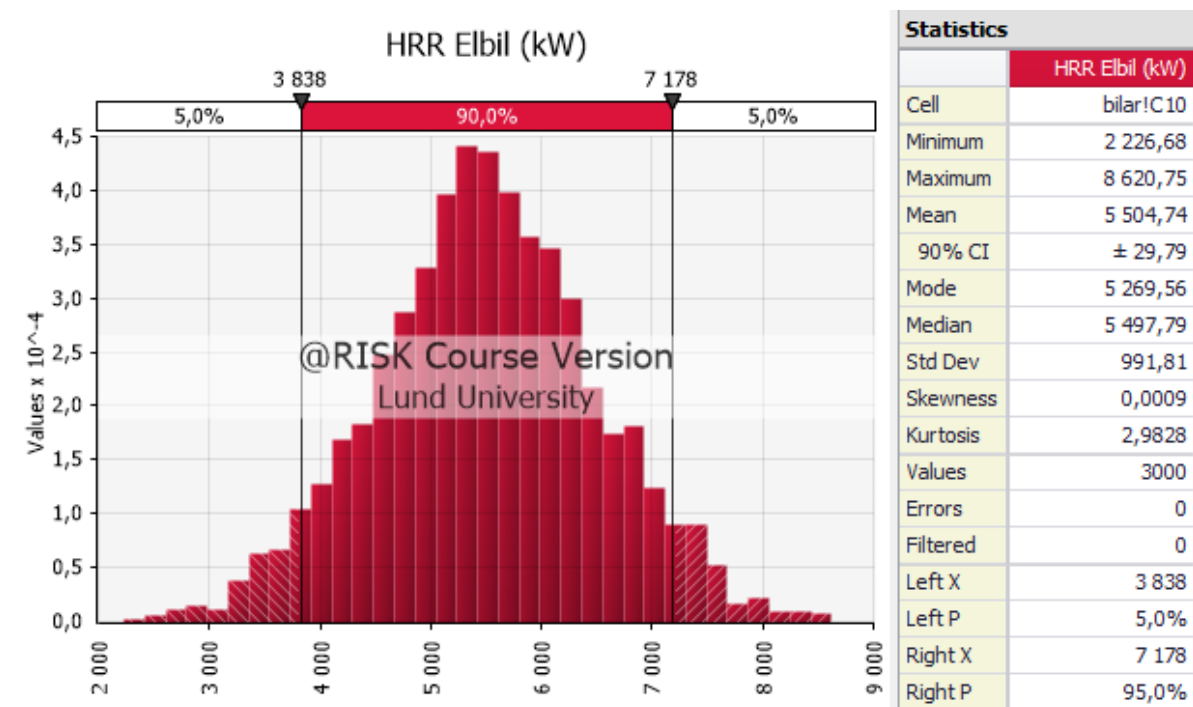


Figur 27. Normalfördelningen av tid till HRR (max) för mobilerna som eldades.

## 11.2. Elbil

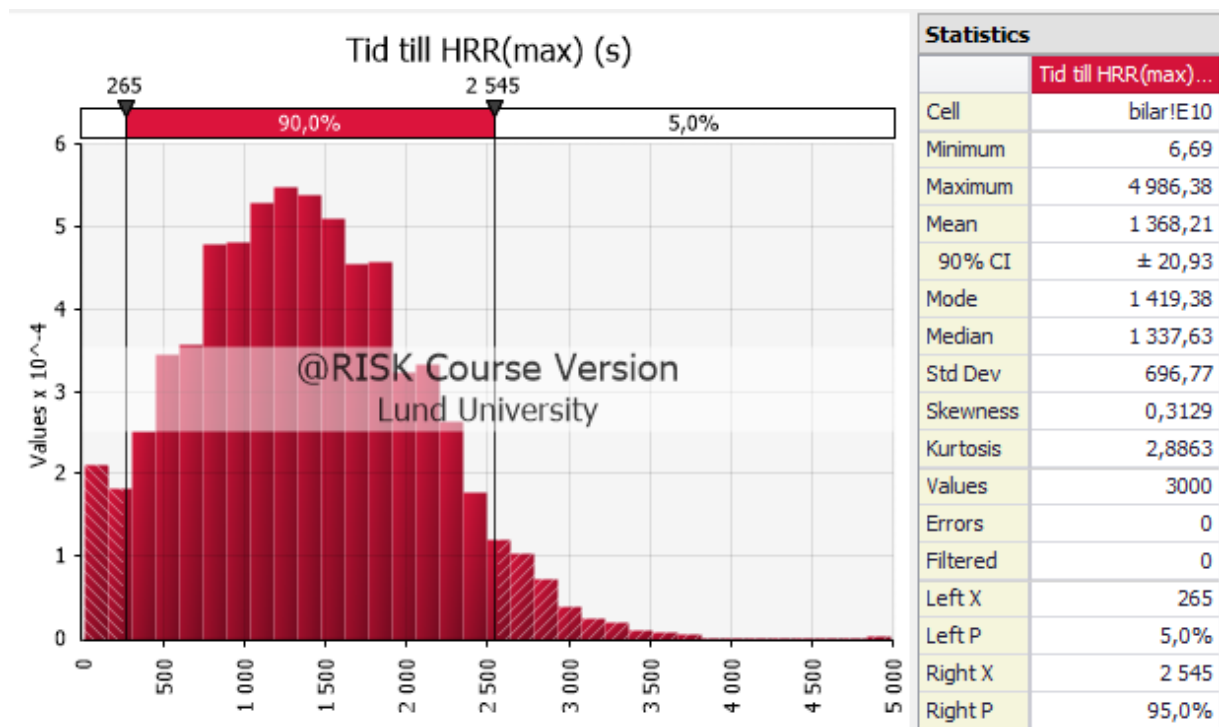
För elbilsbränderna var det parametrarna HRR (max) samt tid till HRR (max) som kunde utläsas ur diagrammet från Figur 9 i kapitel 7, i diagrammet var där fem olika laddningsbara bilar som testats. Då kurvorna i diagrammet visade olika tid till HRR (max) samt olika högt HRR utfördes en fördelning enligt Figur 28 samt Figur 29 nedan.

I Figur 28 visar fördelningen att 90% av HRR (max) ligger inom intervallet 3838-7178kW med en pik runt 5500kW.



Figur 28. Normalfördelningen för HRR (max) för de fem försöken i Figur 24 i kapitel 7.

Osäkerhetsanalysen för tiden till HRR (max), Figur 29, visar att 90% finns inom 265–2545 sekunder vilket innefattar ett ganska brett intervall och bidrar till en större variation för piken för termisk rusning som påverkar när HRR (max) inträffar vid en eventuell brand för de laddningsbara bilarna.

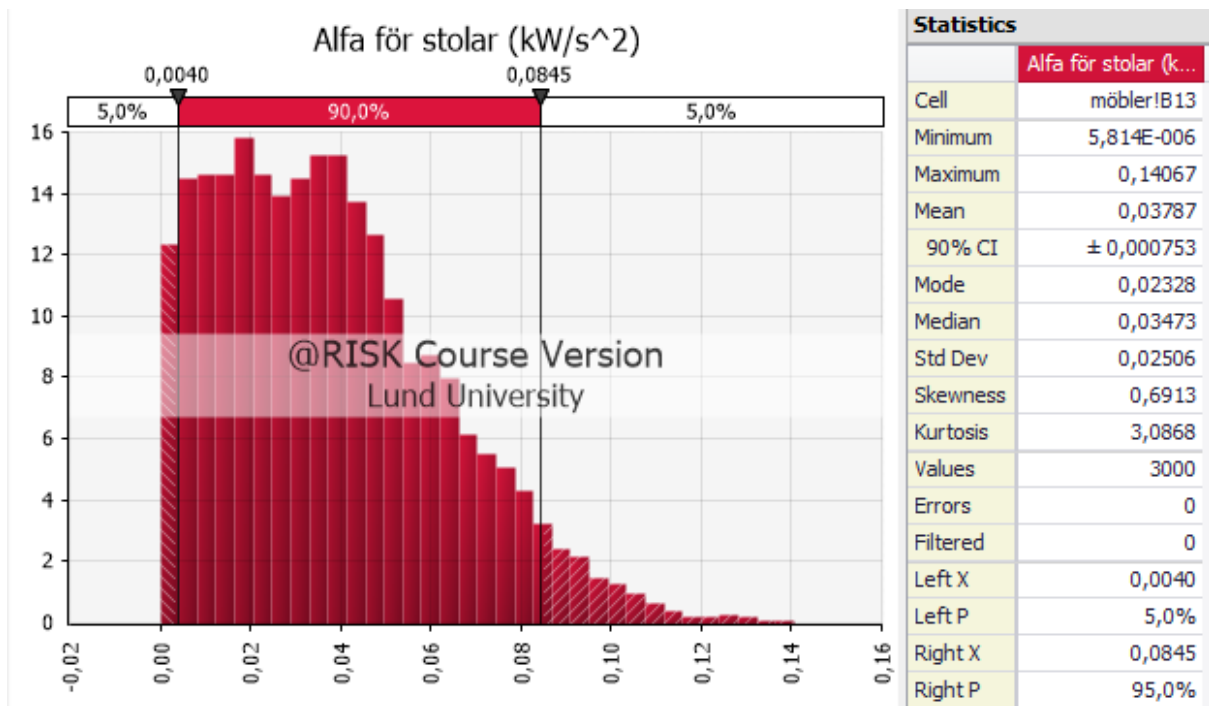


Figur 29. Normalfördelningen för tiden till HRR (max) för de fem olika testerna för de laddningsbara bilarna i Figur 24.

### 11.3 Kök och vardagsrum

För scenariot vid brand i kök och vardagsrum uppskattades en del parametrar, bland annat storleken på rummet och därav både antalet möbler och typ av möbler utefter vad som ansågs rimligt i ett kök och vardagsrum. Detta val påverkade sedan bland annat  $\alpha$  – värdena för de olika inredningsobjekten. Även  $\alpha$  – värdet för olika möbler uppskattades efter EFD och Branddatabasen från A. James Clark School of Engineering, även kallad firebid (Engineering, 2022) för att välja ett lämpligt värde. Det fanns dock för flera möbler som placerades i rummet olika värden för  $\alpha$  vilket påverkade  $at^2$  – kurvan och därmed även HRR (max). För att visa hur osäkerheten för  $\alpha$  – värdet kan påverkas gjordes en osäkerhetsanalys för stolar i köket. Genom att ta hänsyn till alla  $\alpha$  – värden för stolar som fanns att tillgå i EFD och visar fördelningen i Figur 30 ett intervall där 90% placerades mellan 0,0040–0,0845 kW/s<sup>2</sup>. I 90% konfidensintervallet låg medelvärdet på 0,038 med en standardavvikelse på 0,00075.

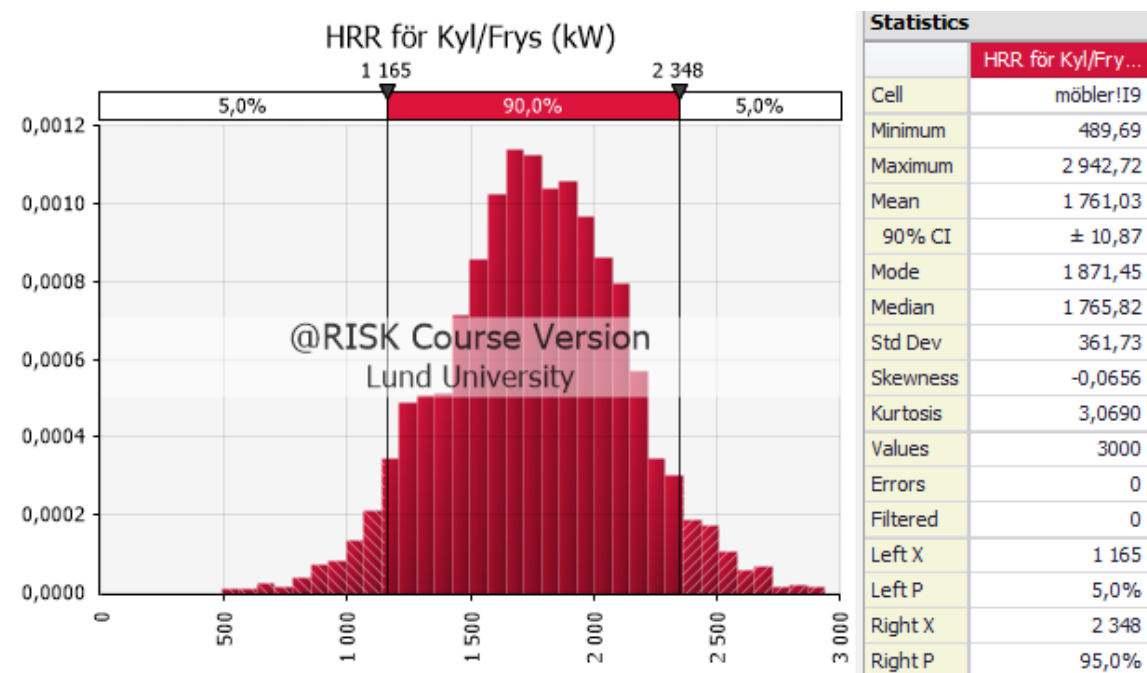
Eftersom det fanns en del andra möbler i rummen som baserades på samma sätt valdes stolar som ett representativt scenario för att visa hur osäkerheten i en parameter av  $\alpha$  kan variera, därav presenteras inte variationen av de andra möblernas variation på  $\alpha$  men antas fortfarande vara osäkra och påverka resultatet av HRR (max) för rummen.



Figur 30. Normalfördelningen av  $\alpha$  – värdet för stolar.

Vissa av möblerna hade inget varierande  $\alpha$  – värde utan istället ett HRR (max) värde som presenterat i firebids tabell (Engineering, 2022). Exempelvis användes detta för kyl/frys i köksutrymmet vilket innebar att ett värde ansågs representativt för scenariot och användes för beräkning av kurvan för HRR i köket.

Värdena för kyl/frys varierade dock och därför samlades alla värde för Kyl/frys in för en osäkerhetsanalys av HRR (max)-värdet vilket resulterade i Figur 31 nedan där 90% hamnade inom intervallet 1165-2348kW.



Figur 31. Normalfördelningen av HRR (max) för kyl/frys baserat på värden från firebid.

## 12 Jämförelse och diskussion av Li-jonbatteribränderna och deras jämförelsebränder

I det här avsnittet jämförs bränder där Li-jonprodukterna mobil, bärbar dator, elbil och hoverboard antänds med sex stycken jämförelsescenarier. Dessa är spisbrand i kök elfel i kök, brand på grund av levande ljus och rökning i vardagsrum samt brand i garage på grund av antändning av brännbara vätskor och elfel. Möblemang och produkter som förvaras i lokalerna, utöver Li-jonbatteriprodukterna och antändningsföremålen i deras jämförelsebränder, antas finnas i samtliga scenarier som utspelas i varje rum. Jämförelserna görs främst med avseende på utrymningsmöjlighet och HRR utifrån diagrammen som redovisades i kapitel 7 och 9.

### 12.1 Utrymning

Risken för hälsorelaterade skador varierar beroende på evakueringstiden. Fridolf et al (2018) gjorde en modell där de beräknade en normalfördelning av olika människors gånghastighet i en rökig miljö med sikt på 5 m där medelgånghastigheten var 1 m/s medan den för exempelvis äldre och rörelsehindrade, befanns vara 0,85 m/s (Fridolf et al., 2018). Då maximalt gångavstånd ska understiga 30 m för att utrymma en bostad, exempelvis en villa eller lägenhet, enligt Boverkets Byggregler (2011:6), paragraf 5:322 bedöms detta vara ett representativt avstånd. En stor majoritet av svenskarna bor i lägenheter som, i Sveriges tre största bostadskommuner, oftast består av två rum och kök med en bostadsarea på 57 m<sup>2</sup> (SCB, 2016) så sannolikheten att avståndet som krävs för att lämna bostaden är större än 30 m bedöms vara lågt. Tvärtom är det rekommenderat att ha minst två av varandra oberoende utrymningsvägar i Boverkets Byggregler (BBR 5:311), vilket bör sänka risken för ännu längre gångsträckor ytterligare.

Konservativt räknat, med lägsta gånghastigheten 0,85 m/s, blir då utrymningstiden  $30/0,85 = 35$  sekunder, ett värde som kommer att användas i den här analysen. Dock bör det också finnas en förberedelsetid, då människor undersöker vad som sker alternativt försöker släcka branden själva, därför adderades en minut till den tiden vilket ger en utrymningstid på  $35+60= 95$  sekunder.

Hänsyn bör dock tas till utrymningsmöjligheterna så att människor som befinner sig i bostaden ska kunna sätta sig själva i säkerhet. Även om det går att utrymma lokalen där branden sker kan det finnas hinder i form av exempelvis rökfyllda trapphus eller blockerad utrymningsväg om det är ett flerfamiljshus. I villor och mindre vanligt förekommande boendelösningar kan även extremfall förekomma såsom mycket stora rum som är svåra att utrymma eller ogynnsamma planlösningar.

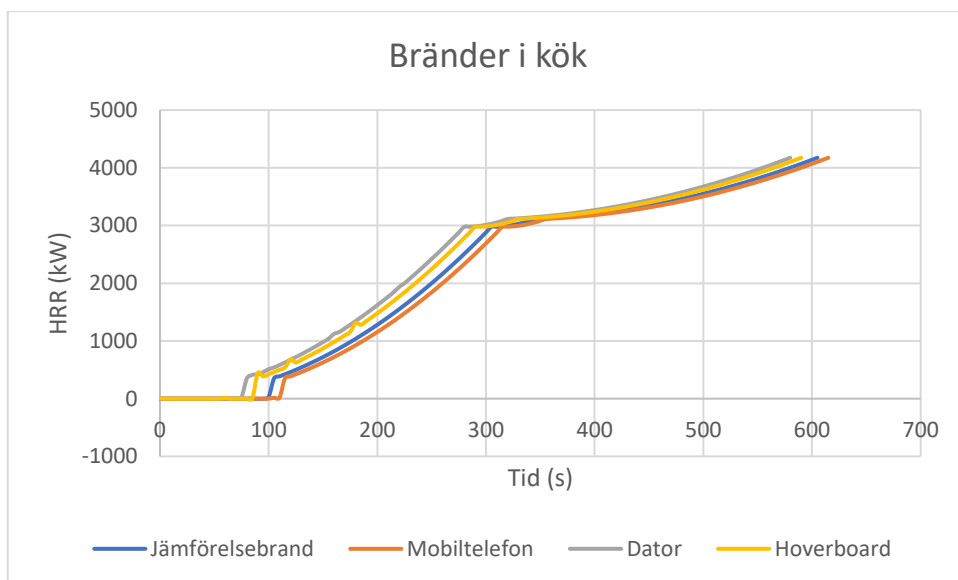
### 12.2 Jämförelse av sannolikheter och konsekvenser för kök och vardagsrum

Nedan presenteras en jämförelse mellan bränder med och utan Li-jonbatteriprodukter för de mest sannolika och värsta-fallscenarierna i vardagsrum samt kök.

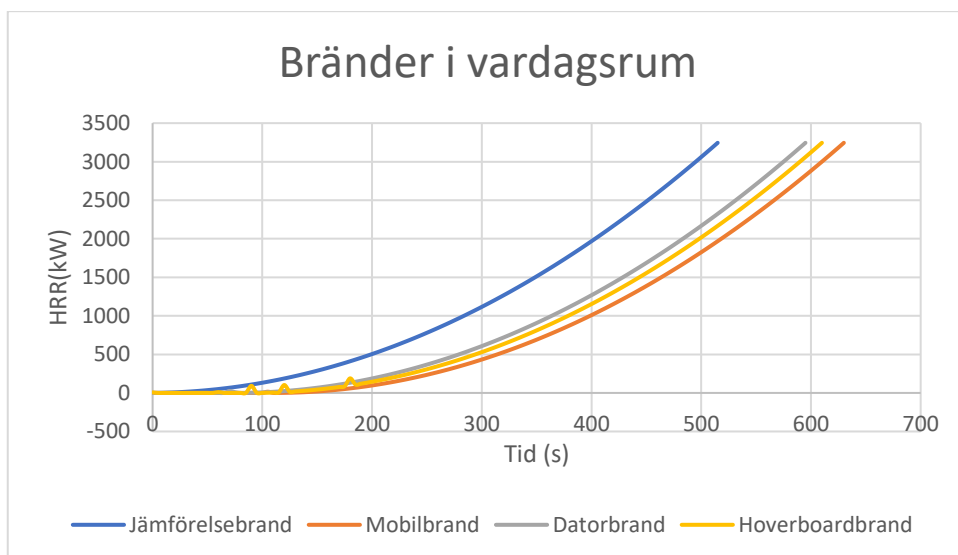
#### 12.2.1 Värsta-Fall scenarierna

I Figur 32 och 33 nedan redovisas HRR-kurvorna från alla värsta-fallscenarierna i Kapitel 9 och 10 för kök och vardagsrum. Eftersom Li-jonbatteribränderna bara brinner med hög HRR under en kortare tid innan de slocknar samt att endast hoverboarden har en hög effektutveckling i jämförelse med inredningen i rummet så är det främst antändningstiden som varierar mellan de olika bränderna där datorbranden är den som antänds först. I jämförelse med rumsbranden är

bränderna i mobiltelefon och dator så små att deras maximala HRR inte syns på kurvan, endast pikarna på hoverboard-kurvan noteras i graferna.



Figur 32. HRR för jämförelsebranden och bränder som har mobiltelefon, dator och hoverboard som användningskälla i kök.



Figur 33. HRR för jämförelsebranden och bränder som har mobiltelefon, dator och hoverboard som användningskälla i vardagsrum.

I Tabell 30 redovisas vidare maximal HRR för respektive rumsbrand samt HRR efter 95 sekunder, då personerna antas senast utrymma bostaden.

Tabell 30. Maximal HRR och HRR efter 95 sekunder för respektive brand.

Brand	Maximal HRR (kW)	HRR efter 95 sekunder (kW)
Jämförelsebrand vardagsrum	3200	108
Vardagsrumsbrand på grund av antänd mobil	3200	0
Vardagsrumsbrand på grund av antänd dator	3200	5

Vardagsrumsbrand på grund av antänd hoverboard	3200	92
Jämförelsebrand kök	4200	0
Köksbrand på grund av antänd mobil	4200	0
Köksbrand på grund av antänd dator	4200	25
Köksbrand på grund av antänd hoverboard	4200	92

Köksbranden orsakar en betydligt högre HRR för brandspridning i hela köket än vardagsrumsbranden, men har en längre antändningstid än den för vardagsrummet. Majoriteten av bränderna växte också så snabbt att utrymning försvårades. Brändernas tillväxthastighet bedöms ha beräknats konservativt då det antogs att jämförelsebränderna antändes direkt utan exempelvis glödbland då det levande ljuset och cigaretten antände möblemanget. Vidare utsattes Li-jonbatteriprodukterna och spisbranden för en extern flamma vilket också bedöms motsvara ett konservativt scenario.

Efter 95 sekunder hade flera bränders HRR stigit till så höga nivåer att utrymning försvårades, däremot hann inte kökets jämförelsebrand och mobilen antändas under 95 sekunder. Det finns dock en osäkerhet kring utrymningen då det inte är säkert att personerna i lägenheten noterar upphettningen av Li-jonbatteriprodukterna innan de går in i en termisk rusning. Vid experimenten där mobilerna brändes fanns det varningstecken i form av rök och smält plast, men det är inte säkert att samma tecken finns utan den externa antändningsflaman. Vidare är det inte säkert att personerna befinner sig i rummet och noterar vad som händer. Det innebär att branden kan utgöra en ännu större risk om den termiska rusningen från en Li-jonbatteriprodukt kommer som en överraskning.

Det fanns även osäkerheter angående vilken HRR de brännbara materialen i köket och vardagsrummet hade. I avsnitt 11.3 gjordes en normalfördelning för  $\alpha$ -värden för stolar, den möbel med mest data för olika typer, som sedan Monte Carlosimulerades. Det gav ett 90% konfidensintervall med ett medelvärde på 0,04 och en standardavvikelse på 0,00075, vilket innebär att brandspridningen varierar betydligt beroende på vilken stol som ingår i branden. Troligen finns det liknande osäkerheter för resterande möblemang, även om tillgängliga data var mer begränsad för dem.

Det är dock inte endast HRR som bör beaktas. Vid brand av Li-jonbatterier kan även emittering av hälsofarliga gaser ske, vilka kan skada människor som befinner sig i lokalen. I experimenten där mobilerna och datorn brändes uppmättes hälsofarliga kolmonoxidkoncentrationer i samtliga försök, samma data saknas för hoverboardbränder, men då mobilbatterierna är minst av de tre produkterna är sannolikheten hög för att samma sak gäller för de andra två.

Li-jonbatteriprodukterna kan även avge farliga nivåer av HF vid brand. När datorn i avsnitt 7.2 brändes av Andersson et al 2013 avgavs totalt 1,9 gram av ämnet med hastigheten 0,0011 g/s och en yield på 7,3 mg/g, även mobilen och hoverboarden avgav troligen HF, men dessvärre fanns inte mängden dokumenterad i någon källa för dessa produkter. Mängden datorn avgav var dock betydligt mindre, än den som ingick när hudpenetrationen uppmättes efter 20 minuter av MSB 2021. Yelden överstiger dock samtliga gränsvärden nämnda i avsnitt 2.5. Enligt (AISAB, 2022) är sannolikheten för dödsfall låg i sådana mängder om det är under en kortare tid, då HF avges i gasform, vidare så antas köket ha ventilationsöppningar i form av exempelvis dörrar så



även om symptom som irritation och smärta kan uppstå bedöms inte dödsrisken på grund av HF-förgiftning vara hög för en frisk person. Om det är en person med sjukdomar eller skador som kan påverka andningsorganen kan dock hälsorisken vara högre.

När de två datorbatteripaketerna brändes skede flera snabba utbrott av stora flammor, så kallade outbursts, som varade mellan en och tjugo sekunder. Hoverboards brann på liknande sätt och sådana produkter har även exploderat ett flertal gånger. Explosioner är en väldokumenterad konsekvens av Li-jonbatteribränder och kan utgöra allvarliga hälsoeffekter på människor i nära omgivning av branden i form av splitterskador.

### 12.2.2 Mest sannolika scenarierna

De mest sannolika scenarierna var att varje enskild produkt antändes utan att sprida sig vidare till intilliggande material. Den maximala effektutvecklingen för varje fall samt den efter 95 sekunder, då personerna antas senast utrymma bostaden, redovisas i Tabell 31 nedan.

Tabell 31. Maximal HRR och HRR efter 95 sekunder för respektive brand.

Antändningskälla	Maximal HRR (kW)	HRR efter 95 sekunder (kW)
Spisbrand	32,3	0
Elfel	1816 (kyl/frys), 19 (kaffekokare) eller närmare 0 om det är en liten gnista	40 eller 0 om det endast är en mindre gnista.
Levande ljus	0,077	0,077
Cigarett	0,005	0,005
Mobiltelefon (Mobil 2)	15,6	0
Bärbar dator	25,0	25
Hoverboard	550	92

Det kan konstateras att samtliga Li-jonbatteriprodukter utom mobil ökade så snabbt i storlek att utrymning försvårades. Levande ljus, elfel och cigaretter antändes direkt, medan spisbranden inte ökade i storlek under utrymningstiden, dock var bränderna från ljus och cigarett så små att de inte bedömdes utgöra någon skada. Det bör dock noteras att elfelets brandspridning varierar i storlek beroende på antändningskälla, här är därmed osäkerheterna höga. Av bränderna var det även elfel som hade högsta möjliga HRR på 1816 kW i kyl/frys. Elfel kan dock uppstå av många olika skäl och enligt Elsäkerhetsverket uppstår de oftare i exempelvis någon sladd eller kontakt än i externa produkter (Elsäkerhetsverket, 2021a). Värdena för kyl/frys varierade också mellan olika produkter, därför samlades alla värden för Kyl/frys in för att kunna genomföra en osäkerhetsanalys av HRR (max)-värdet i avsnitt 11.3, vilket gav ett intervall på 1165-2348kW.

Mobilbrändernas HRR varierade också beroende på mobiltelefon och laddning, vilket redovisas i avsnitt 11.1 där en osäkerhetsanalys genomfördes på data från experimenten i Kapitel 7. Resultatet av fördelningen av osäkerheterna visade att 90% av brändernas maximala HRR beräknas ligga inom intervallet 1,63–18,64kW. Om möjligt hade en liknande osäkerhetsanalys gjorts för bärbar dator och hoverboard, men dataunderlaget var för litet. Då det bara var tre mobiler som utgjorde basen för osäkerhetsanalysen hade ett större försöksunderlag troligtvis resulterat i ett bättre resultat där med.

### 12.2.3 Sannolikhet och statistik för brand i vardagsrum och kök

Enligt IDA, MSB:s databas, se matriserna i Kapitel 8, dog två personer/år medan över 15 personer/år fördes till sjukhus till följd av brand i kök där inga batterier förekom. Sannolikheten för icke-batterirelaterade bränder i kök var vidare över 0,15 bränder/år.

I köksbränder där batteribränder ingick var sannolikheten för att en brand skulle inträffa under 0,005. Där skedde noll dödsfall/år och under 5 personer/år fördes till sjukhus, vilket kan vara en följd av att den här typen av bränder var mycket få under den tidsperioden. Sannolikheten för en Li-jonbatteribrand i köket är därför mycket låg medan spisbränder och bränder på grund av elfel är vanligt förekommande. Statistiskt sett är därmed jämförelsebränderna mer riskabla än Li-jonbatteribränderna eftersom antalet Li-jonbränder är så få i jämförelse. Konsekvenserna om en Li-jonbatteriprodukt deltar i eller startar en köksbrand är däremot högre då det orsakar ett större HRR, undantaget är en mobiltelefon som hade en relativt låg effektutveckling.

Sannolikheten att en brand skulle uppstå i någon av Li-jonbatteriprodukterna är betydligt lägre än för jämförelsebränderna i vardagsrummet. Sannolikheten för en icke-batterirelaterad brand var enligt IDA, MSB:s databas, se Kapitel 8, under 0,005 medans inga personer dog och under 5 fördes till sjukhus per år. Detta kan jämföras med de icke batterirelaterade bränderna där sannolikheten för att en vardagsrumsbrand inträffade varierade mellan 0,01 och 0,15. En person per år dog i den typen av bränder och över 15 fördes till sjukhus. Statistiskt sett är det därmed fler som skadas eller död till följd av icke batterirelaterade bränder därför betydligt högre även om de beräknade konsekvenserna för en Li-jonbatteribrand är minst lika allvarliga, beroende på antändningsobjekt.

### 12.3 Garagebrand

I avsnittet nedan jämförs bränder till följd av att de brännbaravätskorna bensin, olja och spolärvätska antänds, där även sprayburkar påverkas av branden, med bränder orsakade av mobiltelefon respektive hoverboard. Vidare kommer brand orsakad av fossilbil att jämföras med sin elbilmotsvarighet.

#### 12.3.1 Värsta-Fall scenarierna

Värsta-Fall scenarierna för brand i garage redovisas i Tabell 32 nedan.

Tabell 32. Maximal HRR och tid tills det inträffar.

Antändningskälla	Maximal HRR (kW)	HRR efter 95 sekunder (kW)
Fullständig brandspridning i garage jämförelsebrand	1500	9400
Fullständig brandspridning i garage Li-jonbatteribrand	7400	92

Då jämförelsebranden startade antingen genom att brännbara vätskor utgjorde antändningskälla eller att ett mindre elfel antände dem så startade en pölbrand direkt i dem vilket orsakade en mycket snabb brandökning. Därmed steg HRR till 9400 inom bara några sekunder vilket omöjliggjorde en säker utrymning. Elbilen tog däremot 550 sekunder på sig för att nå maximal HRR och ca 300 sekunder för att antändas vilket innebar att endast hoverboarden hann antändas, även om dess HRR uppnådde skadliga nivåer.

Vid bränderna producerar både elbilar och fossilbilar stora mängder HF. I Tabell 33 nedan presenteras det maximala massflödet för två elbilar respektive två fossilbilar i ett experiment utfört av Lecocq et al. (2012) där elbilar och fossilbilar av liknande typ från samma manufacturer jämförs med varandra. Det kan konstateras att det inte är någon större skillnad i flödena av HF mellan biltyperna.

Tabell 33. Maximalt massflöde av HF för bilarna vid brand. Källa: (Lecocq et al., 2012)

Bil	HF (g/s)
EV Manufacturer 1	2,8
ICE Manufacturer 1	3,9
EV Manufacturer 2	4,0
ICE Manufacturer 2	3,6

Lecocq et al 2012 mätte även skillnaden i maximal HRR för bilarna vilket redovisas i Kapitel 7 där de jämförde bilar från samma tillverkare (manufacturer) där ICE står för fossilbil och EV för elbil. Det skilde endast några hundra kW mellan el- och fossilbilarna från respektive tillverkare och fossilbilarna konstaterades ha högre maximal HRR än elbilarna (Lecocq et al., 2012), vilket kan bero på att även fossilbilar innehåller mycket brännbart material i form av bränsle som exempelvis bensin.

Tabell 34. Maximal HRR och antändningstid för bilarna: Källa: (Lecocq et al., 2012)

Bil	Maximal HRR (kW)	Antändningstid (s)
EV-Manufacturer 1	4500	1800
EV-Manufacturer 2	4200	1400
ICE Manufacturer 1	4900	1800
ICE Manufacturer 2	6000	1400

Elbilen som användes i scenarierna var dock konservativt vald med ett HRR på 6800 kW och 550 sekunders antändningstid för att ge ett mer konservativt resultat.

Baserat på de fem elbilarna som analyserades i avsnitt 7.3 gjordes en osäkerhetsanalys på den maximala HRR som kunde produceras vid brand. Det kunde variera inom 90% konfidensintervallet på 3838-7178kW med ett medelvärde 5500kW enligt Monte Carlosimuleringen, se avsnitt 11.2. En likadan osäkerhetsanalys gjordes för att granska tiden till maximal HRR där ett 90% konfidensintervallet varierade mellan 265 och 2545 sekunder, vilket är en anmärkningsvärt stor bredd.

### 12.3.2 Mest sannolika scenarierna

I Tabell 35 nedan redovisas maximal HRR och HRR efter 95 sekunder för de produkter som ingick i de mest sannolika garagescenierna.

Tabell 35. Maximal HRR och HRR efter 95 sekunder för respektive brand.

Antändningskälla	Maximal HRR (kW)	HRR efter 95 sekunder (kW)
Liten bensinpölbrand	510	510
Elfel	19	19
Mobiltelefon (Mobil 2)	15,6	0
Hoverboard	92	92

Av dessa fall producerade pölbranden den största effektutvecklingen följt av hoverboard inom 95 sekunder, därför bedömdes utrymningen från en sådan brand bli betydligt svårare. Det saknades dock information om vilken HRR elfelet uppnådde efter 95 sekunder så konservativt antogs det att den var densamma som den maximala, det vill säga 19 kW.

### 12.3.3 Sannolikhet och statistik för brand i vardagsrum och kök

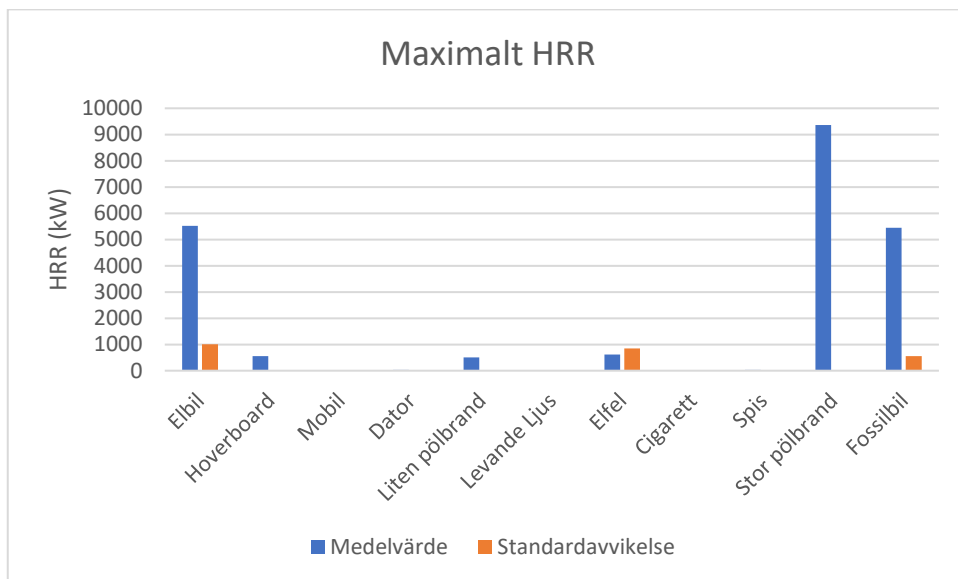
Sannolikheten för en garagebrand är låg både om batterier ingår eller ej. I båda fall är sannolikheten att de uppstår under 0,005 där noll personer dog och under fem personer fördes till sjukhus per år 2018–2020, se riskmatriserna i Kapitel 8. Detta tros bero på att lagstiftningen förebyggt många sådana bränder genom att begränsa mängden brännbara ämnen som får förvaras i olika sorters garage, vilket beskrivs närmare i avsnitt 8.4 och 9.4, samt hur de ska hanteras. De beräknade konsekvenserna är därmed mycket hög för den typen av bränder medan sannolikheten är låg.

## 13 Resultat

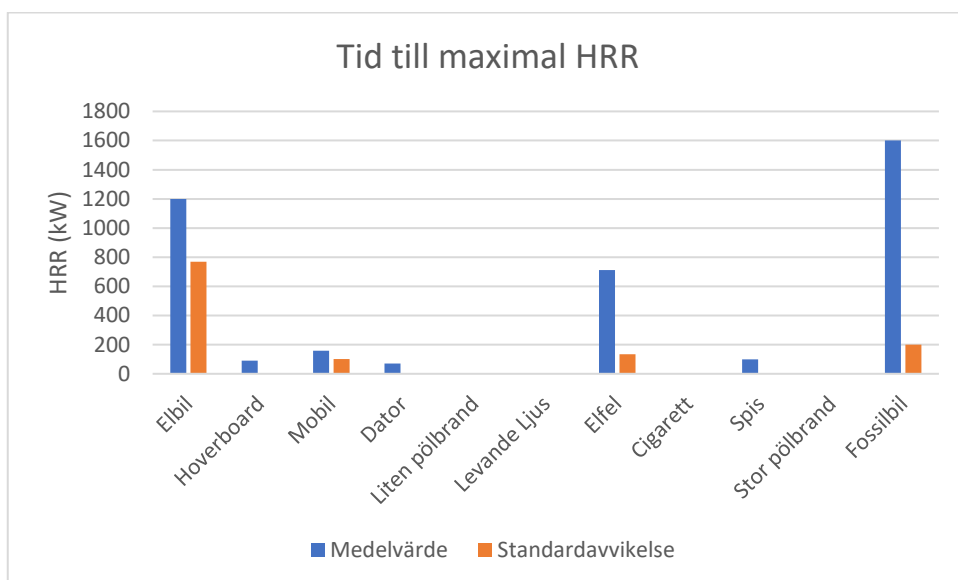
Att jämföra de Li-jonbatterirelaterade och de icke Li-jonbatterirelaterade bränderna var ett komplext arbete då det var flera olika bränder som orsakade varierande typer av scenarier. Medelvärde och standardavvikelse för de olika Li-jonbatteriprodukternas och jämförelseprodukternas HRR redovisas i Figur 34 medan tiden för respektive produkt att uppnå maximalt HRR redovisas i Figur 35. Det kan noteras att spridningen mellan de olika produkterna är stor. Exempelvis så är HRR för cigarett, dator, mobil, levande ljus och spis knappt synliga då den stora pölbranden samt bilbränderna är betydligt större.

Tid till maximalt HRR varierar också betydligt mellan de olika produkterna där cigaretter, pölbränder och levande ljus antänds nästan direkt medan Li-jonbatteriprodukterna tog längre tid. Elfel var också komplext då det kunde ske i många olika produkter så tiden kunde variera mellan ett fåtal och hundratals sekunder. Ytterligare en fråga kring tidsfaktorn var dess definition då vi i detta arbete räknade från tid då de utsattes för värme från en extern flamma, vilket gav Li-jonbatteriprodukterna en lång antändningstid. Om tiden 0 i stället satts till tiden då Li-jonbatterierna antändes hade tiden till maximal HRR endast varit ett fåtal sekunder för dessa produkter.

En del produkter som hoverboard, cigarett och dator var bara baserade på ett värde, därmed kunde ingen standardavvikelse beräknas för dem utan det fick redovisas som ett antaget medelvärde.



Figur 34. Medelvärdet och standardavvikelsen för maximalt HRR för de olika produkterna.



Figur 35. Medelvärdet och standardavvikelsen för tid till maximalt HRR för de olika produkterna.

Sammanfattningsvis kan det därmed konstateras att risken till följd av brand varierar beroende på produkt och vad den jämförs mot, men att resultaten är omgärdade av osäkerheter.

## 14 Diskussion

Fokus i detta arbete låg på att undersöka om det fanns några skillnader kring riskerna och konsekvenserna för en brand i hemmet som startar i ett Li-jonbatteri respektive för en jämförelsebrand utan Li-jonbatteri. Det konstaterades att riskerna för brand i Li-jonbatteriprodukter varierade betydligt beroende på produkt, lokal och omgivande brännbara material. På samma sätt var jämförelsebränderna också ytterst mångfacetterade. Överlag kan det konstateras att de mest sannolika bränderna ofta hade lägst konsekvens medan de som kunde resultera i de allvarligaste konsekvenserna, som ej anlagd bilbrand, var ytterst osannolika, statistiskt sett. Då variationen i scenarierna samt deras risker och konsekvenser var så stor beslutades det därför att jämföra dem kvalitativt.

För att göra en jämförelse av Li-jonbatteri bränder och vanligt förekommande bränder i hemmet användes representativa scenarier där en lokal inreddes på ett representativt sätt och olika typer av bränder antogs antändas och sprida sig i den. Då det finns stora individuella variationer i inredning är lokalerna endast utrustade med vanligt förekommande möbler. Det saknades också statistik angående vanligaste sättet att inreda olika utrymmen så flera antaganden har gjorts här.

Det antogs vidare att branden endast spred sig inom bostaden och att när personerna lämnat den var de satta i säkerhet. Detta då Boverkets Byggregler kräver att alla lägenheter ska uppföras som separata brandceller som ska hålla branden avskild från omgivningen under hela eller delar av brandförloppet (Boverket, 2022b). Att kvantitativt beräkna risken, exempelvis som summan av sannolikhet och konsekvens ansågs bli för missvisande, dels för att variationerna blivit för stora, men också för att statistiken för mer detaljerade scenarier inte existerade. Större delen av statistiken kommer från IDA, MSB:s databas, vilket är baserat på de insatser som räddningstjänsten blir larmade till och har möjligheten att rapportera kring. De bränder som räddningstjänsten inte blir larmade till finns därmed inte med i statistiken, utöver detta beskrivs bränderna mycket övergripande. Sannolikheten att mindre bränder, som slocknade innan någon skada förekom, inte rapporterades in av privatpersoner bedömdes också vara stor. Vidare studerades endast de rapporterade konsekvenserna av antal döda eller antal som behövt föras till sjukhus eller annan vårdenhet. Dödsfall var enkla att kvantifiera, dock saknades det information om hur allvarligt skadade de som behövde vård var. Att kvantifiera och jämföra konsekvenserna för mänskligt lidande ansågs också överstiga en ingenjörskompetens. Hur ska exempelvis en brännskada jämföras med långvarigt lidande eller dödsfall? Därför beslutades det att jämföra scenarierna utifrån parametrar som värmeutvecklingens storlek, spridning samt tid från antändning till maximalt HRR, vilket kompletterades med en konservativt framtagen utrymningshastighet.

Li-jonbatterier tillhör riskklass 9 enligt MSB åtgärdskalender vilket innebär att ett riskavstånd på 100 meter vid brand i batterierna är nödvändig, enligt MSB, se avsnitt 4.6, detta bortsågs från under arbetet då det ansågs vara nog att utrymma bostaden då det var ett slutet utrymme som kunde innesluta branden någorlunda.

HRR-kurvor beräknades utefter antaget startföremål baserat på statistik kring vanligast förekommande startföremål. Indata för beräkningar av inredningens brandbelastning sammanställdes utefter de möbler som valts att placeras i de olika rummen, vilket påverkar både den totala effekten av HRR men även scenarier kring brandspridning mellan inredningen i

rummet för en fullt utvecklad brand. Ytterligare en punkt som var svår att få en rättvis jämförelsebrand kring olika Li-jonbatterier var den adderade indata kring antalet bränder mellan 2018 och 2020. Detta gjordes då antalet batteribränder var ytterst få per år och sammankopplad i stora kategorier som ”batteri” och ”batteriladdare” i IDA:s databas. Sammanlagt var det 62 batteribränder 2018, 81 bränder 2019 och 115 bränder 2020 (MSB, 2022a). Detta innebar att Li-jonbatteri inte gick att urskilja från resterande batteribränder och det fanns även inga uppgifter på om det var orsakat av exempelvis en dator, en mobiltelefon eller något annat. Då Li-jonbatterier även ökat i användning sedan 2018 skulle det kunna innebära att andelen bränder per år ökar framöver. Även data från 2015–2016 skulle kunna sett annorlunda ut eftersom hoverboards var väldigt populära under dessa år och en hel del bränder uppdagades och diskuterades i media (NyTeknik, 2015).

Data som använts för insatser vid Li-jonbatteri bränder är från år 2018–2020 då data för år 2021 inte sammanställdes förrän i slutet av rapporten, vilket innebar att statistik för 2021 uteslöts och inte kunde tas någon hänsyn till i beräkningar och sammanställningar. Även indata till beräkningar är hämtat från Enclosure Fire Dynamics av Karlsson och Quintiere (1999), vilket kan innebära att de innehåller föråldrade data och värden kring förbränningshastighet för tester av möbler som fanns för 20-30 år sedan, men inte används idag. Även för antalet köksbränder som skett på grund av elfel eller glömd spisplatta används värden som registrerats fram tills 2015 vilket skulle kunna innebära att resultaten för antalet bränder som inträffat per år ändrats fram till idag. För en mindre osäker analys hade därmed nyare data krävts, men tillgången till sådan var begränsad.

Lagstiftning kring både hantering och förvaring av Li-jonbatterier i olika bostadstyper saknas och är ingenting som går att förhålla sig till idag, vilket innebär att det exempelvis kan förvaras ett stort antal mobiltelefoner, datorer eller dylikt i hemmet utan någon begränsning. Fler lagrade mobiltelefoner och datorer i kombination med att samhället blir alltmer elektroniskt har gjort att Li-jonbatterier blivit allt mer eftertraktade på grund av sin höga effektivitet. Detta leder till att utvecklingen av Li-jonbatteri blir vanligare i både omfattning och även i större format. De större Li-jonbatterierna i kombination med att gamla Li-jonbatteriprodukter lagras hemma kan innebära en högre risk vid brand samtidigt som det inte finns några lagar om maxantal eller förvaringskrav för att undvika dessa förhöjda risker. Enligt SMED:s rapport har andelen IKT-produkter ökat de senaste åren, vilket kan innebära att människor använder produkter under en kortare tid (vilket bidrar till ett större lager hemma) eller att de finns fler IKT-produkter per hushåll i bruk. Det är dock inte redovisat i antal i diagrammet utan i ton samt i konsumtionsgrupperingarna som utgör olika stora grupper av produkter, något som gör det svårt att beräkna antalet av varje produkt. Då SMED:s indata är presenterat från 2013–2018 skulle det även kunna vara ett annat konsumtionsbeteende de senare åren då marknaden kan ha ändrats sedan 2018.

Li-jonbatterierna som studerades närmare valdes ut beroende på hur vanligt förekommande de var i det svenska samhället, konsekvenserna om de antändes samt om det fanns något att lära sig av dem. Hoverboards var mycket populära för några år sedan då Li-jonbatteriprodukter fortfarande var nya på marknaden och kunskapen om deras risker låg. Då de visade sig lätt kunna överhettas, vilket orsakade termisk rusning i ett flertal fall, vilket orsakade en hög HRR

och i vissa fall explosioner kallades flera av dem tillbaka från marknaden och de sjönk i popularitet. Troligen kan detta ske om nya typer av Li-jonbatteriprodukter tas fram där kunskapen också är begränsad. Förhoppningsvis görs då en noggrann riskanalys så att producenten blir medvetna om och kan förebygga riskerna innan de säljs i större skala.

Riskerna relaterad till bränderna beror också på vem som utsätts för dem samt deras förmåga att utrymma. En ung, frisk person med god kondition bedöms kunna utrymma en lokal relativt snabbt medan äldre, funktionsnedsatta har en betydligt längre utrymningstid eller kanske behöver extern hjälp om de är sängliggande. Om personerna vidare har bakomliggande sjukdomar kan de också vara mer känsliga för toxiska brandgaser och drabbas kanske därför av allvarligare konsekvenser. I det här arbetet togs det hänsyn till sådana faktorer genom att beräkna utrymningshastigheter och konsekvenser konservativt samt ta hänsyn till olika värmerelaterade och toxiska gränsvärden. Arbetets fokus låg dock på analys av brändernas HRR och värmeutvecklingshastighet medan utrymningsscenariona kunnat analyserats närmare om det funnits tillgång till mer tid och informativa källor. På liknande vis var scenarierna begränsade till de olika rummen där det antogs att bränderna höll sig inom respektive utrymme och att utrymningen var utförd när bostaden utrymt. Det hade därför varit givande att analysera eventuell brandspridning mellan olika rum i hemmet och hur det kunnat påverka de brandrelaterade riskerna.

En svårighet som stöttes på under arbetets gång var att mängden information angående konsekvenserna varierade mellan olika produkter. Flera experiment hade gjorts för att mäta HRR för exempelvis elbilar, medan inget sådan kunde finnas för hoverboards och endast mycket gamla experiment för mobiler, det fanns även endast ett fåtal gjort för bärbara datorer. För att minska osäkerheten kring konsekvenserna av mobilbränder genomfördes experimentella försök för att beräkna HRR och kolmonoxidkoncentration vid mobilbränder. För de andra komponenterna som jämfördes kunde inte experimentella försök genomföras på grund av bristande tid och resurser och därav användes beräkningar istället. Andra ämnen som kunnat analyseras närmare i mån av tid var fler typer av Li-jonbatteriprodukter då endast tre valdes ut i den här rapporten, särskilt IKT-produkter som var mest vanligt förekommande i svenska hem.

Under rapportens gång har det stötts på felkällor i form av bristande information kring toxiska data för nedbrytningsprodukten  $\text{POF}_3$ . Det har bidragit till svårigheter kring att veta ifall ämnet kommer att reagera med andra organiska ämnen eller med vatten, vilket i så fall skulle leda till en större halt HF. Därav är det svårt att veta hur mycket toxiska ämnen det kommer att bildas vid en överhettning av ett batteri, vilket gör det svårt att få en uppfattning kring de toxiska variationerna mellan olika nedbrytningsprodukter som bildas.





## 15 Slutsatser

I detta arbete har riskerna med bränder i Li-jon produkter jämförts med riskerna i några utvalda jämförelsebränder. Li-jonbatteriprodukterna valdes ut baserat på en undersökning av marknadspenetreringen som resulterade i att mobiltelefon, dator, hoverboard och elbil valdes ut. Li-jonbatteribränderna jämfördes sedan med ett antal jämförelsebränder som valdes ut baserade på beräkningar av sannolikheter och konsekvenser i riskmatris 1 och 2 i kapitel 8, vilka baserades på statistik från IDA, MSB:s databas, för perioden 2018-2020. Dessa resulterade i jämförelsebränderna köksbrand (spis och elfel), vardagsrumsbrand (levande ljus och cigarett) och garagebrand (fosilbil och brandfarliga vätskor och gaser).

När utformningen av kök och vardagsrum gjorts samt antagande kring inredningen som placerades i respektive rum tagits fram beräknades en HRR-kurva för respektive rum. För garaget gjordes en enkätundersökning som resulterade i en uppskattad mängd av brandfarliga vätskor och gaser vilka användes i en pölbrandsberäkning. För Li-jonbatteribränderna ersattes både spisbranden och vardagsrumsbranden med en mobil-, dator- och hoverboardsbrand där de sedan antände samma bränslepaket. Det resulterade i kurvor som liknade de för jämförelsebränderna men med en lite längre antändnings tid för exempelvis mobiltelefonen i båda kurvorna, dock var detta endast en marginell skillnad. Det var vidare begränsat med data kring HRR-kurvorna både för dator, hoverboard och mobiltelefoner. För att få fram en HRR-kurva för mobilbranden utfördes några experiment i laboratoriet på brandavdelning vid Lunds tekniska högskola, beskrivet i avsnitt 7.1 för att få fram rimliga data, dock fanns det även där en del antagande kring bland annat laddningsstatus.

De statistiska konsekvenserna som studerades i rapporten var baserade på tillgänglig statistik i IDA, MSB:s databas, och delades in i antalet döda och antalet förda till sjukhus under perioden 2018-2020. Tid till maximal HRR samt det maximala HRR studerades också och jämfördes för att kunna studera skillnaden mellan olika antändningsobjekt för li-jonbatteribränderna och jämförelsebränderna. Även möjligheten till utrymning studerades med avseende på att hinna ut ur byggnaden.

Riskerna i termer av övertändning och maximalt uppnådda HRR befanns variera betydligt beroende på vilken Li-jonbatteriprodukt som antänds, jämförelsebrand och övriga brännbara material som förvaras i lokalen där branden uppstår.

I köket jämfördes brand i mobiltelefon, dator och hoverboard med brand på grund av elfel samt spisbrand. Jämförelsebränderna hade en betydligt högre sannolikhet att inträffa än Li-jonbatteribränderna medan konsekvenserna varierade beroende på Li-jonbatteriprodukt och jämförelsebrand. Konsekvenserna av en elbrand skiftade betydligt, från en liten gnista med en HRR närmare 0 kW till att en kyl/frys antänds med en effektutveckling på över 1000 kW.

I värsta-fallscenarierna i köket antogs samtliga bränder leda till fullständig brandspridning i köket medan antändningskällorna i de mest troliga scenarierna antogs tändas, men inte sprida sig. Då bidrog brand på grund av elfel, spisbrand och brand i de tre Li-jonbatteriprodukterna till att antingen antända de två bränslepaketet i köket eller så antändes de av värmeutvecklingen från de brinnande bränslepaketet. I samtliga fall hade elfel i form av en gnista lägst konsekvens följt av mobil, spisbrand, dator och hoverboard. Detta motiveras av att gnistan endast bidrog till

att antända bränslepaketen, men inte hade någon större effektutveckling i sig själv, mobilerna hade en högre HRR, men överstegs av spisbrandens. Datorn hade en liknande HRR som spisen, men branden som utvecklades var betydligt mer problematisk med flera möjliga outbursts och risk för explosion medan hoverboarden hade samma problematiska brandbeteende som datorn i kombination med ett högre HRR. Utrymningsmässigt var det brand till följd av elfel som utgjorde högst konsekvens då den antändes och spred sig direkt, medan de andra hade en längre antändningstid.

Värsta-fallscenarierna för vardagsrumsbranden hade en betydligt snabbare brandspridning än för köket då möblemanget bestod av snabbt brinnande material som fåtöljer och en soffa medan antändningskällorna i sig bestod av värmeljus och cigaretter. Båda dessa produkterna brinner lugnt och jämnt samt producerar ingen större HRR, risken låg istället i att de skulle råka antända möblemanget. De Li-jonbatteriprodukter vars bränder analyserades i vardagsrummet var återigen mobil, dator och hoverboard.

I de mest sannolika scenarierna tappades cigaretten eller föll ljuset ner i möblemanget, men slocknade utan att antända något. I de fallen var konsekvenserna av de bränderna betydligt lägre än om någon av Li-jonbatteriprodukterna antänts. I värsta-fallscenarierna bidrog ljuset, Li-jonbatteriprodukterna och cigaretten till att antända hela möblemanget. Samtliga Li-jonbatterier bedömdes bidra med en större konsekvens i form av toxiska gaser och hög HRR än värmeljuset och cigaretten. Jämförelsebränderna kunde dock antända bränslepaketen snabbare än Li-jonbatteriprodukterna som hade en längre antändningstid. Brand på grund av värmeljus och rökning är också betydligt vanligare än bränder i Li-jonbatterier i vardagsrum och ledde därmed till fler dödsfall per år 2018–2020. Utrymningen förutsätter dock att antändningen av Li-jonbatteriprodukterna upptäcks i ett tidigt skede, annars kommer den snabba effektutvecklingen till följd av termisk rusning att orsaka allvarliga skador.

I garaget var värsta-fallscenarierna de som hade de mest allvarliga konsekvenserna i det här arbetet. Då antändes samtliga brännbara material i lokalen. De brännbara vätskorna uppnådde snabbt deras maximala HRR på 9361 kW vilket ledde till att sprayflaskorna exploderade, till följd av värmeutvecklingen, ett scenario som är betydligt värre än om en hoverboard eller mobiltelefonen antänds.

Branden kan därefter sprida sig till fossilbilen som då kan få ett maximalt HRR på 5000–6000 kW samt producerar en mängd hälsofarliga gaser såsom HCl och HF. Medelvärde för den maximala värmeutvecklingen för samtliga elbilsbränder som analyserats var 5520 kW medan den högsta var 6800 kW vilket endast överstiger maximalt HRR för bilar med förbränningsmotorer med några hundra kilowatt. Värmeutvecklingen över tid har inte heller samma skarpa pik för elbilar när den termiska rusningen sker utan liknar den för bilar med förbränningsmotorer. På liknande vis är massflödet av HF för elbilar på ungefär samma nivå som bilar med förbränningsmotorer även om den totala avgivna massan HF i gram är nästan dubbelt så stor för elbilarna som fossilbilarna de jämfördes med. Massan av HCN och HCL skiljde sig endast åt med några tiotals gram medan mängden kolmonoxid och koldioxid var lägre för elbilarna än fossilbilarna.

Hade ett elfel uppstått hade det separat inte utvecklat någon större värmeutveckling, då det skett i en kabel, men i ett värsta-fallscenario hade det kunnat antända de brännbara vätskorna, vilket kunnat resultera i en fullständig brandspridning. Det mest troliga scenariot är dock att elfelet uppstår, men sedan slocknar av sig själv. På samma sätt är det mest troliga scenariot för en

vätskebrand att en mindre mängd antänds, men sedan slocknar utan att sprida sig. I de scenarierna är konsekvenserna lägre än för brand i mobil eller hoverboard.

Sannolikheten för en garagebrand är låg både om batterier ingår eller ej. I båda fall är sannolikheten att de uppstår under 0,005 där noll personer dog och under fem personer fördes till sjukhus per år 2018–2020.

Denna analys grundar sig slutligen på många antaganden där flera olika källor har använts som betyder att osäkerheter är stora. En del data, som den för elbilarna, har varit av god kvalitet och haft få osäkerheter, medan informationen varit bristande för andra produkter, vilket gett mer osäkra resultat. Det är dock tydligt att riskerna till följda Li-jonbatteribränder skiftar beroende på produkt och utrymme samt ofta är på samma nivå eller lägre än jämförelsebränderna. Allt är bara en fråga om vilka produkter och vilka parametrar som jämförs.



## Referenser

- ABB. (2022). *Energilager - så funkar det*.
- Abrahamsson, M. (1998). *Scenariotänkande vid brandsyn: utrymning av samlingslokaler*. Räddningsverket.
- AiRAH, W. P. M. (2011). Tenability criteria for design of smoke hazard management systems. *Ecolibrium Journal*, 32-37.
- Andersson, P., Blomqvist, P., Lorén, A., & Larsson, F. (2013). *Investigation of fire emissions from Li-ion batteries*.
- Andersson, P., Wikman, J., Arvidson, M., Larsson, F., & Willstrand, O. (2017). Safe introduction of battery propulsion at sea. In.
- Batteriföreningen. (2019). *Litiumjonbatterier*.
- Batteriföreningen. (2021). *Litium Jon*. Retrieved 2021-12-21 from
- Bisschop, R., Willstrand, O., Amon, F., & Rosenggren, M. (2019). *Fire safety of lithium-ion batteries in road vehicles*.
- Blum, A. F., & Long Jr, R. T. (2016). Fire Hazard Assessment of Lithium Ion Battery Energy Storage Systems.
- Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd), (2011).
- Boverket (2022). "Vad är en brandcell och när krävs inledning i brandceller?". 2022-05-09, from <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/fragor--svar/bbr-boverkets-byggregler/avsnitt-5-brandskydd/19/>.
- Brandforsk, M. o. (2018). *Brand i bostäder –så ska färre skadas och dö*.
- Brandkontoret. (2022). *Vanliga brandorsaker i hemmet*.
- Brandskyddsföreningen. (2019). *Så eldar du rätt i öppen spis*.
- Brandskyddsföreningen. (2022a). *Goda råd från Brandskyddsföreningen - Förebygg brand i hemmet*.
- Brandskyddsföreningen. (2022b). *Heta Arbeten*.
- Brandskyddsföreningen. (2022c). *Rökning*.
- Brandskyddsföreningen. (2022d). *Sopkärl*.
- Brandskyddsföreningen. (2022e). *Så här förebygger du en brand i din bostad*.
- Brandskyddsföreningen. (2022f). *Så kan vi minska dödsbränder hos äldre*.
- Celltech. (2022). *Batteriskolan Del 2 – Laddning*.
- Chemicals, S. (2018). *Säkerhetsdatablad spolarvätska (etanol)*.
- Dorsz, A., & Lewandowski, M. (2021). Analysis of Fire Hazards Associated with the Operation of Electric Vehicles in Enclosed Structures. *Energies*, 15(1), 11.

- Doughty, D. H., & Roth, E. P. (2012). A general discussion of Li ion battery safety. *The Electrochemical Society Interface*, 21(2), 37.
- elbilsstatistik.se. (2022a). *Elbilsstatistik*.
- elbilsstatistik.se. (2022b). *Just nu*.
- Elinstallatören. (2017). *Hoverboard trolig orsak till husbrand – igen*.
- Elinstallatören. (2021). *"Fyrverkeri-tårtor" och 10 andra saker som händer när elbilar brinner*.
- Elsäkerhetsverket. (2019). *Säkerhetsrisker med batterilager*.
- Elsäkerhetsverket. (2021a). *Delrapport - Elsäkerhet i bostäder*. Elsäkerhetsverket.
- Elsäkerhetsverket. (2021b). *Elsäkerhet i bostäder*.
- Engineering, A. J. C. S. o. (2022). *Burning Item Database*.  
[http://www.firebid.umd.edu/burning-item-database.php#:~:text=The%20Burning%20Item%20Database%20is,mattresses%2C%20bookcases%2C%20etc.\)](http://www.firebid.umd.edu/burning-item-database.php#:~:text=The%20Burning%20Item%20Database%20is,mattresses%2C%20bookcases%2C%20etc.)
- Ernst, A., & Zibrak, J. D. (1998). Carbon monoxide poisoning. *New England journal of medicine*, 339(22), 1603-1608.
- Folksam. (2014). *Köket brandfarligaste platsen i hemmet*.
- Fridolf, K., Nilsson, D., Frantzich, H., Ronchi, E., & Arias, S. (2018). Walking speed in smoke: Representation in life safety verifications. 12th International Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods Conference, Oahu, Hawaii,
- Fu, Y., Lu, S., Li, K., Liu, C., Cheng, X., & Zhang, H. (2015). An experimental study on burning behaviors of 18650 lithium ion batteries using a cone calorimeter. *Journal of Power Sources*, 273, 216-222.
- Förebygg. (2022). *Vi tipsar om hur du förebygger bostadsbränder*.
- Gavlegårdarna. (2021). *Brandsäkerhetsinformation till dig som hyr garage och förråd*.
- Granlund, R., Quisbert, H., & Pilemalm, S. (2013). *Beskrivning av räddningstjänstens förmåga*. Linköping University Electronic Press.
- Hakkarainen, T., Korhonen, T., & Vaari, J. (2017). Heat release characteristics of ethanol-water mixtures: Small-scale experiments. *Fire Safety Journal*, 91, 174-181.
- Halebop. (2020). *Svenskarna har två miljoner mobiltelefoner på hög*.
- Halleux, V. (2021). New EU Regulatory Framework for Batteries—Setting Sustainability Requirements. *European Parliamentary Research Service: Brussels, Belgium*.
- Hesse, H. C., Schimpe, M., Kucevic, D., & Jossen, A. (2017). Lithium-ion battery storage for the grid—A review of stationary battery storage system design tailored for applications in modern power grids. *Energies*, 10(12), 2107.
- Hietaniemi, J., Mangs, J., & Hakkarainen, T. (2001). *Burning of electrical household appliances: an experimental study*. VTT Technical Research Centre of Finland.

Huff, G., Huff, G., Akhil, A., Akhil, A., Kaun, B., Kaun, B., Rastler, D., Rastler, D., Chen, S., & Chen, S. (2015). DOE/EPRI electricity storage handbook in collaboration with NRECA. *Albuquerque, New Mexico*.

Internetstiftelsen. (2016). *Svenskarna och internet - Allmänt om internetutvecklingen*.

Jansson, V., & Torbjörnsson, O. (2017). *Forcerade flöden och dess påverkan för bostäders ventilationsbrandskydd*. Avdelningen för Brandteknik Lunds tekniska högskola Lunds universitet.

Jonsson, H. (2016). Akut stress ökar risktagande. In.

Karlsson, B., & Quintiere, J. (1999). *Enclosure fire dynamics*. CRC press.

Klason, L.-G., Johansson, N., & Andersson, P. (2010). Dimensionerande brand: anlagda skolbränder. In.

Larsson, F. (2017). *Lithium-ion battery safety-Assessment by abuse testing, fluoride gas emissions and fire propagation*. Chalmers Tekniska Högskola (Sweden).

Larsson, F., Andersson, P., Blomqvist, P., & Mellander, B.-E. (2017). Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. *Scientific reports*, 7(1), 1-13.

Larsson, F., Andersson, P., & Mellander, B.-E. (2017). Are electric vehicles safer than combustion engine vehicles?

Larsson, F., & Mellander, B.-E. (2017). Lithium-ion Batteries used in Electrified Vehicles—General Risk Assessment and Construction Guidelines from a Fire and Gas Release Perspective. In.

Lecocq, A., Bertana, M., Truchot, B., & Marlair, G. (2012). Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle. Conference proceedings of Fires in vehicles,

Länsförsäkringar. (2022). *Elda i öppen spis*.

Maleki, H., & Howard, J. N. (2009). Internal short circuit in Li-ion cells. *Journal of Power Sources*, 191(2), 568-574.

McGrattan, K. B. and S. D. Bareham (2016). "Heat Release Rates of Electrical Enclosure Fires (HELEN-FIRE)."

Melin, H. (2019). Forskningsöversikt om återvinning och återbruk av litiumjonbatterier. *Circular Energy Storage, Swedish Energy Agency: Eskilstuna, Sweden*.

Meraner, C., Li, T., & Meliá, S., C. (2021). *Avgassing fra litium-ion batterier i hjemmet*.

MSB. (2019). *Handbok - Brandfarliga gaser och vätskor i butiker*.

MSB. (2020). *Vägledning, räddningsinsats där litiumjonbatterier förekommer*.

MSB. (2021a). *Brandfarliga vätskor i hem- och fritidsmiljö*.

MSB. (2021b). *Metod och teknikutveckling för räddningstjänsten*.

MSB. (2022a). *Fysikaliska data – Kolmonoxid, komprimerad*. MSB.

MSB. (2022b). *Identitet - Flourvätesyra*.



- MSB. (2022c). *MSBFS 2013:3 föreskrifter om tillstånd till hantering av brandfarliga gaser och vätskor*.
- MSB. (2022d). *Vårt Uppdrag*.
- MSB. (2022e). *Vätefluorid, vattenfri*.
- Parede, J. (2022). *18650 2600mAh batteri datablad och arbete*.
- Prasad, A., Parhizi, M., & Jain, A. (2019). Experimental and numerical investigation of heat transfer in Li-ion battery pack of a hoverboard. *International Journal of Energy Research*, 43(5), 1802-1814.
- Safera. (2022). *spisen är den främsta orsaken till bränder i hemmen*.
- SCB. (2016). *Vanligast med 2 rum och kök på 57 kvadratmeter*.
- SCB. (2018). *Varannan svensk har övervikt eller fetma*.
- Skadeförsäkring, I. (2017). *Högsäsong för bränder – varannan lämnar levande ljus utan uppsikt*.
- sopor.nu. (2019). *Vilket elskrot kommer till insamlingen?*
- Storgöteborg, R. (2016). *Köksbränder*.
- Storstockholms-Brandförsvaret. (2022). *Brandfarliga varor i hemmet*.
- Sun, J., Li, J., Zhou, T., Yang, K., Wei, S., Tang, N., Dang, N., Li, H., Qiu, X., & Chen, L. (2016). Toxicity, a serious concern of thermal runaway from commercial Li-ion battery. *Nano Energy*, 27, 313-319.
- Sundström, B., Bengtson, S., Olander, M., & Apell, A. (2009). Brandskydd och lös inredning – en vägledning. In.
- Svensson, S., Madsen, D., Barton, J., & van Hees, P. (2015). Brandprovning av aerosol-och gasolbehållare: en studie för MSB. *Institutionsrapporter*.
- Särdqvist, S. (2002). *Vatten och andra släckmedel*. Räddningsverket.
- SÄRF, S. Ä. R. (2022). *Köksbränder*.
- Torbjörnsson, O., & Jansson, V. (2018). Forcerade flöden och dess påverkan för bostäders ventilationsbrandskydd. *LUTVDG/TVBB*.
- Transportföretagen. (2017). *Svenskar om bilen*.
- Vetter, M., & Rohr, L. (2014). Lithium-ion batteries for storage of renewable energies and electric grid backup. In *Lithium-ion batteries* (pp. 293-309). Elsevier.
- Väst, R. (2022). *Köksbränder*.
- Wingfors, H., Magnusson, R., Thors, L., & Thunell, M. (2021). *Gasformig HF vid brand i trånga utrymmen – risker för hudupptag vid insatser*. MSB.
- Zidong, G., & Yong, W. (2017). Experiment Study on Fire Hazard of Two Type Grease Residues in Exhaust Duct of Commercial Kitchen. 2017 International Conference on Smart Grid and Electrical Automation (ICSGEA),

Åkerblom, S., Bhasin, A., Berglund, R., Dimberg, A., & Wu, A. (2020). Kartläggning av materialflöden av småelektronik i Sverige. In.

Österberg, C., & Ericson, J. (2019). " Vad fan håller ni på med?"–Mixad metod om bilbränderna i Malmö kommun 2018. In: Malmö universitet/Hälsa och samhälle.



## **Bilaga A Riskanalys för beräkning av mobilers HRR och kolmonoxidkoncentration**

### **Experimentuppställning**

En konkalorimeter baserad på ISO 5660 används i detta experiment för att mäta HRR och kolmonoxidkoncentrationer.

I experimenten kommer antändning av mobiler innehållande uppladdningsbara litiumjonbatterier att genomföras. Litiumbattericellen innehåller, i sin sammansättning, samtliga delar av brandtriangeln, det vill säga värme, bränsle och syre. Vid felhantering eller ingående fel i Li-jonbatterier kan de genomgå en termisk rusning (Larsson & Mellander, 2017). Detta vid temperaturer som varierade mellan olika katod och anodtemperaturer, från ca 70°C för grafitanoder till 250°C för litiummangananoder (Sun et al., 2016). Termisk rusning är en process där temperaturen snabbt stiger när ämnena i cellen reagerar med varandra vilket i allmänhet följs av en eller en kombination av följande scenarier:

- Stark ventilering av gaser från battericellen
- Battericellen går sönder eller exploderar
- Ackumulerade gaser antänds

Storleken på branden och mängden ventilerade gaser varierar beroende på storleken på batteriet. För att sänka brandrisken och temperaturen om antändning väl sker har åtgärder, som nya elektrodmaterial och flamsäkra batterihöljen tagits fram, det saknas dock information om hur stor nytta dessa åtgärder gör för att sänka riskerna ur ett holistiskt perspektiv för större batterier (Larsson & Mellander, 2017). Laddningen på batteriet har också en påverkan då batterier med en hög eller full laddning hade en lägre antändningstemperatur, producerade en större mängd toxiska gaser och gav en högre effektutveckling. Det har konstaterats att effektutvecklingen (HRR) är den viktigaste faktorn när det kommer till att kontrollera brandrisker då den korresponderar mot brandens intensitet (Fu et al., 2015).

Gaserna som emitteras från Li-jonbatterier vid brand har sitt upphov i elektrolyten, som består av en litiumjonsalt, vilket är löst i en brännbar lösning med en kokpunkt på 90–160 °C. Uppnås sådana temperaturer förångas lösningen vilket får battericellen att svälla och slutligen ventileras gaser genom antingen installerade säkerhetsventiler i cellen eller genom att den öppnar sig. Om ventilerna felfungerar kan batteriet även explodera (Andersson et al., 2017).

Gaserna som avges från batteriet är antingen organiska lösningar som dimetylkarbonat, (DMC), dietylkarbonat, (DEC), etylenkarbonat, (EC) eller nedbrutna till andra gaser som, exempelvis kolmonoxid, CO, vätegas, H<sub>2</sub> och kolväten, dock finns det endast en begränsad mängd forskning inom detta område. Det vetenskapliga fokuset har mestadels inriktat sig på vätefluorid, HF, då det är en mycket giftig gas. Andra gaser som kan verka negativt på människors hälsa är de oxiderade och termiskt nedbrutna produkterna av saltet litiumhexafluorofosfat, LiPF<sub>6</sub>. De troligaste nedbrytningsprodukterna av ämnet är PF<sub>5</sub>, POF<sub>3</sub> och HF, men även florerade fosforsyror då de kan producera HF och fosforsyra när de reagerar med vatten (Andersson et al., 2017). Gränsvärdena för de här gaserna är inte helt bestämda. Arbetsmiljöverket har gränsvärden för en del fluorider, som ligger kring 2mg/m<sup>3</sup> medan HF har ett takgränsvärde på 2ppm. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health, USA) anger vidare att HF har ett IDLH (Immediately Dangerous to Life and health) värde på

30 ppm. Det finns inga gränsvärden för  $\text{PF}_5$  och  $\text{POF}_3$ , dock har deras klormotsvarigheter  $\text{PCl}_5$  och  $\text{POCl}_3$  nivågränsvärden på 0.1 ppm, enligt Andersson (2013). Toxiciteten kan dock variera mellan fluor och klorämnena, gränsvärdena är däremot låga och gaserna synnerligen reaktiva. Kunskapsluckorna kring gaserna är dock stora då få studier har gjorts kring deras toxicitet (Andersson et al., 2013).

Det har konstaterats att en stor mängd giftiga ämnen avges när Li-jonbatterier antänds. I ett försök av Sun et al (2016) där fyra olika 18650 batterier med katoder gjorda av  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  (LMO), NMC (nickel, magnesium och kobolt),  $\text{LiCoO}_2$  (LCO) och  $\text{LiFePO}_4$  (LFP) undersöktes. Det visade sig att batterierna emitterade över 100 olika organiska ämnen vid upphettning med varierande toxicitetsgrad från akut skadliga till mildt irriterande, ett stort antal av ämnena var även miljögifter. Liksom Andersson et al (2013) skrev nämndes det att den vanligaste elektrolyten  $\text{LiPF}_6$  avger en stor mängd fluor-relaterade ämnen både i sin egen nedbrytningsprocess och när den reagerar med andra ämnen vid upphettning, på grund av dess låga termiska stabilitet (Sun et al., 2016).

Vätefluorid, HF, är ett frätande, toxiskt ämne som kan förekomma i både vätskeform och gasform. Det är färglöst i båda flytande fas och gasfas, obrännbart samt har en kokpunkt på  $20^\circ\text{C}$  (MSB, 2022g). HF kan tas upp av kroppen via andning samt kontakt med ögon, hud och slemhinnor, vilket kan leda till allvarlig förgiftning. Symptom på svår förgiftning kan ibland dröja till ett senare skede (MSB, 2022g), vilket bör beaktas vid planering och riskanalyser.

Symptom på vätefluoridförgiftning vid inandning och kroppskontakt är frätskador på hud, ögon, näsa, mun och svalg. Irritation och rodnad är vanligt förekommande, men större doser kan även orsaka andningssvårigheter, kramper, hjärtpåverkan, medvetslöshet och lungödem. Vätefluorid kan vid förtäring orsaka mun- och svalgsmärtor, kräkningar, buksmärter och blödningar samt risk för medvetslöshet och hjärtpåverkan.

Vätefluoridens påverkan skiljer sig dock åt mellan gas- och vätskefas. Det finns bristande forskning på HF i gasforms påverkan på människor, men i en studie utförd av MSB visade det sig att gasformig HF hade betydligt mindre frätande egenskaper än när den var i vätskeform (MSB, 2022g).

Koldioxid är en färg och doftlös icke-irriterande gas som absorberas via inandning och verkar kvävande då de binds 200 till 250 gånger lättare till blodets hemoglobin än syre. Symtomen på kolmonoxidförgiftning är mer diskreta än vätefluorid, vanligt förekommande är huvudvärk, yrsel, förvirring och att tappa medvetandet även hjärnskador kan också förekomma (Ernst & Zibrak, 1998). Det kan uppstå negativa hälsoeffekter vid 420 ppm och dödsfall vid 1700 ppm efter 10 min (MSB, 2022b).

Vid försöken kommer laboranterna att bära en filtermask som täcker både ögon, näsa och mun med ett filter anpassat för gaserna som kan uppkomma vid litiumjonbatteribränderna.

I den här riskanalysen identifieras de generella riskerna associerade till användningen av konkalorimetern med tillhörande utrustning samt förbränningen av mobiltelefonerna. Om risker bedöms vara oacceptabelt stora kommer åtgärder för att förebygga och åtgärda dem att analyseras och diskuteras för att uppnå en större säkerhet för de involverade personerna under experimentens gång. Brandlaboratoriet är utformat för att experiment som det här ska kunna genomföras i lokalerna på ett säkert sätt.



## Identifiering och kvantifiering av risk

I Tabell 1 identifieras de primära riskerna som kan uppstå under genomförandet av experimenten. Sannolikheten för riskscenarierna har graderats på en skala 1–3 där 1 anses vara osannolik, 2 möjlig och 3 trolig medan konsekvenserna har bedömts efter en skala 1–4 där 1 är acceptabel, 2 tolererbar, 3 oönskad och 4 oacceptabel. Dessa skalor är kvalitativa och används främst för att jämföra olika riskscenarier mot varandra.

Tabell 1. Beskrivningar av riskscenario dess sannolikhet, konsekvens och dess sammanlagda bedömningen av risk.

No.	Beskrivning av riskscenario	Aktuell tidsperiod	Beskrivning av risk	Plats	Individer utsatta för risk	Sannolikhet	Konsekvens	Bedömning av risk
1	Spridning av hälsofarliga gaser i brandlaboratoriet	Medan experimenten pågår eller efteråt	Läckage eller explosion	Hela laboratoriet	De som befinner sig i laboratoriet eller närliggande lokaler	3	4	Extrem risk
2	Spridning av kvävande gaser	Medan experimenten pågår eller efteråt	Kvävning	Hela laboratoriet	De som befinner sig i laboratoriet eller närliggande lokaler	2	4	Extrem risk
3	Rökspridning	Medan experimenten pågår eller efteråt	Påverkan på det respiratoriska systemet	Hela laboratoriet	De som befinner sig i laboratoriet eller närliggande lokaler	3	3	Hög risk
4	Värmestrålning	Medan experimenten pågår eller efteråt	Material och produkter nära varma objekt eller eld smälter eller skadas	I närheten av det varma föremålet	De som befinner sig i laboratoriet och experimentell utrustning	3	3	Hög risk

5	Höga temperaturer	Medan experimenten pågår eller efteråt	Ventilationen slutar fungera	Ventilations kanal	De som befinner sig i laboratoriet och experimentell utrustning	3	3	Hög risk
6	Droppande av brännbara ämnen	Under experiment	Läckage eller antändning	I närheten av det brännbara materialt	De som befinner sig i laboratoriet	3	3	Hög risk
7	Flygande projektiler	Medan experimenten pågår eller efteråt	Personskador eller skadad utrustning	I närheten av konkalorim etern	De som befinner sig i laboratoriet	2	3	Hög risk
8	Fall över kablar och sladdar	Ständigt	Personskador eller skadad utrustning	Hela labbet	De som befinner sig i laboratoriet	3	2	Hög risk
9	Varma ytor	Medan experimenten pågår eller efteråt	Antändning av brandbara ämnen	I närheten av konkalorim etern	De som befinner sig i laboratoriet	3	2	Hög risk
10	Felfungerande utrustning	Medan experimenten pågår eller efteråt	Personskador eller skadad utrustning när laboranterna försöker avsluta experimentet.	I närheten av konkalorim etern	De som befinner sig i laboratoriet	2	3	Hög risk
11	Skada vid borttagandet av	Efter experiment	Testmaterialet droppar eller påverkar sin omgivning på ett	I närheten av	De som befinner sig i laboratoriet	3	2	Hög risk



	avfall efter experiment		negativt sätt när det städas bort.	konkalorim etern				
--	-------------------------	--	------------------------------------	------------------	--	--	--	--

## Riskanalys

De identifierade riskerna presenteras i riskmatrisen nedan utefter sin risk och konsekvens. De gröna cellerna utgör en låg risk, de gula en måttligt stor, de orangea hög och de röda en extrem risk. Det noteras att samtliga risker kräver förebyggande och mildrande åtgärder.

		Konsekvens (antal döda/år)			
		Acceptabel	Tolererbar	Oönskad	Oacceptabel
S a n n o l i k h e t	Låg				
	Möjlig			7 10	2
	Trolig		8 9 11	3 4 5 6	1

Figur 1. Riskmatris med de identifierade riskerna.

## Åtgärder

Tabell 2. Åtgärder för att minska eventuella risker som skulle kunna uppstå under laborationen.

No.	Åtgärder	Innan åtgärden införts		Efter att åtgärden införts		Bedömd risk efter åtgärder
		Sannolikhet	Konsekvens	Sannolikhet	Konsekvens	
1	Ventilationssystemet är igång hela tiden medan experimenten pågår.  Stäng av gasen mellan experimenten.  Kontrollera att det inte är något läckage i ledningarna.	3	4	1	3	Medium
2	Ventilationssystemet är igång hela tiden medan experimenten pågår.  Stäng av gasen mellan experimenten.  Kontrollera att det inte är något läckage i ledningarna.	2	4	1	3	Medium
3	Använd gasmask.  Ventilationssystemet är igång hela tiden medan experimenten pågår.	3	3	1	2	Medium

	Iaktta mobilerna hela tiden medan experimenten pågår.					
4	Håll 1 meters avstånd till brand och varma föremål.	3	3	1	1	Låg
5	Mät temperatur i ventilationskanalerna och stoppar experimenten om den materialberoende, kritiska temperaturen överskrids.	3	3	1	3	Medium
6	Ha de brännbara materialen under ständig uppsikt och använd mineralull eller liknande för att samla upp eventuella droppar under experimentens gång.  Täck brännaren med aluminiumfolie för att den inte ska skadas av dropparna och kontrollera att de inte kan landa på känsliga eller brännbara produkter.	3	3	3	1	Medium

7	Sänk ner huvan under experimenten och använd skyddsglasögon.	2	3	1	1	Låg
8	Placera kablar och sladdar så att snubbelrisken minskar.	3	2	2	1	Låg
9	Om man inte har på sig lämplig skyddsutrustning håll avstånd till varma ytor.	3	2	1	2	Medium
10	Inför kontinuerliga inspektioner av labbutrustningen.  Undervisa personer som vistas i labbet i hur de ska hantera nödsituationer.	2	3	1	3	Medium
11	Använd lämplig skyddsutrustning när provet avlägsnas från konkalorimetern.  Undervisa laboranter i hur aktuell utrustning ska hanteras för att undvika misstag.	3	2	2	1	Låg

## Riskreduceringsanalys

I riskmatrisen nedan redovisas riskscenariernas sannolikhet och konsekvens efter att åtgärderna införts. Det noteras att samtliga nu ligger inom ett tolerabelt område.

		Konsekvens			
		Acceptabel	Tolererbar	Oönskad	Oacceptabel
S a n n o l i k h e t	Låg	4 7	3 9	1 2 5 10	
	Möjlig	8 11			
	Trolig	6			

Figur 2. Riskmatris med de identifierade riskscenarierna efter att åtgärder införts.

### Slutsats

Om lämpliga åtgärder införs bedöms riskerna som kan uppstå vid experimenten vara acceptabla.

## Bilaga B Försöksplan för mätning av mobilers HRR och kolmonoxidkoncentration

### Syfte

Syftet med försöken är att mäta och beräkna en HRR-kurva för sex mobilbränder samt granska deras beteende vid upphettning.

### Allmänt

Försöken omfattar hantering av brännbar gas (propan) samt Li-jonbatterier som kan explodera eller hamna i termisk rusning. Brandresterna måste sedan avlägsnas och släckas ordentligt i för ändamålet avsett kärl utanför labbet.

### Materiel

Materiel som behövs till laborationen kommer att plockas fram och funktionsprovas veckan före. Observera att utrustningen kräver montering.

Bränsle måste införskaffas i god tid, såväl gas (kontrollera flaskorna i gasförrådet på utsidan) som vätska och fastbränsle.

Tabell 1. Materiel som krävs för genomförande av laborationen.

Materiel	Kommentar	Antal	Förvaring
Gasanalysutrustning med logger, dator och mjukvara	Färdiguppställt	1	Mättrum, rum 1448A
Gasbrännare	Färdigmonterat, behöver eventuellt kopplas in (snabbkopplingar)	1	Vid huv, rum 1449
Gasflödesmätare	Färdigmonterat, behöver eventuellt kopplas in (snabbkopplingar)	1	Vid huv, rum 1449
Våg, större	Paketvåg, för bestämning av massavbrinning, fastbränsle	1	Under arbetsbänk, rum 1438
Askskopa	För att lyfta ut brandrester	1	Vid huv, rum 1449
Rostfri hink	För att lyfta ut brandrester	1	Vid vask, rum 1448
Mobiltelefoner	Produkter vars HRR kommer att undersökas	5	Tas med till experimentet
Aluminiumfolie	För att skydda gasbrännaren mot droppar.		Vid huv, rum 1449
Metallbord/stativ	Avsedd för att mobiltelefonerna ska komma högre upp i huven	1	Tas med till experimentet
Metallbur	Avsedd för att skydda omgivningen från splitter om Li-jonbatterierna exploderar under testerna.	1	Tas med till experimentet
Silvertejp	För att minska risken för att snubbla på kablar		Vid huv, rum 1449

Se till så att alla anslutningar till gasanalysator mm är rätt utförda och inställda (notera panelen på väggen).

Starta datorn, därefter logger och slutligen mjukvaran (LSHRCalc).

Töm coldtrap samt byt torkmedel. Starta pump, coldtrap samt laser. Låt utrustningen vara igång några minuter, kalibrera därefter utrustningen (finns särskild beskrivning av denna procedur). Rådfråga eventuellt manual.

#### Genomförande

Laboranterna ska bära röda overaller, skyddsglasögon handskar och filtermask av lämplig typ.

Gå igenom mätutrustningens delar, inklusive BDP, filter, kalibreringsprocedur (övergripande) och mjukvaran (övergripande).

Sätt upp skylt där det star: "lab in use – no access" på dörr.

Stäng av brandlarmet, öppna del av ytterporten (alternativt dörr till labbhallen). Öppna den externa tuben på utsidan av byggnaden och därefter öppna ventilen i laboratoriet för att sedan justera flödet till 0,022 l/s för att anpassa flamhöjden efter experimentuppställningen. Starta laboratoriets ventilationssystem och därmed huvens fläkt (den ska vara på 50 Hz). Justera hastighet efter behov, eventuellt måste justering ske under själva försökets gång.

Sätt mobilerna på laddning.

Skruva på gasolen som är placerad på utsidan av byggnaden.

Täck gasbrännaren med aluminiumfolie för att undvika att det droppar på den.

Placera gasbrännaren på ett skyddat bord ovanpå tre lager isolering och en låda för att den ska komma på rätt höjd i förhållande till konkalorimetern och montera den till gasolpumpen.

Tejpa sedan fast kabeln på golvet med silvertejp för att sänka snubbelrisken.

Starta mätningen efter att ha angivit rätt indata (samplingsintervall 1 sekund för bästa resultat) och låt den köra i 60 sekunder (baseline) utan att påverka konkalorimetern.

Gasbrännare placeras under bordet och antänds. Öppna gaskran försiktigt med antändningskälla på plats vid brännaren. Vänta fem minuter så att flamman hinner stabilisera sig.

Placera mobiltelefonen i metallburen ovanpå bordet under huven och kontrollera att den kommer nog högt upp i huven, se bild nedan. Dra ner skyddsglasat.





*Figur 1. Dokumentation av testuppställningen.*

Överför mätningarna till ett USB-minne.

Efter försöket ska eventuella brandrester (fastbränsle) direkt ut genom stora porten och släckas ordentligt. Använd askskopa samt rostfri hink (med vatten i botten) för att lyfta ut brandrester.

Sätt på brandlarmet igen när laboratoriet är städat och de emitterade gaserna ventilerats bort.

## Bilaga C Statistik för Riskmatris 1 och 2 i Kapitel 8

I den här bilagan presenteras beräkningarna och statistik bakom Riskmatris 1 och 2 i Kapitel 8 där sannolikheten för brand värderas mot antalet döda eller förda till sjukhus eller annan vårdenheter per år 2018–2020.

Startutrymme för icke batterirelaterade bränder

I Tabell 1 nedan presenteras sannolikheten för icke batterirelaterade bränder samt konsekvenserna av dem i form av antal döda/år och andel förda till sjukhus eller annan vårdenheter per år för olika utrymmen i hemmiljö. Konsekvens 2 i tabellen står för antalet förda till sjukhus och konsekvens 4 står för antalet dödsfall.

Tabell 1. Sannolikhet och konsekvens för icke batterirelaterad brand i olika utrymmen.

Startutrymme :	Kök (st)	Garage (st)	Vardagsrum (st)	Utanför byggnaden , källare och vind (st)	Hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum, soprum	Förråd och garage (både fristående och inte)	Sovrum
1. Antal bränder	<b>2018:</b> 1872 <b>2019:</b> 1970 <b>2020:</b> 1951	2018: 31 2019: 35 2020: 29 (endast personbil)	2018: 130 2019: 128 2020: 127	2018: 410 2019: 365 2020: 406	2018: 894 2019: 910 2020: 789	2018: 714 2019: 721 2020: 728	2018: 166 2019: 145 2020: 148
2. Förda till sjukhus	<b>2018:</b> 123 <b>2019:</b> 144 <b>2020:</b> 144	2018: 1 2019: 1 2020: -	2018: 21 2019: 15 2020: 25	2018: 8 2019: 8 2020: 5	2018: 15 2019: 14 2020: 13	2018: 12 2019: 9 2020: 9	2018: 26 2019: 20 2020: 21
3. Omhändertagen av sjukhus + omkomna	<b>2018:</b> 126 <b>2019:</b> 146 <b>2020:</b> 146	2018: 1 2019: 1 2020: - (endast personbil)	2018: 22 2019: 16 2020: 25	2018: 8 2019: 8 2020: 5	2018: 17 2019: 15 2020: 13	2018: 14 2019: 9 2020: 9	2018: 29 2019: 25 2020: 24
4. Antal omkomna	2018: 3 2019: 2 2020: 2	2018: - 2019: - 2020: -	2018: 1 2019: 1 2020: -	2018: - 2019: - 2020: -	2018: 2 2019: 1 2020: -	2018: 2 2019: - 2020: -	2018: 3 2019: 5 2020: 3
Sannolikhet	<b>2018:</b> 1872/11059 = 0,169  <b>2019:</b> 1970/11154 = 0,177  <b>2020:</b> 1951/10822 = 0,180  <b>Total:</b>	<b>2018:</b> 31/11059= 0,003  <b>2019:</b> 35/11154= 0,003  <b>2020:</b> 29/10822= 0,003  <b>Total:</b>	<b>2018:</b> 130/11059= 0,012  <b>2019:</b> 128/11154= 0,011  <b>2020:</b> 127/10822= 0,012  <b>Total:</b>	<b>2018:</b> 410/11059 = 0,037  <b>2019:</b> 365/11154 = 0,033  <b>2020:</b> 406/10822 = 0,038  <b>Total:</b>	<b>2018:</b> 894/11059 = 0,081  <b>2019:</b> 910/11154 = 0,082  <b>2020:</b> 789/10822 = 0,073  <b>Total:</b>	<b>2018:</b> 714/11059= 0,065  <b>2019:</b> 721/11154= 0,065  <b>2020:</b> 728/10822= 0,067  <b>Total:</b>	<b>2018:</b> 166/11059 =0,015  <b>2019:</b> 145/11154 =0,013  <b>2020:</b> 148/ 10822=0,014  <b>Total:</b>

	$(1871+1970+1951)/(11059+11154+10822)=5792/33035=0,175$	$(31+35+29)/33035=0,003$	$(130+128+127)/33035=0,012$	$(410+365+406)/33035=0,036$	$(894+910+789)/33035=0,078$	$(714+721+728)/33035=0,065$	$(166+145+148)/33035=0,014$
Konsekvens	<b>2.Kons:</b> 2018: 123 2019: 144 2020: 144  <b>4.Kons:</b> 2018: 3 2019: 2 2020: 2	<b>2.Kons:</b> 2018: 1 2019: 1 2020: -  <b>4.Kons:</b> ingen	<b>2.Kons:</b> 2018: 21 2019: 15 2020: 25  <b>4.Kons:</b> 2018: 1 2019: 1 2020: -	<b>2.Kons:</b> 2018: 8 2019: 8 2020: 5  <b>4.Kons:</b> ingen	<b>2.Kons:</b> 2018: 15 2019: 14 2020: 13  <b>4.Kons:</b> 2018: 2 2019: 1 2020: -	<b>2.Kons:</b> 2018: 12 2019: 9 2020: 9  <b>4.Kons:</b> 2018: 2 2019: - 2020: -	<b>2.Kons:</b> 2018: 26 2019: 20 2020: 21  <b>4.Kons:</b> 2018: 3 2019: 5 2020: 3

#### Startutrymme för batterirelaterade bränder

I Tabell 2 nedan presenteras sannolikheten för batterirelaterade bränder samt konsekvenserna av dem i form av antal döda/år och andel förda till sjukhus eller annan vårdenhet per år för olika utrymmen i hemmiljö.

Tabell 2. Sannolikhet och konsekvens för batterirelaterad brand i olika utrymmen.

Start-utrymme:	Kök (st)	Garage (st)	Vardagsrum (st)	Utanför byggnad, källare och vind (st)	Hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum, soprum	Förråd och garage (både fristående och inte)	Sovrum
1. Antal bränder	<b>2018:</b> 6 <b>2019:</b> 5 <b>2020:</b> 4	<b>2018:</b> 18 <b>2019:</b> 21 <b>2020:</b> 28	2018: 4 2019: 8 2020: 9	2018: 15 2019: 14 2020: 21	2018: 2 2019: 4 2020: 5	2018: 26 2019: 26 2020: 35	2018: 22 2019: 9 2020: 24
2. Förda till sjukhus	2018: - 2019: - 2020: -	2018: 1 2019: 1 2020: 2	2018: - 2019: 1 2020: 2	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: 1 2020: -	2018: 1 2019: 1 2020: 2	2018: 3 2019: - 2020: 6
3. Omhändertagen av sjukhus + omkomna	2018: - 2019: - 2020: -	2018: 1 2019: 1 2020: 2	2018: - 2019: 1 2020: 2	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: 1 2020: -	2018: 1 2019: 1 2020: 2	2018: 3 2019: - 2020: 6
4. Antal omkomna	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: - 2020: -	2018: - 2019: - 2 0 2

							0 : -
Sannolikh et:	<b>2018:</b> 6/11059 = 0,001  <b>2019:</b> 5/11154 = 0,0004  <b>2020:</b> 4/10822 = 0,0004  <b>Total:</b> (6+5+4)/ 33035 =0,0005	<b>2018:</b> 18/110 59= 0,002  <b>2019:</b> 21/111 54= 0,002  <b>2020:</b> 28/108 22= 0,003  <b>Total:</b> (18+21 +28)/33 035 =0,002	<b>2018:</b> 4/11059 = 0,0003  <b>2019:</b> 8/11154 = 0,0007  <b>2020:</b> 9/10822 = 0,0008  <b>Total:</b> (4+8+9)/33 035=0,0006	<b>2018:</b> 15/11059 = 0,001  <b>2019:</b> 14/11154 = 0,001  <b>2020:</b> 21/10822 = 0,002  <b>Total:</b> (15+14+ 21)/3303 5=0,002	<b>2018:</b> 2/11059 = 0,0002  <b>2019:</b> 4/11154 = 0,0004  <b>2020:</b> 5/10822 = 0,0005  <b>Total:</b> (2+4+5)/3 3035= 0,0003	<b>2018:</b> 26/11059= 0,002  <b>2019:</b> 26/11154= 0,002  <b>2020:</b> 35/10822= 0,003  <b>Total:</b> (26+26+35)/33 035=0,003	<b>2018:</b> 22/1105 9= 0,002  <b>2019:</b> 9/11154 =0,0008  <b>2020:</b> 24/1082 2=0,002  <b>Total:</b> (22+9+2 4)/33035 =0,002
Konsekve ns:	<b>2.Kons:</b> ingen      <b>4.Kons:</b> ingen	<b>2.Kons</b> : 2018: 1 2019: 1 2020: 2  <b>4.Kons</b> : ingen	<b>2.Kons:</b> 2018: - 2019: 1 2020: 2  <b>4.Kons:</b> ingen	<b>2.Kons:</b> ingen      <b>4.Kons:</b> ingen	<b>2.Kons:</b> 2018: - 2019: 1 2020: -  <b>4.Kons:</b> ingen	<b>2.Kons:</b> 2018: 1 2019: 1 2020: 2  <b>4.Kons:</b> ingen	<b>2.Kons:</b> 2018: 3 2019: - 2020: 6  <b>4.Kons:</b> 2018: - 2019: - 2020: -

## Utformning av riskmatriser

Två olika riskmatriser producerades, en med konsekvens i form av döda/år och en med antal förda till sjukhus eller annan vårdenhet per år, förkortningarna för olika scenarier presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Förkortningar för olika brandscenarier.

KB	Kök, Li-jonbatteribrand
KEB	Kök, ej Li-jonbatteribrand
GB	Garage, Li-jonbatteribrand
GEB	Garage, ej Li-jonbatteribrand
VB	Vardagsrum, Li-jonbatteribrand
VEB	Vardagsrum, ej Li-jonbatteribrand
UB	Utanför hus, Li-jonbatteribrand
UEB	Utanför hus, ej Li-jonbatteribrand
HB	Hiss, soprum, tvättstuga, Li-jonbatteribrand
HEB	Hiss, soprum, ej tvättstuga, Li-jonbatteribrand
FGB	Förråd och garage, Li-jonbatteribrand
FGEB	Förråd och garage, ej Li-jonbatteribrand
SB	Sovrum, Li-jonbatteribrand
SEB	Sovrum, Li-jonbatteribrand

I Tabell 4 anpassas sannolikheterna och konsekvenserna i tabellerna ovan för att kunna sättas in i riskmatriserna.

Tabell 4. Anpassning av data i tabellerna efter matriserna.

	Batteri	Ej Batteri
Kök	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,0005</p> <p>Konsekvens: <b>2.Kons:</b> ingen</p> <p><b>4.Kons:</b> ingen</p> <p>(KB)</p>	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,175</p> <p>Konsekvens: <b>2.Kons:</b> 2018: 123 2019: 144 2020: 144</p> <p>Total = (123+144+144)/3=137</p> <p><b>4.Kons:</b> 2018: 3 2019: 2 2020: 2</p> <p>Total: (3+2+2)/3 = 2</p> <p>(KEB)</p>
Garage	Sannolikhet ( <b>total</b> ): 0,002	Sannolikhet ( <b>total</b> ): 0,003

	<p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  2018: 1  2019: 1  2020: 2</p> <p>Total = <math>(1+1+2)/3 = 1</math></p> <p><u>4.Kons:</u> ingen</p> <p>(GB)</p>	<p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  2018: 1  2019: 1  2020: -</p> <p>Total= <math>(1+1+0)/3=1</math></p> <p><u>4.Kons:</u>  ingen</p> <p>(GEB)</p>
Vardagsrum	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,0006</p> <p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  2018: -  2019: 1  2020: 2</p> <p>Total= <math>(1+2+0)/3= 1</math></p> <p><u>4.Kons:</u> ingen</p> <p>(VB)</p>	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,012</p> <p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  2018: 21  2019: 15  2020: 25</p> <p>Total = <math>(21+15+25)/3=20</math></p> <p><u>4.Kons:</u>  2018: 1  2019: 1  2020: -</p> <p>Total= <math>(1+1+0)/3 = 1</math></p> <p>(VEB)</p>
Utanför hus, källare och vind	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,002</p> <p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  ingen</p> <p><u>4.Kons:</u>  ingen</p> <p>(UB)</p>	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,036</p> <p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  2018: 8  2019: 8  2020: 5</p> <p>Total= <math>(8+8+5)/3=7</math></p> <p><u>4.Kons:</u>  Ingen</p> <p>(UEB)</p>
Hiss, tvättstuga, loftgång, korridor, pannrum, soprum	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,0003</p> <p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  2018: -  2019: 1  2020: -</p>	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,078</p> <p>Konsekvens:  <u>2.Kons:</u>  2018: 15  2019: 14  2020: 13</p>

	<p>Total = <math>(0+1+0)/3=0</math></p> <p><b><u>4.Kons:</u></b> ingen</p> <p>(HB)</p>	<p>Total= <math>(15+14+13)/3=14</math></p> <p><b><u>4.Kons:</u></b> 2018: 2 2019: 1 2020: -</p> <p>Total = <math>(2+1+0)/3=1</math></p> <p>(HEB)</p>
Förråd och garage (både fristående och inte)	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,003 Konsekvens: <b><u>2.Kons:</u></b> 2018: 1 2019: 1 2020: 2</p> <p>Total = <math>(1+1+2)/3=1</math></p> <p><b><u>4.Kons:</u></b> ingen</p> <p>(FGB)</p>	<p>Sannolikhet (<b>total</b>): 0,065 Konsekvens: <b><u>2.Kons:</u></b> 2018: 12 2019: 9 2020: 9</p> <p>Total= <math>(12+9+9)/3=10</math></p> <p><b><u>4.Kons:</u></b> 2018: 2 2019: - 2020: -</p> <p>Total = <math>(2+0+0)/3=1</math></p> <p>(FGEB)</p>

# Bilaga D Data från IDA, MSB:s databas

## Framtagning av statistik från IDA, MSB:s databas

Nedan redovisas hur data till tabellerna i Bilaga C togs fram och vilka skadetyper och startutrymmen som användes.

### Startutrymme Sovrum:

#### 1) Batteribränder

- Antal bränder totalt:  
22st (år 2018), 9st (år 2019), 24st (år 2020)
- Antändningsobjekt:
  - \*Batteri
  - \*Batteriladdare

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (4)
Person avtransporterad till vårdenhet
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Ingen skada

**Startutrymme**

1 värde markerat: Sovrum eller sovsal
Produktionslokal
Samlingslokal
Soprum eller sopnedkast
Trapphus
Tvättstuga
Vardagsrum

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
Belysningsarmatur
Dator
Elcentral
Element

- Antal Förda till Sjukhus vid batteribrand, inga döda:  
3st (år 2018), 0st (år 2019), 6st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

1 värde markerat: Person avtransporterad till vårdenhet
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Ingen skada

**Startutrymme**

1 värde markerat: Sovrum eller sovsal
Lager eller upplag
Pannrum
Produktionslokal
Vardagsrum
Verkstad
Annat utrymme

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
Belysningsarmatur
Dator
Element
Elledning eller elkabel

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 1000
2018	22	0,00
2019	9	0,00
2020	24	0,00

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 1000
2018	3	0,00
2019	0	0,00
2020	6	0,00



## 2) Ej Batteri

- Antal bränder totalt:  
166st (år 2018), 145st (år 2019), 248st (år 2020)
- Antändningsobjekt:
  - \*Gardiner
  - \*Kläder, ej på person
  - \*Ljusstake eller ljusstaksdekoration
  - \*Papper, tidning eller kartong
  - \*Rullstol eller rullator
  - \*Säng
  - \*Eluttag
  - \*Ljud och bildapparat

### Uppgifter om händelsen

#### Skadetyper

Alla värden inkluderade (8)
Person omkommen på plats
Person avtransporterad till vårdenhet
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Överhängande fara för miljöskada
Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet

#### Startutrymme

1 värde markerat: Sovrum eller sovsal
<input checked="" type="checkbox"/> Sovrum eller sovsal
Utanför byggnaden
Altan eller balkong
Badrum eller toalett
Bastu, fristående
Bastu, inte fristående

#### Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande

Alla värden inkluderade (2)
Elapparat, elledning eller motsv.
Annat

#### Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad

9 värden markerade: Eluttag eller kontakt, Ljud- eller bildappa...
<input checked="" type="checkbox"/> Gardiner
<input checked="" type="checkbox"/> Kläder, inte på person
<input checked="" type="checkbox"/> Ljusstake eller ljusstaksdekoration
<input checked="" type="checkbox"/> Papper, tidning eller kartong
<input checked="" type="checkbox"/> Rullstol eller rullator
<input checked="" type="checkbox"/> Säng

- Omkomna:

3st (år 2018), 5st (år 2019), 3st (år 2020)

### Uppgifter om händelsen

#### Skadetyper

1 värde markerat: Person omkommen på plats
<input checked="" type="checkbox"/> Person omkommen på plats
Person avtransporterad till vårdenhet
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Överhängande fara för miljöskada
Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet

#### Startutrymme

1 värde markerat: Sovrum eller sovsal
<input checked="" type="checkbox"/> Sovrum eller sovsal
Kök
Vardagsrum

#### Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande

Alla värden inkluderade (1)
Annat

#### Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad

2 värden markerade: Papper, tidning eller kartong, Säng
<input checked="" type="checkbox"/> Papper, tidning eller kartong
<input checked="" type="checkbox"/> Säng
Soffa, fåtölj, säte eller motsv.
Gick inte att bedöma

- Sjukhus + omkomna:

29st (år 2018), 25st (år 2019), 24st (år 2020)

[Begreppen i händelserapporten](#)  
[Kvalitetsdeklaration](#)  
[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	166	0,02
2019	145	0,01
2020	148	0,01

[Begreppen i händelserapporten](#)  
[Kvalitetsdeklaration](#)  
[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	3	0,00
2019	5	0,00
2020	3	0,00

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

2 värden markerade: Person omkommen på plats, Person avt...
<input checked="" type="checkbox"/> Person omkommen på plats
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Överhängande fara för miljöskada
Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet

**Startutrymme**

1 värde markerat: Sovrum eller sovsal
<input checked="" type="checkbox"/> Sovrum eller sovsal
Utanför byggnaden
Altan eller balkong
Badrum eller toalett
Bastu, inte fristående
Förråd, inte fristående

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

6 värden markerade: Gardiner, Kläder, inte på person, Ljussta...
<input checked="" type="checkbox"/> Gardiner
<input checked="" type="checkbox"/> Kläder, inte på person
<input checked="" type="checkbox"/> Ljusstake eller ljusstaksdekoration
<input checked="" type="checkbox"/> Papper, tidning eller kartong
<input checked="" type="checkbox"/> Rullstol eller rullator
<input checked="" type="checkbox"/> Säng

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	29	0,00
2019	25	0,00
2020	24	0,00

## Startutrymme Kök:

### 1) Batteribränder:

- Antal bränder totalt:  
6st (år 2018), 5st (år 2019), 4st (år 2020)
- Antändningsobjekt:
  - \*Batteri
  - \*Batteriladdare
- Inga döda eller förda till sjukhus

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (3)
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Ingen skada

**Startutrymme**

1 värde markerat: Kök
<input checked="" type="checkbox"/> Kök
Utanför byggnaden
Altan eller balkong
Badrum eller toalett
Bastu, inte fristående
Datacentral

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
Belysningsarmatur
Brödrost
Dator
Diskmaskin

[Övergripande om bränder i bostäder](#)

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	6	0,00
2019	5	0,00
2020	4	0,00

### 2) Ej Batteri:

- Antal bränder totalt:  
1 872st (år 2018), 1970st (år 2019), 1951st (år 2020)
- Antändningsobjekt:
  - \*Mikrovågsugn
  - \*Mat
  - \*Matfett
  - \*Bord
  - \*Gardiner
  - \*Ljusstake eller ljusstaksdekoration
  - \*Brödrost
  - \*Diskmaskin
  - \*Fritös
  - \*Kaffebruggare

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (8)

<input type="checkbox"/>	Person omkommen på plats
<input type="checkbox"/>	Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/>	Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/>	Egendomsskada
<input type="checkbox"/>	Överhängande fara för miljöskada
<input type="checkbox"/>	Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet

**Startutrymme**

1 värde markerat: Kök

<input checked="" type="checkbox"/>	Kök
<input type="checkbox"/>	Utänför byggnaden
<input type="checkbox"/>	Altan eller balkong
<input type="checkbox"/>	Badrum eller toalett
<input type="checkbox"/>	Bastu, fristående
<input type="checkbox"/>	Bastu, inte fristående

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (2)

<input type="checkbox"/>	Elapparat, elledning eller motsv.
<input type="checkbox"/>	Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

11 värden markerade: Brödrost, Diskmaskin, Fritös, Kaffebryg...

<input checked="" type="checkbox"/>	Mikrovågsugn
<input checked="" type="checkbox"/>	Mat
<input checked="" type="checkbox"/>	Matfett eller matolja
<input checked="" type="checkbox"/>	Bord
<input checked="" type="checkbox"/>	Gardiner
<input checked="" type="checkbox"/>	Ljusstake eller ljusstaksdekoration

- Antal omkomna (Endast skett vid mikrovågsugn och mat):  
3st (år 2018), 2st (år 2019), 2st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

1 värde markerat: Person omkommen på plats

<input checked="" type="checkbox"/>	Person omkommen på plats
<input type="checkbox"/>	Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/>	Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/>	Egendomsskada
<input type="checkbox"/>	Överhängande fara för miljöskada
<input type="checkbox"/>	Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet

**Startutrymme**

1 värde markerat: Kök

<input checked="" type="checkbox"/>	Kök
-------------------------------------	-----

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (2)

<input type="checkbox"/>	Elapparat, elledning eller motsv.
<input type="checkbox"/>	Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Mikrovågsugn, Mat

<input type="checkbox"/>	Fläkt eller annan ventilationsanläggning
<input type="checkbox"/>	Annan elapparat
<input type="checkbox"/>	Kläder, på person
<input type="checkbox"/>	Papper, tidning eller kartong
<input type="checkbox"/>	Annat objekt
<input type="checkbox"/>	Gick inte att bedöma

- Omkomna eller transporterad till sjukhus  
56st (år 2018), 77st (år 2019), 68st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

2 värden markerade: Person omkommen på plats, Person avt...

<input checked="" type="checkbox"/>	Person omkommen på plats
<input checked="" type="checkbox"/>	Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/>	Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/>	Egendomsskada
<input type="checkbox"/>	Överhängande fara för miljöskada
<input type="checkbox"/>	Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet

**Startutrymme**

1 värde markerat: Kök

<input checked="" type="checkbox"/>	Kök
<input type="checkbox"/>	Sovrum eller sovsal

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (2)

<input type="checkbox"/>	Elapparat, elledning eller motsv.
<input type="checkbox"/>	Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Mikrovågsugn, Mat

<input type="checkbox"/>	Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/>	Brödrost
<input type="checkbox"/>	Diskmaskin
<input type="checkbox"/>	Elledning eller elkabel
<input type="checkbox"/>	Eluttag eller kontakt
<input type="checkbox"/>	Fläkt eller annan ventilationsanläggning

- Omkomna eller transporterad till sjukhus:  
126st (år 2018), 146st (år 2019), 146st (år 2020)

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	1 872	0,18
2019	1 970	0,19
2020	1 951	0,19

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	3	0,00
2019	2	0,00
2020	2	0,00

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	56	0,01
2019	77	0,01
2020	68	0,01

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

2 värden markerade: Person omkommen på plats, Person avt...

- Person omkommen på plats
- Person avtransporterad till vårdenhets
- Person enbart omhändertagen på plats
- Egendomsskada
- Överhängande fara för miljöskada
- Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet

**Startutrymme**

1 värde markerat: Kök

- Kök
- Altan eller balkong
- Badrum eller toalett
- Garage, fristående eller radgarage
- Hall
- Källare, inte boyta

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (2)

- Elapparat, elledning eller motsv.
- Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

9 värden markerade: Brödrost, Diskmaskin, Fritös, Kaffebrygg...

- Jusstake eller jusstaksdekoration
- Belysningsarmatur
- Elledning eller elkabel
- Eluttag eller kontakt
- Fläkt eller annan ventilationsanläggning
- Ljud- eller bildapparat

Övergripande om bränder i skolor

Begreppen i händelserapporten

Kvalitetsdeklaration

Frågor om statistiken

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	126	0,01
2019	146	0,01
2020	146	0,01

## Startutrymme Garage:

### 1) Batteri:

- Antal bränder totalt:  
18st (år 2018), 21st (år 2019), 28st (år 2020)

- Antändningsobjekt:

\*Batteri

\*Batteriladdare

- Inga döda

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (5)

- Person avtransporterad till vårdenhets
- Person enbart omhändertagen på plats
- Egendomsskada
- Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet
- Ingen skada

**Startutrymme**

2 värden markerade: Garage, fristående eller radgarage, Gara...

- Garage, fristående eller radgarage
- Garage, inte fristående
- Utanför byggnaden
- Altan eller balkong
- Badrum eller toalett
- Bastu, inte fristående

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)

- Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare

- Batteri
- Batteriladdare
- Belysningsarmatur
- Elcentral
- Element
- Elledning eller elkabel

Övergripande om bränder i skolor

Begreppen i händelserapporten

Kvalitetsdeklaration

Frågor om statistiken

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	18	0,00
2019	21	0,00
2020	28	0,00

- Förda till sjukhus:

1st (år 2018), 1st (år 2019), 2st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

1 värde markerat: Person avtransporterad till vårdenhets

- Person avtransporterad till vårdenhets
- Person enbart omhändertagen på plats
- Egendomsskada
- Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet
- Ingen skada

**Startutrymme**

2 värden markerade: Garage, fristående eller radgarage, Gara...

- Garage, fristående eller radgarage
- Garage, inte fristående
- Hall
- Lager eller utplag
- Pannrum
- Produktionslokal

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)

- Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare

- Batteri
- Batteriladdare
- Belysningsarmatur
- Annan elapparat
- Matfett eller matolja
- Brandfarlig vätska eller gas

Övergripande om bränder i skolor

Begreppen i händelserapporten

Kvalitetsdeklaration

Frågor om statistiken

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 10
2018	1	0,00
2019	1	0,00
2020	2	0,00

18 Ej Batteri:

- Antal bränder totalt (endast personbil):  
31st (år 2018), 35st (år 2019), 29st (år 2020)
- Startobjekt:  
\*Personbil
- Inga döda

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (6)
<input type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhets
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/> Egendomsskada
<input type="checkbox"/> Inträffad miljöskada
<input type="checkbox"/> Överhängande fara för miljöskada
<input type="checkbox"/> Ingen skada

**Startutrymme**

2 värden markerade: Garage, fristående eller radgarage, Gara...
<input checked="" type="checkbox"/> Garage, fristående eller radgarage
<input checked="" type="checkbox"/> Garage, inte fristående
<input type="checkbox"/> Utanför byggnaden
<input type="checkbox"/> Badrum eller toalett
<input type="checkbox"/> Förråd, fristående
<input type="checkbox"/> Förråd, inte fristående

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
<input type="checkbox"/> Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

1 värde markerat: Personbil
<input checked="" type="checkbox"/> Personbil
<input type="checkbox"/> Batteri
<input type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Elcentral
<input type="checkbox"/> Element

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	31	0,00
2019	35	0,00
2020	29	0,00

- Förda till sjukhus (endast personbil):  
1st (år 2018), 1st (år 2019), 0st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

1 värde markerat: Person avtransporterad till vårdenhets
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhets
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/> Egendomsskada
<input type="checkbox"/> Inträffad miljöskada
<input type="checkbox"/> Överhängande fara för miljöskada
<input type="checkbox"/> Ingen skada

**Startutrymme**

1 värde markerat: Garage, inte fristående
<input checked="" type="checkbox"/> Garage, inte fristående

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
<input type="checkbox"/> Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

1 värde markerat: Personbil
<input checked="" type="checkbox"/> Personbil
<input type="checkbox"/> Batteri
<input type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Annan elapparat
<input type="checkbox"/> Matfett eller matolja

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	1	0,00
2019	1	0,00
2020	0	0,00

## Startutrymme Vardagsrum:

### 1) Batteri:

- Antal bränder totalt:  
4 (2018), 8 (2019), 9 (2020)
- Antändningsobjekt:  
\*Batteri  
\*Batteriladdare
- Inga döda

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (4)
Person avtransporterad till vårdenhet
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Ingen skada

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
Elapparat, elledning eller motsv.

**Startutrymme**

1 värde markerat: Vardagsrum
<input checked="" type="checkbox"/> Vardagsrum
<input type="checkbox"/> Utanför byggnaden
<input type="checkbox"/> Altan eller balkong
<input type="checkbox"/> Badrum eller toalett
<input type="checkbox"/> Bastu, inte fristående
<input type="checkbox"/> Datacentral

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Bastuaggregat
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Brödrost
<input type="checkbox"/> Dator

- Transporterad till sjukhus:  
0st (år 2018), 1st (år 2019), 2st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

1 värde markerat: Person avtransporterad till vårdenhet
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/> Egendomsskada
<input type="checkbox"/> Ingen skada

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
Elapparat, elledning eller motsv.

**Startutrymme**

1 värde markerat: Vardagsrum
<input checked="" type="checkbox"/> Vardagsrum
<input type="checkbox"/> Garage, fristående eller radgarage
<input type="checkbox"/> Garage, inte fristående
<input type="checkbox"/> Hall
<input type="checkbox"/> Lager eller upplag
<input type="checkbox"/> Pantrum

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Brödrost
<input type="checkbox"/> Dator
<input type="checkbox"/> Element

## 2) Ej Batteri:

- Antal bränder totalt:  
130st (år 2018), 128st (år 2019), 127st (år 2020)
- Antändningsobjekt:
  - \*Dator
  - \*Bord
  - \*Ljud eller bildapparat
  - \*Gardiner
  - \*Soffa, fåtölj
  - \*Ljusstake eller ljusstaksdekoration
  - \*Belysningsarmatur

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (6)
Person omkommen på plats
Person avtransporterad till vårdenhet
Person enbart omhändertagen på plats
Egendomsskada
Overhängande fara för störning av samhällsviktig verksa...
Ingen skada

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (2)
Elapparat, elledning eller motsv.
Annat

**Startutrymme**

1 värde markerat: Vardagsrum
<input checked="" type="checkbox"/> Vardagsrum
<input type="checkbox"/> Utanför byggnaden
<input type="checkbox"/> Altan eller balkong
<input type="checkbox"/> Badrum eller toalett
<input type="checkbox"/> Bastu, fristående
<input type="checkbox"/> Bastu, inte fristående

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

7 värden markerade: Belysningsarmatur, Dator, Ljud- eller bil...
<input checked="" type="checkbox"/> Dator
<input checked="" type="checkbox"/> Ljud- eller bildapparat
<input checked="" type="checkbox"/> Bord
<input checked="" type="checkbox"/> Gardiner
<input checked="" type="checkbox"/> Ljusstake eller ljusstaksdekoration
<input checked="" type="checkbox"/> Soffa, fåtölj, säte eller motsv.

- Antal omkomna (endast i soffan):  
1st (år 2018), 1st (år 2019), 0st (år 2020)

MSB: BILDNINGEN SITT SVAR PÅ EN ÖVNING

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	4	0,00
2019	8	0,00
2020	9	0,00

MSB: BILDNINGEN SITT SVAR PÅ EN ÖVNING

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	0	0,00
2019	1	0,00
2020	2	0,00

MSB: BILDNINGEN SITT SVAR PÅ EN ÖVNING

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	130	0,01
2019	128	0,01
2020	127	0,01

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

1 värde markerat: Person omkommen på plats

- Person omkommen på plats
- Person avtransporterad till vårdenhet
- Person enbart omhändertagen på plats
- Egendomsskada
- Överhängande fara för störning av samhällsviktig verksa...
- Ingen skada

**Startutrymme**

1 värde markerat: Vardagsrum

- Vardagsrum
- Sovrum eller sovsal

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)

- Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

1 värde markerat: Sofa, fåtölj, säte eller motsv.

- Sofa, fåtölj, säte eller motsv.
- Brandfarlig vätska eller gas
- Kläder, på person
- Säng
- Annat objekt
- Gick inte att bedöma

- Förda till sjukhus + Omkomna: 22st (år 2018), 16st (år 2019), 25st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

2 värden markerade: Person omkommen på plats, Person avt...

- Person omkommen på plats
- Person avtransporterad till vårdenhet
- Person enbart omhändertagen på plats
- Egendomsskada
- Överhängande fara för störning av samhällsviktig verksa...
- Ingen skada

**Startutrymme**

1 värde markerat: Vardagsrum

- Vardagsrum
- Altan eller balkong
- Badrum eller toalett
- Källare, inte boyta
- Kök
- Lastbrygga

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (2)

- Elapparat, elledning eller motsv.
- Annat

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

5 värden markerade: Ljud- eller bildapparat, Bord, Gardiner, L...

- Ljud- eller bildapparat
- Bord
- Gardiner
- Ljusstake eller ljusstaksdekoration
- Sofa, fåtölj, säte eller motsv.
- Batteri

## Startutrymme, utrymme utanför huset inklusive källare och vind:

### 1) Batteri

- Antal bränder totalt: 15st (år 2018), 14st (år 2019), 21st (år 2020)
- Antändningsobjekt:
  - \*Batteri
  - \*Batteriladdare
- Inga omkomna eller förda till sjukhus

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (3)

- Person enbart omhändertagen på plats
- Egendomsskada
- Ingen skada

**Startutrymme**

7 värden markerade: Utanför byggnaden, Altan eller balkong, ...

- Altan eller balkong
- Förråd, fristående
- Förråd, inte fristående
- Källare, inte boyta
- Trapphus
- Vind, inte boyta

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)

- Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare

- Batteri
- Batteriladdare
- Bastuaggregat
- Belysningsarmatur
- Brödrost
- Dator

### 2) Ej Batteri:

- Antal bränder totalt: 410st (år 2018), 365st (år 2019), 406st (år 2020)
- Antändningsobjekt:

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	1	0,00
2019	1	0,00
2020	0	0,00

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	22	0,00
2019	16	0,00
2020	25	0,00

- \*Elcentral
- \*Blomkruka
- \*Papper, tidningar eller kartong
- \*Plast eller gummi
- \*Yttervägg eller takfot
- \*Ris-, gräs- eller lövhög

- Inga döda

Uppgifter om händelsen	
<b>Skadetyper</b> Alla värden inkluderade (7) <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhhet</li> <li><input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats</li> <li><input type="checkbox"/> Egendomsskada</li> <li><input type="checkbox"/> Inträffad miljöskada</li> <li><input type="checkbox"/> Överhängande fara för miljöskada</li> <li><input type="checkbox"/> Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet</li> </ul>	<b>Startutrymme</b> 5 värden markerade: Utanför byggnaden, Altan eller balkong, ... <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Utanför byggnaden</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Altan eller balkong</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Förråd, fristående</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Förråd, inte fristående</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Källare, inte boyta</li> <li><input type="checkbox"/> Badrum eller toalett</li> </ul>
<b>Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande</b> Alla värden inkluderade (2) <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.</li> <li><input type="checkbox"/> Annat</li> </ul>	<b>Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad</b> 6 värden markerade: Elcentral, Blomkruka eller blomlåda, Pap... <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Elcentral</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Blomkruka eller blomlåda</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Papper, tidning eller kartong</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Plast eller gummi</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Ris-, gräs- eller lövhög</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Yttervägg eller takfot</li> </ul>

- Förda till sjukhus:  
8st (år 2018), 8st (år 2019), 5st (år 2020)

Uppgifter om händelsen	
<b>Skadetyper</b> 1 värde markerat: Person avtransporterad till vårdenhhet <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhhet</li> <li><input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats</li> <li><input type="checkbox"/> Egendomsskada</li> <li><input type="checkbox"/> Inträffad miljöskada</li> <li><input type="checkbox"/> Överhängande fara för miljöskada</li> <li><input type="checkbox"/> Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet</li> </ul>	<b>Startutrymme</b> 5 värden markerade: Utanför byggnaden, Altan eller balkong, ... <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="checkbox"/> Utanför byggnaden</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Altan eller balkong</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Förråd, fristående</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Förråd, inte fristående</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Källare, inte boyta</li> <li><input type="checkbox"/> Badrum eller toalett</li> </ul>
<b>Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande</b> Alla värden inkluderade (2) <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.</li> <li><input type="checkbox"/> Annat</li> </ul>	<b>Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad</b> 5 värden markerade: Elcentral, Papper, tidning eller kartong, ... <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Element</li> <li><input type="checkbox"/> Elledning eller elkabel</li> <li><input type="checkbox"/> Eluttag eller kontakt</li> <li><input type="checkbox"/> Fläkt eller annan ventilationsanläggning</li> <li><input type="checkbox"/> Kyl eller frys</li> <li><input type="checkbox"/> Torktumlare</li> </ul>

[Övergripande om bränder i skolor](#)  
[Begreppen i händelserapporten](#)  
[Kvalitetsdeklaration](#)  
[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempelvis Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser Totalt	Per 100
2018	410	0,04
2019	365	0,04
2020	406	0,04

[Övergripande om bränder i skolor](#)  
[Begreppen i händelserapporten](#)  
[Kvalitetsdeklaration](#)  
[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempelvis Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser Totalt	Per 100
2018	8	0,00
2019	8	0,00
2020	5	0,00

## Startutrymme: Hiss, Tvättstuga, Loftgång, Korridor, Pannrum, Soprum

### 1) Batteri:

- Antal bränder totalt:  
2st (år 2018), 4st (år 2019), 5st (år 2020)
- Antändningsobjekt
  - \*Batteri
  - \*Batteriladdare
- Inga döda



**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (4)
<input type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/> Egendomsskada
<input type="checkbox"/> Ingen skada

**Startutrymme**

5 värden markerade: Hiss, inklusive schakt och maskinrum, K...
<input checked="" type="checkbox"/> Hiss, inklusive schakt och maskinrum
<input checked="" type="checkbox"/> Korridor
<input checked="" type="checkbox"/> Pannrum
<input checked="" type="checkbox"/> Soprum eller sopnedkast
<input checked="" type="checkbox"/> Tvättstuga
<input type="checkbox"/> Utanför byggnaden

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
<input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Diskmaskin
<input type="checkbox"/> Elcentral
<input type="checkbox"/> Element

- Förda till sjukhus:

Ost (år 2018), 1st (år 2019), Ost (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

1 värde markerat: Person avtransporterad till vårdenhet
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/> Egendomsskada
<input type="checkbox"/> Ingen skada

**Startutrymme**

1 värde markerat: Pannrum
<input checked="" type="checkbox"/> Pannrum
<input type="checkbox"/> Garage, inte fristående
<input type="checkbox"/> Lager eller upplag
<input type="checkbox"/> Produktionslokal
<input type="checkbox"/> Sovrum eller sovsal
<input type="checkbox"/> Vardagsrum

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (1)
<input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

1 värde markerat: Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Torktumlare
<input type="checkbox"/> Tvättmaskin
<input type="checkbox"/> Annan elapparat
<input type="checkbox"/> Blandade sopor eller skräp

## 2) Ej batteri:

- Antal bränder totalt:  
894st (år 2018), 910st (år 2019), 789st (år 2020)
- Antändningsobjekt:

Alla värden som går att inkludera för utrymmena vilket resulterade i 42 stycken på IDA, MSB:s databas.

**Uppgifter om händelsen**

**Skadetyper**

Alla värden inkluderade (9)
<input type="checkbox"/> Person omkommen på plats
<input type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/> Egendomsskada
<input type="checkbox"/> Inträffad miljöskada
<input type="checkbox"/> Överhängande fara för miljöskada

**Startutrymme**

6 värden markerade: Hiss, inklusive schakt och maskinrum, K...
<input checked="" type="checkbox"/> Hiss, inklusive schakt och maskinrum
<input checked="" type="checkbox"/> Korridor
<input checked="" type="checkbox"/> Loftgång
<input checked="" type="checkbox"/> Pannrum
<input checked="" type="checkbox"/> Soprum eller sopnedkast
<input checked="" type="checkbox"/> Tvättstuga

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande**

Alla värden inkluderade (3)
<input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.
<input type="checkbox"/> Annat
<input type="checkbox"/> Gick inte att bedöma

**Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad**

Alla värden inkluderade (42)
<input type="checkbox"/> Batteri
<input type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Diskmaskin
<input type="checkbox"/> Elcentral
<input type="checkbox"/> Element

- Omkomna:  
2st (år 2018), 1st (år 2019), Ost (år 2020)

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	2	0,00
2019	4	0,00
2020	5	0,00

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	0	0,00
2019	1	0,00
2020	0	0,00

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	894	0,09
2019	910	0,09
2020	789	0,08

**Uppgifter om händelsen**

Skadetyper	Startutrymme
1 värde markerat: Person omkommen på plats	3 värden markerade: Korridor, Pannrum, Tvättstuga
<input checked="" type="checkbox"/> Person omkommen på plats	Kök
Person avtransporterad till vårdenhet	Sovrum eller sovsal
Person enbart omhändertagen på plats	Vardagsrum
Egendomsskada	Vind, inte boyta
Inträffad miljökada	Annat utrymme
Överhängande fara för miljökada	Gick inte att bedöma

Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande	Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad
Alla värden inkluderade (2)	Alla värden inkluderade (2)
Annat	Brandfarlig vätska eller gas
Gick inte att bedöma	Gick inte att bedöma

- Sjukhus + omkomna:  
17st (år 2018), 15st (år 2019), 13st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

Skadetyper	Startutrymme
2 värden markerade: Person omkommen på plats, Person avt...	5 värden markerade: Hiss, inklusive schakt och maskinrum, K...
<input checked="" type="checkbox"/> Person omkommen på plats	<input checked="" type="checkbox"/> Hiss, inklusive schakt och maskinrum
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet	<input checked="" type="checkbox"/> Korridor
Person enbart omhändertagen på plats	<input checked="" type="checkbox"/> Pannrum
Egendomsskada	<input checked="" type="checkbox"/> Soprum eller sopnedkast
Inträffad miljökada	<input checked="" type="checkbox"/> Tvättstuga
Överhängande fara för miljökada	Utanför byggnaden

Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande	Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad
Alla värden inkluderade (3)	Alla värden inkluderade (14)
Elapparat, elledning eller motsv.	Batteri
Annat	Belysningsarmatur
Gick inte att bedöma	Torktumlare
	Tvättmaskin
	Annan elapparat
	Blandade sopor eller skräp

Uppgifter om händelsen

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempelvis Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	2	0,00
2019	1	0,00
2020	0	0,00

Uppgifter om händelsen

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempelvis Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	17	0,00
2019	15	0,00
2020	13	0,00

## Startutrymme: Garage och Förråd (både fristående och inte)

### 1) Ej batteri:

- Antal bränder totalt:  
714st (år 2018), 721st (år 2019), 728st (år 2020)
- Antändningsobjekt:  
Alla värde för utrymmena var inkluderade, tillsammans 44 stycken enligt IDA, MSB:s databas.

**Uppgifter om händelsen**

Skadetyper	Startutrymme
Alla värden inkluderade (9)	4 värden markerade: Förråd, fristående, Förråd, inte friständ...
Person omkommen på plats	<input checked="" type="checkbox"/> Förråd, fristående
Person avtransporterad till vårdenhet	<input checked="" type="checkbox"/> Förråd, inte fristående
Person enbart omhändertagen på plats	<input checked="" type="checkbox"/> Garage, fristående eller radgarage
Egendomsskada	<input checked="" type="checkbox"/> Garage, inte fristående
Inträffad miljökada	Utanför byggnaden
Överhängande fara för miljökada	Altan eller balkong

Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande	Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad
Alla värden inkluderade (3)	Alla värden inkluderade (44)
Elapparat, elledning eller motsv.	Batteri
Annat	Batteriladdare
Gick inte att bedöma	Belysningsarmatur
	Diskmaskin
	Elcentral
	Element

Uppgifter om händelsen

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempelvis Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per IO
2018	714	0,07
2019	721	0,07
2020	728	0,07

- Omkomna:  
2st (år 2018), 0st (år 2019), 0st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

Skadetyper	Startutrymme
1 värde markerat: Person omkommen på plats	2 värden markerade: Förråd, inte fristående, Garage, fristående...
<input checked="" type="checkbox"/> Person omkommen på plats	<input checked="" type="checkbox"/> Förråd, inte fristående
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet	<input checked="" type="checkbox"/> Garage, fristående eller radgarage
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats	<input type="checkbox"/> Utanför byggnaden
<input type="checkbox"/> Egendomsskada	<input type="checkbox"/> Altan eller balkong
<input type="checkbox"/> Inträffad miljöskada	<input type="checkbox"/> Badrum eller toalett
<input type="checkbox"/> Överhängande fara för miljöskada	<input type="checkbox"/> Bastu, fristående

Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande	Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad
Alla värden inkluderade (1)	Alla värden inkluderade (1)
<input type="checkbox"/> Gick inte att bedöma	<input type="checkbox"/> Gick inte att bedöma

- Sjukvård + omkomna:  
14st (år 2018), 9st (år 2019), 9st (år 2020)

**Uppgifter om händelsen**

Skadetyper	Startutrymme
2 värden markerade: Person omkommen på plats, Person avt...	2 värden markerade: Förråd, inte fristående, Garage, fristående...
<input checked="" type="checkbox"/> Person omkommen på plats	<input checked="" type="checkbox"/> Förråd, inte fristående
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet	<input checked="" type="checkbox"/> Garage, fristående eller radgarage
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats	<input type="checkbox"/> Utanför byggnaden
<input type="checkbox"/> Egendomsskada	<input type="checkbox"/> Altan eller balkong
<input type="checkbox"/> Inträffad miljöskada	<input type="checkbox"/> Badrum eller toalett
<input type="checkbox"/> Överhängande fara för miljöskada	<input type="checkbox"/> Bastu, fristående

Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande	Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad
Alla värden inkluderade (3)	Alla värden inkluderade (12)
<input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.	<input type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Annat	<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Gick inte att bedöma	<input type="checkbox"/> Elledning eller elkabel
	<input type="checkbox"/> Annan elapparat
	<input type="checkbox"/> Mattfett eller matolja
	<input type="checkbox"/> Brandfarlig vätska eller gas

- 2) Batteri
- Antal bränder totalt:  
26st (år 2018), 26st (år 2019), 35st (år 2020)
- Antändningsobjekt:  
\*Batteri  
\*Batteriladdare
- Inga döda

**Uppgifter om händelsen**

Skadetyper	Startutrymme
Alla värden inkluderade (5)	4 värden markerade: Förråd, fristående, Förråd, inte fristående...
<input type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet	<input checked="" type="checkbox"/> Förråd, fristående
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats	<input checked="" type="checkbox"/> Förråd, inte fristående
<input type="checkbox"/> Egendomsskada	<input checked="" type="checkbox"/> Garage, fristående eller radgarage
<input type="checkbox"/> Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet	<input checked="" type="checkbox"/> Garage, inte fristående
<input type="checkbox"/> Ingen skada	<input type="checkbox"/> Utanför byggnaden
	<input type="checkbox"/> Altan eller balkong

Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Övergripande	Objekt som först antändes eller riskerade antändas: Detaljerad
Alla värden inkluderade (1)	2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.	<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
	<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
	<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
	<input type="checkbox"/> Diskmaskin
	<input type="checkbox"/> Elcentral
	<input type="checkbox"/> Element

- Sjukvård:  
1st (år 2018), 1st (år 2019), 2st (år 2020)

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 1000
2018	2	0,00
2019	0	0,00
2020	0	0,00

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 1000
2018	14	0,00
2019	9	0,00
2020	9	0,00

[Övergripande om bränder i skolor](#)

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 1000
2018	26	0,00
2019	26	0,00
2020	35	0,00

## Uppgifter om händelsen

### Skadetyper

1 värde markerat: Person avtransporterad till vårdenhet
<input checked="" type="checkbox"/> Person avtransporterad till vårdenhet
<input type="checkbox"/> Person enbart omhändertagen på plats
<input type="checkbox"/> Egendomsskada
<input type="checkbox"/> Inträffad störning av samhällsviktig verksamhet
<input type="checkbox"/> Ingen skada

### Startutrymme

2 värden markerade: Garage, fristående eller radgarage, Gara...
<input type="checkbox"/> Lager eller upplag
<input type="checkbox"/> Pannrum
<input type="checkbox"/> Produktionslokal
<input type="checkbox"/> Sovrum eller sovsal
<input type="checkbox"/> Vardagsrum
<input type="checkbox"/> Verkstad

### Objekt som först antändes eller riskerade antändas:

#### Övergripande

Alla värden inkluderade (1)
<input type="checkbox"/> Elapparat, elledning eller motsv.

### Objekt som först antändes eller riskerade antändas:

#### Detaljerad

2 värden markerade: Batteri, Batteriladdare
<input checked="" type="checkbox"/> Batteri
<input checked="" type="checkbox"/> Batteriladdare
<input type="checkbox"/> Belysningsarmatur
<input type="checkbox"/> Elledning eller elkabel
<input type="checkbox"/> Annan elapparat
<input type="checkbox"/> Matfett eller matolja

### Övergripande om bränder i skolor

[Begreppen i händelserapporten](#)

[Kvalitetsdeklaration](#)

[Frågor om statistiken](#)

Logga in och klicka på kolumnrubriken "År" för att växla till visning per exempel Kommun eller Timme.

Statistik baserad på uppgifter inlämnade till MSB: 2021-04-06

År	Antal insatser	
	Totalt	Per 100
2018	1	0,00
2019	1	0,00
2020	2	0,00

## Bilaga E Garagestudie

Nedan presenteras frågeformuläret som kompletterade intervjuundersökningen i garagestudien.

Hej!

Vi är två tjejer som läser till brandingenjör och civilingenjör i riskhantering. Vi skriver vårt examensarbete nu under våren där vi undersöker hur Li-jonbatterier påverkar risken för mänskliga skador i bostadsbränder. Ett av våra scenarier är brand i garage där det tycks finnas en stor variation i vilka brännbara vätskor och gaser människor förvarar där samt hur mycket av varje ämne. Det hade därför varit mycket hjälpsamt om ni ville besvara frågorna nedan.

Frågor:

Vad är din ålder?

Vilken typ av bostad bor du i? (lägenhet, villa, radhus etc)

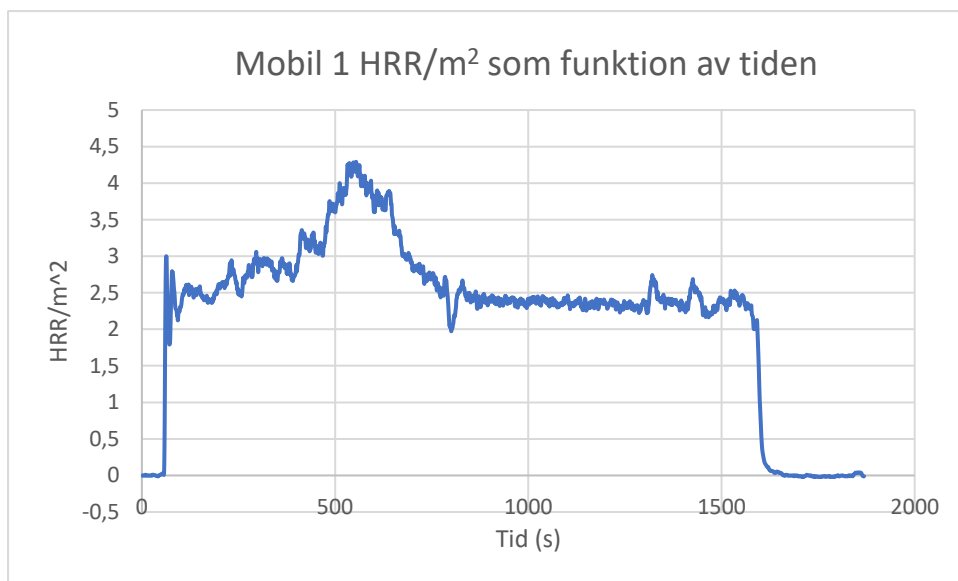
Har du ett garage till din bil?

Vilka brännbara vätskor har du i ditt garage och hur mycket?

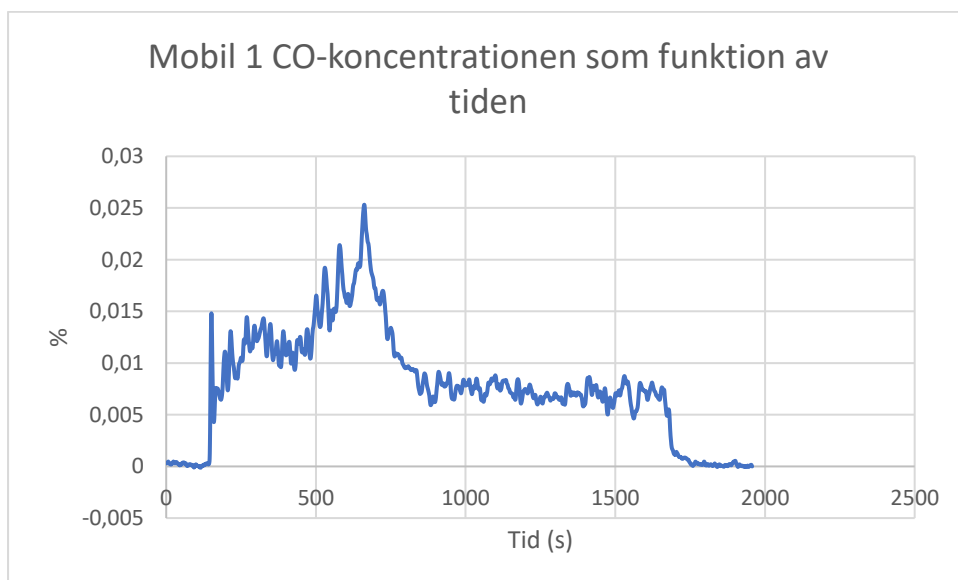
Vilka brännbara och explosiva gaser har du i ditt garage och hur mycket? (ange även trycksatta behållare som kan explodera vid högre temperaturer)

## Bilaga F Rådata från mobilexperimenten

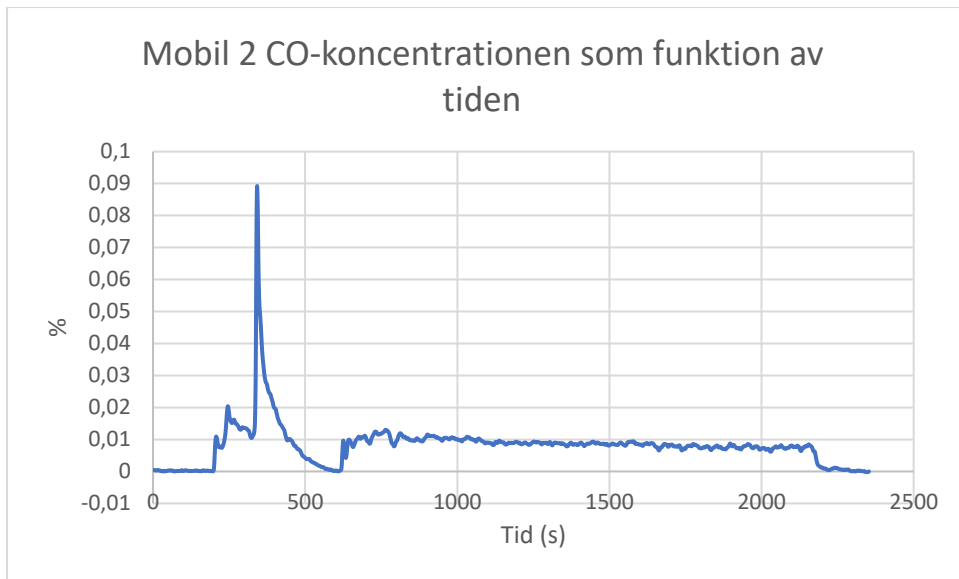
I denna bilaga redovisas figurerna för kolmonoxidkoncentrationen och HRR( kW/m<sup>2</sup>)som funktion av tiden från experimenten där mobilerna brändes i avsnitt 7.1 i originalskick och med effekten från sandbrännaren kvar. För att kunna verifiera resultaten har originalenheterna bibehållits.



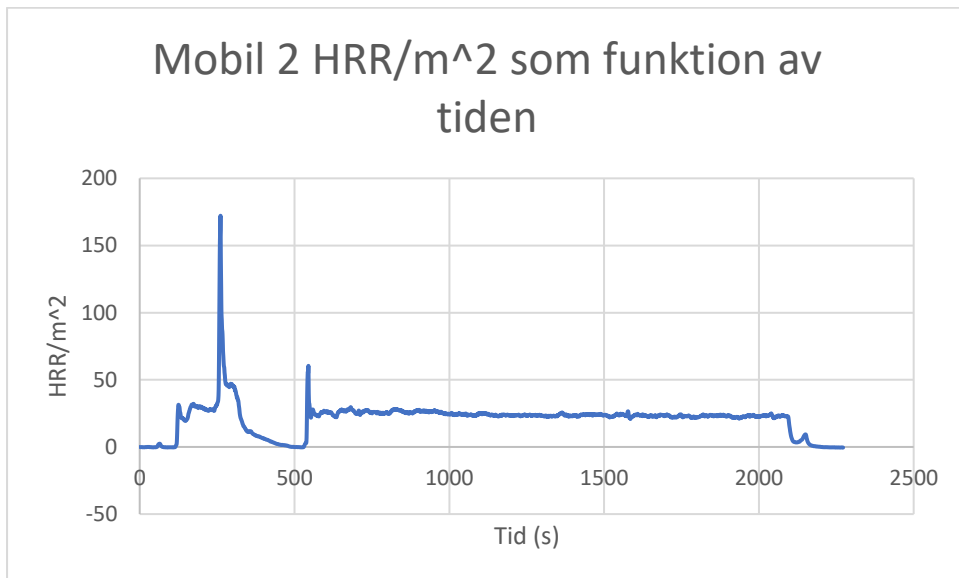
Figur 1. Mobil 1 (kW/m<sup>2</sup>) som funktion av tiden.



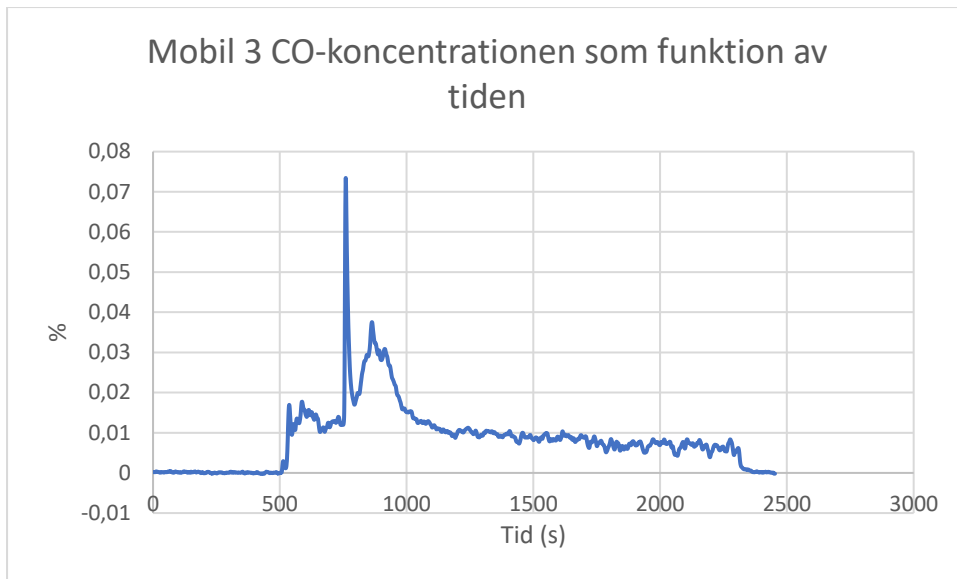
Figur 2. Mobil 1 kolmonoxidkoncentrationen som funktion av tiden



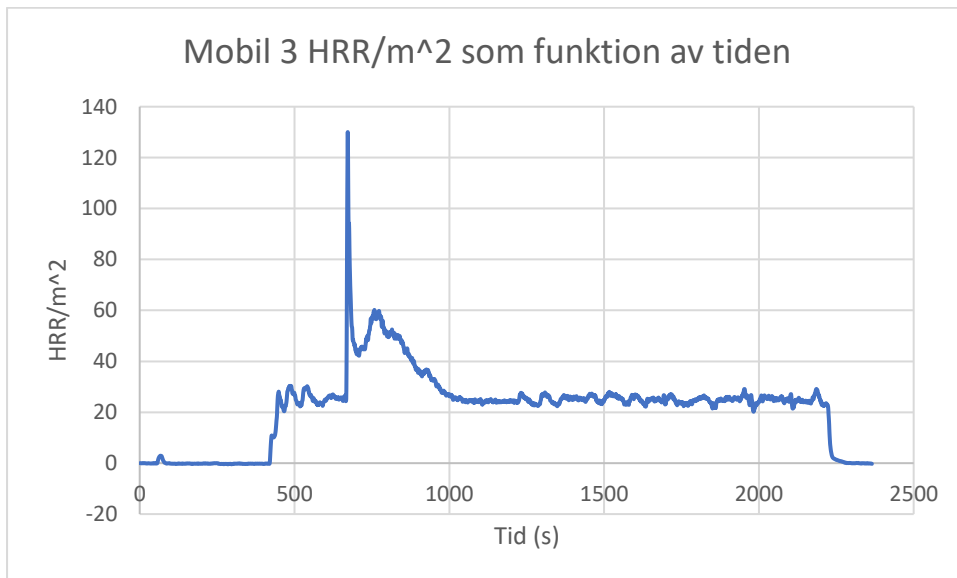
Figur 3. Mobil 2 kolmonoxidkoncentrationen som funktion av tiden.



Figur 4. Mobil 2 (kW/m<sup>2</sup>) som funktion av tiden.



Figur 5. Mobil 3 kolmonoxidkoncentrationen som funktion av tiden.



Figur 6. Mobil 3 (kW/m<sup>2</sup>) som funktion av tiden.