



RISE

Brannsikkerhet i semiautomatiske parkeringsanlegg

RISE RAPPORT 2023:37

Ellen Synnøve Skilbred

Andreas Sæter Bøe

Ole Anders Holmvaag

Lei Jiang

Janne Siren Fjærestad

RISE Fire Research

Brannsikkerhet i semiautomatiske parkeringsanlegg

Ellen Synnøve Skilbred, Andreas Sæter Bøe, Ole
Anders Holmvaag, Lei Jiang, Janne Siren Fjærestad

Abstract

Fire safety in semi-automatic parking facilities

The main goal of this study is to contribute to increased safety in semi-automatic parking facilities. Semi-automatic parking facilities are parking facilities with a system for automatic stacking of cars, but in contrast to fully automatic parking facilities, these are not closed, compact, and unavailable for the public. The study is financed by The Norwegian Directorate for Civil Protection (DSB) and Norwegian Building Authority (DiBK).

A fire simulation was conducted to compare fire spread in a semi-automatic parking facility to fire spread in an ordinary parking facility. The results indicate that the spread of fire from the car that was first ignited to another car happens approximately equally fast in the two scenarios. Thereafter, the fire spread faster in the semi-automatic parking facility compared to the ordinary parking facility. Although these results should only be considered as indicative, they do show that decreasing the distance between rows of cars can lead to a much faster fire spread. The simulation also shows that the size of a fire in a relatively closed-off parking facility is not necessarily controlled by the number of cars but by the access to air. Hence, the number of openings and properties of ventilation systems in such facilities are important factors to consider when assessing fire safety.

A study of regulations and experiences with semi-automatic parking facilities in Norway and other countries as well as aspects that increase risks in semi-automatic parking facilities was conducted. No specific fire-related experiences were discovered, but this is not surprising when considering that fires in parking facilities are relatively rare and there are relatively few semi-automatic parking facilities. In addition, these types of facilities are relatively new.

The study found regulations for fully automatic parking facilities in Norway, but semi-automatic parking facilities are not covered by the same regulations. The current regulations do not ensure that the authorities are informed when automatic car-stacking systems are installed in existing parking facilities that are open to the public. There are no regulations ensuring that a fire safety assessment is conducted when an automatic car-stacking system is installed in an existing building regulated for parking that is accessible to the public.

It is our opinion that there is a need for a new assessment of fire safety when a system for car stacking is established in an existing parking facility.

Key words: Parking, semi-automatic parking facilities, car-stacking systems, fleet parking, fire safety, fire and rescue services.

Nøkkelord: Parkering, semiautomatiske parkeringsanlegg, bilstablingssystem, flåteparkering, brannsikkerhet, brannvesen.

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2023:37

ISBN: 978-91-89757-83-7

Prosjektnummer: 20612-4

Kvalitetssikring: Tian Li

Finansiert av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og Direktoratet for byggkvalitet

Forsidebilde: Semiautomatisk parkeringssystem. Foto: RISE Fire Research

Trondheim 2023

Innhold

Abstract	1
Innhold	3
Forord	5
Sammendrag	6
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Målsetting.....	7
1.3 Omfang og begrensinger.....	8
1.4 Metodebeskrivelse.....	8
1.5 Etiske vurderinger.....	8
1.6 Forkortelser og definisjoner.....	8
2 Kartlegging	9
2.1 Hva er et semiautomatisk parkeringsanlegg?.....	9
2.2 Litteraturstudium.....	10
2.2.1 Branneksperiment i en modell av et bilstablingssystem.....	11
2.2.2 Brannspredning mellom biler på samme plan.....	12
2.2.3 Utfordringer ved brann- og redningsinnsats i parkeringskjellere.....	13
2.3 Branntekniske krav til semiautomatiske parkeringsanlegg i Norge.....	13
2.3.1 Risikoklasser.....	14
2.3.2 Funksjonskrav og preaksepterte ytelser.....	14
2.3.3 Regelverk og erfaringer fra andre land.....	18
2.4 Befaring.....	19
3 Brannforløp i et semiautomatisk parkeringsanlegg	20
3.1 Metode.....	20
3.2 Resultater og diskusjon.....	25
3.2.1 Resultater.....	25
3.2.2 Diskusjon.....	28
3.3 Hovedfunn.....	30
3.4 Videre arbeid.....	30
4 Intervju om risiko og risikoreduserende tiltak	30
4.1 Workshop med ekspertgruppe.....	31
4.2 Intervju med brann- og redningstjenesten.....	31
4.2.1 Lovverk, manglende oversikt og adgang til tilsyn.....	32
4.2.2 Vurdering av risiko og sårbarhet knyttet til brann.....	33

4.2.3	Tiltak	34
4.2.4	Tilrettelegging for effektiv og sikker innsats	35
4.2.5	Statistikk	37
5	Diskusjon.....	37
5.1	Statistikk og erfaring	37
5.2	Regelverk	38
5.3	Økt brannenergi og fare for brannspredning	39
5.4	Risiko for innsattpersonell	39
6	Konklusjoner	40
7	Referanser.....	42

Forord

Dette prosjektet er finansiert av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) som en del av prosjektporteføljen under forskningsavtalen mellom DSB og RISE Fire Research.

Vi takker alle som har besvart spørreundersøkelsen, stilt til intervju og deltatt på befaringsforbindelse med dette prosjektet.

Vi vil også takke Vidar Stenstad som har bidratt i kartleggingen av regelverket, befaringsforbindelse og ellers støttet prosjektet med sin brannfaglige kunnskap.

Janne Siren Fjærestad, prosjektleder

Trondheim, juni 2023

Sammendrag

Hovedmålet med studien er å bidra til økt trygghet i semiautomatiske parkeringsanlegg. Semiautomatiske parkeringsanlegg er parkeringsanlegg med system for automatisk bilstabling, men i motsetning til helautomatiske parkeringsanlegg er ikke disse lukkede, kompakte og utilgjengelige for publikum. Studien er finansiert av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK).

Det ble gjennomført en simulering for å undersøke hvordan en brann kan spre seg i et semiautomatisk parkeringsanlegg i forhold til et ordinært parkeringsanlegg. Resultatene indikerer at en brann sprer seg fra første antente bil til neste bil omtrent like raskt i begge anleggene. Deretter sprer brannen i det semiautomatiske anlegget seg raskere enn brannen i det ordinære parkeringsanlegget. Disse resultatene må kun betraktes som indikative resultater, men viser likevel at det å redusere avstanden mellom bilrekker kan føre til en mye raskere brannspredning. Simuleringen viser også at i nokså lukkede parkeringsanlegg er det ikke nødvendigvis antall biler og hvor tett de står som påvirker hvor stor en brann kan bli, men hvor god tilgangen på luft er. Derfor er åpninger og ventilasjonssystemer i slike anlegg viktige faktorer å ta hensyn til når brannsikkerhet vurderes.

Det har blitt utført en kartlegging av regelverk og erfaringer i Norge og andre land, og momenter som øker risiko i semiautomatiske parkeringsanlegg. Det har ikke blitt avdekket noen konkrete erfaringer med branner i disse anleggene, men ettersom brann i parkeringsanlegg er relativt sjeldent, det finnes relativt få semiautomatiske parkeringsanlegg, og disse anleggene er relativt nye, er det ikke overraskende at det ikke har kommet frem noen hendelser enda.

Det kom frem at det finnes lovverk for helautomatiske parkeringsanlegg i Norge, men at semiautomatiske parkeringsanlegg er ikke omfattet av det samme lovverket. Det finnes ikke lovverk som sikrer at myndighetene blir informert dersom automatiske bilstablingssystemer installeres i eksisterende parkeringsanlegg som er åpne for publikum. Det finnes heller ikke lovverk som sikrer at det gjøres branntekniske vurderinger i forbindelse med installasjon av automasjon for bilstabling i et eksisterende bygg regulert for parkering der publikum har tilgang til arealene.

Vi mener at det er behov for ny vurdering av brannsikkerhet når et system for bilstabling etableres i eksisterende parkeringsanlegg.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Semiautomatiske parkeringsanlegg muliggjør tettere parkering av biler enn i tradisjonelle parkeringsanlegg, noe som fører til økt spesifikk brannenergi [MJ/m²]. I motsetning til helautomatiske parkeringsanlegg kan semiautomatiske parkeringsanlegg være plassert inni et ordinært parkeringsanlegg uten at det er solide vegger mellom bilene i det semiautomatiske anlegget og brukerne av parkeringsanlegget. I Norge har de semiautomatiske parkeringsanleggene kun funksjonskrav i forskrift, uten at det er angitt preaksepterte ytelser, og dette har ført til bekymring rundt brann sikkerheten i slike anlegg.

Det pekes på behov for mer kunnskap på en rekke områder:

- Kartlegging av krav til semiautomatiske parkeringsanlegg både i Norge og i andre land
- Oversikt over ulike typer anlegg
- Erfaring fra relevante branner
- Sikkerhet for innsatsmannskaper
- utfordringer knyttet til anleggenes utforming både når det kommer til mulighet for å slukke, mulighet til å hente ut biler under/etter en brann, muligheten for raskere spredning av brannen og konstruksjonens brannmotstand
- Usikkerhet i forhold til lading av elbiler og strømsatte bygningskonstruksjoner i semiautomatiske parkeringsanlegg

1.2 Målsetting

Prosjektets hovedmål er til å bidra til økt sikkerhet (trygghet) i semiautomatiske parkeringsanlegg ved å øke kunnskapen i de ovennevnte områdene, samt utarbeide forslag til mulige tiltak som bidrar til reell risikoreduksjon. Det vil spesielt bli satt søkelys på risiko for innsatspersonell.

For å nå prosjektets målsetting planlegges følgende delmål:

- Identifisere og kartlegge eksisterende trusler og løsninger (utgangsrisiko)
 - En oversikt over regelverk knyttet til semiautomatiske parkeringsanlegg i Norge og utland skal etableres.
 - En oversikt over ulike typer parkeringsanlegg skal etableres.
 - Erfaringer fra tidligere branner i parkeringsanlegg skal undersøkes for å bidra til læring.
- Skape en oversikt over utfordringer for innsatsmannskap.
- Evaluere hvordan brannforløpet i et semiautomatisk parkeringsanlegg er annerledes fra brannforløpet i et tradisjonelt parkeringsanlegg.
- Evaluere brannmotstand for konstruksjoner basert på simulert temperaturutvikling

1.3 Omfang og begrensinger

Kartlegging av regelverket (antall land) ble begrenset i henhold til den økonomiske rammen i prosjektet. Modelleringen i prosjektet ble basert på en eksisterende modell fra tidligere prosjekt. Prosjektet omfatter ikke simulasjon av sprinkleranlegg eller mekanisk røykventilasjon. Forenklende antagelser (for eksempel bruk av symmetriske randbetingelser, o.l.) vil bli brukt for å redusere beregningskostnader mest mulig.

I utgangspunktet er kun semiautomatiske parkeringsanlegg i fokus i denne studien, men siden denne teknologien er relativt ny er det begrenset med studier, litteratur og erfaringer med brann i slike anlegg. Derfor var det i noen tilfeller hensiktsmessig å hente informasjon fra vanlige parkeringsanlegg og helautomatiske parkeringsanlegg.

Simuleringen ble begrenset til semiautomatiske parkeringsanlegg der bilene befinner seg på samme plan og kun flyttes horisontalt, såkalt flåteparkering.

1.4 Metodebeskrivelse

Regelverk for semiautomatiske parkeringsanlegg, erfaringer med tidligere branner i slike anlegg samt utformingen av slike anlegg, både i Norge og i andre europeiske land, ble kartlagt gjennom kontakt med produsenter av semiautomatiske parkeringsanlegg og myndigheter i Norge og Europa.

Intervjuer med representanter fra brannvesen i større byer i Norden ble gjennomført for å utdype problemområder, risiko og mulige risikoreduserende tiltak knyttet til brannsikkerhet i semiautomatiske parkeringsanlegg.

Gjennom en litteraturstudie ble det innhentet publikasjoner og litteratur som er relevant for områdene som er problematisert.

Simuleringer av brannspredning fra bil til bil i semiautomatisk parkeringsanlegg ble gjennomført ved hjelp av simuleringsprogrammet Fire Dynamic Simulator (FDS) [1]. Simuleringen ble utført i en tilpasset versjon av modellen utviklet i prosjekt «Brannsikkerhet i naturlig ventilerte parkeringshus» [2].

1.5 Ethiske vurderinger

Ved arbeidet med denne rapporten ble det gjennomført en workshop, en spørreundersøkelse og intervjuer der profesjonelle aktører deltok. Ved gjengivelse av disse har vi anonymisert informantene i rapporten.

1.6 Forkortelser og definisjoner

I denne rapporten er begrepet «Semiautomatiske parkeringsanlegg» brukt om parkeringsanlegg hvor større eller mindre områder har et system for automatisk bilstabling, som ikke er adskilt fra systemets brukere med solide vegger. Her brukes uttrykket «system for automatisk bilstabling» både om systemer som stabler biler i høyden og systemer som kan flytte biler sideveis for å

tilrettelegge for at flere biler kan parkeres på samme plan. Det er verdt å merke seg at det er stor variasjon i definisjonen av semiautomatiske og automatiske parkeringssystemer i ulike kilder.

2 Kartlegging

2.1 Hva er et semiautomatisk parkeringsanlegg?

Semiautomatiske parkeringsanlegg er parkeringsanlegg hvor større eller mindre områder har et system for automatisk bilstabling. Dette kan være stabling på ett plan, kalt flåteparkering (Figur 2-1), eller stabling i flere plan, vanligvis opptil tre (Figur 2-2 og Figur 2-3). Utenom områdene med automatisk bilstabling, er parkeringsanlegget utformet som andre parkeringsanlegg med vanlige parkeringsplasser. Til forskjell fra automatiske parkeringsanlegg, er semiautomatiske parkeringsanlegg tilgjengelige for publikum.

Det finnes ulike typer systemer for automatisk bilstabling, og de kan leveres i ulike størrelser og antall plan. For stabling på ett plan kan det innerste planet være vanlige parkeringsplasser mens parkeringsplassene foran står på plattformer som kan flyttes sideveis på skinner. Systemer med stabling på flere plan har vanligvis et internt bæresystem av uisolert stål med uspesifisert brannmotstand. Disse er sikret med gitter og gitterporter, og har bevegelsessensorer som stanser systemet dersom det er personer i systemet. Systemene kan leveres med elbillading på hver enkelt plattform. Elbillading kan også installeres i ettertid.

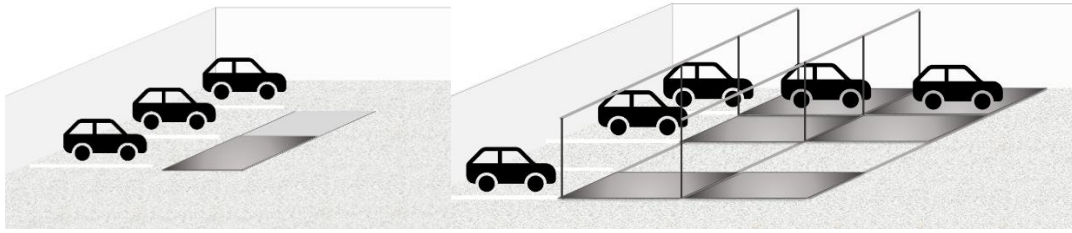
Hver parkeringsplass i et system med automatisk bilstabling, er en plattform som kan flyttes rundt i systemet. Når en bil skal parkeres i systemet, kjøres den inn på en tilgjengelig plattform på grunnplanet. Når bilføreren forlater bilen, lukkes porten til plattformen slik at adkomsten til systemet hindres. Systemet flytter så plattformene rundt, slik at det blir en ledig plattform for neste bil på grunnplanet. Når en bil skal hentes, brukes et betjeningstablå på utsiden av systemet for å bringe bilen tilbake til grunnplanet.

Hensikten med et system for automatisk bilstabling er å få plass til flere biler i lokalet. Noen systemer plasserer plattformene på skrå, slik at to biler kan plasseres i høyden selv ved kun 270 cm høyde mellom gulv og tak [3], men vi har ikke fått bekreftet at slike systemer finnes i Norge i dag. I parkeringsanlegg, der takhøyden er for lav for plassering av to biler i høyden, kan høyden økes ved å etablere lokale, nedsenkede områder slik at systemet kan stable biler under bakkeplan. En aktør som leverer semiautomatiske parkeringsanlegg i Norge er Metrisk. De angir følgende minimumsdimensjoner for bilstabling i tre etasjer, der en av etasjene er under bakkeplan [4]:

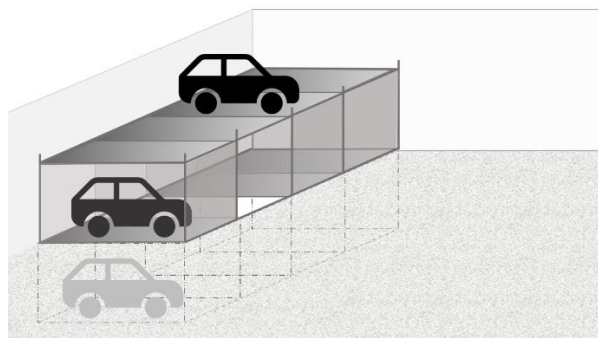
- Høyde fra gulv til tak: 435 cm
- Dybde på grop: 230 cm

Det vil si at samlet høyde for stabling i tre plan er 665 cm. Leverandøren oppgir også at hver bilplattform har bredde 260 cm og lengde 560 cm.

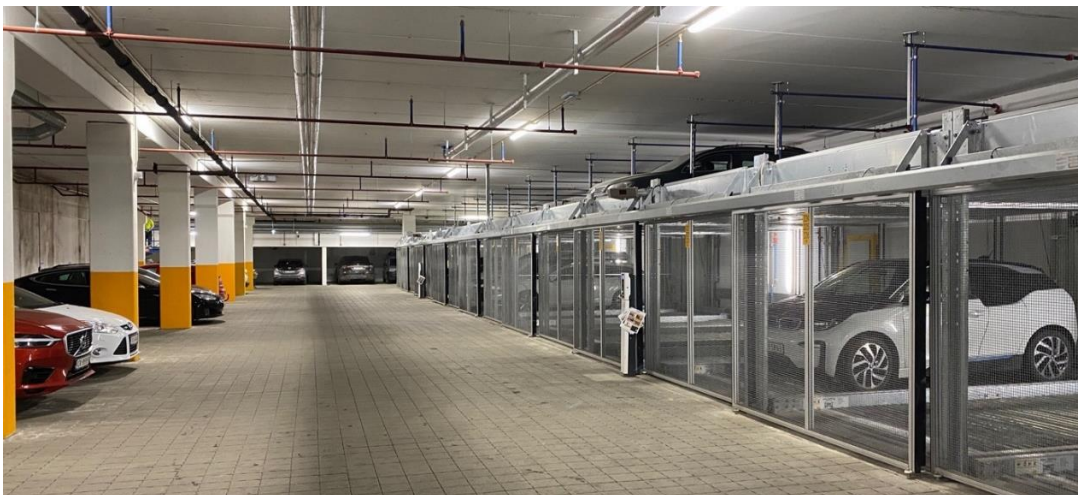
Eksempler på systemer for automatisk bilstabling er vist i illustrasjonene nedenfor.



Figur 2-1 Parkeringsystemer på ett plan. Systemet til venstre har én plattform som kan flyttes mellom to plasser for å gjøre plassene bak tilgjengelige. Systemet til høyre kalles flåteparkering og har mange plattformer som kan flyttes sideveis.



Figur 2-2 Skisse for parkering i tre etasjer, der det nederste planet er under bakken. En parkeringsplass må stå tom for at bilene kan flyttes rundt i systemet.



Figur 2-3 Parkeringsanlegget som ble besøkt under befaringen. På høyre side vises de to øverste planene av bilstablingssystemet. Det tredje planet er nedsenket. Foto: RISE Fire Research.

2.2 Litteraturstudium

Brann i parkeringsanlegg forekommer relativt sjeldent, men det har skjedd alvorlige hendelser i nyere tid. Et eksempel er brannen i Monica Wills House i 2006, som startet i en bil i et åpent

garasjeanlegg uten sprinkler og som spredte seg til 21 andre biler og boligene over garasjen [5]. Et annet eksempel er kollapsen av et underjordisk parkeringsanlegg i Gretzenbach i Sveits i 2004, forårsaket av en brann som trolig startet i en bil i parkeringsanlegget [6]. Et tredje eksempel er brannen i parkeringsanlegget på Sola [7], der flere hundre biler ble skadd og parkeringshuset delvis kollapset.

Det finnes lite litteratur om semiautomatiske parkeringshus, men noe eksperimentelt arbeid er utført. Det finnes også studier som undersøker sannsynligheten for brannspredning mellom biler i ulike parkeringshus, og hvordan dette påvirkes av bilene involvert og avstanden mellom dem. Noen relevante arbeider er gjengitt i avsnittene nedenfor, samt generelle utfordringer ved brann i parkeringshus.

2.2.1 Branneksperiment i en modell av et bilstablingssystem

I England i 2009 ble det utført to fullskalatester der man antente en bil som hadde en annen bil stablet over seg for å undersøke hvordan brannen spredde seg fra den nederste til den øverste bilen [5,8]. I scenariet ble brannen startet i kupeen til den nederste bilen, som hadde førerens vindu åpent, mens den øverste bilen hadde alle vinduene lukket. Testene ble utført under naturlig ventilasjon. Antennelseskilden var en liten trekrybbe, som var plassert på førerens bilsete. Bilene ble plassert i en modell av et automatisk bilstablingssystem der den øverste bilen var stilt på skrå. Systemet var åpent på sidene, men hadde et ståltak over den øverste bilen, 2.95 m over bakken. For å unngå kollaps ble hoveddrammene i systemet støttet av betongblokker.

Den første testen [5] ble utført uten et brannslukkingssystem. Brannen spredte seg raskt etter antennelse i nederste bil og flammen nådde hjulbuen på bilen over i løpet av 6 minutter og antente dekket. Brannen utviklet seg så innvendig i kupeen til den nedre bilen samtidig som den vokste i motoren til den øvre bilen, før den spredte seg til kupeen i den øvre bilen, ca. 9 minutter etter nederste bil ble antent. Varmeavgivingshastigheten økte de første minuttene og nådde et toppunkt på 8.5 MW 12 minutter etter nederste bil ble antent. Etter dette sank varmeavgivingshastigheten til ca. 3.4 MW før den økte igjen og holdt seg på omtrent 5 MW i de siste 5 minuttene av testen. Nederste bil nådde temperaturer over 1000 °C i forsøket, mens øverste bil hadde noe lavere temperatur. Det er viktig å poengtere her at testen ble utført i en rigg designet for å unngå kollaps, og at spredningen kunne gått raskere om strukturen falt sammen.

En av konklusjonene i rapporten fra det første forsøket var at designparametere for slukking må etableres for semiautomatiske parkeringssystemer. En ny test ble derfor utført med et sprinklersystem installert [8]. Sprinklersystemet ble valgt på bakgrunn av utprøvinger uten brann der man undersøkte hvilket sprinklerhode og hvilke innstillinger som ga en vannprofil som virket mest passende for konfigurasjonen. Åtte sprinklerhoder ble installert, fire over den øverste bilen, og fire lavere i riggen. Trykket til vannstrålen var 1 bar. Testen ble startet med samme antennelseskilde og forhold som den første testen. Flammene nådde undersiden av den øvre bilen 11 minutter etter at førerasetet i nederste bil ble antent, og ytterligere to minutter etter dette ble første sprinkler aktivert. Dette var en av de øverste sprinklerne, og en av de andre ble aktivert like etter. En av de lavere sprinklerne ble aktivert 23 minutter etter start, men de andre sprinklerhodene ble ikke aktivert. 60 minutter etter den første sprinkleren ble aktivert ble sprinkleranlegget slått av i 10 minutter for å undersøke hvorvidt brannen ville øke i størrelse av seg selv. Etter dette ble sprinkleranlegget reaktivert i 10 minutter for å se slokkeevnen til

sprinkleranlegget etter brannen hadde fått videreutvikle seg. Testen ble så avsluttet. Brannen hadde forbrent mesteparten av det brennbare materialet i den nederste bilen, men den øverste bilen hadde kun ytre skade. Sprinklersystemet reduserte temperaturen betraktelig sammenlignet med testen uten slukking, og brannens størrelse ble også betydelig redusert. Brannen spredte seg likevel til den øvre bilen, men denne ble ikke fullstendig antent.

2.2.2 Brannspredning mellom biler på samme plan

I de siste 20 årene har det vært mange studier som har undersøkt spredning av brann mellom biler parkert i nærheten av hverandre i parkeringsanlegg [5,9–12].

I samme testserie som de stablede bilene ble antent ble det også utført tester for å undersøke brannspredning mellom biler parkert ved siden av hverandre. To tester ble utført uten sprinkleranlegg, en test med. Brannen ble startet med en liten trekrybbe på føreriset av den ene bilen, bil 1. Avstanden mellom bilene er ikke oppgitt, men skissene antyder at de er plassert i luker med bredde ca. 2.3 m. Bil 1 og bil 2 sto i luker ved siden av hverandre, mens det var en tom luke mellom bil 2 og 3. I bil 1 var førerens vindu, som var vendt bort fra de andre bilene, åpent, men ellers var alle andre bilvinduer lukket. I første test uten slukking tok det 20 minutter fra bil 1 ble antent til lakk og ytre pakninger på bil 2 antentes, og et par minutter senere var bil 2 overtent. For den neste testen tok det kun 10 minutter fra bil 1 ble antent til bil 2 var overtent. I begge tester ble etter hvert bil 3 antent av strålingen fra bil 2. Maksimal varmeavgivelseshastighet ble nådd etter ca. 22 minutter for test 1 og 11 minutter for test 2, og nådde henholdsvis 16 MW og 11 MW. En ny test ble utført med samme konfigurasjon og et sprinkleranlegg designet etter BS EN 12845:2004. Som i de andre testene ble brannen startet i bil 1. De nærmeste sprinklerne ble aktivert etter 4 minutter og etter hvert ble alle de seks sprinklerne aktivert. Brannen spredte seg ikke til bil 2 og 3, men brannen fikk utvikle seg i bil nummer 1 og brøt ut og nådde sin høyeste varmeavgivelseshastighet, på 7 MW, 55 minutter etter den først ble antent. Etter en time ble anlegget slått av, for å representere slukkeevnen til en tank med minimalt akseptert vannvolum. Da hadde brannen i bil 1 allerede begynt å dø ut, og den blusset ikke opp igjen.

I tillegg til fysiske eksperimenter har det også blitt gjennomført simuleringer. En studie [10] undersøkte sannsynligheten for spredning av brann fra en bil til en annen i et parkeringsanlegg med simuleringverktøyet UCVFire. To datasett for brannenergi i parkeringsanlegg ble brukt, og det ble antatt at bredden på parkeringslukene var mellom 2.2 og 3.2 m. Slukkemidler var ikke med i simuleringen. Resultatene viste det var 90 % sannsynlighet for at en brann i en bil ville spre seg til en bil parkert i luken ved siden av når parkeringslukene var 2.2 m brede. Ved 2.6 m brede luker var sannsynligheten ca. 80 % og ved 3.2 m brede parkeringsluker var sannsynligheten redusert til 63 %. Når en luke sto tom mellom to biler var sannsynligheten for brannspredning 23 % om parkeringslukene var 2.2 m brede.

En rapport fra 2011 [9] viste simuleringer av temperatur og varmeavgivelseshastighet for brann i stablede biler, i åpent og lukket parkeringsanlegg, med og uten sprinkler. Resultatene viste at bruk av sprinkler for et system med to biler stablet i en lukket garasje ville redusere maksimal varmeavgivelseshastighet fra 16 MW til under 3 MW, og redusere temperaturen i øvre luftlag fra over 300 °C til under 120 °C. Mekanisk ventilasjon med opptil 40 luftutskiftninger per time hadde langt mindre effekt på temperatur og kunne ikke redusere maksimal varmeavgivelseshastighet ved mindre det ble simulert sammen med sprinkleranlegg.

2.2.3 utfordringer ved brann- og redningsinnsats i parkeringskjellere

Etableringen av automatiske parkeringssystemer i eksisterende parkeringsanlegg øker antallet biler som kan være til stede i parkeringsanlegget, og generelle utfordringer for brann- og redningsinnsats vil være like relevante, om ikke mer, etter etableringen av det automatiske bilstablingssystemet. Rapporten «Brannsikkerhet og alternative energibærere: El- og gasskjøretøy i innelukkede rom» [13] fra 2016 listet en rekke faktorer som var med på å gjøre brannmannskapets oppgaver krevende i parkeringskjellere

- Vanskelig tilkomst. Under dette punktet ble det nevnt at det vil være spesielt vanskelig å frakte ut elkjøretøy som brenner eller har brent fra automatiske parkeringsanlegg og garasjer med bilheis.
- Kun én nedkjøringsrampe.
- Lange slangeutlegg.
- Få avlastningsflater. Dette er mest kritisk i tilfeller med alternative drivstoff der det er fare for eksplosjon.
- Dårlig sikt.
- Varierende grad av ventilasjon og sprinkleranlegg. Her nevnes det at kravet om sprinkleranlegg og ventilasjon i større garasjer ikke er gjeldene for garasjer som ble bygget før regelverket trådte i kraft.
- Dårlig sambandsforbindelse.

Rapporten slo fast at det bør legges til rette for sikker utfrakt av brennende elbiler fra innelukkede rom, siden det er stor fare for gjenantennning etter sløkking. Dette vil være utfordrende om elbilen står parkert i et automatisk bilstablingssystem, med mindre redningsmannskapene enkelt kan overstyre bilstablingssystemet og be systemet flytte den brennende bilen til luken der den kan hentes ut.

2.3 Branntekniske krav til semiautomatiske parkeringsanlegg i Norge

Som nevnt ovenfor er et semiautomatisk parkeringsanlegg i utgangspunktet et vanlig parkeringsanlegg, bortsett fra at større eller mindre områder har et system for automatisk bilstabling på ett eller flere plan. Utenom områdene med automatisk bilstabling, er parkeringsanlegget utformet som andre parkeringsanlegg med vanlige parkeringsplasser.

For den bygningsmessige utformingen av et semiautomatisk parkeringsanlegg gjelder i utgangspunktet de samme reglene som for et vanlig parkeringsanlegg. Nedenfor er det gitt en kort oversikt over det norske regelverket, og gitt kommentarer der det må gjøres spesielle vurderinger i parkeringsanlegg med automatisk bilstabling.

Dette prosjektet har også kartlagt regelverket for parkeringsanlegg i andre land, men da begrenset til deler av regelverket. Rapporten fokuserer på krav eller preaksepterte ytelser som gjelder sprinkler eller røykventilasjon, og om det finnes særskilte regler for semiautomatiske parkeringsanlegg.

2.3.1 Risikoklasser

Veiledningen til byggt teknisk forskrift (TEK17) [14] bruker ulike begreper for parkeringsanlegg og plasserer disse i ulike risikoklasser, jf. veiledningen til § 11-2 Risikoklasser:

- Garasje og parkeringshus i byggverk med én etasje (risikoklasse 1)
- Parkeringshus og garasje i byggverk med to eller flere etasjer eller plan (risikoklasse 2)
- Parkeringskjeller og garasje under terreng (risikoklasse 2)

Kjeller som bare inneholder tilleggsdel, for eksempel garasje/parkering, og som har himling mindre enn 1,5 m over planert terrengs gjennomsnittsnivå rundt bygningen, regnes ikke med i etasjeantallet. Et parkeringsanlegg i et byggverk med én etasje kan derfor ha et eller flere underliggende plan som ikke regnes med i etasjeantallet, men et slikt parkeringsanlegg vil da likevel plasseres i risikoklasse 2.

Det er derfor bare én type parkeringsanlegg med automatisk bilstabling som kan plasseres i risikoklasse 1. Dette er et parkeringsanlegg i et byggverk i én etasje, uten underliggende etasjer/plan, der det etableres flåteparkering.

2.3.2 Funksjonskrav og preaksepterte ytelser

Byggt teknisk forskrift (TEK17) [15] har ingen spesifikke krav til parkeringsanlegg (garasjer, parkeringshus og parkeringskjellere), men overordnede funksjonskrav gjelder. Veiledningen til TEK17 (VTEK17) [14] gir imidlertid preaksepterte ytelser for parkeringsanlegg.

For byggverk i risikoklasse 1 i én etasje er det bare unntaksvis gitt preaksepterte ytelser i VTEK17. Veiledningen sier:

Dette er byggverk som bare er beregnet for sporadisk personopphold. Byggt teknisk forskrift gjelder også for slike byggverk, men ut fra byggverkets forutsatte bruk kan det bestemmes reduserte ytelser. Dette kan gjøres uten at det er nødvendig å gjøre en omfattende analyse. I denne type byggverk vil oftest innholdet ha mer verdi enn byggverket. Så lenge en brann ikke har samfunnsmessige eller miljømessige konsekvenser, vil det være eiers eller tiltakshavers oppgave å ivareta sine verdier. Byggverket må likevel være utformet slik at rømningsforholdene (avstand til og merking av utganger osv.) må være tilfredsstillende. Det må heller ikke benyttes materialer og overflater som gir uakseptabel brannutvikling, slik at liv og helse settes i fare.

Veiledningen til TEK17 § 11-12 annet ledd, sier imidlertid om byggverk i risikoklasse 1:

- Byggverk eller del av byggverk som benyttes til garasje, må ha brannalarmanlegg når samlet bruttoareal for formålet er større enn 1 200 m². Alternativt kan det installeres et automatisk sprinkleranlegg.
- Garasje med mer enn 1/3 av veggflatene åpne kan likevel oppføres uten brannalarmanlegg eller automatisk sprinkleranlegg. Dette forutsetter at åpningene er plassert slik at det oppnås god utlufting.

Garasje eller parkeringshus med én etasje uten underliggende kjellerplan (risikoklasse 1) omtales ikke ytterligere her. Et utdrag av relevante preaksepterte ytelser for andre parkeringsanlegg er gitt nedenfor.

2.3.2.1 Brannalarmanlegg

Parkeringsanlegg i risikoklasse 2 må ha brannalarmanlegg, men veiledningen til TEK17 angir at dette bare gjelder dersom samlet bruttoareal er større enn 1 200 m². Alternativt kan det installeres et automatisk sprinkleranlegg. Parkeringshus med mer enn 1/3 av veggflatene på hvert plan åpne mot det fri over ferdig planert terreng, og øverste parkeringsflate mindre enn 16 m over gjennomsnittlig planert terreng, kan likevel oppføres uten brannalarmanlegg eller automatisk sprinkleranlegg når åpningene er slik plassert at det oppnås god utlufting.

2.3.2.2 Rømningsveier

Veiledningen til TEK17 [14] § 11-13 første ledd sier at parkeringshus og garasje i risikoklasse 2 med inntil 8 etasjer, må ha minst to trapperom Tr 2 dersom det ikke er utgang fra hver etasje til sikkert sted. Det må også være maksimalt 50 m avstand fra hvilket som helst sted i en branncelle til nærmeste utgang (rømningsvei eller sikkert sted).

2.3.2.3 Bæreevne under brann

Parkeringshus med to eller flere etasjer eller plan, og parkeringskjeller og garasje under terreng, er etter VTEK17 [14] § 11-2 Risikoklasser plassert i risikoklasse 2.

Plassering i brannklasse følger av VTEK17 § 11-3:

To etasjer:	Brannklasse 1
Tre og fire etasjer:	Brannklasse 2
Fem til seksten etasjer:	Brannklasse 3
Over seksten etasjer:	Brannklasse 4

Nødvendig brannmotstand følger så av tabell 1 i VTEK17 § 11-4. Et utdrag av denne er gitt i Tabell 2-1, der R er bæreevne under brann og A2-s1,d0 beskriver at bæresystemet må være ubrennbart. Direktoratet for byggkvalitet har ikke gitt preaksepterte ytelser for byggverk som plasseres i brannklasse 4, og tabellen viser derfor kun preaksepterte ytelser for brannklasse 1, 2 og 3.

Tabell 2-1: Bærende bygningsdelers brannmotstand avhengig av brannklasse

Bygningsdel*	1	2	3**
Bærende hovedsystem	R 30	R 60	R 90 A2-s1,d0 (ubrennbart bæresystem)
Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere og takkonstruksjoner som ikke er del av hovedbæresystem eller stabiliserende	R 30	R 60	R 60 A2-s1,d0 (ubrennbart bæresystem)
Bærende bygningsdeler under øverste kjeller	R 60 A2-s1,d0 (ubrennbart bæresystem)	R 90 A2-s1,d0 (ubrennbart bæresystem)	R 120 A2-s1,d0 (ubrennbart bæresystem)

*) Brannmotstand for trappeløp er utelatt.

**) Preaksepterte ytelser gjelder for byggverk i inntil 16 etasjer.

For bærende konstruksjoner i parkeringshus i brannklasse 1 og 2 er det imidlertid gitt anledning til å redusere brannmotstanden:

Under forutsetning av at nødvendig tid til rømning og sikkerhet for slokkemannskaper er ivaretatt, kan parkeringshus med mer enn 1/3 av veggflatene åpne, oppføres med brannmotstand R 15 A2-s1,d0, det vil si ubrennbart materiale. Åpningene må være fordelt og de enkelte plan ha slik form at en oppnår god gjennomlufting. Byggverket må ikke være høyere enn at slokkemannskapene kan komme lett til med sine høyderedskaper.

2.3.2.4 Tiltak mot brannspredning i og mellom byggverk

Veiledningen til TEK [14] § 11-8 bokstav M, angir at

- Garasje med bruttoareal over 50 m² til og med 400 m², må være skilt fra resten av byggverket med bygningsdeler med brannmotstand minst EI 60 [B 60].
- Garasjer med større bruttoareal enn 400 m² må være skilt fra resten av byggverket med bygningsdeler med brannmotstand minst EI 90 A2-s1,d0 [A 90].

Veiledningen til TEK17 § 11-8 bokstav K, angir at en branncelle i parkeringsanlegg kan ha åpen forbindelse over inntil tre plan, forutsatt at branncellen er tilrettelagt for at rømning og slokking av brann kan skje på en rask og effektiv måte, dersom følgende ytelser er oppfylt:

- Det må installeres automatisk sprinkleranlegg når samlet bruttoareal for plan som har åpen forbindelse er over 800 m²
- Det må være tilrettelagte rømningsveier fra hvert enkelt plan

TEK17 [15] krever at byggverk skal deles opp i seksjoner for å sikre liv og helse der rømning og redning kan ta lang tid, for å hindre urimelig store økonomiske eller materielle tap og for å bidra til at en brann kan begrenses til den brannseksjonen der den startet.

Veiledningen til TEK17 § 11-7 angir største bruttoareal pr. etasje uten seksjonering avhengig av spesifikk brannenergi per m² omhyllingsflate, og om det er installert brannalarmanlegg, sprinkleranlegg eller røykventilasjon. Et utdrag av denne er gitt i Tabell 2-2.

Tabell 2-2: Utdrag fra TEK17 Tabell 1 Størrelse på brannseksjon

Spesifikk brannenergi MJ/m ²	Største bruttoareal i m ² pr. etasje uten seksjonering			
	Normalt	Med brannalarmanlegg	Med sprinkleranlegg	Med røykventilasjon
Over 400	800	1 200	5 000	Uegnet
50-400	1 200	1 800	10 000	4 000
Under 50	1 800	2 700	Ubegrenset	10 000

Spesifikk brannenergi kan beregnes eller bestemmes på grunnlag av relevant anerkjent statistikk i samsvar med NS-EN 1991-1-2 *Eurocode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-2: Allmenne laster - Laster på konstruksjoner ved brann* [16].

I et parkeringsanlegg som har områder med automatisk bilstabling, vil den spesifikke brannenergien i disse områdene være høyere enn i parkeringsanlegg med vanlige parkeringsplasser.

2.3.2.5 Brannskille mellom ulike byggverk

TEK17 [15] krever at det skal være minimum 8,0 meter mellom byggverk, med mindre det er truffet tiltak for å hindre spredning av brann mellom byggverkene. Nødvendige tiltak dersom avstanden er mindre enn 8,0 m (for eksempel branncellebegrensende vegg eller brannvegg), er bl.a. avhengig av høyden på byggverkene, jf. TEK17 § 11-6 med veiledning.

2.3.2.6 Tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap i parkeringsanlegg

Veiledningen til TEK17 [14] § 11-17 gir særskilte preaksepterte ytelser for parkeringskjellere og automatiske garasjeanlegg for å tilrettelegge for brannslukking.

Følgende gjelder for parkeringskjellere:

1. I parkeringskjellere som har bruttoareal mindre enn 400 m² eller har et automatisk sprinkleranlegg, er det tilstrekkelig med normal ventilasjon (klima- og eksosventilasjon).
2. Parkeringskjellere uten automatisk sprinkleranlegg og med bruttoareal større enn 400 m² må ha røykventilasjon. Dette kan være termisk røykventilasjon, eller mekanisk røykventilasjon basert på lateralt eller langsgående ventilasjonsprinsipp.
3. Mekanisk røykventilasjon må ha ventilasjonsretning vekk fra inn- og utkjøringsrampe til parkeringskjelleren og til røykutkast i motsatt ende av rommet. Røykutkast må plasseres slik at røykspredning til overliggende byggverk unngås i størst mulig grad.
4. Røykventilasjonen må dimensjoneres slik at det oppnås en lufthastighet i alle deler av rommet som hindrer tilbakestrømming av brannrøyk, normalt minst 1,0 meter per sekund.
5. Antall og plassering av brannvesenets angrepsveier til parkeringskjeller må være slik at alle deler av parkeringskjelleren kan nås med maksimalt 50 meter slangeutlegg fra angrepsvei. Dersom en kjeller inneholder to eller flere brannseksjoner, må det være minst én angrepsvei til hver brannseksjon.
6. Angrepsvei må være uavhengig av rømningsveier. Unntak gjelder rømningsveier som bare betjener parkeringskjeller dersom parkeringskjelleren har automatisk sprinkleranlegg.
7. Det må være en egen branncelle mellom heissjakt og parkeringskjeller. Denne branncellen kan ikke være en del av brannvesenets angrepsvei. For parkeringskjeller over 400 m² må branncellen utføres som brannsluse.
8. Angrepsveier (trapperom) til parkeringskjellere med plan under øverste kjellergulv må ha brannsluse med tørroplegg for slokkevann på hvert plan.
9. Angrepsvei må være skilt fra resten av byggverket med murte eller støpte bygningsdeler med brannmotstand minst EI 60 A2-s1,d0 [A 60].
10. På vegg ved inn- og utkjøringsrampe og i alle angrepsveier må det må være en lett synlig orienteringsplan for parkeringskjelleren. Planen må inneholde nødvendig

informasjon om brannskillende bygningsdeler, rømnings- og angrepsveier, sløkkeutstyr og branntekniske installasjoner (alarm- og sløkkeanlegg).

Et automatisk garasjeanlegg beskrives i veiledningen til TEK17 som et lukket og kompakt anlegg som ikke er tilgjengelig for publikum. Følgende gjelder:

1. Automatiske garasjeanlegg må ha egnet automatisk sløkkeanlegg med minst 60 minutters operasjonstid.
2. Det må innhentes informasjon fra brannvesenet om behov for tilgjengelighet og tilrettelegging for sløkkemannskaper.

2.3.3 Regelverk og erfaringer fra andre land

Kartleggingen av regelverket for parkeringsanlegg i andre land er begrenset til deler av regelverket. Krav, eller preaksepterte ytelser, som gjelder sprinkleranlegg eller røykventilasjon har vært i fokus, samt om det finnes særskilte regler for parkeringsanlegg med automatisk bilstabling.

Kartleggingen som omfatter åtte land, viser at sprinkleranlegg eller røykventilasjonsanlegg i stor grad kreves eller er angitt som preaksepterte ytelser i parkeringsanlegg. Om det blir angitt sprinkleranlegg eller røykventilasjon, er primært avhengig av størrelsen på parkeringsanlegget.

Tre land, Frankrike, Tyskland og Singapore, har egne regler for helautomatiske anlegg (uten tilgang for publikum). I Frankrike må det installeres sprinkleranlegg hvis byggverket har mer enn tre plan. Det må være eget trapperom som sikrer brannvesenet tilgang til alle plan. I Tyskland må det være automatisk sløkkeanlegg hvis det er mer enn 20 biloppstillingsplasser. Det er dessuten krav om røykkontroll i mange delstater. Singapore deler inn anleggene i tre kategorier ut fra gulvareal, volum, parkeringshøyde, om minst en av sidene til bygget er åpen og vent mot en vei som brannbiler har adgang til, antall parkeringsnivå i høyden, og om parkeringsplasser er plassert under bakkenivå. Det er krav om røykventilasjon (alle kategorier) og automatisk sløkkeanlegg (unntatt i kategori 1, som har de strengeste kravene til areal, volum osv.).

New Zealand har egne regler for parkeringsanlegg med automatisk bilstabling, men det er uklart om reglene bare gjelder helautomatiske anlegg eller om de også gjelder i vanlige parkeringsanlegg som har områder med automatisk bilstabling.

Ingen av informantene som ble konsultert i kartleggingen kjente til erfaringer fra branner i parkeringsanlegg med automatisk bilstabling. Dette har trolig sammenheng med at denne types installasjoner er lite utbredt og at det sjeldent brenner i parkeringsanlegg.

Tabell 2-3: Oversikt over regelverk i åtte land utenfor Norge.

Land	Er det generelt krav om sprinkler eller røykventilasjon i parkeringsanlegg?	Er det spesielle krav for parkeringsanlegg med automatisk bilstabling?
Danmark [17]	Veiledning (preaksepterte løsninger): Sprinkler og røykventilasjon er avhengig av areal og bruk av parkeringsanlegget.	Nei, ikke dekket av veiledningen. Brannsikkerheten må dokumenteres ved analyse.
Finland	Krav om røykventilasjon avhengig av brannenergi. Ikke krav om sprinkler.	Nei
Frankrike	Ikke besvart	Nei (men for helautomatiske anlegg ¹)
Singapore	Ikke besvart	Nei (men for helautomatiske anlegg ²)
Sverige	Veiledning (allmänt råd): Sprinkler for brannseksjoner over 5000 m ² (sum areal for alle plan). Gjelder for alle typer byggverk.	Nei
Tyskland	Krav om automatisk slokkeanlegg i noen tilfeller. Krav om røykkontroll i mange delstater.	Nei (men for helautomatiske anlegg ³)
England [18]	Røykventilasjon eller termisk utlufting, avhengig av type byggverk parkeringsanlegget er plassert	Nei
New Zealand [19]	Sprinkler hvis bruttoareal over 5000 m ² .	Ja, sprinkler (tørroplegg)

¹ Frankrike, Regler for automatiske parkeringsanlegg: Sprinkler hvis mer enn tre plan. Eget trapperom for brannvesenets; tilgang til alle plan. Jf. Section IX Parcs de stationnement particuliers, 2006 [20].

² Singapore, Regler for automatiske parkeringsanlegg er definert i Fire Code 2018 [21]: Anlegg inndelt i tre kategorier avhengig av bl.a. høyde og gulvareal. Krav om røykventilasjon (alle kategorier) og automatisk slokkeanlegg (unntatt i kategori 1, som har de strengeste kravene).

³ Automatisk slokkeanlegg hvis mer enn 20 biloppstillingsplasser. Mange delstater har også krav om røykkontroll.

2.4 Befaring

For å bli bedre kjent med konseptet semiautomatiske parkeringsanlegg ble det gjort en befaring på et slikt anlegg. Befaringen skjedde den 1. juni 2022 i et parkeringsanlegg under en boligblokk på Østlandet. Dette anlegget hadde 90 parkeringsplasser i det automatiske bilstablingssystemet.

Under befaringen deltok personer som var med på prosjekteringen av parkeringsanlegget, beboere i boligblokken, representanter fra det lokale brannvesenet, og prosjektmedarbeidere fra RISE Fire Research.

Under befaringen ble det opplyst at det var utfordrende å finne en god løsning på sprinklerinstallasjonen i områder med automatisk bilstabling. NS-EN 12845:2015+A1:2019

Faste brannslukkesystemer – Automatiske sprinklersystemer – Dimensjonering, installering og vedlikehold er ikke egnet. Sprinkleranlegget var opprinnelig prosjektert som for et vanlig parkeringsanlegg etter denne standarden, men ble vurdert å være underdimensjonert og måtte derfor omprojekteres. Det ble ellers opplyst at:

- Det er ikke brannalarmanlegg basert på røykdeteksjon i parkeringsanlegget.
- Brannalarm utløses ved utløsning av sprinkler, eller ved manuelle varslere. Melding går direkte til brannvesenet.
- Det er plassert brannteppe i parkeringsanlegget, mest med tanke på brann i el-bil.
- Parkeringsanlegget har ikke røykventilasjonsanlegg, men vanlig komfortventilasjon. Det er også mulighet for utlufting via ytterdører/porter ved eventuelt branntilløp.
- Parkeringsanlegget har REI 90-dekke mot overliggende etasjer med leiligheter
- Det er ingen boder eller lignende i selve parkeringsanlegget. Områder/rom for slike formål er skilt ut som egne brannseksjoner med 90 minutter brannmotstand (EI 90).
- Hele parkeringsanlegget er dekket av overvåkningskameraer.
- Parkeringsanlegget er ikke registrert som særskilt brannobjekt.

3 Brannforløp i et semiautomatisk parkeringsanlegg

I et tidligere prosjekt utført for DSB, ble det gjennomført en simulering av brann i en åpen parkeringskjeller, der målet var å undersøke brannutvikling og nødvendig brannmotstand til konstruksjonen. Resultatene fra den studien er presentert i RISE-rapporten «Brannsikkerhet i naturlig ventilerte parkeringshus [2]. Heretter vil denne studien refereres til som SIM21. For å bygge videre på dette arbeidet, har det blitt utført en ny simulering. Målet har vært å undersøke hvordan brannutviklingen endres for et semiautomatisk parkeringsanlegg i forhold til et mer tradisjonelt parkeringsanlegg.

3.1 Metode

Simuleringen ble utført med simuleringsprogrammet Fire Dynamic Simulator (FDS), versjon FDS 6.7.5 [1]. FDS er en anerkjent programvare for å simulere ulike brannscenarier.

I utformingen av testoppsettet var det et ønske om å:

- 1) Bevare mest mulig av modellen og geometrien fra tidligere simulering.
- 2) Tilpasse modellen slik at den er realistisk med hensyn til et semiautomatisk parkeringsanlegg.

Med tanke på punkt 1) ble flere parametere fra SIM21 bevart, deriblant parkeringsanleggets geometri, kjøretøyenes varmeavgivelseskurver og spredningsmekanisme mellom kjøretøy.

Med hensyn til å lage modellen realistisk, ble følgende endringer gjort:

Fra kapittel 2 er det funnet to typiske måter å utforme et automatisk parkeringsanlegg; flåteparkering eller stablede kjøretøy. I denne simuleringen ble det valgt å simulere flåteparkering, ettersom det ble vurdert å være mest relevant med tanke på ettermontering i

eksisterende anlegg, og samtidig den typen som gjør det enklest å oppfylle punkt 1). Et semiautomatisk anlegg med stablede biler, vil kreve høyere takhøyde enn eksisterende anlegg har, og ettermontering blir da utfordrende eller umulig.

I det valgte oppsettet med semiautomatisk anlegg, var den ene halvdel med vanlig parkering, med to rekker med biler med 6.4 m avstand mellom rekkene, tilsvarende som i SIM21. I den andre halvdel, var det flåteparkering med 3 bilrekker, men med 0.6 m avstand mellom rekkene. Kjøretøyene og dør til dør avstand var lik på begge halvdel.

I samtale med DSB ble det vurdert at automatiske anlegg var mer sannsynlig å befinne seg i nokså lukkede parkeringsanlegg enn åpne. Det ble derfor valgt å lukke anlegget bortsett fra to store åpninger (3 m x 6 m), som skulle representere to store porter. Dette tilsvarer en åpningsgrad på (8 %). I denne simuleringen ble det klart at brannen raskt ble begrenset på grunn av mangel på oksygen. På grunn av dette ble åpningene justert slik at to vegger var åpne. Dette tilsvarer en åpningsfaktor på 37 %. Dette er riktignok en åpningsgrad som ikke direkte kan defineres som nokså lukket. Derfor, for å unngå at dette scenariet skulle bli likt et åpent parkeringsanlegg, ble det som et kompromiss valgt at det ikke skulle være noe vind.

Ettersom ventilasjonsforholdene i et slikt oppsett har mye å si på brannodynamikken, ble det vurdert at en sammenligning mot SIM21 ikke var så relevant. Istedenfor ble det valgt å sammenligne mot et tradisjonelt parkeringsanlegg på begge halvdel, og like ventilasjonsforhold.

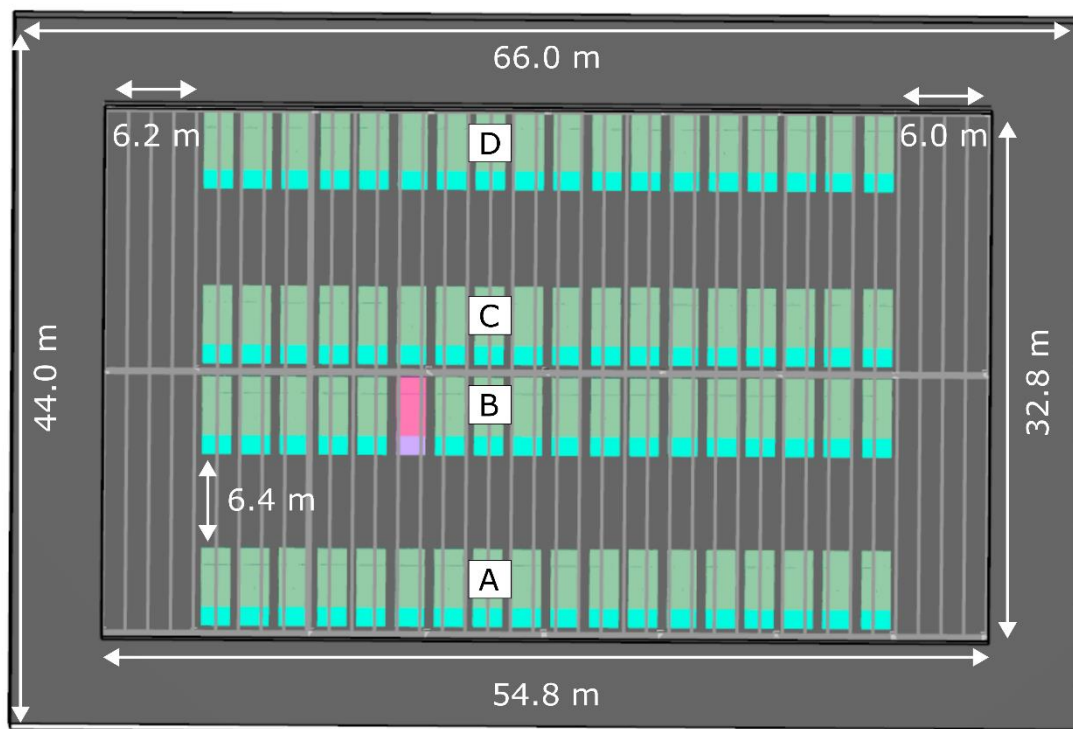
Vind og ventilasjonsforhold

Simuleringen ble gjennomført uten bidrag fra vind, og heller ingen bidrag fra et ventilasjonsanlegg.

Geometri og scenarioer

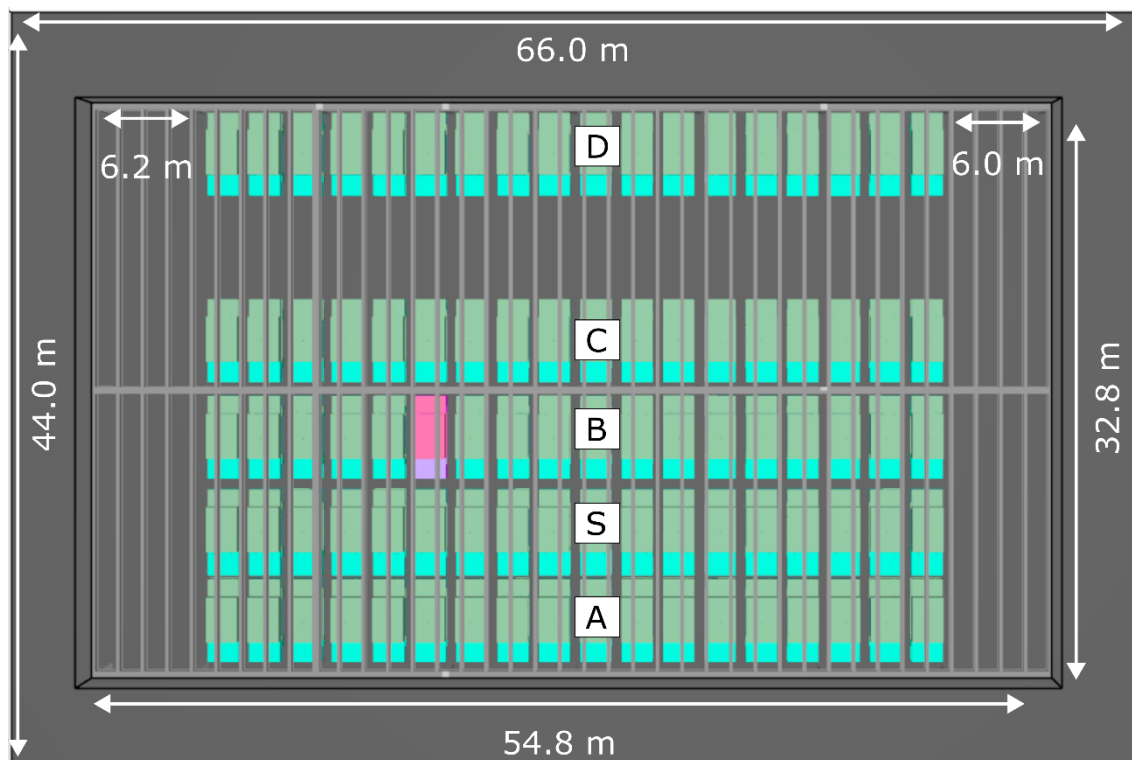
Geometrien er den samme som i SIM21, med en bredde på 32.8 m og en lengde på 54.8 m. Høyden er 2.8 m, men har underliggende bjelker på 0.6 m som gir en effektiv felles fri høyde på 2.2 m. Parkeringsanlegget er åpent i hele sin høyde på begge kortsider. Det ble gjennomført to scenarier, scenario A og B.

I scenario A (Figur 3-1) som representerer et ordinært parkeringsanlegg er det fire rekker med biler, to på hver halvdel. Avstanden mellom rekkene A-B og C-D er 6.4 m, mens avstanden mellom rekkene B-C er 0.8 m. Avstand dør til dør er 0.6 m. Dette oppsettet er identisk som i SIM21, bortsett fra at åpningene er ulike.

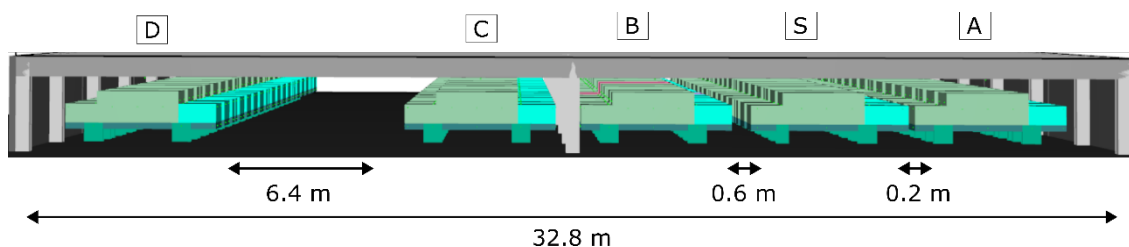


Figur 3-1 : Testoppsett vist ovenfra for ordinært parkeringsanlegg (scenario A). Brannen starter i det rosa kjøretøyet.

I scenario B (Figur 3-2 og Figur 3-3), som representerer et semiautomatisk parkeringsanlegg, er rekkene A, B, C og D bevart, mens det er lagt til en ekstra rekke, S, mellom rekke A og B. Avstanden mellom A og S er 0.2 m, mens avstanden mellom S og B er 0.6 m. Årsaken til ulik avstand skyldes et ønske om å ha 0.6 m avstand fra den bilen hvor brannen starter.



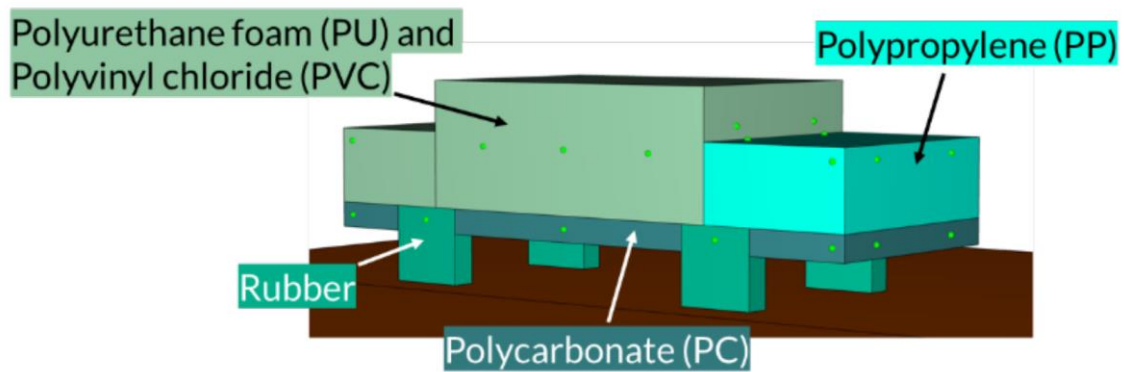
Figur 3-2 Testoppsett vist ovenfra for semiautomatisk parkeringsanlegg (scenario B). Brannen starter i det rosa kjøretøyet.



Figur 3-3 Testoppsett vist fra siden for semiautomatisk parkeringsanlegg (scenario B).

Modell av kjøretøy

Kjøretøymodellen er identisk med modellen fra DSB21, og består av ulike blokker. De ulike blokkene kan representere ulike materialer på et kjøretøy (dekk, støtfanger osv.), se Figur 3-4 og Tabell 3-1. I denne rapporten presenteres et sammendrag av modellen. For ytterligere informasjon henvises det til SIM21.



Figur 3-4 Skisse av bilmodellen med gummi (Rubber) i dekkene, polykarbonat (PC) i støtfangeren, polypropylen (PP) i motordekslet, polyuretan skum (PU) i setene og polyvinylklorid (PVC) i plastdelene i midten og bakkdelen av bilen. Figur er gjenbrukt fra SIM21 [2].

Tabell 3-1 Materialelegenskaper for komponenter til kjøretøyet

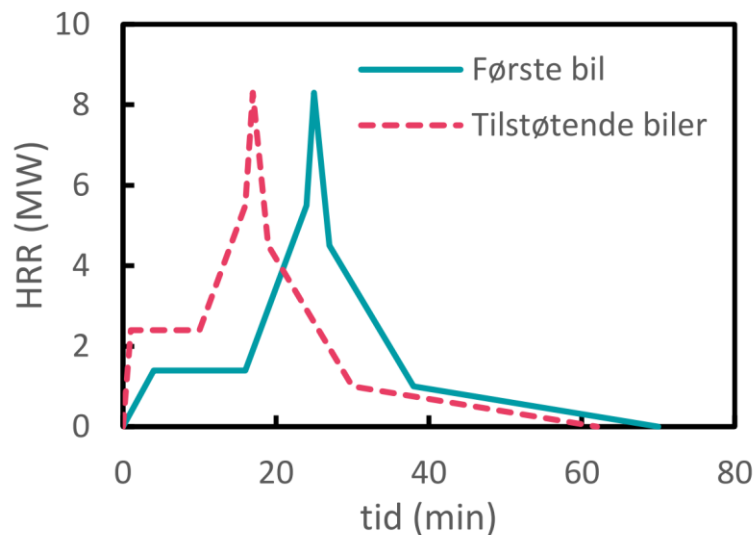
Material	Tetthet	Varmelednings- evne	Spesifikk varmekapasitet	Maks. varme- avgivelseshastighet per areal, HRRPUA	Antennelses- temperatur
	(kg/m ³)	(W/(m K))	(kJ/(kg K))	(kW/m ²)	(°C)
Gummi (Rubber)	1 100	0,13	2,01	539	289
Polyuretan skum (PU)	30	0,03	1,8	296	205
Polyvinyl- klorid (PVC)	1 380	0,19	1,0	183	238
Polypropylen (PP)	900	0,15	1,92	1 170	211
Polykarbonat (PC)	1 200	0,19	1,2	429	450
Betong*	2 280	1,8	1,04	2 280	-

* basert på standard verdier i FDS [1]

I denne simuleringen er det valgt å representere varmeutviklingen fra kjøretøyene som forhåndsdefinerte kurver. Kurvene samsvarer med typiske varmeutviklingskurver fra reelle branner. To ulike brannutviklingskurver ble benyttet. Den ene ble benyttet på det første kjøretøyet, og her er maksimal HRR på ca. 8 MW etter 25 minutter. Den andre kurven gjelder for alle andre kjøretøy og har en noe raskere utvikling, og når 8 MW etter 19 minutter. Grunnen til at denne er raskere er bl.a. for å gjenskape at materialene i nærliggende kjøretøy har blitt oppvarmet før de antenner. I begge disse kurvene antas det at alle deler av bilen antenner

samtidig når bilen begynner å brenne. Modellen tar altså ikke hensyn til brannspredning mellom de enkelte delene av bilen, som man hadde forventet i en reell bilbrann.

Brannspredning mellom biler er styrt av temperaturmålinger rundt bilen. Når 1 av de 36 temperatursensorene rundt bilen overstiger 450 °C vil det produseres brennbare gasser som tilsvarer den varmeutviklingskurven som vist i Figur 3-5.



Figur 3-5 Varmeavgivelsesrate (HRR) for første bil og ytterligere biler. Figuren er gjenbrukt fra SIM21 [2].

Sensitivitetsanalyse

Det er ikke gjennomført en egen sensitivitetsanalyse, f.eks. for gridstørrelse. Dette ble imidlertid gjort i SIM21, og siden denne modellen bygger i stor grad på denne, ble det vurdert å være tilstrekkelig. Likevel anbefaler vi at resultater fra denne simuleringen kun bør brukes som indikative resultater for sammenlignbare forhold.

3.2 Resultater og diskusjon

3.2.1 Resultater

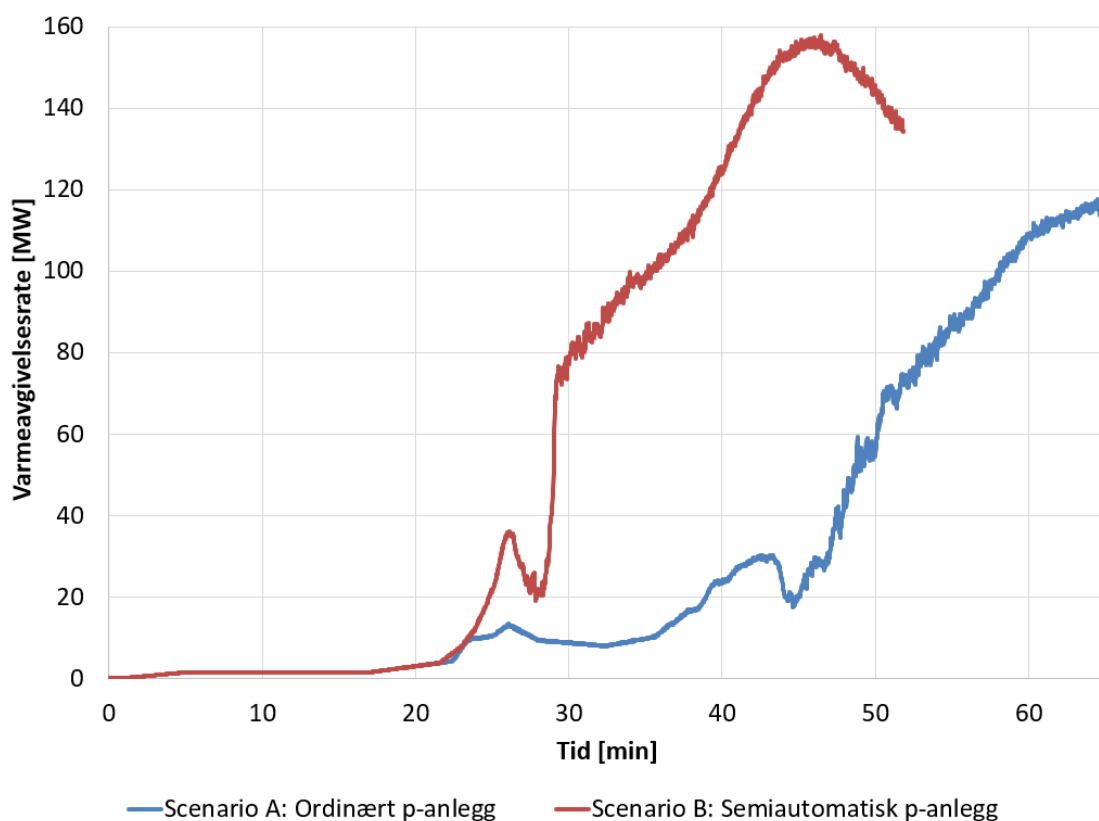
Den totale varmeutviklingen (HRR) for scenario A (ordinær) og B (semiautomatisk) er vist i Figur 3-6. Tid for brannspredningen mellom bilene er vist i Figur 3-7 og Figur 3-8, for henholdsvis scenario A (ordinært p-anlegg) og scenario B (semiautomatisk p-anlegg).

Resultatene viser en tydelig endring når det legges til en ekstra rekke med biler, slik at avstanden mellom bilrekke blir 0.6 m istedenfor 6.4 m. Frem til ca. 22 minutter er brannutviklingen identisk i scenario A og scenario B. Dette skyldes at varmeavgivelsen fra den ene bilen som brenner ikke er tilstrekkelig til å antenne nærstående biler. Dette er likt for begge scenarier, og er som forventet siden avstanden til nærmeste bil er identisk i de to scenariene. Etter 22 minutter, blir imidlertid flere biler involvert. I scenario A, sprer brannen seg til de to nærmeste bilene på samme rekke ved omtrent 22,5 minutter. Men spredningen stanser omtrent

opp her, og videre spredning skjer først etter ca. 36 minutter. Fra dette punktet skjer videre spredning raskt. Etter ca. 44 minutter er det imidlertid en kraftig reduksjon i HRR, før den fortsetter videre oppover ca. 1 minutt senere. Etter 48 minutter er totalt 32 biler antent, og ingen flere biler blir antent etter dette. Varmeutviklingen fortsetter imidlertid å øke og når en slags topp på ca. 115 MW ved 65 minutter.

I scenario B sprer brannen seg til nærmeste bil på naborekka S etter ca. 21,5 minutter, mens den sprer seg til de to nærmeste bilene på egen rekke etter ca. 22,5 minutter. I løpet av de neste 1,5 minuttene sprer brannen seg ytterligere til seks andre biler. Etter 26,5 minutter har brannen spredt seg til 30 biler, og på samme måte som i scenario A blir HRR-kurven kraftig redusert her. Etter ca. 2 minutter øker kurven kraftig igjen, og når maksimumsverdien på ca. 155 MW etter ca. 45 minutter, før den begynner å avta.

At brannen sprer seg til både rekke S og A så raskt, er en klar effekt av å legge til en ekstra rekke, og dermed effektivt redusere avstanden mellom bilrekkene.



Figur 3-6 Varmeavgivelsesrate for ordinært p-anlegg (scenario A) i blått og semiautomatisk p-anlegg (scenario B) i rødt.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
D	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	47.3
C	45.4	44.4	42.8	39.7	38.8	40.4	39.8	40.6	42.0	IA	IA	46.0	46.0	45.5	45.5	46.4	47.0	47.2	
B	44.2	43.3	40.8	35.6	22.3	IG	22.5	36.8	41.5	IA	IA	IA	IA	IA	47.3	47.2	46.9	47.4	
A	47.0	47.2	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	47.9

Figur 3-7 Scenario A: Brannspredning mellom kjøretøy. A, B, C og D representerer rekkenavn, mens tallene 1 til 18 representer kolonnenavn. IG er kjøretøyet hvor brannen startet, tallene på kjøretøyene er tiden når kjøretøyet ble antent (i minutter) og IA er kjøretøy som ikke ble antent i simuleringstiden (65 minutter).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
D	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA
C	28.5	28.4	28.2	28.2	25.9	25.4	26.1	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	IA	28.9
B	28.0	27.4	26.2	25.5	22.7	IG	23.0	25.4	26.1	26.7	IA	IA	IA	IA	IA	IA	28.9	28.9
S	27.5	26.6	25.9	25.1	23.8	21.6	24.0	25.1	25.7	26.3	27.0	27.7	IA	IA	IA	IA	IA	28.9
A	26.9	26.1	25.6	25.1	24.6	23.8	24.7	25.2	25.7	26.2	26.6	27.2	28.0	28.2	28.4	IA	IA	28.8

Figur 3-8 Scenario B: Brannspredning mellom kjøretøy. A, S, B, C og D representerer rekkenavn, mens tallene 1 til 18 representer kolonnenavn. IG er kjøretøyet hvor brannen startet, tallene på kjøretøyene er tiden når kjøretøyet ble antent (i minutter) og IA er kjøretøy som ikke ble antent i simuleringstiden (55 minutter)

3.2.2 Diskusjon

3.2.2.1 Forskjell mellom brannspredning i ordinært og semiautomatisk parkeringsanlegg

I begynnelsen av simuleringen var brannforløpet likt i scenario A (ordinært parkeringsanlegg) og B (semiautomatisk parkeringsanlegg med flåteparkering), mens forløpene er ulike etter ca. 22 minutter, der brannen i det semiautomatiske anlegget sprer seg raskere og til flere biler enn brannen i det ordinære parkeringsanlegget.

I både scenario A og B er det en tydelig reduksjon i HRR-kurven. Den skjer til ulikt tidspunkt, men ved nokså lik HRR, ca. 29 og 37 MW i henholdsvis scenario A og B. En brann på en slik størrelse krever enorme mengder luft for å brenne. En tommelfingerregel er at det kreves 1 kg oksygen for å gi 13 MW [22]. Hvis man legger til tettheten for luft, og prosenten av oksygen i luft (20.9 %), vil det si at scenario A og scenario B trenger hhv 15 og 20 m³ ny luft per sekund. Selv et stort parkeringsanlegg vil raskt gå tom for tilgjengelig oksygen med et sånt luftbehov. For at brannen ikke skal slokke, eller bli kraftig redusert, er den avhengig av å få tilgang på luft utenfra.

Det er dette som skjer fra 44 og 26 minutter i scenario A og B, (Figur 3-5) når varmeavgivelsen (HRR) reduseres kraftig. Mangelen på oksygen fører til at uforbrente gasser blander seg med røykstrømmen, og antennes senere der hvor oksygentilgangen er tilstrekkelig god. Dette fører til at brannen flytter seg mot sidene, mens den opprinnelige brannen i midten av anlegget avtar i intensitet. Når flammefrontene når helt ut til åpningene er tilgangen på oksygen så å si ubegrenset, og alle de uforbrente gassene blir forbrant. På høyre side av anlegget, fører denne effekten til at biler nærmere åpningen antenner uten at bilene innenfor er antent.

At oksygenet brukes opp på denne måten er et viktig punkt å ta med seg. Dette er også en forskjell imot simuleringene fra SIM21, der det var vind inkludert. Vind vil kontinuerlig bidra med ny luft, og brannstørrelsen vil i mindre grad begrenses av mangel på oksygen.

3.2.2.2 Svakheter med simuleringen

I den brukte simuleringmodellen fra SIM21 er det valgt at hver bil skal brenne med en forhåndsdefinert varmeutviklingskurve som starter idet en av flere termoelementer når 450 °C. Fra tidspunktet bilen antennes vil modellen avgi brennbare gasser tilsvarende varmeutviklingskurven, uavhengig av hvordan forholdene rundt endres. En svakhet med denne modellen kommer frem når det blir for lite oksygen. I et reelt tilfelle ville en bilbrann blitt kraftig redusert, eller til og med sloknet dersom oksygenivået ble for lavt, og produksjonen av brennbare gasser ville da opphørt eller blitt kraftig redusert. I modellen fortsetter likevel produksjonen av brennbare gasser selv om oksygentilgangen er lav. Dette fører til at brennbare gasser blir produsert, men ikke forbrant umiddelbart. Istedenfor blir disse uforbrente gassene transportert ut med annen røyk til utgangen, slik at de brenner nærmere åpningen, eller til og med utenfor åpningen, hvor tilgangen på oksygen er bedre.

Denne svakheten gjør at brannstørrelsen utover i testen blir for stor. Man bør derfor være forsiktig med å trekke konklusjoner fra resultatene etter 44 minutter og 26 minutter for henholdsvis scenario A og B.

At oksygenet brukes opp på denne måten påvirker også brannspredningen mellom biler. I begge scenariene ser vi at spredning til nye biler stopper opp etter ca. 48 minutter i scenario A og 29 minutter i scenario B. Årsaken til at ikke flere biler blir antent når brannen er så stor er at brannen etter disse tidspunktene kun brenner på utsiden av bygget. Midt inne i parkeringsanlegget er det ikke nok oksygen, og det blir heller ikke tilført noe nytt oksygen siden all tilgjengelig luft i åpningen blir brukt opp av de brennbare gassene som strømmer dit. Mangel på forbrenning inne i parkeringsanlegg gjør og at temperaturene forblir lave, og ingen nye biler blir antent.

Det at brannen forflytter seg mot åpningene hvor tilgangen på luft er god, er imidlertid en sannsynlig mulighet. Et eksempel på dette er fra et storskala brannforsøk i 1993 [23] hvor en brann ble antent i et langt avlangt rom med åpning i motsatt ende fra der brannen ble antent. Her forflyttet brannen seg mot åpningen etter hvert som oksygenet inne i rommet ble brukt opp. Etter hvert som det brennbare materialet nær åpningen brant opp flyttet brannen seg lenger inn i rommet igjen.

Siden det er krav om ventilasjonsanlegg i lukkede parkeringsanlegg, vil et parkeringsanlegg få tilført noe ny luft kontinuerlig. Ved utgangspunkt i de preaksepterte ytelsene [14] som er 3 m^3 og 6 m^3 per time per m^2 bruttoareal, tilsvarer dette at det tilføres $1.7 \text{ m}^3/\text{s}$ ny luft for et 1000 m^2 stort parkeringsanlegg. Dette tilsvarer forbruket av oksygen til en ca. 3 MW stor brann, og vil derfor ikke påvirke maksimal brannstørrelse i stor grad. Likevel kan et ventilasjonsanlegg påvirke luftstrømmene under en brann, og i tidlig fase av brannen bidra til å tynne ut røyklaget som dannes, og dermed påvirke hvordan brannspredningen mellom kjøretøy foregår.

3.2.2.3 Brannbelastning på strukturen

For at brannmannskaper skal gå inn i et brennende bygg og drive slokkearbeid, er det en forutsetning at bygget ansees som trygt, og at det ikke er fare for at bygget skal kollapse. I forbindelse med innføring av semiautomatiske anlegg er det flere som har påpekt en økt usikkerhet knyttet til dette.

Siden resultatene fra simuleringen er usikre etter ca. 26 minutter for det semiautomatiske anlegget gir ikke dette godt nok grunnlag for å vurdere brannbelastningen på strukturen. Likevel viser simuleringen at brannspredning kan skje raskere i et semiautomatisk anlegg på grunn av tettere avstand mellom bilene. Tettere avstand mellom bilene øker også den spesifikke brannenergien [MJ/m^2]. Disse to faktorene taler for at brannbelastningen på strukturen også blir verre. På den annen side er det funnet at oksygentilgangen raskt blir en begrensende faktor i store lukkede parkeringsanlegg, og at en brann uten noe ekstra tilgang på luft etter hvert vil nå en maksimumsgrense for hvor stor den kan bli. Denne maksimumsgrensen avhenger av flere faktorer, men i hovedsak hvor store åpninger til friluft anlegget har, og hvorvidt åpningene er skjermet for vind eller ikke. Men det er også verdt å påpeke at selv om maksimal brannstørrelse begrenses av lufttilgangen, kan en slik brann potensielt gjøre skade på strukturen lokalt, ettersom varmpåvirkningen rett over der det brenner kan være betydelig.

3.3 Hovedfunn

Til tross for utfordringene med simulering av den underventilerte brannen, spesielt med tanke på HRR etter ca. 44 og 26 minutter, er det flere viktige funn her:

- Resultatene indikerer at en brann sprer seg omtrent like raskt fra første bil til neste bil i et semiautomatisk anlegg med flåteparkering som i et ordinært parkeringsanlegg. Dette er imidlertid å forvente siden avstandene til nærmeste bil er identisk i begge scenarier.
- Simuleringen indikerer at det å sette inn en ekstra rekke med biler kan føre til en vesentlig raskere brannspredning etter at brannen har spredt seg til en bil.
- Simuleringen viser også at tilgangen på oksygen raskt har en stor betydning på hvordan brannen utvikler seg etter at brannen har spredt seg til et visst antall biler. I et nokså lukket anlegg er det en mulighet for at brannen reduseres til en brannstørrelse relatert til hvor mye oksygen som blir tilført, eller den kan forflytte seg mot åpningen. Jo mer åpent parkeringsanlegget er, desto mindre vil brannen påvirkes av mangel på oksygen. I tillegg innebærer dette at det å legge til flere biler, eller redusere avstanden mellom dem, ikke nødvendigvis fører til en større brann totalt sett, siden den maksimale størrelsen på brannen i nokså lukkede anlegg i stor grad bestemmes av tilgangen på oksygen.

3.4 Videre arbeid

Resultatene fra denne simuleringen indikerer tydelig at en brann kan utvikle seg raskere dersom avstanden mellom biler reduseres, og dette bør undersøkes nærmere. En nærmere undersøkelse bør inneholde følgende elementer:

- Flere ulike parkeringsanlegg-geometrier (både størrelse, men også ulike åpningsfaktorer)
- Både stablede kjøretøy og flåteparkering
- En bedre modell for varmeutvikling som tilpasser avgivelsen av brennbare gasser til hvor mye oksygen som er tilgjengelig.
- Bidrag av ventilasjonsanlegg.

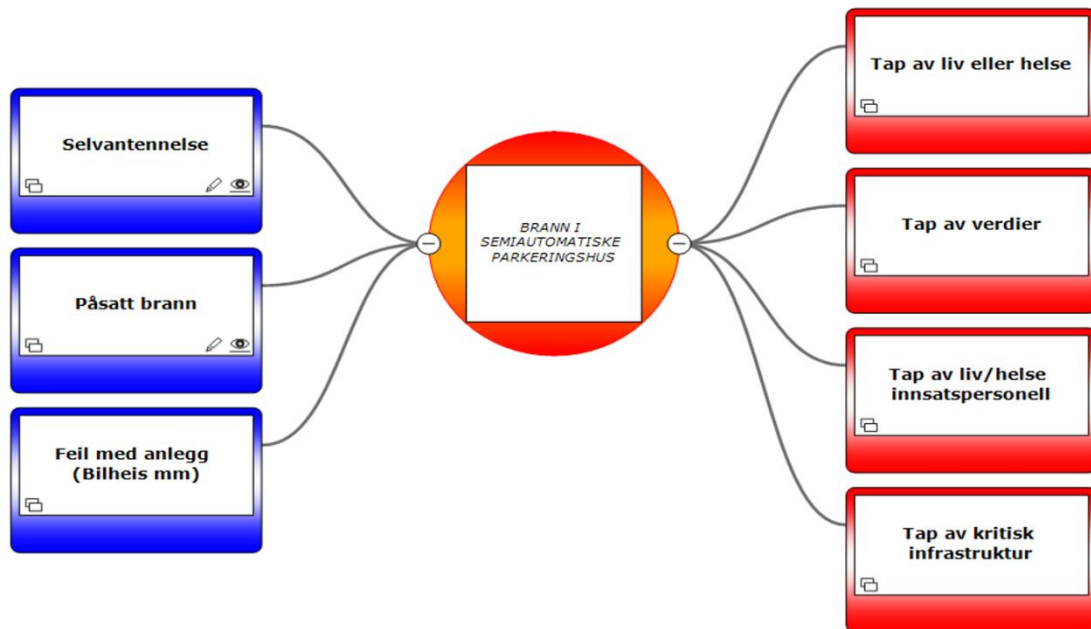
4 Intervju om risiko og risikoreducerende tiltak

De kvalitative undersøkelsene om brannsikkerhet i semiautomatiske parkeringsanlegg har først og fremst vært intervjuer med brann- og redningstjenesten. En spørreundersøkelse ble sendt ut til større byer i Europa, men denne fikk dessverre lite respons. Det ble utført fem intervju med brannvesen fra større byer i Norden. Disse er ikke representative for brann- og redningsvesen i Norden generelt, men ble valgt på bakgrunn av at det er mer plassmangel i større byer og dermed mer sannsynlig at semiautomatiske parkeringsanlegg blir installert i disse byene. Temaene i intervjuet ble utledet i en workshop der personer med kunnskap om semiautomatiske parkeringsanlegg var invitert.

4.1 Workshop med ekspertgruppe

For å planlegge og identifisere relevante tema og spørsmål til intervjuer og spørreundersøkelse ble en det holdt en workshop med interessenter fra myndighetsutøvere og forskere.

Ekspertgruppen foreslo og diskuterte ulike brannscenarier som man ser for seg kan inntreffe i semiautomatiske parkeringsanlegg. Fokuset var på hvilke hendelser som kan forårsake brann i semiautomatiske parkeringsanlegg, og hvilke konsekvenser som kan skje dersom truslene inntreffer. Workshopen ble ekspertgruppen ble delt i to grupper og gjennomgikk deretter sine tanker i fellesskap. Her ble forslagene sammenlignet, vurdert og gruppene kunne stille kritiske spørsmål til hverandre. Til slutt ble ekspertgruppen enige om et utvalg trusler og konsekvenser som ble vurdert til høy brannrisiko. Dette utvalget vises i Figur 12, og ble kjernen i intervjuguiden.



Figur 9 Bow-tie-diagram med ekspertgruppens innspill til trusler og konsekvenser relatert til brann i semiautomatiske parkeringsanlegg

4.2 Intervju med brann- og redningstjenesten

Den metodiske tilnærmingen i intervjuene har vært eksplorativ, slik at for eksempel spørsmål til respondentene har blitt justert og forbedret underveis ettersom ny kunnskap avdekker nye problemstillinger som vurderes som viktig. Det har også vært åpent for at problemstillinger og tema kan legges til eller trekkes fra arbeidet, etter hvert som respondentene og forskerne har fått økt innsikt underveis.

Alle intervjuene ble gjennomført på Microsoft Teams og varte under én time hver. I forkant av et intervju ble de inviterte respondentene tilsendt en intervjuguide og informasjon om prosjektet. Programmet NVivo ble brukt til å analysere de transkriberte intervjuene og gjenkjenne nøkkelord, slik at man kan telle hvor mange ganger et ord eller en gruppe relaterte ord

forekommer i transkripsjonen. En svakhet ved programmet er at en person som gjentar seg selv kan få samme nøkkelord telt mange ganger, mens en person som forklarer seg i korthet ikke vil få like mye vekt i sine utsagn. Det ble også vurdert at ikke programmet har like mye verdi når det er få intervjuer og relativt lett å holde oversikt over informasjonen som kom frem. Derfor ble resultatene fra NVivo først og fremst brukt til å finne frem til gode sitater og eksempler fra intervjuene.

Spørsmålene i intervjuguiden omhandlet følgende områder

- Oversikt over hvor mange, og hvilken type semiautomatiske parkeringsanlegg som finnes i kommunen/regionen
- Tilsyn
- Vurdering av risiko og sårbarhet knyttet til brann
- Regelverk
- Tiltak mot brann
- Tilrettelegging for innsatspersonell

Svar og innspill om disse temaene presenteres i de neste avsnittene. Flere av temaene er nært knyttet til hverandre og noen avsnitt omhandler derfor flere av temaene.

4.2.1 Lovverk, manglende oversikt og adgang til tilsyn

Manglende lovverk var et tema i alle intervjuene. I Norge er de semiautomatiske parkeringsanleggene ikke spesielt nevnt i plan- og bygningsloven [24], med tilhørende forskrifter, eller brann- og eksplosjonsvernloven [25], med tilhørende forskrifter. Siden semiautomatisk parkeringsanlegg kan installeres i parkeringsanlegg som allerede er bygget, er det ikke sikkert at installasjonen av automatiske bilstablingssystemet er en del av en byggesak.

Manglende lovverk for installering av automatiske bilstablingssystem fører til at brannvesenet ikke alltid kjenner til om det finnes semiautomatiske anlegg i deres distrikt. I intervjuene kom det frem flere av brannvesenene hadde noe oversikt over om det finnes semiautomatiske parkeringsanlegg i deres distrikter, hvor mange slike anlegg som finnes og hvor de er, men at det gjerne var tilfeldigheter eller kartlegging på eget initiativ som ga dem oversikt.

Manglende lovverk og lite oversikt over anlegg fører til at det er vanskelig å tilrettelegge for effektiv og sikker innsats, og lage temaveiledere og innsatsplaner, ettersom det finnes mange ulike typer automatiske parkeringssystemer som kan installeres i eksisterende parkeringsanlegg uten søknadsplikt, og det vil være ulike utfordringer i slokkearbeidet avhengig av antallet etasjer i anlegget og hvor store arealene i hver etasje av anlegget er. Mangel på lovverk fører også til mindre hjemmel for tilsyn. Noen respondenter la frem at det er vanskelig å føre tilsyn fordi man ikke har noe lovverk å begrunne tilsynet med, mens andre opplevde at det stort sett går greit å få tilgang til tilsyn der man spør, men at utfordringen er å få oversikt over hvor det er behov for tilsyn.

Noen mente at det bør være krav om søknad for å installere automatiske bilstablingssystemer i eksisterende parkeringsanlegg. I intervju med et annet norsk brannvesen ble det foreslått at de semiautomatiske parkeringsanleggene kan defineres som særskilte brannobjekt, og dermed underlegges §13 i Brann- og eksplosjonsvernloven, slik at man får adgang til dem.

«Kan du se for deg sikkerhetsløsninger som kunne bedret sikkerhetsnivået for innsatspersonell i semiautomatiske parkeringsanlegg?»

- Intervjuer

«(...) Generelt tenker jeg at hvis disse underlegges §13 som særskilte brannobjekt er mye gjort. Da har vi både adgang og mulighet til å pålegge.»

- Respondent brannvesen

4.2.2 Vurdering av risiko og sårbarhet knyttet til brann

I intervjuene ble respondentene bedt om å vurdere risiko og sårbarhet knyttet til brann i semiautomatiske parkeringsanlegg, sammenlignet med vanlige parkeringsanlegg. Høy brannenergi, raskere spredning av brann mellom biler, mindre fremkommelighet for slokking og risiko relatert til elbiler ble ofte nevnt.

«Jeg vurderer risikoen som betydelig høyere av flere årsaker og det ene er brannbelastningen. Parkeringen i sånne anlegg er veldig mye tettere, og det øker risiko for spredning mellom bilene. Det er flere biler enn det grunnflaten skal tilsi, siden bilene står høyden.»

- Respondent brannvesen

Brannenergi ble vurdert til å være blant områdene med høy risiko. Dette handlet både om tettere stabling av biler, men utviklingen over de siste femti årene med større biler med mer brennbart materiale ble også nevnt. Den tette parkeringen av biler ble også nevnt i forhold til redusert fremkommelighet for innsatspersonell. Noen brannvesen viser til at de mister en av de løsningene som er foretrukket ved tidlige faser av bilbrann i parkeringsanlegg, nemlig å vinsje ut den antente bilen fra anlegget.

«Derfor så tenker jeg at den brannbelastningen er vesentlig i forhold til både eksisterende bygg og ikke minst tenke når vi skal bygge nytt. Og så har vi den biten i forhold til å gjøre innsats. Der er jo vi også veldig usikre, men vi bruker jo som regel den erfaringen vi har fra tradisjonelle til å til å gjøre innsats på der hvor det er halvautomatisk og automatiske. Den beste måten er jo å få ut brannkilden; Rett og slett å kroke opp bil og dra den ut, men det er litt vanskelig i et automatisk anlegg.»

- Respondent brannvesen

Flere brannvesen uttrykte bekymring for at bygningen kolliderer grunnet den høye brannenergien, og særlig når parkeringsanlegget står under en tung bygning. Det ble uttrykt usikkerhet rundt hvorvidt det semiautomatiske anlegget sin konstruksjon tåler brann og bekymring for om anlegg plassert under boliger er dimensjonert for vekta over. Et brannvesen påpekte at lang innsatstid gjør at bæreevnen til systemet kan være begrenset når de kommer frem til brannen, og at dette er særlig alvorlig om anlegget ikke har sprinkleranlegg.

Elbil ble spesielt nevnt i flere av intervjuene. I forbindelse med elbil ble lading av elbiler trukket frem som en faktor som kan øke risiko. Noen brannvesen uttrykte bekymring for thermal runaway og dannelse av giftige gasser som komme innenfor eksplosjonsområdet om det ikke er ventilering.

«Altså vi har jo mye erfaring med spredning mellom tradisjonelle biler, men mellom elbiler så er vi litt mer usikre på hvor reell fare det er for at den ene elbilen kan antenne den andre elbilen, varmepåvirkning, thermal runaway og så alt dette her. Der er vi litt mer usikre, nettopp fordi vi ikke har så veldig mye erfaring på det.»

- Respondent brannvesen

Problemer med slukking av brann i elbil ble også nevnt.

«En annen utfordring vi har, er jo når det brann i elbiler generelt. Om det er utenfor eller innenfor husets fire vegger, så må vi jo få slukket også det. Da må man omtrent dyppe den ned i en container full av vann for å i det hele tatt få den eliminert.»

- Respondent brannvesen

Et brannvesen nevnte at de var bekymret for at det kan komme hull i bensintanker og være bensin som renner nedover etasjene i anlegget. Det ble også påpekt at det ikke alltid er lett å oppfatte at bilstablingssystemet er både elektrisk og hydraulisk. Dermed kan man få en falsk trygghet ved å slå av strømmen og gå inn i anlegget uten å være klar over at det også er hydraulisk i systemet, og at systemet kanskje kan bevege seg selv om strømmen er slått av. Usikkerheten rundt hvorvidt systemet kan bevege seg eller er blitt fullstendig avslått gjør det også vanskeligere å gode beslutninger raskt.

4.2.3 Tiltak

Flere mulige risikoreduerende tiltak ble diskutert i intervjuene. Sprinkler ble ansett som et godt tiltak for å redusere temperaturen, og det uttrykt ekstra bekymring for anlegget sin integritet når det ikke var installert sprinkler. Samtidig uttrykte flere respondenter særlig bekymring for brannspredning mellom biler i flere etasjer, også for anlegg der sprinkler er installert. Flere var

kjent med eksperimentene med brann i stablede biler utført i England i 2009 [5,8], som viste at sprinklene ikke klarer å fullstendig unngå at brann spres fra nederste til øverste bil.

Røykventileringssystem ble foreslått som et mulig tiltak for å unngå eksplosjon fra akkumulerte gasser fra brennende elbiler. Et brannvesen uttrykte at det kunne være gunstig for brannvesenet å få kontroll over strømmen i anlegget, men siden dette kan påvirke ventilasjonen var de ikke helt overbevist over hvor mye hjelp dette kunne gi dem. Et annet brannvesen ønsket mulighet til å overstyre bilstablingssystemet for å kunne hente ut biler som har antent, men ikke er i full overtenning. Dermed kan den antente bilen vinsjes ut slik man pleier i vanlige parkeringsanlegg. Dette vil være mest aktuelt i tidlige stadier, og ikke ved full overtenning.

Et brannvesen påpekte at det kan være stigeledninger inn i anlegg som ikke samsvarer med hvor man finner vann til slokking, og at det er dårlig merking av disse. Lett tilgjengelig informasjon om hvor man kan finne vann til slokking ble også nevnt av et annet brannvesen. Andre ønsker som ble nevnt inkluderer bedre merking av angrepsvei, oversikt over antall biler i anlegget, og regler for hva som er lov til å lagre i bilene. Det er altså ikke bare manglende oversikt over hvor de semiautomatiske anleggene er, men også hvilke hjelpemidler som finnes for brannvesenet når de ankommer til et semiautomatisk anlegg.

4.2.4 Tilrettelegging for effektiv og sikker innsats

Utfordring med tilkomst for slokking i semiautomatiske parkeringsanlegg ble nevnt av flere brannvesen i intervjuene. Slokking i et semiautomatisk anlegg ble ansett som utfordrende av flere respondenter, siden det er trangt og bilene kan være stablet. Dette gjør at røykdykkerne ikke kommer inn mellom bilene og at det blir vanskelig å trekke ut biler fra anlegget. Et brannvesen kommenterte at det kan være lett å få tilkomst til noen av kjøretøyene i systemet, men ikke alle. For eksempel kjøretøy i høyere etasjer. Dette brannvesenet kunne ønske seg å få kontroll til å overkjøre systemet, slik at de kan hente ut en bil med røykutvikling og slokke brannen i en tidlig fase. Et annet brannvesen mente det var særlig utfordrende å slokke brann i en flåteparkering der bilene står tett på samme plan enn i et system med stabling, mens slokking i anlegg der bilene er på en rekke i flere plan ble sett på som mindre krevende. Mulighet for å trekke bilen ut av bilstablingssystemet ble også nevnt.

«Tilbake til automatiske p-anlegg og plassering av disse bilene når de står oppå hverandre: Det er klart at utfordringen våres der er jo å få tilkomst, ikke sant? Altså 1) Vi får ikke dratt bilene ut fordi det står i annen etasje, ikke sant? Nummer 2) det er ofte så trangt, at hvis du sender inn røykdykkere, så kommer de faktisk ikke mellom for å komme opp til brannen. (...) Det bør sprinkles i altså diverse steder da slik at det skal kunne ta brannen både under og på siden av bilen..»

- Respondent brannvesen

Tilrettelegging for brannvesenets innsats er eiers ansvar, slik det følger av Byggteknisk forskrift (TEK17) [15]. Tilrettelegging for effektiv og sikker innsats innebærer at de fysiske forholdene i bygget må være tilrettelagt for at brannvesenet kommer seg enkelt og raskt inn, og at de under innsats løper en lavest mulig risiko.

Respondentene viser til vanskelig fremkommelighet og tilgjengelighet fordi bilene befinner seg i et bur bak et gittergjerde. Det er også trukket frem i intervjuene at manglende registrering av semiautomatiske parkeringsanlegg, gjør det vanskelig for brannvesenet og planlegge innsatsen. Det er ganske mange grep en eier kan ta for å tilrettelegge for at brannvesenet kan gjøre en mer sikker og effektiv innsats. Nøkkelboks på yttervegg slik at innsatspersonellet kommer seg raskt inn uten å ødelegg noe, direkte overføring av alarm til brannvesenet for rask respons, adresserbart alarmanlegg og så videre.

«Jeg har nettopp hatt dialog med en utbygger som prosjekterer inn semiautomatisk der de altså lager vanlige garasjeanlegg, og så vil de da sette inn et sånt automatisk system. Og så viser de til hva som ligger til forskriften og anbefalingen ut fra preaksepterte ytelser, men der vises det til helautomatiske anlegg, og det er ikke sikkert de har oppfattet at semiautomatisk og helautomatisk er to forskjellige typer systemer.»

- Respondent brannvesen

Som sitatet viser, kan nye tekniske konsept med høy brannrisiko gi utfordringer, både fordi det er vanskelig å få det til å passe inn i det eksisterende lovverket og fordi manglende erfaring kan gi usikkerhet om hvordan loven skal forstås. Derfor kan det anses som spesielt viktig at en temaveileder kommer tidlig når erfaring mangler. En temaveileder sammenfatter og forklarer problemstillinger og løsninger for et tema, og temaveilederen kan gå på tvers over flere lover. Et av brannvesenene i undersøkelsen oppga at de har startet utarbeiding av en veileder for automatiske og semiautomatiske anlegg på eget initiativ, mens andre respondenter oppga at de kun har veiledere for parkeringsanlegg generelt, men at disse går på for eksempel lukestørrelser og ikke så mye om brann.

«Jeg tror at det utfordringen blir der er egentlig i kunnskapene til de som kommer dit. Altså at de på en måte skjønner at dette er noe som egentlig burde ha vært løftet litt høyere eller ikke. Hadde vi hatt en veileder som kunne gitt oss noen pekepinner, hadde det vært lettere.»

- Respondent brannvesen

Utarbeidelsen av innsatsplaner er vanligvis et samarbeid mellom eier og bruker, og brukes som et verktøy for at brannvesenet skal utføre effektiv og sikker innsats. En innsatsplan består som regel av informasjon som er viktig grunnlagsdata for innsatslederens taktiske beslutninger.

4.2.5 Statistikk

Manglende system for å fange opp statistikk om hendelser i semiautomatiske anlegg ble også nevnt av noen respondenter. Det ligger ingen «spøringer» på semiautomatiske parkeringsanlegg i brannstatistikk.no. Det er mulig å ta ut statistikk på ordinære parkeringsanlegg, men ifølge brannvesenene vi har intervjuet, er utbyttet begrenset siden semiautomatiske parkeringsanlegg har andre risikofaktorer en ordinære parkeringsanlegg.

Når nye konsept som medfører brannrisiko kommer på markedet, er det viktig at innrapportere hendelser på disse blir ført i brannstatistikk.no, slik at ikke verdifulle inndata går tapt.

Det er svært få brannvesen som fører egen statistikk på hendelser, og dermed skaper sitt eget statistikkgrunnlag. Det er både ressurskrevende og krever en del hendelser i kommunen for å gi signifikans.

*«Den statistikken som vi har (...), er jo i utgangspunktet fra oss i vårt distrikt og hvilken erfaring vi har i forhold til hva som har skjedd i garasjeanlegg. Så det er ikke nødvendigvis noe vi har hentet eksternt, det er noe vi har hentet internt, i forhold til at det er i *(navn på kommunen). Vi har gått tilbake igjen fra tjuetretten, først da har vi har vært flinke til å føre statistikk på det, og så sett på litt hva slags utfordringer vi står overfor.»*

- Respondent brannvesen

«Vi har brukt statistikk som vi har et helt eget system på, vi har også sett på litt mer konkret hva som hindrer vår slokkeinnsats i det vi kaller utsatte områder.»

- Respondent brannvesen

5 Diskusjon

5.1 Statistikk og erfaring

I dette prosjektet ønsket vi å lære fra erfaringer fra tidligere branner og utrykning til semiautomatiske parkeringsanlegg, men vi fant ikke informasjon om at det var forekommet noen hendelser hverken i Norge eller i utlandet. Etersom det er relativt få anlegg i Norge og brann i parkeringsanlegg skjer relativt sjeldent, er ikke dette overraskende. Det er likevel viktig å anerkjenne at det kan ha oppstått farlige situasjoner som ble avdekket og håndtert av publikum uten at vi kjenner til dem. Når nye konsept som medfører brannrisiko kommer på markedet, er det ikke sikkert at innrapportere hendelser spesifiserer under hvilke omstendigheter hendelsen

skjedde, for eksempel at det var i et semiautomatisk parkeringsanlegg. Det vil være nyttig om nye konsepter fanges opp i brannstatistikk.no, slik at ikke verdifulle inndata går tapt.

5.2 Regelverk

I intervjuene kom det frem at brannvesenene ønsker å ha oversikt over hvor det finnes semiautomatiske anlegg. Dette er utfordrende i dagens situasjon, der automatiske bilstablingssystemer i visse tilfeller kan installeres i parkeringsanlegg uten søknad eller kontakt med myndigheter.

Semiautomatiske parkeringsanlegg er ikke omfattet av hverken plan- og bygningsloven [24], med tilhørende forskrifter, eller brann- og eksplosjonsvernloven [25], med tilhørende forskrifter, og om de etterinstalleres i et eksisterende parkeringsanlegg blir de ikke omfattet av noen byggesak. I intervju ble det foreslått at semiautomatiske parkeringsanlegg kan defineres som særskilte brannobjekter for å tilrettelegge for at brannvesenet får adgang, men det vil kreve at brannvesenet allerede kjenner til at det semiautomatiske anlegget finnes.

Veiledningen til TEK17 gir preaksepterte ytelser for parkeringsanlegg, men de overordnede funksjonskravene og de preaksepterte ytelsene gjelder selve *byggverket* (parkeringsanlegget), ikke systemet for automatisk bilstabling. Et slikt system vil imidlertid påvirke brannenergi, rømningsveier og tilgjengelighet for slokkemannskaper. Ved brann kan det oppstå rask kollaps av deler av systemet, noe som kan bidra til raskere brannspredning og en mer omfattende brann. Vi anbefaler derfor at det i forbindelse med etablering av bilstabling i flere plan også bør gjøres en vurdering av de interne bærekonstruksjonene for selve bilstablingssystemet.

Parkeringshus med mer enn en etasje/plan, og parkeringskjeller og garasje under terreng, må følge kravene til brannmotstand for risikoklasse 2 i VTEK17 § 11-4 (se Tabell 2-1), men for bærende konstruksjoner i parkeringshus i brannklasse 1 og 2 er det imidlertid gitt anledning til å redusere brannmotstanden:

Under forutsetning av at nødvendig tid til rømning og sikkerhet for slokkemannskaper er ivaretatt, kan parkeringshus med mer enn 1/3 av veggflatene åpne, oppføres med brannmotstand R 15 A2-s1,d0, det vil si ubrennbart materiale. Åpningene må være fordelt og de enkelte plan ha slik form at en oppnår god gjennomlufting. Byggverket må ikke være høyere enn at slokkemannskapene kan komme lett til med sine høyderedskaper.

Utgangspunktet her er et vanlig parkeringsanlegg uten automatisk bilstabling. I et parkeringsanlegg med automatisk bilstabling der brannenergien i noen områder kan være større, og brannutviklingen raskere, enn i et vanlig parkeringsanlegg, mener vi at dette unntaket ikke bør brukes uten nærmere vurdering. Særlig med tanke på at mer åpne vegger fører til mer oksygentilgang, som kan eskalere brannen. Ved brann kan det oppstå rask kollaps av deler av de interne bærekonstruksjonene for bilstablingssystemet, noe som kan bidra til raskere brannspredning og en mer omfattende brann. Vi mener at det bør gjøres en spesiell vurdering med tanke på nødvendig tid til rømning og sikkerhet og tilgjengelighet for slokkemannskaper, før man beslutter å ta i bruk dette unntaket. Dette unntaket ble også diskutert vår tidligere rapport «Brannsikkerhet i naturlig ventilerte parkeringshus» [2] der det ble anbefalt at dette unntaket revurderes.

5.3 Økt brannenergi og fare for brannspredning

Motivasjonen for å installere et automatisk bilstablingssystem i et parkeringsanlegg er å øke antallet biler som er parkert i parkeringsanlegget, og dette medfører at den spesifikke brannenergien ved fullt parkeringsanlegg blir høyere enn den var uten bilstablingssystemet. Kortere avstand mellom parkerte biler øker også sannsynligheten for brannspredning mellom bilene [10].

Simuleringene viste at varmeutviklingen var omtrent lik for det ordinære og det semiautomatiske scenarioet de første tjue minuttene, da det fortsatt bare er den første bilen som brant. Etter dette spredte brannen seg raskere til flere biler i det semiautomatiske scenarioet, og varmeavgivelsen ble også større i det semiautomatiske scenarioet enn i det ordinære senarioet. I begge scenarioene bremset brannutviklingen likevel opp få minutter etter at brannen begynte å spre seg til flere biler fordi oksygentilgangen ble for lav. Dette betyr at dersom oksygentilgangen øker, vil brannen sannsynligvis bli større.

Ulik åpningsgrad på bygningen vil gi ulik tilgang på oksygen, og dette antyder at det kan være minst like alvorlige branntilløp i åpne parkeringsanlegg som lukkede. Sammen med bl.a. tettheten på parkerte biler vil dette påvirke brannforløpet. Stabling i høyden fører mye større brennbar masse over arealet det stables, og er et ekstra faremoment med tanke på kollaps. Testene utført i England for brannspredning mellom biler parkert ved siden av hverandre og mellom biler stablet i høyden [5,8] viser at sprinkler i større grad klarer å hindre spredning av brann horisontalt enn vertikalt. Dette kan antyde at det er større risiko knyttet til bilstablingssystemer med flere etasjer, men samtidig kan det være lettere å nå frem med en brannslange til biler plassert i enkelttrekker og stablet i etasjer, sammenlignet med en flåte med tettpakkede biler, der man ikke kommer frem mellom bilene eller ikke ønsker å gå på plattformene fordi man ikke vet om systemet kan begynne å flytte på dem.

Under befaringen i parkeringsanlegget på Østlandet, ble det opplyst at det var utfordrende å finne en god løsning på sprinklerinstallasjonen i områder med automatisk bilstabling. Sprinkleranlegget var opprinnelig prosjektert som for et vanlig parkeringsanlegg, etter NS-EN 12845:2015+A1:2019 Faste brannsløkkesystemer – Automatiske sprinklersystemer – Dimensjonering, installering og vedlikehold [27]. Anlegget ble imidlertid vurdert å være underdimensjonert, og ble derfor omprosjektert. Under omprosjekteringen ble det konkludert med at NS-EN 12845 ikke er egnet for områder med automatisk bilstabling.

Vi ønsker å belyse at det har vært en utvikling i bilindustrien de siste tiårene der risikobildet endres. For eksempel er bilene blitt større og inneholder mer plast [28] og har en høyere maksimal varmeavgivelseshastighet [29], og andelen elbiler har økt betydelig de seneste årene. Ingen vet hva slags risiko de neste teknologiutviklingene i bilindustrien vil bringe de neste tiårene. Derfor er det viktig at det finnes rutiner som sørger for at risikovurderingene i parkeringsanlegg oppdateres jevnlig.

5.4 Risiko for innsatspersonell

Utfordring med tilkomst for slokking i semiautomatiske parkeringsanlegg ble nevnt av flere brannvesen i intervjuene. Slokking i et semiautomatisk anlegg ble ansett som utfordrende både for flåteparkering, der det er trangt og vanskelig å komme frem mellom bilene, og for systemer

med biler stablet over hverandre. Å trekke bilene ut av anlegget kan også være vanskelig om de står i en annen etasje, bak et gjerde eller innesperret av andre biler.

Flere av aspektene diskutert i intervjuene er relatert til forutsigbarhet og forberedelse for innsatspersonell og brannvesenet som helhet. Manglende lovverk fører til at brannvesenet ikke alltid kjenner til om det finnes eller blir installert semiautomatiske anlegg i deres distrikt. Dermed blir det krevende å få oversikt over de semiautomatiske parkeringsanleggene og brannvesenet kan heller ikke kreve å få adgang til parkeringsanleggene. Videre fører dette også til at det er vanskelig å tilrettelegge for effektiv og sikker innsats, og lage temaveiledere og innsatsplaner, ettersom det finnes mange ulike typer automatiske parkeringssystemer som kan installeres i eksisterende parkeringsanlegg uten søknadsplikt, og det vil være ulike utfordringer i slokkearbeidet avhengig av antallet etasjer i anlegget og hvor store arealene i hver etasje av anlegget er.

Høy brannenergi og elbilproblematikk er tilknyttet til en usikkerhet om hvorvidt de brannsikringstiltakene som er utført og planene som er lagt har den effekten man forventer. Det er for eksempel ikke krav om oppgradering av sprinkleranlegg ved oppføring av automatiske parkeringssystemer i en eksisterende garasje, selv om brannbelastningen vil være mye høyere enn det anlegget ble designet for. For elbiler kan innsatspersonellet ha en plan om å flytte bilen ut av parkeringsanlegget eller til et tomt område i anlegget for å hindre brannspredning til andre biler, men en slik plan kan være vanskelig å gjennomføre om bilen befinner seg i et stablingsystem. Det er usikkert om brannvesenet kan bruke systemet til å hente ut den brennende bilen, eller om det tryggeste er at systemet ikke brukes og man forsøker å få strømmen koblet fra.

Flere brannvesen uttrykte bekymring for at brann i et parkeringsanlegg plassert under en tung bygning kan føre til at bygningen kollapser. Det ble uttrykt bekymring for hvorvidt det semiautomatiske anlegget sin konstruksjon tåler brann og bekymring for om anlegg plassert under boliger er dimensjonert for vekta over. Et brannvesen påpekte at lang innsatstid gjør at bæreevnen til systemet kan være begrenset når de kommer frem til brannen, og at dette er særlig alvorlig om anlegget ikke har sprinkleranlegg. Bekymringen for kollaps forståelig med tanke på den delvise kollapsen som skjedde i brannen på Stavanger flyplass [7] og hendelsen i Sveits i 2004 der et parkeringshus kollapset mens innsatspersonell håndterte en brann, og resultatet var at syv personer omkom [6]. Brannspredning kan skje raskere i et semiautomatisk anlegg på grunn av tettere avstand mellom bilene, og den spesifikke brannenergien øker når avstanden mellom bilene blir lavere. Samtidig viser simuleringen at oksygentilgangen raskt blir en begrensende faktor i store lukkede parkeringsanlegg, og at en brann uten noe ekstra tilgang på luft vil etter hvert nå en maksgrense for hvor stor en brann kan bli. Siden det er lite statistikk og erfaringer relatert til semiautomatiske parkeringsanlegg anbefaler vi at det gjøres videre simuleringer av ulike typer semiautomatiske parkeringsanlegg, geometrier og situasjoner for å øke forståelsen av mulige brannforløp.

6 Konklusjoner

I denne studien har det kommet frem flere bekymringer angående brann i semiautomatiske parkeringsanlegg. De semiautomatiske parkeringsanleggene legger til rette for bedre utnyttelse av plass i parkeringsanlegg, men medfører samtidig at man får større mengder brennbar masse enn i vanlige parkeringsanlegg.

Det har ikke blitt avdekket noen konkrete erfaringer med branner i disse anleggene, og dette har trolig sammenheng med at det finnes relativt få semiautomatiske parkeringsanlegg og at brann forekommer sjeldent i parkeringsanlegg.

Simuleringene som er gjort i prosjektet viser at det er fare for økt spredning og varmeavgivelse i en periode av brannforløpet i et semiautomatisk parkeringsanlegg med flåteparkering sammenlignet med tradisjonelle parkeringsanlegg. Eksperimentelle undersøkelser i litteraturen viser at det er stor fare for brannspredning for biler i et bilstablingssystem, og at det er utfordrende å hindre brannspredning og skade på en bil stablet over en antent bil, selv med sprinkleranlegg installert.

I intervjuene kom det frem flere momenter som kan gjøre brannslukking i semiautomatiske parkeringsanlegg mer utfordrende enn i ordinære parkeringsanlegg, blant annet vanskelig tilkomst der det er trangt mellom bilene eller bilene står stablet, vanskeligheter med å trekke antent bil ut av systemet og usikkerhet rundt hvor vidt anlegget kan bevege seg under innsats. En annen utfordring er det å få oversikt over de semiautomatiske parkeringsanleggene, slik at innsatspersonell vet hva som møter dem. Det finnes ikke lovverk som sikrer at det blir meldt om at automatiske bilstablingssystemer installeres i eksisterende parkeringsanlegg, og heller ikke lovverk som sikrer at det gjøres spesielle branntekniske vurderinger i forbindelse med installasjon av automasjon for bilstabling i et eksisterende bygg regulert for parkering.

Vi mener at det er behov for ny vurdering av brannsikkerhet når et system for bilstabling etableres i eksisterende parkeringsanlegg, og at dette ikke er sikret med dagens regelverk.

En løsning som kan gi bedre oversikt over hvor semiautomatiske parkeringsanlegg i Norge finnes er om selve installasjonen av automasjon for bilstabling i eksisterende parkeringsanlegg utløser en prosess som sikrer at en brannrådgiver blir involvert. For eksempel at installasjon av bilstablingssystem i eksisterende parkeringsanlegg blir søknadspliktig.

Vi ønsker å belyse at det har vært en utvikling i bilindustrien de siste tiårene der risikobildet endres og at det derfor er ekstra viktig at det finnes rutiner som sørger for at risikovurderingene i parkeringsanlegg oppdateres jevnlig.

7 Referanser

- [1] K. McGrattan, S. Hostikka, J. Floyd, R. McDermott, and M. Vanella, “Fire Dynamics Simulator User’s Guide,” *NIST Special Publication*, p. 434, May. 2022.
- [2] C. Meraner and K. S. Arsava, “Brannsikkerhet i naturlig ventilerte parkeringshus,” RISE Fire Research, Trondheim, Norway, RISE Rapport 2022:95, 2022.
- [3] Lifts Direct, “Sanpark Optilift.” [Online]. Available: https://www.liftsdirect.co.uk/sanpark_optilift~p~66.htm. [Accessed: 27 Oct. 2022].
- [4] Metrisk, “Combilift 543.” [Online]. Available: <https://metrisk.no/produkt/combilift-543>.
- [5] Building Research Establishment, “Fire spread in car parks,” Building Research Establishment, London, England, BD2552, Dec. 2010.
- [6] P. Hody, “Seven Swiss Firefighters Die in Collapsed Parking Garage,” *Firehouse*, 27 Nov. 2004. [Online]. Available: <http://www.firehouse.com/news/10514192/seven-swiss-firefighters-die-in-collapsed-parking-garage>. [Accessed: 16 Dec. 2015].
- [7] K. Storesund, C. Sesseng, R. F. Mikalsen, O. A. Holmvaag, and A. Steen-Hansen, “Evaluering av brann i parkeringshus på Stavanger lufthavn Sola 7. januar 2020,” RISE Fire Research, Trondheim, Norway, RISE-rapport 2020:43, Sep. 2020.
- [8] BRE Global, “Sprinkler Protected Car Stacker Fire Test,” Client report number 256618.
- [9] P. C. Collier, “Car Parks - Fires Involving Modern Cars and Stacking Systems,” BRANZ, SR 255, 2011.
- [10] M. Z. M. Tohir and M. Spearpoint, “Probability of Fire Spread Between Vehicles in Car Parking Buildings,” in *GCEC 2017*, Singapore, 2019, pp. 1357–1366.
- [11] D. Joyeux, J. Kruppa, L.-G. Cajot, J.-B. Schleich, P. van de Leur, and L. Twilt, “Demonstration of real fire tests in car parks and high buildings,” European Commission, EUR 20466, 2002.
- [12] D. Li, G. Zhu, H. Zhu, Z. Yu, Y. Gao, and X. Jiang, “Flame spread and smoke temperature of full-scale fire test of car fire,” *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 10, pp. 315–324, Sep. 2017.
- [13] N. K. Reitan and A. Bøe, “Brannsikkerhet og alternative energibærere: El- og gasskjøretøy i innelukkede rom,” SP Fire Research AS, Trondheim, Norway, A16 20096-1:1, Feb. 2016.
- [14] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. 2017.
- [15] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Forskrift 19. juni 2017 nr. 840 om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK17)*. 2017.
- [16] Standard Norge, “NS-EN 1991-1-2:2002+NA:2008, Eurocode 1: Laster på konstruksjoner, Del 1-2: Allmenne laster, Laster på konstruksjoner ved brann.” Standard Norge, 2002.
- [17] Trafik- Bygge- og Boligstyrelsen, “Bilag 9 til Bygningsreglementets veiledning til kap. 5 – Brand Præ-accepterede løsninger for brandsikring af bygningsafsnit med garageanlæg.” 02 Jan. 2019.
- [18] “Approved Document B. Volume 2 - Buildings other than dwellinghouses. 2006 edition incorporating 2010 and 2013 amendments.” HM Government, UK, Apr. 2007.
- [19] “C/AS2 Acceptable Solution for Buildings other than Risk Group SH.” Ministry of Business, Innovation & Employment, 2020.
- [20] “Arrêté du 9 mai 2006 portant approbation de dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d’incendie et de panique dans les établissements recevant du public (parcs de stationnement couverts) (ERP),” *Légifrance*. [Online]. Available: <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2006/5/9/INTE0600458A/jo/texte>. [Accessed: 30 Oct. 2022].
- [21] Singapore Civil Defence Force, “Fire Code 2018,” *SCDF The Life Saving Force*. [Online]. Available: <https://www.scdf.gov.sg/firecode2018/firecode2018>.
- [22] D. Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*, 3rd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.
- [23] B. Kirby, “Natural Fires In Large Scale Compartments,” *International Journal on Engineering Performance based fire codes*, vol. 1, no. 2, pp. 43–58, 1999.

- [24] Kommunal og distriktsdepartementet, *Lov 27. juni 2008 nr. 71 om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. 2008.
- [25] Justis- og beredskapsdepartementet, *Lov 14. juni 2002 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver*. 2002.
- [26] *Forskrift 5. juli 1990 nr. 0546 om brannforebyggende tiltak og brannsyn (FOBTOB)*, vol. FOR-1990-07-05 nr 0546. 1990.
- [27] “NS-EN 12845:2015+A1:2019 Faste brannsløkkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering, installering og vedlikehold.” Standard Norge, Apr. 2020.
- [28] A. Patil, A. Patel, and R. Purohit, “An overview of Polymeric Materials for Automotive Applications,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 2, pp. 3807–3815, 2017.
- [29] Dansk Brand- og sikringsteknisk Institut and Teknologisk Institut, “Brandsikkerhed i garageanlæg, oplag af litium-ion batterier og batterier til solcelleanlæg i bygninger,” Version: 02, Jan. 2022.

RISE – Research Institutes of Sweden
ri.se / info@ri.se / post@risefr.no / (+47) 464 18 000 / risefr.no
Postboks 4767 Torgården, 7465 Trondheim

RISE Fire Research
RISE Rapport: 2023:37
ISBN: 978-91-89757-83-7

