



Lading av elbil i parkeringsgarasje

Are W. Brandt
Karin Glansberg

RISE-rapport 2019:123

Lading av elbil i parkeringsgarasje

Are W. Brandt

Karin Glansberg

Abstract

Charging of electric cars in parking garages

It has been a huge increase in the number of electrical cars the last few years, at the 1st of September 2019 a total of 247 565 electrical cars were registered in Norway. It is a clear political incitement to facilitate for charging electrical cars in parking garages in Norway. This has resulted in a public inquiry regarding proposed amendment to the planning and building Act (plan- og bygningsloven, eierseksjonsloven og burettslagslova). In this inquiry it is proposed to give owners in housing cooperative the right to install chargers for electrical cars. The inquiry has resulted in a consultation paper where the uncertainties regarding fire safety while charging electrical cars in confined spaces was highlighted.

In this study it was examined if charging electrical cars in parking garages result in an unacceptable risk of fire and if so what sort of measures are needed to ensure an acceptable risk level.

One of the aims of the study was to identify the measures needed to ensure an acceptable safety level when parking and charging electrical cars in parking garages.

This was done using a holistic evaluation of the risk of fire in the electric car while charging, the risk of fire in the electrical installation in the parking garage when charging, and also the layout of the parking garage and the ability for active firefighting or extinguishing using sprinkler or water mist systems.

It was also investigated relevant measures that can be installed to prevent an increase in fire risk due to the installation of charging points for electrical cars.

Conclusions

Based in the findings from statistics and literature review there were no indications that charging of an electrical car in a parking garage results in an increase in the probability of a fire. The regulations regarding charging points for electrical cars seem to be adequate to ensure that the risk of fire due to charging of electrical cars in a parking garage is acceptable. This provided that the charging points are according to the regulations and that the recommendations from the car manufacturers and the producers of the charging points are followed. One must ensure to avoid the use wall outlets that are not intended for charging vehicles and avoid the use of extension cords. Based on this the need for fixed water-based firefighting system in parking garages is no higher in parking garages with the possibility for charging electrical cars than in other parking garages.

There are still unknown factors both regarding fire development in parking garages in general but also regarding potential fire propagation to the battery pack specifically. More knowledge is needed in order to increase accuracy of evaluations and recommendations.

Key words: Elbil, lading, brannutvikling, sløkking, regelverk, statistikk

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE-rapport 2019:123

ISBN: 978-91-89049-76-5

Prosjektnummer: 20425

Kvalitetssikring: Anne Steen-Hansen

Finansiert av: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Direktoratet for byggkvalitet (DiBK)

Forsidebilde: Karin Glansberg, RISE Fire Research

Trondheim 2019

Innhold

Abstract	1
Sammendrag	4
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Målsetting	5
1.3 Omfang og begrensninger.....	6
1.4 Metode	6
2 Litteraturstudie	7
2.1 Brann i parkeringsgarasjer	7
2.2 Slokking av brann i parkeringsgarasjer	8
2.3 Statistikk	9
2.3.1 Statistikk fra Norge.....	9
2.3.2 Internasjonal statistikk.....	10
2.4 Regelverk	10
2.4.1 Norsk regelverk	11
2.4.2 Amerikansk regelverk.....	12
2.4.3 Britisk regelverk	12
2.4.4 Generelle retningslinjer for EU	13
3 Case-studie: Tilrettelegging for lading av elbiler i garasje	14
3.1 Fra stikkontakter til ladebokser.....	16
3.2 Installasjon av dynamisk ladesystem	17
3.3 Brannsikkerhet og brannrådgivning.....	20
3.4 Fremtidige satsinger	22
4 Diskusjon	23
5 Konklusjoner	24
Referanser	25

Sammendrag

Bakgrunn

Det har vært en stor økning i antall el-biler de senere årene, og per 1. september 2019 var det registrert totalt 247 565 rene elbiler i Norge. Det er et tydelig politisk ønske om at det skal tilrettelegges for lading av elbiler i parkeringsgarasjer i Norge. Dette har resultert i en høring av forslag til endringer i plan- og bygningsloven, eierseksjonsloven og burettslagslova. I denne høringen er det forslag om å gi andelseiere i borettslag en rett til å sette opp ladepunkt for elbiler. I høringsnotatet er usikkerheten med hensyn til brannsikkerhet ved brann i elbil i lukkede rom trukket frem.

I denne studien er det sett på om lading av elbiler i parkeringsgarasjer medfører en uakseptabel risiko med hensyn til brann, og i tilfellet hvilke tiltak som medfører at risikonivået blir senket til et akseptabelt nivå.

Målsetting

Et av målene med studien har vært å identifisere tiltak som kan ivareta et akseptabelt sikkerhetsnivå i forbindelse med parkering og lading av elbiler i parkeringsgarasjer.

Dette er gjort gjennom en helhetsvurdering av risikoen for brann i selve bilen ved lading, risikoen for brann i det elektriske anlegget i parkeringsgarasjen i forbindelse med lading, samt parkeringsgarasjens utforming og mulighet for aktiv slokkeinnsats, eller slokking ved hjelp av sprinkler- eller vanntåkeanlegg.

Det ble også kartlagt aktuelle relevante tiltak som kan installeres for å forhindre at etablering av elbilladepunkter øker risikoen for brann.

Konklusjon

Med bakgrunn i det som har kommet frem gjennom statistikken og i litteraturstudien så er det ingen ting som tyder på at lading av elbil medfører noen økt risiko for brann. Regelverket som gjelder for ladepunkter ser ut til å være dekkende for at risikoen ved lading av elbiler i parkeringsgarasjer ikke medfører en uakseptabel økning av risiko. Dette forutsetter at ladepunktet er i henhold til gjeldende regelverk, og at anbefalingene fra produsentene av kjøretøyet og ladestasjonen blir fulgt. En må unngå å benytte stikkontakter som ikke er beregnet for lading, og det skal ikke benyttes skjøteledninger i forbindelse med lading av elbiler. Med bakgrunn i dette så er det ikke større behov for sprinkleranlegg i p-garasjer med elbil-lading enn i andre p-garasjer.

Fortsatt er det mange ukjente faktorer, både med hensyn til brannutvikling i parkeringsgarasjer generelt, men også når det gjelder faren for brannspredning til batteriene i elbiler spesielt. Dette er områder der det er behov for mer kunnskap for å kunne gi klare vurderinger og anbefalinger.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det har vært en stor økning i antall elbiler de senere årene. Per 1. september 2019 var det registrert totalt 247 565 rene elbiler i Norge [1], sammenlignet med 97 532 registrerte elbiler ved utgangen av 2016 [2]. For å tilrettelegge for at disse kan parkeres og lades i parkeringsgarasjer, må riktige sikkerhetstiltak iverksettes. I dette prosjektet vurderer vi kun rene elektriske biler, det vil si biler som benytter elektrisitet som eneste energikilde. Hybridbiler er ikke inkludert i studien. Ladbare hybrid biler benytter tradisjonelt lavere ladeenergi, dette gjør at faren for varmgang er noe mindre. Utover det så vil de samme risikovurderingene gjelde for ladbare hybrider som for rene elektriske biler.

RISE Fire Research (RISE) gjennomførte i 2016 en studie [3] hvor det sto i konklusjonen «Inntil man har mer kunnskap om slokkesid og redningsinnsats ved elbilbranner i parkeringskjellere, bør sprinkler-/vanntåkeanlegg være et minimumskrav for å tillate parkering av elbiler.» Bakgrunnen for denne konklusjonen var manglende statistikk og forskning på risikoen for antennelse i elbiler under lading. For alle nye og eksisterende parkeringsgarasjer vil det imidlertid medføre en stor økonomisk belastning. Det er derfor ønskelig å undersøke i hvilken grad lading og parkering av elbiler i parkeringsgarasjer påvirker risikobildet, og om det eventuelt er andre tiltak som må implementeres for å få et tilfredsstillende sikkerhetsnivå. Dette vil være en forutsetning for at målet om å fase ut kjøretøy med fossilt drivstoff skal være mulig.

Det er et tydelig politisk ønske om at det skal tilrettelegges for lading av elbiler i parkeringsgarasjer. Dette er beskrevet i et representantforslag til Stortinget av mars 2017, *Dokument 8:70 S (2016-2017)*, hvor det står «...sikre at alle i borettslag og sameier får mulighet til å lade elbilene sine...» [4]. Stortingsvedtak 717 basert på forslaget lyder «Stortinget ber regjeringen vurdere hvordan man kan innføre krav til at nye bygg og bygg som underlegges større ombygginger, skal være ladeklare bygg».

I *Innstilling til Stortinget fra energi- og miljøkomiteen (Innst. 315 S (2016-2017))* er det foreslått «laderett for beboere i borettslag og sameier» [5]. Dette har resultert i en høring av forslag til endringer i plan- og bygningsloven, eierseksjonsloven og burettslagslova [6]. I denne høringen er det forslag om å gi andelseiere i borettslag en rett til å sette opp ladepunkt for elbiler. I høringsnotatet er usikkerheten med hensyn til brannsikkerhet basert på blant annet RISE-rapporten fra 2016 [3] trukket frem.

1.2 Målsetting

Et av målene med prosjektet har vært å identifisere tiltak som kan ivareta et akseptabelt sikkerhetsnivå i forbindelse med parkering og lading av elbiler i parkeringsgarasjer.

Dette er gjort gjennom en helhetsvurdering av risikoen for brann i selve bilen ved lading, risikoen for brann i det elektriske anlegget i parkeringsgarasjen i forbindelse med lading, samt parkeringsgarasjens utforming og mulighet for aktiv slokkeinnsats, eller slokking ved hjelp av sprinkler- eller vanntåkeanlegg.

Det ble også kartlagt aktuelle relevante tiltak som kan installeres for å forhindre at etablering av elbilladepunkter øker risikoen for brann.

1.3 Omfang og begrensninger

Rapporten vurderer risikobildet i forbindelse med lading av rene elbiler i parkeringsgarasjer.

Risikoen ved lading i automatiske parkeringsanlegg er ikke vurdert. Dette er anlegg der bilene avleveres og innebygde mekaniske systemer flytter bilene til ledige plasser. Slike anlegg er foreløpig lite utbredt, og i liten grad tilrettelagt for lading av elbiler. Hvis dette i fremtiden blir en aktuell problemstilling, så må dette utredes spesielt.

1.4 Metode

Informasjonen til denne rapporten er innhentet ved:

- Søk i litteratur og nyhetsartikler.
- Gjennomgang av nasjonale standarder og regelverk.
- Gjennomgang av et utvalg internasjonale standarder og regelverk.
- Case-studie med befaring i en parkeringsgarasje oppgradert med hensyn til lading av elbiler.
- Intervju

2 Litteraturstudie

2.1 Brann i parkeringsgarasjer

Branner i parkeringsgarasjer er heldigvis sjeldne, men skulle det oppstå en brann, så har denne potensiale til å utvikle seg til å bli stor.

Historisk sett har faren for spredning mellom kjøretøy blitt ansett som begrenset, og man har antatt at de fleste branner i parkeringsgarasjer vil involvere ett eller høyst to kjøretøy [7]. Flere branner i de senere årene har vist at dette ikke lengre er tilfellet, og at en brann kan spre seg og potensielt involvere alle bilene i parkeringsgarasjen [7,8]. Et av de siste eksempelet på dette er brannen i King's Dock car park i Liverpool, England, nyttårsaften i 2017, hvor det oppsto brann i et parkert kjøretøy. Brannen spredde seg til tilsammen 1200 biler fordelt på syv etasjer [9].

Det er flere årsaker til at potensialet for brannspredning er større i dag en det var på 1960- og 1970-tallet [10]. En av årsakene er at det er betydelig mer brennbar plast og komposittmaterialer i moderne biler. Det er estimert at innen år 2020 så vil mengden plast i biler generelt ha økt til 350 kg sammenlignet med 200 kg i 2014 [11]. Plast har også nye bruksområder, det er estimert at 85 % av nye biler har bensintank produsert i plast [7], noe som kan påvirke brannspredningen hvis bensintanken smelter og bensinen eller dieselen flyter utover som den gjorde i King's Dock car park brannen. I tillegg er det en tendens til at det er en større andel brede biler, som SUVer, noe som medfører at avstanden mellom de parkerte bilene reduseres. Disse to faktorene medfører at det er potensiale for at branner utvikler seg raskere og blir større enn tidligere. Dermed blir sannsynligheten for at en brann i en parkeringsgarasje involverer mer enn en bil stor.

Med den endrede brannutviklingen i moderne kjøretøy, og den økte faren for at flere biler skal bli involvert i brannen, så settes det også større krav til brannventilasjonen i parkeringsgarasjer. Tilstrekkelig brannventilasjon vil kunne forhindre oppmagasinerings av varme røykgasser som kan bidra til en eskalerende brannutvikling.

En rapport hevder at brann og eksplosjon ved antennelse av brennbar elektrolyttvæske som blir brukt i Li-ion batteripakker, er sammenlignbart eller mindre alvorlig enn brann og eksplosjon i diesel- og bensinbiler [12]. En studie viser også at brann i batteripakken ikke medfører noe signifikant økning i varmeavgivelsen sammenlignet med diesel- og bensinbiler [13]. Det er også gjort en studie i Sverige som bygger opp under disse konklusjonene [14].

2.2 Slokking av brann i parkeringsgarasjer

Slokking av elbilbranner er fremstilt som svært krevende, både med hensyn til vannforbruk og innsats fra brannvesenet. Det som er viktig i denne sammenhengen, er å skille mellom brann i en elbil og brann i batteripakken i en elbil. Førstnevnte er å sammenligne med brann i en bil med fossilt drivstoff, og slokkeinnsatsen vil derfor være sammenlignbar med tradisjonell innsats mot bilbranner.

Hvis brannen starter andre steder i en elbil enn i batteriet, så vil det ta noe tid før batteriet blir varmet opp til en temperatur hvor det oppstår *thermal runaway*. Thermal runaway er en ukontrollert kjemisk varmeproduksjon inne i batteriet, og kan oppstå hvis temperaturen i batteriet overstiger en gitt grense (i området 130 – 200 °C). Det betyr at ved tidlig slokkeinnsats eller andre byggetekniske tiltak som for eksempel automatisk slokkeanlegg, så vil dette kunne håndteres som en standard bilbrann.

Skulle brannen enten ha oppstått i batteripakken, eller at batteriet har vært utsatt for tilstrekkelig varme i tilstrekkelig tid, slik at brannen sprer seg til batteripakken, så er slokking utfordrende. Batteripakkene sitter ofte godt beskyttet i eller under bilen, noe som gjør at de er vanskelig tilgjengelig fra utsiden. I tillegg er selve batteriet godt beskyttet mot inntrengning av vann og forurensning, noe som også gjør at det er vanskelig å angripe brannen direkte. I henhold til dagens kunnskap, så er nedkjøling den eneste måten å stoppe en brann inne i en batteripakke på uten å fysisk åpne selve batteriet. Det innebærer å kjøle ned batteriet tilstrekkelig til å stoppe den kjemiske reaksjonen som skaper thermal runaway. Dette krever store mengder vann. Hvis ikke temperaturen inne i batteriet blir tilstrekkelig redusert, så vil brannen kunne blusse opp igjen selv om den tilsynelatende er sløkket. Det har imidlertid vist seg gjennom eksperimentelle forsøk at et uskadet elbilbatteri krever betydelig ekstern oppvarming før det blir oppvarmet tilstrekkelig til å forårsake thermal runaway [15].

For å kontrollere temperaturen i batteriet, kan en benytte termokamera så fremt en har fri sikt til batteripakken. Det som da er viktig, er at termokameraet kun ser temperaturen på overflaten av batteriet. En trenger derfor å stoppe kjølingen og vente en periode for å se om temperaturen på overflaten vil stige igjen.

Det optimale vil være å i første omgang slokke brannen der bilen er parkert, og så frakte den ut på en sikker måte, selv om det fortsatt er høy temperatur i batteriet. En vil da enten kunne la bilen brenne ut på et sikkert sted, eller fortsette med kjøling av batteripakken til temperaturen i hele batteriet er tilstrekkelig lav. Om dette er mulig, vil avhenge av blant annet utformingen av parkeringsgarasjen, tilgjengelig utstyr for å frakte ut kjøretøyet, og opplæringen til slokkemannskapene som skal gjennomføre oppgaven.

Det viktigste er at innsatsen starter så tidlig som mulig, og at fokuset må ligge på å unngå at brannen sprer seg til flere kjøretøy enn det som brannen startet i. Dette blir presisert i rapporten etter brannen i King's Dock Car park [9].

Vi ser forøvrig at det er utfordringer med brann i parkeringsgarasjer, og at branner har potensiale til å utvikle seg raskere, bli større og involvere flere kjøretøy nå enn tidligere. Derfor vil vi anbefale at man vurderer installasjon av automatisk slokkesystem for å redusere spredningsfaren der det er praktisk og økonomisk forsvarlig, selv der regelverket ikke eksplisitt krever det.

For at brannvesenet skal kunne gjennomføre en effektiv slokking av brann i en parkeringskjeller, så kreves det at de er kjent med de nye utfordringene med hensyn til brannutvikling og faren for spredning. Det må i tillegg utarbeides taktikker og teknikker for å håndtere en brann i batteripakken på en elbil.

2.3 Statistikk

2.3.1 Statistikk fra Norge

Selv om det i den senere tiden har vært en kraftig økning i antall elbiler, både i Norge og internasjonalt, så er det ikke statistikk som er god nok med hensyn til branner i elbiler tilgjengelig. Dette gjelder for eksempel identifikasjon av årsaker til elbilbranner eller hvorvidt batteriene var involvert i brannen. I Norge har DSB utviklet rapporteringssystemet BRIS, som samler og systematiserer informasjon over hvilke oppdrag brann- og redningstjenesten håndterer [16]. I BRIS ble det registrert totalt 998 branner i garasjer og parkeringshus i perioden 2016-2018. Av disse var 109 branner registrert med årsak i elektrisk utstyr og 65 branner startet i kjøretøy, hvorav to var elbiler. Det er ikke registrert om disse to bilene sto på lading eller ikke.

Av de totalt 998 brannene var det registret syv i parkeringshus. En av disse ble registrert med elektrisk årsak med røykutvikling i et tavlerom, fire var registrert som påtent, og de siste to er ikke registrert med årsak. Ingen av brannene i parkeringshus ble registrert med årsak i kjøretøy, men det kan knytte seg noe usikkerhet til dette, da 60 % av brannårsakene er registrert som ukjent-, eller ikke registrert, årsak. En oppsummering av de forskjellige brannårsakene er gitt i Tabell 2-1.

Tabell 2-1 Årsaker til branner i parkeringsgarasjer for perioden 2016 – 2018, registrert i BRIS.

Brannårsak	Antall
Ukjent	522
Elektrisitet	137
Annet	68
Åpen ild	158
Selvantennelse	26
Naturlig fenomen	10
Ikke registrert årsak	77
Totalt	998

I BRIS er det også registrert totalt 82 branner i elbiler i samme periode. 45 av disse var i personbiler, men ingen av disse ble registrert i parkeringsgarasjer. I bare én av disse hendelsene ble det registrert at batteriet var involvert i brannen. Ingen av disse brannene medførte personskade.

Det har vært vanskelig å finne pålitelig internasjonal statistikk for branner i elektriske kjøretøy generelt, og for branner knyttet til lading av elbiler spesielt.

Ifølge DSBs rapport «Oppdrags-statistikk fra BRIS første halvår 2018» var det registrert 445 branner i personbiler i første halvår i 2018 [17]. I denne rapporten er det ikke beskrevet drivstofftype eller brannårsak, men ifølge dataene fra BRIS-databasen for samme periode så inkluderte bare tre av disse brannene elbiler.

Selv om BRIS er et godt redskap for å samle inn og hente ut informasjon om hendelser, så er informasjonen for mangelfull til å kunne vurdere brannrisikoen ved lading av elbil. Det blir blant annet ikke registrert om bilen sto på lading når hendelsen inntraff, om batteripakken var involvert i brannen, eller hvor i bilen brannen antas å ha startet.

2.3.2 Internasjonal statistikk

Studier fra USA som tar for seg branner i biler på motorveier, viser at de aller fleste bilbranner skyldes mekanisk feil i motor, bremses eller drivverk (45 %), etterfulgt av feil i det generelle elektriske anlegget (29 %) [18].

I en oppstilling av 13 kjente branner i elbiler av merket Tesla for perioden 2013 – 2018, så er bare én brann knyttet til lading, de resterende brannene er resultat av ulykker [19]. Det er forøvrig to hendelser i Norge (2016 [20] og 2018 [21]), samt en hendelse i Belgia (2019 [22]) og en i Shanghai (2017 [23]), hvor det også oppsto brann i forbindelse med lading av elbil. I tre av disse brannene var bilen koblet til en såkalt hurtiglader. I den siste oppsto brannen i en skjoteledning som var benyttet i forbindelse med lading.

På nettsidene «Undecided with Matt Farrell» [24] og «CNN Business» [25] er det kalkulert at det er fem branner for hver kjørte milliard engelske mile (1,6 milliarder kilometer) for elektriske biler, mot 55 branner for hver kjørte milliard engelske mile (1,6 milliarder kilometer) for bensinbiler. Disse tallene tar imidlertid ikke hensyn til alder på bilene noe som medfører at det er en større andel eldre fossildrevne biler i statistikken, så påliteligheten til denne type statistikk er begrenset. Men informasjonen kan kanskje gi en indikasjon på at det ikke er betydelig større brannrisiko ved bruk av elbil enn ved bruk av tradisjonelle biler selv om tallgrunlaget er noe usikkert.

2.4 Regelverk

Vi har valgt å undersøke regelverkene gjeldende for Norge, Storbritannia og Nord-Amerika. Storbritannia ble valgt for å se på hvordan regelverket er tilpasset i et land hvor andelen elbiler er betydelig mindre enn i Norge. Nord-Amerika ble valgt fordi de har et omfattende regelverk som innbefatter elbiler. I tillegg er det et stort antall elbiler i Nord-Amerika, selv om andelen elbiler i den totale bilparken ikke er så stor.

2.4.1 Norsk regelverk

De norske kravene til selve byggingen av parkeringsgarasjer er beskrevet i byggt teknisk forskrift (TEK 17) [26]. I veilederen til § 11-2. *Risikoklasse* i TEK 17 er parkeringshus og garasje med to eller flere etasjer eller plan, samt parkeringskjeller og garasjer under terrenget, klassifisert i risikoklasse 2. For risikoklasse 2 er det beskrevet i veiledning til annet ledd bokstav a § 11-12. *Tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider:*

For parkeringshus, garasje og parkeringskjeller gjelder kravet om brannalarmanlegg når 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 meter over gjennomsnittlig planert terreng, kan likevel oppføres uten brannalarmanlegg eller automatisk sprinkleranlegg når åpningene er slik plassert at det oppnås god utlufting.

De overordnede kravene til elektriske installasjoner er gitt i «Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg» [27] og «Forskrift om elektriske forsyningsanlegg» med veiledning [28,29], mens spesifikke anbefalinger til installasjon av ladestasjoner er beskrevet i normen NEK 400:2018 Elektriske lavspenningsinstallasjoner [30]. I denne siste utgaven av NEK 400, gjeldende fra 1. juli 2018, er det gjort enkelte spesifiseringer og endringer med hensyn til lading av elbiler for å øke sikkerheten. I delnormen 7-722 defineres krav til strømforsyning og uttak for lading til elektriske kjøretøy. Noen av de endringene og spesifiseringene som er gjort er:

- Allment tilgjengelige offentlige ladeuttak skal være Type 2 kontakt/uttak.
 - Industrikontakt og vanlig jordet kontakt (Schuko) er ikke lengre tillatt.
- Krav om at tilkoblingspunktet skal være beskyttet av et overspenningsvern.
- Krav om dedikert kurs er videreført, men det er gjort noen tillempinger med hensyn til å montere nytt ladepunkt i eksisterende kurs.
- Lading på vanlig jordet stikkontakt (definert som Schuko [31]) er lov ved privat bruk, men det skal være en dedikert kurs beskyttet med 10 A overbelastningsvern og jordfeilvern Type B.
- Skjøteledning skal ikke brukes.
- Overganger av diverse typer kan ikke benyttes, så fremt de ikke samsvarer med anbefalingene til produsenten av det elektriske utstyret eller det elektriske kjøretøyet.

I tillegg har DSB publisert en veileder [32] som beskriver i detalj hva som må ligge til rette for at en skal kunne gjennomføre lading av elbil på en sikker måte. Her er det også entydig presisert i kapittel 3:

Ladekabel skal ikke forlenges med skjøteledning grunnet fare for skade og varmgang.

Dette skal også være tydelig beskrevet i elbilens brukerhåndbok.

2.4.2 Amerikansk regelverk

I USA har National Fire Protection Association utgitt standarden *NFPA 88A, Standard for Parking Structures* [33]. I denne standarden skilles det mellom åpne parkeringsgarasjer, garasjer med minst to åpne sider, og lukkede parkeringsgarasjer. I lukkede parkeringsgarasjer er det krav til sprinkling, mens i åpne strukturer er det vurdert at den naturlige ventileringen av branngasser vil redusere faren for brannspredning i tilstrekkelig grad.

Når det refereres til sprinkling av lukkede parkeringsgarasjer, så henvises det til NFPA 13, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems* [34]. I denne standarden defineres parkeringsgarasjer som «Ordinary Hazard, Group I», som er definert som et område med moderat mengde brensel som gir lav energimengde. Dette er beregnet for områder der det normalt kan oppstå relativt små branner.

Kravene til det elektriske anlegget og ladepunktene gjeldende for Nord-Amerika er gitt i standarden *NFPA 70 National Electrical Code* [35] hvor tekniske detaljer i forbindelse med installasjon av ladestasjoner for elbiler er beskrevet i *Article 625 – Electric Vehicle Charging System*. Det er her delt inn i fire forskjellige kategorier for lading:

- Mode 1 – Standard 120 V amerikansk kontakt
- Mode 2 – Standard 240 V amerikansk kontakt med spesiell ladekabel
- Mode 3 – Lading via en spesialkontakt med innebygget kontroll- og sikkerhetsfunksjoner (Type 1 kontakt)
- Mode 4 – Hurtiglader.

Dette tilsvarer kravene i NEK 400 delnorm 722 da disse er bygget på samme IEC standard. Likevel vil det være nasjonale avvik for lokale tilpasninger.

Standarden: *J1772 SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler* [36] beskriver krav til utførelse (mål og lengder) av ladekontakt. Denne er utgitt av NEC basert på IEC 62196 serien og beskriver krav til Type 1 kontakt.

Hverken i NFPA 88A, NFPA 70 eller i J1775 er det beskrevet noen spesielle forhold som gjelder ved lading av elbiler i parkeringsgarasjer.

2.4.3 Britisk regelverk

Byggereglene for garasjeanlegg i Storbritannia er angitt i *Approved Document B, Volume 2 – Buildings other than dwelling houses* [37]. Det er generelt ikke krav til sprinkling av parkeringsgarasjer, men det er krav til at byggverket skal oppføres i ikke brennbare materialer. De branntekniske kravene baserer seg i stor utstrekning på ventilasjon for å redusere oppbygging av varm røyk, og med det redusere risikoen for brannspredning. Regelverket skiller mellom tre ventilasjonskonfigurasjoner for parkeringsgarasjer: åpen, naturlig ventilert og mekanisk ventilert.

I 2018 kom det en ny lov som omhandler lading av elbiler, *Automated and Electric Vehicles Act 2018* [38]. Denne loven beskriver krav til organisering av infrastrukturen for offentlige ladestasjoner, men ikke tekniske krav til selve ladestasjonene.

Beskrivelse av de tekniske kravene til installasjon av ladestasjoner for elbil er beskrevet i standarden *BS 7671:2018 Requirements for Electrical Installations, Section 722 Electric vehicle charging installation* [39].

Ingen av disse dokumentene gir noen beskrivelse av spesielle forhold som gjelder lading av elbiler i parkeringsgarasjer.

2.4.4 Generelle retningslinjer for EU

Det er et stort fokus i EU på å tilrettelegge for at andelen elbiler skal kunne øke. Dette fremgår blant annet i DIRECTIVE 2014/94/EU [40] hvor det står i avsnitt 24:

Member States should ensure that publicly accessible infrastructure for the supply of electricity to motor vehicles is built up. To define an appropriate number of recharging points accessible to the public in their national policy framework, it should be possible for Member States to take into consideration the number of existing recharging points accessible to the public on their territory and their specifications, and to decide whether to concentrate deployment efforts on normal or high power recharging points.

Utformingen av ladekontakt og ladeplugg er standardisert gjennom EN 62196-1 *General requirements* [41] (*sikkerhetskrav*), EN 62196-2 *Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories* [42] (Type 1 og Type 2 kontakt) og EN 62196-3 *Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers* [43] (*Europeisk hurtigladekontakt*).

Disse standardene gir mulighet for å kunne benytte samme ladesystem gjennom hele Europa uten egne adaptere for hvert land.

3 Case-studie: Tilrettelegging for lading av elbiler i garasje

For lading av elbiler er installasjon og bruk av på-vegg-lader anbefalt. En slik ladeboks har innebygde sikkerhetsfunksjoner, kan utstyres med system for fordeling av tilgjengelig effekt, og har mulighet for betalingsløsninger. Normalt sikres lader med 16 A eller 32 A, men kan også benyttes til semi-hurtiglading på 63 A om effekt er tilgjengelig. Ladeboksen gir best sikkerhet, lader raskt, og har stor fleksibilitet sammenlignet med en vanlig stikkontakt [32]. NEK 400 gir veiledning til hvordan oppnå krav for tilfredsstillende elsikkerhet i lavspenningsinstallasjoner, deriblant garasjer [30].

Få eldre garasjer har skreddersydde løsninger for lading av el- og hybridbiler. Denne case-studien beskriver hvordan en eksisterende fellesgarasje i Trondheim er blitt tilrettelagt for en økende andel elbiler. Det har blitt skrevet om garasjen og oppgraderingen i media, og den ble valgt ut som et eksempel på hvordan en garasje kan tilrettelegges for lading av elbiler. I case-studien har vi ikke vurdert om dette er den beste måten å utføre en slik tilrettelegging på.

Garasjen i case-studien tilhører et borettslag som på eget initiativ valgte å gjennomføre en oppgradering for å tilrettelegge for lading av elbiler [44]. Garasjen er frittstående, og består av to etasjer med totalt 120 parkeringsplasser for personbiler. I tillegg er det en gjesteparkering på taket til garasjen. Beboerne har faste parkeringsplasser. Bilder av garasjen er vist i Figur 3-1 til Figur 3-3.



Figur 3-1 Fellesgarasje i to etasjer med gjesteparkering på taket. Garasjen er frittstående.



Figur 3-2 Første etasje i fellesgarasjen med to porter for inn- og ut-kjøring.



Figur 3-3 Fellesgarasjen har plass til 120 personbiler. Beboere har faste parkeringsplasser.

3.1 Fra stikkontakter til ladebokser

Før oppgraderingen ble stikkontakter beregnet for motorvarmere brukt for å lade elbiler i garasjen, se Figur 3-4. Skjøteledninger ble også ofte brukt i forbindelse med ladingen. En økende andel elbiler som ladet på denne måten førte til at borettslaget, av hensyn til forskrift om elektriske lavspenningsanlegg [27] og sikkerheten i garasjen, iverksatte en oppgradering av strømanlegget. Når det i tillegg ble oppdaget en svidd motorvarmerkurs i sikringsskapet, ble det ekstra tydelig at noe måtte gjøres for å øke brannsikkerheten i garasjen.

Borettslaget ble i forbindelse med en konferanse i regi av boligbyggelaget TOBB, gjort oppmerksom på en tilskuddsordning via Trondheim kommune som ga støtte til ladeinfrastruktur for elbiler i boligselskaper [45]. Hensikten med tilskuddsordningen var å stimulere til en trygg og enkel hjemmelading for el- og hybridbiler. Borettslaget søkte, og ble tildelt midler fra tilskuddsordningen.



Figur 3-4 Før installasjon av ladebokser ble stikkontakter beregnet for motorvarmere brukt til lading av elbiler. Etter installasjonen av ladesystemet har det blitt innført forbud mot å lade bil via stikkontakt.

I første omgang ble det vurdert å etablere nye stikkontakter med egne kurser. Denne løsningen så man bort ifra, da antallet parkeringsplasser med nye kontakter ville blitt begrenset av strømkapasiteten i garasjen. I tillegg ville det blitt kostbart på grunn av interne administrasjonskostnader og gebyrer for omfordelingen av parkeringsplasser.

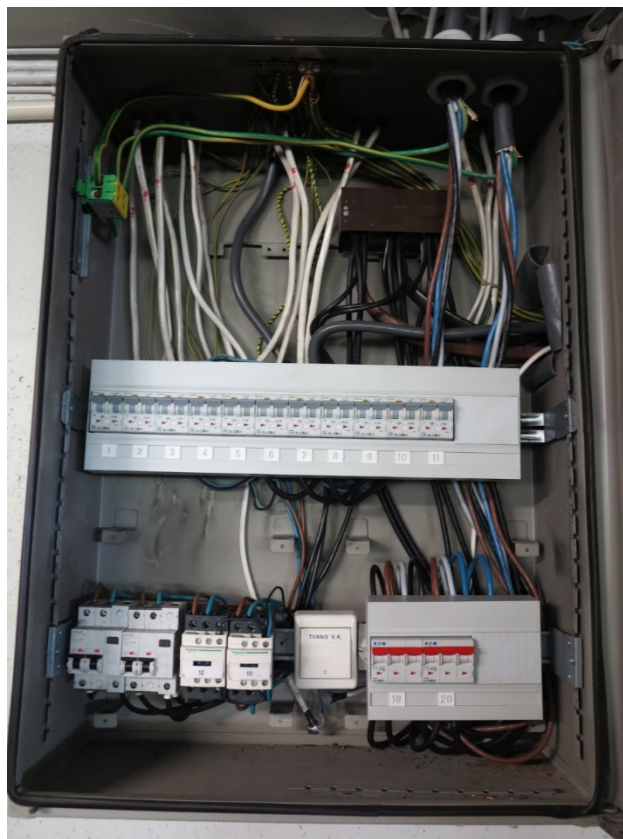
Isteden ønsket borettslaget en mer fremtidsrettet ladeløsning, der alle beboere skal kunne få tilgang til sikker lading av elbil.

3.2 Installasjon av dynamisk ladesystem

For å ta høyde for den økende andelen elbiler og påfølgende behov for lading ble det installert et system for dynamisk energistyring. Ved oppgraderingen ble innmaten i et 40 år gammelt sikringsskap byttet ut og fornyet. I hver av de to etasjene ble to 63 A strømkabler trukket i taket. Fra disse hovedkablene trekkes det strøm til hver parkeringsplass, der en ladeboks blir montert, se Figur 3-5.



Figur 3-5 To hovedkabler i hver etasje forsyner ladeboksene med strøm (flat kabel i tak, midt i bilde). Fra hovedkabel blir det trukket ledninger til ladebokser. Strømanlegget har kapasitet til at alle parkeringsplasser skal kunne koble seg til ladesystemet. Bileier velger selv om de vil koble seg til systemet, men om det skal lades kjøretøy i garasjen må man koble seg til systemet.



Figur 3-6 Ved oppgraderingen ble gamle sikringer og jordfeilbrytere byttet med nye.

Bileier velger selv om de vil koble seg til systemet, men om det skal lades kjøretøy i garasjen må systemet benyttes. Bileier står selv for kostnaden av ladeboksen. Ladeboksene blir koblet til hovedkabelen etter hvert som bileiere ønsker tilgang til en ladestasjon. Strømanlegget har kapasitet til at alle parkeringsplasser skal kunne koble seg til ladesystemet. Alle ladebokser kan levere opp til 13 kW. Det er installert et trådløst nettverk i garasjen som muliggjør at alle ladepunkter kan snakke sammen, et såkalt dynamisk ladesystem. Systemet fordeler strømmen mellom de biler som står på lading. Strømforsyningen til hovedfunksjonene i selve garasjen er til enhver tid prioritert. Resterende strøm fordeles etter behov på de biler som lades. En nesten fulladet bil vil bli tildelt mindre strøm når en bil med større strømbehov kobler seg på nettet. Eierne av ladeboksene kan følge ladingen via nettverket og på den måten holde seg oppdatert på hvor mye bilen har blitt ladet.



Figur 3-7 Alle ladebokser i garasjen kommer fra den samme leverandøren, og er en del av det dynamiske ladesystemet.



Figur 3-8 Trådløst nettverk sørger for at ladingen av bilene kan styres av det dynamiske ladesystemet.

Utformingen av ladesystemet ble utført i samråd med en registrert el-installatør. Elektrikere installerte også strømanlegget og ladesystemet i garasjen.

Nettselskapet ble ikke involvert i forbindelse med oppgraderingen. Hovedsikringen på 315 A ble vurdert å være god nok til formålet, med rikelig kapasitet til å forsyne strøm til garasjeanlegget. Det ble heller ikke gjort endringer i tilførselen av strøm til garasjen. Det forventes at nettselskapet har kontroll på totalbelastningen på nettet og kan regulere dette ved behov.

Etter oppgraderingen har det blitt innført forbud mot å lade bil i garasjen uten ladeboks.

I mai 2019 var ni ladebokser montert, og en tiende var på gang. Bare i løpet av våren hadde fire bokser blitt montert. Dette viser en økende interesse for å få tilgang til lading av elbil blant beboere i borettslaget.

3.3 Brannsikkerhet og brannrådgivning

Brannrisikoen i forbindelse med lading av elbiler i garasjen har ikke blitt vurdert av brannrådgiver. En brannrådgiver har gjort en vurdering av brannrisikoen i garasjen, men dette ble gjort rett før oppgraderingen, og uavhengig av lading av elbiler. Vurderingen som ble gjort fokuserte på merking av rømningsveier og brannsløkkeutstyr. Borettslaget har utført tiltak i henhold til vurderingen som ble gjort. Det er nå fire håndbrannslukkere (6kg, CO₂) tilgjengelige i hver etasje, og håndbrannslukkere og rømningsveier er godt merket. Brannrådgiveren ble kontaktet som en del av borettslagets HMS-oppfølgning hvor brannsikring av fellesområder inngår.

Å installere et sprinklersystem i forbindelse med oppgraderingen av garasjen ble vurdert som altfor kostbart. Det ble samtidig vurdert at dette ikke var nødvendig, da avstanden til nærliggende bygg ble ansett stor nok med tanke på brannspredning, og fordi garasjen er lokalisert i frittstående bygg adskilt fra boliger.



Figur 3-9 Etter en tidligere brannrådgivning ble rømningsveier og brannslukkere tydeligere merket. Det finnes fire håndbrannslukkere i hver etasje.



Figur 3-10 Rømningsveier er merket på flere steder i garasjen.

3.4 Fremtidige satsinger

Borettslaget planlegger å innføre en betalingsordning basert på kWh-pris for brukerne av ladesystemet. Inntektene skal gå til å betale ned den investeringen som er gjort, samt vedlikehold av ladesystemet. Det finnes eksterne betalingstjenester som borettslag og sameier kan benytte seg av for dette formålet.

Videre har borettslaget planer om etablering av et ladesystem også for takparkeringen. Her er det tenkt å installere fire elbilladestasjoner for gjesteparkering. Dette vil realiseres først etter at erfaringer fra det nåværende systemet foreligger.

Flere aktører, for eksempel andre borettslag, har kontaktet borettslaget for å få en omvisning og ta del i erfaringer fra etableringen av ladesystemet. Dette viser en økende interesse for å tilrettelegge for lading av elbiler i eksisterende garasjeanlegg.

Med forslaget til endring i regelverk som gir andelseiere i borettslag rett til å sette opp ladepunkt for elbiler [6], kan det forventes at antall borettslag som tilrettelegger for lading i garasjer vil øke i tiden fremover.

4 Diskusjon

Selv om denne rapporten har fokus på lading av elbiler og faren for brann knyttet til dette, så er det et faktum at branner kan begynne andre steder i biler uavhengig av om det er en elektrisk bil eller ikke. Det kan være varmgang i bremses eller andre elektriske feil som medfører at biler tar fyr selv om de er parkert. Skulle dette skje i en elbil, så vil denne brannen i starten utvikle seg tilsvarende som i en konvensjonell bensin- eller dieselbil.

Fra statistikken beskrevet i kapittel 2.3 så later det ikke til at det er noe som indikerer at det er en vesentlig risiko for brann ved lading av elbiler. Dette forutsetter at regelverket for ladepunktet er ivarettatt [30], og at bilen ikke har skader eller feil som påvirker ladingen.

Det er uttrykt noe bekymring for at batteriet i en elektrisk bil kan bli påført en mekanisk skade ved kjøring uten at det blir registrert av sjåføren, og at dette kan medføre en thermal runaway i batteriet selv etter at den er parkert [25]. Det er observert i enkelttilfeller hvor batteriene i elbiler har begynt å brenne i parkerte biler, den siste brannen var i Kina i april 2019 [46]. Disse tilfellene fremstår imidlertid som enkelttilfeller, og ikke som et utbredt problem med elbiler generelt. Det er likevel viktig at hvis en sjåfør har mistanke om at batteriet kan være skadet på noe vis, så må dette sjekkes av autoriserte fagpersoner. Det er da også viktig at bilen ikke blir parkert i en parkeringsgarasje inntil batteripakken er kontrollert. Utfordringen er hvis bileier ikke er klar over status og at det derfor ikke blir gjennomført kontroll. Ved skade må batteriet ofte skiftes ut.

Den største utfordringen med hensyn til lading av elbiler generelt, og i parkeringsgarasjer spesielt, er når reglene og anbefalingene for lading ikke blir fulgt. Ved bruk av stikkontakter som ikke er beregnet for denne typen belastning, og ved eventuelt bruk av skjøteledning, så øker faren for at det skal begynne å brenne.

Det er flere publikasjoner som beskriver og presiserer hvordan lading skal utføres på en riktig og trygg måte, både fra interesseorganisasjoner [47], produsenter [48], vegmyndigheter [49], forsikring [50], kraftleverandører [51] og myndighetene ved DSB [52]. Alle disse påpeker faren ved å benytte feil ladepunkt, og spesielt bruken av skjøteledninger ved lading av elbiler. Dette ble også vist til ved befaringen av den oppgraderte parkeringsgarasjen beskrevet i kapittel 3 som en av motivasjonsfaktorene for å gjennomføre oppgraderingen. Dette viser at skjøteledning og ikke dedikerte stikkontakter blir benyttet i parkeringsgarasjer som ikke er tilrettelagt med dedikerte ladepunkter. Med bakgrunn i dette så understrekes det at det fortsatt er behov for å informere eiere og brukere av elbiler om hvordan riktig lading skal utføres, og om farene ved å ikke følge regelverket og anbefalingene som er gitt for sikker lading.

Skulle en brann oppstå i en parkeringsgarasje hvor det er parkert elbiler, så er det viktig at brannvesenet er kjent med prosedyrene for å håndtere utfordringen med brann i batteriet på en elbil. Dette krever at de har en gjennomgått opplæring i taktikk og teknikk for å håndtere denne typen scenarier. De må også være trent i å vurdere om en brann har spredt seg til batteriet, eller om det er fare for slik brannspredning, og hvilke tiltak som eventuelt må iverksettes for å unngå at batteripakker blir involvert i brannen. Hvis det

blir vurdert at det ikke er fare for at batteripakker i elbilene skal bli involvert i brannen, så kan brannen håndteres som en vanlig bilbrann.

5 Konklusjoner

Med bakgrunn i det som har kommet frem gjennom statistikken og i litteraturstudien så er det ingen ting som tyder på at lading av elbil medfører noen økt risiko for brann. Regelverket som gjelder for ladepunkter ser ut til å være dekkende for at risikoen ved lading av elbiler i parkeringsgarasjer ikke medfører en uakseptabel økning av risiko. Dette forutsetter at ladepunktet er i henhold til gjeldende regelverk, og at anbefalingene fra produsentene av kjøretøyet og ladestasjonen blir fulgt. En må unngå å benytte stikkontakter som ikke er beregnet for lading, og det skal ikke benyttes skjøteledninger i forbindelse med lading av elbiler. Med bakgrunn i dette så er det ikke større behov for sprinkleranlegg i parkeringsgarasjer med elbil-lading enn i andre parkeringsgarasjer.

Fortsatt er det mange ukjente faktorer, både med hensyn til brannutvikling i parkeringsgarasjer generelt, men også når det gjelder faren for brannspredning til batteriene i elbiler spesielt. Dette er områder der det er behov for mer kunnskap for å kunne gi klare vurderinger og anbefalinger.

Referanser

- [1] 'Antallet elbiler og ladbare hybrider i Norge'. [Online]. Available: <https://elbil.no/elbilstatistikk/elbilbestand/>.
- [2] 'Bilparken etter type drivstoff', *Statistisk sentralbyrå*. [Online]. Available: <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg/aar>. [Accessed: 22 May. 2019].
- [3] 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.
- [4] 'Representantforslag om å sikre at alle i borettslag og sameier får mulighet til å lade elbilene sine, samt opptrappingsplan for salg av nullutslippsbiler. Stortingsvedtak 717, Dokument 8:70 S (2016-2017)'. mai. 2017.
- [5] Energi- og miljøkomiteen, 'Innst. 315 S om å sikre at alle i borettslag og sameier får mulighet til å lade elbilene sine, samt opptrappingsplan for salg av nullutslippsbiler. Stortingsvedtak 717, Dokument 8:70 S (2016-2017)'. 2017.
- [6] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 'Høringsnotat- Forslag til endringer i lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven), lov om eierseksjoner (eierseksjonsloven) og lov om burettslag (burettslagslova)'. Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 05 Mar. 2019.
- [7] 'Fire spread in car parks', BRE, London, UK, BD2552, Dec. 2010.
- [8] Dayan Li et al, 'Flame spread and smoke temperature of full-scale fire test of car fire', *Case Stud. Therm. Eng.*, Aug. 2017.
- [9] 'Kings Dock car park fire - Protection report', Merseyside Fire & Rescue Service, Apr. 2018.
- [10] Q. Dai, J. Kelly, and A. Elgowainy, 'Vehicle Materials: Material Composition of US Light-duty Vehicles', *Energy Syst. Div. Argonne Natl. Labs Chic. USA*, pp. 1–30, 2016.
- [11] Plastics Today, 'Plastics use in vehicles to grow 75% by 2020, says industry watcher'. [Online]. Available: <https://www.plasticstoday.com/automotive-and-mobility/plastics-use-vehicles-grow-75-2020-says-industry-watcher/63791493722019>. [Accessed: 25 May. 2019].
- [12] 'Lithium-Ion Battery Safety Issues for Electric and Plug-in Hybrid Vehicles', National Highway Traffic Safety Administration, DOT HS 812 418, Oct. 2017.
- [13] C. Lam, 'Full-Scale Fire Testing of Electric and Internal Combustion Engine Vehicles'. Fourth International Conference on Fire in Vehicles, Oktober. 2016.
- [14] Fredrik Larsson, 'Are Electric Vehicles Safer than Combustion Engine Vehicles?', RISE, 2014.
- [15] A. S. Bøe, 'Fullskala branntest av elbil', SP Fire Research, Trondheim, Norge, A17 20096:03-01, 2017.
- [16] 'BRIS', *Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap*. [Online]. Available: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/artikler/bris/>. [Accessed: 31 May. 2019].
- [17] 'Oppdragsstatistikk fra BRIS første halvår 2018', Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2019.
- [18] 'Highway Vehicle Fires (2014-2016)', *Topical Fire Report Series*, vol. Volume 19, no. Issue 2, 2019.
- [19] 'A list of Tesla car fires since 2013', *AutoBlog*, 2018.
- [20] H. Hattrem, 'Tesla-brannen: Kortslutning i bilen, men vet ikke hvorfor', Mar. 2016. [Online]. Available: <https://www.vg.no/forbruker/bil-baat-og-motor/i/xnmX/tesla-brannen-kortslutning-i-bilen-men-vet-ikke-hvorfor>. [Accessed: 02 Jun. 2019].
- [21] P. Solberg, 'Slik kan det gå om du lader elbilen i vanlig stikkontakt', *Adresseavisen*, Trondheim, 14 Dec. 2018.

- [22] 'Tesla tok fyr under lading i Belgia', Jun. 2019. [Online]. Available: <https://e24.no/bil/tesla-motors/tesla-tok-fyr-under-lading-i-belgia/24633238>. [Accessed: 02 Jun. 2019].
- [23] 'Tesla Model S caught on fire in Shanghai, company is investigating the cause', *Electrek*, 2017.
- [24] 'Electric Cars: Myths vs Facts', *Undecided*, Jan. 2019. [Online]. Available: <https://undecidedmf.com/episodes/2019/1/1/electric-cars-myths-vs-facts>. [Accessed: 02 Jun. 2019].
- [25] CNN Business, 'Are electric cars more likely to catch fire?' [Online]. Available: <https://money.cnn.com/2018/05/17/news/companies/electric-car-fire-risk/index.html>. [Accessed: 25 May. 2019].
- [26] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Forskrift 19. juni 2017 nr. 840 om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK17)*. 2017.
- [27] *FOR-1998-11-06-1060. Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg*. 1998.
- [28] *Forskrift om elektriske forsyningsanlegg med veiledning*. 2006.
- [29] 'Veiledning til forskrift om elektriske forsyningsanlegg'. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Jan. 2006.
- [30] 'NEK 400:2018 Elektriske lavspenningsinstallasjoner, Norsk elektroteknisk norm'. Norsk Elektroteknisk Komité, 2018.
- [31] Stian Mathisen, 'Hva er schuko?', 16 Dec. 2015. [Online]. Available: <https://blogg.fortum.no/hva-er-schuko>. [Accessed: 07 Jan. 2019].
- [32] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 'Veiledning - Elbil - lading og sikkerhet'. 2017.
- [33] 'NFPA 88A: 2019, Standard for Parking Structures'. National Fire Protection Association, 2019.
- [34] 'NFPA 13: 2019, Standard for the Installation of Sprinkler Systems'. National Fire Protection Association, 2019.
- [35] 'NFPA 70: 2017, National Electrical Code'. National Fire Protection Association, 2017.
- [36] 'J1772: Surface Vehicle Standard. SAE Electric Vehicle and Plug in Hybrid Electric Vehicle Conductive Charge Coupler'. SAE International, Oct. 2017.
- [37] 'Approved Document B. Volume 2 - Buildings other than dwellinghouses. 2006 edition incorporating 2010 and 2013 amendments'. HM Government, UK, Apr. 2007.
- [38] *Automated and Electric Vehicles Act 2018*. .
- [39] 'BS 7671:2018 Requirements for Electrical Installations'. BSI, Jul. 2018.
- [40] Official Journal of the European Communities, *Directive 2014/96/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure*. 2014.
- [41] 'EN 62196-1:2014 - Plugger, stikkontakter, kjøretøystilkoblinger og -inntak - Lading av elektriske kjøretøy - Del 1:Generelle krav'. CEN-CENELEC, Brussels, 12 Jan. 2014.
- [42] 'EN 62196-2:2017 - Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories'. CEN-CENELEC, Brussels, 06 Jan. 2017.
- [43] 'EN 62196-3:2014 - Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers'. CEN-CENELEC, Brussels, 12 Jan. 2014.
- [44] B. Hegerberg, 'Omvisning Søndre Flatåsen borettslag', 16 May. 2019.
- [45] Miljøenheten, Trondheim Kommune, 'Tilskudd til ladeinfrastruktur i boligselskap', 25 Feb. 2019. [Online]. Available: <https://www.trondheim.kommune.no/tilskudd/lading-elbiler/#heading-h2-3>. [Accessed: 29 May. 2019].

- [46] Forbes, 'Tesla Looks Into Model S Fire Caught On Camera In China', 23 Apr. 2019. [Online]. Available: <https://www.forbes.com/sites/billroberson/2019/04/23/tesla-looks-into-model-3-fire-caught-on-camera-in-china/#56ebf5d7bd91>. [Accessed: 25 May. 2019].
- [47] 'Lade med vanlig stikkontakt', *elbil.no*, 2018. [Online]. Available: <https://elbil.no/lading/lade-med-vanlig-stikkontakt/>. [Accessed: 27 May. 2019].
- [48] 'Elbil like trygt og sikkert – dersom du lader riktig', *helgevold.com*, Jul. 2018. [Online]. Available: <https://helgevold.com/sikker-elbil-lading/>. [Accessed: 27 May. 2019].
- [49] 'Til deg som eier en elbil', *vegvesen.no*. [Online]. Available: https://www.vegvesen.no/_attachment/356107/binary/1223379?fast_title=Til+deg+som+har+elbil.pdf. [Accessed: 05 Jun. 2019].
- [50] 'Brannfare ved feil lading av elbil', *godtforberedt.no*, 07 Dec. 2018. [Online]. Available: <https://www.godtforberedt.no/brannfare-elbil-lading/>. [Accessed: 27 May. 2019].
- [51] 'Trygg lading av elbil', *ladestasjoner.no*. [Online]. Available: <https://www.ladestasjoner.no/lading/lading-av-elbil-og-sikkerhet/>. [Accessed: 27 May. 2019].
- [52] 'Elsikkerhet 91'. DSB, direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Jan. 2019.

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

Gjennom internasjonalt samarbeid med akademi, næringsliv og offentlig sektor bidrar vi til et konkurransekraftig næringsliv og bærekraftig samfunn. RISEs 2 200 medarbeidere driver og støtter alle typer innovasjonsprosesser. Vi tilbyr et hundretalls test- og demonstrasjonsmiljø for framtidssikre produkter, teknikker og tjenester. RISE Research Institutes of Sweden eies av den svenske staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Postboks 4767 Torgarden, 7465 TRONDHEIM
Telefon: 464 18 000
E-post: post@risefr.no, Internett: www.risefr.no

RISE Fire Research
RISE-rapport 2019:123
ISBN: 978-91-89049-76-5