

Vastaanottaja

Pirjo Venäläinen, Metsäteho

Asiakirjatyyppi

Loppuraportti

Päivämäärä

06.05.2025

MESI

Sähkökuorma-autojen paloturvallisuusselvitys



**Euroopan unionin
rahoittama**

NextGenerationEU

MESI

Sähkökuorma-autojen paloturvallisuusselvitys

Projekti **Sähkökuorma-autojen paloturvallisuusselvitys**
Vastaanottaja **Pirjo Venäläinen**
Asiakirjatyyppi **Loppuraportti**
Versio **1**
Päivämäärä **06.05.2025**
Laatija **Saku Käsnänen, Erna Virtanen, Jaakko Takala, Jukka Siren, Helmi Ylitalo, Vili Ampuja, Kimmo Vähäkoski (Jensen Hughes)**
Tarkastaja **Pirjo Venäläinen**
Hyväksyjä **Pirjo Venäläinen**
Kuvaus **Sähkökuorma-autojen paloturvallisuusselvitys- osahankkeen loppuraportti, jossa annetaan yleisiä ohjeita metsäteollisuuden erityispiirteisiin liittyen paloturvallisuuteen.**

Ramboll
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://www.ramboll.com/fi-fi/>

Sisältö

1.	Tiivistelmä	2
2.	Johdanto	3
3.	Kirjallisuuskatsaus	4
3.1	Sähkökuorma-autojen ja niiden latausinfraan paloturvallisuus, sammutusjätevedet	4
3.2	Akkuvarastojen paloturvallisuus	5
3.3	Relevantit standardit	7
3.4	Kirjallisuuskatsauksen yhteenveto	7
4.	Analyysi yrityskohtaisista caseaineistosta	8
4.1	Yritysten paloturvallisuusohjeet	8
4.1.1	Case-yritys 1	8
4.1.2	Case-yritys 2	8
4.2	Pelastustoimen ohjeet ja suositukset	9
5.	Suosituksat toimijoittain	11
6.	Jatkoselvitystarpeet	14
7.	Lähteet	15

1. Tiivistelmä

Työssä tarkasteltiin metsäteollisuuden tuotantolaitosten erityispiirteitä paloturvallisuuden näkökulmasta ja sähköisten kuorma-autojen ja niiden latausinfrastruktuurin paloturvallisuutta. Työssä tarkasteltiin myös siirrettäviä akkuvarastoja, jotka liittyvät olennaisesti caseihin, jossa sähköistettäisiin puunhankintakuljetuksia kohteista ja terminaaleista, jotka ovat kauempana soveltuvan sähköinfrastruktuurin piiristä. Tähän asti sähkökäyttöistä kuljetuskalustoa on vielä ollut vain vähän käytössä ja se on varsin uutta, eikä paloturvallisuuteen liittyen merkittäviä ongelmia ole havaittu. Kuitenkin mahdolliset akkupalot aiheuttaisivat erityisiä haittoja, ja aiheen selvitys on tärkeää jo ennen kaluston laajaa yleistymistä.

Metsäteollisuuden tehdasympäristöissä paloturvallisuuden tässä yhteydessä huomioitavia erityispiirteitä ovat erityisesti puupöly, korkeat palokuormat, eri jakeiden ulkovarastot, mahdolliset kemikaali- ja vaarallisten aineiden varastot, sekä ahtaat pihajärjestelyt. Tarkastelluista terminaaleista ja puunhankintakohteista erityispiirteiksi nousevat muun infrastruktuurin puute, eli veden ja todennäköisesti sähkön puute rajoittavat varautumismahdollisuuksia näissä kohteissa.

Sähkökäyttöiselle kalustolle ja sen latausinfrastruktuurille on huomioitava em. asiat näiden sijoittelussa. Latauspisteen ei tule sijaita pisteessä, jossa on merkittävästi muun kaluston liikennettä, jotta välttyttäisiin esimerkiksi törmäyksiltä, joissa akustoon kohdistuu fyysinen isku. Latauspisteen ei tule sijaita liian pölyävän kohteen vieressä, jotta laite saa riittävän ilmanvaihdon. Pölynsuojausta ja parempaa ilmanvaihtoa voidaan tavoitella sijoittamalla latauslaitteisto eroteltuun tilaan, josta kaapeli tuodaan latauspisteelle läpiviennillä. Myös ajoneuvojen paloturvallisuutta ajatellen ajoneuvojen puhalluslaitteisto olisi toimiva ratkaisu, joka hyödyttäisi myös muita käyttövoimia hyödyntävän kaluston paloturvallisuutta. Latauspisteet tulee voida tehdä jännitteettömäksi etäältä. Sammutuskaluston tulee voida saapua latauspisteelle useammasta kuin yhdestä suunnasta. Latauspisteen on sijoitettava vähintään 10 metrin päässä tilasta, jossa säilytetään palavia aineita. Sijainti on valittava siten, että mahdolliset palossa muodostuvat savukaasut eivät muodostaisi lisäongelmia, ja mikäli kalusto sammutetaan, sammutusvesien hallinta on tärkeää, että ne eivät esimerkiksi huuhtoutuisi vesistöihin, missä ne muodostavat merkittävän ympäristöriskin sisältäen ympäristölle vaarallisia yhdisteitä. Latauspiste tulee estää mahdollisilta fyysisiltä törmäyksiltä ajoneuvo- ja työkalukaluston kanssa. Samat ohjeet pätevät mahdollisiin siirrettäviin akkuvarastoihin. Lisäksi kohteessa tulee järjestää toimivat tietoliikenneyhteydet, jotta latauslaitteet ja akkuvarastot voivat kommunikoida automaattisesti etävalvomoihinsa mahdollisista ongelmatilanteista, ja niihin voidaan reagoida ajoissa.

Ajoreitit latauspisteelle tulee olla sellaiset, että ajoneuvo voidaan pysäyttää turvallisille paikoille, ilman että sen yläpuolella on rakenteita, jotka voisivat vaurioitua mahdollisissa ajonaikaisissa palotilanteissa. Myöskään latauspisteen yläpuolella ei tule olla tällaisia maanpäällisiä rakenteita, joista tyypillisiä ovat mm. kuljettimet, putket ja voimalinjat.

Tehdasalueella toimivilta kuljetusyrittäjiltä on vaadittava katsastettua kalustoa ja toimintaohjeiden koulutusta omille työntekijöilleen ja aliurakoitsijoilleen. Heidän tulee myös toimittaa pelastuskortit käyttämästään kalustosta turvallisuusosaston käyttöön. Kaluston kuljettajilta on vaadittava tietoisuutta sähköajoneuvojen paloturvallisuudesta; akkupalooa ei tule yrittää sammuttaa itse, koska se ei tyypillisesti sammu alkusammutusvälineistöllä ja tuottaa vaarallisia kaasuja. Ajoneuvo on pyrittävä pysäyttämään turvalliseen paikkaan odottamaan palokunnan sammutustöitä, tai jossa se voi palaa turvallisesti loppuun (korostuu erityisesti kauempana olevilla terminaali- ja puunhankintakohteissa).

2. Johdanto

Metsäteho Oy toteuttaa hanketta MESI – Metsäyhtiöiden autokuljetusten sähköistäminen, jonka tavoitteena on tuottaa metsäyhtiöille ja metsäsektorin kuljetusyrityksille tietoa täyssähköisiä autokuljetusratkaisuja koskevan päätöksenteon tueksi. Tietopohjan tavoitteena on edistää yhtiöiden valmiutta toimenpiteisiin eri aikajäniteillä. Hanke kuuluu Traficomin Sähköisen raskaan liikenteen ohjelmaan.

Euroopan unionilta ja valtiolta tuleva signaali on vahva: kasvihuonekaasupäästöjä tulisi vähentää, ja tieliikenteen sähköistyminen on yksi pala ratkaisua. Erityisesti pitkämatkaista raskaan kaluston liikennettä on viime vuosina pyritty ohjaamaan sähköistymisen piiriin. Vuonna 2023 kuorma-autoliikenteen kuljetussuorite Suomessa oli 26 457 milj. t-km, josta 3194 aiheutui puutavaran kuljetuksista. Tämä on yli 12 % kokonaiskuljetussuoritteesta. (Tilastokeskus 2024) Vuoden 2024 lopussa Suomen teillä liikkui 126 sähköistä kuorma-autoa. Määrä on 94 % enemmän kuin vuotta aiemmin. (Sähköinen liikenne ry 2025) Tämän vuoksi myös metsäsektorin on valmistauduttava hyödyntämään entistä enemmän sähköistä kuljetuskalustoa.

Tämän paloturvallisuusselvityksen tavoitteena on selvittää metsäyhtiöiden omalla tehdastontilla asioivien sähköisten ajoneuvojen, sekä sinne sijoitettavan latausinfraan paloturvallisuuden erityispiirteitä. Näitä ovat mm. puun käsittelystä syntyvä puupöly ja risteävien erityyppisten teollisuusalueen liikennevirtojen kohtaaminen, kuten erilaiset työkoneet. Työssä tarkasteltiin myös liikuteltavia akkuvarastoja, sillä ne saattaisivat tulla kyseeseen puunhankinta-alueiden tai syrjäisempien puutermiinaalien kuljetusten sähköistämisen yhteydessä.

Työn tavoitteena on tunnistaa sähkökuorma-autojen tontin sisäisessä reitityksessä ja latausinfraan sijoittelussa huomioon otettavia tekijöitä, sekä laatia yleisiä suosituksia metsäyhtiöille sähkökuorma-autojen ja niiden latausinfraan paloturvallisuuden varmistamiseksi sähkökuorma-autojen yleistyessä. Suositukset ovat tarkoitettu metsäyhtiöiden lisäksi myös kuljetusyrityksille ja muille toimijoille, jotka asioivat metsäteollisuuden tehdasalueilla ja käyttävät heidän latauspalveluitaan. Lisäksi tunnistetaan mahdollisia jatkoselvitys- ja toimenpidetarpeita.

Tässä hankkeessa kerättiin aineistoa eri kirjallisuuslähteistä, selvitettiin tietoa valmistajilta ja lisäksi tutkittiin erikseen valittujen metsätoimijoiden case-tapauksia. Case-tapauksissa perehdyttiin toimijoiden tuottamiin ohjeistuksiin liittyen sähköisen kaluston turvallisuusjärjestelyihin sekä keskusteltiin kohdekohtaisista haasteista paloturvallisuuteen liittyen. Lopulta laadittiin käsillä oleva raportti, joka on saatavilla hankkeen verkkosivuilla (www.metsateho.fi/mesi).

Raskaan sähköisen kaluston akkupalojen ja latauslaitteipalojen määrä on vielä globaalistikin niin vähäinen johtuen osaltaan myös vähäisistä kalustomääristä ja kaluston uutuudesta, että relevanttia tilastoaineistoa paloista ei ollut saatavilla työn aikana. Tilanne vaatii seuraamista erityisesti jatkossa, kun kalusto ja laitteisto kuluu ja vanhenee ja mahdollisista paloista voidaan ottaa oppia.

3. Kirjallisuuskatsaus

Työn pohja-aineistoksi tehtiin kirjallisuuskatsaus, jonka tavoitteena oli tunnistaa mahdollisia aukkoja tiedossa sekä vertailla tutkimusten tuloksia case-aineistoissa saatuihin tietoihin.

3.1 Sähkökuorma-autojen ja niiden latausinfraan paloturvallisuus, sammutusjätevedet

Sähkökuorma-autojen paloturvallisuusasioita tutkittiin kotimaisin ja kansainvälisin aineistoin. Sähköistetty liikenne tarjoaa monenlaisia etuja, mutta myös haasteita. Litiumioniakut sisältävät koostumuksia, jotka saattavat olla haitallisia ympäristölle. Eri akkukemiat poikkeavat toisistaan ominaisuuksiltaan, kuten syttymisherkkydeltään. Akkujen sammuttaminen on myös vaikeaa, sillä ne ovat usein hyvin suojattuina ajoneuvoissa, eivätkä ne sijaitse samoissa kohtaa eri ajoneuvomalleja, joten sammutustekniikkaa voi joutua vaihtelevaan eri ajoneuvojen kesken. Euroopassa on tutkittu erityisesti palossa ympäristöön leviäviä yhdisteitä sekä sammutusveden laatua. Pelastuslaitosten ohjeistus akkutulipalojen varalta on usein se, että pyritään estämään palon leviäminen ympäristöön.

Ruotsalaisen RISEn tutkimuksissa on tutkittu bensiinikäyttöisten ja akkukäyttöisten ajoneuvojen sekä akkupakettien sammutusvesiä epäorgaanisten ja orgaanisten epäpuhtauksien osalta. Lisäksi on tutkittu sammutusveden akuuttia toksisuutta kolmelle vesieliölajille. (Quant et al. 2023; Hynynen et al. 2023; Hynynen et al. 2023)

Tuloksista ilmeni, että sekä bensiinikäyttöisten että akkukäyttöisten ajoneuvojen sammutusvedet olivat erittäin myrkyllisiä testatuille lajeille. Useiden metallien ja ionien pitoisuudet ylittivät pintavesien ohjearvot. Sähköajoneuvojen ja akkupakettien sammutusvedet sisälsivät enemmän nikkeliä, kobolttia, litiumia, mangaania ja fluoridia verrattuna perinteisten ajoneuvojen sammutusvesiin. (Quant et al. 2023)

Sähköautopaloihin reagoivien viranomaisten tulisi harkita, onko akun huuhtelu välttämätöntä. Jos huuhtelua tarvitaan, se tulisi suorittaa hallitusti ympäristön saastumisen välttämiseksi. Joissakin tapauksissa ympäristön kannalta paras keino voi olla jättää palo sammuttamatta. Paikoissa, joissa varastoidaan suuria määriä akkuja, voi olla tarpeen toteuttaa ennakoivia toimenpiteitä sammutusveden saastumisriskin vähentämiseksi. Yksi ratkaisu on rakentaa rakenteita, jotka voivat ohjata tai varastoida sammutusvettä tarvittaessa. (Hynynen et al. 2023)

Sveitsiläisessä tutkimuksessa tarkasteltiin toksikologisten riskien muuttumista maanalaisessa liikenneinfrastruktuurissa. Tutkimuksessa havaittiin, että sammutus- ja jäähdytysvesi oli erittäin saastunutta. Litiumin sekä raskasmetallien (koboltti, nikkeli ja mangaani) pitoisuudet ylittivät viemärintirajat moninkertaisesti, jolloin ennalta määrätty esikäsittely on välttämätöntä. Lisäksi jäähdytysveden standardoitu käsittely olisi määriteltävä, sillä sitä muodostuu yleensä vaurioituneiden akkujen jälkikäsittelyssä. (Mellert et al. 2020)

Litiumin ja raskasmetallioksidien pitoisuudet ylittivät jätevesirajat, jolloin vesi on esikäsiteltävä ennen sen laskemista viemäriverkostoon. Tutkimus suosittelee kemiallisten onnettomuuksien varalle standardoituja ohjeita, koulutusta ja varusteita, jotta jätevedet käsitellään asianmukaisesti. (Held et al. 2022)

Ranskalainen tutkimus selvitti litiumioniakkujen sammutusveden koostumusta. Tulokset osoittivat, että litiumioniakkujen sammutuksessa käytetty vesi voi sisältää monia metalleja, kuten nikkeliä, mangaania, kobolttia, litiumia ja alumiinia. Nämä metallit esiintyvät nokihiukkasten

joukossa. Lisäksi vedessä voi esiintyä nanometrikokoisia partikkeleita. Kiinteiden epäpuhtauksien lisäksi vedessä voi olla myös nestemäisiä yhdisteitä, erityisesti elektrolyyttistä peräisin olevia orgaanisia karbonaatteja (tässä tapauksessa etyleenikarbonaatti (EC) ja etyyliimetyyliikarbonaatti (EMC)) sekä polyaromaattisia hiilivetyjä (PAH) kaasumuodossa. (Bordes et al. 2024)

Toinen sveitsiläistutkimus pyrki arvioimaan kriittiselle infrastruktuurille ja ihmisten terveydelle aiheutuvia riskejä sähköajoneuvopaloissa. Suljetussa pysäköintitilassa toteutetussa tutkimuksessa havaittiin 32 kWh:n litiumioniakun palon aiheuttavan noin 20 g/m² noen saastumista. Noki koostuu pääasiassa nikkeli-, mangaani- ja kobolttioksidoista (18–20 % kutakin) sekä pienemmissä määrin litiumista (3–4 %), fluorideista (~2,5 %) ja klorideista (~0,2 %). Se on sähköä johtamatonta eikä syövyttävää.

PAH-pitoisuudet (250–300 µg/m² keräinlevyillä, 120 µg/m² tekstiileissä) ylittivät taustatasot jopa 50- ja 20-kertaisesti. Tilan tuuletus levittää noen laajoille alueille, ja 100 metrin etäisyydeltä löytyi 0,5 g/m². Vaikka noen määrä kauempana on pienempi, raskasmetallikontaminaatio on edelleen korkea ja edellyttää ammattimaista puhdistusta. Sammutusvesi sisältää samoja epäpuhtauksia, usein ylittäen juomavedelle ja teollisuusjätevesille asetetut turvalliset rajat. (Held et al. 2022)

Latauslaitepaloja ei lähtötietoaineistossa havaittu tapahtuneen. Latauslaitteiden osalta selvitettiin valmistajan suosituksia paloturvallisuusasioihin. Tyypillisesti latauslaitteet ovat hyvin suojattuja pölyä vastaan, sillä muutkin käyttöympäristöt ovat pölyisiä (mm. parkkihallit, ulkotilat). Puupölyn haitaksi nähtiin paloriskin sijasta lataustehon alenema, sillä laitteistot säätelevät toimintaansa niin että lämpötilat ovat rajoitettu toimimaan turvallisella alueella. Mahdollinen puupöly laitteistossa tukkisi ilmansuodattimia, ja siten heikentää jäähdytyskykyä ja alentaa käyttötehoja. Sijoittelusta suositeltiin, että latauspisteessä olisi satelliittiasema, mikä on suljettu laite eikä kierrätä ilmaa ja että sille virtaa syöttävä tehokaappi olisi hieman kauempana, jotta pölystä olisi vähemmän ongelmaa. Satelliitti eli latauspisteen latauslaite voidaan sijoittaa kauemmas tehokaapista, mikä edesauttaa pölyn hallintaa. Latauslaitteissa itsessään ei haastattelun mukaan ole kipinöiviä tai pölyä helposti sytyttäviä osia, joka myös helpottaa paloriskin hallintaa, mutta kyseessä ei kuitenkaan ole EX-tuote.

Sähkökäyttöisen ajoneuvon akkupalo tapahtumana on pelastusalan näkemysten mukaan haasteellisempi sammuttaa kuin vertailukelpoisen perinteisen polttomootoriajoneuvon johtuen ajoakun koostumuksesta vain niissä tilanteissa, joissa palo käsittelee juuri ajoakua. Muussa tapauksessa paloteho voi olla jopa pienempi, sillä palavia nesteitä on vähemmän polttoainetankin puuttuessa. Ajoakku itsessään sisältää kaiken tarvittavan siihen, että paloreaktiossa muodostuu lisää happea, ja lämpöä, jotka ovat edellytykset paloreaktiolle yhdessä palavan materiaalin kanssa. Paloreaktiosta voi muodostua tällöin itseään ruokkiva nk. ”thermal runaway-”, eli lämpökarkaamisprosessi, jonka saa sammumaan vain jäähdyttämällä akustoa riittävästi. Vesi on nähty tehokkaaksi sammutustavaksi, mutta sitä tarvitaan paljon. Akkupalon sammutus jo henkilöautostakin voi kestää tunteja ja vaatia kuutioittain sammutusvettä. Kuorma-auton akustot ovat merkittävästi tätä suurempia. (Palopäälystöliitto, 2022) (Mikkonen et al. 2025)

3.2 Akkuvarastojen paloturvallisuus

Tässä selvitystyössä tarkasteltiin myös mahdollisesti latausinfraan liittyvien akkuvarastojen paloturvallisuutta. Akkuvarastot (Battery Energy Storage System, BESS) ovat yleistymässä Suomessa. Teollisen kokoluokan akkuvarastoja ei vielä ole montaa käytössä, mutta useampi suunnitteilla tai rakennusvaiheessa. Liikuteltavien akkuvarastojen käyttövalmiita ratkaisuja on vielä rajallisesti markkinoilla, joten niistä on myös vähän käyttökokemusta. Kuitenkin, kun

puhutaan jopa satojen kilowattien liikuteltavasta akkuvarastosta, on kyseessä usein jonkinlainen siirreltävä konttiratkaisu. Samankaltaisia konttimallisia akkupaketteja käytetään myös kiinteissä akkuvarastokokoonpanoissa, joten on oletettavaa, että liikuteltavissa akkuvarastoissa hyödynnettäisiin samanlaisia teknisiä ratkaisuja.

Akkuvarastojen käyttöön liittyy oleellisesti niiden turvallisen käytön lisäksi järjestelmien toteuttaminen määräysten ja kansainvälisesti hyväksytyjen standardien mukaisesti. Niiden sisältämien akkujen turvallisuutta valvotaan akkujärjestelmän oman valvontamekanismin avulla (battery management system, BMS). Akun valvontajärjestelmä tarkkailee akun kuntoa ja toimintoja käytön ja latauksen aikana. Tarvittaessa järjestelmä keskeyttää esimerkiksi virransyötön, jos akun toiminnassa havaitaan häiriöitä ja antaa virrehälytyksen erikseen määritettyyn paikkaan (valvontakeskus). Standardissa IEC 61508 määritellään turvallisuusvaatimukset sähköjärjestelmän turvallisen toiminnan varmistamiseksi. Tärkeää akkukäyttöisten laitteiden käytössä on, että kaikki järjestelmät täyttävät niille asetetut vaatimukset. Toisin sanoen, itsetehtyjä, testaamattomia ja validoimattomia järjestelmiä ei voida hyväksyä käyttöön.

BESS-laitteistoissa käytetään tyypillisesti litiumioniakkuja niiden korkean energiatiheuden takia. Korkean energiatiheuden takia on vaara, että se pääsee purkautumaan hallitsemattomasti, esim. räjähtämään. Litiumioniakkuja käyttäessä on aina tulipalovaara, joka on otettava huomioon niitä käytettäessä ja järjestelmiä suunniteltaessa. Isommat akkukokoonpanot aiheuttavat isomman riskin. Vaaratilanteita voi aiheuttaa esimerkiksi liian korkeasta lämpötilasta, joka aiheutuu akun nopeasta purkautumisesta ja jolle voi löytyä myös ulkoinen syy. Jos akun lämpötila on korkea, voi se johtaa lämpökarkaamiseen, joka aiheuttaa reaktion kiihtymisen, jolloin kaasua syntyy enemmän ja akun paine nousee. Kaasut pyrkivät purkautumaan ja saattavat syttyä palamaan joutuessaan ilman kanssa kosketuksiin. Muita aiheuttajia lämpöpurkautumiselle on akun vaurioituminen, ulkoinen oikosulku tai kuormittuminen, liian suureen jännitteeseen lataaminen, akun varauksen kokonaan purkaminen, akun lataaminen pakkasella sekä valmistusvirheet. Myös akun ikä ja lämpötilaolosuhteet vaikuttavat lämpökarkaamisen aiheutumiseen.

Kuten kiinteästi rakennetussa akkuvarastossa myös liikuteltavassa akkuvarastossa on otettava huomioon turvallisuuteen vaikuttavat seikat ja riskien vähentäminen. Liikuteltavan akkuvaraston osalta kuitenkin voi olla vaikeampi ottaa huomioon kaikkia аспектеja. Esimerkiksi akkuvaraston suojaaminen ilkeivallalta voi olla haastavaa, jos alue, jolla se sijaitsee ei itsessään ole aidattu.

Akkuvarasto tulisi sijoittaa siten, että mahdollisen tulipalon sattuessa, palo ei leviä lähistöllä olevaan ympäristöön, kuten rakennelmiin tai luontoon. Kiinteiden akkuvarastojen tapauksessa on usein määritelty suojaetäisyydet, jotka pitää vähimmillään olla. Akkupalon sammutukseen voi kulua paljon vettä, ja palon yhteydessä akusta voi vuotaa kemikaaleja. Onkin erityisen tärkeää, että mahdollisten sammutusvesien päätyminen vesistöön tai pohjaveteen on estetty. Palojen varalta akkukontissa voi olla valmiina sammutusjärjestelmä sekä vuodonkeruujärjestelmä. Varastoa ei tulisi sijoittaa 8 metriä lähemmäksi muita rakennuksia ilman palonsuojausta. (Mikkonen et al. 2025)

Suurten litiumioniakkujen käyttö yleistyy nopeasti esimerkiksi akkuenergian varastointijärjestelmissä (BESS). Palotilanteiden ympäristövaikutuksia koskevaa tietoa on saatavilla vain vähän, jolloin jatkotutkimukset ovat tarpeellisia. Täysimittaisia testejä tulisi kehittää parantamaan tulosten yleistettävyyttä, hätätilanteiden vasteajan vaikutuksia tulisi arvioida huomioiden erityisesti palon alkamisen ja veden annostelun välinen aika, paikallisen ympäristön (vesi, ilma, maaperä) vaikutuksia tulisi arvioida sekä kehittää keskeisten litiumioniainesosien ympäristövaikutusten syvällisempää tutkimusta. (Bordes et al. 2024)

3.3 Relevantit standardit

Sähkökäyttöisten kuorma-autojen ja latausinfraan paloturvallisuuteen liittyy useita standardeja. Latauslaitteiden sähköturvallisuudesta ja latauslaitteiden asentamisesta ohjeistetaan standardissa SFS 6000-7-722:2022 ja Sähköturvallisuusstandardi SFS 6002. Sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja akkuvarastojen testaamisesta säädetään EU-tasoisesti E-säännössä nro 100 – Yhdenmukaiset vaatimukset, jotka koskevat ajoneuvojen hyväksyntää sähköiseen voimalaitteeseen sovellettavien erityisvaatimusten osalta [2021/2190].

3.4 Kirjallisuuskatsauksen yhteenveto

Tutkimusten havainnot korostavat sähköajoneuvojen ja akkupakettien paloturvallisuuden monimutkaisuutta ja ympäristövaikutuksia. Akkupalojen sammutusvesi sisältää usein korkeita pitoisuuksia raskasmetalleja ja muita vaarallisia kemikaaleja, kuten nikkeliä, kobolttia, litiumia, mangaania ja fluoridia, jotka ylittävät pintavesien ohjearvot ja ovat huomattavasti haitallisempia ympäristölle verrattuna perinteisiin ajoneuvojen sammutusvesiin. Tutkimukset osoittavat, että sekä bensiinikäyttöisten että akkukäyttöisten ajoneuvojen sammutusvedet ovat erittäin myrkyllisiä vesieliölajeille.

Tutkimuksissa korostuu, että akun huuhtelun tarve sähköautopalotilanteissa tulee harkita tapauskohtaisesti. Joissakin ympäristöissä saattaa olla parempi jättää palo sammuttamatta kuin aiheuttaa suurta ympäristön saastumista huuhtelun vuoksi. Sammutusveden ohjaaminen ja varastoiminen vähentävät riskejä. Tutkimuksissa havaittiin, että litiumioniakun palosta syntynyt noki sisältää merkittäviä määriä raskasmetalleja ja PAH-yhdisteitä, jotka edellyttävät ammattimaista puhdistusta ennen sammutusveden viemärointia.

Litiumioniakkujen lämpökarkaaminen ja siihen liittyvät riskit, kuten kaasujen muodostuminen ja syttymisvaara, ovat erityisiä huolenaiheita. Akkuvarastojen suunnittelussa ja käytössä on otettava huomioon vaurioitumiset, oikosulut, ylijännitteet ja varauksen purkamiset. Näiden riskien hallinta vaatii systemaattisia turvallisuustoimenpiteitä ja ympäristöriskien minimoimista kemikaalien vuotojen estämiseksi.

Savukaasujen hallinta ja ilmanvaihto ovat keskeisiä elementtejä latauspaikkojen turvallisuuden varmistamisessa, erityisesti sisätiloissa. Automaattiset savukaasunpoistojärjestelmät ja savukaasun tunnistusanturit, kuten hiilimonoksidi-, hiilivety- ja vetytunnistimet, ovat välttämättömiä. Näiden järjestelmien avulla voidaan estää myrkyllisten yhdisteiden leviäminen muualle rakennukseen.

4. Analyysi yrityskohtaisista caseaineistosta

Selvitystä varten haastateltiin metsäalan yrityksiä, ja tarkasteltiin heidän sähköisiä ajoneuvoja ja latausinfrastruktuuria koskevia erityispiirteitään ja paloturvallisuusohjeitaan. Lisäksi perehdyttiin Pelastustoimen ja Pelastusopiston ohjeisiin ja suosituksiin liittyen litiumioniakkujen paloturvallisuuteen sekä pelastustoiminnan edellytysten huomioimiseen akkupalotilanteessa.

4.1 Yritysten paloturvallisuusohjeet

Lataustoiminta nähdään yritysten ohjeissa mahdollisena riskinä, sillä litiumioniakku saattaa lämpökarkaamisen seurauksena räjähtää tai johtaa tulipaloon. Akkuja ladatessa niistä saattaa vapautua pieniä määriä vetykaasua, joka yhdessä hapen kanssa muodostaa räjähtävän kaasuseoksen. Akkupalon sammuttaminen on haasteellista ja vaatii suuria määriä sammutusvettä. Ympäröivä palokuorma mahdollistaa palon jatkumisen ja leviämisen. Paloturvallisuuteen liittyen ohjataan kiinnittämään huomiota sekä latauspaikan sijoittamiseen, sammutusmahdollisuuksiin latauspaikalla, että itse lataustapahtumaan.

4.1.1 Case-yritys 1

Eräällä yrityksellä sähköajoneuvojen lataus on sallittua vain erityisesti siihen suunnitelluilla ja merkityillä alueilla, mieluummin ulko- kuin sisätiloissa, joissa tilan tulisi olla fyysisesti eroteltu varastoinnin ja tuotannon tiloista betoniseinän ja kaksi tuntia kestävän paloeston keinoin. Akun ja laturin väliin ohjataan jättämään metrin väli. Latauslaitteiden vahingoittaminen on estettävä fyysisillä esteillä. Sisätilojen osalta palo-ovien on oltava itsesulkeutuvat ja tilan tulee olla palokunnalle hyvin saavutettavissa. Tilaan ei saa viedä syttyvää materiaalia.

Kattotilan ilmastoinnilla tulee varmistaa, että tilan vetykonsentraatio pysyy alle 1 %. Tilaan tulee sijoittaa hiilidioksidisammutin. Paloletkun tulee sijaita sisäänkäsyn yhteydessä. Paloletkun teho on 946 l/min. Ladattavan kaluston tulee sijaita tilassa siten, että veden suihkuttaminen moottoreille ja akuille onnistuu. Mahdollisuus siirtää kalusto pois sisätilasta on tärkeää. Lisäksi latausalue on suojattava automaattisprinklerijärjestelmällä, jonka teho on 8,14 l/min/m². Tilassa on videovalvonta, sekä poistumisreitit on merkittävä lattiamaaleilla. Kaikille alueen työntekijöille on oltava saatavilla koulutusta.

Rakennusten ympärillä on oltava 8–15 metrin suoja-alue, jolle kalustoa ei saa pysäköidä. Kaluston suojaetäisyys muihin ajoneuvoihin on 3 metriä. Kalustoa ei saa pysäköidä myöskään kuljettimien tai vastaavien alle. Mikäli ajoneuvossa havaitaan palokaasuja tai liekkejä, tulee moottori sammuttaa ja matkustajat evakuoida turvallisesti. Latauspaikkoja ei saa sijoittaa kaapelikulkujen alle. Lämpötolpista lataaminen on kiellettyä, eikä lähellä saa olla syttyviä rakenteita. Palosammutin on sijoitettu latauspisteen läheisyyteen. Sammutus- ja palosuojausjärjestelmät suunnitellaan yhteistyössä tehdaspalopäällikön kanssa.

4.1.2 Case-yritys 2

Toisella yrityksellä periaatteena on latauspaikan sijaitseminen 30 metrin päässä rakennuksista erillään. Myös määrään on tehty linjaus, että rinnakkain sallitaan enintään 6 ajoneuvon latausmahdollisuus, jonka jälkeen tulee olla kahden ajoneuvoruudun suuruinen turva-alue. Jos latauspaikka sijaitsee rakennuksen seinustalla, tulee rakennukseen päin olla EI-M-240 palo-osastointi. Palomuurin tulee ylittää räystääslinja vähintään 750 mm.

Jos latauspaikka sijaitsee paloturvallisuusluokka 1 tilan seinustalla, tulee latauspaikka olla automaattisella sprinklerillä suojattu. Tuotantotiloissa akullisten kulkuvälineiden säilytys ja lataaminen on kiellettyä. Latauspaikalla tulee huolehtia riittävästä ilmanvaihdesta, syttyvän kipinän estämisestä ja palokuorman poistamisesta. Latauspaikka tulee sijoittaa mahdollisuuksien mukaan ulko-oven viereen ja se pidetään vapaana muusta tavarasta.

Kaikissa ajoneuvoissa tulee olla käsisammutin. Sammuttimien määrä ja teholuokka arvioidaan ajoneuvon koon, tasojen ja kulkureittien mukaan. Sammutin on vähintään 27A 144BC teholuokan käsisammutin. Kaikissa palovaarallisella alueella työskentelevissä ajoneuvoissa tulee olla automaattinen sammutusjärjestelmä. Akullisissa ajoneuvoissa sammutuslaitteiston tarve määritetään erikseen ajoneuvon ja akuston koon mukaan.

Pysäköinti on sallittua vain merkityille paikoille. Turvaetäisyys vähintään 10 metriä tulee olla palaviin rakenteisiin kuten pinoihin ja rakennuksiin. Työkoneiden välinen etäisyys on huomioitava ja pelastustelle tulee jättää vähintään 30 metrin aukot. Työkoneen tyhjäkäynti on sallittu vain koneen ollessa valvonnan alla. Pysäköintiä ja pysäyttämistä lähelle rantaa tai sadevesiviemäreiden päälle on vältettävä.

4.2 Pelastustoimen ohjeet ja suositukset

Sähköajoneuvojen akkupalat ovat pelastuslaitokselle tavanomaiseen paloon verraten haasteellisempia ja pitkäkestoisempia tilanteita. Ne eivät muodosta palokuormaltaan suurempaa riskiä kuin perinteiset polttomoottoriajoneuvot, mutta niiden sammuttaminen on vaikeampaa, mikäli palo koskee myös ajoakkuja. Akkupalo muodostaa merkittävän uudelleensyttymisriskin, mikäli paloa ei saada jäähdytettyä riittävästi. Litiumioniakkupalon tiedetään myös muodostavan myrkyllisiä palo- ja savukaasuja. Tämän vuoksi tulee kiinnittää huomioita latauspaikkojen suunnitteluun ja turvallisuuteen.

Latauspaikat jaetaan aineistossa kahteen ryhmään: Ulko- ja sisälatauspaikat. Ulkona sijaitseva latauspaikka tulee sijoittaa riittävän kauas rakennuksista tai muusta palavasta materiaalista. Palon sattuessa sähköajoneuvosta voi lentää palavia osia usean kymmenen metrin päähän, mikä voi sytyttää lähellä sijaitsevia rakenteita. Toinen merkittävä riski on savukaasut, jotka voivat päästä sisätiloihin väärän latauspaikan valinnan seurauksena. Suositeltu minimietäisyys palaviin materiaaleihin on 8 metriä. (Mikkonen et al. 2025)

Sisätiloissa latauspaikka suositellaan sijoitettavaksi sisä- ja ulosajoreittien läheisyyteen, mikä on pelastustoimen kannalta paras vaihtoehto. Sijoittamisessa on tärkeää varmistaa myös ihmisten poistumisreittien turvallisuus: palosta syntyvät savukaasut eivät saa tukkia luonnollisinta poistumisreittiä. Palon sattuessa palokaasut eivät saa päästä ilmastoinnin kautta leviämään sisätiloihin. Lisäksi ulkotiloissakaan latauspaikka ei saa sijaita juuri ikkunoiden alapuolella, joista kaasut voivat joutua hengitysilmaan. (Mikkonen et al. 2025)

Sisätiloissa sijaitsevilla latauspaikoilla tulee varautua samoihin vaaroihin kuin ulkotiloissa. Suljetuissa tiloissa on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota kaasun muodostukseen, joka voi aiheuttaa myös leimahdus- tai räjähdysriskin. Sisätiloissa sijaitsevat latauspaikat tulisi aina varustaa erillisellä savukaasunpoistolla, joka kytkeytyy päälle automaattisesti palotilanteessa. Savukaasujen tunnistamiseen soveltuvan anturin tulisi mitata ainakin hiilimonoksidia, hiilivetyjä ja vetyä. Savukaasujen poiston mitoitusohjeena voidaan käyttää energiavarastoille suositeltua ohjetta 5,1 l/s/m² (latauspaikan lattiapinta-alasta). Toimiva savunpoisto on erityisesti maanalaisissa tiloissa pelastustoiminnan näkökulmasta erittäin keskeinen toimintaedellytys.

Mahdollisille sisätiloissa sijaitsevalle latauspaikoille on suositeltavaa järjestää pelastuslaitokselle sammutusreittejä eri puolilta rakennusta. Sammutusreittejä tulisi järjestää siten, että mahdollista palokohdetta pystytään lähestymään vähintään kahdesta eri suunnasta. Mahdollista palokohdetta tulisi pystyä lähestymään ilmapvirtauksen yläpuolelta.

Suunniteltaessa sähköajoneuvojen latauspisteitä olemassa olevaan kiinteistöön on suositeltavaa selvittää syöttävän sähköjärjestelmän kuormitus. Selvityksessä tulisi huomioida olemassa olevan sähköjärjestelmän kulutuskapasiteetti ja mahdollinen kiinteistön sähköliittymän muutostarve. Lisäksi kiinteistön sähköliittymän mitoituksessa on huomioitava suurta kuormaa vaativien paloteknisten laitteistojen samanaikaisesti tarvitsema virtamäärä tilanteessa, jolloin latausasemat ovat käytössä ja esimerkiksi koneellinen savunpoisto käynnistetään. Lisäksi kaikkien latauspisteiden jännitteettömäksi tekeminen tulisi olla mahdollista yhdestä keskitetystä paikasta ilman, että joudutaan kytkemään sähköt pois kiinteistön pääkatkaisijasta. Paikka suositellaan sijoitettavan siten, että sinne voidaan kulkea menemättä tilaan, jossa latauspisteet sijaitsevat. (Pelastustoimi, 2022)

Sähkökäyttöisen kuljetuskaluston tulipalot ovat vielä mm. kaluston uutuudesta ja pienistä määristä johtuen olleet hyvin harvinaisia. Tiedossa on, että litiumioniakuilla varustettuja trukkipaloja on tilastojen mukaan ollut Suomessa vain yksi, mutta niihin on hyvä varautua akun hankalan sammutettavuuden takia. Nykyiset latauspaikat ovat hyvin varustettuja, erityisesti lyijyakkujen vedyn vapautumisen hallintaan latauksen aikana. Avoimessa sisätilassa, kuten varastotilan yhteydessä, sähköajoneuvoja ei suositella ladattavaksi, näiden lataus tulisi aina suorittaa omassa paloturvallisessa tilassa. Jos sähköajoneuvoja ladataan avoimessa sisätilassa, latauspaikan tulisi sijaita mahdollisimman kaukana poistumisreiteistä ja muusta palavasta materiaalista. Jos latauspisteillä ladataan myös muuta työkonekalustoa, pääosin samat ohjeet koskevat myös näitä. (Mikkonen et al. 2025)

Mikäli latausalueella ei ole automaattista sammutuslaitteistoa, on suositeltavaa, etteivät latauspisteet sijaitse vierekkäin. Tällä pyritään estämään usean ajoneuvon samanaikaisen palon syntyminen. Sähköajoneuvon akkupaloa ei yleensä voida sammuttaa käsisammuttimella, vaan ainoastaan rajoittaa hetkellisesti. Sähköajoneuvojen latauspisteiden läheisyyteen ei ole tarpeellista sijoittaa erityisesti akkupaloa varten tarkoitettuja alkusammutusvälineitä, koska ne eivät luultavasti riitä akkupalon sammuttamiseen. Sen sijaan on suositeltavaa asentaa kiinteät sammutusvesiputkistot, mikäli etäisyys sammutusreitit maanpinnan tasosta kauimmaiseen latauspisteeseen on yli 70 metriä. Sammutusvesiputkiston koon on oltava DN 80. (Pelastustoimi, 2022)

5. Suositukset toimijoittain

Työssä tunnistettiin suositeltavia toimintamalleja peilaten saatuja paloturvallisuusohjeistoja, suosituksia ja tutkimusaineistoja keskenään. Työssä oli tavoitteena laatia yleisellä tasolla suosituksia paloturvallisuuden varmistamiseksi tilanteessa, jossa sähkökuorma-autot ovat yleistyneet. Laajamittaisessa sähköistymisessä luultavasti kestää vielä vuosia, mutta osa suosituksista hyödyttäisi paloturvallisuutta perinteisenkin kuljetuskaluston kanssa. Tietysti ensimmäisetkin käyttötapaukset olisi hyvä toteuttaa paloturvallisesti. Työssä tunnistettiin tärkeimmiksi ryhmiksi kolme ryhmää, joille suosituksia kohdennettiin:

- Metsäteollisuusyritykset eli teollisuuskohteen omistajat,
- Metsäteollisuuden toimittajat eli teollisuuskohdetta palvelevat kuljetusyritykset, sekä
- Metsäteollisuuden kuljettajat eli teollisuuskohdetta palvelevien kuljetusyritysten kuljettajat.

Kohdensimme havainnoista suosituksia näille sidosryhmille seuraavasti:

Metsäteollisuusyritykset eli teollisuuskohteen omistajat

Pölyämisen hallinta ja vähentäminen

Metsäteollisuudessa pölyämisen hallinta on ensisijaisen tärkeää paloturvallisuuden kannalta. Latauspaikat tulisi sijoittaa alueille, joilla puupölyä tai muita hienojakoisia hakeita esiintyy mahdollisimman vähän. Pölyävien alueiden, kuten lastausalueiden ja siilojen läheisyydessä, tulee olla selkeästi erotettu latauspaikoista. Näin vähennetään palovaaraa ja varmistetaan parempi työympäristön turvallisuus. Kaluston puhtaaksipuhaltamislaitteisto vähentäisi pölyn määrää ajoneuvossa, ja latauslaitteiden tehokaappien sijoittelu tai erottelu estää niiden pölyyntymisen.

Latauspaikkojen sijoittelu ulkotiloihin

Latauspaikat tulisi ensisijaisesti sijoittaa ulkotiloihin, koska tämä vähentää palovaaraa merkittävästi. Ulkotiloissa latauspaikat on sijoitettava riittävän kauas rakennuksista, palavista materiaaleista ja muista riskitekijöistä. Suositeltava minimietäisyys on 8–30 metriä, riippuen tilan erityispiirteistä, millaisia etäisyyksiä vaaditaan. Helposti syttyvät materiaalien tai vaarallisten aineiden varastointi kasvattavat etäisyyden tarvetta vaihteluvälillä. Tämä vähentää mahdollisuutta, että ajoneuvosta lähtöisin oleva palo leviää läheisiin rakennuksiin tai rakenteisiin.

Suoja-alueet

Akkujen syttyminen on todennäköisempää muulloin, kun latauksen yhteydessä. Latauksen aikana akkua ja latausta valvovat sekä akun omat että latauslaitteen turvallisuusjärjestelmät (BMS). Muualla kuin erikseen varatulla latauspaikalla tuotantoalueella syttyvän ajoneuvopalon varalle, ajoneuvoille voidaan osoittaa erityinen tarkoitusta varten toteutettu niin sanottu ”turvallisen palon alue”. Turvalliselle alueelle voidaan syttymässä oleva ajoneuvo (polttomoottori- tai akkukäyttöinen) ajaa, mikäli ajoneuvo on vielä kuljetettavissa alkavan palon havaittaessa. Alue sijoitetaan riittävän suojaetäisyyden päähän palavista materiaaleista ja alueen perustamisessa voidaan huomioida mahdollisten vaarallisten aineiden (polttoaine) tai sammutustoiminnasta aiheutuvien sammutusjätevesien hallinta ja keräily. Allas voidaan muodostaa esimerkiksi asentamalla suojakalvo maan sisään ja sadevesien keräilyä varten toteutettu viemäröinti voidaan sulkea sulkuventtiilin avulla. Tarvittaessa alueen ulkoreunoja voidaan korottaa hieman suhteessa ympäröiviin alueisiin. Latausalue ja turvallisen palon alue voivat olla samaa yhtenäistä aluetta (sammutusjätevesien keräilyallas).

Erottelu sisätiloissa

Jos latauspaikat sijaitsevat sisätiloissa, ne tulee erottaa muista tiloista käyttöön soveltuvilla betoniseinillä ja palo-ovin. Latauspaikat on myös sijoitettava ensimmäiseen kerrokseen lähelle ulos- ja sisäänajoreittejä, jotta ajoneuvot voidaan helposti ja nopeasti siirtää ulos hätätilanteessa. Suositus kuitenkin kohdistuu pikemminkin työkoneisiin (mm. trukit), jotka ovat tämän selvityksen ulkopuolella, sillä kuorma-autokalustoa ei suositella ladattavaksi sisätiloissa.

Savukaasujen hallinta ja ilmanvaihto

Riittävä ilmanvaihto ja savukaasujen hallinta ovat välttämättömiä latauspaikoilla, erityisesti sisätiloissa. Savukaasun tunnistusanturit, kuten hiilimonoksidi- ja vetytunnistimet, tulee asentaa latauspaikoille. Savukaasujen automaattiset poistojärjestelmät ovat suositeltavia etenkin maanalaisissa tiloissa ja ahtaissa sisätiloissa, ja poistojärjestelmien on kytkeydyttävä päälle automaattisesti palotilanteessa.

Automaattiset sammutusjärjestelmät ja hätävarotoimenpiteet

Automaattiset sammutusjärjestelmät, kuten sprinklerit ja pikapalopostit, tulisi asentaa latauspaikoille. Hiilidioksidisammuttimet ja käsiammuttimet tulisi sijoittaa latauspaikkojen läheisyyteen mahdollisten muiden kuin ajoakkujen tulipalojen ensisammutukseen. Latauslaitteiden suojaaminen fyysisillä esteillä on tärkeää, jotta ne eivät vaurioitu ja aiheuta lisää palovaaraa. Lisäksi latauspaikkojen tulisi olla poistumisreittien läheisyydessä ilman esteitä, mikä takaa turvallisen evakuoinnin hätätilanteessa.

Henkilöstön koulutus ja ohjeistus

Henkilöstölle, kuten trukkioperaattoreille ja muille työntekijöille, tulee tarjota säännöllistä koulutusta sähköisten ajoneuvojen paloturvallisuudesta ja heidän on ymmärrettävä hätätilanteiden toimintaprosessit. Koulutus tulee sisältää alkusammutuksen, savukaasujen hallinnan ja turvallisen evakuoinnin. Aliurakoitsijoille ja kumppaneille tulee antaa selkeät ohjeistukset paloturvallisuuden varmistamiseksi.

Ympäristöön liittyvät erityispiirteet

Metsäteollisuudessa on otettava huomioon hulevesien keräilyjärjestelmät ja pohjavesialueiden suojeleminen. Hulevesijärjestelmät tulee suunnitella huolellisesti. Saostusaltaita voidaan hyödyntää ympäristöriskien vähentämiseksi. Suurivolyymisen lastauskaluston ja sähkötyökoneiden yhteydessä on kiinnitettävä erityistä huomiota ympäristön suojelemiseen.

Sähköjärjestelmien kapasiteetin arviointi

Sähköisten ajoneuvojen latauspaikkojen suunnittelussa on tärkeää arvioida kiinteistön sähköjärjestelmien kuormituskapasiteetti ja tehdä tarvittavat muutokset. Suunnittelussa on otettava huomioon suurta kuormaa vaativien laitteistojen samanaikainen käyttö, kuten koneellinen savunpoisto. Latauspaikoista tulee olla mahdollista tehdä jännitteettömiä yhdestä keskitetystä paikasta, esimerkiksi turvapainikkeen avulla.

Tiedottaminen

Teollisuuskohteen omistajan vastuulla on varmistaa, että kaikki teollisuuskohdetta palvelevat kuljetusyritykset ovat tietoisia tehtaalla noudatettavista paloturvallisuusohjeista ja toimintakäytännöistä. Omistajan tulee aktiivisesti tiedottaa kuljetusyrityksille ajantasaisista turvallisuusohjeista.

Metsäteollisuuden toimittajat eli teollisuuskohdetta palvelevat kuljetusyritykset

Metsäteollisuuden toimittajien, eli teollisuuskohdetta palvelevien kuljetusyritysten, tulee tuntea teollisuuskohteen omistajan antamat paloturvallisuusohjeet ja toimintakäytännöt syvällisesti, myös liittyen pysäköinti- ja latauskäytäntöihin ja kouluttaa nämä autonkuljettajilleen.

Työntekijät tulee kouluttaa säännöllisesti sähköajoneuvojen erityispiirteistä, paloturvallisuustoimenpiteistä ja hätätilanteiden toimintatavoista. Kuljettajat tulee perehdyttää asianmukaisten alkusammutusvälineiden, kuten käsisammuttimien, käyttöön ja heidän tulee tietää miten toimia, jos akkupalo syttyy.

Kuljetusyrityksen tulee toimittaa teollisuuskohteelle käytössään olevasta ajoneuvokalustosta pelastuskortit, joissa on kuvattu onnettomuus- ja häiriötilanteiden (esim. tulipalo, hinaus) kannalta oleelliset asiat (usein ajoneuvovalmistajilla kortit ovat jo valmiina).

Metsäteollisuuden kuljettajat eli teollisuuskohdetta palvelevien kuljetusyritysten kuljettajat

Metsäteollisuuden autonkuljettajat voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään; kuljettajat, jotka vierailevat metsäteollisuuden tehdasalueella ja kuljettajat jotka myös lataavat siellä. Kaikkien metsäteollisuuden kuljetusyritysten autonkuljettajien tulee tuntea teollisuuskohteen omistajan antamat paloturvallisuusohjeet ja toimintakäytännöt perusteellisesti. Autonkuljettajien on heidän oman työnsä turvallisuuden vuoksi varmistettava, että he ovat perillä näistä ohjeista ja noudattavat niitä kaikissa tilanteissa.

Alueella latauspalveluita käyttävien kuljettajien vastuulla on myös osallistua säännöllisesti paloturvallisuuskoulutukseen. Heidän tulee aktiivisesti perehtyä paloturvallisuuden periaatteisiin ja toimenpiteisiin, erityisesti sähköajoneuvojen paloturvallisuuden osalta. On kuljettajan velvollisuus varmistaa, että hän osaa käyttää latauslaitteistoa ja alkusammutusvälineitä oikealla tavalla sekä toimia asianmukaisesti hätätilanteessa.

Kuljettajan tulee myös tietää, missä alueella sijaitsee turva-alue, jonne palava ajoneuvo voidaan tarvittaessa pysäyttää odottamaan sammutustöitä tai palamaan turvallisesti loppuun. Ajoneuvoa ei saa pysäyttää tällaisessa tilanteessa mihin tahansa (rakennusten vierustat, kuljettimien alle...), sillä seuraukset voivat olla merkittävästi suuremmat väärän pysähtymispaikan johdosta, mikäli tulipalo pääsee vaurioittamaan muuta tehdasinfraa.

6. Jatkoselvitystarpeet

Työssä tunnistettiin seuraavat jatkoselvitystarpeet:

Selvityksessä ei keskitytty työkoneiden paloturvallisuuteen, mutta haastatteluissa ilmeni näkemyksiä niiden sähköistyvän metsäteollisuuden piirissä laajemmin ja nopeammin kuin kuljetuskaluston. Tästä syystä myös sähkökäyttöisten työkoneiden osalta paloturvallisuutta olisi hyvä suunnitella tarkemmin ennen toiminnan laajamittaista muutosta.

Yritysten osalta; myöskään osassa haastatelluista yrityksistä ei olla laadittu tai varauduttu paloturvallisuusohjeiston päivittämiseen sähköisen kaluston tai latausinfrastruktuurin osalta. Tällaisia päivityksiä olisi metsäteollisuuden yrityksissä syytä varautua tekemään, kun investointi sähköiseen kalustoon lähestyy.

Akkuteknologia on edelleen murroksessa, ja se saattaa tuottaa muutoksia myös kaluston paloturvallisuuteen jatkossa. Mikäli esimerkiksi nk. kiinteän olomuodon akut (solid-state-batteries) tai vähemmän energiatiheät akkukemiat yleistyvät, seurauksena myös paloriski pienenee niiden ollessa vähemmän alttiita palamisreaktiolle kuin nykyiset akkuratkaisut. Lisäksi pelastusalalla arvioitiin yleisesti standardien tulevan akkuteknologian nopeaa kehitystä jäljessä. Turvallisuutta käsitteleviä standardeja tulisikin tästä syystä pyrkiä kehittämään entistä nopeammin, tiiviissä yhteistyössä paloturvallisuusalan kanssa, jotta niillä voitaisiin vastata nopean muutoksen aikaansaamiin haasteisiin paremmin.

7. Lähteet

Bordes, A., Papin, A., Marlair, G., Claude, T., El-Masri, A., Durussel, T., Bertrand, J., Truchot, B. & Lecocq, A. (2024). *Assessment of Run-Off Waters Resulting from Lithium-Ion Battery Fire-Fighting Operations*, Batteries, 10(4), 118, <https://doi.org/10.3390/batteries10040118>.

Held, M., Tuchschnid, M., Zennegg, M., Figi, R., Schreiner, C., Mellert, L.D., Welte, U., Kompatscher, M., Hermann, M. & Nachev L. (2022). *Thermal runaway and fire of electric vehicle lithium-ion battery and contamination of infrastructure facility*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 165, 112474, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112474>.

Hynynen, J., Quant, M., Willstrand, O. & Mallin, T. (2023). *Analysis of combustion gases and fire water run-offs from passenger vehicle fires*. In: Willstrand, O., Gehandler, J. & Andersson, P. (eds.), Proceedings of the 7th International Conference on Fires in Vehicles – FIVE 2023, held in Stavanger, Norway, April 24-25, 2023, pp. 160-168, ISBN 978-91-89757-88-2.

Hynynen, J., Willstrand, O., Blomqvist, P. & Quant M. (2023). *Investigation of extinguishing water and combustion gases from vehicle fires*, RISE Report 22/2023, ISBN: 978-91-89757-65-3.

Mellert, L.D., Welte, U., Tuchschnid, M., Held, M., Hermann, M., Kompatscher, M., Tesson, M. & Nachev, L. (2020). *Risk minimisation of electric vehicle fires in underground traffic infrastructures*, Research project AGT 2018/006, Federal Department of the Environment, Transport, Energy and Communications DETEC of Switzerland.

Mikkonen, J., Rytönen, K. & Laitinen, J. (2025). *Litiumioniakkujen paloturvallisuus teollisuudessa*. Pelastusopisto.

Pelastustoimi. (2022). *Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen – ohje toiminnanharjoittajalle*.

Suomen palopäälystöliitto. (2022). *Toimintamallin luonti sähköautopaloon*. Saatavilla: <https://sppl.fi/palvelut/asiantuntijatoiminta/menneet-hankkeet/toimintamallin-luonti-sahkoautopaloon/>

Rytönen, K., Mikkonen, J. & Laitinen, J. (2025a). *Litiumioniakkuenergiavarastojen sijoittaminen ja paloturvallisuus*. Pelastusopisto.

Rytönen, K., Mikkonen, J. & Laitinen, J. (2025b). *Litiumioniakkupalojen operatiivisen toiminnan suositukset – Pelastustoimen suositukset*. Pelastusopisto.

Sähköinen liikenne ry. (24.1.2025). *Sähköisen liikenteen tilannekatsaus – Q4/2024*, PowerPoint-esitys.

Tilastokeskus. (2024). Tieliikenteen tavarankuljetukset. [Haettu 28. helmikuuta 2025]. Saatavilla: https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_kttav.

Quant, M., Willstrand, O., Mallin, T. & Hynynen J. (2023). *Ecotoxicity Evaluation of Fire-Extinguishing Water from Large-Scale Battery and Battery Electric Vehicle Fire Tests*, Environmental Science & Technology, 57(12), pp. 4821-4830, <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c08581>.