



Palontorjuntatekniikan kehitysryhmä

## **Muuttuva rakennettu ympäristö ja uudet teknologiat**

Paloturvallisuus ja riskienhallinta

# Palontorjuntatekniikan kehitysryhmän julkaisut



[www.palontorjuntatekniikka.fi](http://www.palontorjuntatekniikka.fi)



## Toimintamallit

Toimintamallit on tarkoitettu suunnittelijoille työvälineeksi riskienhallintaan sekä hankintoihin osallistuville tahoille ja alan asiantuntijoille ohjaamaan toimintaan, jotta uutta teknologiaa käyttävien sovelluskohteiden riskit sekä kehitystarpeet paloturvallisuudessa tunnistettaisiin. Palontorjunta on kokonaisuus, joka muodostuu perinteisen palontorjuntatekniikan lisäksi, riskienhallinnasta ja ennakoivista toimenpiteistä. Toimintamalleihin koottu tieto on tarkoitettu alan toimijoille yleiseen laadun kehittämiseen, jotta haasteisiin pystytään vastaamaan ja ehkäisemään tulipaloja.

## Palontorjuntatekniikan kehitysryhmä

Palontorjuntatekniikan kehitysryhmä on asiantuntijaryhmä, jonka jäsenten yhteisenä tavoitteena on edistää turvallisuutta sekä kehittää palontorjuntatekniikan ylläpitoa, laatua ja teknisiä mahdollisuuksia. Ryhmään kuuluu asiantuntijoita, palontorjuntaan liittyvien teknisten yhdistysten ja paloturvallisuuden organisaatioiden edustajia.

Ryhmän julkaisemat toimintamallit ovat yleisiä neuvoa antavaksi tueksi ja informatiiviseen käyttötarkoitukseen kohdistettuja malleja, joista löytyy tarvittavia tietoja palontorjuntatekniikan parissa työskenteleville sekä alalla toimiville tahoille.

# Muuttuva rakennettu ympäristö ja uudet teknologiat:

Akkuteknologian uudet sovelluskohteet ja paloturvallisuuden riskienhallinta

Aurinkopaneelien paloturvallisuus ja riskienhallinta

# Akkuteknologian uudet sovelluskohteet ja paloturvallisuuden riskienhallinta

- Energiavarastot
- Sähköautojen latauspisteet

## Sisällysluettelo

Sisällysluettelo toimii klikkaamalla

- |    |                                                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 6  | Toimintamallikaavio - Riskien tunnistaminen ja vaikutusmahdollisuudet                   |
| 8  | Lähtökohdat: Uudet teknologiat ja sovelluskohteet                                       |
| 11 | Riskienhallinta                                                                         |
| 14 | Palontorjunta ja ennakointi                                                             |
| 17 | Huomioitavaa energiavarastojen paloturvallisuudessa ja riskienhallinnassa               |
| 20 | Huomioitavaa sähköautojen ja latauspisteiden paloturvallisuudessa ja riskienhallinnassa |
| 24 | Jatkuva paloturvallisuuden ylläpito ja riskien arviointi                                |
| 25 | Yhteenveto ja jatkotarpeet                                                              |

# Toimintamallikaavio

## Riskien tunnistaminen ja vaikutusmahdollisuudet paloturvallisuuden kehittämiseksi

**Varmista, että seuraaviin asioihin kiinnitetään huomiota, kun arvioidaan akkusovellusten ja käyttökohteiden turvallisuutta riskienhallinnan kannalta.**

Teknisten ratkaisujen lisäksi on huomioitava henkilökunnan kouluttamisen ja suunnitelmien ylläpidon tarpeet, jotta akkujen käytön turvallisuus voidaan varmistaa myös koko käytössäolon ajan. Perehdytetty ja osaava henkilökunta on avainasemassa paloturvallisuuden ylläpidossa, ennakoinnissa ja jatkuvassa arvioinnissa sekä paloa rajoittavassa ja ohjaavassa toiminnassa, jos vahinko pääse tapahtumaan.

**Riskien tunnistamisen jälkeen lopputuloksena on valikoima keinoja vahinkojen välttämiseen ja onnettomuustilanteissa toimimiseen. Henkilökunnan paloturvallisuuteen perehdyttämisellä ja harjoitellulla toiminnalla on merkittävä rooli vahinkojen estämisessä.**

Toimintaympäristö muuttuu ja tekniikka kehittyy jatkuvasti. Myös palontorjuntatekniikan toteutuksessa on otettava huomioon soveltuvuus käyttötarkoitukseen sekä olosuhteisiin.

Omistajan ja haltijan tehtäviin kuuluvat turvallisuussuunnittelu, henkilökunnan kouluttautuminen, perehdyttäminen sekä tiedon jakaminen tarvittavilta osin kaikille eri osapuolille. Teknisten ratkaisujen lisäksi tarvitaan suunnitelma siihen, miten palotilanteessa toimitaan.

## Palonsuojauskonseptin suunnittelussa ja riskien arvioinnissa tulee kiinnittää huomiota seuraaviin asioihin.



### Riskien kartoittaminen ja olosuhteiden huomiointi

- Rakenteelliset ratkaisut palon leviämisen kannalta
- Myrkyllisten savukaasujen hallinta (Sijoittelu, osastointi, tekniset ratkaisut)
- Turvallisen poistumisen hallinta ja henkilöturvallisuuden varmistaminen



### Ylläpidolliset toimenpiteet

- Kunnossapidolliset toimenpiteet (Tekniset ja rakenteelliset)



### Turvallisuusorganisaation toiminta

- Kunnossapito: Palontorjuntatekniikan ylläpito (Huomioitava erityisesti ohjaus- ja valvontatoiminteet kiinteistöautomaation kanssa)
- Henkilökunnan kouluttaminen ja tarvittava harjoittelu, jotta voidaan varmistaa henkilöturvallisuus ja hallittu poistuminen
- Suunnitelma ihmisten ohjaamiseksi ja auttamiseksi pois vaarasta
- Tukevien toimenpiteiden arviointi palon rajaamiseksi



### Palontorjunta

- Palon mahdollisimman aikainen tunnistaminen ja vaikutusmahdollisuuksien arviointi
- Laitteiston toiminta-ajan ja mitoituksen varmistaminen, jotta akku-palo saadaan rajattua. Huomioidaan pelastuslaitoksen toimintavalmiut.
- Osastoinnin varmistaminen
- Teknisten järjestelmien yhteistoiminta (Palosta syntyvien myrkyllisten kaasujen hallinta ja ohjaus)
- Turvallisuusorganisaation tarvittavien toimenpiteiden arviointi



### Pelastuslaitoksen toimintamahdollisuuksien huomiointi

- Toimenpiteet ja tekniset ratkaisut, joilla palo saadaan rajattua ja pidettyä hallinnassa ennen pelastuslaitoksen saapumista
- Kuinka varmistetaan turvalliset työskentelymahdollisuudet myös pelastuslaitokselle
- Tarvittavien menetelmien arviointi, joilla palo saadaan haltuun ja tarvittava toiminta on mahdollista
- Palon haltuun saamiseksi tarvittavien menetelmien ja toimien arviointi Sijoittelun ja palokohteen turvalliseen siirtämiseen tarvittavien menetelmien ja toimien arviointi

### Sähköautot ja latauspisteet

- Lataus- ja pysäköintipaikkojen sijoittelun arviointi
- Palon rajaamisen keinot toissijaisten palojen estämiseksi autosta toiseen
- Palokohteen poistamisen haasteet

### Sähköautot ja latauspisteet

- Turvallisten latausmenetelmien varmistaminen
- Käyttäjien ohjaaminen ja opastaminen
- Laitteiden kunnon valvonta

### Energiavarastot

- Toiminnan valvonta ja häiriötoiminnan tunnistaminen
- Ympäristön ja tilan olosuhteiden valvonta
- Järjestelmämuutosten tunnistaminen sekä
- Suunnitelmien ja järjestelmätietojen päivittäminen

### Energiavarastot

- Akkujen laadunvalvonta hankinnoissa
- Turvamekanismien varmistaminen
- Olosuhteiden ja ihmisen toiminnan huomiointi
- Tekniset asennusratkaisut ja rakenteiden vaikutus suojauksen toimivuuteen

### Sähköautot ja latauspisteet

- Palon rajaamisen varmistaminen, kunnes palo ja kohde sammutetaan tai poistetaan muilla menetelmillä

### Energiavarastot

- Suljetussa tilassa palosta mahdollisesti aiheutuvan paineen hallintamahdollisuudet

# Lähtökohdat: Uudet akkuteknologian sovelluskohteet ja paloturvallisuus

Litiumioniakut eli Li-ion-akut ovat olleet laajalti käytössä kulutuselektronikassa. Nyt niin suu-remmat kuin myös pienemmät kaupalliset ja kotitalouksien energiavarastoinnin järjestelmät ovat yleistymässä.

Akkusovelluksissa käytetään monia erilaisia akkuteknologioita, mutta litiumioni on kuitenkin yleistynyt käytössä, ja sen suosio kasvaa todennäköisesti jatkossakin. Lisäksi on huomioitava, että litiumioniakku ei ole yksittäinen akkuteknologia, vaan litiumioniakkuja on käytössä monia erilaisia tyyppejä ja niiden aiheuttamasta palovaarasta keskustellaan parhaillaan laajasti. Näkemyksiä on monia, mutta ohjeistavaa materiaalia tai käyttövalmiita suojauskonsepteja ei ole vielä saatavana.

Koska litiumioni on yleisimmin käytössä oleva akkuteknologia, keskitytään toimintamallissa tähän kemiaan pohjautuviin sovelluksiin, joita ovat yleistyvät energian varastointi ja sähköau-tojen lataukseen liittyvät haasteet. Tästä syystä tähän toimintamalliin on koottuna kirjoittamis-hetkellä käytössä olevaan kansainväliseen kirjalliseen materiaaliin perustuvaa tietoa akkutek-nologeihin liittyvistä riskeistä ja riskienhallinnallisista vaikutuskeinoista, jotta tietoa voidaan levittää ja löytää yhteistyössä uusia keinoja riskienhallintaan.

Toimintamallin julkaisuhetkellä on syytä huomioda, että akkuteknologiat kehittyvät huomata-van nopeasti ja akkujen rakenteet kehittyvät ja tehot kasvavat, jotka aiheuttavat jatkuvasti uusia riskitekijöitä, jotka on tunnistettava. Toimintamalli ei tuo suunnitteluun kaiken kattavaa vastausta akkujen paloturvallisuuteen vaan esille tuodaan riskienhallinnan avulla lähtökohdat paloturvallisuuden varmistamiseksi. Tarvittavat suojaustoimenpiteet on aina arvioitava ta-pauskohtaisesti.

Tässä toimintamallissa tarkastellaan riskejä ja torjuntakeinoja akkujärjestelmien ja ladattavien sähköautojen näkökulmasta eikä oteta kantaa yksittäisten akkuteknologiaa hyödyntävien tuot-teiden käyttöön.

## Akkuteknologian haasteita

Sovellusten monipuolistuessa ja käytön määrän lisääntyessä myös akkujen kapasiteetin ja koon odotetaan kasvavan entisestään. Litiumioni tekniikan käyttö erityisesti energianvarastointijär-jestelmissä on kasvanut huomattavasti niin isommissa järjestelmissä kuin kodeissa käytettä-vissä pienemmissä ratkaisuissa. Kotisähkövarastot ovat vielä hyvin harvinaisia, mutta tulevat oletettavasti ajan myötä yleistymään.

Energian varastoinnista on tulossa olennainen osa joustavaa ja tehokasta sähköverkkoa mo-nenlaisten potentiaalisten sovellusten avulla. On siis odotettavissa, että sähköverkon kehitys johtaa suurempaan palvelutarpeeseen. Tämä kehitys voi johtaa myös entistä tehokkaampien kokonaisuuksien käyttöönottoon alhaisemmilla kustannuksilla.

Akkuteknologiassa se valitettavasti tarkoittaa, että kustannussäästöjä tehdään usein turvalli-suusmekanismeista, jolloin riittävän suojauksen puuttuessa mahdollisten riskien ja vahinkojen mahdollisuuskin kasvaa.

Uutena ilmiönä ovat teollisuusakuiksi luokiteltavat isommat akut, joiden määrät ja käyttövo-lyymit ovat kasvussa. Akkujen käytön turvallisuusnäkökulmasta on olennaista huomioida mää-rien ja tehojen kasvaminen, jolloin riskit voivat kasvaa.

Sekä kuluttajaturvallisuuslaki että sähköturvallisuuslaki edellyttävät sitä, että tuotteista ei ai-heudu vaaraa. Toisaalta akkudirektiivi ei sisällä vaatimuksia akkujen käytön aikaiseen turval-lisuuteen. Näin ollen akkujen turvallisuuteen liittyen ei ole täsmällisiä vaatimuksia, mikä voi lisätä mahdollisuutta, että turvallisuudeltaan riittämättömiä tuotteita päätyy Suomen mark-kinoille ja energiasovelluskohteissa ei asennuskokonaisuutta ja riskejä huomioida riittävästi. Energiavarastojen osalta sijoittelua ei oikeastaan rajoita mikään sääntely, mikä voi tulevaisuu-dessa aiheuttaa riskejä, kun haavoittuva ympäristö yhdistyy valvonnan puuttumiseen ja sääs-töihin akkujen laadussa.

On myös todennäköistä, että nyt käyttöönotettavat järjestelmät tulevat olemaan käytössä vuo-sia, todennäköisesti myös seuraavalla vuosikymmenellä. Näille käytössä oleville järjestelmille tehdään käytön aikana päivitys- ja muutostöitä, jotka vaikuttavat myös käytössä olevaan ko-konaisuuteen. Tällä hetkellä käytössä olevat ohjeistukset ja käytänteet voivat jo lähitulevai-suudessa olla alimitoitettuja. Siksi jälkiasennukset voivat olla tulevaisuudessa hyvinkin toden-näköisiä ja akkutehot voivat kasvaa, mikä korostaa suunnitelmallisuuden ja riskienhallinnan tärkeyttä paloturvallisuudenkin näkökulmasta. Tuleviin vaatimuksiin ja päivitystarpeisiin voi-daan varautua ennalta suunnittelussa.

Oman haasteensa tuovat myös litiumioniakkujen uudelleenkäyttö, joka koskee erityisesti ener-giavarastoja. Tällöin käyttöön saatetaan ottaa sähköautoissa olleita, jo käytöstä kertaalleen poistettuja akkuja, joiden toiminta on siinä määrin heikentynyt, että ne eivät sovellu enää säh-köautoissa käytettäväksi. Uudessa käyttökohteessa vanhat akut asettavat monenlaisia riskejä.

## Tarpeet paloturvallisuuden näkökulmasta

Haasteita akkusovellusten toteuttamisessa ja riskienhallinnassa asettaa se tosiasia, että ris-keistä ja erityisesti palovaaroista tai palon käyttäytymisestä ei ole saatavilla riittävää tutkittua tietoa, joihin niin päätöksenteossa kuin myös ohjaavassa toiminnassa voitaisiin tukeutua, jotta voitaisiin varmistaa turvallinen asennus ja käytötapa sekä kehittää asennettujen järjestelmien laatua. Ilman selkeää ohjeistavaa suuntaa ja standardeja riskien tunnistamiselta puuttuu tar-vittava tekninen perusta.

Paloturvallisuuden näkökulmasta toteutukset voivat olla tasoltaan hyvin vaihtelevia, riippuen siitä mitä lähtötietoja on ollut käytettävissä ja mitä riskejä on tunnistettu. Tietoa tarvitaan niin suunnitteluun tai päätöksentekoon osallistuville, alan asiantuntijoille ja viranomaisille, jotta voidaan tukea uusien akkusovellusten yleistä kehitystä ja välttää riskeiltä. Teknologia yleistyy ja riskien tunnistamisen merkitys korostuu. Kaikki alalla toimivat tarvitsevat lisää tutkittua tietoa akkujen käyttäytymisestä ja toiminnasta.

Paloturvallisuudessa on tunnistettava, että teknologiat tulevat aina kehittymään ja uusia sovel-

luskkohteita, joita säädöksissä ei tunnisteta, tulee käyttöön myös jatkossa. Tähän joukkoon kuuluvat nyt tarkastellut energiavarastoratkaisut sekä sähköautot ja niiden lataamiseen liittyvät järjestelmät. Teknologiat kehittyvät myös niin nopeasti, että erilaisia akkukemioita ja käytössä olevia akkurakenteita on jatkuvasti markkinoilla lisää.

Tällä hetkellä asennusratkaisuissa vedotaan energiavarastojen osalta säädösten ja rakenteellisen paloturvallisuuden vaatimusten täyttymiseen. Rakenteellinen palonkestävyys ei ole ainoa riski, joten tämä ei lähtökohdiltaan vastaa akkuteknologian käyttöönoton tai asennusten riskeihin paloturvallisuuden näkökulmasta, jonka takia ohjeistukselle on olemassa akuutti tarve. Huomioon on otettava myös kohteen henkilö- ja poistumisturvallisuus sekä pelastuslaitoksen toimintamahdollisuudet.

Ohjeistavaa toimintaa tarvitaan myös ennalta, eikä vasta sen jälkeen, kun tilastollisesti huomataan ongelman kasvaneen liian suureksi. Uusia teknologisia sovelluksia, joita säädökset eivät tunnista tulevat vastaan myös tulevaisuudessa. Lisää tuloksia saadaan kyllä varmasti tulevaisuudessa teknologioiden yleistyessä ja sovelluskohteiden monipuolistuessa. Riskit on hankinnoissa ja suunnittelussa tunnistettava jo nyt, että vahingoilta voitaisiin välttyä ja käytön aikana alkava palon ketju saataisiin katkaistua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

## Riskienhallinta

Akkuteknologioihin liittyen paloriskistä on tällä hetkellä rajoitetusti tietoa. Kaikkia akkuteknologian ja sovelluskohteiden riskejäkään ei myöskään ole vielä tunnistettu. Myöskään palokäyttäytymisestä kuten: termisestä reaktion ketjusta, lämmön vapautumisnopeudesta tai myrkyllisten kaasujen vaaroista ja ympäristön olosuhteiden vaikutuksesta tai rakenteellisesta paloturvallisuudesta ja palonkestävyydestä, ei ole tarvittavaa tietoa saatavilla.

Litiumioniakkuteknologian voidaan yleisesti ottaen todeta olevan turvallista, kun huomioidaan, kuinka yleisiä litiumioniakut ovat. Mikään litiumioniakku ei ole täysin riskitön, kun on paljon energiaa pienessä tilassa. Akkujen käyttö lisääntyy eri sovelluskohteissa nopeasti ja on muistettava arvioida, kuinka tällä hetkellä eri tilastoja voidaan verrata, kun keskustellaan riskien todennäköisyyksistä. Akut ovat monissa sovelluskohteissa edelleen uusia tulokkaita, jonka takia riittävää tilastotietoa ei ole saatavilla tai tilastoja verrataan usein hyvin sokeasti ilman riittävää tietopohjaa.

Turvallisuuden ja palontorjunnan kannalta korkea energiatiheys yhdistettynä palavaan orgaaniseen elektrolyyttiin on haasteellinen lähtökohta Litiumionikennoja sisältävien akkujen suunnittelussa ja palonsammutuksessa. Litiumioniakkujen paloissa voi kemiallisten reaktioiden takia syntyä happea, jolloin palotapahtuma ruokkii itse itseään. Palon leviäminen erilaisissa tekniikoissa eri tavoin johtaa erilaisiin lopputuloksiin palon vaarallisuutta verrattaessa. Vaikutuksena on palon voimakkuuden tai keston kasvaminen, johon vaikuttavat myös palon leviämiseen vaikuttavat rakenteelliset ratkaisut kuten käytetyt moduulitekniikat ja asennuskokonaisuudet.

Riskianalyysi ja riskienarviointi muodostavat perustan toimivien palonsuojauskonseptien kehittämiseksi. Tehtävissä ratkaisuissa on aina tukeuduttava kohdekohtaiseen arvioon.

### Riskien tunnistaminen

Litiumioniakkuihin liittyviä riskejä ovat tulipalot, sähköiskut ja kemialliset riskit. Tulipaloriskion selkeästi merkittävin. Tulipaloriski perustuu lämpökarkaamiseen ja sillä viitataan akkukennon sisällä tapahtuvaan voimakkaasti lämpöä tuottavaan reaktioon, joka voi johtaa kaasuuntuneen elektrolyytin purkautumiseen, syttymiseen ja voimakkaaseen liekkipaloon. Riskiä lisää se, että Litiumioniakuissa käytetyt elektrolyytit ovat palavia aineita. Vaikka liekkipalo saataisiin sammutettua, reaktio saattaa edetä akun sisällä kennosta toiseen lämmön johtumisen vuoksi. Akkupalon haastavuutta lisää se, että reaktiossa akun kemiallinen reaktio tuottaa itse palon tarvitsemaa happea, jonka takia palo on vaikea sammuttaa ja palonkesto voi olla huomattavan pitkä.

Itse akkuteknologian lisäksi on ymmärrettävä asennusympäristön riskit, jolloin on huomioitava myös rakenteiden, kuten telineiden tai kaappien vaikutus palon kehitykseen ja tilan palokuorma. Tällöin on tunnistettava riskit varastointitilassa ja toiminnassa sekä ulkoisissa rakenteissa, joihin akut ovat sijoitettuna.

Akut ja niiden käytön vaarat voivat aiheuttaa vaaraa ihmisille, omaisuudelle ja mahdollisesti ympäristölle. Ihmisiin kohdistuvissa riskeissä on myös arvioitava riskille altistuvien ihmisten määrä ja seurausten vakavuus. Tällöin on arvioitava myös ihmisten käyttäytymistä, jolloin on arvioitava myös poistumismahdollisuudet ja kyky väistää vaaraa. Omaisuuden haavoittuvuu-

den kohdalla on arvioitava tulipalon etenemis- ja leviämismahdollisuudet.

Akkupaloissa erityistä riskiä henkilöturvallisuuden kannalta tuottavat palosta syntyvät myrkylliset kaasut, joiden leviäminen on pystyttävä estämään. Tämän suunnittelu vaatii kohteen rakenteellista ymmärtämistä, mutta myös yhteissuunnittelua ja teknisiä toteutusmalleja muun kiinteistötekniikan kanssa, jolloin on huomioitava esimerkiksi sulkujen, ilmanvaihdon ja osaston toimivuus.

Eri osapuolet on otettava mukaan riittävän varhaisessa vaiheessa keskustelemaan tarvittavista toimenpiteistä, riskien arvioinnista ja riittävän paloturvallisuuskonseptin suunnittelusta. Näitä osapuolia voivat olla turvallisuusorganisaation, suunnittelun, vakuutusalan, viranomaisten sekä mahdollisten konsulttien edustajat.

Tulipalolle voi altistua useita henkilöitä ja paljon rakennusmassaa. Akkupalojen luonteen takia turvallinen poistuminen on pystyttävä aina varmistamaan.

#### **Erilaiset toimintaympäristöt kuitenkin asettavat erilaisia haasteita:**

- Hoitolaitosolosuhteissa evakuoitavuus on erittäin huono ja liikuntarajoittuneisuus on otettava huomioon
- Kauppakeskuksissa ja pysäköintilaitoksissa voi palotilassa tai sen välittömässä läheisyydessä olla palon hetkellä paljon ihmisiä, joiden turvallisuus ja turvallinen poistuminen on pystyttävä varmistamaan Turvallisen poistumisen kannalta suurten ihmismäärien käyttäytyminen on pystyttävä hallitsemaan
- Kodeissa on pystyttävä varmistamaan aikainen ilmoitus palosta, evakuoinnin ja varateiden olemassaolo ja eri ikäryhmien toimintakyky palotilanteessa on otettava huomioon.
- Jokaisessa kohteessa on otettava aina huomioon myös pelastuslaitoksen toimintamahdollisuudet. Erityisesti on huomioitava sammutustyön ja palokohteen poistamisen mahdollisuudet.

#### **Riskejä ovat esimerkiksi itsesytytminen, mahdollinen voimakas ja nopea palon leviäminen ja palosta syntyvät myrkylliset kaasut. Riskit liittyvät yleensä:**

- Latausvaiheeseen tai täyteen ladattuihin akkuihin
- Akkujen ikään ja tämän vaikutus turvallisuuteen
- Vanhojen käytöstä poistettujen tai jo käytössä olleiden akkujen uusiokäyttöön ja säilytykseen

#### **Akkuja voidaan pitää suhteellisen turallisina, ellei niihin kohdistu seuraavia riskejä aiheuttavia tekijöitä:**

- Mekaaniset vauriot (paine, värinä, ulkoiset iskut)
- Väärä säilytyslämpötilat, tilassa oleva tulipalo tai muusta syystä johtuva erittäin kuuma lämpötila, joka aiheuttaa lämpökarkaamisen ulkopuolelta
- Ylilataus tai kuormittaminen
- Ajan myötä tapahtuva akun vanheneminen
- Mahdolliset valmistusvirheet
- Tai muut sähkötekniset ratkaisut, jotka voivat aiheuttaa ylilatauksen

#### **Litiumioniakkujen ja energiavarastojen riskienarvioinnissa on otettava huomioon seuraavat tekijät:**

- Mitkä ovat asennuksen paloriskit ja mikä on riskin todennäköisyys
- Aiheutuva vaara ja vaikutukset
- Akuston koko ja teho sekä yhtäaikaaisesti varastoitujen akkujen määrä vaikuttavat vaarojen suuruuteen
- Kohteen/ympäristön haavoittuvuus ja suojaustoimet
- Myrkyllisten kaasujen leviäminen tai palosta vapautuvien kaasujen mahdollisesti tuottama paine on tunnistettava ja laadittava riittävät suojauskonseptit

#### **Arviointiin vaikuttavat myös:**

- Akuston sijainti käytössä ja latauksessa
- Akkujen määrä ja teho
- Ympäröivät rakenteet
- Tilan palo-osastointi
- Ympäristössä oleva palokuorma
- Valvonnan mahdollisuudet
- Ympäröivä toiminta ja ihmisten käyttäytymisen arviointi
- Turvallisuusorganisaation toimenpiteet



# Palontorjunta ja ennakointi

Sähkö- ja akkupalot voidaan havaita paloilmoittimen ja muiden teknisten valvontatoimenpiteiden, kuten akustojen oman valvontajärjestelmän, avulla varhaisessa vaiheessa ja sammuttaa tai rajoittaa turvallisesti automaattisilla sammutuslaitteistoilla. Suojaustavoitteet voidaan saavuttaa vain, jos ymmärretään akkupalojen luonne ja riskit. Näiden tietojen pohjalta määritellään tarvittavia konsepteja paloturvallisuuden tavoitteiden saavuttamiseksi.

Turvallisuuden ja palontorjunnan kannalta litiumioniakkujen energianvarauskyky on aikaisempia käytössä olleita akkutekniikoita suurempi, mikä tarkoittaa myös, että vapautuvaa energiaa on enemmän, jolloin tulipalon riskitaso kasvaa. Litiumionikemien reaktiot voivat olla erittäin energisiä, koska akun rakenteessa olevat kennot sisältävät syttyviä elektrolyyttejä, ja siten ne eivät vain varastoi sähköenergiaa. Kemiallisen potentiaalienergian muodossa ne varastoivat huomattavaa kemiallista energiaa palavien materiaalien muodossa.

Litiumioniakkujen paloissa syntyy myös palokaasuja, jotka ovat erityisen vaarallisia. Akkujen paloon voi myös liittyä paineen muodostumista suljetussa palotilassa ja mahdollisia jonkinasteisia räjähdysmäisiä tulipaloja tilaan kertyneiden palokaasujen syttyessä palamaan. Paloturvallisuuden lähtökohtana on riskin tunnistaminen ja palon kehittymisen varhainen tunnistaminen. Energiavarastojen suojaus on kattava käsite, joka edellyttää laaja-alaista osaamista. Palonhallintaan ei ole yhtä yksiselitteistä vastausta vaan aina vaaditaan kohdekohtaista soveltamista.

## Palonsuojausta suunniteltaessa ja riskienarviota tehtäessä on otettava huomioon:

- Tietoisuus akkujen vaaroista käytön suunnittelussa
- Mahdollisuudet huomata tapahtuva vaara ajoissa
- Mahdollisuudet toimia palon tilanteessa ja turvalliset sammutustoimenpiteet
- Akkupaloista aiheutuvien myrkyllisten kaasujen hallintamahdollisuudet

Riskiä voidaan merkittävästi vähentää suojamekanismeilla. Riskinarvioinnissa on oltava käytössä erilaisia järjestelyjä vaaran havaitsemiseksi, ehkäisemiseksi ja rajoittamiseksi. Näitä voivat olla:

### Passiiviset ratkaisut:

- Rakenteet ja sijoittelu (Tilat ja palo-osastointi)
- Akkujärjestelmät kuten telineiden ja kaappien rakenteet,
- Muut suojausratkaisut (käsiammuttimet tms.)

### Aktiiviset:

- Tunnistaminen (Paloilmoitin ja muut valvontamenetelmät)
- Suojaus (Automaattiset sammutuslaitteistot)

### Organisaation toimet:

- Henkilökunnan koulutus (alkusammutuskoulutus, toimintaohjeet, evakointisuunnitelmat yms.)
- Ohjeistus ja sen noudattaminen
- Vaarassa olevien ihmisten ohjaaminen turvaan palon tilanteessa

## Sammutuslaitteistoratkaisut

Merkitsevä tekijä litiumakkupaloissa on lämpökarkaaminen, joka voidaan pysäyttää riittävällä jäähdyttämisellä. Termisen reaktion ja lämmön nousun eteneminen moduulin ulkopuolelle on tunnistettava ja toissijaiset tulipalot estettävä.

Sammutuslaitteistojen suunnittelussa on huomioitava akkupalon luonne ja mahdollinen kesto, jotka vaikuttavat tapauskohtaiseen mitoittamiseen ja toiminta-aikaan. Sammutuslaitteistosuojaus voi vähentää palon kokonaisintensiteettiä ja vaikutus jää paloa rajoittavaksi tekijäksi. Sammutuslaitteiston rooli korostuu merkittävästi lisäaikaa tuottavana osana, jolloin riittävällä mitoituksella varmistetaan palon rajoittaminen. Palotilanne pysäytetään viimeistään pelastuslaitoksen suorittamin toimenpitein.

Vesi on tämänhetkisen tiedon perusteella tehokkain sammutusaine suurmuotoisia litiumioniakkuja- ja järjestelmiä suojatessa, jolloin palon etenemistä ja leviämistä voidaan rajoittaa. Kriittisiä tekijöitä sammutuslaitteiston suunnittelussa ja mitoittamisessa ovat tulipalon kesto ja veden tarve.

Sammutusta ja palon rajoittamista varten on tapauskohtaisesti arvioitava riittävä veden määrä. Tehtyjen testien perusteella vedentulon keston mitoituksessa voidaan käyttää arvioitua sammuttamiseen tarvittavaa aikaa sekä riittävää turvakerrointa, joka on arvioitava kohdekohtaisesti yhdessä asiantuntijoiden kanssa, kun riskinarviota tehdään. Suojauskonsepteissa on mietittävä missä kohtaa kehittyvä palovaara voidaan tunnistaa ja kuinka reaktioon voidaan vaikuttaa, jolloin myös kaasusammutuslaitteistojen ennakointikäyttö voi olla perusteltua paloketjun pysäyttämiseksi. Suunnittelussa on kuitenkin ymmärrettävä toiminnallinen ero akkupalojen yhteydessä vesisammutus ja kaasusammutuslaitteistojen välillä.

## Turvalliset toimintamahdollisuudet

Riskienhallinta ja palonsuojauskonseptin suunnittelu vaatii suunnitelmien läpikäyntiä yhdessä pelastuslaitoksen edustajien kanssa, jotta operatiivisen toiminnan näkökulmasta tarvittavat toimintamahdollisuudet pystytään varmistamaan.

Pelastuslaitoksen toiminnan kannalta on arvioitava paloa ja myrkyllisten kaasujen leviämistä rajoittavien toimien lisäksi palokohteen saavutettavuus. Tällöin on otettava huomioon kohdekohtaisesti pelastuslaitoksen aika, joka kuluu ensimmäisen yksikön ja tarvittavien sammutustoimenpiteiden aloittamiseen.

Palokohde on myös akkupalojen tapauksessa pystyttävä poistamaan turvallisesti. Riskien ja toiminnan arvioinnissa on tällöin mietittävä, kuinka varmistetaan turvalliset toimintamahdollisuudet myös pelastuslaitokselle ja miten palokohteelle päästään tai kohde pystytään siirtämään. Jotta akku tai palava kohde saadaan poistettua tilasta, voidaan paikalle tarvita palon eristämisen mahdollistavia ratkaisuja. Tällaisia ratkaisuja voivat olla esimerkiksi siirrettävä palokontti, jossa palo voidaan siirtää pois kohteesta turvalliselle alueelle pois kohteesta.

## Myrkyllisten palokaasujen hallinta

Akkupalojen yhteydessä merkittävä haaste on palosta syntyvien myrkyllisten kaasujen hallinta.

Akkupalo itsessään tuottaa myrkyllisiä kaasuja, jotka ovat jo hyvin nopeasti ihmiselle hengenvaarallisia. Lisäksi erilaiset rakenteelliset ratkaisut ja käytetyt materiaalit niin energiavarastojen kuin sähköautojen rakenteissa voivat lisätä erilaisten vaarallisten kaasujen muodostumista. Ongelma ei koske vain pelastuslaitoksen turvallisia työskentelymahdollisuuksia vaan yleisesti rakennuksessa olevien ihmisten turvallisuutta. Suunnittelussa tuleekin huomioida eri tavoin kaasujen hallintakeinoja, joita voivat olla energiavarastojen sähköautojen ja latauspisteiden sijoittelu siten, että myrkylliset kaasut pystytään ohjaamaan turvallisesti ulos rakennuksesta.

Suunnittelussa tulee myös selvittää tekniset toimintamahdollisuudet ja tarpeet kohteen paloilmittimen ja savunpoiston kanssa. Lisäksi osastoivilla rakenteellisilla ratkaisuilla on merkittävä rooli henkilövahinkojen ehkäisemisessä. Tilakohtaisesti on arvioitava akkupalojen yhteydessä mihin palosta aiheutuvat kaasut voivat levitä ja kuinka tiloissa olevat ihmiset voivat altistua vaaralle. Henkilökunnan aktiivisella harjoitellulla toiminnalla, laitteistojen ylläpidolla ja ihmisten opastamisella on suuri merkitys, kun ihmisiä täytyy ohjata pois vaaratilanteesta.



## Huomioitavaa energiavarastojen paloturvallisuudessa ja riskienhallinnassa

Varhainen ja luotettava palon havaitseminen on välttämätöntä suunniteltaessa palontorjuntajärjestelmiä litiumioniakkujärjestelmille. Paloa voidaan ennakoida ja häiriötoiminta sekä lämmönkehitys voidaan tunnistaa jatkuvalla valvonnalla. Tekninen toteutus, ilmaisinalinnot sekä muut tekniset järjestelyt, jotka toteuttavat akkujen sisäistä ja ulkoista kunnon valvontaa on määriteltävä tapaus- ja kohdekohtaisesti.

Kun lämpötilan kehittyminen on havaittavissa, akut on jäähdytettävä mahdollisimman nopeasti palon ja termisen karkaamisen estämiseksi. Nopea sammutus on myös välttämätöntä ja automaattinen sammutuslaitteisto edesauttaa merkittävästi tavoitetta paloketjun pysäyttämisessä. Käytettävän akkuteknologian lisäksi asennettavien energiavarastojärjestelmien kokoonpanot voivat vaihdella suuresti. Erityisesti on huomioitava, että energiavarastojen kohdalla litiumioniakut voivat olla merkittävä palokuorma.

### Paloturvallisuuskokonaisuutta arvioitaessa on asennusteknisissä ratkaisuissa otettava huomioon suojattavan kohteen:

- Akkuvarastojen tekniset ratkaisut, kuten fyysisten lämpöesteiden vaikutus
- Rakenteellisten tekijöiden ja ympäröivien materiaalien lisäksi kattokorkeus ja moduulitelien kokoonpano voi vaikuttaa suuresti palon leviämiseen luonteeseen, nopeuteen ja vaaraan.
- Vapaan tilan käyttö ja moduulitelien erottaminen toisistaan sekä palavista ja palamattomista materiaaleista voi vähentää tulipalon leviämistä tai jopa estää sen. Tarvittavat etäisyydet edesauttavat myös sammutuslaitteiston toimintatavoitteita ja tehokkuutta.
- Palon tunnistamisen ja sammutuksen lisäksi on akkupalojen yhteydessä erityisesti huomioitava ohjaukset muun kiinteistötekniikan osalta ja kohteen turvallisuuteen vaikuttavat ilmanvaihtoon ja tilan tuuletukseen liittyvä riskienhallinta.
- Myrkyllisten kaasujen kulkeutuminen muualle rakennukseen on estettävä siten että tiloissa toimivia henkilöitä ei välillisesti altistuisi hengenvaarallisille kaasuille.
- Pelastuslaitoksen toimintamahdollisuudet on otettava teknisessä suunnittelussa esille, jotta suojaustoimenpiteet ja palon pysäyttäminen ovat mahdollisia

#### Kysymykset palon ketjun pysäyttämiseksi ovat:

- Kuinka voimme havaita akkukennon tulipalon?
- Kuinka lämmönkehitys voitaisiin tunnistaa?
- Voimmeko estää lämpökarkaamisen kulkeutumisen kennosta toiseen?
- Kuinka sammutustoimenpiteitä voidaan tehdä turvallisesti?
- Kuinka palo rajataan?
- Kuinka paljon suojauksella tarvitsee tuottaa lisääikaa, jotta muut tukevat, viimeistään pelastuslaitoksen suorittamat sammutustoimenpiteet saadaan turvallisesti aloitettua?

#### Ilmaisintorjaisissa on otettava huomioon, että:

- Pystytään luotettavasti havaitsemaan sekä akku- ja sähköpalot
- Lämpötilan nousu on tunnistettavissa eri ilmaisuvalinnoilla
- IlmaisINVALINNOISSA ja sijoittelussa on otettava huomioon tilan ilmankierto
- Näytteenottoilmaisimien tai kanavailmaisimien asettamisessa on otettava huomioon ilmastointijärjestelmän tuottama ilmavirta

#### Energiavarastojen ja akkujen palovaaroja ja riskejä voidaan ennakoida seuraavilla toimenpiteillä:

- Laaduntarkkailu
- Akun rakenteen ja toimintatavan tunnistaminen
- Virrankulun valvonta ja akunhallintajärjestelmät (BMS), jotka varaustilan valvonnan lisäksi kykenee muuttamaan lämpötilanhallintaa lataamisen aikana. Akunhallintajärjestelmät pitävät kennot halutulla turvallisella toiminta-alueella, jotta vältetään mahdollinen ylikuormitus
- Riittävät suojat lämmöltä, kolhuilta ja tärinältä

#### Muita toimenpiteitä, joilla turvallisuutta voidaan parantaa:

- Tilojen ja laitteiden yleinen puhtaus
- Akkujen tai tilan jäähdyttäminen ja lämpötilan tarkkailu
- Henkilökunnan toteuttamat valvonnalliset toimenpiteet
- Ympäristön haavoittuvuus ja mahdollinen muu toiminta, joka on otettava huomioon valvonnassa
- Säännöllinen laadunarviointi ja tekniikan päivittäminen

### Sammutuslaitteistoratkaisut

Huonetila, johon energiavarastointijärjestelmää asennetaan ja sammutuslaitteistoa suunnitellaan, suojataan kokonaisuudessaan. Suunnittelussa on huomioitava, että sammutuslaitteiston suojaus ei riitä yksin sammuttamaan akkujen tai energiavarastojen paloa. Sammutuslaitteisto auttaa kuitenkin merkittävästi vähentämään palovaaraa, jos sammutustoiminnan ja rakenteellisen paloturvallisuuden muodostama kokonaisuus on riittävästi otettu suunnittelussa huomioon.

Oikein suunniteltuna ja asennettuna sammutuslaitteisto pystyy hallitsemaan tulipalon ja estämään leviämisen telineestä toiseen, joten suunnittelussa on huomioitava tarvittavat etäisyydet, jotta vältettäisiin palon leviäminen viereisiin akkuihin tai telineisiin ja kaappeihin, joihin akut on sijoitettu. Akuston kokoonpanon mukaan kennojen palot on rajoitettava yksittäisiin

kennoihin tai moduuleihin.

Sammutuslaitteistoratkaisut ja sammutteen valinta on aina yksilöitävä suunnitelmissa tapauskohtaisesti ja arvioitava soveltuvuus, tarvittaessa kohdekohtaisten palotestien avulla. Lisäksi on määriteltävä muut tukevat toimenpiteet ja mahdollisuudet tehdä turvallisesti muita sammutustoimenpiteitä. Laajamittaiset palotestit ovat todennäköisesti tarpeen riittävän suojauskokonaisuuden luomiseksi, jotta pystyttäisiin suojaamaan rakennuksia ja ympäristöä.

Palonsuojauksessa voi käyttää myös kaasusammutuslaitteistoja, mutta tällöin on huomioitava toiminnallinen ero vesipohjaisiin sammutusratkaisuihin ja toiminnalliseen suunnitteluun. Tavoitteena on toimia hyvin varhaisessa palon vaiheessa ja estää lämpökarkaamisreaktion eteneminen kennojen välillä (katkaisemalla liekkiä), kun palon kehittyminen ja vaara on tunnistettavissa.

Kaasusammutusasennuksissa on kuitenkin ymmärrettävä, että haluttu vaikutus tapahtuu ennen paloa. Haluttu palon ketjun pysäyttävä vaikutus ei toteudu vain sammutuksessa vaan on ymmärrettävä kehittyvän tilanteen tunnistamisen merkitys ennakoivana toimenpiteenä yhdessä kohteen paloilmoittimen sekä akkujärjestelmän muiden teknisten valvontaominaisuuksien kanssa.

Sammutteina kaasut perustuvat inertoivaan, eli happea syrjäyttävään, vaikutukseen. Kuitenkaan tällä hetkellä ei ole osoittanut riittävästi tutkittua tietoa tai testituloksia riittävyydestä sammuttamaan paloa. Kaasusammutuslaitteistojen kohdalla on pohdittava missä kohti ketjua inertoiva vaikutus halutaan saada aikaiseksi. Paloon voidaan vaikuttaa jo aikaisemmin, jolloin ketjun pysäyttäminen ja riskien tunnistaminen ja aikainen havaitseminen ovat avaintekijöitä.

Sammutteen tunkeutuvuuden haasteellisuuden vuoksi on tapauskohtaisesti mietittävä erilaisia sammutusvaihtoehtoja. Kaasusammutuslaitteistojen toiminnan kannalta on huomioitava, että mitä alhaisempi on suojattavaan tilaan lopuksi jäävä happipitoisuus, sitä parempi suoja saavutetaan elektrolyyttien ja kaasujen räjähtävältä palamiselta.

#### Sammutuslaitteistoratkaisussa huomioitavaa:

- Automaattisen sammutusjärjestelmän hallinnan lisäksi palonsuojauksen konseptin mukaisesti sammutuslaitteiston tai paloilmoittimen aktivoituminen aktivoi myös kaikki muut tarvittavat ohjaus- ja valvontatoiminnot
- Riittävän toiminta-ajan varmistaminen ei pelkästään anna palokunnalle aikaa reagoida, vaan myös estää mahdollisesti viivästyneet palon syttymiset
- Tarvittavat mitoitus ja pitoisuudet rajaavan vaikutuksen varmistamiseksi. Akkupalo tuottaa itse paloon tarvitsemaansa happea, jolloin palo voi kestää pitkään tai myös syttyä uudelleen.



## Huomioitavaa sähköautojen ja latauspisteiden paloturvallisuudessa ja riskienhallinnassa

Sähköautojen paloissa on huomioitava akkupaloille ominaiset riskit, jotka vaikuttavat merkittävästi samassa palotilassa olevien ihmisten turvallisuuteen. Lataustoimenpidettä voidaan yleisesti pitää suhteellisen turvallisena ja turvalliset lataustavat ovat hyvin määriteltyjä ja tarvittavia latauksen turvallisuusmekanismeja on käytössä. Riski muodostuuakin käytössä olleiden akkujen tilasta, jossa vaikuttavat aiemmin toimintamallissa esitetyt riskit litiumioniakkujen käytöstä.

Sähköautojen osalta tarvitaan jatkossa enemmän tutkittua tietoa kun mitä nyt on saatavilla. Jatkossa tulisi selvittää tarkemmin sähköautojen palon voimakkuutta ja erityisesti myrkyllisten kaasujen kehittymistä.

Varhainen ja luotettava palon havaitseminen on välttämätöntä suunniteltaessa palontorjuntajärjestelmiä. Kun lämpötilan kehittyminen on havaittavissa, akut on jäähdytettävä mahdollisimman nopeasti palon ja termisen karkaamisen estämiseksi. Tunnistamisen lisäksi nopea sammutus ja palon rajoittaminen on myös välttämätöntä.

Sähköautojen paloon liittyy akkupaloille tyypillisiä ominaisuuksia sekä itse palotilanteeseen liittyy moniulotteisia riskejä, jotka on pystyttävä tunnistamaan. Akkupalojen riskitekijät eivät kohdistu vain latauksessa oleviin autoihin vaan kaikkiin rakennuksessa sijaitseviin sähköautoihin, joissa akkuteknologiaa on käytössä. Myös tiloja ja latauspisteiden käyttäjiä on pystyttävä ohjeistamaan turvallisista käyttötavoista ja akkuteknologiaan kohdistuvista riskeistä. Sähköautojen akkupaloriskien todennäköisyyksiin voivat vaikuttaa käytetyt lataustavat, akun ikä tai esimerkiksi ulkoiset iskut, kuten törmäyksistä aiheutuneet rakenteelliset muutokset.

Palon leviäminen on estettävä autosta toiseen, oli syttynyt auto sähköauto tai ei. Sähköauton palossa akkupalo ja auton rakenteelliset ratkaisut lisäävät sammuttamisen ja palonhallinnan haasteellisuutta. Palo on pystyttävä rajaamaan ja toissijaiset syttymiset on estettävä.

### Riskienarvioinnissa on mietittävä:

- Kuinka latauspisteet sijoitetaan?
- Kuinka myrkyllisten palokaasujen kulkeutuminen voidaan hallita ja estää?
- Kuinka turvallinen poistuminen voidaan varmistaa?
- Turvallisuusorganisaation toimenpiteet palotilanteessa?

- Ihmisten käyttäytymisen luonteen tunnistaminen kohteen toiminnan luonteen mukaisesti?
- Kuinka ihmiset ohjataan turvalliseen suuntaan?
- Paloa rajoittavien tekijöiden kuten sammutuslaitteiston määrittely (mitoitukset ja toiminta-ajan arviointi, jotta muut toimenpiteet pystytään aloittamaan turvallisesti)?
- Kuinka kohde, kuten palava auto, saadaan poistettua hallitusti kohteesta?

### Paloturvallisuuskokonaisuutta arvioitaessa on asennusteknisissä ratkaisuissa otettava huomioon suojattavan kohteen seuraavat asiat:

- Kuinka palo voidaan havaita mahdollisimman aikaisin ja luotettavasti?
- Kuinka akun lämmönkehitys voitaisiin tunnistaa?
- Kuinka sammutustoimenpiteitä voidaan tehdä turvallisesti?
- Kuinka palo rajataan huomioiden myös rakenteelliset tekijät?
- Kuinka paljon suojauksella tarvitsee tuottaa lisää aikaa, jotta sammutustoimenpiteet saadaan turvallisesti aloitettua?
- Kuinka palon tunnistamisen ja sammutuksen lisäksi huomioidaan ohjaukset muun kiinteistötekniikan osalta?
- Kuinka myrkyllisten kaasujen kulkeutuminen muualle rakennukseen estetään siten että tiloissa toimivia henkilöitä ei välillisesti altistuisi hengenvaarallisille kaasuille?
- Kuinka pelastuslaitoksen toimintamahdollisuudet otetaan teknisessä suunnittelussa esille, jotta tarvittavat suojaus- ja sammutustoimenpiteet ovat mahdollisia?

### Riskitekijät henkilö- ja poistumisturvallisuuden kannalta

Erilaisissa pysäköintitiloissa haasteita paloturvallisuuden ja henkilöturvallisuuden kannalta asettaa myös latauspisteiden sijoittelu. Latauspisteiden ja sähköautojen sijoittelun kannalta on arvioitava missä palosta aiheutuville myrkyllisille kaasuille altistumisen riskiä voitaisiin minimoida ja myrkyllisiä kaasuja voitaisiin estää kulkeutumasta muualle rakennukseen.

Latauspisteet ovat kuitenkin usein sijoitettuina sisäänkäyntien läheisyyteen tai paikoitushallien poistumistielle. Esimerkiksi kauppakeskusten pysäköintilaitoksissa suurin haaste on ihmismäärien hallinta ja henkilö- ja poistumisturvallisuuden hallinta. Teknisten ratkaisujen lisäksi hallintaan tarvitaan turvallisuusorganisaation toimenpiteitä ja valvontaa, jotta rakennuksessa toimivat ihmiset eivät altistu vaaralle.

Latauspisteiden sijoittelulle ei ole käytössä yksiselitteistä ratkaisumallia, vaan riskit muodostuvat kohteen toiminnan luonteen sekä rakenteellisten ja teknisten ratkaisujen myötä. Ensimmäisessä sijoittelussa tulee arvioida myrkyllisten kaasujen riskit ja pelastuslaitoksen toiminnan mahdollisuudet. Kokonaisuuden arvioinnin haastetta lisää myös se, että sähköauto voi syttyä myös muualla kuin latauksessa, jos jokin aikaisemmin toimintamallissa käsitelty riskitekijä toteutuu ja akku pääsee vaurioitumaan esimerkiksi käytössä.

### Sähköautopalon sammuttamisen haasteet

Akkupaloille tyypillisen luonteen takia palava sähköauto on haasteellinen sammutettava ja asettaa erityisiä haasteita niin palontorjuntatekniikalle kuin myös pelastuslaitokselle, oli syttymissy mikä tahansa. Riittävän sammutuslaitteiston toiminta-ajan varmistaminen ei pelkästään

anna palokunnalle aikaa reagoida, vaan myös estää mahdollista viivästyneet palon syttymiset.

Sammutuslaitteiston toiminnan mitoituksissa on huomioitava, että akut voivat palaa hyvin pitkään ja voivat myös syttyä uudelleen pidemminkin ajan kuluttua. Palon jatkuessa myös myrkyllisiä kaasuja muodostuu lisää.

Sammutuslaitteiston mitoitus on ensimmäisenä täytettävä käytössä olevien standardien vaatimukset. Palotestit ovat osittaneet, että syttynyttä autoa ei saada kokonaan sammutuslaitteistolla sammumaan, mutta palon leviäminen muihin autoihin saadaan estettyä riittävällä suunnittelulla ja mitoituksella. Litiumioniakut voivat olla merkittävä palokuorma ja niiden palamisreaktiot vaikeuttavat sammutustoimia. Tällöin sammutuslaitteiston mitoitus on varmistettava kohdekohtaisesti ja haastavuus huomioitava suunnittelussa.

**Seuraavia asioita on otettava huomioon riskienarvioinnissa, kun suunnitellaan nykyaikaisia sammutuslaitteistoratkaisuja:**

- Suunnittelu tehdään voimassa olevien standardien mukaisesti
- Palon leviämisen estäminen autosta toiseen pystytään estämään ja rajaava vaikutus varmistamaan
- Palokunnan sammutusveden syöttö
- Kokonaisuudessa on toteutuskohtaisesti arvioitava riittävä palokunnan valmiusaika
- Muut tarvittavat toimintaa tukevat toimenpiteet, jolla akkupalo saadaan pysäytettyä ja riski poistettua kohteesta
- Kuinka pelastuslaitos pääsee palokohteelle ja palokohteen hallittu poistaminen on mahdollista

Palokohteen poistamisen ja pelastuslaitoksen toiminnan kannalta voi olla haastavaa tunnistaa palokohteen eli ajoneuvon tyyppi sekä saada siirrettyä tarvittava kalusto palokohteelle, jotta palavan kohteen poistaminen olisi mahdollista. Toinen ongelma liittyy pelastushenkilökunnan työturvallisuuteen, sillä palavista akuista vapautuu aineita, joilta suojaavia varusteita ei ole vielä markkinoilla.

## Uudet sovellukset kodeissa ja taloyhtiöissä

### Latauspisteiden yleistyminen

Uudenlaiset akkujen käyttösovellukset ja sähköautojen lataukseen kohdistuvat riskit eivät koske vain suuria pysäköintitiloja vaan on huomioitava tulevaisuuden haasteet latauspaikkojen monimuotoisuudesta niin sähköautojen kuin niiden lataamisen yleistymisen myötä myös kodeissa ja taloyhtiöissä.

Hallituksen esityksessä, maankäyttö- ja rakennuslain 18 luvun 126 §:n muuttamisesta, ehdotetaan säädettäväksi uusi laki sähköajoneuvojen latausvalmiuksista ja latauspisteistä rakennuksessa sekä rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmästä. Laissa säädettäisiin velvollisuuksia suunnitella ja rakentaa sähköajoneuvojen latauspisteitä ja latausvalmiuksia. Paloturvallisuuden osalta vedotaan asetukseen rakennusten paloturvallisuudesta, joka ei kuitenkaan tunnista sähköautojen paloriskejä ja vaikutusta rakenteelliseen paloturvallisuuteen.

Tämänhetkisessä tilanteessa säädökset eivät vielä tunnista toimintamallissa aiemmin esille

nostettuja paloturvallisuuteen liittyviä moniulotteisia haasteita, jotka suunnittelussa tulee ottaa huomioon. Haasteet koskevat niin teknisiä ja rakenteellisia ratkaisuja kuin myös henkilöturvallisuutta ja pelastuslaitoksen toimintaa.

**Myös taloyhtiöissä latauspisteiden riskienarvioinnissa on huomioitava:**

- Asukkaiden ohjeistaminen turvallisesta käytöstä ja tiedottaminen riskeistä
- Palon mahdollisimman aikainen tunnistaminen paloilmoittimella ja järjestelmän toiminnan valvonnalla
- Palosta syntyvien myrkyllisten kaasujen leviäminen ja vaikutus henkilöturvallisuuteen
- Osastointi ja savunpoiston käytön mahdollisuudet
- Sammutuslaitteiston tarve ja asennusmahdollisuudet
- Turvalliset toimintamahdollisuudet ja poistumisturvallisuuden varmistaminen
- Pelastuslaitoksen toimintamahdollisuudet sammutustyössä ja palavan kohteen poistamisessa

## Latausjärjestelmän valinta

Sähköajoneuvojen lataamiseen käytettävien kiinteistöjen sähköverkkojen asennusvaatimukset esitetään standardeissa. Suositeltavin lataustapa on sähköalan ammattilaisen asentama kiinteä latauspiste. Latausasema on sähkölaite, jota koskee laitestandardi. Sähköturvallisuuslain edellyttämä käyttöönottotarkastus tulee tehdä kiinteille asennuksille, joihin latausaseman syöttö kuuluu. Sähköjärjestelmän kunto ja mitoitus on selvitettävä ennen muutostöitä, jolloin tiedetään, voidaanko järjestelmään liittää uutta kulutusta vai onko sähkönjakelua muutettava.

Olemassa olevat vanhat sähköasennukset eivät välttämättä sovellu sellaisenaan sähköajoneuvon latausjärjestelmän toimintaan ilman muutostöitä. Etenkin vanhoissa kiinteistöissä on syytä tarkistaa asennusmahdollisuudet ja sähköjärjestelmien kunto.

Kaikki pistorasiat, kuten autolämmityspistorasiat ja muut kotitalouspistorasiat, eivät kestä jatkuvaa tai suurilla tehoilla tapahtuvaa lataamista. Tällöin ylikuumenemisen riski kasvaa huomattavasti. Käytettäessä latauskäyttöön suunniteltuja sähköauton latauspisteitä sähköauton lataaminen on turvallista. Lataustapahtuman sähköturvallisuus on varmistettu suojalaitteilla ja lataus keskeytyy häiriötilanteessa, jos esimerkiksi latauspisteen suojalaitteet havaitsevat ylikuormituksen tai eristevian.

## Energian varastoinnin haasteet

Energiavarastot tulevat yleistymään jatkossa myös pienemmissä kohteissa kuten kodeissa ja taloyhtiöissä. Näissä toteutuksissa on huomioitava aikaisemmin toimintamallissa esille nostetut moniulotteiset paloturvallisuuteen ja energiavarastoihin kohdistuvat riskit. Toimittajat vetoavat usein rakenteellisten paloturvallisuusvaatimusten täyttymiseen, joka ei yksinään vastaa kaikkiin teknologian käyttöön liittyviin riskeihin.

Myös aikaisemmin käytössä olleet akut asettavat uudenlaisia riskejä uudelleenkäytössä. Esimerkiksi alkuperäinen valmistaja ei ole todennäköisesti tarkoittanut akkuja käytettäväksi energiavarastona. Tällöin muutostöissä on tehtävä riittävät varmistustoimenpiteet, jotta voidaan olla varmoja, että tuote toimii turvallisesti uudessa käyttötavassaan.

# Jatkuva paloturvallisuuden ylläpito ja riskien arviointi

Riskien tunnistamisen jälkeen lopputuloksena on valikoima keinoja vahinkojen välttämiseen ja onnettomuustilanteissa toimimiseen. Riskienarviointia ja tarvittavien lähtötietojen arviointia tehdään, jotta onnettomuuksilta voidaan välttyä, toiminnan jatkuvuus varmistaa ja toimia oikein hälytystilanteessa. Niin laitteistojen ylläpidon kuin myös riskien arvioinnin tulee olla jatkuva prosessi. Tällöin on tiedostettu kohteiden erityisluonne ja poikkeukselliset riskit.

Palontorjuntatekniikan suunnittelu on aina erityissuunnittelua, jolloin on varmistettava suunnittelijan osaaminen ja soveltuvuus tehtävään. Palontorjuntatekniikan on oltava kohteeseen soveltuva ja asianmukaisesti toteutettu sekä toimittava luotettavasti. Laitteistojen yhteensovittamisen tulee perustua kohteen sekä riskien arviointiin ja laitteiden soveltuvuuteen. Laitteistovalinnassa tulee aina arvioida kohteen sekä toimintaympäristön riskit kohdekohtaisesti, jotta voidaan valita soveltuvin vaihtoehto.

Toimintaympäristö muuttuu ja tekniikka kehittyy jatkuvasti. On hyvin tärkeää, että teknisten ratkaisujen ja laitteistojen asianmukaisuuden varmistaminen on jatkuva prosessi, jossa käyttötapojen ja ympäristön muutosten mukana myös palontorjuntatekniikka päivitetään vastamaan olosuhteita.

Laitteiston tietoja on myös muistettava päivittää. Kohteen muutosten yhteydessä tulee palontorjuntatekniikan ja kohteen riskien arviointi ja kunnossapito-ohjelma päivittää vastaamaan todellisuutta. Arvioinnissa on uudelleen otettava huomioon muuttunut kohteen toiminta ja olosuhteet sekä laitteistoille tehdyt muutokset.

Rakennuksen palontorjuntatekniikan sekä paloturvallisuuden ylläpito ja valvonta kuuluvat rakennuksen omistajalle ja haltijalle sekä toiminnan harjoittajalle. Sen lisäksi, että suunnitelmat päivitetään ajan tasalle, on tarvittavat toimenpiteet myös jalkautettava käytännöksi.

Omistajan ja haltijan tehtäviin kuuluvat turvallisuussuunnittelu, henkilökunnan kouluttaminen, perehdyttäminen sekä tiedon jakaminen tarvittavilta osin kaikille eri osapuolille. Teknisten ratkaisujen lisäksi tarvitaan toiminnallinen suunnitelma siihen, miten palotilanteessa toimitaan, kuinka tieto välitetään tarvittaville tahoille ja mitä vaaran uhatessa voidaan turvallisesti tehdä. Erittäin merkittävässä roolissa niin ennakoinnin kuin palotilanteen hallinnan osalta on kohteen oma turvallisuusorganisaatio. Aktiivinen paloturvallisuuteen perehdyttäminen ja kouluttaminen on ensisijaisen tärkeää, jotta haluttu tavoite turvajärjestelyissä saavutetaan.

# Yhteenveto ja jatkotarpeet

Akkuteknologiat yleistyvät nopeasti ja uudenlaisia käyttökohteita tulee käyttöön myös tulevaisuudessa. Myös erilaiset teknologiat akkusovelluksissa kehittyvät ja rakennetun ympäristön muutostahti on nopeaa, jolloin kaikkiin paloturvallisuuteen liittyviin kysymyksiin ei säädöksissä ole otettu kantaa. Näihin lukeutuvat nyt toimintamallissa käsitellyt akkuteknologian sovellukset. Esimeriksi akustotilojen toteutukselle ei ole Suomessa annettu ohjeita tai standardeja.

Toimintamallin laadintahetkellä haasteita nostaa esille niin asiantuntijoiden kuin mediassa esitettyjen paloturvallisuuskäsitteiden yleistäminen. Paloturvallisuutta tarkastellaan usein vain yhdestä näkökulmasta, kun akkuteknologian osalta tulee tunnistaa paloriskien moniulotteiset haasteet. Jatkossa alalla tarvitaan yhteistyötä ja keskustelua, jotta löydetään yhtenäisiä ohjeistuksia ja käytettävissä olevia ratkaisumalleja paloturvallisuuden parantamiseksi.

Toimintamallissa käsitellyt akkuteknologian sovellukset ovat niin uusia, että tilastojen vertaaminen käytössä olleisiin menetelmiin eivät kerro koko totuutta. Sähköautojen käyttö liikenteessä on tällä hetkellä vielä suhteellisen vähäistä, mutta kasvaa voimakkaasti niin kotimaassa kuin kansainvälisestikin, joten tukeutuminen tilastoihin riskien todennäköisyyksien arvioinnissa voi akkupalojen osalta vääristää käsitystä riskien mahdollisuuksista, kun riskejä on joka tapauksessa olemassa ja kaikkia emme vielä ole välttämättä tunnistanee.

Akkujen ja lataustekniikoiden tehojen kasvaminen ja käyttötavat voivat lisätä huomattavasti palon riskiä. Emme vielä tiedä esimerkiksi sähköautojen käytön vaikutusta riskien todennäköisyyksiin. Näihin tekijöihin lukeutuvat ikä, käytettävät lataustavat ja ulkoiset iskut, jotka voivat vaikuttaa riskien toteutumisen todennäköisyyksiin.

Erityisesti akkupalossa muodostuvat erittäin myrkylliset kaasut ovat osa-alue, johon tulee kiinnittää huomiota. Kaasujen muodostumiseen vaikuttavat myös merkittävästi muut ympäröivät materiaalit, jotka voivat palon yhteydessä syttyä tuleen ja muodostaa erilaisia palokaasuja. Esimerkkinä toimivat uusien autojen rakenteissa käytetyt materiaalit.

Lisää tutkittua tietoa tarvitaan akkupalojen käyttäytymisestä ja termisen reaktion etenemisestä energiavarastoissa ja sähköautoissa. Muita lisäselvitystä vaativia tekijöitä ovat palon leviämisen mahdollisuudet, ympäristön olosuhteiden ja rakenteellisten ratkaisujen vaikutus paloturvallisuuteen. Erityisesti sähköautojen osalta myös palokuormat sähköautojen ja polttomoottorillisten autojen välillä ovat aiheuttaneet keskustelua ja lisää tietoa tarvitaan palon luonteesta, jotta alalla löydetäisiin turvallisia ja soveltuvia sammuksratkaisuita sekä menetelmiä, joilla paloa voidaan ennaltaehkäistä tai rajoittaa. Myös kansalaisviestintää on pystyttävä lisäämään ja alan yhteistyöllä voidaan vaikuttaa ennalta riskien todennäköisyyksiin tunnistamalla tarpeita paloturvallisuuden näkökulmasta.

## Lisää tietoa ja apuvälineitä riskienhallintaan

- **SFS-ISO 31000:2018** opastaa kuinka tehokkaasti tunnistaa, arvioida ja käsitellä riskien vaikutusta. Standardissa kuvataan toimintamalli, joka antaa periaatteet ja ohjeet riskien hallitsemiseen järjestelmällisesti missä tahansa toimintaympäristössä. Standardin avulla voidaan kehittää riskienhallintastrategia.

Standardin soveltaminen auttaa organisaatioita näkemään sekä riskien positiiviset mahdollisuudet että negatiiviset seuraukset. Se mahdollistaa tietoon perustuvan ja siten vaikuttavamman päätöksenteon. Standardia SFS-ISO 31000 voivat käyttää kaikki organisaatiot, ja se soveltuu kaiken tyyppisten riskien käsittelyyn. Standardi on tarkoitettu kaikille, jotka ovat tehävissään tekemisissä riskien ja niihin liittyvän päätöksenteon kanssa.

- **SFS-EN 31010:2019** kansainvälinen standardi tukee standardia ISO 31000 ja antaa ohjeita systemaattisen menetelmän valinnalle ja soveltamiselle riskin arvioinnissa. Tämän standardin mukainen riskin arviointi on avuksi muissa riskienhallintatoimenpiteissä. Standardissa esitetään joukko käyttöön soveltuvia tekniikoita sekä erityisviittauksia muihin kansainvälisiin standardeihin, joissa käsitteet ja sovellustekniikat on kuvattu yksityiskohtaisemmin.

Ajantasaiset standardit ovat löydettävissä osoitteesta <https://sales.sfs.fi>

- **TUKES - Lisää tietoa litiumioniakkujen elinkaaresta**

Sivu kertoo akkujen elinkaaresta, akkujen turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä ja keskeisistä riskeistä ja sivulle on koottu tietoa elinkaaren eri vaiheisiin liittyvistä säädöksistä ja viranomaisista. <https://tukes.fi/litiumioniakkujen-elinkaari>

### Lisätietoa sähköautojen turvallisesta lataamisesta:

- **SESKO – Sähköajoneuvojen lataussuositus**

Sähköajoneuvojen (täyssähköautot, lataushybridit ja kevyet sähköajoneuvot) lataamiseen käytettävissä sähköverkoissa ja niiden suunnittelussa on noudatettava pienjänniteasennuksia käsittelevässä standardisarjassa SFS 6000 esitettyjä perusvaatimuksia.

Standardissa SFS 6000-7-722 annetaan erityisvaatimuksia sähköajoneuvojen lataamiseen tarkoitetuille asennuksille.

Tässä suosituksessa esitetään täydentäviä ohjeita sähköajoneuvojen lataukseen käytettävälle uusille asennuksille ja olemassa olevien asennusten laajentamiselle sekä muuttamiselle sellaisiksi, että niistä voidaan sähköajoneuvoja ladata turvallisesti.

[https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin\\_aihealueita/sahkoautot\\_ja\\_latausjarjestelmat](https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat)

### Lisätietoa palontorjuntatekniikan standardeista:

- **Harmonisoidut EN-tuotestandardit:** Kansallisen lainsäädännön ja asetusten lisäksi Suomessa noudatetaan harmonisoituja eurooppalaisia tuotestandardeja, joiden avulla täytetään direktiivien vaatimukset. Eurooppalainen standardi antaa vaatimukset suunnittelulle ja standardien käytössä on kuitenkin aina noudatettava uusinta versiota.

Pelastustoimen laitelain (10/2007) soveltamisalueeseen liittyvät, voimassa olevat yhdenmukaistetut (harmonisoidut) standardit löytyvät hEN Helpdeskin sivuilta tai SFS:n sivuilta.

<http://www.henhelpdesk.fi/>

- **Ajantasainen lainsäädäntö**

Finlex<sup>®</sup> on oikeusministeriön omistama oikeudellisen aineiston julkinen ja maksuton Internet-palvelu. <https://www.finlex.fi/fi/>

Sisäministeriö johtaa, ohjaa ja valvoo pelastustointia ja valmistelee sitä koskevan lainsäädännön. Pelastustoimea koskevat keskeiset lait ja asetukset:

<https://intermin.fi/pelastustoimi/lainsaadanto>

Ympäristöministeriön hallinnonalan lait, asetukset ja ohjeet sekä valmisteilla olevat lainsäädäntöhankkeet on koottu osoitteeseen:

<http://www.ym.fi/fi-FI/Lainsaadanto>

### Lisää tietoa aiheesta:

- **Kotimaiset lähteet**

TUKES - Selvitys Li-akkujen turvallisuustekijöistä, Gaia Consulting

SESKO – Sähköajoneuvojen lataussuositus [https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin\\_aihealueita/sahkoautot\\_ja\\_latausjarjestelmat](https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat)

MOTIVA

Sähköautojen latauspisteet kiinteistöissä [https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/taloyhtiöt/sahkoautojen\\_latauspisteet](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiöt/sahkoautojen_latauspisteet) Sähköauton lataustekniikka ja turvallisuus

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/autotyyppi/sahkoauton\\_lataustekniikka\\_ja\\_turvallisuus](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/autotyyppi/sahkoauton_lataustekniikka_ja_turvallisuus)

### Kansainvälisiä lähteitä (Eng)

- **HAL:** Comparison of the fire consequences of an electric vehicle and an internal combustion engine vehicle

- **The Fire Protection Research Foundation:** Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment - Final Report

- **NFPA 855 Standard** for the Installation of Stationary Energy Storage Systems

- **NFPA & Research Foundation:** Hazard Assessment of Lithium Ion Battery Energy Storage Systems, FINAL REPORT
- **NFPA & Research Foundation:** Sprinkler Protection Guidance for Lithium-Ion Based Energy Storage Systems, FINAL REPORT BY: R. Thomas Long, Jr., P.E., CFEI Amy M. Misera, CFEI
- **RISE SAFETY & TRANSPORT FIRE RESEARCH** Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles Roeland Bisschop, Ola Willstrand, Francine Amon, Max Rosengren RISE Report 2019:50
- **Siemens Fire protection for Li-ion battery energy storage systems** White Paper January
- **2019 VdS Lithium Batteries 3103en: 2019-06**
- VdS 3856en Sprinkler Protection of Lithium Batteries

# Aurinkopaneelien paloturvallisuus ja riskienhallinta

# Sisällysluettelo

Sisällysluettelo toimii klikkaamalla

|    |                                                                           |
|----|---------------------------------------------------------------------------|
| 31 | Toimintamallikaavio: Aurinkopaneelien riskienhallinta ja paloturvallisuus |
| 34 | Paloturvallisuus ja riskienhallinta                                       |
| 36 | Suunnittelu ja asentaminen                                                |
| 38 | Pelastuslaitoksen toiminnan kannalta huomioitavaa                         |
| 41 | Säädöstarpeet ja aurinkopaneeliasennusten huomiointi                      |
| 44 | Suunnitelmallisuus – Ylläpito ja merkinnät                                |
| 46 | Lisää materiaalia aiheesta                                                |

## Toimintamallikaavio – Aurinkopaneelien paloturvallisuudessa ja riskienhallinnassa huomioitavaa

### Aurinkopaneeliasennusten riskienhallinta

Paras turvallisuustaso saavutetaan, kun järjestelmät suunnitellaan, asennetaan ja tarkastetaan määräysten mukaisesti. Asennuksissa ja käytössä tulee noudattaa laitetoimittajien antamia ohjeita ja varmistaa, että järjestelmälle on olemassa asianmukainen kunnossapito-ohjelma ja mahdolliselle palotilanteessa tarvittavalle toiminnalle löytyy laadittu suunnitelma.

Aurinkopaneelien asentaminen ja käyttöönotto on aina rakennukseen liittyvä ratkaisu, joka vaatii asianmukaisen suunnittelun ja selvityksen myös rakenteellisilta osilta, kuten paloturvallisuuden ja rakenteiden kantavuuden näkökulmasta. asennusten rakennusluvanvaraisuus on hyvä selvittää paikallisesti ja noudattaa annettuja ohjeita.

#### LAADUNHALLINTA



Asianmukaisten tarkastusten, suunnittelun ja laadunhallinnan merkitys korostuu myös käytön aikana. Kaikki aurinkopaneelit tulee dokumentoida ja omavalvonnan merkitystä korostaa, jotta vahingoilta voitaisiin välttää.

#### SUUNNITTELU JA ASENNUKSET



Asennuksissa käytetään ammattilaista, jolloin asennukset ja suunnittelun on tehnyt riittävät sähköpätevyudet omaava sähköalan ammattilainen. Asennuksissa käytetään vaatimukset ja standardit täyttäviä sähkölaitteita ja komponentteja. Asennetulle järjestelmälle tehdään asianmukaisesti käyttönottotarkastus ja kaikilta sähkölaitteiden omistajilta tulee löytyä laitteistosta asianmukaiset käyttönottotarkastuspöytäkirjat.

Suurimmat haasteet ovat normaaliin sähköturvallisuuteen liittyvä, joilta standardeja noudattamalla voitaisiin välttää. Palojen taustalla on usein suunnittelu- ja asennusvirheet, jotka ovat merkittävin yksittäinen syy aurinkopaneelien tulipaloille.

#### TURVALLISET TYÖSKENTELY- MAHDOLLISUUDET



Ensimmäinen merkittävä tieto pelastuslaitokselle on tieto siitä, että kohteessa on aurinkopaneelileitä käytössä. Onnettomuustilanteessa on pystyttävä toimimaan ja varautumaan oikeanlaisilla varusteilla ja välineillä sekä työturvallisuuteen vaikuttavat riskit on tunnistettava

**Sammutustöitä aloitettaessa on tärkeää saada vastaukset seuraaviin kysymyksiin:**

- Onko kohteessa aurinkopaneelijärjestelmä?
- Mille alueelle järjestelmä on asennettuna?
- Missä voi olla käytössä vaarallisia jännitteitä?
- Kuinka sähköiskun riskejä voidaan pienentää ja mistä on saatavilla apua järjestelmän hallintaan?

#### SUUNNITEL- MALLISUUS



Saatavilla olevan asianmukaisen dokumentoinnin ja ohjeiden merkitys korostuu onnettomuustilanteessa tarvittavan pelastuslaitoksen toiminnan kannalta. Aurinkopaneelijärjestelmä on oltava tunnistettavissa ja Käytössä on oltava asianmukaiset opasteet sekä tarvittavat yhteyshenkilöt ja turvallisuuteen liittyvä ohjeistus tulee löytyä kohteelta. Paneelijärjestelmien tietokortit ovat hyvä keino lisätä järjestelmien käytettävyyttä. Kohteelta on myös löydettävä kunnossapitosuunnitelma, joka auttaa varmistamaan tarvittavien huoltotoimenpiteiden tekemisessä.

### Ylläpito

- Kuten muutkin sähköasennukset ja järjestelmät vaativat säännöllistä huoltoa. Aurinkosähköjärjestelmä on muiden teknisten laitteiden tavoin tarkastettava ja huollettava säännöllisin väliajoin. Kaikki tarkastus-, huolto- ja korjaustyöt on annettava pätevien henkilöiden tehtäväksi
- Ylläpito on omistajatahon ja käyttäjän vastuulla.

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksen laadulla ja asentajien ammattitaidolla on suuri merkitys järjestelmän turvallisuuteen. On tärkeää, että laitteet tarkastetaan ja huolletaan riittävän usein, sillä myös aurinkopaneelien halkeamat ja vikaantumiset voivat aiheuttaa sähköiskun ja tulipalon vaaran.



## Lähtökohdat

Aurinkosähköjärjestelmien asennukset ovat lisääntyneet aurinkoenergian kysynnän kasvun myötä ja katolle asennettavat aurinkopaneelit yleistyvät koko ajan. Huomioitavaa on, että käytön yleistyminen ei näy samassa suhteessa toteutuneisiin paloihin aurinkopaneelijärjestelmistä. Kuitenkin asennuksiin ja käyttöön liittyy riskejä, jotka on tunnistettava, jotta vahingoilta voidaan välttyä. Aurinkosähkö eli aurinkopaneelijärjestelmien käyttö on yleistynyt niin kodeissa kuin mökeillä, mutta myös suurempia asennuskokonaisuuksia otetaan yhä useammin käyttöön.

Myös itse aurinkopaneeliteknologia kehittyy nopeasti ja on haastavaa vertailla tapahtuneita vahinkoja ja tehdä tilastollisia vertailuja nykypäivään, koska käytettävien komponenttien laatu ja sähköasennuksiin liittyvät ohjeet ovat kehittyneet merkittävästi. Teknologia tulee kehittämään myös jatkossa ja asettamaan riskienhallinnallisia haasteita. Uuden merkittävän haasteen asettavat tällä hetkellä esimerkiksi katoille ja seinärakenteisiin integroitavat paneelijärjestelmät. Lisäksi koot ja tehot tulevat myös jatkossa kasvamaan sekä saatavan energian varastointi ja akkuteknologian käyttö lisäävät haasteiden moniulotteisuutta.

Tämä asettaa haasteita niin säädöksille kuin ohjeistavallekin materiaalille, joiden on pystyttävä tunnistamaan kehittyneet asennusmenetelmät. Myös pelastustoimen on seurattava näiden teknologioiden kehitystä, kun joudutaan tekemään ohjeistavaa toimintaa ja varmistamaan turvalliset työskentelymahdollisuudet pelastuslaitoksen kannalta myös palotilanteessa. Ohjaavaan työhön tarvitaan uusia materiaaleja, sillä tällä hetkellä ei vielä ole antaa riittäviä erityisohjeita aurinkosähköjärjestelmiin liittyen, koska asiaa ei ole tutkittu tarpeeksi.

Aurinkopaneelien asentaminen ja käyttöönotto on aina rakennukseen liittyvä ratkaisu, joka vaatii asianmukaisen suunnittelun ja selvityksen myös rakenteellisilta osilta, kuten paloturvallisuuden ja rakenteiden kantavuuden näkökulmasta. Ongelmat asennuksissa johtuvat usein inhimillisistä virheistä, jotka ovat vältettävissä asianmukaisella suunnitellulla ja laadunhallinnalla. Tähän voidaan auttaa jatkossa tiedontuotannolla ja saatavissa olevalla ohjeistavalla materiaalilla eri osapuolille. Teknologian kehittyessä tietokin voi vanhentua. Tästä syystä nyt toimintamallissa tunnistetaan riskit, joihin voidaan vaikuttaa laadunhallinnalla.

Tässä toimintamallissa keskitytään aurinkopaneelijärjestelmien paloturvallisuuteen ja riskienhallintaan. Toimintamalli käsittelee aurinkopaneeleita ja asennuksia, jota keräävät ja muuttavat aurinkoenergian sähköksi. Toimintamallissa ei käsitellä esimerkiksi katolle asennettavia lämpökeräimiä. Julkaisu perustuu tähänhetkiseen tietoon ja kokemukseen vahinkojen ehkäisemisestä ja riskien hallinnasta.

Huomioi käynnissä oleva hanke ohjeistavasta materiaalista!

### Aurinkosähkön paloturvallisuus -projekti 2020-2021

#### Hankkeen taustaa:

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_paloturvallisuus\\_-\\_projekti\\_2020-2021](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_paloturvallisuus_-_projekti_2020-2021)

Projektin tavoitteena on parantaa yleistä ymmärrystä aurinkosähköjärjestelmiin liittyvistä riskeistä sekä lisätä paloturvallisuuteen liittyvää osaamista eri kohderyhmät ja käyttäjät huomioiden, kun aurinkosähköntuotanto ja tuotantokohteet lisääntyvät Suomessa. Tavoitteena on saada eri kohderyhmät tietoisiksi ja toimimaan niin, että aurinkosähkön paloturvallisuuteen liittyvät seikat on huomioitu niin uudis- kuin olemassa olevissa kohteissa.

Projektin aikana tuotetaan tietoa ja materiaalia mahdollisimman laajasti aurinkosähkökohteiden omistajien, käyttäjien ja ammattilaisten tietoon. Projektin pohjaksi on vuonna 2019 teetetty laaja yhteenveto selvitys olemassa olevan tausta-aineiston pohjalta. Projekti valmistuu vuonna 2021.

# Paloturvallisuus ja riskienhallinta

Kuten kaikissa sähkölaitteissa myös aurinkosähköjärjestelmissä on olemassa riski tapaturmille. Aurinkosähköjärjestelmiä pidetään yleisesti hyvin turvallisena, eikä tilastoituja tapaturmia ole paljoa. Aurinkosähköteknologia kehittyy jatkuvasti ja siksi niihin liittyvien säädösten ja ohjeiden tulisi seurata kehitystä. Kuitenkin tapaturmien riski on olemassa ja aurinkosähköjärjestelmän luonteen takia tapaturmat voivat usein olla vakavia ja asettaa haasteita niin pelastuslaitokselle kuin myös asukkaille. Tietoisuutta aurinkopaneelijärjestelmien riskeistä on pystyttävä lisäämään, jotta teknologian käytön lisääntyessä voitaisiin ohjaistavalla toiminnoilla pienentää riksien toteutumisen todennäköisyyttä.

Aurinkopaneeleita ja aurinkosähköjärjestelmiä koskevia tilastotietoja ei ole vielä riittävästi saatavilla. Toki tulipaloja on vielä verrattain vähän. Tilastollisesti tapahtuneista vahingoista on voitu havaita, että käyttöönoton jälkeinen vuosi paljastaa asennuksissa tehdyt virheet. Asianmukaisten tarkastusten, suunnittelun ja laadunhallinnan merkitys korostuu myös käytön aikana. Kaikki aurinkopaneeliasennukset tulee dokumentoida ja omavalvonnan merkitystä korostaa, jotta vahingoilta voitaisiin välttyä. Myös säädösten on tunnistettava aurinkopaneelisiin liittyvät riskit ja lisättävä ohjeistusta suunnitteluun ja käyttäjän vastuuseen ylläpidosta, jotta kehitystä voitaisiin saada aikaiseksi.

Tilastointivertailussa aurinkopaneelien käytössä tapahtuneista vahingoista on haasteellista, koska eri maiden väliset tilastointimenetelmät voivat vaihdella suuresti. Jossain maissa esimerkiksi aurinkopaneelien määrät voivat perustua vapaaehtoisin ilmoituksiin tai oletuksiin ja arvioihin. Eri maiden välillä myös ympäristöolosuhteet käytössä ja ylläpidossa vaihtelevat suuresti ja voivat aiheuttaa toisissa maissa enemmän riskejä kuin toisessa.

## Riskien torjumisessa auttaa, kun:

- asennuksissa käytetään ammattilaista, jolloin asennukset ja suunnittelun on tehnyt riittävät sähköpätevyudet omaava sähköalan ammattilainen
- asennuksissa käytetään vaatimukset ja standardit täyttäviä sähkölaitteita ja komponentteja
- asennetulle järjestelmälle tehdään asianmukaisesti käyttöönottotarkastus ja kaikilta sähkölaitteiden omistajilta tulee löytyä laitteistosta asianmukaiset käyttöönottotarkastuspöytäkirjat
- huolehditaan riittävästä kunnonvalvonnasta ja säännöllisestä tarkastamisesta
- seurataan olosuhteiden vaikutusta laitteiden kuntoon (esimerkiksi seuraavat vaikutukset: tuuli, vesi, lumi, rakeet, pöly)
- saatavilla on tarvittava ohjeistus järjestelmän asianmukaisesta käytöstä
- laitteistolle on määritetty käytöstä vastaava taho, joka pystyy tekemään tarvittavat toimenpiteet ja tarvittaessa ajamaan järjestelmän alas turvalliselle toimintatasolle
- merkinnät ovat kunnossa ja järjestelmä ja sen osat ovat tunnistettavissa
- huomioidaan myös pelastuslaitoksen toimintamahdollisuudet

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksissa riskejä voi muodostua suunnittelu-, aseennus ja käyttövirheiden vuoksi. Lisäksi järjestelmien rakenne ja toiminta altistuu useille ulkoisille uhille, kuten seuraaville:

- tuuli
- lumi, jää
- raesade
- salama ja ylijännite
- tulipalo
- varkaus
- tuhoeläimet

Aurinkosähköpaneeliston kaapelointi ja siihen liitetyt komponentit altistuvat yleensä UV-säteilylle, tuulelle, vedelle, lumelle ja muille sääilmiöille. Kaapeloinnin ja komponenttien tulee soveltua käyttötarkoitukseen ja ne tulee valita kestämaan asennusympäristön sääilmiöiden vaikutukset.

Onnettomuudet ovat johtuneet usein sähkölaitteiden vikaantumisista. On myös hyvä muistaa, että sähkölaitteen tai -laitteiston väärä käyttö, virheellinen asennus tai huollon puute saattaa aiheuttaa tulipalon. Erityisesti sähköiset liitokset, kuten paneelien liitokset toisiinsa tai runkojohtoihin, ovat kovassa rasituksessa. Oikein tehdyt ja yhteensopivat liitokset ovat ensisijaisen tärkeä osa oikeaa toteutusta.



# Suunnittelu ja asentaminen

Paras turvallisuustaso saavutetaan, kun järjestelmät suunnitellaan, asennetaan ja tarkastetaan määräysten mukaisesti. Asennuksissa ja käytössä tulee noudattaa laitetoimittajien antamia ohjeita ja varmistaa, että järjestelmälle on olemassa asianmukainen kunnossapito-ohjelma ja laadittu suunnitelma mahdolliselle palotilanteessa tarvittavalle toiminnalle.

Tapahtuneiden vahinkojen osalta voidaan todeta, että suurimmat haasteet ovat normaaliin sähköturvallisuuteen liittyvä, joilta standardeja noudattamalla voitaisiin välttyä. Palojen taustalla on usein suunnittelu- ja asennusvirheet, jotka ovat merkittävin yksittäinen syy aurinkopaneelien tulipaloille. Tämän lisäksi paloja on aiheutunut järjestelmien komponenttien vioista, erityisesti liitoksista ja kaapeleiden tai akuston oikosulusta tai invertterien aiheuttamista vioista tai huollon laiminlyönnistä.

Nämä kaikki olisivat vältettävissä asianmukaisella laaduntarkkailulla toteuttamisessa ja ylläpidolla. Asianmukainen käyttöönotto ja vastaanottotarkastus pienentää huomattavasti käytön riskejä, kun puutteet voidaan havaita ja korjata ennen käyttöönottoa.

## Aurinkopaneelijärjestelmille tapahtuneiden palojen syitä ovat tilastoissa:

- komponentin vika tai häiriö
- virheet järjestelmän suunnittelussa tai asennuksessa
- ulkoisen vaikutuksen takia
- myös mahdollisesti vahingoittuneet kaapelit tai paneelit voivat aiheuttaa riskejä

Huomioitavaa on myös, että palon havaitseminen voi olla vaikeaa, sillä katolla ei ole ilmaisimia tai automaattista sammutuslaitteistoa. Aurinkopaneelien tulipalo yleensä huomataan vasta ulkona savun ja liekkien muodossa.

Tyypillistä näille kaikille tapahtuneille vahingoille ovat suunnittelu- ja asennusvirheet. Tärkeintä on suunnitelmallisuuden varmistaminen ja että jokaisessa asennuksessa löytyy tarvittavat turvajärjestelyt ja ohjeistukset, joilla turvalliset työskentelymahdollisuudet voidaan varmistaa myös palotilanteessa. Nämä voivat aiheuttaa haasteita pienemmissä järjestelmissä, joissa turvamekanismit voivat olla puutteellisia.

Kuluttajat pyrkivät saamaan mahdollisimman edullisen aurinkosähköjärjestelmän. Tämä voi vaikuttaa siihen, että hankittavien tuotteiden laadunvalvonta ei saa riittävää huomiointia. Tämä voi johtaa myös asennoitumisessa käyttöönottoon ja asennukset tehdään itse ja tarkastuksia järjestelmille ei tehdä tarkastuksia. Haaste korostuu sähköverkon ulkopuolelle jäävissä pienemmissä asennuksissa.

Aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano koostuu aurinkosähköpaneeleista, kaapeleista, kytkentäkoteloista, kytkentä- ja suojalaitteista. Pienemmissäkin toteutuksissa aurinkopaneelijärjestelmät toimivat 30-60V jännitteellä ja useammalla moduulilla voidaan saada suuriakin jännitteitä. Asuin ja kaupalliset asennukset voivat saavuttaa 600 – 1 500V mikä voi olla vaarallinen jännitetaso asennusten aikana, ylläpidossa ja pelastuslaitoksen toiminnalle. Aurinkopaneelijärjestelmissä on myös eroja ja teknisissä ratkaisuissa. Perinteisten katkaisimien ja invertterien

lisäksi turvallisuutta voidaan lisätä moduulikohtaisilla ratkaisuilla kuten katkaisimilla, jotka niin sanotussa turvatilassa sulkevat tasavirran ja laskevat jännitteen pienoisjännitteen alueelle.

Vaikka kodeissa ja mökeillä aurinkopaneelijärjestelmät voivat olla pienjännitteisiä totutuksia niin mahdollisissa akustoissa on hyvin paljon energiaa ja voivat aiheuttaa riskejä. Myös pienemmissä kohteissa korostuu asianmukaisen urakoitsijan, suunnitelmallisuuden ja käyttöönottotarkastusten merkitys.

## Energiavarastojen huomiointi aurinkosähköasennuksissa

Aurinkopaneelijärjestelmiin voi olla liitettyinä myös akustoja, jotka keräävät aurinkoenergiaa talteen. Samalla akuston sijoittelussa on otettava huomioon akkusovellusten paloturvallisuusriskit. Palokuorman ja suuren energiamäärän lisäksi erittäin merkittävä riski ovat litiumakkujen paloissa syntyvät myrkylliset kaasut, joidenka leviäminen tulisi estää. Akustot tulisi sijoittaa paikkaan tai tilaan, josta ne eivät pääsisi levittämään paloa.

Akustoja käytetään lisääntyvässä määrin eri kokoisissa asennuksissa varastoimaan energiaa. Isoissakin kohteissa turvaamaan sähkönsaantia, jolloin akustotkin saattavat olla hyvinkin isoja. Akustojärjestelmien suhteen tulee huomioida, että tietyt osat järjestelmästä pysyvät jännitteisenä, vaikka muut kohteen sähköt katkaistaisiin ja aiheuttaa näin sähköiskun vaaraa sen läheisyydessä. Akustojen läheisyydessä on toimittava kuten jännitteisen laitteiston läheisyydessä. Akustojärjestelmissä on oltava erotuskytkimet, joilla akustot pystymään erottamaan muusta sähköasennuksesta ja tällä rajata akuston aiheuttamat riskit vain akuston välittömään läheisyyteen.

Mikäli aurinkopaneelijärjestelmät tuottamaa energiaa varastoidaan paikallisesti energiavarastoihin, on otettava suunnittelussa huomioon akkuteknologian sovelluksiin liittyvät riskit, joita on käsitelty toimintamallissa:

## Muuttuva rakennettu ympäristö – paloturvallisuus ja riskien hallinta:

### Akkuteknologian uudet sovelluskohteet ja paloturvallisuuden riskienhallinta

[www.palontorjuntatekniikka.fi](http://www.palontorjuntatekniikka.fi)

→ toimintamallit

# Pelastuslaitoksen toiminnan kannalta huomioitavaa

Pelastuslaitokset on yleisesti koulutettu torjumaan tulipaloja, joihin liittyy sähkölaitteita ja -asennuksia. Myös aurinkosähköjärjestelmät kuuluvat niihin. Saatavilla olevien asianmukaisen dokumentoinnin ja ohjeiden saannin merkitys korostuu onnettomuustilanteessa tarvittavan pelastuslaitoksen toiminnan kannalta. Onnettomuustilanteessa on pystyttävä toimimaan ja varautumaan oikeanlaisilla varusteilla ja välineillä sekä työturvallisuuteen vaikuttavat riskit on tunnistettava.

Palotilanteessa sähköiskun vaara on todellinen vaara palomiehille. Aurinkosähköjärjestelmän virrattomaksi saaminen ei ole aivan yksinkertaista. Jos paneelijärjestelmä ei vaikuta turvallisesti rakennetulta tai laitteistosta ei löydy selkeästi merkittyjä käyttölaitteita tai toimintaohjeita on paikalle kutsuttava aurinkosähköjärjestelmät tunteva taho.

Pelastuslaitoksen saapuessa järjestelmä on pystyttävä ajamaan alas halitusti, jotta turvallinen työskentely voidaan varmistaa. Haasteena on, että järjestelmän tuottaa energiaa aina, kun valoa on saatavilla. Paneelien aiheuttaman jännitteen vaarat on pystyttävä rajaamaan vain niiden välittömään läheisyyteen tai jännite on laskettava sähköiskun kannalta turvalliselle tasolle. Tämä edellyttää riittävien erotuskytkimien asentamista järjestelmään tai jännitteen laskemiseksi erityisten laitteiden käyttöä. Paneelien läheisyydessä tulee aina työskennellä kuin jännitteisen laitteiston läheisyydessä ratkaisusta huolimatta, koska paneeleista ei koskaan saada luotettavasti koko jännitettä poistettua.

Niin sanottu palomiehen kytkin on sijoitettava sopivaan ja helposti käytettävissä olevaan paikkaan, jotta palomiehet voivat katkaista virransyötön PV-moduuleista. Samalla on kuitenkin huomioitava, että itse PV moduuleihin ja niiden kaapeleihin jää jännite ja niihin tulee suhtautua kuin jännitteiseen laitteistoon.

Myös paneelien sijoittelu voi aiheuttaa haasteita toiminnalle. Niin järjestelmä, kuin kulkureitti sekä putoamisvaara-alueet tulee olla merkittyinä. Suunnitteluvaiheessa on keskusteltava paikallisen pelastusviranomaisen kanssa toteutuksesta ja vaikutuksesta operatiiviseen toimintaan. Asennuksissa on käytävä tarvittava keskustelu myös pelastuslaitoksen kanssa merkinnöistä ja ohjeista, joita pelastuslaitos tarvitsee palotilanteessa paikalle saapuessaan sekä tarvittavista hyökkäys- ja sammutusreiteistä. Järjestelmästä on hyvä laatia tietokortti, joka voidaan toimittaa pelastuslaitokselle kohdekortin rinnalla.

Vaarana palotilanteessa voi olla myös rakenteiden romahtaminen tai putoava paneelisto. Tällöin on suunnittelussa ja riskien arviointia tehdessä otettava huomioon riittävä merkintä myös putoamisvaara-alueesta, jotta niin kaluston kuin turvallisten työmenetelmien käyttö voidaan varmistaa.

Pelastuslaitoksen toiminnan kannalta on hyvä ottaa huomioon seuraavia asioita, jotta turvallinen työskentely voitaisiin varmistaa.

## Yleisesti järjestelmän toiminnasta ja käytöstä

- Sähköalan ammattihenkilö on saatava paikalle, joka tuntee järjestelmän ja osaa ajaa sen turvallisesti alas (Kunnossapito- ja toimintasuunnitelma laadittuna kohteella).
- Erityinen haaste on järjestelmän tunnistamisen lisäksi kaapelointien ja käytettyjen kaapelointireittien tunnistaminen (Kaapelien tulisi olla talon ulkoseinillä, ei rakenteissa).
- Paneeleihin syntyy jännite, vaikka aurinko ei paistakaan, pelkkä valo riittää. Myös keinovalo tai palon tuottama valo saa aikaan sähkötuotantoa aurinkosähköjärjestelmässä. Myös tulipalossa vaurioituneet aurinkopaneelit voivat tuottaa edelleen sähköä.
- AC-puolen johdonsuojakatkaisija on yleensä talon keskuksessa. Asennuksissa on huomioitava, että invertterin DC-kytkimelle asti tulee aina paneelikentän jännite eikä sitä saa poikki.
- Paneelien jännitteen alasajo kokonaan ei ole mahdollista, mutta tapauskohtaisesti voi olla mahdollista katkoa paneeliketjuja niin että jännite ainakin alenee.
- Palokunnan pitää pystyä katkaisemaan aurinkosähköjärjestelmän virtapiiri, jottei järjestelmä enää siirrä energiaansa muihin järjestelmiin.
- Invertterin vieressä on oltava turvakytkin tai niin sanottu palomiehenkytkin luokse päästävässä paikassa, jolla järjestelmä voidaan erottaa muista järjestelmistä ja asennuksista.

## Sammutustyön ja turvallisen työskentelyn kannalta:

Jokainen hätätapaus, johon palokunta vastaa, on ainutlaatuinen. Ensimmäinen merkittävä tieto pelastuslaitokselle on tieto siitä, että kohteessa on aurinkopaneeleita käytössä. Seuraavia asioita aurinkopaneeliasennuksiin liittyen on syytä ottaa huomioon, jotta varmistetaan turvallinen työskentely:

- Kyseessä jännitteisen laitteiston sammutus, myös yöllä. Järjestelmä voi olla toiminnassa myös keinovalaistuksen tai palon tuottamasta valosta.
- Sammutuksessa käytetään vettä ja riittäviä etäisyyksiä. Jatkovaa DC puolen valokaarta sammutetaan jatkuvasti/toistuvasti sumusuihkulla. Sammuttaminen on tehtävä kuten jännitteisen kohteen sammutus suojaetäisyyksiä noudattaen. Sumusuihkulla 1 metrin ja kiinteällä suihkulla 5 metrin etäisyys.
- Vaahdon käyttäminen sammutteena voi olla haasteellista, koska se voi valua heti pois paneelin pinnalta.
- Peittäminen voi olla valoa läpäisemättömällä materiaalilla haasteellista paneeliston koon ja sijainnin takia. Myös sääolosuhteet voivat vaikuttaa peittämisen mahdollisuuteen ja märkä peite voi johtaa sähköä.
- Huom. Jännite tulee aina invertterin DC-kytkimelle asti, erityisesti varottava kastuneita paikkoja, joissa DC-kaapelit kulkevat.
- Varottava koskettelemasta palossa rikkoutuneita johtimia ja paneeleita.
- Paneelien purku käytännössä mahdotonta ilman, että palomiehet joutuvat käsittelemään jännitteisiä paneeleja.
- Noudatettava suunniteltuja kulkureittejä ja paneelien päälle ei saa mennä. Lisäksi osa aurinkopaneeleista voi olla liukkaita sammutustilanteessa, varsinkin märkinä.
- Huomioitava eristävät varusteiden käyttö ja käytettävä ulkoilmasta riippumatonta hengityssuojainta.

- Paneelit voivat irrota ja aiheuttaa lasinsirpaleiden lentämisen. Tällöin kaluston sijoittelun kannalta on huomioitava myös putoamisvaara-alueet.
- Samoin kuin muun kuorman, kuten lumen tuottaman kuorman, paneelien staattinen kuorma rakenteisiin voi olla huomattava, jolloin katon kantavuus on otettava huomioon (Esim. kattotuolit voi romahtaa aikaisemmin).
- Työkalujen ja varusteiden käytössä on huomioitava mahdollinen sähkönjohtavuus.

**Sammutustöitä aloitettaessa on tärkeää saada vastaukset seuraaviin kysymyksiin:**

- Onko kohteessa aurinkopaneelijärjestelmä?
- Mille alueelle järjestelmä on asennettuna?
- Missä voi olla käytössä vaarallisia jännitteitä?
- Kuinka sähköiskun riskejä voidaan pienentää ja mistä on saatavilla apua järjestelmän hallintaan?



## Säädöstarpeet ja aurinkopaneeliasennusten huomiointi

Säädösten osalta ei oteta vielä kantaa suoraan aurinkopaneelien asentamisesta rakennukseen. Lisäksi on huomioitava, että rakentamisen kohdalla asetukset ovat voimassa uuteen rakennukseen ja muutoin noudatetaan rakentamisajankohtana voimassa olleita vaatimuksia. Erikseen on arvioitava korjausrakentamisessa merkittävät muutostyöt, joita ovat rakentamisluvan vaativat työt.

Tosin maankäyttö- ja rakennuslailla (132/1999) määritetään rakentamiseen liittyvät säädökset. Aurinkopaneelit asennetaan useasti rakennusten katoille ja seinille, jolloin lain mukaan siihen tarvitaan toimenpidelupa, koska asennus on julkisivuun vaikuttava toteutus. Tästä syystä asennusten rakennusluvanvaraisuus on hyvä selvittää paikallisesti ja noudattaa annettuja ohjeita. Sähköturvallisuuslaissa (1135/2016) asetetaan vaatimuksia sähkölaitteiden ja -laitteistojen turvallisuudesta. Lain mukaan sähkölaitteet ja -laitteistot on pidettävä turvallisena. Ympäristöministeriön asetuksella rakennusten paloturvallisuudesta (YM/848) sekä perustelumuistiossa esitetään, että asennukset eivät saa lisätä palon vaaraa tai mahdollisesti lisätä palon leviämisen mahdollisuuksia. Säädöksessä ei kuitenkaan suoraan viitata aurinkopaneeleihin tai aurinkosähköjärjestelmiin.

Laadunhallinnallisesti niin sanotuissa kotiasennuksissa on haasteellista, että verkkoon kytkemättömille järjestelmille ei ole aina järjestetty erillisiä tarkastuksia. Kaikki aurinkosähköasennukset ovat sähköalan ammattilaisen työtä, jolloin tarkastuksetkin pitäisi olla kunnossa. Kaikilta sähkölaitteiden omistajilta tulee löytyä laitteistosta asianmukaiset käyttöönottotarkastuspöytäkirjat ja laitetoimittajan antamia ohjeita tulee noudattaa. Kuten riskienhallinnan kannalta on voitu todeta niin tapahtuneiden vahinkojen taustalla ovat olleet tee-se-itse- asennukset ilman tahoa, jolla on riittävät pätevyudet sähköasennuksiin, tarkastamattomuus sekä ylläpidon puuttuminen.

### Haasteet rakenteellisessa paloturvallisuudessa

Aurinkopaneelien asentamisen mahdollisuus varsinkaan vanhempaan rakennukseen ei ole itsestään selvä. Rakenteiden kantavuus tulee varmistaa ennen asennusprojektiin ryhtymistä ja katon kunto ennen järjestelmän vastaanottoa. Aurinkopaneelijärjestelmien suunnittelun alussa tulee tehdä riittävät arviot katon rakenteellisesta kestävyyydestä. aurinkopaneelijärjestelmän lisäämä kuorma katolla voi olla kantavuuden kannalta merkitsevä tekijä, joten asentamisen mahdollisuus ei kaikille katoille ole itsestään selvää. Katto on voitu suunnitella rakentamisajankohtana voimassa olleiden määräysten mukaisesti tai jopa kustannusoptimoitu rakennettaessa niin että kaikki kuormitukseen liittyvät varmuusmarginaalit on jo käytetty ja kantavuus ei kestä lisäasennuksia. Lisätty kattopaino voi olla huomattava joissakin tapauksissa, vaikka nykypäivän modernit aurinkopaneelimuodut eivät lisää tuntuvaa lisäkuormitusta katolla.

Aurinkopaneeliasennuksia ja aurinkosähköjärjestelmää tulee riskienhallinnassa huomioida mahdollisena palon aiheuttajana, sekä myös mahdollisena paljon levittäjänä. Asennuskokonaisuudessa on ymmärrettävä, että vahinkojen ja palojen yhteydessä mahdolliset vahingot voivat

kohdistua järjestelmän komponenttien ja paneelien lisäksi rakennukseen, joihin järjestelmä on asennettuna. Lisäksi Aurinkoenergiajärjestelmän, aiheuttama tulipalo voi vaurioittaa myös viereistä rakennetta, kuten katetta ja julkisivua.

Paneelistolla voi olla vaikutusta katon palo-ominaisuuksiin ja sitä kautta palon leviämiseen.

#### Tällöin on huomioitava:

- Mahdollinen savupiippuefekti, joka kiihdyttää ja levittää paloa
- Lämmön heijastuksen vaikutukset, joka voi vaikuttaa palon leviämiseen
- Paneelien materiaalit kuten muoviosat. Muovien palokuormaa on kuitenkin pidetty vähäisenä, mutta paneeleissa käytetyt materiaalit voivat kiihdyttää paloa tai palaessaan voivat tuottaa myrkyllisiä kaasuja.
- Asennus liian lähelle savunpoistoluukkuja, muureja tai katkoja lisää leviämisen riskejä
- Asennuksissa ei tule rikkoa palokatkoa
- Järjestelmän lähellä syttyneen tulipalon seurauksena voi paneelin sisältämä palava aines edesauttaa palon leviämistä, tai palon seurauksena vaurioitunut järjestelmä sytyttää uusia paloja

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta määritellään tällä hetkellä, että kate ei saa syttyä helposti naapurirakennuksen palosta ja palo ei saa levitä katteessa eikä sen alustassa vaaraa aiheuttavalla tavalla. Haasteena on, että määräyksissä ei ole asetettu erityisvaatimuksia aluskatteen paloluokitukseksi. Aurinkopaneelit eivät juuri itsestään syty palamaan, mutta niiden alapuolinen rakennusmateriaali tulisi olla palamatonta. Suurissa aurinkosähköjärjestelmissä tulipalon sammuttaminen aurinkopaneelin alta on haasteellista ja palo voi levitä rakenteisiin ja sieltä muihin tiloihin.

Perustelumuiotiossa esitetään, että mikäli katolle asennetaan laajahko pinta-ala aurinkopaneeleita, on tarpeen tarkistaa, että ne eivät oleellisesti lisää palon leviämisen vaaraa katteessa eikä sen alustassa. Tämä voi perustua aurinkopaneelien ja käytettyjen asennustarvikkeiden palokuorman määrän ja palo-ominaisuuksiin suhteessa hyväksyttäviin katteisiin. Pelastushenkilön työturvallisuutta arvioitaessa on otettava huomioon sähköturvallisuus. Palon syttymisen sekä palon ja savun leviämisen vaara rakennuksessa ei saa olennaisesti kasvaa teknisten asennusten takia. Rakennuksessa käytettävät tarvikkeet eivät saa myötävaikuttaa palon kehittymiseen vaaraa aiheuttavalla tavalla sekä palon sammuttamisen ja henkilöiden pelastamisen edellytykset rakennuksessa ja sen läheisyydessä on otettava suunnittelussa huomioon. Palo- ja pelastuskalustolla on oltava mahdollisuus päästä riittävän lähelle rakennusta.

### Uudet asennustavat

Haasteita tuo myös aurinkopaneeliteknologian kehitys. Seinä- tai kattopintaan integroitavat aurinkopaneeliasennukset ovat vielä olleet Suomessa harvinaisia, mutta on hyvin todennäköistä, että jatkossa vastaavia asennuksia tullaan ottamaan enemmän käyttöön kuten muualakin Euroopassa. Rakennuksiin integroitavat sähköjärjestelmät voivat kuitenkin olla myös paloturvallisuusriski, ja niitä koskevat kansainväliset standardit ovat vielä valmisteilla.

Kokonaisuuksiltaan integroitavat paneelit lisäävät tunnistettavuuden haastavuutta, jolloin asianmukaisen ohjeistava toiminta ja tarvittavien merkintöjen rooli korostuu. Kattoihin tai jul-

kisivuun integroitavissa aurinkopaneelijärjestelmissä puutteiden havaitseminen ja kunnon tarkastaminen voi olla haasteellista. Myös sammutustyö voi olla haasteellista.

Lisähaasteen riskienhallintaan tuovat yleistyvät kattorakenteisiin integroidut paneelijärjestelmät, jotka koetaan riskialttiimmiksi ja vaikeammiksi sammuttaa. Havaitsemisen kannalta kattoihin kattopinnoitteen kanssa integroidun yhdennäköiseksi tarkoitetut paneelit voivat ilman merkintöjä olla lähes mahdottomia tunnistaa ja vaikeuttavat pelastuslaitoksen toimintaa ja tilannearvion tekemistä. Muutenkaan laitteiden sijainti ei välttämättä ole pelastushenkilöstön tiedossa, koska niiden sijaintia ei mahdollisesti ole merkitty mihinkään.



# Suunnitelmallisuus

## Ylläpito

Kuten muutkin sähköasennukset ja järjestelmät vaativat aurinkopaneelit säännöllistä huoltoa. Aurinkosähköjärjestelmä on muiden teknisten laitteiden tavoin tarkastettava ja huollettava säännöllisin väliajoin. Laitteen toiminnallisuus on testattava säännöllisesti ja kaikki tarkastus-, huolto- ja korjaustyöt on annettava pätevien henkilöiden tehtäväksi. Ylläpito on omistajatahon ja käyttäjän vastuulla. Vikaantumiset voivat aiheutua järjestelmän ikääntymisestä ja säännöllisen huollon ja tarkastuksen puutteesta. Kunnossapito-ohjelma auttaa varmistamaan tarvittavien huoltotoimenpiteiden tekemisessä ja samalla kunnossapito-ohjelmaan voidaan merkitä laitteiston käytöstä vastaavat tahot ja yhteyshenkilöt, jotka tarvittaessa osaavat ajaa järjestelmän alas turvallisesti.

Aurinkopaneelien kohdalla on huomioitava, että laitteet voivat olla käytössä pitkään. Eliniän odotteena yleisesti on esitetty 30 vuotta, jonka aikana järjestelmät ovat käytössä alttiina sääolosuhteiden vaikutukselle. Kunnan tarkkailu ja asianmukainen sähköjärjestelmien ylläpidon merkitys korostuu, jotta turvallisuus voidaan taata koko käyttöiän ajan.

Käyttäjä voi suorittaa seuraavat toimenpiteet sen varmistamiseksi, että järjestelmä toimii turvallisesti ja tyydyttävästi monien vuosien ajan:

- Säännölliset silmämääräiset tarkastukset ja kunnan tarkkailu
- Tapahtumakohtaiset silmämääräiset tarkastukset (esimerkiksi myrskyn jälkeen)
- Säännöllinen puhdistus, kuten invertterien puhdistus ja tarvittaessa lumen sekä mahdollisten linnunpesien tai muiden vastaavien irtoroskien poisto

Aurinkosähköjärjestelmien tarkastuksissa käytetään yhä enemmän lämpökuvausta mittamaan pintojen lämpötila ilman kosketusta ja sähköiskun vaaraa lisäävällä tavalla. Jos vaurio löytyy, on korjaustyöt toteutettava sähköasennuksiin tarvittavat pätevyydet omaavan tahon kanssa.

Ylläpidossa on huomioitava, että paneelien alle voi kertyä lehtiä, roskia, jotka voivat edistää ja levittää paloa tai pahimmillaan aiheuttaa ja kiihdyttää paloa. Lumi, pakkaset ja myrskyt voivat olla riskitekijä ympäri vuoden ulkona oleville laitteille. Paneeli voi myös vaurioitua ulkoisen kuorman kuten lumen painosta. Asennuskulman takia katolla olevan paneelin taakse voi kerääntyä vettä, jäätä ja lunta. Ilmojen lämmitessä liikkuvat massat voivat vaurioittaa kaapeleita ja itse paneeleita, ellei niitä ole suojattu kunnolla. Myrskyjen lennättämät oksat myös voivat vahingoittaa paneeleita tai aiheuttaa oikosulkuja, joista pahimmassa tapauksessa seuraa tulipalo. Myös aurinkopaneelien halkeamat ja muut vikaantumiset voivat aiheuttaa sähköiskun ja tulipalon vaaran. Siksi ylläpitoa ja kunnan tarkkailun merkitystä tulee korostaa ylläpidossa. Aurinkosähköjärjestelmän asennuksen laadulla ja asentajien ammattitaidolla on suuri merkitys järjestelmän turvallisuuteen. On tärkeää, että laitteet tarkastetaan ja huolletaan riittävän usein, sillä myös aurinkopaneelien halkeamat ja vikaantumiset voivat aiheuttaa sähköiskun ja tulipalon vaaran.

## Merkinnät

Aurinkopaneelijärjestelmä on oltava tunnistettavissa, mutta tämä voi esimerkiksi pelastuslaitoksen kannalta osoittautua haasteelliseksi. Erityisen tärkeää on ensimmäisenä erottaa aurinkolämpöjärjestelmä ja aurinkosähköjärjestelmä.

Aurinkosähköjärjestelmällä varustettu rakennus on varustettava tunnistusta helpottavalla merkinnällä. Käytössä on oltava asianmukaiset opasteet paikkaan, jossa järjestelmän hallintaan varatut turvalaitteet ovat saatavilla. Myös pelastuslaitoksen käyttöön suunniteltu sammutus ja hyökkäysväylä tulee pitää vapaana.

Aurinkopaneelien turvallisen käytön varmistamiseksi ja pelastuslaitoksen toiminnan helpottamiseksi on kohteisiin, joissa on asennettuna aurinkopaneelijärjestelmä laadittava opastava tietokortti, josta löytyy järjestelmän perustiedot sekä työturvallisuuden kannalta tarvittava informaatio.

## Aurinkopaneelijärjestelmien tietokortit

Paneelien tietokortit ovat hyvä keino lisätä järjestelmien käytettävyyttä. Ne tulee olla saatavilla keskustilassa, josta aurinkopaneelijärjestelmää voidaan käyttää. tietokorteissa tulee esittää ainakin seuraavia asioita:

### Tiedot laitteen käytöstä

- Kuvaus asennuksesta ja järjestelmäkokonaisuudesta
- Järjestelmän toiminnan kuvaus
- Myös kuvaus siitä millaisia jännitteitä järjestelmässä kulkee ja kuinka suurta virtaa järjestelmä tuottaa (myös turvakytkimistä katkaisun jälkeen aktiiviset alueet järjestelmästä tulisi kuvata turvallisten työmenetelmien varmistamiseksi)
- Yleiset huomiot paloturvallisuuden ja pelastuslaitoksen toimintamahdollisuuksien kannalta
- Ohjeet siihen kuinka järjestelmän alasajo voidaan tehdä turvallisesti
- Turvamekanismit - Yhteenveto turvallisuuteen vaikuttavista kytkennöistä
- Järjestelmästä on kuvattuna liittimien sijainti sekä järjestelmän osat tasasähkön puolelta, jotka jäävät jännitteellisiksi, vaikka kytkimet olisivat suljettuina
- Kaapelien kulkureitit

### Kunnossapitosuunnitelma ja yhteystiedot

- Yhteystiedot järjestelmän ylläpidosta ja käytöstä vastaavasta – järjestelmän tunteva ammattihenkilö, joka on perehdytetty käyttöön, on saatavissa paikalle

### Muu turvallisuuteen liittyvä ohjeistus:

- Putoamisvaara-alueen kuvaus
- Käytettävissä olevat turvalliset suunnitellut kulkureitit

# Lisää materiaalia aiheesta

## Lainsäädäntö

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016

## Standardit

Sähköasennusstandardisarja SFS 6000. Lisäksi SFS-6000-7-712:2017

Erikoistilojen ja asennusten vaatimukset.

Aurinkosähköjärjestelmät

Sähköasennusten turvallisuutta koskevat määräykset annetaan sähköturvallisuuslaissa ja valtioneuvoston asetuksessa sähkölaitteistoista. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes julkaisee luetteloja standardeista, joita noudattamalla sähköturvallisuuslain vaatimusten katsotaan täyttyvän. SFS 6000 –sarjan standardit ovat keskeisiä standardeja sähköturvallisuuslain vaatimusten noudattamisessa.

Standardisarjan uusimisesta vastaa sähköalan standardisoimisjärjestön SESKOn komitea 64 Pienjännitesähköasennukset. Standardit ovat hankittavissa SFS:n verkkokaupasta.

IEC 62548:2016:fo Aurinkosähköpaneelistot. Suunnitteluvaatimukset

## SFS-käsikirja 607 Aurinkosähköjärjestelmät

SESKO vastaa ohjeistustarpeeseen ja on valmistellut käsikirjan aurinkosähköjärjestelmistä. SFS-käsikirja 607 käsittää aurinkosähkölaitteiston suunnitteluun, asentamiseen, käyttöönottoon ja tarkastamiseen liittyviä ohjeita ja oleelliset standardit. Käsikirjan sisältö perustuu mm. IEC:n aurinkosähköjärjestelmiä standardoivan komitean TC 82 valmistelevaan standardiin. Tarvittavilta osiltaan on viittaukset sovellettu kansallisen pienjännitesähköasennuksia koskevan standardin SFS 6000 mukaisiksi.

## Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. ST-käsikirja 40

Antaa valmiuksia järjestelmien valintaan, suunnitteluun, asentamiseen, käyttöön ja huoltoon ja on tarkoitettu aurinkosähköjärjestelmäpaketteja asentavalle urakoitsijalle.

## Motiva

Aurinkosähkö-sivustolla on ajankohtaista ja kattavaa tietoa aurinkosähkölaitteiston hankinnasta, asentamisesta ja käytöstä. Sivuilla käsitellään myös lupa-asioita, lainsäädäntöä, verkkoon liittymistä, ylijäämäsihtin myyntiä sekä aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko)

## Sivuilla on myös saatavilla kirjallisuusselvitys ja näkemys Suomen tilanteeseen 2019

Soleras, Asko Rasinkoski

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_paloturvallisuus\\_-\\_projekti\\_2020-2021](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_paloturvallisuus_-_projekti_2020-2021)

## Muita materiaaleja: - Kansainvälisiä lähteitä (Eng)

## CFPA-Opas - SUOSITUS nro 37:2018 F

Photovoltaic systems: Recommendations on loss prevention

CFPA E Guideline No 37: 2018 F

<http://cfpa-e.eu/cfpa-e-guidelines/guidelines-fire-protection-form/>

Aurinkosähköjärjestelmien asennukset ovat lisääntyneet aurinkoenergian kysynnän kasvun myötä. Julkaisu perustuu tämänhetkiseen tietoon ja kokemukseen vahinkojen ehkäisemisestä ja riskien hallinnasta. Suositusta tarkistetaan säännöllisesti ja päivitetään, kun alalla tapahtuu merkittävää edistystä tai muutoksia. Suosituksella ei ole vaikutusta lakisääteisiin määräyksiin. Tämä suositus sisältää ohjeita aurinkosähköjärjestelmien turvalliseen suunnitteluun, asentamiseen, käyttöön ja huoltoon. Suositus koskee sähköverkkoon yhdistettyjä, rakennuksiin asennettuja aurinkosähköjärjestelmiä. Se sisältää tietoja vahinkojen ehkäisemiseen liittyvistä palontorjunta-, sammutus- ja turvallisuusnäkökohdista sekä mekaanisista ja sähköisistä näkökohdista. Suositus on suunnattu pääasiassa

- suunnittelijoille
- sähköjärjestelmien asentajille ja tarkastajille
- aurinkosähköjärjestelmien käyttäjille
- rakennusten omistajille.

## NFPAn (National Fire Protection Association)

The Fire Protection Research Foundation, Fire Fighter Safety and Emergency Response for Solar Power Systems Final Report sekä NFPAn (National Fire Protection Association) -toteuttamat materiaalit

## White paper: Safety Risks and Solutions in PV Systems for Europe and APAC

**Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö,**  
Ratamestarinkatu 11, 00520 Helsinki  
p. 09 476 112, [spekinfo@spek.fi](mailto:spekinfo@spek.fi)  
[www.spek.fi](http://www.spek.fi)

