

Sähköautojen lataus

SESKOn tilaisuus 12.9.2023 klo 16.35–17.05 – DI Vesa Linja-aho

Kuka puhuu?

- Autoelektroniikan lehtori 2010–2020 @ Metropolia-amk
- Ryhmä- ja viestintäpäällikkö @ Sähköalan standardointijärjestö SESKO 9/2020–8/2021
- Vapaa sähköturvallisuusasiantuntija 9/2021–
- Teen työn ohessa väitöskirjaa Aalto-yliopistoon, *Electrical Safety of Emerging Technologies* (ohj. Jorma Kyyrä & Matti Lehtonen)
- SESKO SK 78 Sähköturvallisuus ja SK 21 Akut ja energiavarastot puheenjohtaja sekä SK 69 Sähköautot ja latausjärjestelmät sihteeri
- Julkaistua ammattikirjallisuutta:



Tutkimusartikkeleita

Linja-aho, V. (2021). Kiinteistöjen sähköasennusten paloturvallisuus sähköautoja ladattaessa. *Pelastus- ja turvallisuustutkimuksen vuosikirja 2021*. http://info.smedu.fi/kirjasto/Sarja_D/D1_2021.pdf

Linja-aho, V. (2020). Fatal electrical accidents in Finland 1980–2019 – trends and reducing measures. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 4(2), 37–47. https://doi.org/10.24840/2184-0954_004.002_0004

Konferenssipaperit

Linja-aho, V. (2023). Advancing Electrical Safety Towards a Global Electrical Work Safety Standard. IEEE Electrical Safety Workshop 2023. <https://doi.org/10.1109/ESW49992.2023.10188246>

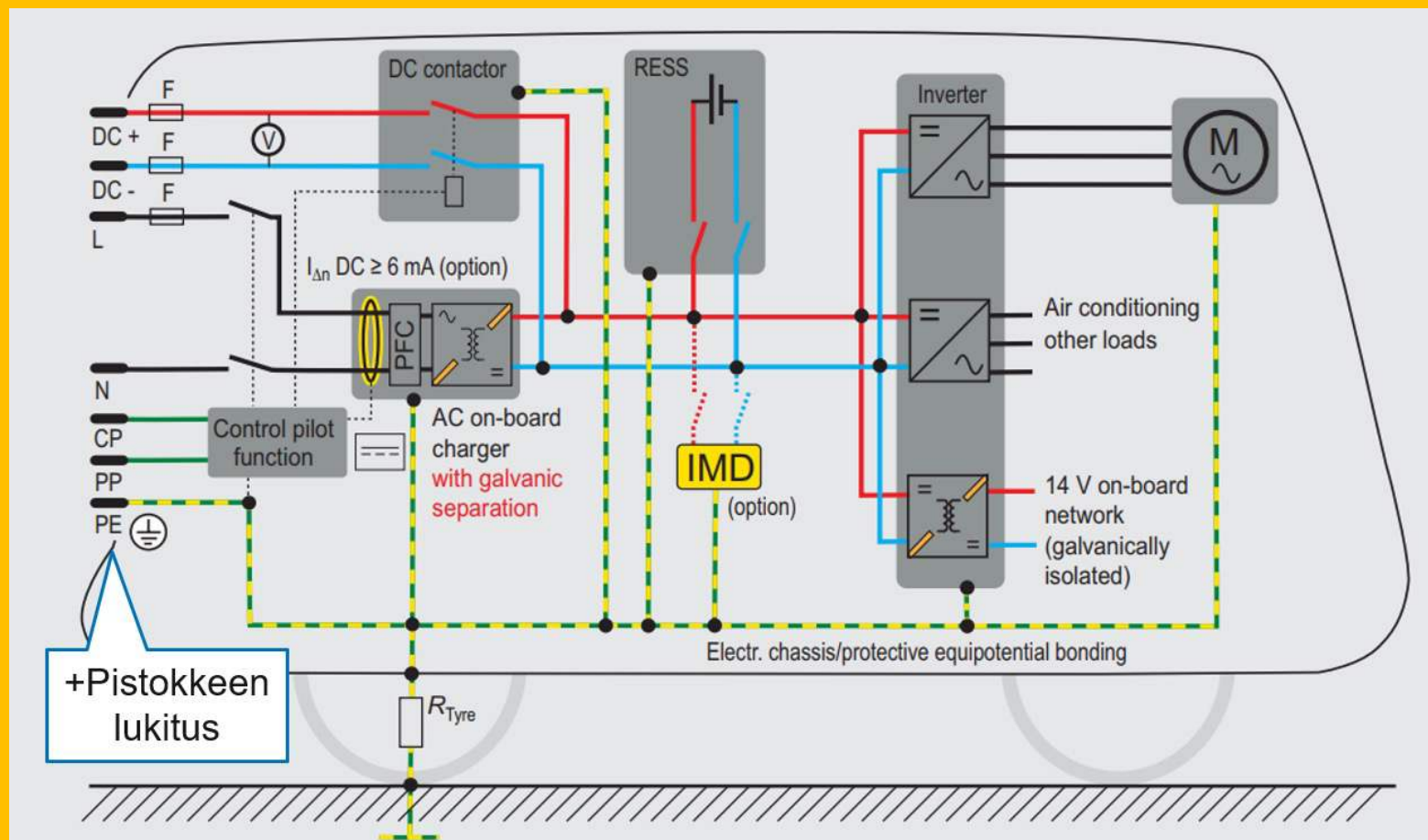
Linja-aho, V. (2022). Assessing the Electrical Risks in Electric Vehicle Repair. IEEE Electrical Safety Workshop 2022. <https://doi.org/10.1109/ESW49146.2022.9925029>

Linja-aho, V. (2020). Hybrid and Electric Vehicle Fires in Finland 2015–2019. *International Conference on Fires in vehicles (FIVE)*, <https://www.ri.se/en/five/five2020/papers>

Keskustelua sähköiskuhukkumisista

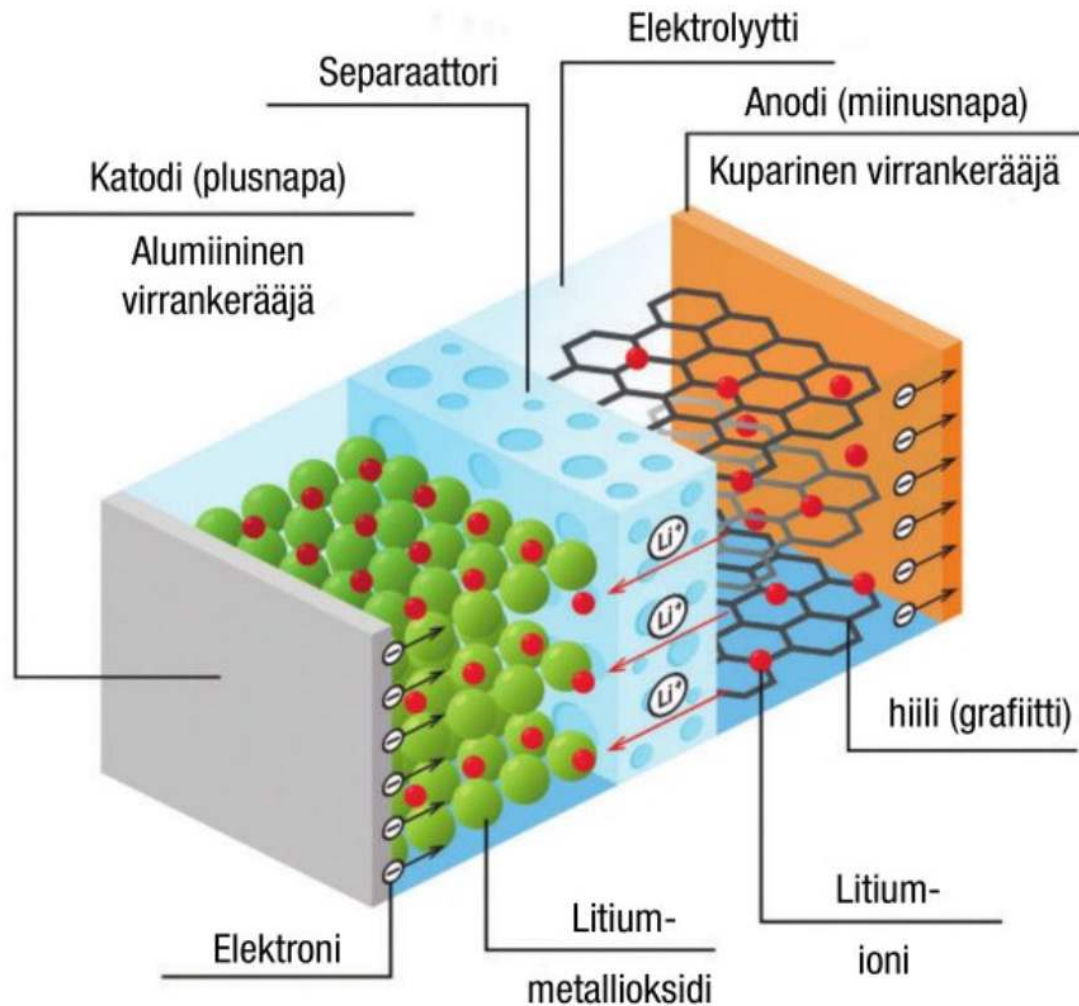
Linja-aho, V. (2021). Discussion of "examining the risk of electric shock drowning (Esd) as a function of water conductivity". *IEEE Transactions on Industry Applications*, <https://doi.org/10.1109/TIA.2020.3032949>

Täyssähköauto sisältä

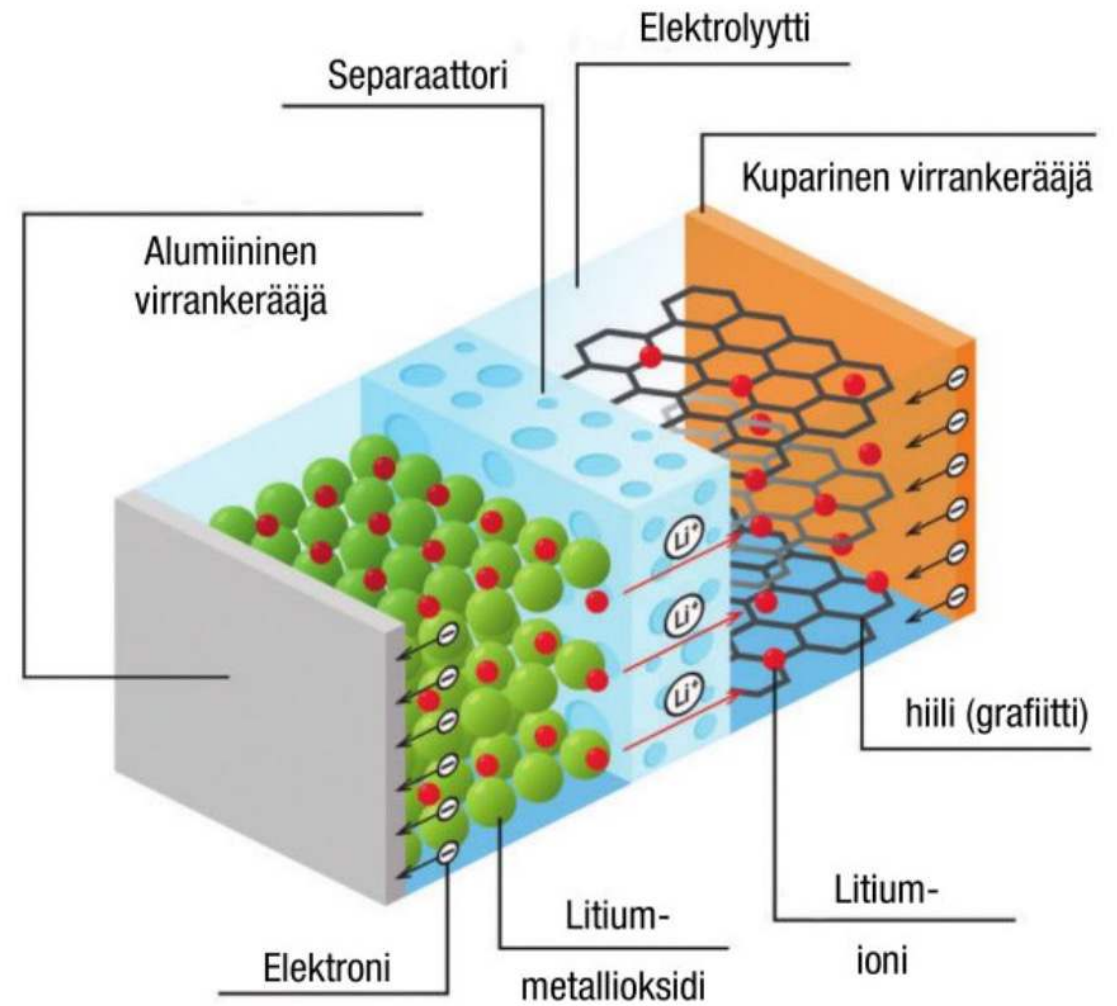


Litiumioniakun kennorakenne

Purkaus



Lataus



Akkukotelon kansi



Korkeajännitejohtosarja



Korkeajänniteliittimet

Ohjauselektronikka



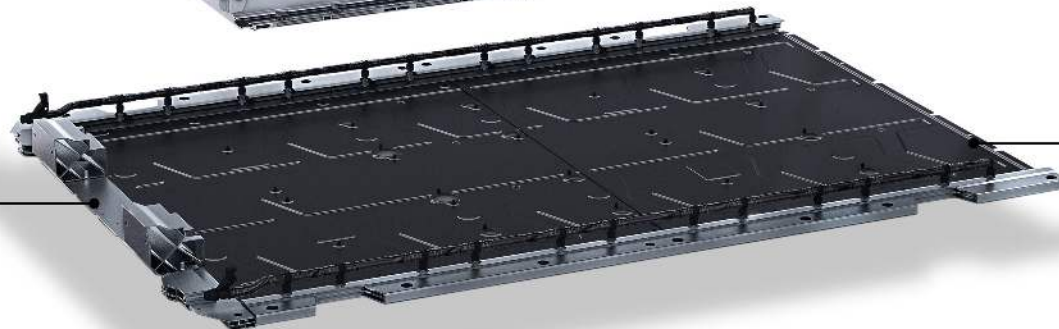
Akkukennot

Akkumoduulit

Akkukotelo

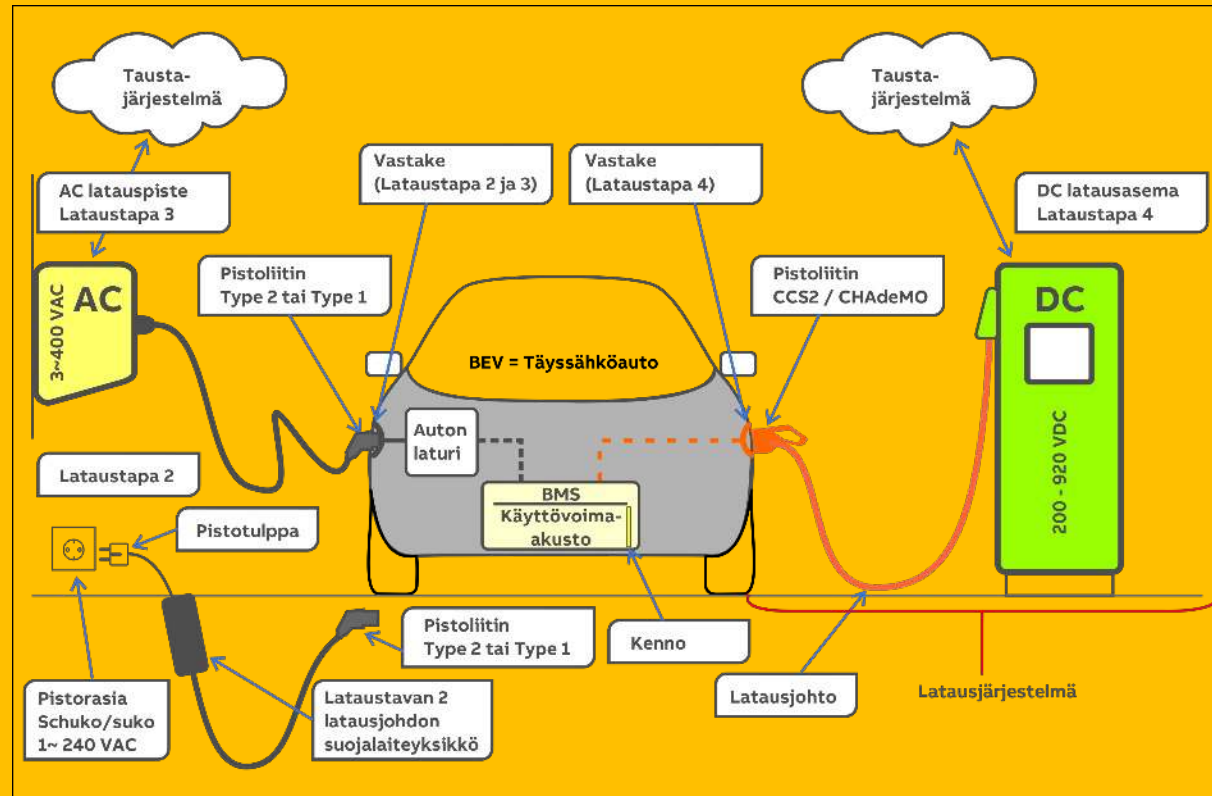


Akkukotelon pohja



Jäähdytysjärjestelmä

Sähköauton voi ladata monella tavalla



+ Lataustapa 1: pienet sähkökuljineet: skootterit, mopot, nelipyörät ja vastaavat...

Latausjohto (lataustapa 3, tyyppi 2)

Latauspistotulppa (kytketään pistorasiaan)

Latauspistoke (kytketään autoon)



Latausportti eli latausvastake autossa



Kiinteästi asennettava latauspiste

Tässä mallissa on B-tyyppin vikavirtasuoja, ohjainlaite, kontaktori ja tyyppin 2 pistorasia.

Mikäli latausasema ei sisällä vikavirtasuojaa ollenkaan, tulee syöttö suojata joko

- B-tyyppin vikavirtasuojalla tai
- A-tyyppin vikavirtasuojalla **ja** 6 mA tasavikavirran tunnistimella.

Osa latausasemista sisältää 6 mA tasasähkövikavirran tunnistimen. Tällöin syötön suojaukseen riittää A-tyyppin vikavirtasuoja.

Muutos 1.1.2023: Tasasähkövikavirran tunnistimen on oltava standardin IEC 62955 mukainen.



Sähköauton lataamisen lyhyt matematiikka

- Maantieajo kesäsäällä kuluttaa noin 20 kWh / 100 km
 - Talvella ja/tai moottoritiellä 30 kWh tai enemmän
 - Ja pieni sähköauto rauhallisessa ajossa vähemmän
- Akkujen koko yleensä 40–100 kWh
- Henkilöautolla ajetaan Suomessa keskimäärin päivässä alle 50 km
 - Autoilutarpeet yksilöllisiä: työmatkat, mökkimatka, ammattiajo...
 - Keskimääräistä ajomäärää voidaan käyttää pysäköintialueen mitoituksessa
- Sukopistorasiasta 8 A iltakuudesta aamukuuteen: $8 \text{ A} \times 230 \text{ V} = 1,8 \text{ kW} \rightarrow 1,8 \text{ kW} \times 12 \text{ h} \approx 22 \text{ kWh} \approx 100 \text{ km}$
 - $1 \times 16 \text{ A} \approx 44 \text{ kWh} \approx 200 \text{ km}$
 - $3 \times 16 \text{ A} \approx 11 \text{ kW} \rightarrow$ akku kuin akku täysi alle 10 tunnissa
- Sukolataus ei välttämättä riitä kovalla pakkasella, jos auto seisoo ulkona.

Sähköautojen latausturvallisuus

- Jo useampi kuin joka toinen uusi tai käytettynä maahantuotu henkilöauto Suomessa on sähköauto (lataushybridi tai täyssähköauto).
- Sähköautojen yleistyessä yleistyy myös niiden lataaminen.
- Suomessa on ollut toistaiseksi muutama sähköautopalo ja kaksi lataamisesta johtunutta rakennuspaloa
 - Pyhäjoki marraskuussa 2022: palo sai alkunsa sähköauton latauspisteen syöttökaapelin jakorasiasta.
 - Toinen tapaus vuodelta 2022: vuonna 1978 rakennettu omakotitalo syttyi palamaan noin puoli tuntia sen jälkeen kun taloon laitettiin hybridiauto latautumaan jatkojohdon avulla.

Ks. <https://etn.fi/14546>

Esimerkki Ruotsista ja Norjasta

- Jatkojohdot on mainittu SESKOn lataussuosituksessa jo pitkään, kuvassa olevan tapauksen jälkeen lisättiin ”kellokytkimet, energiamittarit tai vastaavat”
- 16 A ottava kaapeli lämpötila-anturilla + väliin halpa ajastin = katastrofi
 - Palo voi lähteä liikkeelle myös jakorasia vanhoista huppuliitinliitoksista ja vastaavista epäjatkuvuuskohdista



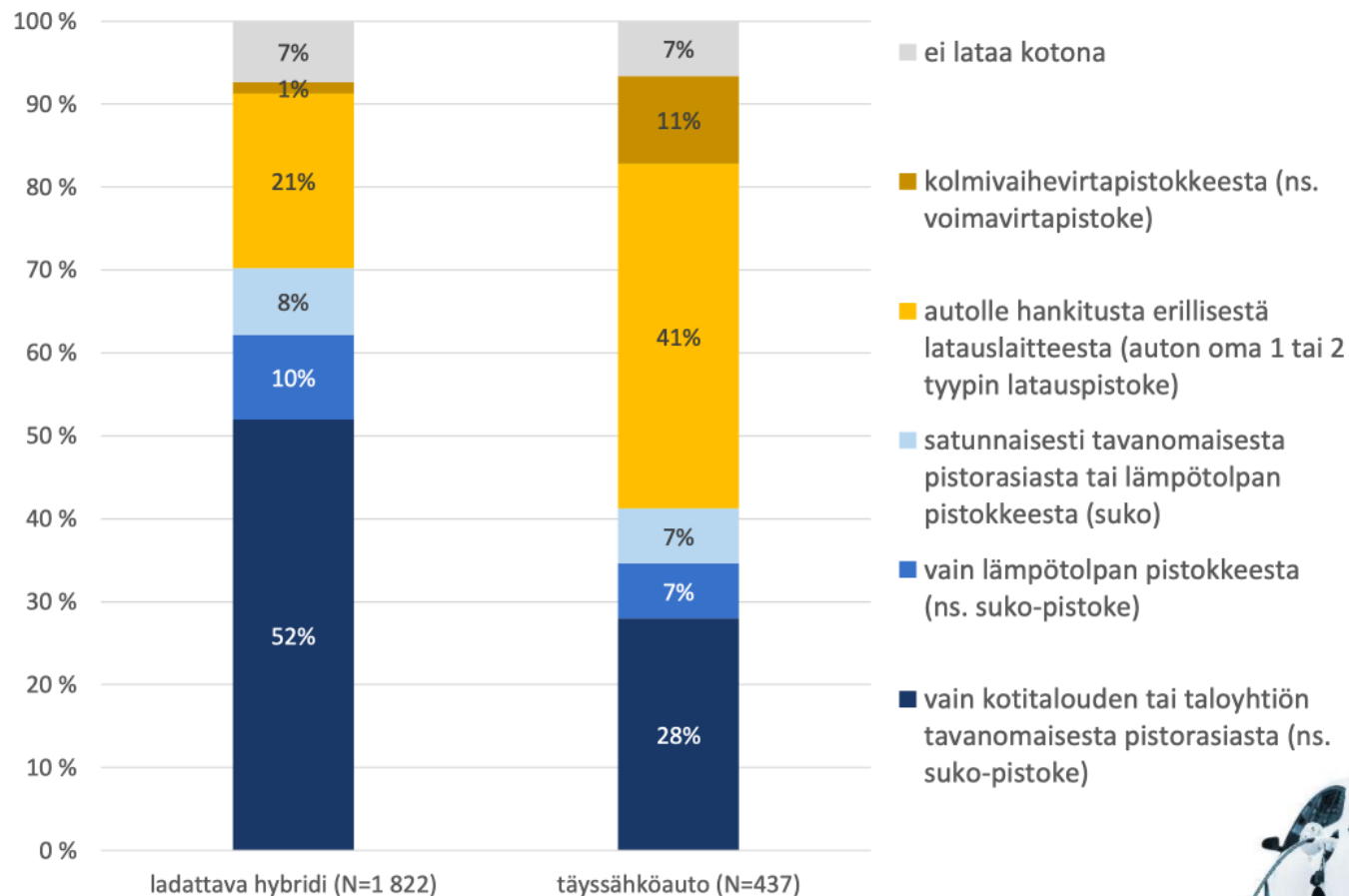
<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/varmland/haftig-villabrand-i-sunne>

<https://www.elinstallatoren.se/innehall/nyheter/2018/oktober/har-ar-elfelen-bakom-den-odesdigra-elbilsladdningen/>



Moni lataa sukopistorasiasta

Sähköautojen lataustavat kotona



Mikael Karrasch loi kyselyn.

14. toukokuuta kello 10.18 · 🌐

Millainen lataus kotona käytössä?

All

Answered

Lisännyt Mikael Karrasch
Yksivaiheinen matkalatausjohto



108 ääntä

Lisännyt Mikael Karrasch
Kiinteä latausasema yli 3,7kW



83 ääntä

Lisännyt Mikael Karrasch
Ei mitään



31 ääntä

Lisännyt Mikael Karrasch
CEE liittimellä
matkalatausjohto/latausasema



27 ääntä

Lisännyt Mikael Karrasch
Kiinteä latausasema max 3,7kW



21 ääntä

👍 5

39 kommenttia 2 jakoa

Oma tutkimus Pelastus- ja turvallisuustutkimuksen vuosikirjassa 2021

- Tutkimus käsittelee otsikkonsa mukaisesti **sähköasennusten paloturvallisuutta** sähköautoja ladattaessa. Tutkimus ei käsittele:
 - Sähköautopalojen ja/tai litiumioniakkupalojen sammuttamista eikä sähköautojen itsensä paloturvallisuutta
 - Ks. Sun ym. (2020) <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>, Meurman, Hassinen ym. [Litiumioniakkupalojen sammuttaminen akkupalosammuttimilla](#) (2021)
 - Rakenteellista paloturvallisuutta laajemmin ja sähköautojen vaikutusta siihen
 - Ks. Boehmer ym. (2021) <https://doi.org/10.1007/s10694-021-01113-1>
 - Muiden akkujen ja kevyiden sähkökulkuneiden latauksen turvallisuutta
 - Skoottereiden, sähköavusteisten polkupyörien ym. latausvirta on niin pieni, että se ei **sähköasennusten** kannalta ole mainittava paloturvallisuusriski.

Johdanto

- Sähköauto on täysin poikkeuksellinen sähköinen kuorma pientalossa:
 - Suurivirtainen
 - Pitkäkestoinen
 - Säännöllinen
 - Ympäri vuotinen
 - Valvomatta käytettävä
- Esimerkiksi jääkaappi on säännöllinen ja ympäri vuotinen ja valvomatta käytettävä, mutta pienivirtainen ja lyhytkestoinen. Kiuas on suurivirtainen ja ympäri vuotinen mutta käytetään valvotusti. Lämminvesivaraaja on kaikkea edellä mainittua mutta päällä vain muutaman tunnin. Ja niin edelleen.

Sähköasennusten paloturvallisuus

- Sähköjohto itsessään harvinainen palon syy sähköasennuksissa.
- Epäjatkuvuuskohdat suurin vaaran paikka – huono liitos
 - pistorasian koskettimissa
 - pistorasian ketjutuksessa
 - jakorasiassa
 - keskuksessa.
- Asennus- tai tuotevirhe voi aiheuttaa tulipalon useiden vuosien kuluttua
 - Tietokone tai puhelin on käytössä muutamia vuosia, auto parikymmentä vuotta, sähköasennus 50 vuotta tai enemmän!
- Ks. mm. NFPA 921; Nejtková (2020) Behaviour of Wooden Materials Exposed to Electrical Ignition Sources.

Esimerkki: Levin mökkipalo (OTKES)

Lattialämmityksissä ja lautalattian alla tehdyissä johdotuksissa oli asennusvirheitä. Lattialämmityskaapeli oli kiinnitetty teräsverkkoon nippusiteillä ja muovieristeisillä johtimen pätkillä. Kiinnitystavat ovat asianmukaiset, mutta nippusiteitä oli kiristetty liiaksi siten, että kaapeli oli puristuksissa. Verkon aukkokohdissa kaapeli lepäsi villan päällä ja oli osittain uponnut villaan. Lisäksi kaapelia oli kiinnitetty lattiavasoihin ja seinustoilla hirsiin määllyiksi kutsutuilla teräshakasilla. Hakasten aukon väli oli kapeampi kuin kaapelin leveys, joten ne painoivat kaapelin eristettä kasaan. Kaapeli oli joissain kohdissa taivutettu lattiavasojen pään ympäri siten, että taivutussäde oli pienempi kuin sallittu 40 mm. Kaapeli osui monin paikoin suoraan lattiavasoihin ja seinähirsiin. Kaapeli kulki syttymisalueella kussakin vasavälissä viisi kertaa, joka on yksi enemmän kuin asennusohjeiden mukaan kuuluu olla. Rakentamisen aikaan suositeltua alumiinifoliota ei kaapelin alla ollut käytetty. Nykyisin se on asennusohjeissa vaatimuksena. Samoin vaatimuksena ja käytäntönä on nykyisin asentaa vikavirtasuoja.

Lataustapa ja latausvirta

- 8 ampeerin virralla (tuotestandardin SFS-EN 62752 mukainen virta sukopistorasiasta ladattaessa) lataaminen käytännössä turvallista.
- Johdinten ja liitosten lämpenemä on verrannollinen virran neliöön
→ virran kasvaessa riskit kasvavat.
 - Toistuva lämpeneminen ja jäähtyminen voi löystyttää liitoksia.
- 16 ampeeria on selvä paloturvallisuusriski huonokuntoisissa sähköasennuksissa.
- 8 ampeerin raja Suomessa perustuu ”ammattilaisten valistuneeseen näppituntumaan” – Tanskassa se on 6 A, Ruotsissa ei ole rajoitusta ollenkaan.
- Voimavirtapistorasia ja kiinteä latauslaite on suunniteltu jatkuvalla suurelle virralle.
 - Kiinteän latauslaitteen tapauksessa on suositeltavaa että asentaja tutkii myös kaapelireitin.

Esimerkkitapaus kaapelireitin tarkastamisen tärkeydestä

Keittiön pistorasia kuumana. Ketjutettu sähköjohto kulki kahden pistorasian kautta ulkopistorasialle ja johdot oli kuumana rakenteiden sisällä.

Kohteessa tutkittiin lämpökameralla sähköjohtoja ja huomattiin, että johdossa on liian suuri sulake 16 A ja 1.5 mm² sähköjohto. Ylimenovastus oli liian suuri ja pistorasioissa oli jo muodonmuutoksia lämmön vuoksi. Tilanne oli rakennuspalovaara”

Jo tehtyjä toimenpiteitä

- Tuotestandardissa 8 ampeerin virtaraja sukolatausjohdoille.
 - Autoalan noudattaa melko hyvin; nettikaupoista saa tilattua suurivirtaisempia johtoja.
- SESKOn sähköautojen lataussuositus:
 - Suositus käyttää lataukseen kiinteästi asennettua latauslaitetta.
 - Suositus selvittää syöttävän sähköasennuksen kunto.
 - Suositus pistotulpan ja -rasian kunnan tarkkailuun säännöllisesti kokeilemalla kädellä pistotulpan lämpötilaa latauksen aikana.
 - Suositus käyttää latausjohtoa, jossa on lämpötila-anturoitu pistotulppa.
- Niin sähköurakoitsijat kuin alan järjestöt korostavat siihen käyttöön suunniteltujen latauslaitteiden käyttöä.
- Autojen mukana tulevat johdot tyypillisesti lämpötila-anturoituja.

Tuoreita toimenpiteitä

- Pienjänniteasennusstandardiin (SFS 6000:2022) lisätty vaatimukset pistorasioiden käytölle sähköautojen latauksessa
 - Kaapelireitti tarkastettava ennen säännöllistä latauskäyttöä
 - Syöttöjohdon on tultava suoraan ilman ketjutusta (esim. keittiön pistorasialta) tai muita epäjatkuvuuskohtia
 - Piharasioiden ja latauspisteiden ketjuttaminen edelleen sallittua (= suunniteltu siihen käyttöön)
 - **Tulisiko sama vaatimus olla myös kiinteästi asennetuilla latausasemilla?**
- Sukolatausjohtojen pistotulpan lämpötila-anturointi tulee vaatimukseksi tuotestandardiin.
 - Tuotestandardi on näillä näkymin tulossa vielä LVD:n alle **harmonisoiduksi standardiksi**, jolloin viranomaisilla paremmat muskelit puuttua määräystenvastaisiin tuotteisiin.

Suhteellisuudentaju muistettava!

- Sähköliesi ja –uuni ylivoimainen ykkönen sähköpalotilastoissa (883 hälytystehtävää vuonna 2017)
 - Vrt. pistorasia tai painike 47, sähköjohdot ja kaapeloinnit 70.
 - Liesipaloista vuosikirjassa Tarja Ojalan artikkeli.
- Tilannetta tulee seurata aktiivisesti.
- Henkilöauton (lyijy)akku latauksessa -paloja ja palovaaroja, kuten myös lämmitykseen liittyviä paloja on Prontossa säännöllisesti – vähenevätkö nämä liikenteen sähköistyessä?
 - Vai lisääntyvätkö kun sähköautoilusta tulee koko kansan huvia?

Erillinen piharasia = turvallinen



Ei näin!

- Taidonnäytteitä löytyy Googlen kuvahaulla ”Norge elbil skjøteledning” tai ”elbil lading brannfare”
- Ainakin yksi tapaus Norjassa jossa huonokuntoisen jatkojohdon käyttö johti tulipaloon
- Stavangerin tuhoisa lentokenttäpalo ei johtunut sähköautoista



<https://www.tv2.no/a/8545835/>

<https://www.gjensidige.no/godtforberedt/content/brannfare-elbil-lading>

Super-suko (HL-pistorasia)

- Tavallinen suko: lämpenemistesti 1 h @ 22 A, $\Delta T = 45$ K
- ”Super-suko” eli high load profile –suko: lämpenemistesti 5 h + 1 h tauko 125 kertaa, $\Delta T = 35$ K. 10 vuotta valmisteltu standardi julkaistu 2022 (IEC 60884-1).



Esimerkki: bussipalo Lahdessa 1/2023



Päijät-Hämeen pelastuslaitos

@phpelastus

40:n akkupaketin joukosta löytyi viisi selkeästi ylikuumentunutta, joita ensin jäähdytettiin paikallaan. Lopuksi kaikki akkupaketit poistettiin autosta. Akut siirrettiin vesihauteeseen pelastuslaitoksen vesitiiviille lavalle ja siellä ne saa rauhattua ja tilannetta seurataan.

[Translate Tweet](#)



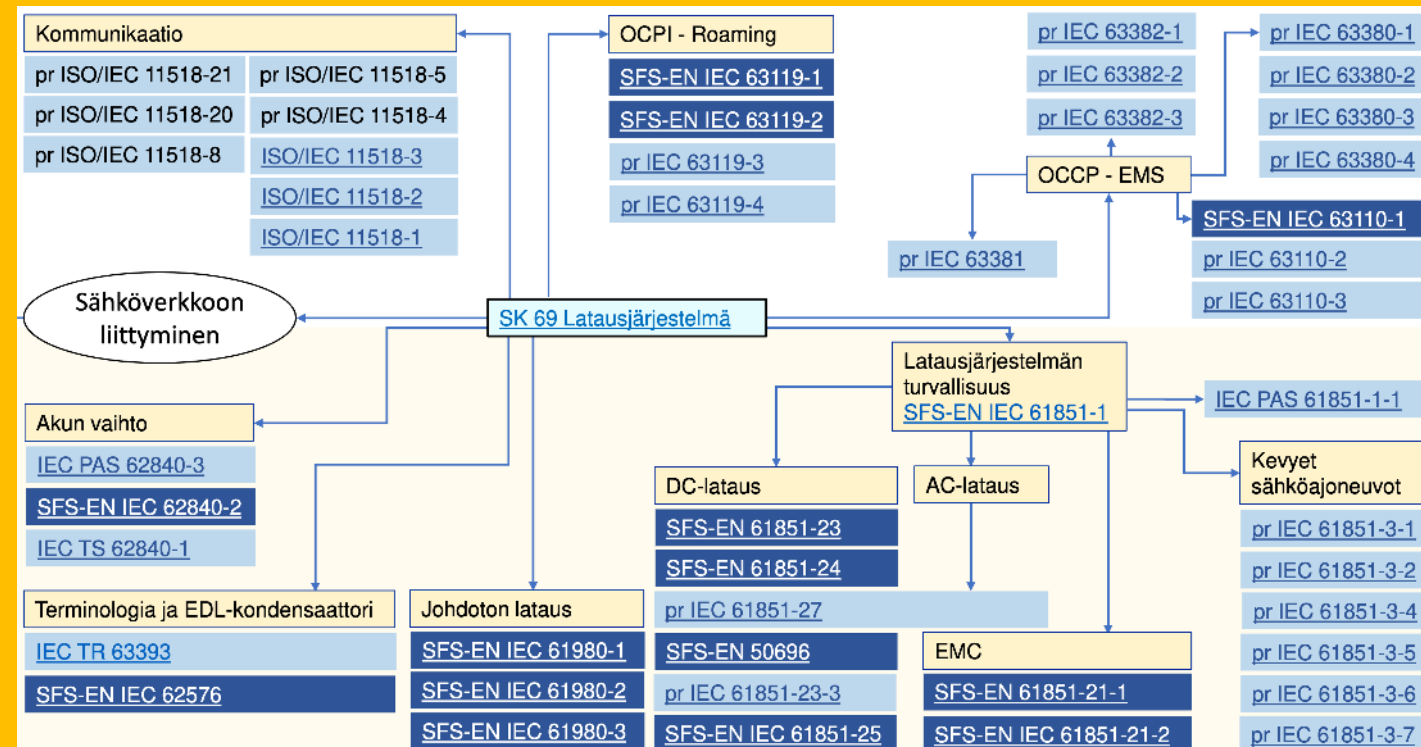
Kaikki sähköautopalot eivät ole akkupaloja



Ota standardit haltuun

- SESKO tehnyt hienon kartan sähköautojen lataamiseen liittyvistä standardeista

- <https://sesko.fi/sahkoajoneuvojen-lataamiseen-liittyvat-standardit/>



Standardoinnissa tapahtuu – missä?

- Sähköautojen lataamista käsitellään monissa komiteoissa
 - TC 64 Electrical installations and protection against electric shock
 - TC 69 Electrical power/energy transfer systems for electrically propelled road vehicles and industrial trucks
 - SC 23E Circuit-breakers and similar equipment for household use
 - SC 23H Plugs, Socket-outlets and Couplers for industrial and similar applications, and for Electric Vehicles
 - TC 21 Secondary cells and batteries
 - SC 21A Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes

Standardoinnissa tapahtuu – mitä?

- Päästandardi IEC 61851-1 4. painos (69/900/CD) – **DL 22.9.2023!**
- IEC 62196 –sarjaa päivitetään (mm. kaapelinnosteluvika korjataan)
- Sukolatausjohtostandardi (IEC 62752) loppusuoralla (CDV-äänestys läpi)
- Uusi pistokytkinstandardi kansallisessa valmistelussa (IEC 60884-1:2022 → SFS 5610:2023)
- SFS 6002 uudistuu ja julkaistaan ensi vuonna
 - Esikuvastandardi julkaistu kesällä, ei suuria muutoksia.
 - Kansallisten täsmennysten tarve, mm. akut ja sähköautot
 - Kansainvälinen standardi valmistuu rinnalla (IEC PC 128)

If the IC-CPD is fitted with a household plug, the IC-CPD shall be equipped with a control device that detects the temperature of the current carrying parts in the plug.

If the temperature of the current carrying parts in the plug reaches 70 °C, the IC-CPD shall switch off within 10s.

The current carrying parts in the plug shall not exceed 70 °C.

NOTE 1 New charging sequence can be initiated by disconnecting and connecting plug of the IC-CPD again.

The temperature sensors shall be selected according to the expected accuracy and foreseeable temperature range for the measurement and shall be placed in the relevant location in the plug for a proper measurement of the temperature of the current carrying parts.

NOTE 2 In France, according to the standard for plugs and socket outlets for household and similar purposes NF C 61-314, when using IC-CPD equipped with a control device that detects the temperature in the plug, the charging current is allowed:

- up to 10 A, with a socket-outlet not adapted to EV charging,
- up to 16 A with a dedicated socket-outlet for EV charging.

NOTE 3 In the UK and in IE a control device for monitoring the plug temperature is not required. In the UK and in IE the maximum charging current shall be 13 A. Plugs shall comply with BS 1363-1, classified as suitable for EV charging and marked BS 1363-1/EV.

NOTE 4 In Austria, if the IC-CPD is equipped with a household plug according to OVE E 8684-1:2021, the IC-CPDs shall have a rated current of 10 A.

NOTE 5 In Germany, if the IC-CPD is equipped with a household plug according to DIN VDE 0620-2-1:2021, the permanent charging current shall be limited to ≤ 10 A

In case of failure of the thermal control device the charging shall stop or not be possible.

Sähköauto energiavarastona?

- Standardointi alkuvaiheessa, tuotteita vasta vähän markkinoilla
 - <https://sesko.fi/kaksisuuntainen-lataus-sahkoauto-sahkovarastona/>
- Auton ja latausaseman välistä viestintää standardoitu jo pitkään (ISO 15118 –sarja, ensimmäinen osa jo vuonna 2013)
- SFS 6000:ssa riittävät vaatimukset
 - Sähkökeskuksen kannalta asia ei käytännössä eroa aurinkosähköjärjestelmän asentamisesta
 - Keskuksen **ylikuormittuminen kaikissa tilanteissa** estettävä
 - Tärkeää kiinnittää huomiota etenkin jos on pieni keskus ja sinne liitetään sekä aurinkosähköjärjestelmä että sähköauton kaksisuuntainen lataus

Lähteitä ja lisälukemista

- SESKOn lataussuositus lähdeluetteloineen:
 - <https://sesko.fi/lataussuositus>
- Asiaankuuluvat standardit
- Miksi Easee-latausasema joutui viranomaisten hampaisiin?
 - <https://www.sil.fi/uutiset/easee/>

Kysyttävää? Haluatko mukaan?

- Kysyttävää esitelmästä?
 - → linjaaho@gmail.com
- Mukaan standardointiin?
 - → Yhteyttä minuun tai suoraan SESKOn ryhmäpäälliköihin
 - Sähköautot ja latausjärjestelmät, akut ja energiavarastot: Juha Vesa
 - Sähkötyöturvallisuus ja asennusstandardit: Terhi Säynätjoki