

Tämä on rinnakkaistallenne. Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat saattavat poiketa alkuperäisestä julkaisusta.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

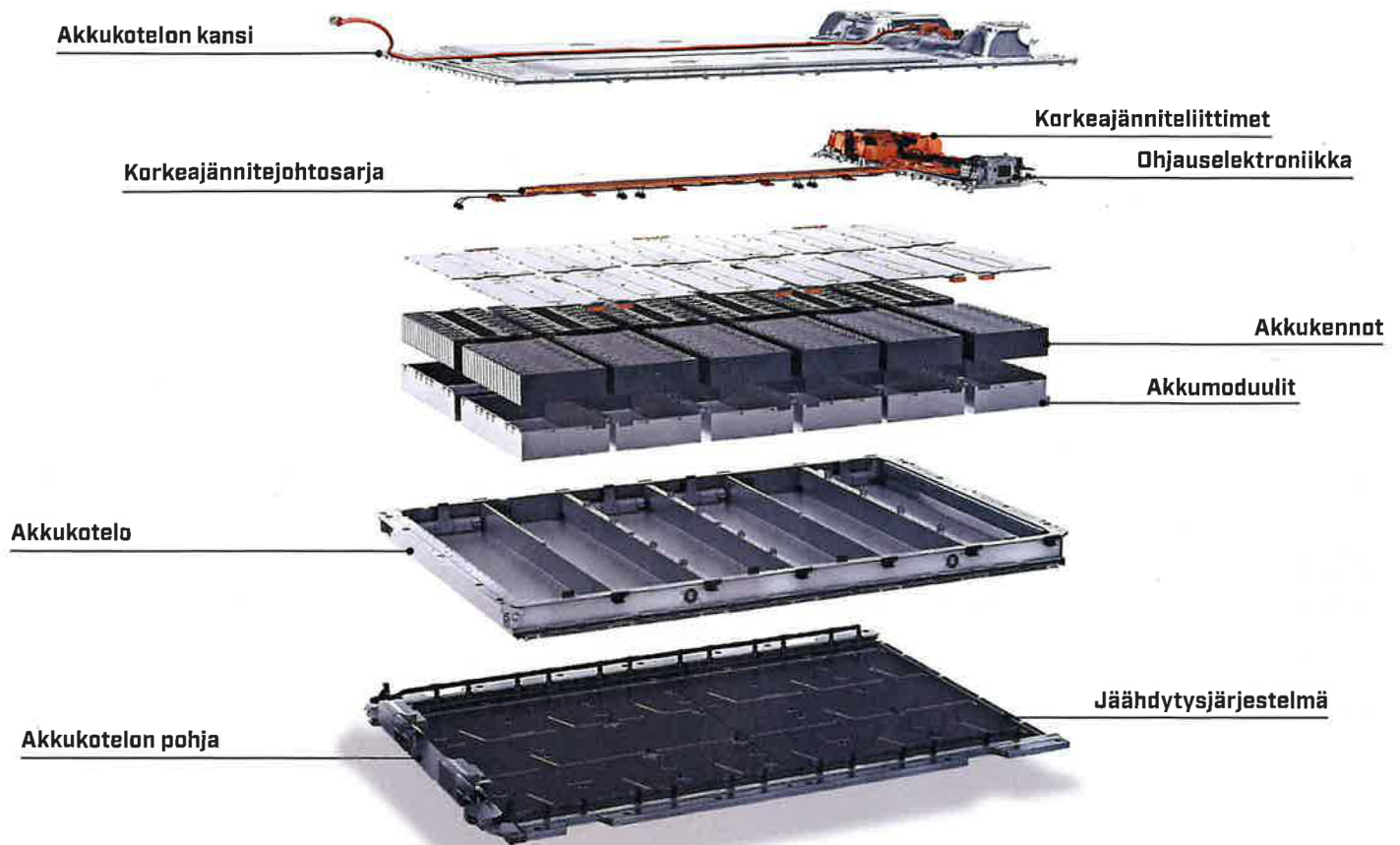
Linja-aho, V. (2023). LFP, NMC, BMS – sähköauton akun perusasiat haltuun / Miksi akku ei syty helposti ulkoisesta lämmöstä. *Tuulilasi*, 10, s. 68-70.

This is an electronic reprint of the original article.  
This reprint may differ from the original in pagination and typographic detail.

Please cite the original version:

Linja-aho, V. (2023). LFP, NMC, BMS – sähköauton akun perusasiat haltuun / Miksi akku ei syty helposti ulkoisesta lämmöstä. *Tuulilasi*, 10, pp. 68-70.

© A-Lehdet Oy



# LFP, NMC, BMS

## – sähköauton akun perusasiat haltuun

*Kaikissa sarjavalmisteisissa sähköautoissa käytetään nykyään litiumioniakkuja niiden keveyden ja pienen koon takia. Tämä voi tuntua absurdilta: painaahan akku useita satoja kilogrammoja. Vaihtoehdot ovat kuitenkin vielä huonompia – eli suurempia tai painavampia.*

VESA LINJA-AHO

**M**ediassa uutisoidaan säännöllisesti akkuläpimurroista ja mullistavista akkukeksinnöistä, jotka milloin tuovat sähköautolle toistatuhatta kilometriä toimintamatkaa, milloin lupaavat minuuteissa tapahtuvaa pikalatausta. Kaikki toivottuja ominaisuuksia, mutta näiden lisäksi sähköauton akun tulee olla paljon muutakin. Mullistava akkukeksintö voi esimerkiksi toimia laboratoriossa turvallisesti vain tietyssä lämpötilassa, tai se kestääkkin vain muutamia kymmeniä latauskertoja.

Matka tutkimuslaboratoriosta tiukat turvallisuusvaatimukset täyttävään, tavallisille kansalaisille myytävään tuotteeseen on pitkä.

Sähköauton akun tulee kestää tärinää, kiihdytyksiä ja iskuja, sen on toimittava laajalla lämpötila-alueella, kestättävä tuhansia lataus-purkusyklejä, oltava riittävän kevyt ja pieni, kestättävä suuria lataus- ja purkuvirtoja, sekä oltava riittävän edullinen ja myrkytön - ja toimittava hyvällä hyötysuhteella. Lisäksi akun pitää riittävällä todennäköisyydellä täyttää

**Tee-se-itse -miesten ja naisten aika on ohi. Sähköauton akkuja ei missään tapauksessa kenenkään pidä lähteä autotallissa sorkkiimaan.**



nämä ominaisuudet toistakymmentä vuotta: mitä pidempään, sen parempi. Suuri puute yhdessä näistä ominaisuuksista tekee siitä käyttökelpottoman ajoneuvokäytössä.

#### AKKU KOOSTUU KENNOISTA JA MODUULEISTA

Kaikki nykyaikaiset sarjavalmistetut tuotteet kahvinkeittimestä urheiluautoon suunnitellaan modulaarisiksi, eli osista rakennetaan toiminnallisia kokonaisuuksia, joiden toiminta keskenään on tarkasti määritelty. Tämä helpottaa niin suunnittelua, valmistusta kuin korjaamistakin, sekä etenkin tuotesuunnittelun jakamista useille henkilöille ja tiimeille.

Tyypillinen sähköauton litiumionikeno tuottaa noin 3,7 voltin jännitteen. Jännite riippuu varustilasta: täydellä kennolla se voi olla yli 4 voltia, ja tyhjällä alle 3 voltia. Kennoja kytketään sarjaan jännitteen kasvattamiseksi ja rinnan virranantokyvyn kasvattamiseksi. Sopiva määrä kytkettyjä kennoja pakataan moduuliksi. Näitä moduuleja sitten kytketään useita sarjaan akuksi, joka sijoitetaan mekaanisesti kestäväseen koteloon ajoneuvon alustaan.

Litiumionikeno on mattomaista rakennetta, jonka valmistaminen on samankaltainen rullalta rullalle -prosessi kuin paperin valmistaminen. Kenno koostuu positiivielektrodista (katodi), jolla on alumiinisen virraneräjälevyn pinnalla litiummetallioksidia sekä negatiivielektrodista (anodi), jolla on kuparisen virraneräjälevyn pinnassa grafiittia. Anodin ja katodin välissä on separaattori, joka on huokoista muovikalvoa. Jotta litiumionit pääsevät liikkumaan anodin ja katodin välillä, sisällä on elektrolyyttiliuosta, joka koostuu karbonaattiliuottimesta, johon on liuotettu heksafluorofosfaatti-nimistä suolaa. Koko rakenne on pakattu muovipussimaiseen rakenteeseen, joka voidaan kääriä rullalle ja paketoita sormipariston näköiseksi lieriökennoksi, tai laskostaa ja paketoita pehmeäksi pussikennoksi tai kovaan kulmikkaaseen pakkaukseen, jota kutsutaan prismaattiseksi kennoksi.

Katodilla oleva aktiivimateriaali vaikuttaa paljon akun ominaisuuksiin, ja siksi tätä materiaalivalintaa kutsutaan arki- ja ammattikielessäkin usein "akkukemiaksi". Esimerkiksi jos katodimateriaali on litiumin, nikkelin, mangaanin ja koboltin oksidia, puhutaan NMC-akkukemiasta - joka on yleisin akkukemia sähköautoissa.

Edullisemmän hintaluokan sähköautoissa on yleistynyt litiumrautafosfaattiakkujen (LFP) käyttö. LFP-akku on litiumioniakku, jonka katodimateriaali ei ole litiummetallioksidia vaan litiumrautafosfaattia. Tämän akkukemian etu on riippumattomuus kalliista harvinaisista mineraaleista kuten koboltista: litiumia, rautaa ja fosforia on maapallolla yllin kyllin. LFP-akun lämpöryntäys-lämpötila on myös lähempänä 200:aa kuin 100:aa celsiusastetta, joten sitä pidetään myös muita sähköautojen akkukemioita paloturvallisempina.

Huonona puolena LFP-akussa on sen korkeampi paino ja koko. Myös kenno-jännite on alhaisempi (3,2 voltia verrattuna NMC:n 3,7 volttiin), joten kennoja pitää kytkeä sarjaan enemmän riittävän akkujännitteen saavuttamiseksi, mikä nostaa kokoonpanokustannuksia.

#### EI VAIN SÄHKÖTEKNIKKAA

Sähköauton akku on muutakin kuin rinnan- ja sarjaankytkettyjä kennoja. Ensinnäkin, kennojen lämmönhallinta on toteutettava luotettavasti. Esimerkiksi ensimmäisissä Volkswagen eGolf-sähköautoissa ei ollut ollenkaan akun lämmittintä ja jäähdytyskin tapahtui passiivisesti, eli lämpö poistui akusta ulkoilmaan johtumalla. Jos akku pääsi liian kylmäksi (-28 °C), auto ei suostunut liikkumaan, lataamisesta puhumattakaan. Vastaavasti liian kuuma akku johti tehon rajoittamiseen. Samanhenkistä ratkaisua on käytetty myös



KUVA: SHUTTERSTOCK

## Miksi akku ei syty helposti ulkoisesta lämmöstä?

"**ENTÄ** jos noita palaa parkkihallissa tai autokannella koko rivi?". Sähköauton akkupalon hankala sammuttavuus tekee kysymyksestä täysin ymmärrettävän. Sähköauton akkupalo alkaa yleensä valmistusvirheestä tai riittävän voimakkaasta ulkoisesta väkivallasta. Ulkopuolisen lämmön aiheuttama akkupalo taas on epätodennäköinen. Esimerkiksi Norjan Stavangerin lentoaseman tuhoisassa pysäköintilaitoksen palossa tammikuussa 2020 paloi satoja autoja, myös sähköautoja. Tutkintaraportin mukaan ajoakut eivät osallistuneet palotapautumaan. Vanhan Opel Zafiran syttyminen käynnistäessä eteni suurpaloksi puutteellisen paloturvallisuussuunnittelun takia. Lomakauden takia täpötäynnä olleesta pysäköintitalosta puuttuivat niin paloilmotitimet, sprinklereistä puhumattakaan. Onnettomuusauton kuljettaja keskittyi (ymmärrettävästi) lastensa pelastamiseen autosta, ja hätäpuhelu soitettiin vasta 8 minuuttia tulipalon syttymisen jälkeen.

**MIKSI** akut eivät syttyneet? Ensinnäkin auton ajoakuiltä vaaditaan tyyppihyväksyntätesti, jossa sen tulee kestää ensin 70 sekuntia suoraa polttoaineallaspalaa ja sitten 60 sekuntia ritilällä vaimennettua polttoaineallaspalaa. Testin tarkoitus on simuloida tyyppillistä onnettomuutta, jossa auton alle

pääsee bensiiniä esimerkiksi viereisestä palavasta autosta.

**TOISEKSI** mukaan tulee fysiikka. Akku on metallikotelossa ja jotta se saadaan syttymään, sen tulee kuumentua pitkälti yli 100-asteiseksi. Tähän vaaditaan valtava määrä energiaa. Energiämäärän hahmottaa, kun verrataan akun kuumentamista veden lämmittämiseen: veden ominaislämpökapasiteetti on noin 4,2 joulea grammaa ja celsiusastetta kohti, eli jotta gramma vettä saadaan lämmitettyä yhdellä asteella, tarvitaan 4,2 joulea energiaa. Sähköauton akulla vastaava lukema riippuu akun rakenteesta ja kennoista, mutta on suuruusluokaltaan yksi joule grammaa ja celsiusastetta kohden. Reilun 400 kg:n painoisen akun lämmittäminen on siis kuin lämmittäisi 100 litran vesipataa nuotiolla. Henkilöautossa akku sijaitsee auton alla, joten viereisen sähköauton akkupalon leviäminen toisen sähköauton akkupaloksi on kuin yrittäisi kuumentaa vesipataa polttamalla nuotiota padan vieressä tai yläpuolella. Suoraan alapuolellakaan oleva tuli ei saa vettä kuumaksi minuuteissa.

**YLLÄ** mainittu pätee eurooppalaiset määräykset täyttäviin henkilöautoihin. Jos ajoneuvo akkukotelointeen on suurelta osin muovia ja akut on sijoiteltu vapaammin, tilanne on toisenlainen.



## Tiesitkö, että...

**SUKOPISTORASIESTA** 8 ampeerin virralla lataaminen ei kovalla pakkasella riitä välttämättä edes akun lämmitykseen niin lämpimäksi, että lataus voi käynnistyä. Yön aikana ajomatkaa ei sitten välttämättä kerrykään yhtään.

**JOISSAIN** sähköbussseissa ja lääketieteellisissä laitteissa käytetty LTO-akku on litiumioniakku, jossa grafiitin sijaan käytetään anodimateriaalina litiumititanaattia. Akku kestää poskettoman suuria lataus- ja purkuvirtoja ollen samalla erittäin pitkäikäinen ja paloturvallinen – ja valitettavan kallis.

**VOLVON** mukaan sähköauton valmistuksen päästöt ovat jopa 70% suuremmat kuin vastaavan polttamoottoriauton.

## Sähköistä liikennettä numeroina

# 2812

**ELOKUUSSA** ensirekisteröitiin 2812 täyssähköhenkilöautoa – määrä ei itsessään ole ennätys, mutta se ylitti ensi kertaa pelkkää bensiiniä syövien autojen ensirekisteröintimäärän Suomessa.

# 820

**SÄHKÖAUTON** akku painaa paljon: esimerkiksi Ford F-150 Lightning -avolavasähköauton akku painaa 820 kilogrammaa – toki kapasiteettiakin löytyy 131 kilowattituntia. Täyssähköhenkilöauton akku painaa yleensä 500 kilon molemmin puolin.

# 39

**PERINTEISESSÄ** hybridautossa riittää pienempikin akku: esimerkiksi Toyota Priuksen 1 kilowattitunnin nikkelimetallihyridiakku painaa 39 kg.



### *Litiumionikennot eivät kestä ylilataamista eivätkä ylipurkamista.*

monissa lataushybrideissä: jos on liian kylmä, sähköajo kytetään kylmästi pois päältä.

Luotettavin tapa varmistaa sähköauton käytettävyys niin kuumissa kuin kylmissäkin maissa on käyttää nestekiertoa perustuvaa järjestelmää, joka kykenee sekä lämmittämään että jäädyttämään akkua.

Lämmönhallinnan lisäksi akkukennojen jännitteitä tulee tarkkailla akunhallintajärjestelmällä (engl. battery management system, BMS). Litiumionikennot eivät kestä ylilataamista eivätkä ylipurkamista, ja jotta akku toimii optimaalisesti, tulee sarjaankytketyillä kennoilla tai kennoryhmillä olla lähes samat jännitteet. Koska kennot eivät ole keskenään täysin samanlaisia, akunhallintajärjestelmä tasapainottaa niiden jännitteitä esimerkiksi ohittamalla kennoja latauksessa tai siirtämällä varausta kennosta toiseen. Akunhallintajärjestelmän keskeinen tehtävä on kertoa latausjärjestelmälle, kuinka suuren tehon akkuun saa syöttää tai sieltä ottaa ulos. Kunnan pakkasella ilman esilämmitystä käyntiin laitettu sähköauto liikkuu kankeasti juuri tämän rajoituksen takia. Samoin pikalataaminen on hidasta kylmässä. Sähköautoissa onkin yleistynyt mahdollisuus lämmittää akkua ennen pikalataamista, jolloin latauspysähdyksen kesto lyhenee.

Sähkö- ja lämpöteknisten ominaisuuksien lisäksi akku on suunniteltava kestäväksi iskuja ja tärinää. Riittävän rajussa kolarissa akku kuin akku syttyy tuleen, mutta käytännön kokemukset osoittavat, että hyvin suunniteltu akku kestävä luotettavasti yllättävänkin rajuja törmäyksiä syttymättä. 🚗