

## Sähköautojen latauksen muodostama kuormitus ja mitoitusaste erilaisissa toimintaympäristöissä

### Taustaa

Tämän tutkimushankkeen tavoitteena on määrittää sähköautojen lataustapahtumien aiheuttama kuormitus kiinteistöverkoissa. Liikenteen sähköistyminen on yksi keskeisimmistä ja nopeimmin kehittyvästä energainfrastruktuuriin vaikuttavasta kehitystrendistä. Huomioiden sähköverkkojen maltillisen uusiutumistahdin, on sähköautojen nopea yleistymisen luonut tarpeen sähköautojen muodostaman kuormitusvaikutusten luotettavalle määrittämiselle.

Sähköautojen latauksen ja latausalueiden vaatimuksia määrittelevä kansallinen lainsäädäntö on etenemässä<sup>1</sup> hallituksen esityksestä eduskunnalle vuoden 2020 aikana. Lainsäädäntö noudattelee EU:n rakennusten energiatehokkuus direktiiviä<sup>2</sup>. Toteutuessaan maakäyttö- ja rakennuslaissa 126 §:n tullaan esittämään vähimmäisvaatimuksia latauslaitteiden ja latausalueiden rakentamiseen liittyen. Kiinteistöverkkujen ja taloyhtiöiden sähköverkkojen kannalta on kriittistä, että vaatimukset ja ohjeistukset perustuvat tutkittuun tietoon. Ohjeistuksen ollessa ylimitoitettu voi se aiheuttaa tarpeetonta painetta ylimitoittaa kiinteistöjen tai taloyhtiöiden sähköverkoja. Kiinteistöjen latausalueen ylimitoitus johtaa ylisuuren lataus- tai kiinteistöliittymän tarpeeseen. Sähköjakeluverkkojen kannalta tilanne on haastava, sillä jakeluverkkoyhtiöiden on pystyttävä varautumaan asiakkaiden perusteltuun tai perusteettomaan kapasiteettitodotukseen. Oheisen asetelma voi helposti johtaa tilanteeseen, jossa sähköjakeluverkoissa varaudutaan ylisuureen kapasiteettiin ja kapasiteetin käyttöaste jää vähäiseksi.

Useat kotimaiset ja kansainväliset tutkimukset osoittavat, että latausten ajallinen vaihtelu voi olla suurta esimerkiksi asuin- ja kiinteistöjen yhteydessä. Älykkäillä latausjärjestelyillä voidaan edelleen myötävaikuttaa latauskuormien järkevään jaksottumiseen ja kuormien huiputtumiseen. Sähköverkkojen maltillisempaan mitoittamiseen on siis lupaavat lähtökohdat.

Sähköautojen kuormitusvaikutukset ovat voimakkaasti automallikohtaisista yleistymisskenaarioista ja toimintaympäristöstä riippuvaisia. Tässä tutkimushankkeessa kuormitusvaikutusten määrittäminen perustuu laboratorio- ja kenttäolosuhteissa tapahtuviin todellisiin mittauksiin sekä erilaisiin sähköautojen joukkokäyttäytymistä kuvaaviin simulaatiomalleihin. Tutkimuksessa hyödynnetään laaja-alaisesti erilaisia liikennemittausaineistoja (mm. henkilöliikennetutkimusaineisto).

Tutkimustyö toteutetaan LUT-yliopiston johdolla. Metropolia Ammattikorkeakoulu tuottaa projektin tarpeisiin mittauksia ja toteuttaa mittausjärjestelyjen suunnittelun.

<sup>1</sup> Hallituksen esitys, HE 23/2020 vp, [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_23+2020.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_23+2020.aspx)

<sup>2</sup> EU-direktiivi, "Energy performance of buildings directive (EPBD)", [https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive\\_en](https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en)

Tutkimushankkeen tulokset palvelevat niin julkisen kuin yksityisenkin sähköenergiainfrastruktuurin (kiinteistöt, taloyhtiöt, kaupungit, sähköjakeluverkot) kehittämisessä sähköisen liikenteen yleistyessä. Tulokset auttavat myös ymmärtämään älykkään latauksen merkityksen kuormitushuippujen välttämässä ja verkkojen mitoittamisessa. Tutkimustyön keskeiset tekemiset ja tulosten hyödynnettävyydet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 Tutkimushankkeen keskeiset tekemiset/tulokset sekä niiden hyödynnettävyys

## Tutkimuksen tavoitteet, tutkimuskysymykset ja -menetelmät

Tutkimuksen tavoitteena on määrittää sähköautojen latausprofiileja suomalaisissa olosuhteissa ja toimintaympäristöissä. Tulosten on tarkoitus toimia kansallisen sähköautojen latausinfrastruktuurin suunnitteluohjeistuksen tausta- ja tukimateriaalina.

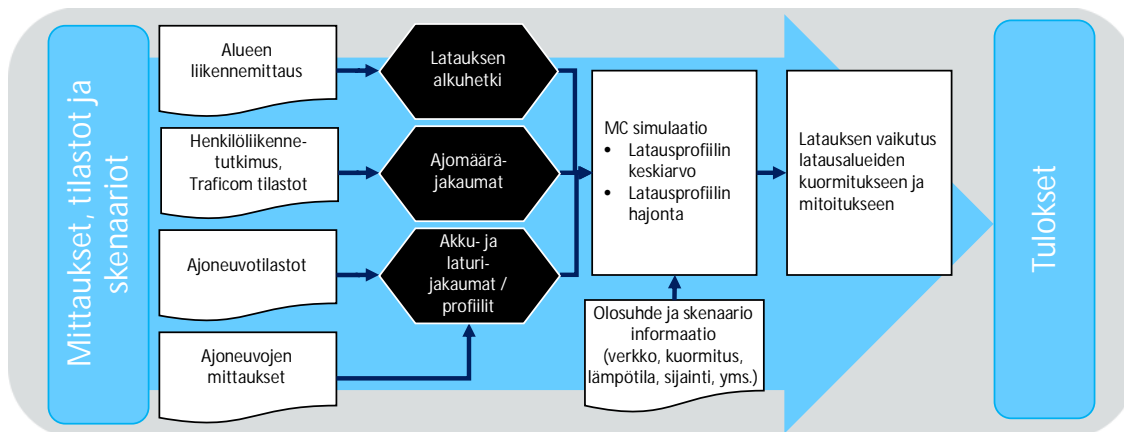
Keskeisimmät tutkimuskysymykset ovat:

1. Mikä on sähköauton latausteho ja -profiili?
2. Miten sääolosuhteet (ulkolämpötila) sähköautojen keskimääräisiin lataustehoihin sekä mahdolliseen ylläpitosähkön (akuston ja sisätilan lämmitys ja jäähdytys) tarpeeseen?
3. Miten lataustapahtumat ja kuormitukset kerrostuvat erilaisissa ympäristöissä?
4. Miten lataustehot näkyvät nykyisiä kiinteistöjen liittymäkuormia ja -kapasiteetteja vasten ja minkälaisia saneerauspaineita sähköautojen yleistymisen tuo liittymiin?
5. Miten suuriin liittymien mitoitus-tehoihin päädytään edellisten kohtien pohjalta?
6. Miten älykkäät latausratkaisut vaikuttavat latausalueiden mitoitus-tehoihin?

Tutkimuksessa tuotettavat tarkastelut perustuvat simulointeihin sekä todellisiin sähköautojen lataustehoa todentaviin mittauksiin. Simulointimalleissa hyödynnetään laaja-alaisesti todellisia verkkotietoja sekä sähkönkulutusta kuvaavia AMR-aineistoja.

## Tutkimustehtävät

Tutkimus toteutetaan neljässä, tiiviisti keskenään linkittyvässä osatehtävässä. Osatehtävien keskinäistä kytkeytymistä ja rytmitystä on havainnollistettu kuvassa 2.



Kuva 2 Sähköautojen latauksen mallinnus lohkokaavioesityksenä.

## Nykytila-analyysi

Sähköautoihin liittyvää tutkimusta on tehty merkittävästi viime vuosien aikana niin kotimaassa kuin kansainvälisestikin. Nykytila-analyysissä kartoitetaan olemassa olevat sähköautojen lataukseen liittyvät aineistot ja niitä hyödynnetään tämän tutkimushankkeen taustalla. Tässä yhteydessä muodostetaan myös laaja-alainen katsaus olemassa olevien kiinteistöjen liittymätehoista ja kapasiteeteista. Keskeisessä roolissa ovat erityisesti pohjoismaisessa ympäristössä toteutetut selvitykset. Nykytila-analyysi toteutetaan kirjallisuuskatsauksin sekä haastatteluin tutkimushankkeen alkuvaiheessa.

Nykytila-analyysin tuloksena muodostuu sähköautojen lataukseen liittyvän tutkimuksen nykytilaa kuvaava yhteenveto, joka tukee projektin seuraavien vaiheiden toteutusta. Lisäksi tutkimuskattäkökatsauksen avulla voidaan tunnistaa sähköautojen lataukseen liittyviä kansallisia erityispiirteitä ja näin ollen soveltaa suomalaiseen ympäristöön soveltuvia tutkimustuloksia.

## Sähköautojen latauksen tekniset mittaukset

Sähköauton verkosta ottama teho vaihtelee voimakkaasti automallin ja olosuhteiden mukaan. Tutkimuksen tässä osiossa suoritetaan sähköautojen lataustapahtumien tekniset mittaukset. Mittauksilla on tarkoituksenaan varmistaa, että analyysien lopputuloksena tuotettavat mitoitusperiaatteet perustuvat mahdollisimman realistisiin ja monipuolisiin lähtökohtiin. Luotettavat tutkimustulokset aihepiiristä ovat tärkeitä, sillä aiheeseen liittyy hyvin paljon virheellisiä käsityksiä ja olettamuksia. Mittaukset toteutetaan vakioituissa olosuhteissa Metropolia AMK:n ajoneuvotekniikan kylmälaboratoriossa. Mittaukset tehdään eri automalleille eri ulkolämpötiloissa erilaisia latausratkaisuja hyödyntäen.

Mittausraportin lisäksi tästä osiosta tulee osatuloksena mittausaineistoja, jotka tukevat latauksen tilastollista mallintamista.

## Sähköautojen liikkumista kuvaavien simulointimallien kehittäminen

Tutkimuksen tämän osion tavoitteena on edellisessä kohdassa todellisin mittauksin määritettyjen yksittäisten autojen latausprofiilien ja henkilöliikennetutkimuksen liikkumista kuvaavien aineistojen yhdistämisen mahdollistavan simulointimallin kehittäminen. Mallissa sovelletaan ulkolämpötilan mukaan varioitavissa olevia latausprofiileja niin, että ne vastaavat simuloitavan kohteen toimintaympäristöä (esimerkiksi Etelä-Suomi vs. Pohjois-Suomi).

Tämän osion tuloksena muodostuu simulointimalleja sähköautojen latausprofiilien määrittämiseen. Simulointimallit pystyvät yhdistämään monimuotoista taustamateriaalia ja tarjoavat mahdollisuuden varioida toimintaympäristöä ja muita lataustapahtumaan oleellisesti vaikuttavia muuttujia. Kehitettävät mallit mahdollistavat sähköautojen aiheuttamien kuormien tarkastelua niin kiinteistöverkkojen kuin sähköjakeluverkkojen näkökulmista.

## Sähköautojen latauksen huomioivien mitoitusperusteiden määrittäminen sähköverkoille

Tutkimuksen keskeisimpänä tavoitteena on sähköautojen latauksen huomioivien mitoitusperiaatteiden määrittäminen (yksityiset ja julkiset sähköverkot). Määrittelyssä hyödynnetään edellisissä vaiheissa toteutettuja mittauksia ja simulointimalleja. Osiossa suoritetaan kattava joukko simulointeja vastaamaan mahdollisimman hyvin todenmukaisia latausolosuhteita varioiden mm. sähköautomalleja (latauslaitteen teho ja auton akkukoko), ajomääriä (ajoenergia), latausjanakohtia (latauksen aloitusajankohta) sekä ulkolämpötilatietoja. Simuloinnein määritettyjä lataustehoja arvioidaan nykyisiä liittymäkapasiteetteja vasten, jolloin sähköautojen aiheuttama tulevaisuuden verkkojen saneeraustarve on arvioitavissa sekä kiinteistöverkkojen että sähköverkkoyhtiöiden liittymämitoittamisen näkökulmista.

Tästä osiosta tulee tuloksena sähköautojen latauksen latausprofiileja ja mitoitusohjeistuksen taustana toimivaa tukevaa aineistoa. Erityishuomio tulosaineistossa on sähköautojen keskimääräisen lataustehon määrittämisessä erilaisissa olosuhteissa ja toimintaympäristöissä.

## Tulosten raportointi ja viestintä

Tuloksista kirjoitetaan raportti ja esitysmateriaalia sidosryhmän käyttöön. Projektin aikana hyödynnetään sidosryhmän media- ja somenäkyvyyttä tulosten julkaisussa. Lisäksi tuloksia pyritään julkaisemaan kansainvälisissä konferensseissa ja tiedelehdissä. Tulosten esittämisessä tavoitteena on läpinäkyvyys, jotta tulokset olisivat mahdollisimman hyvin hyödynnettävissä. Tulosaineisto muotoillaan vastaamaan mahdollisimman hyvin sidosryhmien tarpeita.

## Tutkimusryhmä

Projektin toteuttaa professori Jarmo Partasen johtama tutkimusryhmä, jossa toimivat apulaisprofessori Jukka Lassila, TkT Juha Haakana, TkT Nadezda Belonogova, DI Ville Tikka, DI Jouni Haapaniemi ja DI Otto Räisänen. Sähköautojen mittaukset toteutetaan Metropolia ammattikorkeakoulun ajoneuvotekniikan kylmälaboratoriossa (Liite 1).

## Ohjausryhmä

Ohessa on esitetty projektin ohjasryhmän alustava kokoonpano.

- Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry: n.n
- Sähkötekniikan tutkimuspooli: n.n
- Kiinteistöliitto ry: Petri Pylsy
- Energiateollisuus ry: Tuukka Heikkilä
- STUL ry, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto (Sähköinfo): Matti Orrberg
- SESKO ry, Suomen sähkö- ja elektroniikka-alan kansallinen standardointijärjestö: Vesa Linja-aho
- Sähköinen liikenne ry: Heikki Karsimus
- Rakli ry, kiinteistöalan yhteistyöjärjestö: n.n

## Projektiaikataulu, - kustannukset ja rahoitus

### Aikataulu

1.11.2020-31.8.2021

### Kustannukset ja rahoitus

Sähkötekniikan ja energiatehokkuuden edistämiskeskus STEK ry	50 000 €
Sähkötekniikan tutkimuspooli	40 000 €
Kiinteistöliitto ry	7 000 €
<hr/> Yhteensä	<hr/> 97 000 €
LUT-yliopiston omarahoitus	23 000 €
<hr/> Kokonaisbudjetti	<hr/> 120 000 €

## Liitteet

LIITE 1. Metropolia AMK olosuhdelaboratorio.



## Metropolia AMK olosuhdelaboratorio

Olosuhdelaboratorioon voidaan luoda arktiset olosuhteet vuodenajasta riippumatta. Laboratorio mahdollistaa ajoneuvon testaamisen halutunlaisella kuormitusykyllä aina  $-25^{\circ}\text{C}$  asteeseen saakka. Ajoneuvojen lisäksi laboratoriossa voidaan testata lähes kaikkea, esimerkiksi akkuja, valaisimia, moottoreita.

- Tilan mitat: leveys 8 m, pituus 9 m (ovien koko 3 m x 3 m)
- Mittalämpötila-alue:  $+60$ - ( $-46$ ) astetta Celsiusta
- Kylmäteho: 50 kW CO<sub>2</sub> -pohjainen
- Ilmanvaihto: maks. 3000 l/s
- Varustus: 4 WD napadynamometri (maksimi kuormitus 460 kW), esim. ajosyklimitaukset (WLTP, NEDC, FTP)

<https://www.metropolia.fi/fi/asiakastyot-ja-palvelut/kylmalaboratorio>

