



Tieverkon sähköistäminen Suomessa – haasteet ja mahdollisuudet

Selvitys käynnissä

Aiheen esittely ja
yhteenvedo
kansainvälisestä
kehityksestä

Tieverkon
sähköistäminen
Suomessa – mitä
edellyttäisi?

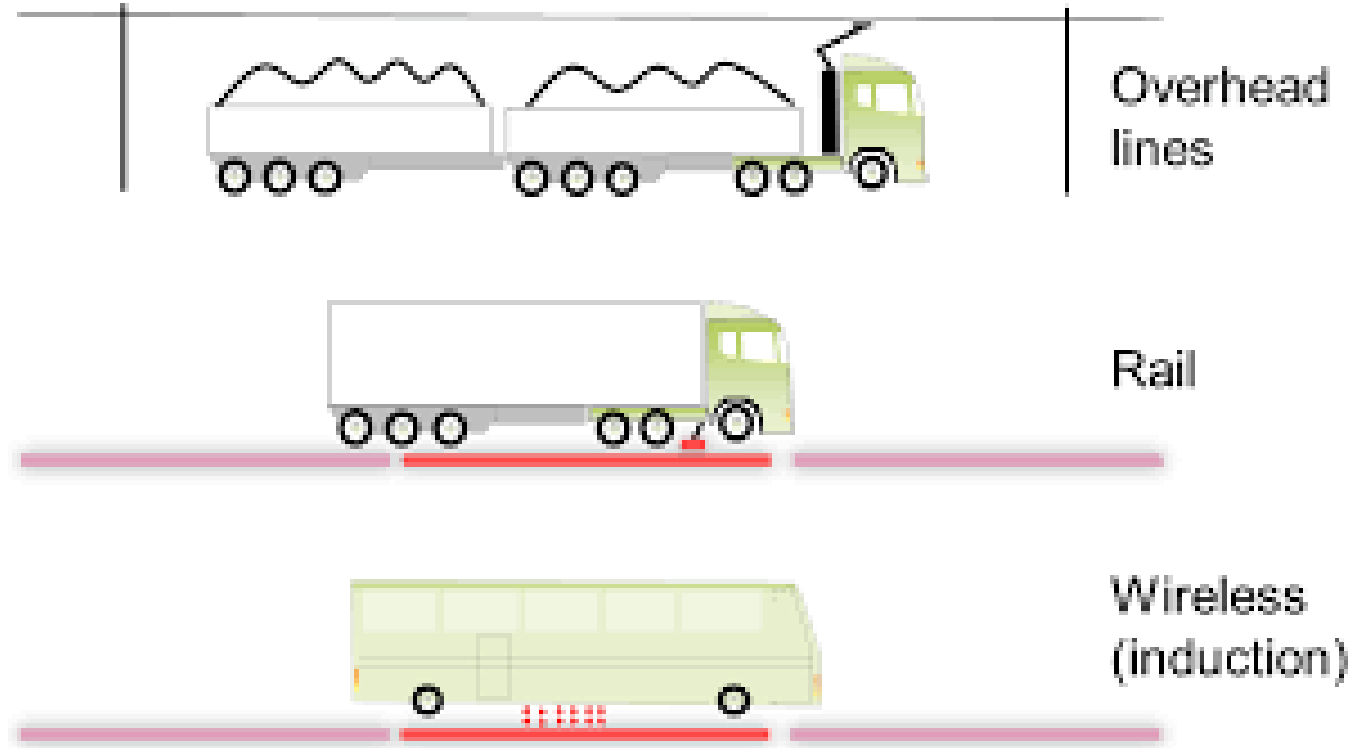
Valmistuu kesäkuussa
2020



Selvitettäviä asioita mm.

- Eri teknologioiden ja bisnesmallien arviointi
- Lainsäädännön, sähköverkon ja tieverkon näkökulmat
- Potentiaali eri tyyppisten ajoneuvojen näkökulmista
- Vaikutukset liikenteen toimivuuteen, päästöihin yms.
- Askelmerkit jatkoselvityksille ja mahdolliselle toteutukselle

Vaihtoehtoiset teknologiat



Johtavia rakenteita hyödyntävät teknologiat – ajolanka tien yläpuolella

Toimintaperiaate

- Ajoneuvo ottaa sähköä virroittimella ajokaistan yläpuolella olevasta ajolankaparista suoralla kontaktilla jatkuvasti; muuten sama kuin sähköjunat ja ratikat, mutta tarvitaan kaksi ajolankaa, koska liikutaan kumipyörillä

Johtavat toimijat

- Siemens

Pilotit

- Saksa: Frankfurt 10 km (2019-), Holstein 12 km (2016-); Ruotsi: 2 km (2016-); USA: California 1,6 km (2016-); & lisää tulossa

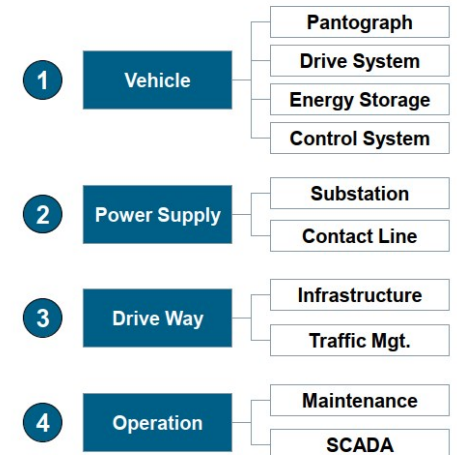
Plussat

- Riittävä tehotaso raskaalle kalustolle
- Teknologinen kypsyys (pilotteja yleisillä teillä; ei vikoja)
- Vastaavasta teknologiasta on pitkä kokemus rautateillä ja raitiovaunuliikenteessä
- Ei vaikuta ajotien rakenteisiin (muiden ERS-teknologioiden käyttö mahdollista samoilla tieosuuksilla)
- Ei vaikuta teiden kunnossapitoon
- Pienet riskit pilottien toteuttamisessa

The complete system



... and its subsystems



Lähde: Siemens

Miinukset

- Soveltuu vain korkeille ajoneuvoille (kuorma-autot & bussit)
- Vaatii aktiivista virroittimen aseman hallintaa
- Muuttaa maisemaa merkittävästi → yleinen hyväksyttävyys?
- Saattaa estää pelastustoimia (esim. helikopteria laskeutumasta tielle onnettomuustilanteissa)
- Ei uskota soveltuvan kaupunkiympäristöön (yleistä hyväksyntää ei uskota saavutettavan visuaalisten vaikutusten takia)

Johtavia rakenteita hyödyntävät teknologiat – kontaktirakenne tien pinnassa/upotettuna

Toimintaperiaate

- Ajoneuvo ottaa sähköä virroittimella ajokaistalta, ajoneuvon alapuolella olevasta raiteesta suoralla liukukontaktilla jatkuvasti

Johtavat toimijat

- Elways, ElonRoad, Alstom

Pilotit

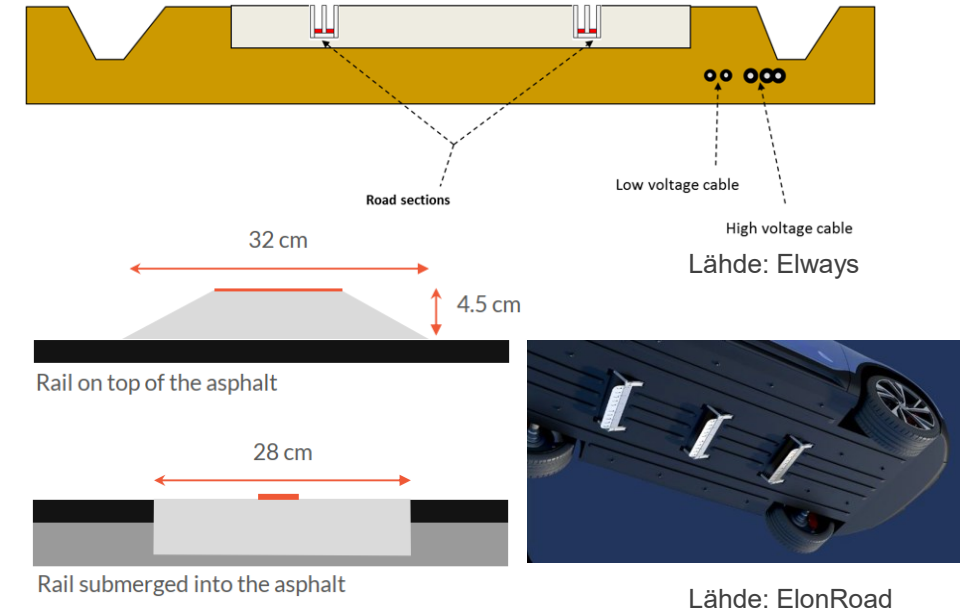
- Elways: eRoadArlanda 2 km, max 200 kW, 2017-
- ElonRoad: Lund, Ruotsi, kaupungin keskusta, tulossa 2020 - 2022
- Alstom/Volvo: Hällered, Ruotsi, 400 m testirata, max 126 kW, 2014 - (alun perin raitiovaunuille suunnitellun järjestelmän modifikaatio)

Plussat

- Riittävä tehotaso raskaalle kalustolle
- Sovellettavissa kaikille ajoneuvoille
- Vähäiset visuaaliset vaikutukset
- Runsaasti siirrettävissä olevaa tietotaitoa juna- ja raitiovaunuliikenteestä (Alstom)
- Helppo tarkastaa ja huoltaa, koska useimmat komponentit näkyvissä ja saavutettavissa
- Virroittimen aseman hallinta sivusuunnassa helppoa (ElonRoad)

Miinukset

- Avoin ja kosketeltavissa oleva johdin tiellä
- Moottoripyöräilijöiden turvallisuus (raiteen ylitys kovassa vauhdissa); turvallisuus yleisesti (pienempi kitka raiteen kohdalla)
- Altis vioittumiselle ja vaurioille (kuluminen, korroosio (teiden suolaamisen vaikutus?), erilaiset kontaminaatiot)
- Ei sovellu mutkaiselle tielle (Elways)
- Lumen ja jään vaikutusten hallitseminen epävarmaa
- Hankaloittaa tai voi hankaloittaa tien kunnossapitoa



Johtavia rakenteita hyödyntävät teknologiat – kontaktirakenne tien sivussa

Toimintaperiaate

- Ajoneuvo ottaa sähköä virroittimella tien sivussa olevasta johdinraiteesta (turvakaiteesta) suoralla rullakontaktilla jatkuvasti

Johtavat toimijat

- Honda

Pilotit

- Toistaiseksi vain prototyyppitestausta Hondan omalla 300 m testiradalla



Lähde: Honda

Plussat

- Riittävä tehotaso saavutettavissa raskaallekin kalustolle
- Ei yhtä merkittäviä kulumisongelmia kuin tien pintaan suunnitelluilla ratkaisuilla
- Vesi, lumi tai jää tiellä ei haittaa
- Helpompi ja nopeampi asentaa kuin tiehen integroidut ratkaisut
- Helppo tarkastaa ja huoltaa, koska kaikki komponentit näkyvissä ja saavutettavissa

Miinukset

- Turvallisuus - avoin ja helposti kosketeltavissa oleva johdin tien sivussa
- Vain vähän tietoa saatavissa muuten kuin Japaniksi
- Vaatii turvakaiteen melko lähellä ajoneuvoa (Hondan prototyyppi: maksimietäisyys 1,3 m)
- Kevyttä liikennettä ei voi olla ajoneuvon ja turvakaiteen välissä – suljetut tieosuudet?
- Ei kokemuksia yleisiltä teiltä, ei pilotteja

Induktiota hyödyntävät teknologiat – käämit tien sisällä

Toimintaperiaate

- Ajoneuvon vastaanottavaan käämiin indusoituu sähkövirtaa sähkömagneettisen kentän välityksellä tien sisällä olevista johdinkäämeistä ilman johtavaa tai mekaanista kontaktia ajoneuvon ja tiensisäisten latausrakenteiden välillä

Johtavat toimijat

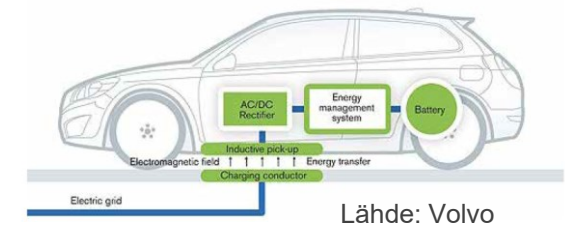
- KAIST/OLEV, Bombardier, Electreon; useita tutkimusryhmiä yliopistoista (mm. Oak Ridge), autonvalmistajista ym.

Pilotit

- KAIST/OLEV, Etelä-Korea: pilotteja yleisillä teillä vuodesta 2009 alkaen, useita sukupolvia, useita tieosuuksia kaupungeissa; tehot eivät riittäne raskaille ajoneuvoille, ei soveltune maantienopeuksille eikä yhteen muiden induktioon perustuvien ratkaisujen kanssa
- Bombardier, Saksa: kehitystyötä vuodesta 2008 lähtien; useita bussireittipilotteja Saksassa, kaksi Belgiassa, yksi Ruotsissa
- Electreon, Israel: SmartRoad Gotland, Ruotsi 1,6 km, sähköbussi & sähkökuorma-auto (rakenteilla; testikäytössä 2020 – 2021)



Lähde: Electreon



Lähde: Volvo

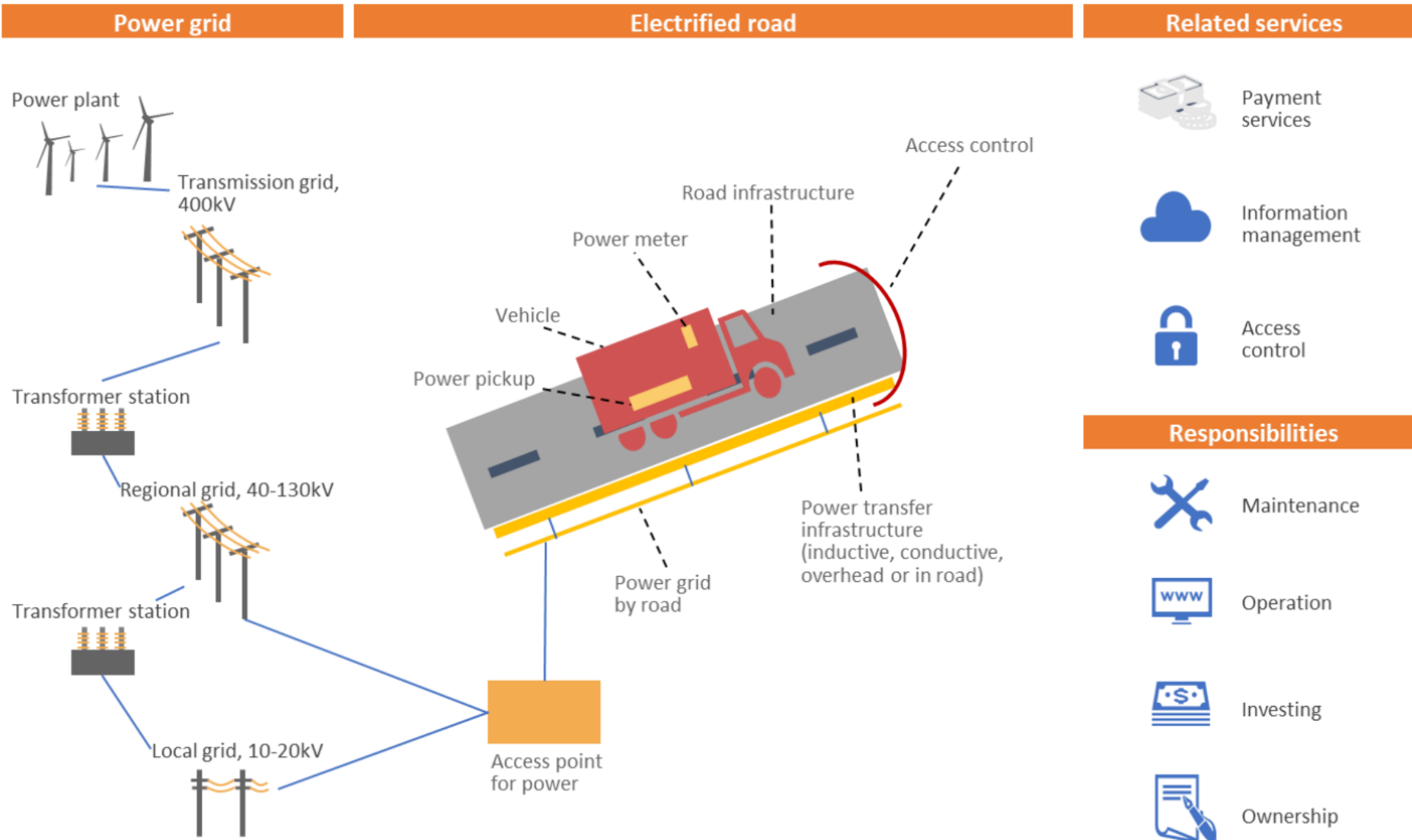
Plussat

- Ei vaikuta teiden talvikunnossapitoon
- Turvallinen tienkäyttäjille ja tietyöläisille
- Ei vaikutusta maisemaan
- Sovellettavissa kaikille ajoneuvoille
- Ei ole altis vahingoittumaan eikä vahingonteoille

Miinukset

- Heikommat tehot kuin johtaviin rakenteisiin perustuvissa ratkaisuissa (raskas liikenne haasteellinen)
- Asennuksen jälkeen vaikeasti saavutettavissa ja huollettavissa
- Tienvarsilaitteita lyhyin välimatkoin
- Useita erilaisia fyysisiä konfiguraatioita, joiden yhteensopivuus kyseenalainen tai sitä ei ole (esim. OLEV vs. muut)
- T&K-haasteita: synkronointi, kohdistus, yli 100 km/h ajonopeudet

Liiketoimintamalleihin liittyviä komponentteja



Esimerkkejä kustannuksista

INFRASTRUKTUURIN RAKENTAMISKUSTANNUKSET

- | | |
|---|---|
| • Ajolanka tien päällä*: | 9 - 14 milj. SEK per kilometri (0,9 – 1,3 milj. EUR) |
| • Kontaktirakenne tien sisällä/päällä*: | 5 - 10 milj. SEK per kilometri (0,5 – 1,0 milj. EUR) |
| • Käämit tien sisällä*: | 10 - 35 milj. SEK per kilometri (1,0 – 3,1 milj. EUR) |
| • Vain sähköverkon laajennustyöt: | 4 - 8 milj. SEK per kilometri (0,4 – 0,8 milj. EUR) |
| • Muutokset ajoneuvoihin (virroitin):
EUR) | 0,5 - 0,8 milj. SEK per ajoneuvo (0,05 - 0,08 milj. |

OPEROINTIKUSTANNUKSET

- | | |
|-------------------------------------|--|
| • Ladatun sähköön hinta: | 0,7 - 1,6 SEK per ajettu kilometri (0,07 - 0,15 EUR) |
| • Tieverkon huolto ja kunnossapito: | 1,5 % pääomakustannuksista (CAPEX) |

Maksujen keräämisen vaihtoehdot

Investoinnin ja infran ylläpidon vaatimien tiemaksujen keräämiseen on useita eri vaihtoehtoja:

- Käyttäjää veloitetaan **infran hyödyntämisestä** (esim. **"tietullimaksu"** vain yhteen suuntaan liikkuesssa)
- **Energiankulutukseen perustuva maksu**, joka mahdollistaa energiatehokkuuden huomioimisen ja reilun hinnoittelun.
- **Aikasidonnainen maksu** (minuutti-/tunti-/päiväperusteinen veloitus)
- **Ajomatkan pituuteen sidottu maksu** (per kilometri)
- **Kiinteä hinnoittelu**: kuukausiperusteinen (tai vuosimaksu) sisältäen esimerkiksi tien käyttöoikeuden ja lataamisen esim. "all you can eat"-periaatteella. Kiinteään hintaan voidaan liittää erilaisia lisäarvopalveluita kuten huolto-, rahoitus- ja leasing-palveluita.
- Investoinnin ja operoinnin vaatimat kustannukset kerätään veroina.

Toimintaan sisältyy myös muita kustannuselementtejä:

- **Muutosmaksut ajoneuvojen sovittamiseksi sähköiselle tieverkostolle soveltuviksi** (virroittimet).

ALUSTAVIA HAVAINTOJA

TEKNOLOGIAT

- Ajolanka tien yläpuolella nähdään tällä hetkellä muita potentiaalisempaa vaihtoehtona – muihin teknologioihin liittyy kunnossapidon, turvallisuuden (liikenne ja sähkö) tai riittävän lataustehon haasteita.
- Ajolangassa merkittävänä hättänä nähtiin sen yhteensopimattomuus henkilöautoille sekä esteettiset hättät.
- Raskas liikenne vaikuttaa potentiaalisimmalla teknologian hyödyntäjältä – akkuteknologian uskotaan riittävän henkilöautoissa ja kaupunkien sisäisessä linja-autoliikenteessä.
- Teknologioiden arvioinnissa on kuitenkin huomiotava pitkän aikavälin kehitys, mm. lataustehon, autonomisen liikenteen ja dynaamisten ajoreittien osalta.

LIIKETOIMINTAMALLIT

- Investoinnin kannattavuutta arvioitaessa on huomiotava elinkaarikustannukset ja päästöjen vaikutukset.
- Päästövaikutusten arviointiin vaikuttaa päästöjen hintakehitys.
- Todennäköisesti tieinfran sähköistäminen vaatii valtion panostuksia alussa ennen kuin infra saavuttaa suuret volyymit.
- Rahoitukseen on useita julkisten ja yksityisten toimijoiden yhteistyö-vaihtoehtoja. Tieinfran rakentamista ja omistamista varten voidaan esim. perustaa yhtiö, jossa valtio voi olla vähemmistö- tai enemmistö-omistajana. Samoin tieverkon operointi voidaan yhtiöittää.
- Infran käytöstä perittävät maksut lienee järkevä olla aiheuttamisperiaatteen mukaisia eli joko energia-, km-, tai aikaperusteisia. Kiinteä hinnoittelu ei kannusta tehokkuuteen.
- Tiemaksujen keräämisen vaatimaan tunnistautumiseen on useita vaihtoehtoja erityisesti raskaan liikenteen osalta.
- Myös liiketoimintamalleissa tulisi tarkastella huolellisesti autonomisen liikenteen vaatimukset ja vaikutukset.

Sähköistettävän tieverkon laajuus ja potentiaali

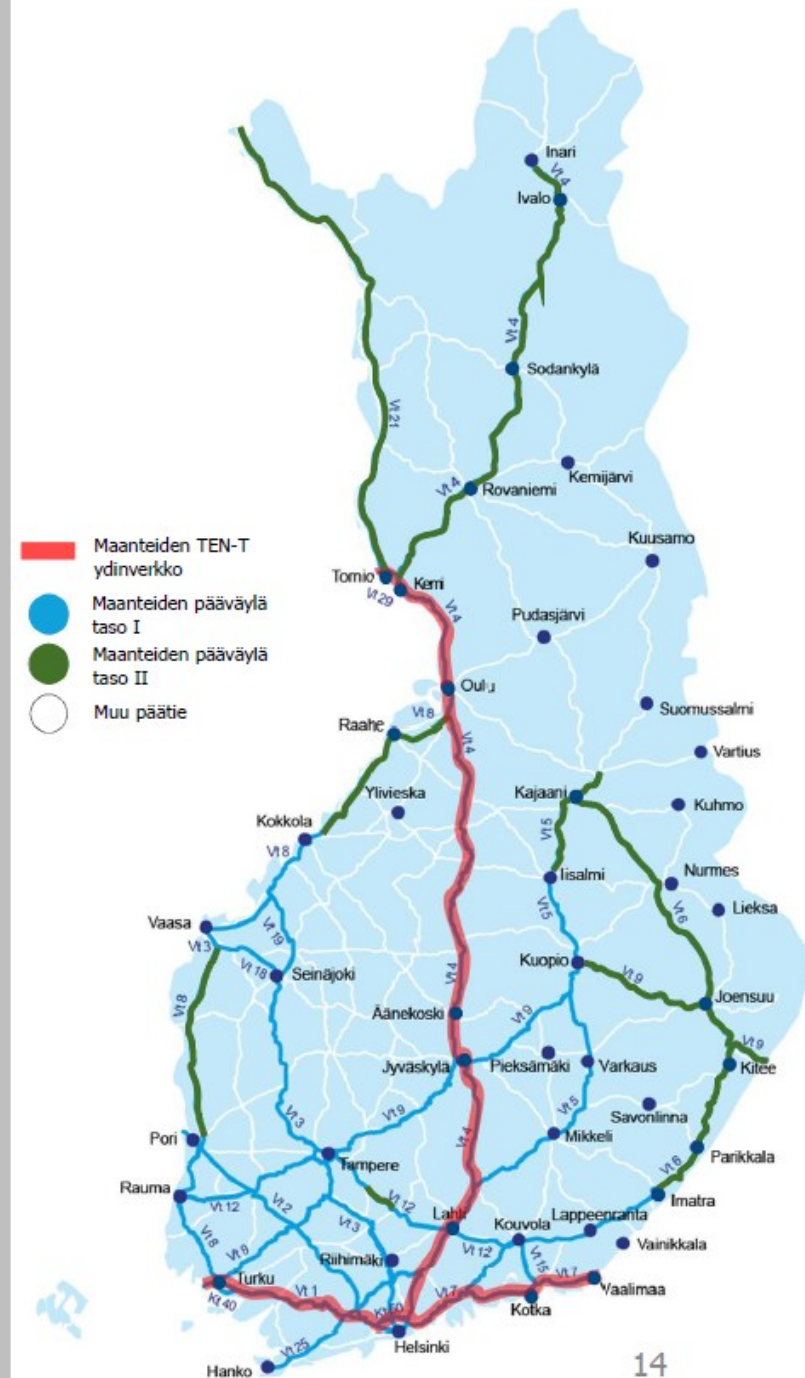
ALUSTAVA YHTEENVETO SOVELTUVUUDESTA TAVARARYHMITTÄIN:

- Eri tavararyhmien kuljetusjärjestelmät eroavat huomattavasti toisistaan.
- Soveltuvuuden kannalta tärkeitä ominaispiirteitä ovat mm. kuljetusreittien vakioituneisuus sekä paluukuorman merkitys.
- Parhaiten soveltuvat tavararyhmät:
 - Malmit ja rikasteet
 - Kontit
- Todennäköisesti hyvin soveltuvat tavararyhmät ainakin joillakin reiteillä:
 - Elintarvikkeet
 - Kappaletavara
 - Metsäteollisuuden tuotteet
- Vaatii tarkempia selvityksiä:
 - Kemikaalit
 - Metallit ja metallituotteet
 - Raakapuu (kuljetukset tieterminaaleista tuotantolaitoksille)



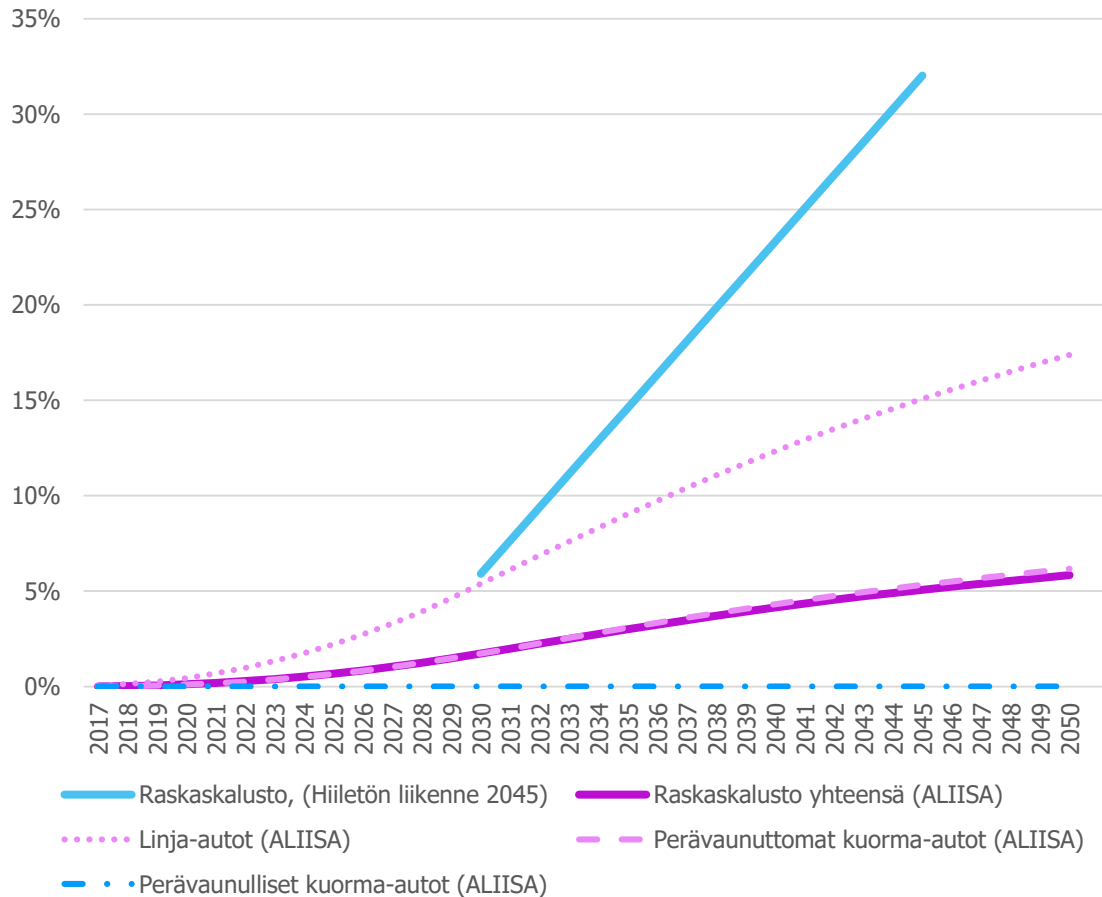
Sähköistettävän tieverkon laajuus ja potentiaali

- Analyysi kesken
- Tunnistetaan potentiaaliset yhteysvälit
- Keskeisiä näkökulmia kuljetusvolyymit, kuljetuskonseptit ja mahdolliset kuljetusjärjestelmän muutokset



Vertailuvaihtoehdolla suuri merkitys tieverkon sähköistämisen vaikutusten ja vaikuttavuuden analyysiin

Sähköisten ajoneuvojen osuus raskaassa liikentessä



VERTAILUVAIHTOEHTO

- Arviot sähköisten ajoneuvojen osuudesta raskaassa liikenteessä vaihtelevat suuresti.
 - VTT:n ALIISA-autokantamallin mukaisesti vuonna 2030 Suomessa olisi käytössä n. **2 400** raskaan liikenteen sähkökäyttöistä ajoneuvoa. Vuonna 2045 määrän ennustetaan nousevan **6 700** ajoneuvoon.
 - LVM:n *Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen* 2045-raportin mukainen tavoite sähkökäyttöisille raskaan liikenteen ajoneuvoille vastaavina vuosina on **7 000** (2030) ja **42 000** (2045) ajoneuvoa. Raportissa todetaan varsinkin perävaunullisten kuorma-autojen sähköistymisen vaativan keskeisten tieosuuksien sähköistämistä.
- Valitulla vertailuvaihtoehdolla voi olla merkittävä vaikutus arvioitaessa mitä vaihtoehtoisia käyttövoimia tieverkosta sähkönsä saavat ajoneuvot korvaavat ja mikä on niiden vaikutus kokonaispäästöihin.
- Sähköistetty tieverkko sekä tukee että kilpailee akkukäyttöisten ajoneuvojen yleistymisen kanssa. Edut puhtaasti akkukäyttöisiin ajoneuvoihin riippuvat suuresti mm. akkuteknologian kehittymisestä ja käyttötapauskohtaisista latausmahdollisuuksista.

