

Sähköisen raskaan liikenteen analyysit: Taloudellisuus ja ympäristövaikutukset

Esa Tuviala
LUT-yliopisto
ACE TK5 sidosryhmätilaisuus
30.9.2024



Ilmastoratkaisujen vauhdittaja
Accelerating Climate Efforts
and Investments – ACE



LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE. Euroopan unionin osarahoittama.
Esitetyt näkemykset ja mielipiteet kuuluvat kuitenkin
ainoastaan kirjoittajille eivätkä välttämättä heijasta
Euroopan unionin tai CINEAn kantoa. Euroopan unionia
tai myöntävää viranomaista ei voida pitää niistä vastuussa.

LUT TK5 tehtävät ja tavoitteet

- Tavoitteena analysoida mikä vaihtoehtoinen käyttövoima on kustannustehokkain ja vähäpäästöisin ratkaisu raskaalle liikenteelle
 - Simulaatiomalli, jonka avulla voidaan simuloida ja optimoida case-tarkasteluita
 - Päästölaskennassa ISO 14083:2023
- Pohjoismaisten pilottihankkeiden kartoitus
- Naantalin paikallisakuston ja pikalatauspisteen analysointi
 - Datan hyödyntäminen jatkoanalyyyseissä
- Tiivis yhteistyö hankepartnerien ja TK6 kanssa

Akunvaihtoteknologiaan perustuvan raskaan kaluston kustannus selvitys

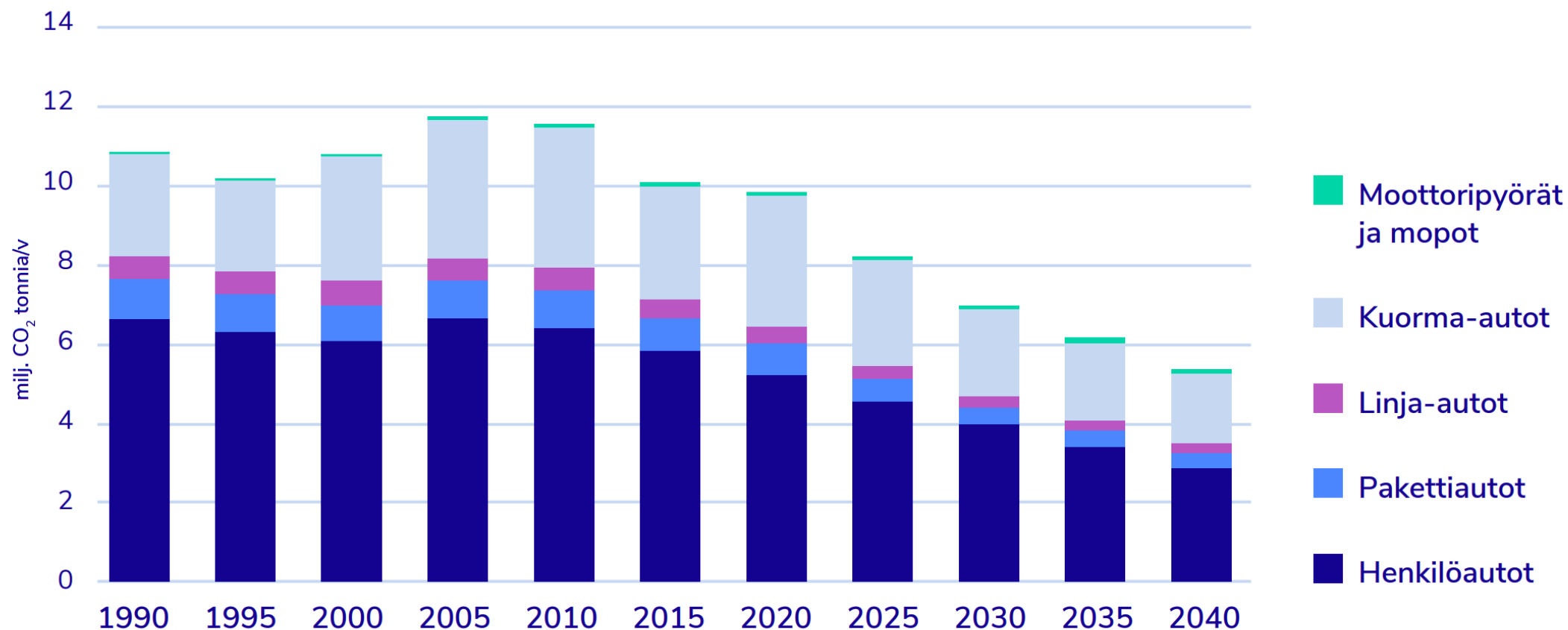


Ilmastoratkaisujen vauhdittaja
Accelerating Climate Efforts
and Investments – ACE



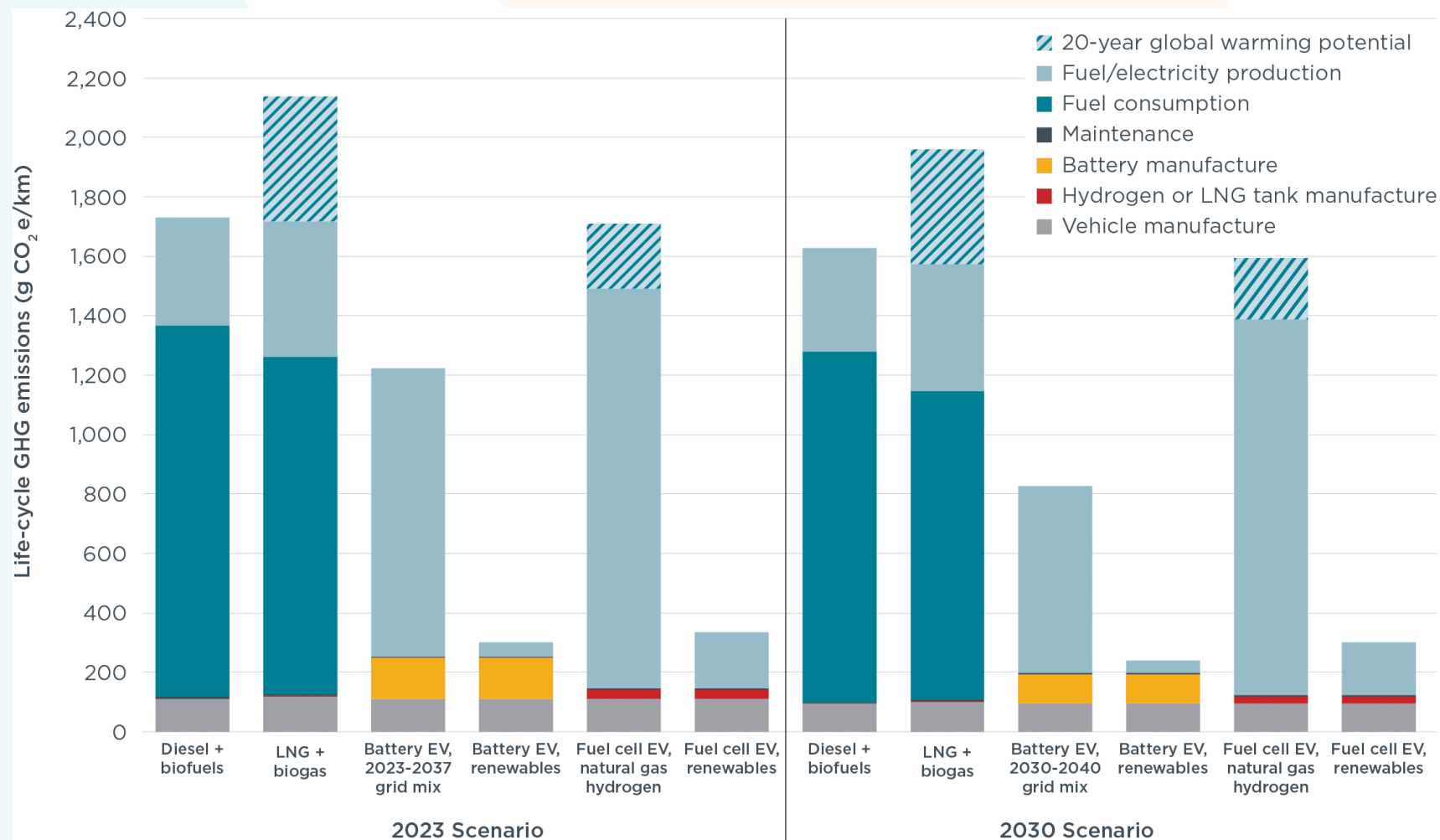
LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE.
EUn osarahoittama.
Co-funded by the European Union.

Tieliikenteen päästöt



[Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta](#)

Raskaan kaluston päästöt



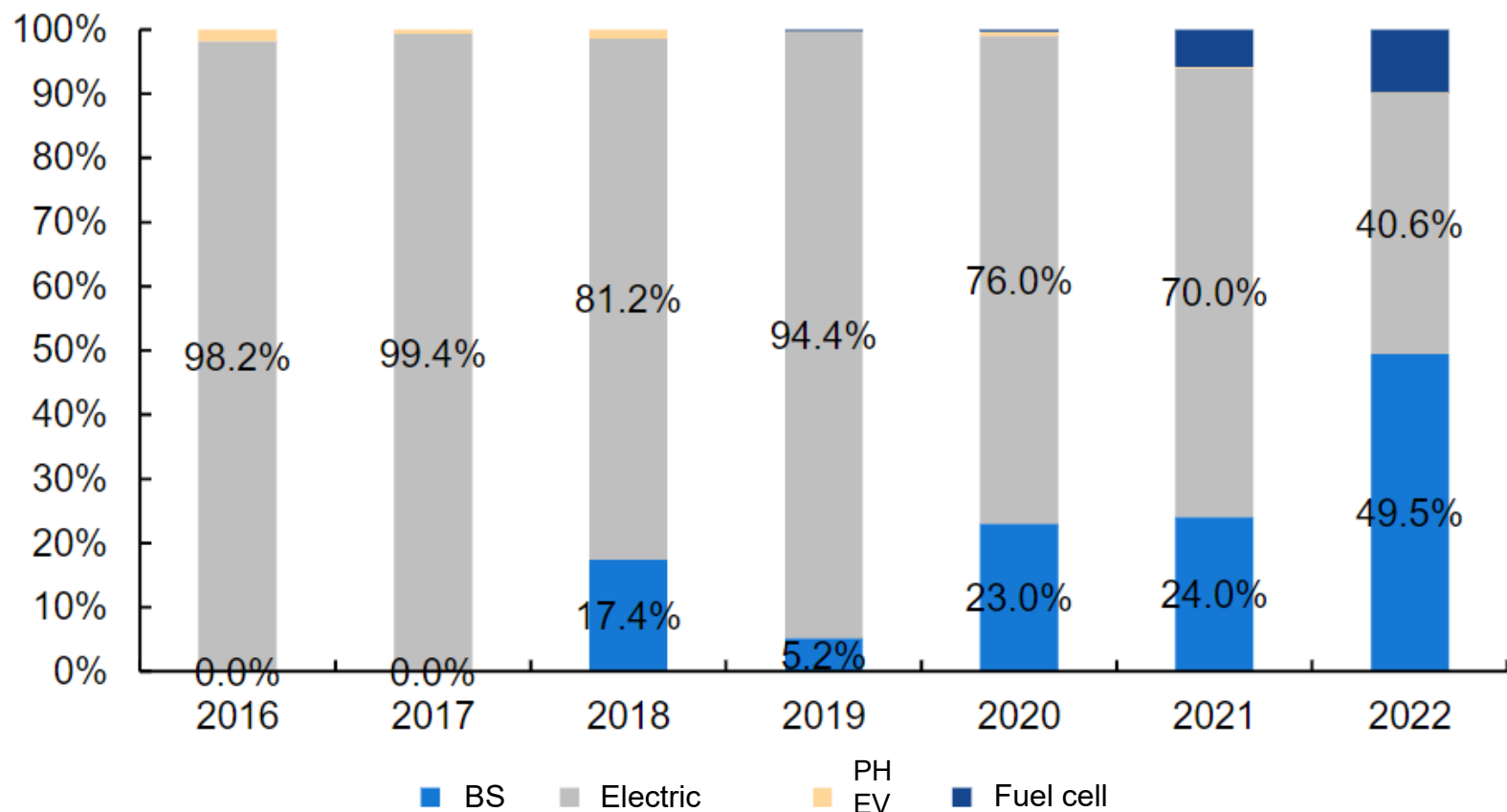
ICCT, 2024. [Life cycle GHG emissions of HDVs](#)

Raskaan kaluston sähköistyminen



IEA, 2023. [Electric truck registrations and sales share by region, 2015-2023](#)

Raskaan kaluston sähköistyminen Kiinassa



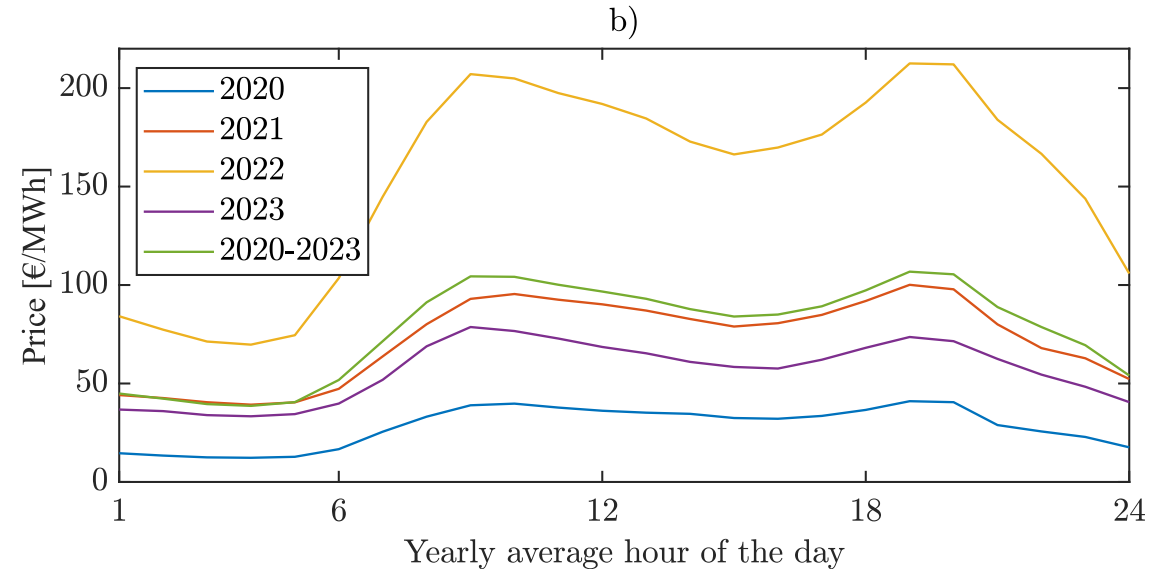
[Sealand Securities, 2023](#)

Akunvaihto käytännössä



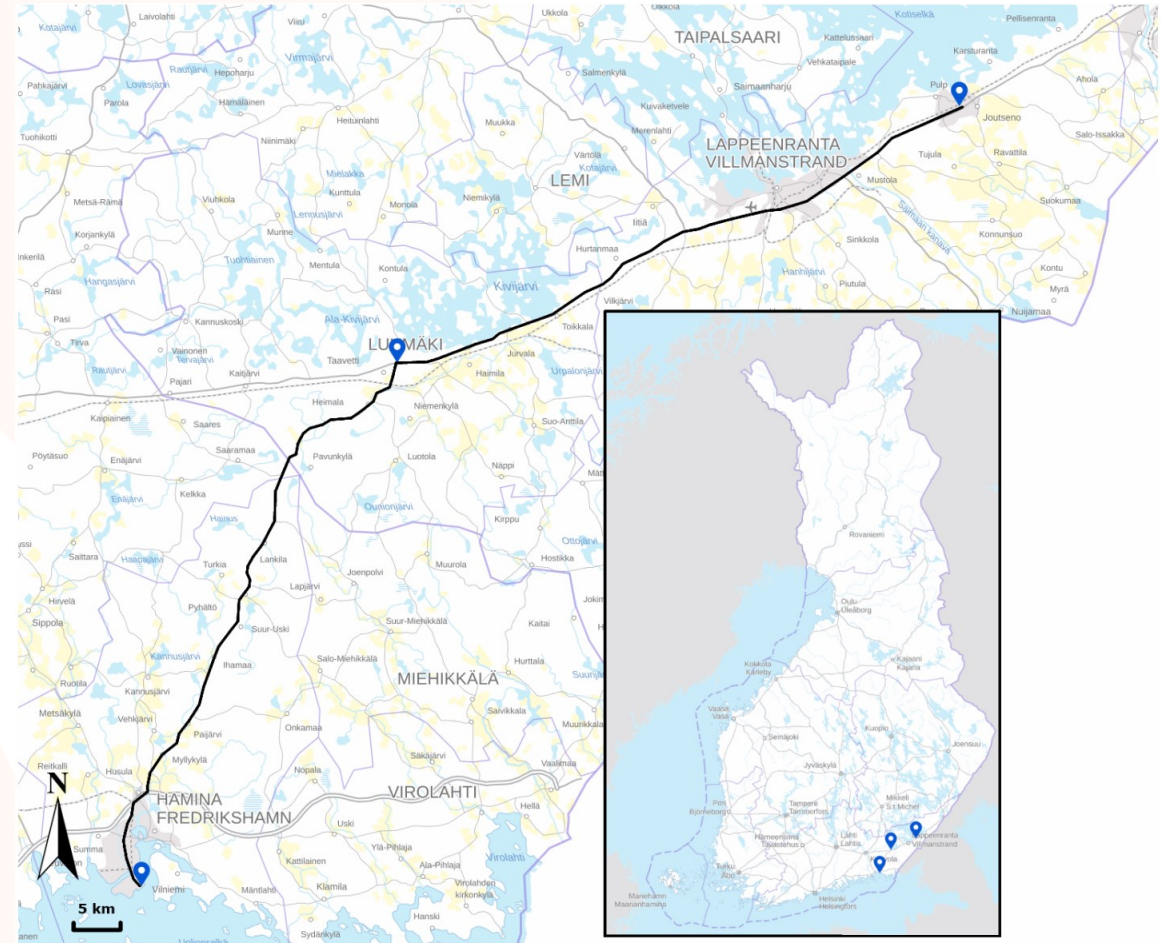
Tutkimuksen tavoite

- Akunvaihtoteknologiaan perustuvan raskaan kaluston kustannusten selvittäminen ja vertaaminen dieselkäyttövoimaan
- Simulaatiomallin hyödyntäminen tutkimuksessa



Simulaatiomalli

- Optimoidaan akunvaihtoaseman sijainti, akkujen ja laturien määrä sekä latausaikataulut
- Neljä ajoneuvoyhdistelmää
- Kuormattu massa 68 t, kuormaamaton massa 24 t
- Kuljetukset neljä kertaa päivässä Hamina-Joutseno välillä

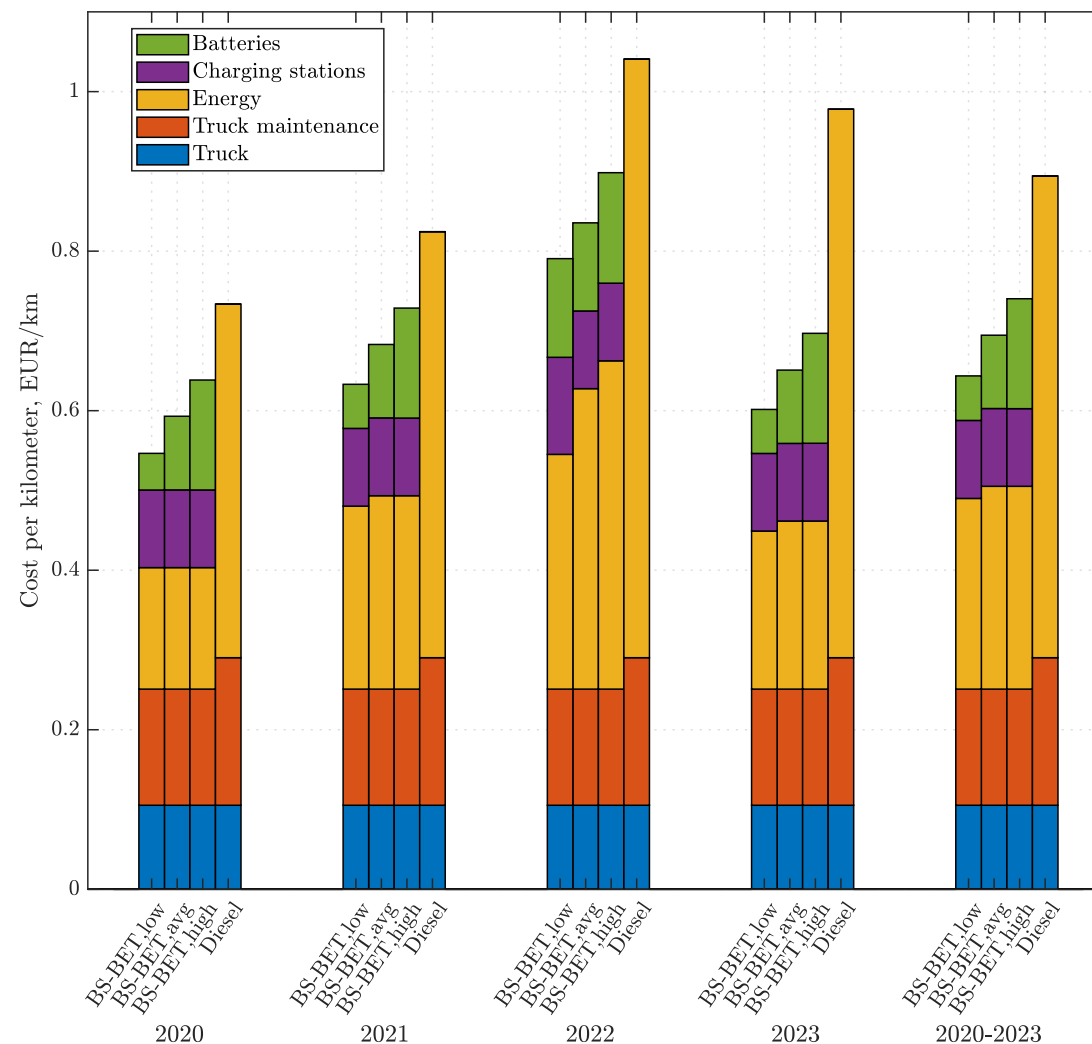


Oletukset

- Ajoneuvon kokonaismassan perusteella laskettu energiankulutus
- Energiankulutuksessa ei ole huomioitu sään eikä tiestön kunnon vaikutusta
- Kustannusten tarkastelu kolmella eri akkupaketin hinnalla (100, 200, 300 €/kWh)
 - Globaalilla tasolla akkujen hinta n. 150 €/kWh ([BloombergNEF](#))
- Akunvaihtoaseman kustannukset: laturit, sähköverkkoliitäntä, muuntaja ja robotiikka
- Akkujen kustannus laskettu erilleen vetoauton ja perävaunun kustannuksesta
- Valitun vuoden sähkönhinta jatkuu koko elinkaaren ajan (viisi vuotta)
- Tuntiperusteisen sähkönhinnan käyttö laskennassa
- Optimoitavat parametrit: akkujen määrä ja kapasiteetti, laturien määrä ja teho, latausaikataulu

Kustannusten vertailu

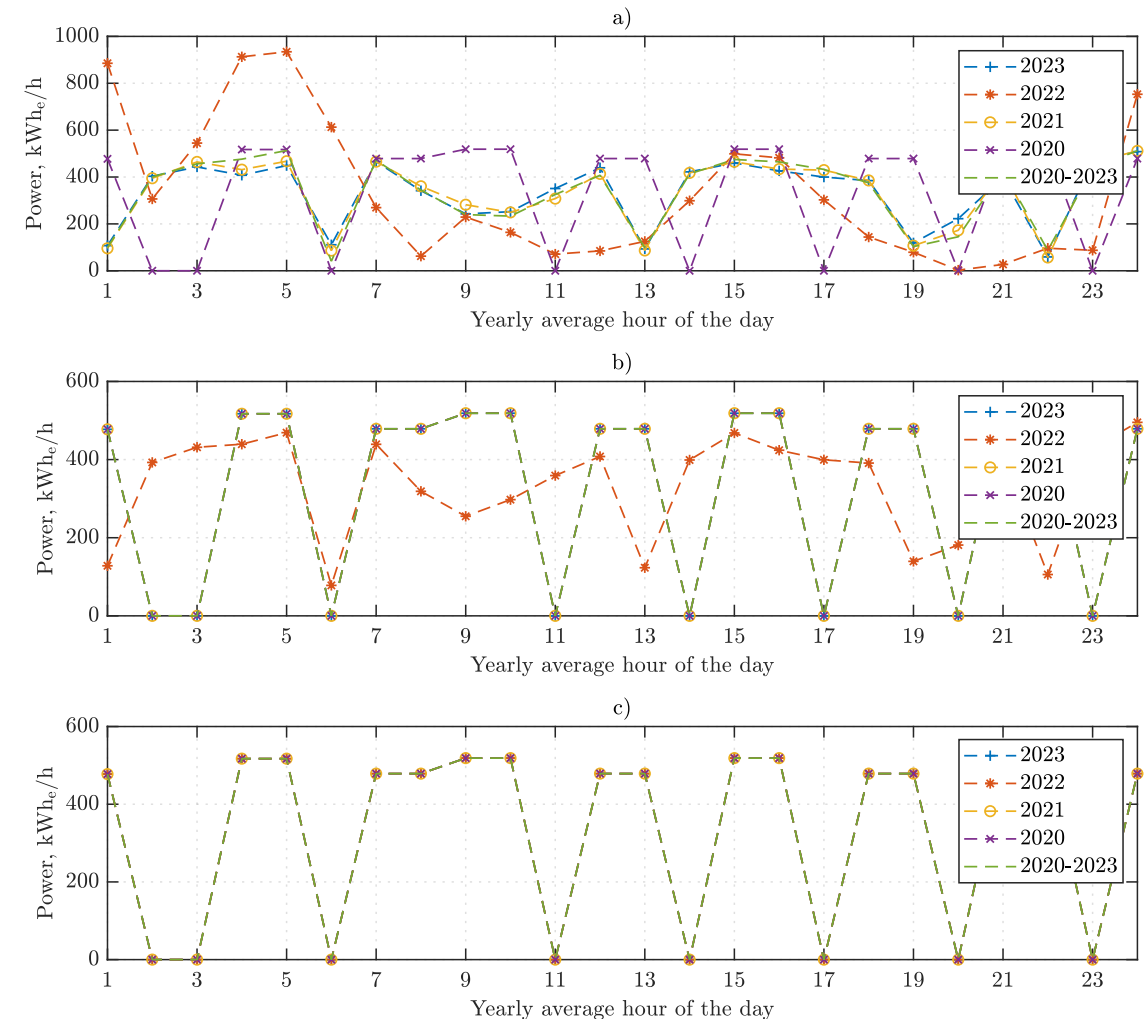
- Akunvaihtoteknologiaan perustuva raskas kalusto halvempi diesel-käyttövoimaan verrattuna
- Halvan sähkönhinnan aikaan lataaminen alentaa energiakustannuksia
- Sähköisen voimalinjan energiatehokkuus alentaa tarvittavan energian määrää
- Akunvaihtoaseman kustannukset pystytään pitämään matalana optimoimalla laturien määrä ja teho



Latauksen ajoittaminen

- Yksi akunvaihtoasema riittää
- Vaihtelevan sähkönhinnan aikaan akkujen lataus voidaan ajoittaa halvimmille tunneille
- Tasaisella sähkönhinnalla akut voidaan ladata välittömästi vaihdon jälkeen
- Lataus C-arvolla yksi (akku ladataan tunnissa)

Akuston hinta	Vaihtoakkujen lukumäärä
100 €/kWh	6-10
200 €/kWh	6-8
300 €/kWh	6



Akkujen hinnat a) 100 €/kWh, b) 200 €/kWh, c) 300 €/kWh

Johtopäätökset

- Akunvaihtoteknologiaan perustuvat raskaat ajoneuvot voivat olla huomattavasti kustannustehokkaampi ratkaisu runkolinjoilla verrattuna diesel-käyttövoimaan
- Vaihtoakkujen määrää voidaan kasvattaa, jos sähköhinnassa on suurta vaihtelua pidemmän aikaa
- Akkujen kapasiteetti saadaan pidettyä pienenä (n. 250 kWh)
- Vaihtoakkujen latauksen ajoittamisella voidaan tasata sähköverkon kuormaa
- Kustannusten jaottelu eri operaattoreiden kesken (kuljetusyritys, akunvaihtoaseman operaattori)

Jatkotoimenpiteet

- Päästölaskennan suorittaminen sähköiselle raskaalle liikenteelle ISO 14083:2023 mukaan
- Kulutusmallin tarkentaminen
- Megawattitason-latausinfraan simulointi ja kustannusten mallintaminen
- Vety-käyttöisen raskaan kaluston kustannusten ja päästöjen mallintaminen
- Datan saaminen hankepartnereilta ja muilta mahdollisilta yhteistyökumppaneilta

Tarkemmat tulokset ja oletukset ennakkojulkaisusta

Simulation tool to model the levelized cost of driving of battery
swapping heavy duty vehicles

Esa Tuviala*, Altti Meriläinen, Teemu Hiltunen, Tuomo Lindh, Pertti Kauranen, Jero Ahola

Lappeenranta-Lahti University of Technology LUT, P.O. Box 20, FI-53851, Lappeenranta, Finland



Kiitos!

Esa Tuviala
LUT-yliopisto
esa.tuviala@lut.fi



Ilmastoratkaisujen vauhdittaja
Accelerating Climate Efforts
and Investments – ACE



LIFE22-IPC-FI-ACE LIFE. Euroopan unionin osarahoittama.
Esitetyt näkemykset ja mielipiteet kuuluvat kuitenkin
ainoastaan kirjoittajille eivätkä välttämättä heijasta
Euroopan unionin tai CINEAn kantoa. Euroopan unionia
tai myöntävää viranomaista ei voida pitää niistä vastuussa.