

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri (AMK), Tuotantotalous

2023

Niilo Paajanen

Dieselmkäyttöisten kuorma-autojen konvertoiminen sähkökäyttöisiksi



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Tuotantotalous

2023 | 34 sivua

Niilo Paajanen

Dieselmääräisten kuorma-autojen muuttaminen sähkömääräisiksi

Opinnäytteen tavoitteena oli tutkia dieselmääräisten kuorma-autojen muuttamista sähkömääräisiksi. Opinnäyte toteutettiin Turun ammattikorkeakoulun toimeksiannosta, osana Robocoast E-Heavy Vehicles (ReHV) -hanketta.

Opinnäyte toteutettiin tutkimuksellisena opinnäytetyönä. Aineistona käytettiin erilaisia artikkeleita, selvityksiä, tiedotteita, tilastoja ja lakitekstejä.

Opinnäytteessä käsiteltiin Suomen kuorma-autoliikennettä kuljetuskaluston, sähköistymisen ja päästötavoitteiden osalta. Konversioita käsiteltiin haasteiden, etujen ja lainsäädännön osalta, ja sekä myös Suomessa ja muualla Euroopassa toteutuneiden konversiohankkeiden osalta.

Sähkömääräisiä kuorma-autoja käyttämällä mahdollistetaan Suomen asettamien päästötavoitteiden saavuttaminen. Sähkökuorma-autoilla saadaan aikaan merkittäviä säästöjä käyttövoimakustannuksissa ja vähennyksiä päästöissä. Dieselmääräisiä kuorma-autoja muuttamalla sähkömääräiseksi mahdollistetaan yrityksille edullisempi tapa siirtyä käyttämään sähkömääräisiä kuorma-autoja. Muutettu sähkökuorma-auto on hinnaltaan noin puolet edullisempi verrattuna uuteen täyssähköiseen kuorma-autoon.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan käyttää kuljetusalan yritysten toimesta pohtiessa siirtymistä pois dieselmääräisistä kuorma-autoista.

Asiasanat:

Konversio, Kuorma-autoliikenne, Sähkökuorma-auto

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Industrial Management Engineering

2023 | 34 pages

Niilo Paajanen

Converting diesel trucks to electric

The goal of the thesis was to study conversions of diesel trucks to electric trucks. Thesis was based on an assignment by Turku University of Applied Sciences as a part of Robocoast E-Heavy Vehicles (ReHV) -project.

The thesis was executed as a development study. Various articles, reports, bulletins, statistics, and legal texts were used as material.

The thesis dealt with truck traffic of Finland in terms of transportation equipment, electrification, and emission targets. Conversions were discussed in terms of pros, cons and legislation, and in terms of conversion projects implemented in Finland and elsewhere in Europe.

By using electric trucks, it is possible to achieve the emission targets set by Finland. With electric trucks, significant savings in motive power costs and reductions in emissions can be achieved. Converting diesel powered trucks to electric allows a more affordable way for companies for way for companies to switch to using electric trucks. Price of a converted electric truck is about half of the cost of a new fully electric truck.

Results of the thesis can be used by transport companies when considering moving away from diesel powered trucks.

Keywords:

Conversion, Electric truck, Truck traffic

Sisältö

Käytetyt lyhenteet	6
1 Johdanto	7
2 Kuorma-autoliikenne Suomessa	8
2.1 Kuorma-autot Suomessa	8
2.2 Kuorma-autojen ensirekisteröinnit	10
2.3 Kuljetussuorite	11
3 Kuorma-autoliikenteen sähköistyminen Suomessa	13
3.1 Kuorma-autoliikenteen sähköistymisen edut	13
3.2 Kuorma-autoliikenteen sähköistymisen haasteet	16
3.3 Esimerkkejä sähkökuorma-autoihin siirtymisestä	17
4 Kuorma-autoliikenteen päästöt	19
5 Dieselkuorma-auton konvertointi sähkökäyttöiseksi	21
5.1 Konversioiden haasteet	21
5.2 Konversion etuja	22
5.3 Konversio lainsäädännön näkökulmasta	22
6 Kuorma-autojen sähkökonversiot Suomessa ja muualla Euroopassa	23
6.1 Keuruun konversiotehdas	23
6.2 Stara eRetrofit	24
6.3 Konversiot muualla Euroopassa	24
7 Johtopäätökset	26
Lähteet	28

Kuviot

Kuvio 1. Liikennekäytössä olevat kuorma-autot (Tieto.Traficom 2023).	8
Kuvio 2. Liikennekäytössä olevat vaihtoehtoisilla käyttövoimalla toimivat kuorma-autot (Tieto.Traficom 2023).	9
Kuvio 3. Suomen autokannan keski-ikä kehitys (Autoalan Tiedotuskeskus 2023).	10
Kuvio 4. Dieselin hintakehitys 2013—2023 (Tilastokeskus 2023).	14

Taulukot

Taulukko 1. Ensirekisteröityjen kuorma-autojen käyttövoimat vuosittain (Autoalan Tiedotuskeskus 2023c).	11
Taulukko 2. Kotimaan tieliikenteen tavarakuljetukset (Tilastokeskus 2023c).	12
Taulukko 3. Yritys- ja yhteisöasiakkaiden sähkön kokonaishinta €/kWh 2023 (ei sisällä arvonlisäveroa) (Tilastokeskus 2023b).	14
Taulukko 4. Dieselin kuluttajahinta 2023 (ei sisällä arvonlisäveroa) (Tilastokeskus 2023a).	15
Taulukko 5. Sähkö- ja dieselkuorma-autojen käyttövoimakustannukset.	15
Taulukko 6. Kuorma-autoliikenteen päästöjen osuus kotimaan liikenteen kokonaispäästöistä 2000—2020 (Tieto.Traficom 2022b).	19

Käytetyt lyhenteet

BEV	Lyhenne sanoista <i>Battery Electric Vehicle</i> . Ajoneuvo, joka toimii vain ladattavalla akustolla (Ranta 2016).
CNG	Lyhenne sanoista <i>Compressed Natural Gas</i> . Tarkoittaa paineistettua maakaasua (Gasum 2023).
HCT	Lyhenne sanoista <i>High Capacity Transport</i> . HCT on termi, jota käytetään kuvaamaan tavallisia pidempiä ja/tai raskaampia yhdistelmiä (Traficom 2020).
PHEV	Lyhenne sanoista <i>Plug in Hybrid Electric Vehicle</i> . Hybridiajoneuvo, jota pystytään lataamaan (Ranta 2016).

1 Johdanto

Tämän opinnäytteen tavoitteena on tutkia dieselkäyttöisten kuorma-autojen konvertoimista sähkökäyttöisiksi. Opinnäyte perustuu Turun Ammattikorkeakoulun toimeksiantoon Robocoast E-Heavy Vehicles (ReHV) -hankkeeseen liittyen, jossa Turun Ammattikorkeakoulu on mukana.

Opinnäytetyö rajataan koskemaan vain kuorma-autoliikenteen sähköistymistä, ja kuorma-autojen sähkökonversioita, muita ajoneuvoluokkia ei käsitellä.

Opinnäytetyöraportin tavoitteena on tutkia Suomen kuorma-autoliikenteen sähköistymistä, mitä etuja kuorma-autoliikenteen sähköistymisellä saadaan, ja minkälaisia haasteita kuorma-autoliikenteen sähköistymiseen liittyy. Lisäksi tutkitaan dieselkuorma-autoista konvertoitujen sähkökuorma-autojen etuja ja haittoja verrattuna uusiin täyssähköisiin kuorma-autoihin.

Opinnäytetyöraportin teoriaosuudessa käsitellään Suomen kuorma-autoliikennettä kaluston, liikennemäärien, sähköistymisen ja päästötavoitteiden osalta. Sähkökonversioiden osalta perehdytään konversioiden etuihin ja haasteisiin, ja konversioihin liittyvään lainsäädäntöön. Lisäksi perehdytään Suomessa toteutuneisiin konversiohankkeisiin, kuten Lielahden autokeskuksen Keuruun konversiotehtaaseen ja Helsingin kaupungin liikelaitoksen Staran konvertoimaan sähkökuorma-autoon (Lielahden Autokeskus 2023; Tampereen Ammattikorkeakoulu 2023).

Aiheena kuorma-autoliikenteen sähköistyminen, ja sen kautta myös sähkökonversiot ovat ajankohtaisia. Sähkökuorma-autojen määrä on kasvanut viime vuosina, ja Traficom pyrkii edistämään kuorma-autoliikenteen sähköistymistä rahoittamalla sähköistymistä edistäviä hankkeita tavoitteenaan vähentää kuorma-autoliikenteen päästöjä (Traficom 2023d).

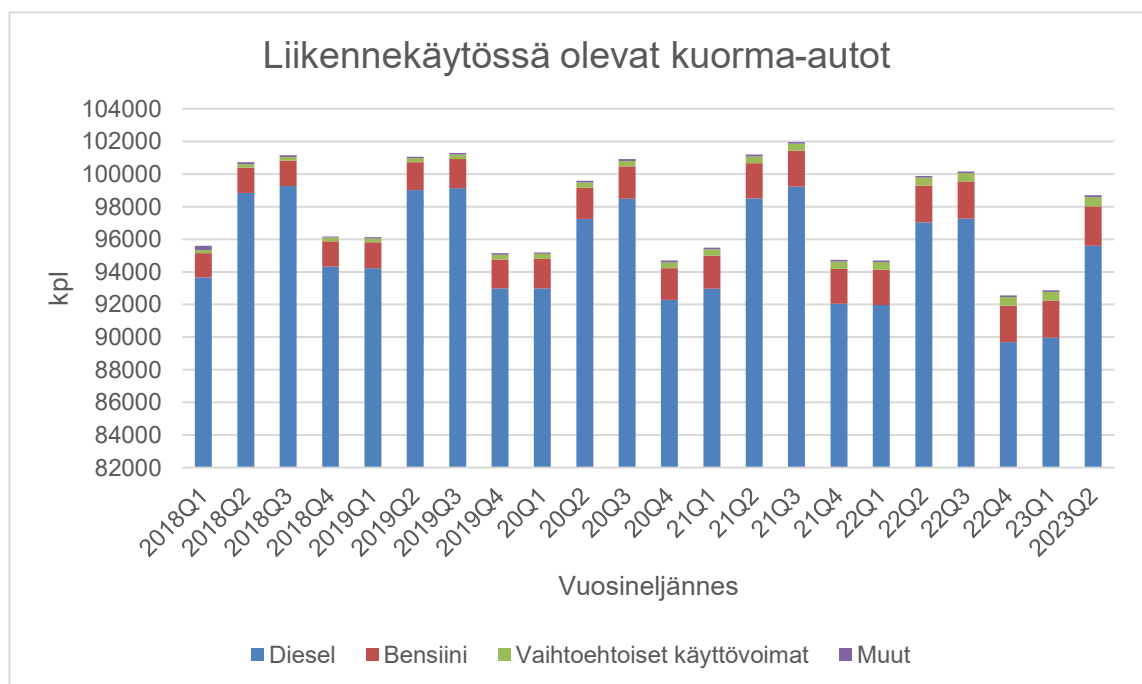
2 Kuorma-autoliikenne Suomessa

Kuorma-auto on pääsääntöisesti tavarankuljettamiseen tarkoitettu ajoneuvo, jonka kokonaismassa on vähintään 3,5 tonnia. Kuorma-autot luokitellaan kahteen eri luokkaan, N2-luokan ja N3-luokan ajoneuvoihin. N2-luokan ajoneuvo kokonaismassa saa olla maksimissaan 12 tonnia, ja N3-luokan ajoneuvo saa olla kokonaismassaltaan yli 12 tonnia. (Traficom 2023a.)

2.1 Kuorma-autot Suomessa

Kuviosta 1 nähdään, että liikennekäytössä olevien kuorma-autojen määrä on asettunut viime vuosina noin 93 000—100 000 kappaleen välille. Kuviosta 1 nähdään, että diesel on osuudeltaan yleisin käyttövoima kuorma-autoissa. Taulukon 1 aikavälillä keskimäärin n. 97,5 % kuorma-autoista on dieselkäyttöisiä, mutta dieselkäyttöisten kuorma-autojen osuus on hiljalleen laskenut vaihtoehtoisten käyttövoimien käytön yleistyessä. (Tieto.Traficom 2023a.)

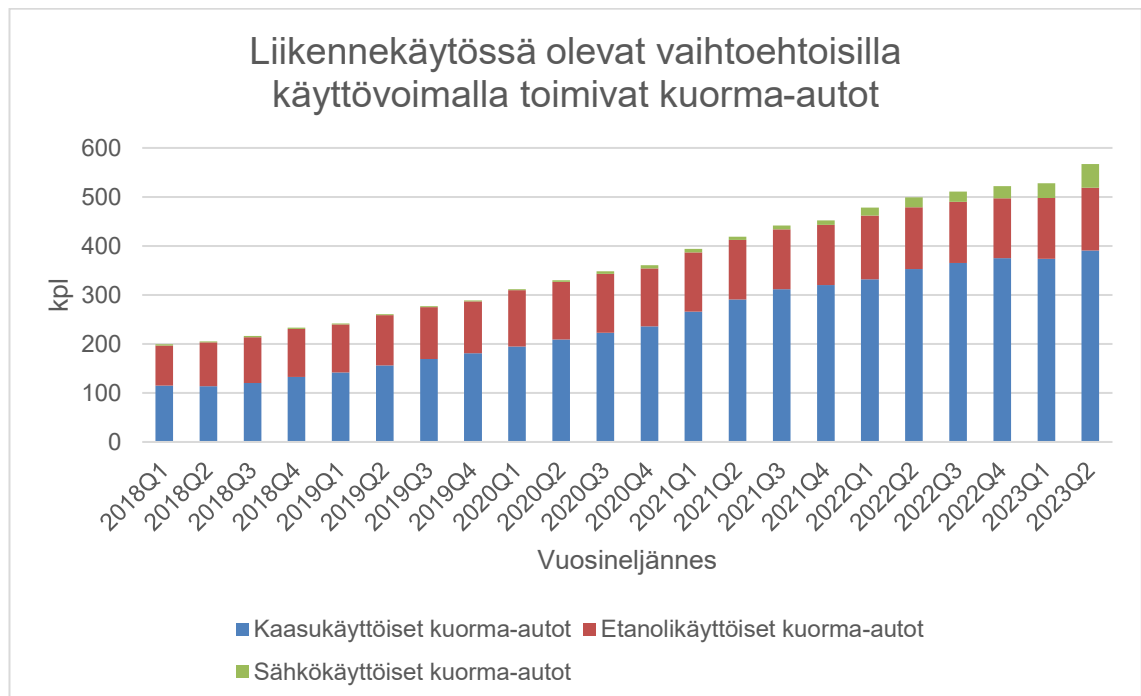
Kuvio 1. Liikennekäytössä olevat kuorma-autot (Tieto.Traficom 2023a).



Kuviosta 2 nähdään, että vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivien kuorma-autojen määrä on kasvanut. Suurin osa vaihtoehtoisilla käyttövoimilla toimivista kuorma-autoista on käyttövoimaltaan kaasu- tai etanolikäyttöisiä.

Sähkökäyttöisten kuorma-autojen osuus vaihtoehtoisilla käyttövoimalla toimivista kuorma-autoista on kasvanut, etenkin vuoden 2022 ensimmäisen vuosineljänneksen jälkeen. (Tieto.Traficom 2023a.)

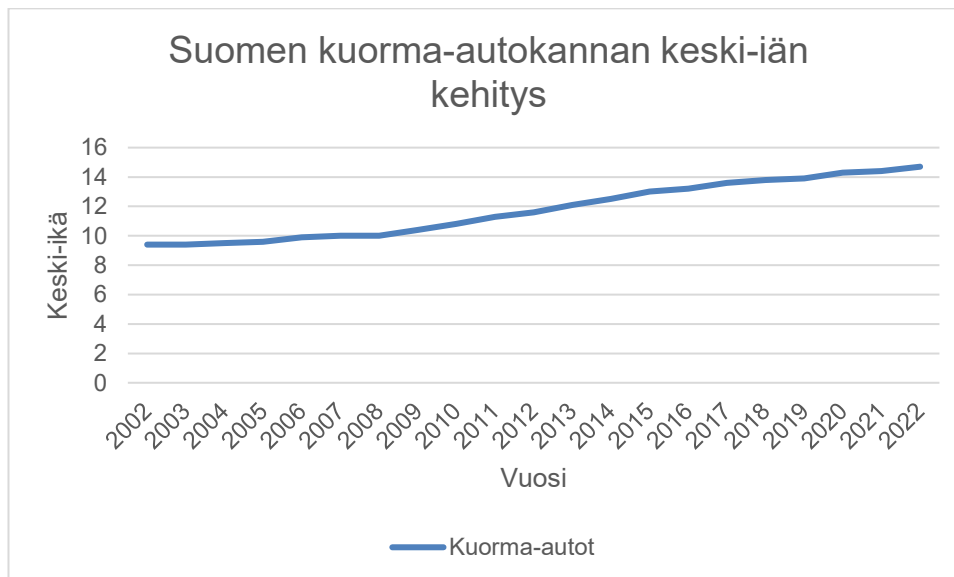
Kuvio 2. Liikennekäytössä olevat vaihtoehtoisilla käyttövoimalla toimivat kuorma-autot (Tieto.Traficom 2023a).



Kuorma-autojen keski-ikä on kasvanut vuosien 2002—2022 välillä. Vuonna 2002 kuorma-autojen keski-ikä oli 9,4 vuotta, ja vuonna 2022 keski-ikä oli 14,7. Yhteensä tällä aikavälillä kuorma-autojen keski-ikä on noussut 5,3 vuotta. (Autoalan Tiedotuskeskus 2023b.)

Ajoneuvokannan hidastunut uusiutuminen on yksi keskeinen syy keski-ian kasvuun, mikä puolestaan luo haasteita fossiilitoman liikenteen tavoitteiden saavuttamiselle (Tieto.Traficom 2023a).

Kuvio 3. Suomen autokannan keski-ikä kehitys (Autoalan Tiedotuskeskus 2023b).



2.2 Kuorma-autojen ensirekisteröinnit

Vuosien 2001—2022 välillä diesel on ollut yleisin käyttövoima ensirekisteröidyille kuorma-autoille. Kyseisenä ajanjaksona 98,2 % kaikista ensirekisteröidyistä kuorma-autoista dieselkäyttöisiä. Alimmillaan dieselkäyttöisten kuorma-autojen osuus oli vuonna 2021, jolloin 93,2 % kaikista ensirekisteröidyistä kuorma-autoista oli dieselkäyttöisiä. (Autoalan Tiedotuskeskus 2023c.)

Sähkökuorma-autojen ensirekisteröintimäärät ovat pysyneet alhaisina vuosien 2001—2022 välillä. Ensimmäinen sähkökuorma-auto rekisteröintiin vuonna 2015, ja yhteensä sähkökuorma-autoja on ensirekisteröity 23 kappaletta kyseisellä aikavälillä. Vuonna 2023 syyskuun loppuun mennessä sähkökuorma-autoja on ensirekisteröity 32 kappaletta, joten vuoden 2023 kehitys on ollut positiivista sähkökuorma-autojen kannalta. (Autoalan Tiedotuskeskus 2023c.)

Taulukko 1. Ensirekisteröityjen kuorma-autojen käyttövoimat vuosittain
(Autoalan Tiedotuskeskus 2023c).

Vuosi	Bensiini	Diesel	Sähkö / BEV	Ladattava hybridi / PHEV	Kaasu / CNG	Muu	Yhteensä
2001	0	4829	0	0	0	0	4829
2002	0	4965	0	0	0	0	4965
2003	27	5574	0	0	1	1	5603
2004	49	5771	0	0	0	0	5820
2005	17	5440	0	0	2	0	5459
2006	20	5235	0	0	2	0	5257
2007	14	4834	0	0	5	0	4853
2008	23	5182	0	0	4	2	5211
2009	7	3160	0	0	4	3	3174
2010	3	2864	0	0	1	2	2870
2011	6	3398	0	2	6	1	3413
2012	11	3228	0	1	1	11	3252
2013	12	3472	0	1	3	20	3508
2014	32	2516	0	0	0	12	2560
2015	23	2679	1	0	2	2	2707
2016	34	3264	0	0	12	20	3330
2017	6	3438	0	0	14	15	3473
2018	59	3805	0	2	22	10	3898
2019	147	3800	0	1	68	3	4019
2020	131	3228	5	0	65	0	3429
2021	141	3297	2	0	96	0	3536
2022	100	3124	15	0	94	8	3341

2.3 Kuljetussuorite

Kuljetussuorite on käsite, joka kuvaa kuljetustyön määrää. Kuljetussuorite saadaan kuljetusmatkan kilometreinä ja kuljetetun tavaramäärän tonneina tulona. Kuljetussuoritteen yksikkönä toimii tonnikipometri. (Tilastokeskus n.d.)

Taulukko 2. Kotimaan tieliikenteen tavarakuljetukset (Tilastokeskus 2023c).

Vuosi	Tavaramäärä, 1000 t	Liikennesuorite, milj. km	Kuljetussuorite, milj. tkm
2011	312921	2284	23770
2012	293592	1916	21927
2013	269450	1936	20967
2014	273879	1791	20297
2015	267465	1611	21433
2016	274541	1876	24586
2017	277867	1958	26329
2018	270739	1890	25969
2019	265951	1896	26710
2020	259056	1824	27861
2021	254671	1854	27651
2022	241270	1896	29004

Kotimaan liikenteen kuljetussuorite on kasvanut viime vuosina. Vuosien 2015—2022 välillä kuljetussuorite on kasvanut 21 433 miljardista tonnikilometristä 29 004 miljardiin tonnikilometriin. Liikennesuorite on kasvanut viime vuosina, ja kuljetettu tavaramäärä on laskenut viime vuosina. (Tilastokeskus 2023c.)

3 Kuorma-autoliikenteen sähköistyminen Suomessa

Edellisen kappaleen kuvioista 1 ja 2, sekä taulukosta 1 nähdään, että kuorma-autoliikenteen sähköistyminen on ollut hidasta. Kehitystä kuorma-autoliikenteen sähköistymisestä on havaittavissa viime vuosilta.

Autoalan Tiedotuskeskus ennustaa, että vuonna 2030 Suomessa olisi käytössä 1190—2000 sähkökäyttöistä kuorma-autoa, ja vuonna 2035 käytössä olisi 5500—7000 sähkökäyttöistä kuorma-autoa. Autoalan tiedotuskeskuksen ennusteessa sähkökuorma-autojen määrään vaikuttaa käyttövoimakannusteiden eri skenaariot. (Autoalan Tiedotuskeskus 2023a, 42.)

Traficom tarjoaa sähkökäyttöisten kuorma-autojen ostajille hankintatukea. Hankintatukea myönnetään uusille täyssähköisille Suomeen ensirekisteröidyille kuorma-autoille. Hankintatuen määrä riippuu hankittavan sähkökuorma-auton koosta ja hankintahinnasta. Vähimmillään tuki 6000 €, ja enimmillään 50 000 €. (Traficom n.d.).

9.10.2023 mennessä vuosien 2022 ja 2023 kaasu- ja sähkökuorma-autojen määrärahoista oli myönnetty 37 % (Traficom 2023e).

3.1 Kuorma-autoliikenteen sähköistymisen edut

Yksi kuorma-autoliikenteen sähköistymisen eduista on edullisempi käyttövoima polttonesteisiin verrattuna. Kuorma-autojen yleisimmän käyttövoiman, dieselin hintakehitys on ollut vuosien 2020—2023 välillä merkittävää.

Vuonna 2020 dieselin arvonlisätön keskihinta oli kuukausikeskiarvojen perusteella laskettuna n. 1,02 €/l, 2021 keskihinta oli 1,24 €/l, ja vuonna 2022 keskihinta oli 1,74 €/l. Vuonna 2023 dieselin keskihinta heinäkuun loppuun mennessä on ollut 1,58 €/l. (Tilastokeskus 2023a.)

Kuvio 4. Dieselin hintakehitys 2013—2023 (Tilastokeskus 2023a).



Saksalainen Trucker-lehti toteuttamassa testissä testattiin Volvon FH Electric - sähkökuorma-autoa sekä Volvon FH-460 -dieselkuorma-autoa. Molempia kuorma-autoja testattiin saman kuljettajan toimesta samalla reitillä. 40 tonnin sähkökuorma-auton sähkönkulutus oli 110 kWh/100 km kohden, ja 32 tonnin dieselkuorma-auton polttoaineen kulutus oli 21,48 l/100 km. (Konepörssi 2022a; Konepörssi 2022b.)

Taulukko 3. Yritys- ja yhteisöasiakkaiden sähkön kokonaishinta €/kWh 2023 (ei sisällä arvonlisäveroa) (Tilastokeskus 2023b).

Vuosi/kuukausi	Hinta (€/kWh)
2023M01	0,19708 €
2023M02	0,18172 €
2023M03	0,16663 €
2023M04	0,14209 €
2023M05	0,11958 €
2023M06	0,12538 €
2023M07	0,11508 €
Keskihinta 2023	0,14965 €

Taulukossa 3 luetellaan yritys- ja yhteisöasiakkaiden sähkön kuukausittainen keskiarvohinta vuodelta 2023. Kokonaishinta sisältää sähköenergian hinnan, verkkopalvelumaksut sekä sähköveron. Kokonaishinta ei sisällä arvonlisäveroa. Vuoden keskiarvohinta laskettiin kuukausihintojen keskiarvona. (Tilastokeskus 2023b.)

Taulukko 4. Dieselin kuluttajahinta 2023 (ei sisällä arvonlisäveroa)
(Tilastokeskus 2023a).

Vuosi/kuukausi	Hinta (€/l)
2023M1	1,68 €
2023M2	1,67 €
2023M3	1,63 €
2023M4	1,58 €
2023M5	1,50 €
2023M6	1,49 €
2023M7	1,49 €
Keskihinta 2023	1,58 €

Taulukossa 4 luetellaan dieselin kuukausittainen keskiarvohinta vuodelta 2023. Kuluttajahinnoista on vähennetty 24 % arvonlisäveron osuus taulukkoa varten. Vuoden keskiarvohinta laskettiin kuukausihintojen keskiarvona. (Tilastokeskus 2023a.)

Taulukoiden 3 ja 4, sekä Trucker-lehden testitulosten avulla voidaan verrata sähkökuorma-auton ja dieselkuorma-auton käyttövoimakustannuksia. Käyttäen sähkön ja dieselin hintana vuoden taulukoiden 3 ja 4 vuoden 2023 keskihintaa voidaan määrittää kuorma-autojen käyttövoimakustannukset.

Taulukko 5. Sähkö- ja dieselkuorma-autojen käyttövoimakustannukset.

Sähkökuorma-auto		Dieselkuorma-auto	
Kulutus kWh/100 km	110	Kulutus l/100 km	21,48
Sähkö keskihinta 2023	0,14965 €	Diesel keskihinta 2023	1,58 €
Hinta/100 km	16,46166 €	Hinta/100 km	33,94 €

Taulukon 5 laskelmista nähdään, että sähkökuorma-auton käyttövoimakustannukset kyseisessä testiskenaariossa ovat noin 48,5 % dieselkuorma-auton käyttökustannuksista. Esimerkiksi 100 000 kilometrin vuotuisella ajosuoritteella säästettäisiin noin 17 500 € vuodessa verraten sähkö- ja dieselkuorma-auton käyttövoimakustannuksia.

Tulokset ovat vain suuntaa antavia, koska kyseessä on vain kaksi eri automallia. Kuorma-auton kulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat ajoneuvon paino, vierintävastus, voimansiirto, ilmanvastus, sääolosuhteet ja kuljettajan ajotapa. (Kraatz n.d., 1—2.)

Sähkökuorma-autojen etuja on myös alhaisemmat päästöt dieselkuorma-autoihin verrattuna. Kuorma-autoliikenteen päästöjä pyritään alentamaan edistämällä kuorma-autoliikenteen sähköistymistä. (Traficom 2023d.)

Kuorma-autoliikenteen aiheuttamiin päästöihin ja päästövähennystavoitteisiin perehdytään tarkemmin seuraavassa luvussa.

3.2 Kuorma-autoliikenteen sähköistymisen haasteet

Haasteita kuorma-autoliikenteen sähköistymiselle asettavat latausongelmat, sähkökuorma-autojen soveltuvuus eri kuljetustarkoituksiin, ja korkeat hankintakustannukset dieselkäyttöisiin kuorma-autoihin verrattaessa (Neste 2021).

Nykyisellään latausinfra ei ole riittävä kuorma-autoliikenteelle. Latauspisteiden määrää tulisi kasvattaa, sekä latauspisteiden lataustehoa tulisi kasvattaa pitkän matkan kuljetusten mahdollistamiseksi. (Paakkinen 2021.)

Sähkökuorma-autojen soveltuvuus eri kuljetustarkoituksiin vaihtelee. Sähkökuorma-autot soveltuvat nykyisellään parhaiten lyhyempiin kuljetuksiin, mutta soveltuvuus pidemmän matkan kuljetuksiin on heikompaa rajallisen toimintasäteen vuoksi. (Neste 2021.)

Sähkökuorma-autot eivät sovellu tietynlaisiin kuljetuksiin, esimerkiksi räjähteiden kuljetus on kielletty litiumioniakkuja käyttäessä (Linja-aho 2022, 17—18).

Akkujen paino vaikuttaa sähkökuorma-auton kuljetuskapasiteettiin. Kalifornian yliopiston tutkimuksen mukaan sähkökuorma-autoon kyetään lastaamaan noin 2,3 tonnia vähemmän rahtia dieselkuorma-autoon verrattuna. (Giacobone 2023.)

Esimerkiksi Scanian ja Volvon sähkökuorma-autojen toimintasäde on luokkaa noin 250—350 kilometriä täydellä akulla. Toimintasäteeseen vaikuttaa kuorma-auton kokonaispaino, sekä myös muut tekijät kuten sääolosuhteet ja kuljettajan ajokäyttäytyminen. (Scania n.d.; Volvo 2021.)

Sähkökuorma-auton toimintasädettä voi kasvattaa lataamalla autoa esimerkiksi kuljettajan taukojen aikana. Esimerkiksi Scanian sähkökuorma-auton toimintasädettä voi kasvattaa 200—280 kilometriä lataustuntia kohden riippuen ajoneuvon massasta. (Scania n.d.)

Sähkökuorma-autojen hankkiminen on taloudellisesti suurempi investointi verrattuna sähkökuorma-autoihin. Sähkökuorma-auton hankintahinta on noin 2—3 kertainen verrattuna dieselkäyttöiseen kuorma-autoon. Latausaseman hankkiminen yrityksen omiin tiloihin vaatii myös kymmenien tuhansien eurojen investointia. (Neste 2021.)

3.3 Esimerkkejä sähkökuorma-autoihin siirtymisestä

Useat suomalaiset yritykset ovat siirtyneet käyttämään kuljetuksissaan sähkökuorma-autoja. Esimerkiksi Posti, DB Schenker ja Storemen Logistics ovat alkaneet käyttämään sähkökuorma-autoja kuljetuksissaan. (Haapala 2023; Posti 2023; Tervola 2023.)

DB Schenker on ottanut ensimmäisenä Suomessa käyttöön täyssähköisen HCT-yhdistelmän. Täyssähköistä HCT-yhdistelmää käytetään Lempäälän ja Vantaan terminaalien välillä. Kyseisen välin pituus on noin 150 km yhteen

suuntaan. Lisäksi DB Schenkerilla on jakelukäytössä olevia sähkökuorma-autoja. (Haapala 2023.)

Postilla sähkökuorma-autoihin siirtyminen on osana siirtymää fossiilivapaaseen liikenteeseen. Postin tavoitteena on vuoden 2023 loppuun mennessä kasvattaa sähkökuorma-autojen lukumäärä kymmeneen kappaleeseen. (Posti 2023.)

Storemen Logistics on vähentänyt päästöjään ja laskenut polttoainekustannuksiaan sähkökuorma-autojen avulla. Yrityksellä on käytössään yhteensä 22 sähkö- ja kaasukäyttöistä ajoneuvoa, joiden avulla yrityksen hiilidioksidipäästöt vähenevät 300 tonnilla vuodessa. Storemen Logistics säästää yli 40 000 € polttoainekuluissa yhden sähkökuorma-auton avulla. (Tervola 2023.)

Posti, DB Schenker ja Storemen Logistics ovat kaikki hankkineet sähkökuorma-autoihin siirtyessään omiin toimitiloihinsa suurteholatauslaitteita. Yritykset pyrkivät fossiilivapauteen sähkökuorma-autojen avulla. Yritykset lataavat sähkökuorma-autonsa uusiutuvan energian avulla. (Haapala 2023; Posti 2023; Tervola 2023.)

4 Kuorma-autoliikenteen päästöt

Vuonna 2020 noin 22 % Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä muodostui kotimaan liikenteestä. Kotimaan liikenteen kasvihuonepäästöistä noin 31,7 % syntyi kuorma-autoliikenteestä. Kuorma-autoliikenteen osuus kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä oli noin 7 % vuonna 2020. Kuorma-autoliikenteen päästöjen osuus kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä on kasvanut. (Tieto.Traficom 2022b.)

Taulukko 6. Kuorma-autoliikenteen päästöjen osuus kotimaan liikenteen kokonaispäästöistä 2000—2020 (Tieto.Traficom 2022b).

Vuosi	Kotimaan liikenteen kokonaispäästöt	Kuorma-autoliikenteen päästöt	Kuorma-autoliikenteen päästöjen osuus
2000	12,02	3,15	26,2 %
2001	12,11	3,23	26,7 %
2002	12,3	3,28	26,7 %
2003	12,51	3,38	27,0 %
2004	12,82	3,54	27,6 %
2005	12,81	3,48	27,2 %
2006	12,98	3,57	27,5 %
2007	13,33	3,82	28,7 %
2008	12,72	3,59	28,2 %
2009	12,04	3,09	25,7 %
2010	12,52	3,52	28,1 %
2011	12,28	3,59	29,2 %
2012	12,08	3,46	28,6 %
2013	12,08	3,44	28,5 %
2014	10,96	2,84	25,9 %
2015	10,85	2,86	26,4 %
2016	12,04	3,53	29,3 %
2017	11,44	3,32	29,0 %
2018	11,64	3,51	30,2 %
2019	11,26	3,34	29,7 %
2020	10,47	3,32	31,7 %

Taulukosta 6 nähdään, että kuorma-autoliikenteen päästöjen osuus kotimaan liikenteen kokonaispäästöistä on kasvanut 2000-luvulla. Osuuden kasvuun on vaikuttanut etenkin henkilöautoliikenteen päästöjen väheneminen, jonka myötä liikenteen kokonaispäästöt ovat laskeneet. Kuorma-autoliikenteen päästöjen suhteellinen osuus on kasvanut, koska kokonaispäästöjen määrä on laskenut ja kuorma-autoliikenteen päästöt ovat kasvaneet. (Tieto.Traficom 2022b.)

Autoalan Tiedotuskeskuksen Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartan (2022, 11) mukaan Suomi tavoittelee liikenteen päästöjen puolittamista vuosien 2005—2030 välillä. Tavoitteena on, että Suomen liikenne olisi kokonaan hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä (Autoalan Tiedotuskeskus 2022, 11).

Vuoteen 2030 mennessä tavoitellaan 485 tonnin päästövähennyksiä tavaraliikenteen osalta (Autoalan Tiedotuskeskus 2022, 15).

Tavaraliikenteen sähköistämisen osalta päästöjen vähennyskeinoja ovat sähkökuorma-autojen hankintatuen myöntäminen, ja latausinfra kehityksen tukeminen. Hankintatuen avulla pyritään nopeuttamaan siirtymää pois dieselkuorma-autojen käytöstä. Julkisen kuorma-autojen latausverkon rakentaminen mahdollistaisi pidempiä kuljetusreittejä sähkökuorma-autoja käyttäen. Tukea on myös tarkoitus myöntää yritysten tiloihin sijoitettaviin latauspisteisiin, koska kuorma-autojen lataus tapahtuu nykyhetkellä pääosin yrityksen omissa toimitiloissa. (Autoalan Tiedotuskeskus 2022, 19—20.)

5 Dieselkuorma-auton konvertointi sähkökäyttöiseksi

Kuorma-autoa konvertoidessa dieselkäyttöisestä sähkökäyttöiseksi polttomoottori poistetaan ja korvataan sähkömoottorilla ja akustolla. Konversion jälkeen kuorma-auto tulee muutoskatsastaa. (Linja-aho 2022, 10, 14.)

5.1 Konversioiden haasteet

Konvertoitujen sähkökuorma-autojen mahdollisena haasteena on liikenneturvallisuuden varmistaminen (Linja-aho 2022, 4).

Kuorma-autojen sähkökonversiossa tulee ottaa huomioon etenkin akkujen kiinnitys. Akkujen tulisi kestää taajamanopeuksilla tapahtuva törmäys ilman, että akut syttyvät tuleen tai irtoavat. (Linja-aho 2022, 22, 27.)

Tulee myös varmistaa ohjaustehostimen ja jarrujen toiminta vikatilanteessa, jotta ajoneuvo saadaan pysäytettyä ja ohjattua tilanteessa, jossa sähköjärjestelmä vikaantuu (Linja-aho 2022, 14—16, 22, 27—29).

Konvertoitujen kuorma-auton tulee olla turvallinen huolto- ja pelastustilanteissa. Tulee laatia kuorma-autolle riittävät huolto- ja korjausohjeet sekä pelastusohjeet. (Linja-aho 2022, 22.)

Muutoskatsastus tulee tehdä osaavan henkilön toimesta, jotta varmistetaan, että ajoneuvo on varmasti turvallinen (Linja-aho 2022, 22, 28).

Konvertoituihin sähkökuorma-autoihin kohdistuu käyttövoiman osalta samat haasteet kuin uusiin täyssähköisiin kuorma-autoihin. Myös konvertoitujen sähkökuorma-autojen toimintasäde on rajallinen, joka rajoittaa soveltuvuutta etenkin pitkän matkan kuljetuksiin. Latausinfraan riittämättömyys rajoittaa yhtä lailla konvertoituja sähkökuorma-autoja ja uusia täyssähköisiä kuorma-autoja.

5.2 Konversion etuja

Kuorma-auton sähkökonversion etuna on edullisuus verrattuna uuden sähkökuorma-auton hankintaan. Linja-ahon (2022, 20) arvion mukaan ammattimaisesti toteutetun kuorma-auton sähkökonversion hinta on luokkaa noin 100 000 €, josta suurin osa kuluu akustoon. Konvertoitavasta sähkökuorma-autosta maksetaan muuntotukea (Traficom 2023c).

Uusi sähkökuorma-auto on hinnaltaan luokkaa noin 350 000—450 000 € (Jarmala 2021; Lassheikki 2021).

Konvertoidun sähkökuorma-auton hinnaksi muodostuu noin 225 000 €, joka olisi noin puolet uuden 450 000 € maksavan sähkökuorma-auton hinnasta (Lassheikki 2021).

Tampereen ammattikorkeakoulun tutkimusten perusteella kuorma-auton sähkömoottori voi kestää jopa kaksi miljoonaa kilometriä, mutta akusto kannattaa mahdollisesti uusia jossain vaiheessa kuorma-auton elinkaarta (Lassheikki 2021).

5.3 Konversio lainsäädännön näkökulmasta

Suomessa ajoneuvojen teknisiä vaatimuksia koskevat Traficomien automääräys sekä rakennemuutosmääräys. Kuorma-autojen sähkökonversioihin ei ole erityistä sääntelyä, sähköisen käyttövoiman osalta sama sääntely pätee yhtä lailla kuorma-, linja-, paketti- ja henkilöautoihin. (Linja-aho 2022, 10.)

Automääräyksen mukaan sähkökäyttöisen ajoneuvon tulee täyttää E-säännön numero 100 mukaiset vaatimukset. Vaatimusten täytyminen osoitetaan rekisteröinti- ja muutoskatsastuksen sekä yksittäishyväksynnän yhteydessä hyväksytyin asiantuntijan selvityksen perusteella. Muutoskatsastuksessa sähköturvallisuuslain vaatimusten täytyminen osoitetaan tarkastuksen myötä. (Linja-aho 2022, 10; Traficom 2023b, 9—10.)

6 Kuorma-autojen sähkökonversiot Suomessa ja muualla Euroopassa

Tässä luvussa tutustutaan toteutuneisiin kuorma-autojen sähkökonversiohankkeisiin.

Toteutuneita hankkeita Suomessa ovat Lielahden Autokeskuksen perustama Keuruun konversiotehdas sekä Helsingin kaupungin liikelaitoksen Staran eRetrofit-hanke (Lielahden Autokeskus 2023; Tampereen Ammattikorkeakoulu 2023).

Lisäksi perehdytään kuorma-autojen sähkökonversioihin muualla Euroopassa, kuten Ranskassa ja Saksassa (Linja-aho 2022, 10—13).

6.1 Keuruun konversiotehdas

Lielahden autokeskus perusti sähkökuorma-autojen konversiotehtaan Keuruulle vuonna 2021. Vuoden 2021 tavoitteena oli konvertoida yhteensä 10 kuorma-autoa, ja vuoden 2024 tavoitteena on konvertoida 200 kuorma-autoa. (Järveläinen 2021.)

Yrityksen tarkoituksena on konvertoida muutaman vuoden ikäisiä dieselkäyttöisiä kevyitä kuorma-autoja sähkökäyttöiseksi (Laukkanen 2022).

Yrityksen ensimmäinen konvertoitu sähkökuorma-auto otettiin käyttöön Äänekosken biotuotetehtaalle tehdasalueen sisäisiin lyhyen matkan ajoihin. Konvertoitu kuorma-auto on soveltunut hyvin kyseenlaiseen ajoon, ajokustannukset laskivat noin viidesosaan vastaavaan dieselkuorma-autoon verrattuna. (Von Bell 2023.)

Vaikeudeksi osoittautui työvoiman löytäminen. Konversiotoimintaa varten on tehty koulutusyhteistoimintaa Tampereen ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän koulutuskuntayhtymä Gradian kanssa asentajien kouluttamiseksi. (Laukkanen 2022; Von Bell 2023.)

6.2 Stara eRetrofit

Helsingin kaupungin liikelaitos Stara konvertoi eRetrofit-hankkeessaan dieselkäyttöisen kuorma-auton sähkökäyttöiseksi (Tampereen ammattikorkeakoulu 2023).

Konversio toteutettiin Tampereen ammattikorkeakoulun toimesta vuosien 2020—2022 välillä (Aherva 2022; Tampereen ammattikorkeakoulu 2023).

Konvertoituna kuorma-autona toimi seitsemän vuotta käytössä ollut dieselkäyttöinen kuorma-auto (Aherva 2022, 7).

Konvertoidun kuorma-auton testaaminen aloitettiin 2022 syksyllä, ja testijakson jälkeen saadut tulokset julkaistaan (Aherva 2022, 9—10).

Hankkeen viivästymisen takia testijakson tuloksia ei ole ilmeisesti vielä julkaistu (Aherva 2022, 10).

Staran eRetrofit-hanke on toiminut innoittajana konversiotoiminnassa.

Hankkeesta saatu tieto auttoi Lielahden Autokeskuksen Keuruun konversioitehtaan ensimmäisten konvertoitavien kuorma-autojen suunnittelussa. (Tapiovaara 2023.)

6.3 Konversiot muualla Euroopassa

E-Cap Mobility on aiemmin konvertoinut kuorma-autoja sähkökäyttöiseksi, mutta yritys hakeutui konkurssiin ja yrityksen toiminta siirtyi ENGINUS TEC - yritykselle vuoden 2023 alkupuoliskon aikana (Linja-aho 2022, 11; ENGINUS TEC 2023).

Konversiotoiminnan jatkumisesta uuden yrityksen alla ei löytynyt tietoa, mutta yritys keskittyy nykyisellään vetykäyttöisiin kuorma-autoihin. (ENGINUS TEC 2022).

Ranskassa kuorma-autoja konvertoi Greenmot. Greenmot konvertoi kuorma-autoja joko sähkö- tai vetykäyttöiseksi käyttötärpeen mukaan. (Greenmot 2020; Linja-aho 2022, 11.)

Ranskan valtio maksaa raskaille ajoneuvoille konversiotukea enintään 50 000 €, riippuen konversion kustannuksista (Linja-aho 2022, 11).

Konversioiden lainsäädäntö muualla Euroopassa

Konversioiden lainsäädäntö Euroopassa perustuu hyvin pitkälti E-sääntö numero 100 vaatimukseen, mutta vaatimusten toteutumisissa on maakohtaista vaihtelua (Linja-aho 2022, 12).

Alle 5-vuotta vanhojen kuorma-autojen konvertoiminen ei ole sallittua Ranskassa. Ranskassa konversioon tarvitaan valmistajan hyväksyntä. Muutossarjan tulee olla tyyppihyväksytty, ja se tulee asentaa ammattilaisen toimesta. (Linja-aho 2022, 12.)

Saksassa konvertoitujen sähköajoneuvojen vaatimukset löytyvät TÜV-ohjeesta numero 764. Ohje sisältää muutoskatsastuksen vaatimukset sekä useita eri turvallisuusvaatimuksia. (Linja-aho 2022, 13.)

7 Johtopäätökset

Kuljetussuoritteiden kasvaessa, ja liikenteen päästötavoitteiden kiristyessä sähkökäyttöiset kuorma-autot mahdollistavat vähäpäästöisemmän tavaraliikenteen. Viime vuosina kuorma-autoliikenteen päästöjen osuus on lähes kolmannesosan kaikista kotimaan liikenteen päästöistä. Suomi tavoittelee liikenteen päästöjen puolittamista vuosien 2005—2030 välillä, ja tavoitteena on, että Suomen liikenne olisi hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä.

Dieselkuorma-autojen konvertointi tarjoaa yrityksille edukkaamman tavan siirtyä käyttämään sähkökäyttöisiä kuorma-autoja verrattuna uuteen täyssähköiseen kuorma-autoon. Konvertoidun sähkökuorma-auton hinta on noin puolet verrattuna uuteen täyssähköiseen kuorma-autoon. Konversioiden mahdollisena haasteena on turvallisuuden varmistaminen. Konvertoidun kuorma-auton tulee kestää törmäys taajamanopeudella niin, että akut eivät irtoa tai syty palamaan. Konvertoidun kuorma-auton tulee olla turvallinen huolto- ja pelastustilanteissa.

Sähkökuorma-autojen etuihin kuuluu muun muassa edullisemmat käyttövoimakustannukset. Esimerkiksi konvertoitua sähkökuorma-autoa käytettäessä ajokustannukset laskivat viidesosaan vastaavanlaiseen dieselkuorma-autoon verrattuna, kun taas Trucker-lehden testien perusteella laskettujen käyttövoimakustannusten perusteella sähkökuorma-auton käyttövoimakustannukset olisivat noin puolet dieselkuorma-auton käyttövoimakustannuksista.

Sekä konvertoiduilla sähkökuorma-autoilla ja uusilla täyssähköisillä kuorma-autoilla on haasteena ajoneuvojen rajattu toimintasäde sekä latausinfraan riittämättömyys. Rajallisen toimintasäteen takia sähkökuorma-autot eivät sovellu nykyhetkellä pitkän matkan kuljetuksiin. Latausinfraa tulisi kehittää kuorma-autoliikenteen sähköistymisen edistämiseksi, tarvittaisiin enemmän kuorma-autoille soveltuvia suurteholatauspisteitä.

Kuorma-autojen konvertoimista rajoittaa osittain Suomen ikääntynyt kuorma-autokanta. Vuonna 2022 Suomen kuorma-autokannan keski-ikä oli 14,7 vuotta.

Lielahden autokeskuksen Keuruun konversiotehdas keskittyy konvertoimaan pääsääntöisesti uudempia, noin muutaman vuoden ikäisiä kuorma-autoja. Uudempien kuorma-autojen konvertoiminen ei poista ikääntyvän kuorma-autokannan tuottamia ongelmia fossiilittoman liikenteen tavoittelussa.

Suomessa merkittävin toimija konvertoinnissa on Lielahden autokeskuksen Keuruun konversiotehdas. Yritys on toiminut kuorma-autojen konversioiden pioneerina Helsingin kaupungin liikelaitoksen Staran kanssa, Staran eRetrofit-hanke toimi innoittajana konversiotehtaan perustamiselle. Lielahden autokeskus on tehnyt koulutusyhteistoimintaa Tampereen ammattikorkeakoulun ja Jyväskylän koulutuskuntayhtymä Gradian kanssa asentajien kouluttamiseksi.

Tulee pohtia myös muita vaihtoehtoisia käyttövoimia siirtyessä pois polttomootorikäyttöisistä kuorma-autoista. Vaihtoehtoja ovat muun muassa kaasukäyttöiset kuorma-autot sekä vetykäyttöiset kuorma-autot.

Kaasukuorma-autot ovat jo nykyisellään varteenotettava vaihtoehto dieselkuorma-autoille. Kaasua käyttäessä muodostuu päästöjä, mutta verrattuna dieseliin päästöt ovat vähäisempiä, noin 20—100 % pienemmät päästöt verrattuna dieseliin, riippuen kaasun alkuperästä. Biokaasua käyttäen päästöt ovat vähäisempiä maakaasuun verrattuna. (Europörssi 2017.)

Vetykuorma-autojen odotetaan yleistyvän 2020-luvun jälkimmäisellä puoliskolla. Vetykuorma-auto toimii polttamalla vetyä polttokennossa, päästöinä syntyy vettä ja lämpöä. Vetykuorma-auton toimintamatka nykyhetkellä noin 400—800 kilometriä, ja vetykuorma-auton tankkaaminen on arviolta yhtä nopeaa kuin polttomootorin tankkaus. Vetykuorma-autojen haasteena on latausinfra puute, Suomessa ei ole vielä yhtään vedyn jakelupistettä. (Rintakoski 2020.)

Nykyhetkellä sekä sähkökäyttöisille ja kaasukäyttöisille kuorma-autoille tarjotaan hankinta- ja muuntotukea, ja Liikenne- ja viestintäministeriön (2023) mukaan hankinta- ja muuntotukea laajennetaan koskemaan myös vetykäyttöisiä kuorma-autoja.

Lähteet

Aherva, S. eRetrofit – muunnossähköinen kuorma-auto. Stara. Viitattu 2.11.2023

https://eflowhub.fi/wp-content/uploads/2022/03/05_eRetrofit-Staran-muunnossahkoinen-kuorma-auto_SamiAherva.pdf

Autoalan Tiedotuskeskus. 2023a. Autoalan käyttövoimaennusteet. Viitattu 24.10.2023

https://www.aut.fi/files/2770/Kayttovoimaennusteet_2023_06_13.pdf

Autoalan Tiedotuskeskus. 2023b. Autokannan keski-ian kehitys. Viitattu 23.10.2023

https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/autokannan_ikatilastoja/autokannan_ikakehitys

Autoalan Tiedotuskeskus. 2023c. Ensirekisteröityjen kuorma-autojen käyttövoimatilastot. Viitattu 23.10.2023

https://www.aut.fi/tilastot/ensirekisteroinnit/ensirekisteroinnit_kayttovoimittain/kuorma-autojen_kayttovoimatilastot

Autoalan Tiedotuskeskus. 2022. Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta. Viitattu 30.10.2023

https://www.aut.fi/ymparisto/vahapaastoisen_liikenteen_tiekartta

ENGINEUS TEC. 2022. BLUEPOWER. Viitattu 6.11.2023

https://www.enginius.de/wp-content/uploads/2022/09/ENGINEUS-IAA-EN_BLUEPOWER.pdf

ENGINEUS TEC. 2023. ENGINEUS TEC takes over parts of the insolvent Clean Logistics SE. Viitattu 6.11.2023

https://www.enginius.de/wp-content/uploads/2023/05/020523_PM_ENGINEUS-TEC_CLEAN-LOGISTICS_E.pdf

Europörssi. 2017. VOLVO TRUCKSIN UUDET FH JA FM LNG KAASUKUORMA-AUTOT PIENENTÄVÄT CO2-PÄÄSTÖJÄ JOPA 100 %. Viitattu 8.11.2023

<https://europorssi.com/fi/volvo-trucksin-uudet-fh-ja-fm-lng-kaasukuorma-autot-pientavat-co2-paastoja-jopa-100/>

Gasum. 2023. Liikennekaasu CNG ja CBG. Viitattu 7.11.2023

<https://www.gasum.com/kaasusta/liikennekaasu-cng/>

Giacobone, B. 2023. Electrifying trucking will mean sacrificing critical weight for heavy batteries, eating into already-slim margins. Business Insider. Viitattu 10.11.2023

<https://www.businessinsider.com/electric-trucks-longhaul-batteries-tesla-heavy-cargo-weight-problem-2023-2?r=US&IR=T>

Greenmot. 2020. INDUSTRIAL VEHICLES CONVERSION. Viitattu 6.11.2023

<https://www.greenmot.com/en/retrofit-industrial-vehicles/>

Haapala, R. 2023. 33-metrinen sähkörekka alkaa ajaa Lempäälän ja Vantaan välillä – "Suomen ensimmäinen täyssähköinen HCT-yhdistelmä". Tamperelainen. Viitattu 27.10.2023

<https://www.tamperelainen.fi/paikalliset/6258546>

Jarmala, V. 2021. TE: Sähköisissä kuorma-autoissa hulppea hinta. Verkkouutiset. Viitattu 31.10.2023

<https://www.verkkouutiset.fi/a/te-sahkoisissa-kuorma-autoissa-hulppea-hinta/>

Järveläinen, V. 2021. Suomessa ryhdytään muuttamaan dieselkuormureita sähköisiksi – lue tämä, ennen kuin tuomitset. MTV Uutiset. Viitattu 2.11.2023

<https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/suomessa-ryhdytaan-muuttamaan-dieselkuormureita-sahkoisiksi-lue-tama-ennen-kuin-tuomitset/8154416#gs.7qzI9b>

Konepörssi. 2022a. Volvo Trucks: 18 prosenttia pienempi polttoaineen kulutus tietestissä. Viitattu 15.11.2023

<https://koneporssi.com/kuljetuskalusto/volvo-trucks-18-prosenttia-pienempi-polttoaineen-kulutus-tietestissa/>

Konepörssi. 2022b. Volvon FH Electric loistotulokseen toimintamatkassa ja kulutuksessa. Viitattu 15.11.2023

<https://koneporssi.com/kuljetuskalusto/volvon-fh-electric-loistotulokseen-toimintamatkassa-ja-kulutuksessa/>

Kraatz. N.d. Rengasvalinnan vaikutus polttoainetalouteen -esite. Viitattu 27.10.2023

<https://kraatz.fi/tuotteet/goodyear-ensiasennusrenkaat/>

Lassheikki, P. 2021. Sähkökuorma-autot ovat tulossa jakeluliikenteeseen – nyt Tampereella testataan, onko vanhan dieselkuormurin sähköistämisessä järkeä. YLE. Viitattu 31.10.2023

<https://yle.fi/a/3-11722285>

Laukkanen, J. 2022. Sähkökuorma-autoja Keuruulta. Koneviesti. Viitattu 2.11.2023

<https://www.koneviesti.fi/uutiset/1d941daa-ce73-5910-83e0-7ba849fa8513>

Lielahden Autokeskus. 2023. Sähköajoneuvot. Viitattu 16.10.2023

<https://lielahdenautokeskus.fi/sahkoajoneuvot/>

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2023. Hankinta- ja muuntotuki laajenee vetykäyttöisiin paketti- ja kuorma-autoihin. Viitattu 8.11.2023

<https://lvm.fi/-/hankinta-ja-muuntotuki-laajenee-vetykayttoisiin-paketti-ja-kuorma-autoihin>

Linja-aho, V. Raskaan kaluston sähkökonversioiden edistäminen. Tekniset reunaehdot ja turvallisuus. Traficom. Viitattu 31.10.2023

<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Raskaan%20kalusto%20n%20s%C3%A4hk%C3%B6konversioiden%20edist%C3%A4minen.pdf>

Neste. 2021. Miksi raskas liikenne sähköistyy hitaammin? Nämä 5 tekijää ratkaisevat logistiikkayrityksen matkalla kohti kaluston sähköistämistä. Viitattu 25.10.2023

<https://www.neste.fi/konserni/journeytozerostories/arkisto/1500-liikenne/miksi-raskas-liikenne-sahkoistyy-hitaammin-nama-5-tekijaa-ratkaisevat-logistiikkayrityksen-matkalla-kohti-kaluston-sahkoistamista-1>

Paakkinen, M. 2021. Liikenteen sähköistymisen edellytyksenä on oikein toteutettu latausinfra. VTT. Viitattu 15.11.2023

<https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/liikenteen-sahkoistymisen-edellytyksena-oikein-toteutettu-latausinfra>

Posti. 2023. Posti siirtyi sähköön myös rekkakuljetuksissa. Viitattu 27.10.2023

<https://www.posti.fi/fi/yrityksille/vinkit-ja-caset/logistiikka/posti-siirtyi-sahkoon-myos-rekkakuljetuksissa>

Ranta, T. 2016. PHEV, HEV, FCV: Autojen käyttövoimien lyhenteet ja merkitykset. Lähitapiola. Viitattu 7.11.2023

<https://www.autotie.fi/tien-sivusta/phev--hev--fcv--autojen-kayttovoimien-lyhenteet-ja-merkitykset>

Rintakoski, T. Vety haastaa kuorma-autoissa akkuteknologian. Koneviesti. Viitattu 8.11.2023

<https://www.koneviesti.fi/ajoneuvot-ja-ymparisto/53551f26-e5cb-5157-b645-a64b7d62e46f>

Scania. N.d. Sähkökuorma-auto. Viitattu 25.10.2023

<https://www.scania.com/fi/fi/BEV.html>

Tampereen Ammattikorkeakoulu. 2023. Suomen ensimmäinen sähköistetty aura-auto on valmis. Viitattu 16.10.2023

<https://www.sttinfo.fi/tiedote/69968080/suomen-ensimmainen-sahkoistetty-aura-auto-on-valmis?publisherId=69818731>

Tapiovaara, R. 2023. Sähkökuorma-autotehdas syntyi Forum Virium Helsingin ja Staran innovaatioprojektin innoittamana. Forum Virium Helsinki. Viitattu 2.11.2023

<https://forumvirium.fi/impact/forum-virium-helsingin-koordinoima-kuorma-auton-sahkoiseksi-ensimmaisena-suomessa-muuttanut-hanke-toimi-innoittajana-keuruun-konversiotehaalle/>

Tervola, J. 2023. Yhdellä autolla säästää yli 40 000 euroa vuodessa polttoainekuluissa – Logistiikkayritys hankki sähkörekan ja 2,45 MWh kotimaisen sähkövaraston. Tekniikka & Talous. Viitattu 27.10.2023

<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/yhdella-autolla-saastoa-yli-40000-euroa-vuodessa-polttoainekuluissa-logistiikkayritys-hankki-sahkorekan-ja-2-45-mwh-kotimaisen-sahkovaraston/eb2b9233-550d-453a-9cae-99eece806554>

Tieto.Traficom. 2023a. Liikennekäytössä olevat kuorma-autot - käyttövoimat, päästöt ja keski-ikä. Viitattu 16.10.2023

<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikennekaytossa-olevat-kuorma-autot-kayttovoimat-paastot-ja-keski-ika>

Tieto.Traficom. 2022b. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. Viitattu 30.10.2023

<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot-ja-energiankulutus>

Tilastokeskus. 2023a. Polttonesteiden kuluttajahinnat. Viitattu 26.10.2023

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_12ge.px/

Tilastokeskus. 2023b. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Viitattu 26.10.2023

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/

Tilastokeskus. 2023c. Tieliikenteen tavarankuljetukset. Viitattu 23.10.2023

<https://www.stat.fi/tilasto/kttav>

Tilastokeskus. N.d. Kuljetussuorite. Viitattu 23.10.2023

<https://www.stat.fi/meta/kas/kuljetussuorite.html>

Traficom. 2023a. Ajoneuvoluokat. Viitattu 16.10.2023

<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoluokat?toggle=Auto>

Traficom. 2023b. Autojen ja niiden perävaunujen tekniset vaatimukset. Viitattu 6.11.2023

<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%20autojen%20ja%20niiden%20per%C3%A4vaunujen%20tekniset%20vaatimukset.pdf>

Traficom. N.d. Hae hankintatukea sähkö- ja kaasukäyttöiselle kuorma-autolle. Viitattu 25.10.2023

<https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/hae-hankintatukea-sahko-ja-kaasukayttoiselle-kuorma-autolle?toggle=Tuen%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4t%20s%C3%A4hk%C3%B6k%C3%A4ytt%C3%B6isen%20kuorma-auton%20%20ja%20s%C3%A4hk%C3%B6k%C3%A4ytt%C3%B6isen%20per%C3%A4vaunun%20hankintaan&toggle=Tuen%20m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4t%20kaasuk%C3%A4ytt%C3%B6isen%20kuorma-auton%20hankintaan>

Traficom. 2023c. Hankinta- ja muuntotuen myöntäminen. Suomi.fi. Viitattu 8.11.2023

<https://www.suomi.fi/palvelut/hankinta-ja-muuntotuen-myontaminen-liikenne-ja-viestintavirasto-traficom/3f8bad62-0423-463e-9e81-49f8a9482585>

Traficom. 2020. Pidemmät ja raskaammat HCT-rekat. Viitattu 7.11.2023

<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/pidemmat-ja-raskaammat-hct-rekat>

Traficom. 2023d. Sähköisen liikenteen valtionavustus. Viitattu 16.10.2023

<https://www.traficom.fi/fi/sahkoinenliikenne>

Traficom. 2023e. Tuet vähäpäästöisen ajoneuvon hankintaan. Viitattu 25.10.2023

<https://www.traficom.fi/fi/hankintatuet>

Volvo. 2021. Mitä sinun tulee tietää sähkökuorma-auton toimintasäteestä. Viitattu 25.10.2023

<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/insights/articles/2021/nov/what-you-need-to-know-about-an-electric-trucks-range.html>

Von Bell, C. 2023. Keuruulla muutetaan dieselkuorma-autoja sähkökäyttöisiksi. Koneviesti. Viitattu 2.11.2023

<https://autotoday.fi/keuruulla-muutetaan-dieselkuorma-autoja-sahkokayttoisiksi/>