



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

OSKARI VEHKOMÄKI

# **Kasvavan sähköautokannan vaikutus Suomen sähköntuotantoon**

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIKANN TUTKINTO-OH-  
JELMA  
2024

## TIIVISTELMÄ

Vehkomäki Oskari: Kasvavan sähköautokannan vaikutus Suomen sähköntuotantoon.

Opinnäytetyö, AMK

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Toukokuu 2024

Sivumäärä: 26

Opinnäytetyössä tutkittiin sähköautojen kasvun vaikutuksista Suomen sähköntuotannon omavaraisuuteen. Työn tutkinta suoritettiin Suomen sähköautotavoitteiden mukaan eli 2030-vuonna 1 000 000 sähkökäyttöistä autoa ja 50 000 sähkökäyttöistä pakettiautoa ja 2045-vuonna täysin päästötön liikenne. Työn tavoite oli saada laskelmien avulla mahdollisimman tarkka faktapohjainen arvio kulutuksen kasvusta ja sen vertailusta sähköntuotannon nykytilanteeseen.

Työssä tutustuttiin ensin Suomen sähköntuotantoon ja kulutukseen ja miten ne ovat muuttuneet. Sähköautoilun ongelmat käytiin myös nopeasti läpi, akkuihin, autoiluun, rakennusten sähköihin ja säähän liittyen.

Laskelmissa käytettiin faktapohjaista tietoa kuten keskiverto suomalaisen ajokilometrit ja autovalmistajan ilmoittamat sähkönkulutukset.

Laskelmia verratessa nykytuotantoon huomattiin, että 2030-tavoitteen mukaan sähköntuotannon omavaraisuus ei nousisi hälyttävän paljon, mutta kuitenkin tarpeeksi paljon, että sitä ei voi sivuuttaa. Ja 2045-tavoitteen mukaan laskelmat olivat jo huomattavasti hälyttävempiä ja se nostaisi nettotuonnin merkittävän suureksi, mikäli tuotanto ei kehittyisi tarpeeksi.

Suomen sähköntuotannon tulevaisuuden arvioita käytiin myös läpi työn lopussa.

## ABSTRACT

Vehkomäki, Oskari: The impact of the growing electric car fleet on Finland's electricity production.

Bachelor's thesis, UOAS

Electrical and automation engineering

May 2024

Number of pages: 26

The thesis investigated the effects of the growth of electric cars on the self-sufficiency of Finland's electricity production. The investigation of the work was carried out according to Finland's electric car goals, i.e. 1,000,000 electric cars and 50,000 electric vans in 2030, and completely emission-free traffic in 2045. The aim of the work was to use the calculations to obtain as accurate as possible a fact-based assessment of the growth of consumption and its comparison with the current situation of electricity production.

In the work, we first got to know Finland's electricity production and consumption and how they have changed. The problems of electric cars were also quickly reviewed, related to batteries, driving, electricity in buildings and the weather.

The calculations used fact-based information such as the average Finn's driving kilometers and the electricity consumption reported by the car manufacturer.

When comparing the calculations with current production, it was noticed that the self-sufficiency of electricity production according to the 2030 goal would not increase alarmingly, but still enough that it cannot be ignored. And according to the 2045 goal, the calculations were already considerably more alarming, and it would raise the net import to a significantly high level, if production does not develop enough.

Estimates of the future of electricity production in Finland were also reviewed at the end of the work.

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 SUOMEN SÄHKÖNTUOTANNON JA -KULUTUKSEN TILA.....	7
2.1 Sähkönkulutus.....	8
2.2 Ydinvoima ja Olkiluoto 3 .....	9
2.2.1 Suomen ydinjätehuolto .....	10
2.3 Tuulivoima suomessa.....	10
3 SUOMEN AUTOKANTA .....	11
3.1 Sähköautojen mukanaan tuomat ongelmat .....	12
3.2 Sähköautot .....	13
3.3 Suosituimmat PHEV- ja BEV-autot.....	14
3.4 Suosituimmat sähkökäyttöiset pakettiautot.....	15
4 SUOMEN SÄHKÖAUTOTAVOITE 2030 .....	15
4.1 Tavoitteen toteutuessa aiheutuva kulutuksen lisäys.....	15
5 SUOMEN SÄHKÖAUTOTAVOITE 2045 .....	16
5.1 Tavoitteen toteutuessa aiheutuva kulutuksen lisäys.....	17
6 SÄHKÖNTUOTANNON KUORMITUS SÄHKÖAUTOTAVOITTEISSA.....	17
6.1 2030-tavoitteen mukaan .....	18
6.2 2045-tavoitteen mukaan .....	19
6.3 Suomen sähköntuotantontulevaisuuden arviot.....	20
7 POHDINTA .....	21
LÄHTEET .....	23

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

OL1, 2 ja 3 = Olkiluodon ydinreaktorit

PHEV = Ladattava hybridauto, joka käyttää polttomoottoria ja sähkömoottoria

BEV = Täyssähköauto

KWh = Kilowattitunti

MWh = Megawattitunti

TWh = Terawattitunti

## 1 JOHDANTO

Sähköautot yleistyvät kovaa tahtia ja niitä varten on asetettu määrätavoitteita. Sähköautojen lisäämisellä tavoitellaan autoiluliikenteen päästöjen minimoimista ja sitä kautta ilmastonmuutoksen torjuntaa. Sen lisäksi, että sähköautoilu vähentää liikenteen päästöjä, se myös vähentää fossiilisen polttoaineen käyttöä, joka ei ole uusiutuvaa.

Suomessa niiden hankintaa rohkaistiin verokevennyksillä ja hankintatuella. Sähköautojen hinnat ovat tulleet huomattavasti alaspäin, joka myös kasvattaa niiden hankintamääriä, kun useampi kotitalous pystyy nykyään ostamaan sellaisen. Kuitenkin sähkökäyttöinen auto on edelleen huomattavasti kalliimpi kuin halvimmasta päästä olevat fossiilipolttoaineiset autot.

Sähköautokannan kova kasvu tuo mukanaan monia ongelmia, osa liittyen autojen tuotantoon ja osa itse niiden käyttöön. Tässä työssä kuitenkin keskitytään siihen, miten sähköntuotanto kestää suuret määrät sähkökäyttöisiä autoja ollessaan mahdollisimman omavarainen. Työssä perehdytään ainoastaan henkilöautojen ja pakettiautojen määrien vaikutuksiin.

Työn tutkimus tehdään, jotta saadaan faktapohjainen mahdollisimman tarkka arvio siitä miten paljon sähkönkulutus kasvaa Suomen 2030 ja 2045 sähköauto tavoitteiden mukaan ja vertaillaan sitä nykyiseen tuotantoon omavaisuuden kannalta. Kun pysytään omavaraisena sähköntuotannossa, sähkön hinta ei karkaa liian korkealle ja Suomi ei valtiona ole riippuvainen muiden maiden tuottamasta sähköstä.

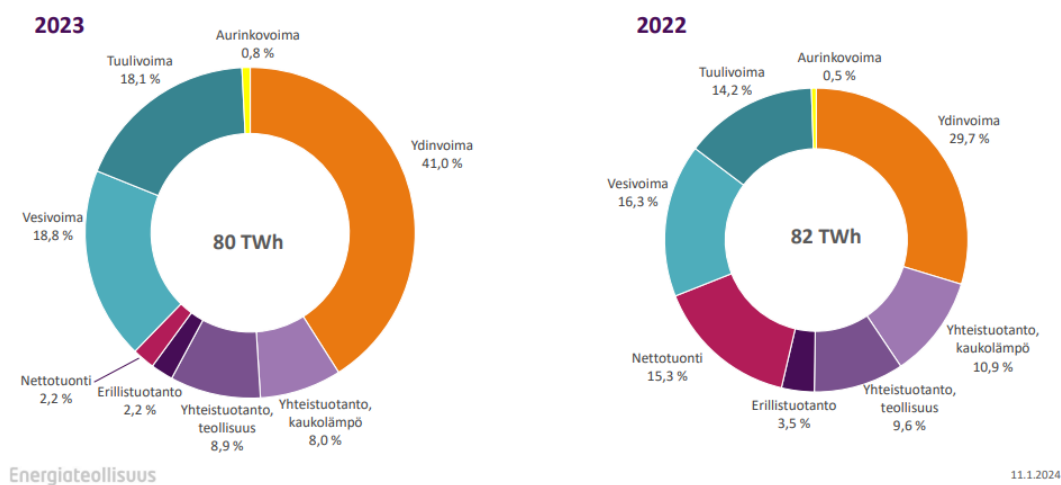
## 2 SUOMEN SÄHKÖNTUOTANNON JA -KULUTUKSEN TILA

Tutkitaan ensin Suomen nykyistä sähköntuotantoa ja kulutusta, jotta ymmärretään laskelmien vaikutuksia paremmin.

Kuten kuvio yhdestä huomataan, sähköntuotanto Suomessa on kasvanut huomattavasti vuonna 2023. Verrattaessa vuoteen 2022, Nettotuonti oli tippunut 13,1 prosenttia kokonaistuotannosta eli se väheni 10,7 TWh. Vuoden aikana kulutus tippui 1,9 TWh. Suurimmat muutokset tapahtuivat ydinvoima- ja tuuli-voimatuotannossa, jotka kasvoivat 11,3 prosenttia ja 3,9 prosenttia koko tuotannosta. Vuoden 2023 Sähkönkäyttö oli kokonaisuudessaan 80 TWh, josta tuontia oli noin 1,76 TWh.

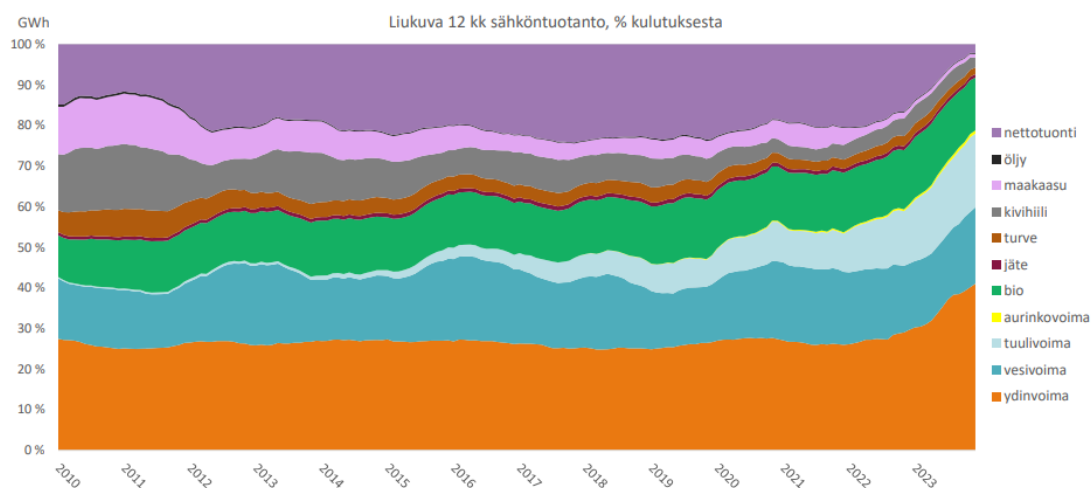
Nykyisillään sähköntuotanto on parhaassa tilassa koskaan, nettotuonti on hyvin vähäistä eli tuotanto on lähes omavaraista ja sähköä tuotetaan uusiutuvilla energianlähteillä enemmän kuin koskaan. Kulutus on myös laskenut hieman viime lähivuosina.

### Sähkön tuotanto ja tuonti



Kuvio 1. Sähkön tuotanto ja tuonti vuosina 2022 ja 2023 (Energiateollisuus ry, 2024, s. 10).

Kuvio kahta tutkiessa huomataan, että sähköntuotanto on pitkällä kaavalla parantunut merkittävästi. Uusiutuvat energianlähteet ovat korvanneet suurimman osan nettotuonnista ja fossiilisista polttoaineista. Erityisen suuria kasvuja huomataan olleen ydinvoimassa ja tuulivoimassa. Kuitenkin edelleen on parantamisen varaa nettotuonnissa ja fossiilisissa polttoaineissa.



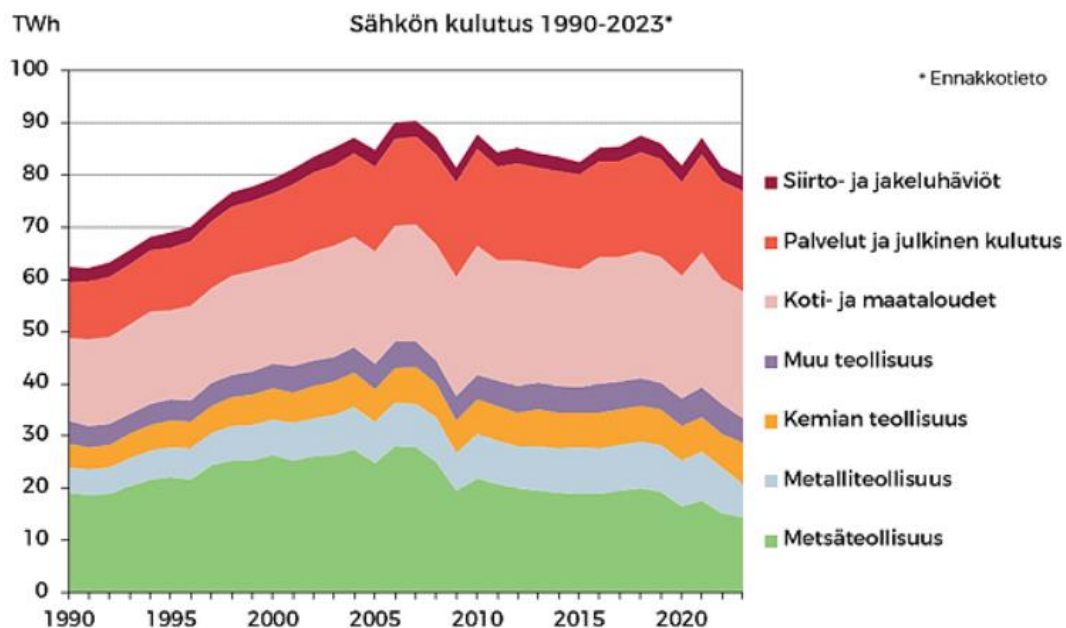
Kuvio 2. Sähköntuotantomenetelmät 2010–2024 (Energiateollisuus ry, 2024, s. 12).

## 2.1 Sähkönkulutus

Vaikka sähkölaitteita kehitetään jatkuvasti energiatehokkaammiksi, Kuvio kolmea tutkiessa ja nykyistä sähkönkulutusta vertaillen 1990-vuoden kulutukseen on se kasvanut merkittävästi. Suurimmat kasvukohdat ovat koti- ja maataloudet, palvelut ja julkinen kulutus kategorioissa. Ainoa merkittävä laskenut kohta on metsäteollisuus.

Keskikulutus vuonna 2023 asukasta kohden oli 14,2 MWh (Gynther, 2024).





Kuvio 3. Sähkönkulutus 1990–2023 (Gynther, 2024).

## 2.2 Ydinvoima ja Olkiluoto 3

Ydinvoimalan toimintaperiaate on yksinkertaisesti fission avulla tuotettua lämpöä, jonka avulla vesi höyrystyy ja pyörittää turbiinia tuottaen sähköä (Fortum, 2022).

Ydinvoima tuottaa nykyään yli kolmanneksen koko Suomen sähköntuotannosta. Suomessa on käytössä kolmen eri tyyppin ydinreaktoreita: Olkiluodossa sijaitsevat reaktorit yksi ja kaksi ovat BWR-75-tyypin kiehausvesireaktoreita, Olkiluoto kolme on EPR-tyypin painevesireaktori ja Loviisan reaktorit ovat VVER-440-tyypin painevesireaktoreita. (Energiamailma, n.d.)

Olkiluodossa sijaitsee kolme ydinreaktoria OL1, 2 ja 3. OL3 on Suomen tuorein ydinvoimala, jota rakennettiin pitkään. OL3:n sähköntuotanto käynnistettiin ensikertaa 12.3.2022, mutta sen säännöllinen sähköntuotanto alkoi vasta 16.4.2023. Sähköntuotannon käynnistyminen on kasvattanut huomattavasti ydinvoiman tuottamaa sähköä viime vuosina (12 TWh). Tämä on samalla kasvattanut päästöttömien energianlähteiden osuutta sähköntuotannossa ja laskenut nettotuontia huomattavasti. (Tvo, n.d.)

### 2.2.1 Suomen ydinjätehuolto

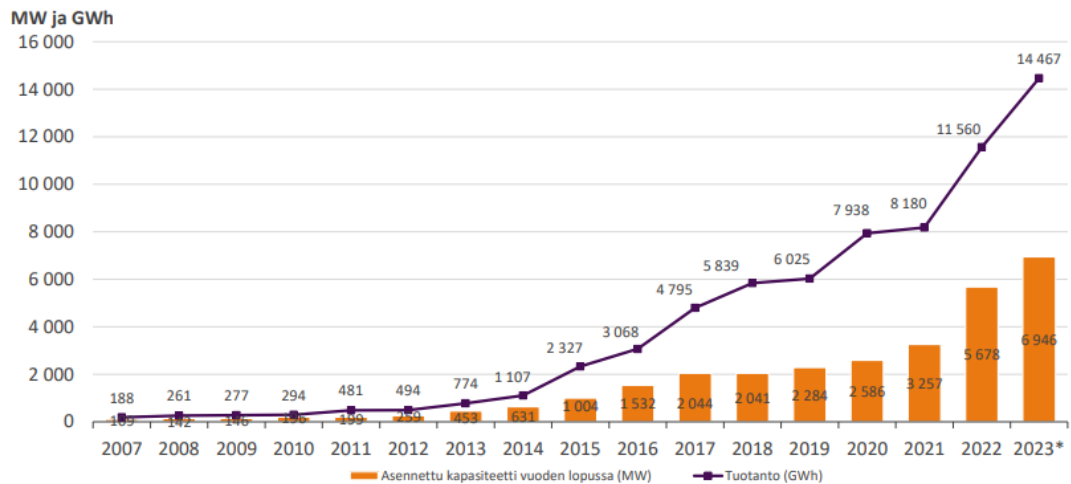
Vaikka ydinvoima ei tuota kasvihuonepäästöjä, Ydinvoiman käytöstä syntyy radioaktiivista jätettä, jonka vaarallinen radioaktiivisuus jatkuu vielä satoja vuosia. Jäte pakataan tai kiinteytetään ja sijoitetaan ensin väliaikaisesti laitosalueen kallioperään. Sieltä ne lopputuotteet sijoitetaan puhtaasta kuparista valmistettuihin tiiviisiin metallikapseleihin, jotka sijoitetaan syvälle Suomen kallioperään. Kapseloiden arvioidaan pysyvän ehjinä todella pitkiä aikoja, koska kallion pohjavesi on hapetonta. (Energiamailma, n.d.) Ydinjäte luokitellaan korkea-aktiiviseksi jätteeksi ja myös pitkäikäiseksi eli sen puoliintumisaika on yli 30 vuotta (Säteilyturvakeskus).

### 2.3 Tuulivoima suomessa

Tuulivoima on uusiutuva energianlähde ja sen ainoat päästöt ovat sen rakentamisen ja pystyttämisen päästöt. Sillä on energiantuotannon pienimmät hiilidioksidipäästöt ja se tuottaa vuodessa sen valmistamis- ja rakentamisenergia määrän. (Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d.-a).

Kuviosta neljästä huomataan, että tuulivoima oli vielä vain 15 vuotta sitten aivan alkuaskelissa. Nykyään sitä hyödynnetään jo niinkin paljon, että sen osuus koko sähköntuotannosta on noussut 18,1 prosenttiin (Kuvio 1).

Tuulivoima on myös erittäin sopiva energialähde suomeen, sillä talvet ovat tuulisempia kuin kesät ja myöskin ilma on tiheämpää kylmänä verrattuna lämpimään. Kuitenkin talvisin lappoihin saattaa kertyä kerros jäätä, joka vaikuttaa negatiivisesti voimalan tuottoon. (Suomen Tuulivoimayhdistys, n.d.-b).



Kuvio 4. Tuulivoimatuotannon kasvu vuosina 2007–2023 (Energiateollisuus ry, 2024, s. 15).

### 3 SUOMEN AUTOKANTA

Suomessa rohkaistaan täyssähköauton hankintaa erilaisilla etuuksilla, kuten vapautus autoverosta (2021 jälkeen rekisteröidyissä), jonka rahallinen etu hankintahinnassa on keskimäärin noin 1500 €. Tämä hankintahinnan alentuminen myös alentaa auton verotusarvoa. (Secto automotive, n.d.) Suomessa oli vuosina 2018–2021 sähköautojen hankintaetu, jossa alle 50 000 € hintaiselle henkilöautolle sai 2000 € hankintatukea. (Autoalan tiedotuskeskus, n.d.)

Taulukoista yksi ja kaksi huomataan, että henkilöautoissa bensiinikäyttöiset ja pakettiautoissa dieselikäyttöiset dominoivat Suomen autokantaa ylivoimaisesti ja se, että pakettiautoissa sähkökäyttöisiä autoja on huomattavasti enemmän kuin lataus-hybridejä, kun taas henkilöautoissa tilanne on päinvastainen.

Taulukko 1. Henkilöautot käyttövoimittain (Autoalan tiedotuskeskus, 2024).

	Bensiini	Diesel	Sähkö	Ladattava hybridi	Metaani	Etanoli	Muu	Yhteensä
2019	1 916 849	760 330	4 661	24 703	9 377	4 298	89	2 720 307
2020	1 914 949	761 314	9 697	45 621	12 356	4 423	88	2 748 448
2021	1 884 698	751 779	22 921	76 990	14 378	4 486	97	2 755 349
2022	1 851 355	719 927	44 889	104 039	15 607	4 474	102	2 740 393
2023	1 820 926	695 233	83 762	135 105	16 387	4 496	106	2 793 021

Taulukko 2. Pakettiautot käyttövoimittain (Autoalan tiedotuskeskus, 2024).

	Bensiini	Diesel	Sähkö	Ladattava hybridi	Metaani	Etanoli	Muu	Yhteensä
2019	9 780	319 769	312	39	740	9	22	330 671
2020	9 604	327 279	444	107	923	11	21	338 389
2021	9 440	332 447	796	182	1 029	14	19	343 927
2022	9 141	331 612	1 556	258	1 116	14	18	343 715
2023	8 920	330 367	3 181	294	1 172	16	26	343 976

### 3.1 Sähköautojen mukanaan tuomat ongelmat

Sähköautojen lisääntyminen tuo mukanaan ongelmia. Esimerkiksi litium-ion akkujen tuotanto, jonka valmistamiseen vaadittujen raaka-aineiden hankinta on ongelmallista ja myös liian hidasta kysynnän kasvaessa suuresti. Raken- nusten ja erityisesti vanhojen asuinrakennusten syöttökaapelit, keskukset ja sulakkeet ei ole suunniteltu kestämään sähköauton latauksista aiheutuvaa vir- rankasvua. Tätä ongelmaa torjuakseen tarvittaisiin useita asuinrakennuksia sähkö saneerata. Sähköautojen suuri kasvu vaatisi myös todella suuren mää- rän lisää latausasemia nykyiseen verrattuna, erityisesti julkisille pysäköintialu- eille ja tiheästi asuttujen alueiden kerrostalojen pihaan.

Litium-ion akut eivät myöskään ole ikuisia, niiden vaihtoväli vaihtelee, mutta ovat usein kymmenen vuotta. Akuston uusiminen on erittäin kallista ja sen tuo- tanto tuottaa myös huomattavan määrän päästöjä. Akun ikääntyessä sen toi- mintamatka myös luonnollisesti laskee. Akuston käyttöiksi arvioidaan noin 8–

20 vuotta, riippuen muun muassa akun tyypistä, käytöstä ja huollosta. (Sähköautoportaali, 2024).

Varsinkin Suomessa talvisää tuo myös ongelmia itse sähköautojen käyttöön, sillä kylmällä ilmalla autojen lataus itsessään vaatii enemmän energiaa, koska kylmyys vaatii latauksen lisäksi akun lämmittämistä (Tikka, 2024). Kylmyys myös vähentää auton toimintamatkaa noin kolmasosan (Lumme energia, n.d.) Vaikka sähköautojen hinnat ovat tulleet viime vuosina huomattavasti alaspäin, niin silti ei kaikilla ole ensinnäkään rahaa ostaa sellaista tai asentuttaa latausjärjestelmää kotiin tai mahdollisuutta ladata sitä järkevässä paikassa.

Sähköautoilu ei ole paras tapa matkustaa pidempiä matkoja, Suomessakin on jonkin verran pitkän matkan autoilua ja sähkökäyttöiset autot eivät sovellu parhaiten siihen. PHEV-autoissa on usein vain jonkin kymmenen kilometrin toimintamatka yhdellä latauksella. Polttomoottorikäyttöiset autot voivat ajaa täydellä tankilla monia satoja kilometrejä tankkaamatta jopa talvella, kun taas parhaimmankin kantaman sähköautot eivät kykene ilman pidempää lataustaukoa ajamaan läheskään yhtä pitkiä matkoja varsinkaan talvella.

### 3.2 Sähköautot

Taulukko kolmesta huomataan, että sähkökäyttöisten autojen määrät kasvavat kovaa vauhtia ja kasvu on ollut erityisen kovaa viime neljän vuoden aikana. Sähkökäyttöisiä pakettiautoja en edelleen hyvin vähän, mutta suunta on kasvavaan päin.

Taulukko 3. Suomen sähköautokanta (Autoalan tiedotuskeskus, 2024).

Vuosi	täyssähköiset henkilöautot	henkilöautot, lataushybridit	täyssähköiset pakettiautot	pakettiautot, lataushybridit
31.12.2010	23	0	74	0
31.12.2011	56	0	75	0
31.12.2012	109	128	84	0
31.12.2013	169	296	84	0
31.12.2014	360	569	96	1
31.12.2015	614	973	129	1
31.12.2016	844	2 441	170	7
31.12.2017	1 449	5 719	210	14
31.12.2018	2 404	13 095	256	29
31.12.2019	4 661	24 703	312	39
31.12.2020	9 697	45 621	444	107
31.12.2021	22 921	76 990	796	182
31.12.2022	44 889	104 039	1 556	258
31.12.2023	83 765	135 090	3 181	294

### 3.3 Suosituimmat PHEV- ja BEV-autot

Jotta saadaan mahdollisimman luotettavat laskutoimitukset realistisesti, käytetään laskelmissa vuoden 2023 suosituimpien sähköautojen kulutuksia.

Ylivoimaisesti suosituin sähköauto vuonna 2023 oli Tesla Model Y ja suosituin lataushybridi oli Volvo XC60 (Ikonen, 2024). Keskivero Suomalainen ajaa 14 000 km vuodessa (Vapaus valita auto). Suosituin BEV Tesla Model Y kuluttaa 19,9 kWh/100 km ja suosituin PHEV Volvo XC60 Täyssähköajossa 19,0 kWh/100 km (CarExpert, 2022); (Tesla, n.d.) Nämä luvut ovat valmistajien ilmoittamia ja ne ovat saatu ideaalitulanteissa, mutta suomessa ajaessa varsinkin talvella kulutus voi olla huomattavasti enemmän. Kuitenkin nämä luvut ovat virallisia, joten niitä käytetään laskelmissa.

PHEV-autoilla ei ajeta aina täysin sähköllä, vaan keskiarvoisesti 53 prosenttia ajokilometreistä ovat sähköllä ajettuja (Partanen, 2020). Joten laskelmissa käytetään PHEV-autojen laskuissa kerrointa 0,53.

### 3.4 Suosituimmat sähkökäyttöiset pakettiautot

Sähkökäyttöisistä pakettiautoista ei luonnollisesti löytynyt läheskään yhtä paljon tietoa kuin henkilöautoista, sillä ne ovat vasta tuloillaan ja niiden määrät liikenteessä ovat paljon pienempiä kuin henkilöautojen. Kuitenkin suosituin täyssähköpakettiauto löytyi, Citroen E-Jumpy (Ikonen, 2024). E-jumpyn kulutus on ilmoitettu olevan 26,6 kWh/100 km (CITROEN, n.d.) Toteutetaan PHEV laskut myös samalla kulutuksella, koska siitä ei varmaa tietoa löytynyt.

## 4 SUOMEN SÄHKÖAUTOTAVOITE 2030

Suomessa on asetettu erilaisia tavoitteita päästöjen aiheuttavan ilmastonmuutoksen torjuntaan, kuten tavoite että suomessa olisi 1 000 000kpl sähkökäyttöistä henkilöautoa ja 50 000kpl sähkökäyttöistä pakettiautoa. Vuonna 2030 tavoitellaan, että joka kolmas tieliikenteen kilometri ajetaan sähkökäytöllä. Myös kaupunkien linja-autoliikenne pitäisi olla täysin sähköinen. (E-mobility, Teknologiateollisuus, 2023).

Jos PHEV- ja BEV-henkilöautojen suhde pysyy samana kuin vuonna 2023 (61,7 % PHEV ja 38,3 % BEV), olisi tavoitteen toteutuessa 671000 PHEV-autoa ja 383000 BEV-autoa. Kun taas BEV-pakettiautoja 45750 kpl ja 4250 PHEV-pakettiautoja (91,5 % BEV ja 8,5 % PHEV).

### 4.1 Tavoitteen toteutuessa aiheutuva kulutuksen lisäys

Laskelmat lasketaan kaavalla:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Autokannan vuotuinen odotettu sähkönkulutus} \\
 & = \textit{auton kulutus sadalla kilometrillä} * \textit{kilometrit} \\
 & * (\textit{autojen odotettu yhteismäärä} - \textit{nykyinen määrä}) \\
 & * 0,53 \text{ (Keskimääräinen sähköllä ajomäärä, mikäli kyseessä on PHEV)} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Henkilöautot:

$$\begin{aligned}
 \text{BEV:} \quad & 19,9 \text{ KWh} * (14\,000 \text{ km}/100) * (383\,000 - 83\,765 \text{ kpl}) \\
 & = 0,834 \text{ TWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PHEV:} \quad & 19,0 \text{ KWh} * (14\,000 \text{ km}/100) * (671\,000 - 135\,105 \text{ kpl}) * 0,53 \\
 & = 0,756 \text{ TWh}
 \end{aligned}$$

Pakettiautot:

$$\begin{aligned}
 \text{BEV:} \quad & 26,6 \text{ KWh} * (14\,000 \text{ km}/100) * (45\,750 - 3\,181 \text{ kpl}) \\
 & = 0,159 \text{ TWh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{PHEV:} \quad & 26,6 \text{ KWh} * (14\,000 \text{ km}/100) * (4\,250 - 294 \text{ kpl}) * 0,53 \\
 & = 0,008 \text{ TWh}
 \end{aligned}$$

Yhteenlaskettu kulutuksen lisääntyminen on siis noin 1,757 TWh.

## 5 SUOMEN SÄHKÖAUTOTAVOITE 2045

Vain 15-vuotta aikaisemman tavoitteen jälkeen, pyritään täysin päästöttömään liikenteeseen (E-mobility, Teknologiateollisuus, 2023). Tämähän ei välttämättä tarkoita sitä että, kaikki autot ovat sähköautoja, jos keksitään parempi päästötön käyttövoima. Nykyisten tilanteen mukaan siihen suuntaan ollaan menossa ja sähköautoiluun panostetaan paljon. Siksi laskut tehdään nykyisen teknologian mukaan eli sähköautojen mukaan. Eli nykyisen autojen lukumäärän mukaan tulisi olemaan 2 793 021 täyssähköhenkilöautoa ja 343 976 täyssähköpakettiautoa, jotta se olisi päästötöntä (Taulukko 1).



## 5.1 Tavoitteen toteutuessa aiheutuva kulutuksen lisäys

Laskelmat lasketaan kaavalla:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Autokannan vuotuinen odotettu sähkönkulutus} \\
 & = \textit{autonkulutus sadalla kilometrillä} * \textit{kilometrit} \\
 & * (\textit{autojen odotettu yhteismäärä} - \textit{nykyinen määrä}) \quad (2)
 \end{aligned}$$

Henkilöautot:

$$\begin{aligned}
 & 19,9 \text{ KWh} * (14\,000 \text{ km}/100) * (2793\,021 - 83\,765 \text{ kpl}) \\
 & = 7,548 \text{ TWh}
 \end{aligned}$$

Pakettiautot:

$$\begin{aligned}
 & 26,6 \text{ KWh} * (14\,000 \text{ km}/100) * (343\,976 - 3181 \text{ kpl}) \\
 & = 1,269 \text{ TWh}
 \end{aligned}$$

Eli yhteenlaskettuna 8,817 TWh

## 6 SÄHKÖNTUOTANNON KUORMITUS SÄHKÖAUTOTAVOITTEISSA

Vertaillaan ja pohditaan laskelmien tuloksia nykyiseen sähköntuotantoon ja kulutukseen ja tutkitaan miten kulutuksen lisäys muuttaisi eri energialähteiden osuutta koko tuotantoon. Koska tulevaisuuden sähköntuotantoa on mahdollista laskea tai ennustaa luotettavasti, lisätään laskelmien mukaiset kulutukset nykyiseen tuotantoon, jotka näkyvät kuvioissa viisi ja kuusi. Myös BEV- ja PHEV-autojen suhde kokonaismäärään ei välttämättä tule olemaan täysin sama kuin nykyhetkellä, mutta sitäkin on mahdoton ennustaa tarpeeksi luotettavasti, joten laskelmissa käytettiin nykyistä suhdetta. Työn mukana löytyvästä Excel-tiedostosta löytyvät kuvioiden laskennalliset perustelut.

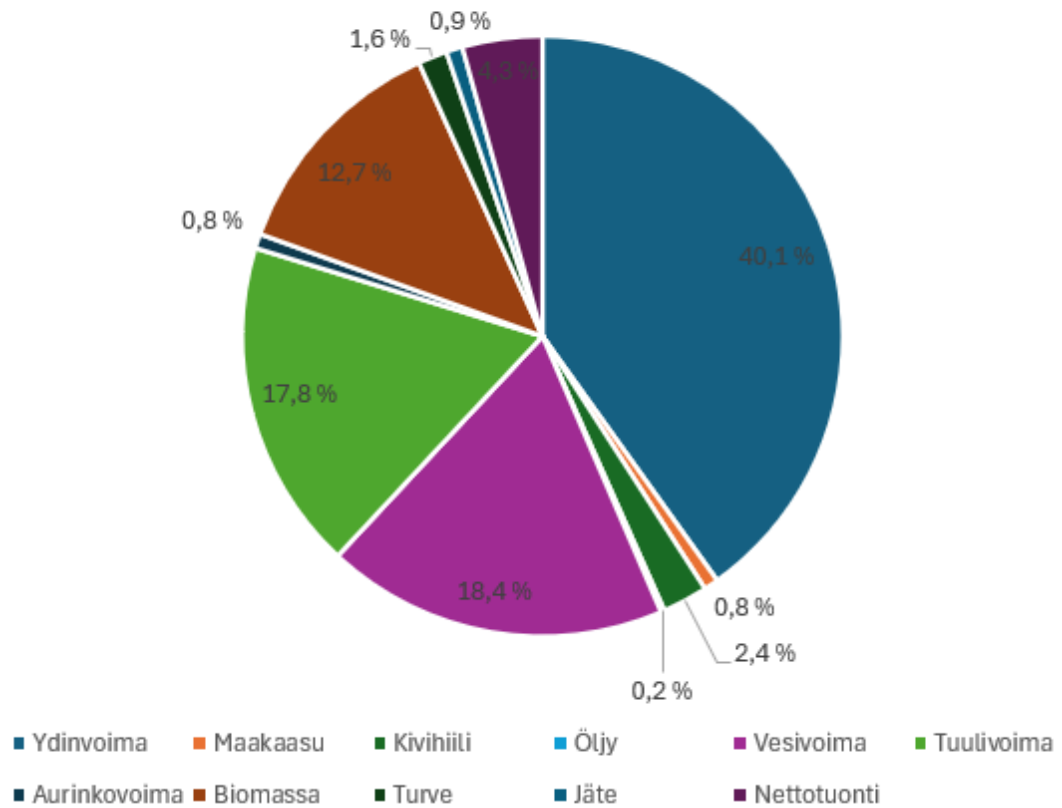
## 6.1 2030-tavoitteen mukaan

Aikaisempia laskelmia sivulta 16 tutkiessa huomataan, että sähkönkulutuksen arvioitu kasvu 2030 tavoitteen mukaan olisi 1,757 TWh vuodessa. Kyseinen luku vaikuttaa pieneltä verrattuna suomen vuotuisen kokonais- kulutukseen, mutta kyseessä ei missään nimessä ole merkityksetön luku. Jos sähköntuotanto pysyy samana kuin 2023 vuonna, sähköautojen lisäämä kulutus kasvat- taisi nettotuontia 2,2 prosentista 4,3 prosenttiin eli lähes tuplaantuisi. Kuitenkin luku on vielä sen verran pieni, ettei se herätä suurempaa huolta esimerkiksi sähkön hinnassa.

Kuvio viittä tutkiessa huomataan, ettei muiden energialähteiden osuuksien lasku ole merkittävän suurta, esimerkiksi suurin lähde eli ydinvoima laskisi 0,9 prosenttia.

Kuitenkin kyseisessä tilanteessa tarvitsisi kehittää sähköntuotantoa niin, että saisimme tuotettua noin 3,22 TWh lisää, jotta nettotuonti saataisiin nolnaan.

### Tuontanto 2030, 81,757 TWh

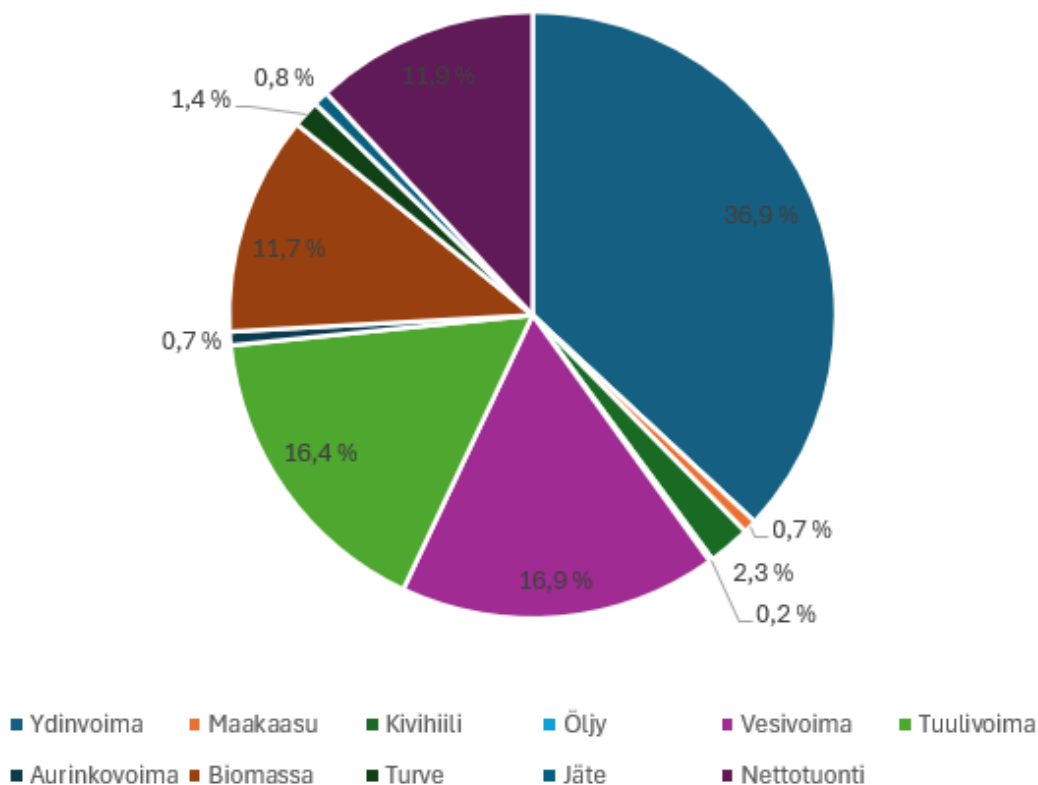


Kuvio 5. Sähkön tuotanto 2030, sähköautojen lisäämä kulutus lisättynä nykyiseen tuotantoon (Excel tiedosto).

#### 6.2 2045-tavoitteen mukaan

Kuviosta kuusi huomataan, että kaikkien tuotantotapojen osuus kokonaistuotannosta laskisi merkittävästi ja suurin lasku tulisi ydinvoiman osuuteen, joka laskisi 4,1 prosenttia. Laskelmien mukainen 8,817 TWh kasvu kasvattaisi nettotuonnin 11,9 prosenttiin sähköntuotannosta, jolloin se kasvaisi 9,7 prosenttia eli lähes viisinkertaistaisi nettotuonnin 2023-vuoteen verrattuna. Tällöin otettaisiin suuri askel taaksepäin omavaraisuuden kannalta ja oltaisiin samoissa luvuissa nettotuonnin kanssa kuin aikaisempina vuosina ennen olkiluoto kolmen tuotannon käynnistystä. Sähkön hinta tulisi kasvamaan väistämättä.

### Tuotanto 2045, 88,817 TWh



Kuvio 6. Sähköntuotanto 2045, sähköautojen lisäämä kulutus lisättynä nykyiseen tuotantoon (Excel tiedosto).

#### 6.3 Suomen sähköntuotannon tulevaisuuden arviot

Sähköntuotanto kehitty jatkuvasti ja tulevaa on mahdotonta ennustaa tarkasti. Sekä tuulivoimaa että aurinkovoimaa voidaan rakentaa lisää nopeasti verrattuna ydinvoimaan (Ulkoministeriö, 2023).

Tuulivoiman on investoitu lähiaikoina miljardeja Suomessa. Tuulivoimaloita on tällä hetkellä noin 1 400, mutta arvioidaan jo kahden vuoden sisään niiden määrän kasvavan 2 000 kappaleeseen. (Ulkoministeriö, 2023). Tällöin tuulivoiman yhteensä tuottama sähkö olisi 20,69 TWh (Excel tiedosto).

Aurinkotuotannon arvioidaan kaksinkertaistuvan kymmenen vuoden kuluessa. Tällöin se olisi kuitenkin vain 1,28 TWh, kun kerrotaan nykytuotanto kahdella. Odotettu energiatehokkuuden lisääntyminen kasvattaisi paneelien

hyötysuhdetta ja näin saadaan vähennettyä hukkaan menevää energiaa ja saadaan enemmän hyötyä pienemmistä paneeleista. (Aurinkoteknillinen yhdistys, 2023).

## 7 POHDINTA

Nykytilanteessa Suomen sähköntuotanto on erittäin hyvässä tilanteessa, jossa se on lähes omavarainen ja erittäin suuri osa siitä on päästötöntä tai erittäin vähäpäästöistä. Kuitenkin huolenaiheena on se, miten sähköautojen määrän suuri kasvu vaikuttaa tuotantoon. Vaikka laskuissa pyrittiin käyttämään mahdollisimman tarkkoja ja faktapohjaisia tietoja, todellisuudessa laskelmien tulokset ovat hieman alakanttiin. Syitä tähän on kaksi, autonvalmistajat aina ilmoittavat kulutukset optimaalisissa tilanteissa ja tähän ei myöskään otettu huomioon Suomen kylmän talven lisäämää kulutusta. Työn luotettavuuden kannalta on laskut suoritettava virallisilla arvoilla ja -keskiarvoilla.

Laskelmien kautta saatiin hyvä arvio siitä, miten paljon sähkönkulutus kasvaa sähköautojen lisääntyessä. 2030-tavoitteen tuoma kulutuksen lisäys ei ole hälyttävää, mutta se lähes tuplasi nykyisen nettotuonnin osuuden, mikäli sähköntuotanto pysyisi samana. 2045-tavoitteen laskujen tuloksista huomataan se, ettei täysin sähkökäyttöinen liikenne ole läheskään täydellinen vaihtoehto jo pelkästään kulutuksen takia, muista ongelmista puhumattakaan.

Sähköntuotantoa pitäisi kehittää vielä paljon, jotta saataisiin 2045-vuoden arvion mukainen 13,22 prosenttiin nykytuotannolla kasvava nettotuonti nollaan. Jos vielä palataan, katsomaan sivun 8 kuvio kahta, nähdään että sähköntuotanto on kehittynyt paljon ja varmasti tuleekin kehittymään 2045-vuoteen mennessä. Varsinkin tuuli- ja aurinkovoima ovat lupaavia kasvukohtia, sillä niihin

investoidaan paljon ja niitä on nopea rakentaa. Molemmissa myös päästöt ovat hyvin minimaaliset ja tuottavat päästöjänsä verran jo hyvin lyhyessä ajassa.

Prosessi oli palkitseva ja antoi hyödyllistä arviota tuotannon tulevaisuuteen liittyen. Eettisyys säilyi koko prosessin ajan, koko prosessin ajan pyrittiin käyttämään ainoastaan luotettavia lähteitä ja laskelmat ja niiden tutkiminen suoritettiin olemassa olevan faktatiedon kanssa.

Oma käsitykseni sähköntuotannosta ja sen tilasta kehittyi työn aikana. Ymmärrän paremmin, miten sähköautojen lisäämä kulutus vaikuttaa verkkoon ja miten verkko kehittyy jatkuvasti. Työ laittoi tutustumaan syvemmin sähkön eri tuotantotapoihin ja erityisesti ydin- ja tuulivoimaan. Myös laskelmien teko, tulosten analysointi ja pohdinta kehitti osaamistani.

Tuloksia pystytään hyödyntämään myös myöhemmin, kun sähköntuotanto ja autokanta on kasvanut ja halutaan saada arvio siitä kuinka paljon tavoitteiden automäärät tulevat lisäämään kulutusta. Näen tästä olevan erityisesti hyötyä 2045-vuoden laskelmissa. Vaikka esimerkiksi autokannan- ja sähköntuotannon luvut kehittyvät ja muuttuvat joka vuosi, kaavat pätevät silti ja niiden kautta voidaan tehdä jatkotutkimusta, vaikka joka vuosi. (Tikka, 2024)

## LÄHTEET

Aurinkoteknillinen yhdistys (3.2.2023). Aurinkoenergian tulevaisuuden näkymät.

<https://aurinkoteknillinenyhdistys.fi/aurinkoenergian-tulevaisuuden-nakymat/>

Autoalan tiedotuskeskus (5.10.2023). Autokanta vuoden lopussa käyttövoimittain.

[https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/autokanta\\_kayttovoimittain](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/autokanta_kayttovoimittain)

Autoalan tiedotuskeskus (5.10.2024). Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä.

[https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/sahkoautojen\\_maaran\\_kehitys](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys)

Autoalan tiedotuskeskus (n.d.). Sähkö- ja kaasuautojen hankintatuet.

Haettu 29.3.2024 osoitteesta

[https://www.aut.fi/ajankohtaista/sahko- ja kaasuautojen\\_hankintatuki](https://www.aut.fi/ajankohtaista/sahko- ja kaasuautojen_hankintatuki)

Citroen (n.d.). Citroen e-jumpy tekniset tiedot. Haettu 15.4.2024 osoitteesta

[https://www.citroen.fi/content/dam/citroen/finland/pdf-files/hinnastot/jumpy/citroen\\_ejumpy\\_tekniset\\_tiedot\\_10\\_2022.pdf](https://www.citroen.fi/content/dam/citroen/finland/pdf-files/hinnastot/jumpy/citroen_ejumpy_tekniset_tiedot_10_2022.pdf)

CarExpert (23.8.2022). 2022 Volvo XC60 Recharge PHEV review.

<https://www.carexpert.com.au/car-reviews/2022-volvo-xc60-recharge-phev-review>

E-mobility, teknologiateollisuus (5.12.2023). Suomi sähköisen liikenteen edelläkävijä vuonna 2030.

<https://emobility.teknologiateollisuus.fi/fi/suomi-sahkoisen-liikenteen-edellakavija-vuonna-2030>

Energiamailma (n.d.). Ydinvoima. Haettu 20.5.2024 osoitteesta

<https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/ydinvoima/>

Energiateollisuus ry (11.1.2024). Energiavuosi 2023 sähkö.

[https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023\\_paivitetty.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023_paivitetty.pdf)

Fortum (3.11.2022). Ydinvoima – mitä siitä pitää tietää?

<https://yhdedssa.fortum.fi/ydinvoima-mita-siita-pitaa-tietaa>

Gynther, Lea (30.4.2024). Sähkön hankinta ja kulutus. Motiva.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/sahkon\\_hankinta\\_ja\\_kulutus](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/sahkon_hankinta_ja_kulutus)

Ikonen, Taneli (19.2.2024). Myydyimmät sähköautot Suomessa 2022–2024. Nordic plug.

<https://nordicplug.fi/blogs/sahkoautot-ja-lataaminen-blogi/myydyimmat-sahkoautot-suomessa-2022-2023>

Lumme energia (n.d.). Toimiiko sähköauto talvella? Haettu 25.3.2024 osoitteesta

<https://www.lumme-energia.fi/blogi/toimiiko-s%C3%A4hk%C3%B6auto-talvella>

Partanen, Juha (8.5.2020). Ladattava hybridi muuttaa ajotapaa. Talous taito.

<https://www.taloustaito.fi/vapaalla/ladattava-hybridi-muuttaa-ajotapaa/#f85472f8>

Secto automotive (n.d.). Sähköauton verotus työsuhdeautona. Haettu 15.4.2024 osoitteesta

<https://secto.fi/sahkoauton-verotus-tyosuhdeautona>



Suomen tuulivoimayhdistys (n.d.). Tietoa tuulivoimasta. Haettu 22.5.2024 osoitteesta

<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2>

Suomen tuulivoimayhdistys (n.d.). Tuulivoimatuotanto talvella. Haettu 26.5.2024 osoitteesta

<https://tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta-2/tietopankki/tuulivoimatuotanto-talvella>

Sähköautoportaali (13.3.2024). Montako vuotta sähköauton akku kestää?

<https://sahkoautoportaali.fi/montako-vuotta-sahkoauton-akku-kesta/>

Säteilyturvakeskus (n.d.). Tietoa ydinjätteestä. Haettu 21.5.2024 osoitteesta

<https://stuk.fi/tietoa-ydinjatteista>

Tesla (n.d.). Ajoneuvon energiakulutus. Haettu 4.3.2024 osoitteesta

[https://www.tesla.com/fi\\_fi/support/power-consumption](https://www.tesla.com/fi_fi/support/power-consumption)

Tikka, Ville (8.1.2024). Uutta tietoa sähköautojen latauksesta ja sen vaikutuksista sähköverkkoon. LUT University.

<https://www.lut.fi/fi/uutiset/uutta-tietoa-sahkoautojen-latauksesta-ja-sen-vaikutuksesta-sahkoverkkoon>

Tvo (n.d.). OL3. Haettu 20.5.2024 osoitteesta

<https://www.tvo.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol3.html>

Ulkoministeriö (25.9.2023). Tuulen tuoma tulevaisuus. Kauppapolitiikka.

<https://kauppapolitiikka.fi/tuulen-tuoma-tulevaisuus/>

Vapaus valita auto (n.d.). Keski-verta-utolla ajetaan näin. Haettu 19.2.2024 osoitteesta

<https://www.vapausvalitaauto.fi/blogi/2019/4/18/keski-verta-utolla-ajetaan-nin>