



Aaro Akkanen

Auton käyttövoimien vertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

8.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Aaro Akkanen
Otsikko:	Auton käyttövoimien vertailu
Sivumäärä:	52 sivua
Aika:	8.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Autosähkötekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Heikki Parviainen, Metropolia Ammattikorkeakoulu

Tässä insinööriyössä tutkittiin ja vertailtiin auton käyttövoimia ja niiden soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin, jokaisen käyttövoiman autoilussa aiheuttamia kuluja sekä muita käyttötarkoitukseen soveltuvan auton valintaan vaikuttavia tekijöitä.

Insinööriyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja tietoa työtä varten on kerätty usealta alan toimijalta puhelimitse, sähköpostilla ja verkkosivustoilta. Työssä keskityttiin pääasiassa sähkö-, bensiini-, diesel- ja hybridautoihin.

Joitakin insinööriyössä esitettyjä kuluja vertailtiin Volkswagenin valmistamien automallien välillä. Kustannusvertailun esimerkki ajoneuvoiksi valittiin Volkswagen Golf GTE -lataushybridi, Volkswagen Golfin bensiini- ja dieselmootorinen malli sekä täyssähköinen Volkswagen ID.3. Kulurakenne muodostuu huolto- ja korjauskuluista sekä polttoaineiden ja lataussähkön hinnasta. Käytönaikaisten kulujen lisäksi vertailussa huomioitiin muun muassa auton hankintahinta, ajoneuvovero, arvon aleneminen sekä vakuutus- ja katsastuskulut. Insinööriyössä otettiin huomioon myös eri käyttövoimien ympäristöystävällisyys ja tulevaisuuden linjaukset lainsäädännössä.

Autoilun kokonaiskustannusten arviointi on haastavaa, etenkin auton arvon alenemisen osalta. Insinööriyössä esitettyjä laskelmia voi pitää vain suuntaa antavina, sillä moneen työssä käsiteltyyn kustannukseen auton käyttäjälläkin on suuri vaikutus. Samaa automallia kaikilla työssä esitetyillä käyttövoimilla on myös vaikea löytää, ja yleensä sähkö-, hybridi- ja polttomootoriautoissa on eroja varustetasoissa ja suorituskyvyssä samankin automallin välillä.

Huoltokohteiden vähäisyyden vuoksi täyssähköauton huoltokulut olivat vertailun pienimmät, kun taas lataushybridissä huoltokulut olivat vertailun suurimmat. Lataussähkö on halvempaa fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna, joten sillä ajaminen on halvempaa. Sähköautot ovat hankintahinnaltaan yleensä kuitenkin polttomootoriautoja kalliimpia, mikä vaikuttaa kokonaiskuluihin merkittävästi.

Bensiini-, hybridi ja täyssähköautot soveltuvat käyttötarkoitukseltaan etenkin kaupunkiajoon. Dieselauto on hyvä vaihtoehto, jos kilometrejä kertyy keskivertoautoilijaa enemmän ja ajomatkat ovat yleensä pitkiä.

Avainsanat: auto, käyttövoima, vertailu

Abstract

Author: Aaro Akkanen
Title: Comparison of the Car Powertrains
Number of Pages: 52 pages
Date: 8 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Electronics Engineering
Supervisor: Heikki Parviainen, Senior Lecturer, Metropolia UAS

The aim of the thesis was to analyze and compare most commonly used car powertrains and their suitability for specific uses, costs of driving with each powertrain and other factors that can affect the buying decision of the car. The thesis has been made as a literature review and data for it has been collected from several operators of the industry by phone, email and from websites. The main focus of the thesis is on electric-, gasoline-, diesel and hybrid cars.

Some of the costs in the thesis have been compared using car models from Volkswagen. Volkswagen Golf GTE plug-in hybrid, Volkswagen Golf with gasoline- and diesel engine and Volkswagen ID.3 electric vehicle were chosen for example vehicles in the comparison of costs. Cost structure consists of variable costs and fixed costs. Servicing, refueling, charging of the electric vehicle and taxes are the factors which create variable costs of the comparison. Fixed costs like purchase price, devaluation of the value of the car, insurance costs and vehicle inspection were also analyzed. The ecological effects of the driving forces as well as laws related to automotive sales and industry in the future were also inspected.

Estimating the total costs of driving is challenging, especially how much the vehicle loses its value. Calculations which are shown in thesis are indicative because many costs depend on the user of the car. It can also be challenging to find a car model that can be chosen with all these powertrains and usually electric-, hybrid-, and combustion engine vehicles differ from each other on their equipment levels and performance.

Electric cars need less servicing which is the reason why service costs of the electric vehicle were the lowest of the comparison, while the service costs of the plug-in hybrid were the highest. Charging electricity is less expensive compared to fossil fuels which reflects on the costs of driving. Electric vehicles are usually more expensive than internal combustion engine vehicles which contributes greatly to the total costs.

Gasoline-, hybrid-, and electric vehicles are well suitable for city driving. Diesel vehicles are good option, for example, for person who lives outside of the city and drives more than the average user of the vehicle and driving distances are usually long.

Keywords: Car, powertrain, comparison

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käyttövoimat	2
2.1	Täyssähköauto	3
2.2	Hybridit	4
2.2.1	Mikrohybridi	4
2.2.2	Kevythybridi	4
2.2.3	Täyshybridi	5
2.2.4	Ladattava hybridi	6
2.3	Diesel	8
2.3.1	Dieselmoottorin toimintaperiaate	8
2.3.2	Dieselmoottoreiden kehitys	9
2.3.3	Dieselmoottorin hyötysuhde	9
2.4	Bensiini	10
2.4.1	Bensiini polttoaineena	11
2.4.2	Bensiinimoottorin hyötysuhde	11
3	Sähköauton lataus	11
3.1	Lataustapa 1	11
3.2	Lataustapa 2	12
3.3	Lataustapa 3	13
4	Kustannusvertailu	15
4.1	Muuttuvat kulut	15
4.1.1	Huolto- ja korjauskulut	15
4.1.2	Renkaat	18
4.1.3	Polttoaineen hinta ja kulutus	22
4.2	Kiinteät kulut	24
4.2.1	Hankintahinta	24
4.2.2	Auton arvon aleneminen	27
4.2.3	Katsastus	28
4.2.4	Vakuutus	29
4.2.5	Ajoneuvovero	30
4.3	Muut kulut	32

4.4	VTT:n laskelma autoilun kustannuksista	33
4.5	Yhteenveto autoilun kuluista	39
5	Käyttötarkoitus	39
6	Korkeajänniteakkujen kehitys	41
6.1	Korkeajänniteakkujen kehityskohteet	41
6.2	Kansallinen akkustrategia	41
6.2.1	Strategiset fokusalueet	43
6.2.2	Akkujen kiertotalous	44
7	Autoilun tulevaisuus	46
7.1	Liikenteen sähköistyminen	46
7.2	Vaihtoehtoiset polttoaineet	47
7.3	Uusiutuvat polttoaineet	47
7.4	Polttomootoriautojen tulevaisuus	48
8	Yhteenveto	48
	Lähteet	50

Lyhenteet

- CCS: *Combined Charging System*. Yhdistetty latausjärjestelmä on sähköautojen latauksen standardi.
- MEB: *Modularer E-Antriebs-Baukasten*. Volkswagen Groupin kehittämä pohjalevy sähköautoille.
- MHEV: *Mild hybrid electric vehicle*. Kevythybridi on hybridiautotyyppi, jossa sähkömoottori voi avustaa polttomoottoria esimerkiksi kiihdytystilanteissa.
- NEDC: *New European Driving Cycle*. Aikaisemmin käytössä ollut maailman laajuinen ajoneuvojen päästömittausten menetelmä.
- OTA: *Over-the-air update*. Langattomasti, internetyhteyden kautta ladattava ohjelmistopäivitys.
- PHEV: *Plug-in hybrid electric vehicle*. Ladattava hybridi on hybridiautotyyppi, jota voidaan ladata ulkoisesta energianlähteestä.
- S&S: *Start/stop system*. Sammuttaa auton moottorin automaattisesti pysähdyttyä esimerkiksi liikennevaloihin.
- WLTP: *Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure*. Nykyisin käytössä oleva maailmanlaajuinen ajoneuvojen päästömittausten menetelmä.

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä tutkitaan ja vertaillaan autoissa muutamaa yleisesti käytössä olevaa käyttövoimaa ja niiden soveltuvuutta eri käyttötarkoituksiin, autoilusta aiheutuvia kuluja jokaisen käyttövoiman kohdalla sekä muita auton valintaan vaikuttavia tekijöitä.

Insinööriyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja tietoa työtä varten on kerätty usealta alan toimijalta puhelimitse, sähköpostilla ja verkkosivustoilta.

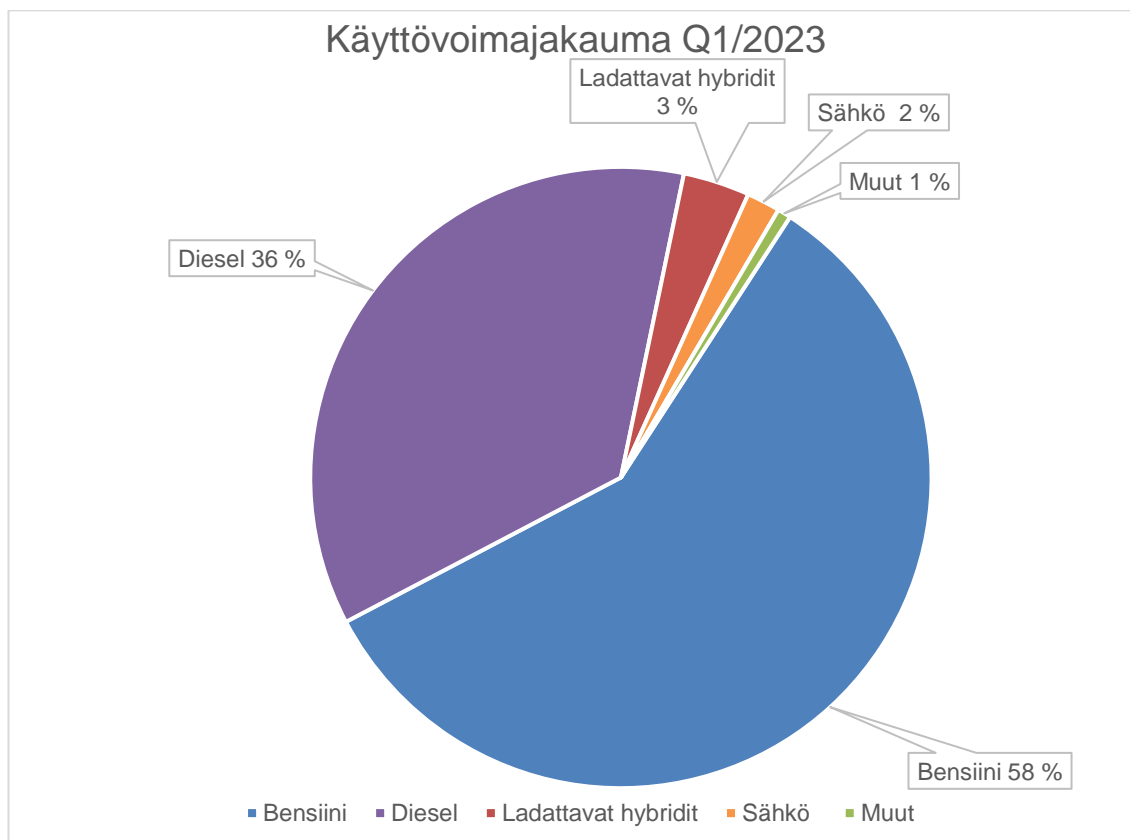
Nykypäivänä auton voimanlähteeksi on valittavissa useita erilaisia ratkaisuja perinteisen bensiini- tai dieselkäyttöisen polttomoottorin lisäksi, ja työn tarkoituksena on toimia apuna auton ostopäätöstä tehdessä. Työssä perehdytään sähköauto-, hybridi- ja polttomoottoritekniikkaan, joten sitä voi käyttää esimerkiksi myös opetustilanteessa hyödyksi.

Joitakin insinööriyössä esitettyjä kuluja vertailtiin Volkswagenin valmistamien automallien välillä. Kustannusvertailun esimerkkiajoneuvoiksi valittiin Volkswagen Golf GTE lataushybridi, Volkswagen Golfin bensiini- sekä dieselmoottorinen malli ja täyssähköinen Volkswagen ID.3. Kulurakenne muodostuu huolto- ja korjauskuluista sekä polttoaineiden ja lataussähkön hinnasta. Käytönaikaisten kulujen lisäksi vertailussa huomioitiin muun muassa auton hankintahinta, ajoneuvovero, arvon aleneminen sekä vakuutus- ja katsastuskulut.

Insinööriyössä otetaan kantaa myös autoilun tulevaisuuteen sekä EU:n päästövähennystavoitteisiin ja siihen liittyviin toimiin.

2 Käyttövoimat

Perinteinen bensiinimoottori on suosituin auton voimanlähde Suomessa vielä tänäkin päivänä, ja toiseksi suosituin käyttövoima on diesel. Vaihtoehtoisten käyttövoimien osuus ei kuitenkaan ole enää merkityksetön ja kasvaa kovaa vauhtia. (Tilli 2023: 77.) Kuva 1 havainnollistaa käyttövoimien jakautumisen vuoden 2023 ensimmäisen vuosineljänneksen aikana.



Kuva 1. Suomen autokannan käyttövoimajakauma Q1/2023 (Tilli 2023: 72).

Suomalaiset suhtautuvat positiivisesti sähköautoiluun. Sähköautojen määrä lataushybridit mukaan luettuna kasvoi vuodesta 2021 vuoteen 2022 noin 50 000 sähköautolla, joten myös julkisia latauspisteitä tarvitaan lisää. (Määttänen 2023.)

Sähköautoksi luokitellaan täyssähköautot sekä ladattavat hybridit, joita voidaan ladata ulkoisesta sähköverkosta (Käyttövoimaopas 2019).

2.1 Täyssähköauto

Täyssähköautossa ei ole polttomoottoria, vaan se käyttää ainoastaan sähköenergiaa liikkuakseen. Täyssähköauton voimansiirron komponentteihin sisältyy pääsääntöisesti ladattava ajoakku, sähkömoottori, invertteri, vetoakselit sekä veto- ja tasauspyörästö. Joissakin sähköautoissa jokaisella pyörällä on oma sähkömoottorinsa. (Aro 2019:11.)

Täyssähköauton tyypillinen toimintamatka on noin 150–500 kilometriä yhdellä latauksella (Käyttövoimaopas 2019).

Sähköautoilun hyviä puolia ovat seuraavat:

- Ympäristöystävällisyys. Sähköautoilusta syntyvät hiilidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin polttomoottorin tuottamat päästöt. Täyssähköautolla ajamisesta ei synny lainkaan päästöjä, mutta esimerkiksi lataussähkön tuottamisesta ja auton komponenttien valmistuksesta niitä kuitenkin syntyy.
- Taloudellisuus. Lataussähköllä ajaminen on halvempaa verrattuna fossiililla polttoaineilla ajamiseen. Sähköautojen huollon tarve on vähäisempi kuin polttomoottorilla kulkevissa autoissa, joten määräaikaishuolloista syntyvät kulut ovat pienemmät.
- Suorituskyky. Täyssähköautot ovat yleensä suorituskyvyltään hyviä.
- Ajomukavuus ja hiljaisuus. Sähköauto on hiljainen ajossa, ainoa melu syntyy renkaista. (Sähköauton renkaat 2024.)

Koska täyssähköautossa ei ole polttomoottoria, jonka tuottamalla hukkalämmöllä auton sisätilaa voisi lämmittää, talvella täyssähköauton toimintamatka lyhenee huomattavasti (20–30 %), sillä myös sisätilan lämmittämiseen kuluu virtaa. Täyssähköauton sisätilan lämmittäminen tapahtuu joko lämmitysvastuksella tai lämpöpumpulla. (Käyttövoimaopas 2019.)

2.2 Hybridit

Hybridiauto tarkoittaa autoa, jossa on yksi tai useampi seuraavista toiminnoista:

- start/stop -järjestelmä
- sähköavusteinen ajo
- jarrutusenergian talteenotto
- mahdollisuus ajaa pelkällä sähköllä
- ajoakun lataus ajossa (sähkö- tai polttomoottorilla)
- lataaminen ulkoisesta lähteestä.

Hybridiautot voidaan jakaa neljään eri kategoriaan: mikrohybridi, kevythybridi, täyshybridi ja ladattava hybridi. (What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles.)

2.2.1 Mikrohybridi

Mikrohybridi tarkoittaa autoa, jossa on start/stop -järjestelmä sekä jarrutusenergian talteenotto. Jarrutuksesta syntyvä energia kerätään auton 12 voltin järjestelmään, joka mahdollistaa sen, että virtaa riittää myös start-stop-toiminnon ylläpitämiseen. (What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles.)

2.2.2 Kevythybridi

Kevythybridissä sähköjärjestelmän jännite on yleensä 48–160 voltia sekä siinä on sähkömoottori, joka voi avustaa polttomoottoria esimerkiksi kiihdytystilanteissa (What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles).

Sähkömoottori voi arkkitehtuurista riippuen olla apulaitehinnakäyttöinen tai sijoitettu auton polttomoottorin ja vaihteiston väliin, vetopyörästöön, vaihteistoon tai polttomoottorin kampiakseliin (Kovanen 2021). Kevythybridi arkkitehtuurit esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kevythybridi arkkitehtuurit (Kovanen 2021).

Arkkitehtuuri	Selite
P0	Sähkömoottori moottorin etupäässä, apulaitehinnakäyttöinen.
P1	Sähkömoottori kiinnitetty kampiakseliin.
P2	Sähkömoottori polttomoottorin ja vaihteiston välissä, vaatii kytkimen.
P3	Sähkömoottori integroitu vaihteistoon.
P4	Sähkömoottori integroitu vetopyörästöön.

P0-arkkitehtuurin etuna on yksinkertainen ja kustannustehokas rakenne, jossa sähkömoottori vain lisätty polttomoottorin apulaitehinnan käytölle. Se edustaa ensimmäistä askelta kevythybriditekniikassa.

P2–P4-arkkitehtuureissa sähkömoottori on integroitu johonkin toiseen komponenttiin, joten se ei vie moottorilasta juurikaan tilaa. Monimutkaisemman arkkitehtuurin vuoksi sähkömoottorin vikaantuessa sen uusiminen vaatii enemmän työtä ja tulee todennäköisesti kalliimmaksi. Usealla autonvalmistajalla tämä on tulevaisuuden ratkaisu päästöjen vähentämiseen. (Kovanen 2021.)

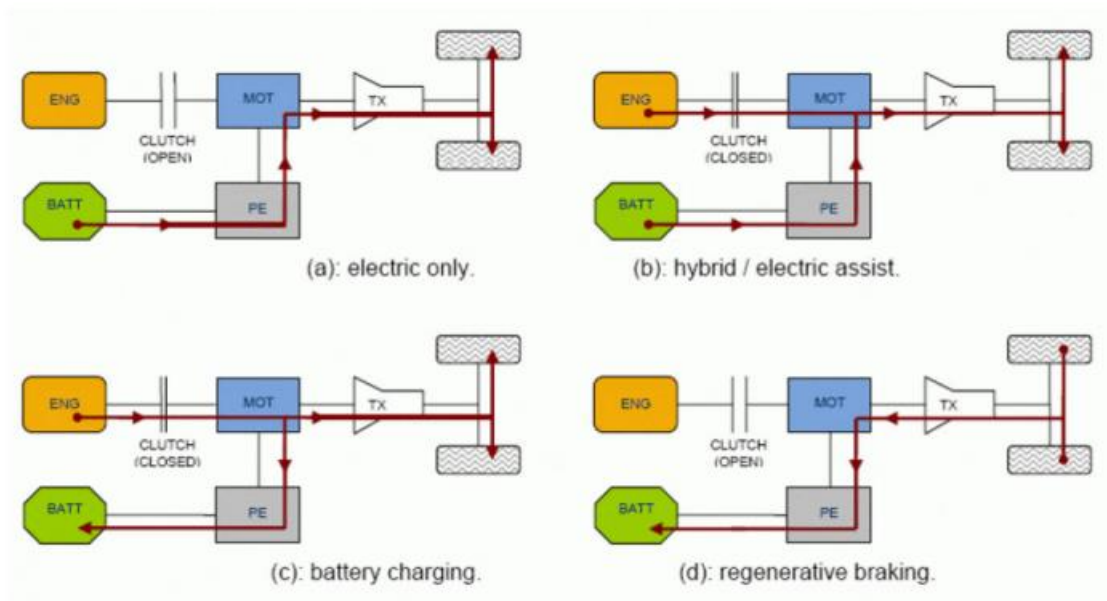
2.2.3 Täyshybridi

Täyshybridi on hybridi-autotyyppi, jota voidaan ajaa pelkästään sähköllä polttomoottorin ollessa kytkettynä pois päältä, yleensä kuitenkin vain 5–10 kilometrin tuntinopeuteen saakka riippuen akuston kapasiteetista ja varaustilasta.

Täyshybridissä sähköjärjestelmän jännite on yleensä 200–300 voltia. (What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles.)

2.2.4 Ladattava hybridi

Ladattavan hybridin huomattavin ero verrattuna täyshybridiin on, että sitä voidaan ladata ulkoisesta energianlähteestä kuten täyssähköautoa. Ladattavan hybridin sähköjärjestelmän jännite on yleensä 300–400 voltia, ja sen sähköinen toimintamatka voi olla jopa yli 100 kilometriä yhdellä latauksella. Lataushybridin käyttötiloja ovat täysin sähköinen ajo, sähkömoottorin avustus, ajoakun lataus ajon aikana ja jarrutusenergian talteenotto. (What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles.) Ladattavan hybridin käyttötilat on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Ladattavan hybridin käyttötiloja (Kovanen 2021).

Taulukossa 2 on esitetty hybridiautojen tunnuslukuja, kuten korkeajänniteakun jännite, latausgeneraattorin teho, sähkömoottorin teho, sähköinen toimintamatka ja arvioitu CO₂-päästöhyöty. Tunnusluvut ovat yleispiirteisiä, ja niiden tarkoituksena on kuvata eroavaisuuksia eri hybridiautotyyppien välillä. Joidenkin autovalmistajien hybridiautot saattavat poiketa esitetystä luvusta.

Taulukko 2. Hybridiautojen tunnuslukuja (What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles).

Parametri	Mikrohybridi	Kevythybridi	Täyshybridi	Ladattava hybridi
Akkujännite [V]	12	48–160	200–300	300–400
Sähköteho [kW] (sähkömoottori)	2–3	10–15	30–50	60–100
Sähköteho [kW] (generaattori)	< 3	10–12	30–40	60–80
Sähköinen toimintamatka [km]	0	0	5–10	< 120
Arvioitu CO ₂ -päästöhyöty [%]	5–6	7–12	15–20	> 20

Hybridiautojen ominaisuudet ovat esitetty taulukossa 3. Esitettyjen ominaisuuksien on tarkoitus kuvata eroavaisuuksia eri hybridiautotyyppien välillä. Joidenkin autovalmistajien hybridiautot saattavat poiketa ominaisuuksiltaan taulukossa esitetystä.

Taulukko 3. Hybridiautojen ominaisuuksia (What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles).

	Mikrohybridi	Kevythybridi	Täyshybridi	Ladattava hybridi
Start-stop-järjestelmä	x	x	x	x
Sähkömoottorin avustus		x	x	x
Jarrutusenergian talteenotto	x	x	x	x
Sähköinen ajo			x	x
Ajonaikainen lataus	x	x	x	x
Lataus ulkoisesta lähteestä				x

2.3 Diesel

Dieselmoottori on saksalaisen Rudolf Dieselin keksimä puristusytytteinen moottori. Rudolf Diesel sai patentin keksimälleen puristusytytteiselle moottorille vuonna 1892.

Dieselmoottorin ruiskutuslaitteiden ongelmien vuoksi dieselmoottorin tie koemoottorista auton keulalle kesti peräti 30 vuotta. (Parviainen 2021.)

2.3.1 Dieselmoottorin toimintaperiaate

Dieselmoottori on puristusytytteinen moottori, joka toimii diesel- tai polttoöljyllä. Sylinteriin imetään imutahdin aikana ilmaa, joka puristetaan kasaan, jolloin sen lämpötila nousee. Ilman joukkoon ruiskutetaan polttoainetta ja polttoaineilmaseos

syttyy sylinterissä korkean lämpötilan ja paineen vaikutuksesta. (Selroos 2016: 2.)

2.3.2 Dieselmoottoreiden kehitys

Dieselmoottoria on pidetty perinteisesti kestäväenä ja yksinkertaisuutensa vuoksi luotettavana voimanlähteenä. Dieselmoottorin maksimiteho saavutetaan pienemmällä moottorin käyntinopeudella, jonka vuoksi kuluminen on vähäisempää bensiinimoottoriin verrattuna.

Dieselmoottorit ovat kehittyneet ajan myötä, ja komponenttien määrä tässäkin moottorityypissä on kasvanut huomattavasti, osittain päästörajoitusten tiukentamisen takia, ja tämän vuoksi dieselmoottorit ovat nykyään jopa bensiinimootto-reita monimutkaisempia.

2.3.3 Dieselmoottorin hyötysuhde

Moottorin hyötysuhteista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä kokonaishyötysuhdetta. Kokonaishyötysuhde muodostuu termisen hyötysuhteen, mekaanisen hyötysuhteen sekä hyvyysuhteen tulosta ja on näiden kaikkien funktio.

Mekaaninen hyötysuhde koostuu apulaitehäviöistä sekä laakereiden ja liukupintojen kitkahäviöistä.

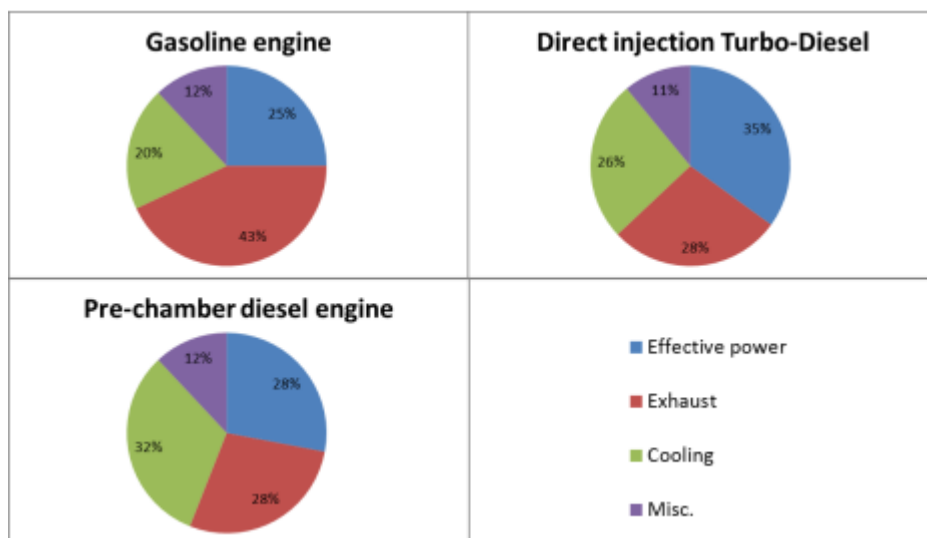
Terminen hyötysuhde kuvaa moottorin palotilassa tapahtuvan kaasunvaihdon tehokkuutta.

Hyvyysuhteeseen vaikuttavat mm. Lämpöhäviöt mekaanisista rakenteista jäähdytysnesteeseen ja ulkoilmaan.

Volymetrinen hyötysuhde kuvaa moottorin palotilan täytösastetta, joka on bensiinimoottorissa huonompi kaasuläpän vuoksi. Dieselmoottorissa volymetrinen hyötysuhde on maksimaalinen koko kierrosalueella, sillä siinä moottorin vääntömomenttia ei säädetä imuilmaa rajoittavalla kaasuläpällä.

Dieselmoottorin todellinen hyötysuhde on yleensä noin 35–40 %.

Kuten kuvasta 3 voidaan havaita, esikammiossa dieselmoottorissa hyötysuhde on kuitenkin vain 28 %. Nykyaikainen commonrail dieselmoottori eli toisin sanoen suoraruiskutteinen dieselmoottori on hyötysuhteeltaan parempi. Dieselmoottorit ovat nykyään lähes poikkeuksetta turboahdettuja. Tämäkin parantaa moottorin hyötysuhdetta. (Selroos 2016: 1–2.)



Kuva 3. Diesel- ja ottomoottorin energian kulutuksen jakautuma (Selroos 2016: 2).

2.4 Bensiini

Perinteinen bensiinimoottori eli ottomoottori on moottorityyppi, jossa paineen alainen polttoaine-ilmaseos sytytetään sytytystulpan tuottaman kipinän avulla.

Ottomoottori on kehittynyt reilun sadan vuoden aikana tehokkaammaksi, taloudellisemmaksi, toimintavarmemmaksi ja ekologisemmaksi. Toimintaperiaate on kuitenkin pysynyt samana tähän päivään saakka. (Bensiinimoottori 2024.)

2.4.1 Bensiini polttoaineena

Bensiini on fossiilisesta öljystä jalostettu polttoaine. Bensiini koostuu pääasiassa vedystä ja hiilestä. Lisäksi siinä käytetään erilaisia lisäaineita, jotka voitelevat ja puhdistavat polttoainejärjestelmää, parantavat polttoaineen säilyvyyttä ja estävät korroosion muodostumista polttoainejärjestelmässä. (Bensiini 2024.)

2.4.2 Bensiinimoottorin hyötysuhde

Bensiinimoottorin todellinen hyötysuhde on noin 20–25 %. Bensiinimoottorin huonompi hyötysuhde verrattuna dieselmoottoriin johtuu moottorin matalammasta puristussuhteesta sekä kaasuläpän aiheuttamista imuilman kuristushäviöistä, jotka huonontavat bensiinimoottorin hyötysuhdetta entisestään. (Reinikka 2012: 1–2.)

3 Sähköauton lataus

Sähköauton lataukseen on olemassa kolme eri tapaa: lataustapa 1, lataustapa 2 ja lataustapa 3.

3.1 Lataustapa 1

Lataustavassa 1 (kuva 4) autoa ladataan kodin 1- tai 3-vaihepistorasiasta. Latauskaapelissa on ohjaus- ja suojalaiteyksikkö. Latauskaapeli sisältää vikavirtasuojan, joka suojaa käyttäjää sähköiskulta katkaisten jännitteen automaattisesti, mikäli kaapelin meno- ja paluvirta eivät ole yhtä suuret. Tämä suojaa käyttäjää sähköiskulta, vaikka kodin pistorasiassa ei olisikaan vikavirtasuojaa. Tämän tyyppinen latauskaapeli kykenee kommunikoimaan auton kanssa ja näin hallitsemaan lataustapahtumaa. (Lohilahti 2018: 4–5.)



Kuva 4. Lataustapa 1 (Sähköautojen lataustavat: Lataustavat 1–4 tutuiksi 2022).

3.2 Lataustapa 2

Lataustavassa 2 (kuva 5) autoa ladataan kiinteästä, joko kotitalouteen asennetusta latausasemasta tai julkisella latausasemalla. Kaapeli ja latausasema on suunniteltu isommille virroille. Latauslaite sisältää vikavirtasuojan ja kykenee kommunikoimaan auton kanssa lataustapahtuman aikana ja tällä tavoin säätämään esimerkiksi latausvirtaa. Tavallisen kotilatausaseman latausteho on noin 10–20 kW. (Sähköautot ja sähköautojen lataus - Pikaopas.)



Kuva 5. Lataustapa 2 (Sähköautojen lataustavat: Lataustavat 1–4 tutuiksi 2022).

3.3 Lataustapa 3

Lataustapa 3 (kuva 6) on niin sanottu pikalataus, jossa autoa ladataan kiinteästä latausasemasta kuten edellisessäkin lataustavassa. Erona edellä mainittuun suurempi latausteho, 40 kW:sta ylöspäin. (Sähköautot ja sähköautojen lataus - Pikaopas.)



Kuva 6. Lataustapa 3 (Sähköautojen lataustavat: Lataustavat 1–4 tutuiksi 2022).

Useilla julkisilla latausasemilla on pikalatausmahdollisuus, mutta esimerkiksi suurimmassa osassa ladattavista hybrideistä ei ole tätä mahdollisuutta. Jos autosta löytyy ChAdeMo- tai CCS (Combined Charging System) -latausliitin, autoa voi pikaladata. (Sähköautot ja sähköautojen lataus - Pikaopas.)

ChAdeMo -latauspistokkeella (kuva 7) ladattaessa latausteho voi olla jopa 63kW ja se käyttää pikalataukseen tasavirtaa (DC=Direct Current). ChAdeMo-latausliitintä käytetään muun Nissan ja Mitsubishi -merkkisten ajoneuvojen lataamiseen. (Latauspistoketyypit sähköautoille.)



Kuva 7. ChAdeMo -latausliitin (Latauspistoketyypit sähköautoille).

Tyyppin 2 CCS eli Combo-latauspistoketta (kuva 8) käytetään pääasiassa eurooppalaisten ajoneuvojen pikalataamiseen tasavirralla ja se mahdollistaa jopa 125 kW:n lataustehon (Latauspistoketyypit sähköautoille).



Kuva 8. Tyyppin 2 CCS-latausliitin (Latauspistoketyypit sähköautoille).

4 Kustannusvertailu

Jotta vertailu olisi mahdollisimman tasavertainen kaikkien käyttövoimien suhteen, joitakin kuluja, kuten huolto- ja hankintahintoja vertaillaan saman autovalmistajan mallien välillä.

Vertailun esimerkkiautoiksi valittiin kaksi automallia Volkswagenilta. Volkswagen Golf sekä täyssähköinen Volkswagen ID.3.

Volkswagen Golf on ollut yleisimpien automallien joukossa jo useamman vuosikymmenen ajan. Volkswagen Golfia saa lataushybridinä, kevythybridinä, kaasuautona sekä pelkästään bensiini- tai dieselmotorilla varustettuna. Tässä insinööriyössä käsitellään Volkswagen Golfin lataushybridinä sekä bensiini- ja dieselmotorisia malleja.

ID.3 on Volkswagenin edullisin sähköautomalli ja kuuluu Golfin kanssa samaan kokoluokkaan (C-segmentti), mistä syystä se valittiin vertailun täyssähköiseksi vaihtoehdoksi. ID.3 tuli markkinoille vuonna 2019 ja korvasi edeltäjänsä Volkswagen eGolfin. ID.3 on Volkswagen Groupin ensimmäinen, sähköautoja varten kehitetylle MEB-pohjalevyllä perustuva täyssähköauto.

4.1 Muuttuvat kulut

Muuttuvat kulut kuvaavat auton käytöstä syntyviä kuluja. Näitä kuluja ovat auton huolto- ja korjauskulut, auton tankkaamisesta ja/tai lataamisesta syntyvät kulut sekä rengaskulut.

4.1.1 Huolto- ja korjauskulut

Täyssähköautossa huoltokohteita on vähemmän, ja tästä syystä sen huoltaminen on edullisempaa verrattuna polttomoottoriautoon.

Volkswagenin ID.3-sähköautossa huolto-ohjelmaan kuuluu ainoastaan tarkastushuolto, jarrunesteiden ja raitisilmansuodattimen vaihto kahden vuoden välein.

Volkswagenin polttomoottoriautojen huolto-ohjelma koostuu joustavasta öljynvaihtohuollosta, kiinteästä tarkastushuollosta ja aika- tai kilometriperustaisesti tehtävistä lisätöistä. Moottoriöljyn vaihtoväli on joustava, ja ajoprofiillista riippuen moottoriöljyt tulee vaihtaa 15 000–30 000 kilometrin välein.

Huolto-ohjelmaan kuuluvia lisätöitä ovat

- jarrunesteiden vaihto kahden vuoden välein
- sytytystulpat 60 000 km:n / 48 kk:n välein
- moottorin ilmansuodatin 90 000 km:n /72 kk:n välein
- dieselsuodatin 90 000 kilometrin välein. (Perhoniemi 2024.)

Huoltokustannukset käyttövoimittain viiden vuoden ajalle ja 15 000 kilometrin vuosittaiselle ajosuoritteelle on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Huoltokustannukset käyttövoiman mukaan viiden vuoden ajalle, kun kilometrejä kertyy 15 000 vuodessa. Laskelmassa öljynvaihtovälin on oletettu olevan 30 000 km. (Armitage 2024.)

Huoltokulut 5 vuotta/75 000 km				
Aika/kilometrit	Käyttövoima			
	Bensiini	Diesel	Ladattava hybridi	Sähkö
1 v / 15 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
2 v / 30 000 km	579 €	710 €	606 €	311 €
3 v / 45 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
4 v / 60 000 km	875 €	710 €	1 268 €	311 €
5 v / 75 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
Yhteensä	1 454 €	1 420 €	2 819 €	622 €

Huoltokustannukset käyttövoimittain viiden vuoden ajalle ja 30 000 kilometrin vuosittaiselle ajosuoritteelle esitetty taulukossa 5. Huoltohinnat ovat peräisin K-Autolta, pääkaupunkiseudun toimipisteestä.

Taulukko 5. Huoltokustannukset käyttövoiman mukaan viiden vuoden ajalle, kun kilometrejä kertyy 30 000 vuodessa. Laskelmassa öljynvaihtovälin on oletettu olevan 30 000 km. (Armitage 2024.)

Huoltokulut 5 vuotta / 150 000 km				
Aika/kilometrit	Käyttövoima			
	Bensiini	Diesel	Ladattava hybridi	Sähkö
15 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
1 v / 30 000 km	412 €	462 €	441 €	0 €
45 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
2 v / 60 000 km	875 €	710 €	1 268 €	311 €
75 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
3 v / 90 000 km	482 €	535 €	530 €	0 €
105 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
4 v / 120 000 km	1 367 €	710 €	1 268 €	311 €
135 000 km	0 €	0 €	315 €	0 €
5 v / 150 000 km	412 €	462 €	441 €	0 €
Yhteensä	3 548 €	2 879 €	5 523 €	622 €

4.1.2 Renkaat

Sähköautoissa käytetään pienemmän vierintävastuksen omaavia renkaita, jotka ovat usein kalliimpia kuin polttomoottoriautoon tarkoitettut renkaat. Sähköautoon ei kuitenkaan suositella vaihdettavaksi polttomoottoriauton renkaita, vaikka renkaan luokitukset täsmäisivätkin, sillä perinteisessä polttomoottoriauton renkaassa vierintävastus on suurempi. Tämä saattaa pienentää auton sähköistä toimintamatkaa. (Parviainen 2023.)

Polttomoottoriautoa suuremman painon sekä viiveettömän kaasuvasteen vuoksi on ajotavalla suuri merkitys renkaiden kulumiseen: jos autolla ajetaan kovasti kiihdytellen renkaat kuluvat normaalia nopeammin tai ne saattavat rikkoutua helpommin esimerkiksi soratiellä ajaessa. Väärät rengaspaineet sekä

virheelliset ohjauskulmat aiheuttavat myös ennen aikaista ja epätasaista kulumista. Renkaiden ilmanpaineita sekä kulumista olisikin syytä seurata säännöllisesti, jotta renkaat kestäisivät mahdollisimman pitkään.

Renkaan hintaan vaikuttaa muun muassa merkki, malli, koko, kantavuusindeksi ja nopeusluokitus. (Sähköauton renkaat. 2024.)

Alla on esitetty renkaiden uusintaan liittyviä kustannuksia muutaman Michelinin valmistaman renkaan osalta. Renkaat on valittu insinööriyössä vertailtavien esimerkkiautojen tiedoilla. Taulukoissa esitetyt hinnat ovat peräisin Euromasterin verkkokaupasta.

Taulukossa 6 esitetty yhden kesärenkaan hinta, rengastöiden osuus kustannuksista neljän renkaan osalta sekä kustannukset yhteensä koko rengassarjan uusinnalle.

Taulukko 6. Kesärenkaiden hinta alle asennettuna (Rengashaku 2024).

Kesärenkaat				
Rengas	Käyttövoima	Kesären-gas (1kpl)	Rengas-työt	Yh-teensä
MICHELIN PRIMACY 4 205/55R16 91V	Bensiini	111,00 €	105,00 €	549,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 225/45R17 94W	Bensiini	121,00 €	105,00 €	589,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 225/40R18 92Y	Bensiini	127,25 €	110,00 €	619,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 205/55R16 91V	Diesel	111,00 €	105,00 €	549,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 205/55R17 95V	Diesel	165,19 €	105,00 €	765,76 €
MICHELIN PRIMACY 4 225/45R17 94W	Diesel	121,00 €	105,00 €	589,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 225/40R18 92Y	Diesel	127,25 €	110,00 €	619,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 225/45R17 94W	Ladattava hybridi	121,00 €	105,00 €	589,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 225/40R18 92Y	Ladattava hybridi	127,25 €	110,00 €	619,00 €
MICHELIN PRIMACY 4 215/55R18 99V	Sähkö	188,41 €	110,00 €	863,64 €

Taulukossa 7 esitetty yhden nastarenkaan hinta, rengastöiden osuus kustannuksista neljän renkaan osalta sekä kustannukset yhteensä koko rengassarjan uusinnalle.

Taulukko 7. Nastarenkaiden hinta alle asennettuna (Rengashaku 2024).

Nastarenkaat				
Rengas	Käyttövoima	Nastaren- gas (1kpl)	Ren- gas- työt	Yh- teensä
MICHELIN X-ICE NORTH 4 205/55R16 94T	Bensiini	156,00 €	105,00 €	729,00 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 225/45R17 94T	Bensiini	216,00 €	105,00 €	969,00 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 225/40R18 92T	Bensiini	269,83 €	110,00 €	1189,3 2 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 205/55R16 94T	Diesel	156,00 €	105,00 €	729,00 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 205/55R17 95T	Diesel	208,49 €	105,00 €	938,96 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 225/45R17 94T	Diesel	216,00 €	105,00 €	969,00 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 225/40R18 92T	Diesel	269,83 €	110,00 €	1189,3 2 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 225/45R17 94T	Ladattava hybridi	216,00 €	105,00 €	969,00 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 225/40R18 92T	Ladattava hybridi	269,83 €	110,00 €	1189,3 2 €
MICHELIN X-ICE NORTH 4 215/55R18 99T	Sähkö	255,63 €	110,00 €	1132,5 2 €

Taulukossa 8 esitetty yhden kitkarenkaan hinta, rengastöiden osuus kustannuksista neljän renkaan osalta sekä kustannukset yhteensä koko rengassarjan uusinnalle.

Taulukko 8. Kitkarenkaiden hinta alle asennettuna (Rengashaku 2024).

Kitkarenkaat				
Rengas	Käyttövoima	Kitkaren- gas (1kpl)	Ren- gastyöt	Yh- teensä
MICHELIN X-ICE SNOW 205/50R17 93H	Bensiini	181,23 €	105,00 €	829,92 €
MICHELIN X-ICE SNOW 225/40R18 92H	Bensiini	239,82 €	110,00 €	1069,2 8 €
MICHELIN X-ICE SNOW 205/50R17 93H	Diesel	181,23 €	105,00 €	829,92 €
MICHELIN X-ICE SNOW 225/40R18 92H	Diesel	239,82 €	110,00 €	1069,2 8 €
MICHELIN X-ICE SNOW 225/40R18 92H	Ladattava hybridi	239,82 €	110,00 €	1069,2 8 €
MICHELIN X-ICE SNOW 215/55R18 99H	Sähkö	223,08 €	110,00 €	1002,3 2 €

4.1.3 Polttoaineen hinta ja kulutus

Taulukossa 9 esitetyt vertailuhinnat on laskettu myydyimmän kokoluokan (C-segmentti) myydyimpien bensiini-, diesel-, kaasu- ja sähköautomallien perusteella (Polttoaineiden vertailuhintojen laskeminen 2023).

Taulukko 9. Polttoaineiden vertailuhinnat (Polttoaineiden vertailuhintojen laske-
minen 2023).

Polttoaine	C-segmentti, vertailuhinta, € / 100 km
Bensiini	10,8
Diesel	10,0
Maakaasu	8,9
Biokaasu	6,8
Sähkö	2,8

Taulukon 9 pohjatiedot olivat seuraavat:

C-segmentin myydyimpien automallien viitekulutukset käyttövoimittain. Suluissa mallien myyntimäärät ja keskipulutukset (WLTP).

- Bensiini 5,4 l / 100 km: Toyota Corolla (4668 kpl, 5,08 l / 100 km), Kia Ceed (1638 kpl, 6,19 l / 100 km), Volkswagen Golf (859 kpl, 5,94 l / 100 km)
- Diesel 5,3 l/100km: Skoda Octavia (368 kpl, 5,37 l / 100 km), Volkswagen Golf (5,30 l / 100 km), Mercedes Benz CLA-sarja (58 kpl, 6,02 l / 100 km)
- Maa-/biokaasu 3,9 kg / 100km: Skoda Octavia (348 kpl, 3,84 kg / 100 km), Volkswagen Golf (62 kpl, 4,06 kg / 100 km), Seat Leon (36 kpl, 4,08 kg / 100 km)
- Sähkö 16,4 kWh / 100 km: Tesla Model 3 (375 kpl, 14,8 kWh / 100 km), Volkswagen ID.3 (340 kpl, 19,3 kWh / 100 km), Nissan Leaf (895 kpl, 15,9 kWh / 100 km).

Viitekulutus jokaiselle polttoaineelle saadaan laskemalla edellisen kalenterivuoden henkilöautojen myyntilukujen mukaan painotettu keskiarvo myydyimmän henkilöautosegmentin kolmen myydyimmän mallin kulutuksista.

Polttoaineiden viitehinnat (taulukko 10) ovat tilastollisia keskihintoja viimeisimmän kokonaisen vuosineljänneksen ajalta. (Polttoaineiden vertailuhintojen laskeminen 2023.)

Taulukko 10. Polttoaineiden keskihinnat 1.4.–30.6.2023 (Polttoaineiden vertailuhintojen laskeminen 2023).

Polttoaine	Keskihinta 4–6/2023	Yksikkö	Viitekulutus	Yksikkö / 100 km	Vertailuhinta (€/100 km)	CO₂-päästöt (g/km)
Bensiini	1,98	€/l	5,4	l	10,8	113
Diesel	1,89	€/l	5,3	l	10,0	129
Maa-kaasu	2,29	€/kg	3,9	kg	8,9	107
Bio-kaasu	1,76	€/kg	3,9	kg	6,8	107
Sähkö	0,169	€/kWh	16,4	kWh	2,8	0

Taulukon 10 CO₂-päästötiedoissa ei huomioida auton koko elinkaaren päästöä.

Laskennassa on käytetty vuoden 2022 uusien henkilöautojen myyntitilastoja ja ajoneuvotietoja. Vertailutaulukon hintatietojen laskentakaava:

Vertailuhinta = polttoaineen viitekulutus x polttoaineen viitehinta, esim.

€/ 100 km = l/ 100 km x €/l. (Polttoaineiden vertailuhintojen laskeminen 2023.)

4.2 Kiinteät kulut

4.2.1 Hankintahinta

Tässä luvussa vertaillaan auton hankintakuluja kokonaishinnan avulla. Auton kokonaishinta tarkoittaa hintaa, johon arvioitu autovero on laskettu mukaan. Jotta vertailu olisi mahdollisimman yleispätevä ja helposti sovellettavissa

esimerkiksi toisen autonvalmistajan automalleihin, käsiteltävät hinnat koskevat vakiovarusteltuja autoja, joten mahdollisia lisävarusteita ei otettu lainkaan huomioon.

Auton kokonaishintaan vaikuttaa

- varustelutaso
- vaihteisto
- polttomoottorin koko
- korkeajänniteakun kapasiteetti
- autoveron määrä.

Muita mahdollisia auton hankinnan kuluja kokonaishinnan lisäksi ovat

- toimituskulut
- lisävarusteet asennuskuluineen.

Volkswagen Golf bensiinimoottoriset mallit ovat seuraavanlaisia:

- Kokonaishinnat sijoittuvat välille 26591,66–72845,23 euroa.
- Comfort-mallit on varustettu joko 1-litraisella tai 1,5-litraisella TSI-moottorilla sekä manuaalivaihteilla.
- Kalliimmat mallit on varustettu DSG-automaattivaihteistolla ja 2-litraisella TSI-moottorin eri versioilla.
- Osassa malleista myös 4MOTION-nelivetojärjestelmä.

- Nelivetoinen Golf R on koko mallisarjan suorituskykyisin sekä kallein vaihtoehto. (Hinnastot ja esitteet 2024).

Volkswagen Golf dieselmoottoriset mallit ovat seuraavanlaisia:

- Malleja on saatavilla kolmea eri vaihtoehtoa, ja valittavissa on kaksi varustetasoa: Comfort tai GTD.
- Kaikissa malleissa 2-litrainen TDI-moottori.
- Comfort-mallia on saatavilla manuaalivaihteistolla sekä DSG-automaattilla.
- DSG-automaattivaihteisto nostaa Comfort-mallin hintaa hieman yli 3000 eurolla.
- Halvin vaihtoehto on varustelutasoltaan Comfort ja varustettu manuaalivaihteistolla. Kokonaishinta on 30 498,05 euroa.
- Edellistä hieman kalliimpi vaihtoehto on varustelutasoltaan sama, mutta varustettu DSG-automaattivaihteistolla. Kokonaishinta 33 590,16 euroa.
- Kallein versio dieselmoottorisesta Golfista on GTD. GTD on ulkokuoreltaan sekä sisustaltaan sporttisempi malli, jonka vakiovarustelu on huomattavasti kattavampi Comfort-malliin verrattuna. Se on varustettu DSG-vaihteistolla sekä tehokkaammalla moottoriversiolla (147 kW) kuin halvemmat Comfort-mallit. GTD-mallin hinta on 41329,86 euroa. (Hinnastot ja esitteet 2024).

Volkswagen Golf hybridimallit ovat seuraavanlaisia:

- Golfin hybridimallistosta löytyy useampi eri kevythybridivaihtoehto (MHEV), eroina muun muassa mallissa käytetty moottoriversio ja varustetaso. Kaikissa kevythybridimalleissa on DSG-automaattivaihteisto. Hinnat vaihtelevat välillä 31 289,92–38 190,34 euroa.

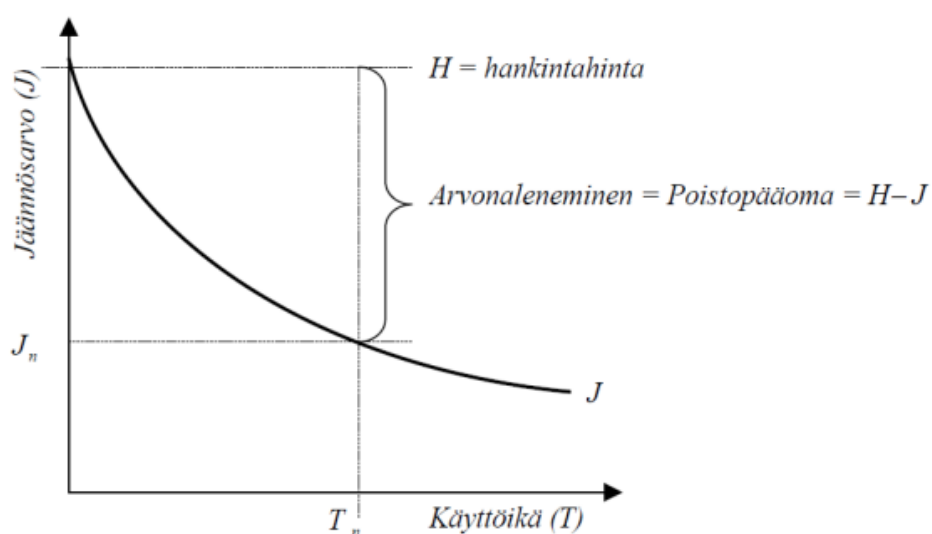
- Golfin lataushybridi (PHEV) on mallinimeltään GTE, ja sen kokonaishinta on 47 284,36 euroa. (Hinnastot ja esitteet 2024).

Volkswagen ID.3:n tiedot ovat seuraavat:

- ID.3 on valittavissa 45, 58 tai 77:n kWh ajoakulla.
- Sähkömoottorin tehot mallista riippuen joko 110 kW tai 150 kW.
- Toimintamatka on mallista riippuen 421–555 kilometriä yhdellä latauksella, mikä on määritelty maailmanlaajuisesti käytetyn WLTP-testimenetelmän mukaan.
- Uusien ID.3-mallien kokonaishinnat sijoittuvat välille 36400–52920 euroa. (Hinnastot ja esitteet 2024).

4.2.2 Auton arvon aleneminen

Auton arvon aleneminen (kuva 9) on kaikista käytönaikaisista kuluista suurin. Mitä uudempi auto on, sitä nopeammin se menettää rahallista arvoaan. (Kettunen 2012: 30.)



Kuva 9. Auton arvon aleneminen (Kettunen 2012: 30).

Keskimääräinen auton arvon aleneminen lasketaan jakamalla hankintahinnan ja jäännösarvon eli auton oletetun käyttöajan lopuksi jäljelle jäävän arvon erotus pitoajalla.

$$\text{Keskimääräinen vuosipoisto} = \frac{\text{Hankintahinta} - \text{jäännösarvo}}{\text{Pitoaika}}$$

Auton arvo putoaa nopeammin, mikäli kilometrejä on kertynyt keskimääräistä enemmän, esimerkiksi taksikäytössä. Ajoneuvon yleiskunto on myös merkittävä tekijä auton arvon säilyvyyden kannalta. Tietyissä automalleissa saattaa olla senkaltaisia tyyppivikoja, että ne vaikuttavat auton arvoon sekä kysyntään huomattavan negatiivisesti. Yleisesti auton arvoon vaikuttavia tekijöitä ovat käyttövoima, auton merkki ja malli ja varustetaso. (Kettunen 2012: 30.)

4.2.3 Katsastus

Uusi auto tulee katsastaa viimeistään neljän vuoden kuluessa sen käyttöönotosta, joten katsastuskulut eivät tässä tapauksessa ole kovinkaan suuret, sillä työssä vertailtavat ajoneuvot ovat uusia ja vertailu käsittää autoilun kustannukset viiden vuoden ajalta. Katsastuskuluissa ainoa poikkeus vertailtavien käyttövoimien välillä on se, että täyssähköautolle ei suoriteta päästömittausta. Hybridi-autoista päästöt mitataan kuten perinteisistä polttomoottoriautoistakin. Päästömittauksen hinta paikasta riippuen on yleensä noin 15–30 euroa.

Ensimmäisen katsastuksen jälkeen henkilö- ja pakettiautot tulee katsastaa kahden vuoden välein, kunnes auton käyttöönotosta on kulunut kymmenen vuotta.

Jos auto katsastetaan esimerkiksi 8–9 vuoden ikäisenä, tulee auto katsastaa kuitenkin viimeistään 10 vuoden ikäisenä. Tai jos auto katsastetaan esimerkiksi yli yhdeksän vuoden ikäisenä, se tulee katsastaa viimeistään vuoden kuluttua uudestaan.

Yli kymmenen vuotta vanhat autot tulee katsastaa vuosittain, viimeistään vuoden kuluttua edellisestä katsastuksesta.

Kun auton käyttöönottovuoden päättymisestä on kulunut 40 vuotta, yksityiskäytössä olevat henkilö- ja pakettiautot tulee katsastaa kahden vuoden välein 14.5.2020 voimaan tulleen asetuksen mukaan. (Katsastusajankohdat ajoneuvo-luokittain 2020.)

Määräaikaiskatsastuksen yhteydessä bensiini- sekä dieselkäyttöisille autoille suoritetaan päästömittaus. Päästömittauksen voi teettää autoonsa myös korjaamolla esimerkiksi huollon yhteydessä, mikäli auton katsastus on ajankohtainen. Mittaustodistus on voimassa kolmen kuukauden ajan. Päästömittauksessa tarkastetaan pakokaasun sisältämät ympäristölle haitalliset päästöt.

Päästömittaus koskee bensiiniautoja, jotka on käyttöönotettu vuonna 1978 tai sen jälkeen sekä vuonna 1980 tai sen jälkeen käyttöönotettuja dieselautoja. Alle 10 vuoden ikäisille bensiiniautoille sekä 1.9.2016 tai sen jälkeen käyttöönotetuille dieselautoille tehdään vain OBD-mittaus.

OBD-mittauksessa luetaan auton moottorinohjainlaitteen vikakoodit sekä testataan päästöihin vaikuttavat osajärjestelmät. Mikäli päästöihin vaikuttavia vikoja ei havaita, mittaus on hyväksytysti suoritettu.

OBD-mittaus korvaa pakokaasupäästöjen joutokäynnillä mitaamisen vuoden 2001 jälkeen käyttöönotetuissa ajoneuvoissa. (Päästömittaus 2024.)

4.2.4 Vakuutus

Liikennekäytössä olevalla ajoneuvolla on oltava vähintään voimassa oleva liikennevakuutus. Liikennevakuutus korvaa kolaritilanteessa henkilövahinkoja ja syyttömän osapuolen ajoneuvon tulleet vahingot. Suositeltavaa on, että ajoneuvo turvataan kaskovakuutuksella, joka voi kattaa esimerkiksi auton hinauksen, ikkunalasin korjauksen tai uusinnan, pysäköidessä sattuneen kolhun korjauksen tai ilkeillä aiheutuneet vahingot.

Ajoneuvovakuutuksen hintaan vaikuttaa muun muassa ajoneuvon merkki, auton ikä, ajokilometrien määrä vuodessa, vakuutuksen bonuksen määrä, valittu vakuutus ja mahdolliset lisäturvat.

Eri vakuutusyhtiöiden ajoneuvovakuutuksia kannattaa vertailla ennen vakuutuksen ottamista. Vakuutuksissa on eroja hinnan lisäksi, vakuutuksen korvaavuuk- sissa ja lisäturvissa vakuutusyhtiöstä riippuen. Uuteen autoon on suositeltavaa ottaa mahdollisimman kattava kaskovakuutus. (Ajoneuvovakuutus.)

4.2.5 Ajoneuvovero

Ajoneuvoveroa on maksettava rekisteröidystä M- ja N-luokan ajoneuvoista, joita ovat henkilö- paketti- ja kuorma-autot.

Ajoneuvovero koostuu perusverosta sekä käyttövoimaverosta. Perusvero määrätään kaikille M- ja N-luokan ajoneuvoille, kun taas käyttövoimaveroa peritään vain ajoneuvoista, joiden käyttövoima on joku muu kuin bensiini. Ajoneuvoveron määrän kullekin autolle voi laskea esimerkiksi Traficomien sivuilta löytyvän ajoneuvoverolaskurin avulla.

Perusveron määrä riippuu ensisijaisesti valmistajan ilmoittamien hiilidioksidipäästöjen (CO₂) suuruudesta.

Mittaustavan muuttuessa NEDC-mittaustavasta WLTP-mittaustapaan muutoksen vaikutusta ajoneuvoveroon kompensoitiin ajoneuvoverolain muutoksella 571/2018. Kunkin ajoneuvon kohdalla käytetyn mittaustavan näkee ajoneuvolle kohdistetusta verolapusta tai Traficomien Liikenteen Oma asiointi -palvelusta.

Perusvero kevenee 1.1.2025 alkaen. Jos ajoneuvolla on CO₂-päästötieto (NEDC), perusveron määrä alenee autoilta, joiden päästöarvo on välillä 111–210. Tämän päästötason ajoneuvoilla vuotuinen verokevennys on keskimäärin noin 23 euroa. Mikäli ajoneuvolle ei ole ilmoitettu päästöarvoa, perusvero laske- taan kokonaisuudessaan mukaan ja veronkevennys on tässä tapauksessa noin 52

euroa vuodessa. Muutos näkyy vuoden 2024 aikana lähetetyissä verolipuissa erittelyinä 1.1.2025 jälkeisten veropäivien osalta.

Perusvero määräytyy CO₂-päästöarvon mukaan

- vuonna 2001 tai sen jälkeen käyttöönotetuissa henkilöautoissa, joiden kokonaismassa on enintään 2500 kg
- vuonna 2002 tai sen jälkeen käyttöönotetuissa henkilöautoissa, joiden kokonaismassa on yli 2500 kg
- vuonna 2008 tai sen jälkeen käyttöönotetuissa pakettiautoissa
- vuonna 2006 tai sen jälkeen käyttöönotetuissa kaksikäyttöautoissa.

Perusvero määräytyy kokonaismassan mukaan

- ennen vuotta 2001 käyttöönotetuissa henkilöautoissa, joiden kokonaismassa on enintään 2500 kg
- ennen vuotta 2002 käyttöönotetuissa henkilöautoissa, joiden kokonaismassa on yli 2500 kg
- ennen vuotta 2008 käyttöönotetuissa pakettiautoissa
- ennen vuotta 2006 käyttöönotetuissa kaksikäyttöautoissa
- jos päästötietoa ei löydy rekisteristä.

Sähköautojen perusvero määräytyy seuraavasti:

- ennen 30.9.2021 käyttöönotetuissa autoissa se on 53,29 euroa vuodessa tai 14,60 senttiä per päivä (verotaulukon alin määrä).

- 1.10.2023 alkaen perusvero on verotaulukon alin määrä korotettuna 17,80 sentillä per päivä 1.10.2021 tai sen jälkeen käyttöönotetuissa autoissa. Perusvero on tällöin 118,26 euroa vuodessa tai 32,4 senttiä päivässä. Verouudistuksen myötä perusveron määrä kasvoi vuodessa 64,97 euroa.

Käyttövoimavero määräytyy henkilö-, paketti- ja matkailu- ja kaksikäyttöautoille, joiden käyttövoima on jokin muu kuin bensiini. Kaksikäyttöautolla tarkoitetaan N1-luokan pakettiautoa, jossa on kuljettajan istuimen ja tämän vieressä olevien istuimien lisäksi muita istuimia tai niiden kiinnitykseen tarkoitettuja laitteita. Käyttövoimavero määräytyy aina ajoneuvon kokonaisuksen ja käyttövoiman mukaan.

Käyttövoimaverotaset henkilö- ja kaksikäyttöautoille ovat seuraavat:

- diesel 5,5 snt/pv / alkava 100 kg
- sähkö 1,5 snt/pv / alkava 100 kg
- sähkö ja bensiini 0,5 snt/pv / alkava 100 kg
- sähkö ja diesel 4,9 snt/pv / alkava 100 kg
- metaanipolttoaine 3,1 snt/pv/alkava 100 kg.

Käyttövoimaverotaset paketti-, matkailu- ja huoltoautoille ovat seuraavat:

0,9 snt/pv / alkava 100 kg (kaikki käyttövoimat). (Ajoneuvoveron rakenne ja määrä 2024.)

4.3 Muut kulut

Auton ylläpitämiseen liittyy useita erilaisia kuluja edellä mainittujen kulujen lisäksi. Muita mahdollisia auton ylläpitämiseen liittyviä kuluja, jotka kannattaa ottaa huomioon ovat

- kotilatausaseman hankinta- sekä asennuskulut
- pysäköintimaksut
- pesukulut
- kausisäilytyskulut
- rahoituskulut
- lämmityskulut
- lisävarustekulut.

4.4 VTT:n laskelma autoilun kustannuksista

VTT:n arviossa (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019) käytettiin kolmea esimerkkiä, jotka on esitetty autoina A–C. Autoa C ei saa kaasautona. Muissa esimerkeissä myös maa- ja biokaasu on huomioitu osana laskentaa.

Kustannuslaskennassa on otettu huomioon muun muassa polttoaineen hinta, polttoaineen kulutus, huoltokustannukset, ajoneuvovero (perusvero, käyttövoimaverot), mahdollinen hankintatuki, hankintahinta, jälleenmyyntiarvo ja korkokustannus. Vaikuttavin tekijä ajamisen kustannusten muuttumisessa vuosien kuluessa on se, miten autojen jälleenmyyntiarvon oletetaan muuttuvan. Jälleenmyyntiarvon muuttuminen riippuu useista tekijöistä, kuten sähköautojen tarjonnan ja hankintahinnan muutoksista, uusiutuvien polttoaineiden hintojen muutoksista ja akkuteknologian kehitymisestä.

Suuri epävarmuus sähkö- ja hybridautojen jälleenmyyntiarvoissa liittyy auton korkeajännitekomponenttien kestoikään. Laskennassa auton oletettu pitoaika on viisi vuotta. Usealla valmistajalla ladattavien hybridautojen ja sähköautojen akkutakuu on kuitenkin tätä pidempi. Usein myös auton valmistaja tai

jälleenmyyjä tarjoaa huolenpitosopimusta autolle, jonka pohjalta huoltokustannukset huolenpitosopimuksen ajalle voidaan arvioida tarkasti.

Tasapuolinen vertailu käyttövoimien välillä on haastavaa, sillä joidenkin valmistajien hybridautojen ja perinteisten polttomoottoriautojen suorituskyvyn ja varustetasojen välillä on huomattavia eroja.

Vertailtavat autot olivat seuraavat:

Auto A

- Pitoaika 5 vuotta
- Ajomäärä vuodessa 15 000 kilometriä

Auto B

- Pitoaika 5 vuotta
- Ajomäärä vuodessa 30 000 kilometriä

Auto C:

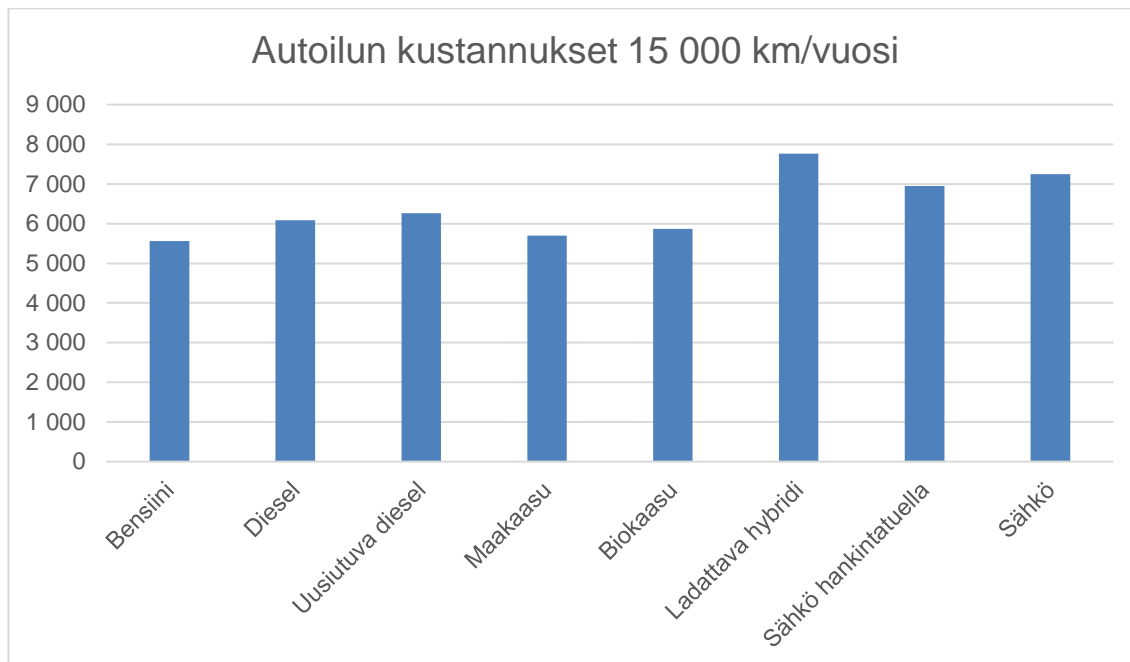
- Pitoaika 5 vuotta
- Ajomäärä vuodessa 30 000 kilometriä
- Tästä automallista kaasuautoa ei saatavilla.

Taulukossa 11 on esitetty auton A ajamisen kustannukset eri käyttövoimilla.

Taulukko 11. Ajamisen kustannukset, kun autolla ajetaan 15 000 kilometriä vuodessa ja autoa pidetään 5 vuoden ajan, auto A (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019: 2).

Autoilun kustannukset 15 000 km/vuosi		
Käyttövoima	Kulut/vuosi (€)	Kulut/km (€)
Bensiini	5 559	0,371
Diesel	6 087	0,406
Uusiutuva diesel	6 262	0,417
Maakaasu	5 695	0,380
Biokaasu	5 867	0,391
Ladattava hybridi	7 765	0,518
Sähkö hankintatuella	6 947	0,463
Sähkö	7 248	0,483

Kuvassa 10 näkyvät auton A ajamisen kustannukset eri käyttövoimilla.



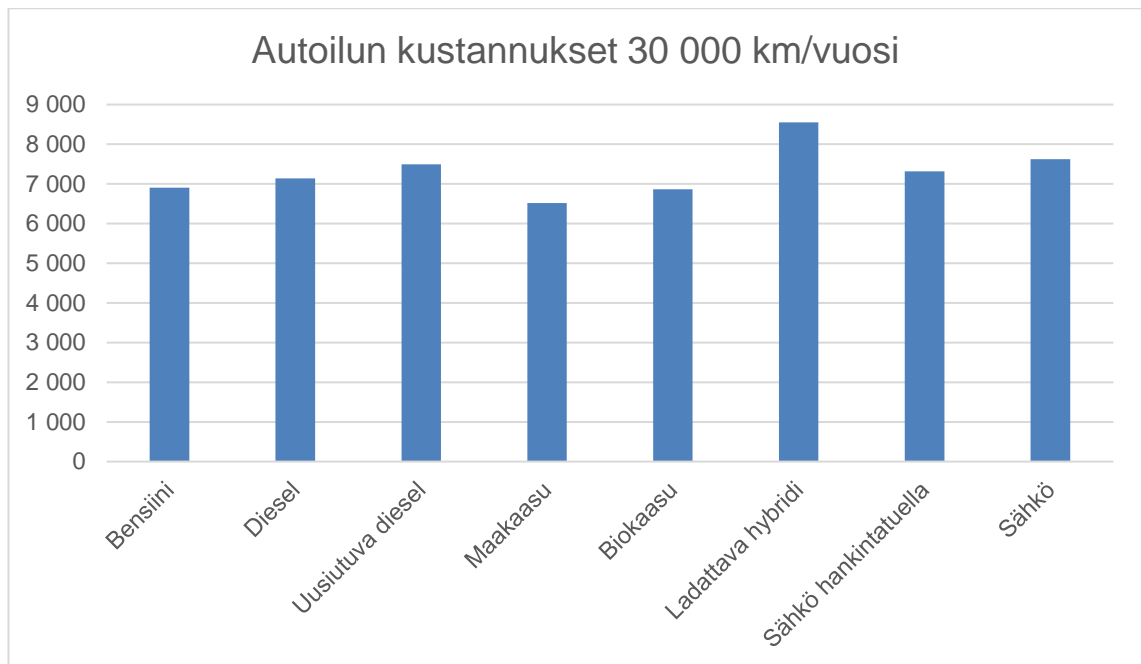
Kuva 10. Ajamisen kustannukset, kun autolla ajetaan 15 000 kilometriä vuodessa ja autoa pidetään 5 vuoden ajan, auto A (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019: 3).

Taulukossa 12 on esitetty auton B ajamisen kustannukset eri käyttövoimilla.

Taulukko 12. Ajamisen kustannukset, kun autolla ajetaan 30 000 kilometriä vuodessa ja autoa pidetään 5 vuoden ajan, auto B (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019:3–4).

Autoilun kustannukset 30 000 km/vuosi		
Käyttövoima	Kulut/vuosi (€)	Kulut/km (€)
Bensiini	6 907	0,230
Diesel	7 142	0,238
Uusiutuva diesel	7 492	0,250
Maakaasu	6 519	0,217
Biokaasu	6 862	0,229
Ladattava hybridi	8 548	0,285
Sähkö hankintatuella	7 318	0,244
Sähkö	7 620	0,254

Kuvassa 11 on esitetty auton B ajamisen kustannukset eri käyttövoimilla.



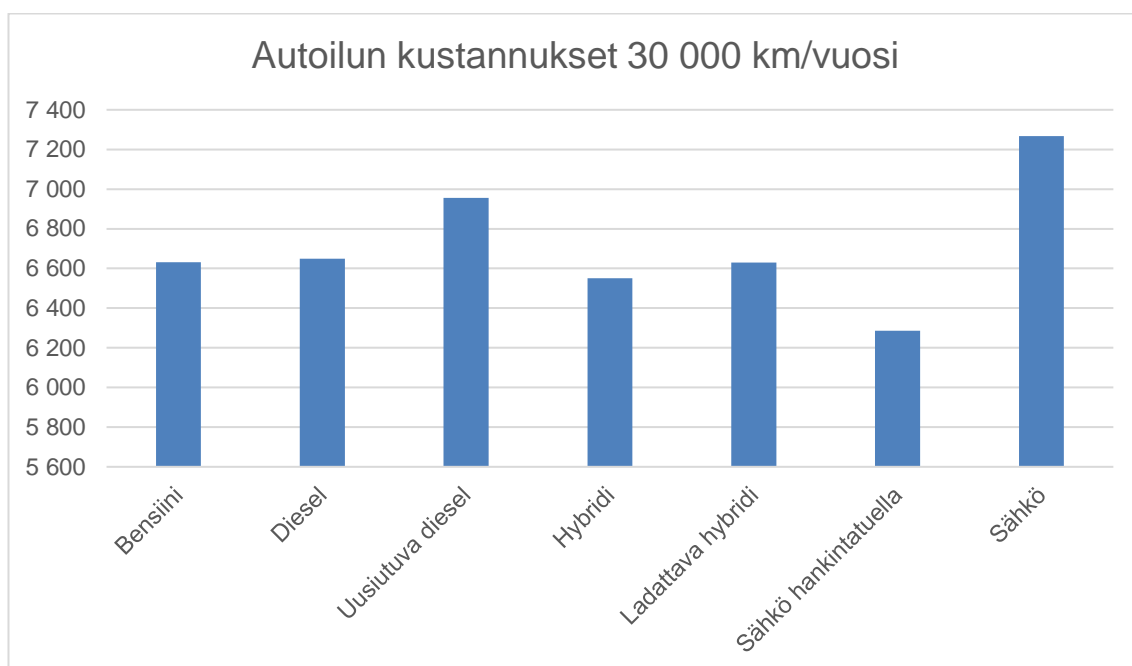
Kuva 11. Ajamisen kustannukset, kun autolla ajetaan 30 000 kilometriä vuodessa ja autoa pidetään 5 vuoden ajan, auto B (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019:4).

Taulukossa 13 on esitetty auton C ajamisen kustannukset eri käyttövoimilla.

Taulukko 13. Ajamisen kustannukset, kun autolla ajetaan 30 000 kilometriä vuodessa ja autoa pidetään 5 vuoden ajan, auto C (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019:4–5).

Autoilun kustannukset 30 000 km/vuosi		
Käyttövoima	Kulut/vuosi (€)	Kulut/km (€)
Benssiini	6 631	0,221
Diesel	6 649	0,222
Uusiutuva diesel	6 956	0,232
Hybridi	6 550	0,218
Ladattava hybridi	6 630	0,221
Sähkö hankintatuella	6 286	0,210
Sähkö	7 267	0,242

Kuvassa 12 on vertailu auton C ajamisen kustannuksista eri käyttövoimilla.



Kuva 12. Ajamisen kustannukset, kun autolla ajetaan 30 000 kilometriä vuodessa ja autoa pidetään 5 vuoden ajan, auto C (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019: 5).

VTT:n arvion mukaan viiden vuoden aikavälillä 15 000 kilometrin vuosittaisella ajosuoritteella ajaminen tulee halvimmaksi bensiiniä käyttävällä autolla.

Auton B osalta viiden vuoden ajanjaksolla 30 000 kilometriä vuodessa ajavalle ajaminen tulee halvimmaksi maakaasua käyttävällä autolla.

15 000 kilometrin vuosittaisella ajomäärällä täyssähköautot ja ladattavat hybridit ovat käyttövoimaltaan laskelman kalleimmat, mutta 30 000 kilometrin ajosuoritteella käyttövoimien väliset erot tasoittuvat ja auton C ajaminen tulee halvimmaksi hankintatuella ostetulla sähköautolla. (VTT:n laskelma autoilun kustannuksista 2019.)

Nykypäivänä hankintatukea ei enää saa, sillä uusien täyssähköisten henkilöautojen hankintatuki päättyi vuoden 2022 lopussa (Tilli 2023).

4.5 Yhteenveto autoilun kuluista

Autoilun kokonaiskulut voidaan jakaa muuttuviin kuluihin, kiinteisiin kuluihin ja muihin kuluihin.

Muuttuvat kulut ovat auton käytöstä syntyviä kuluja. Huolto- ja korjauskulut, rengaskulut ja auton tankkaamisesta ja/tai lataamisesta syntyvät kulut ovat autoilun muuttuvia kuluja.

Kiinteät kulut koostuvat auton hankintahinnasta, auton arvon alenemisesta, katsastuskuluista, vakuutuskuiluista ja ajoneuvoverosta, joka koostuu perusverosta sekä mahdollisesta käyttövoimaverosta.

Autoilun muihin mahdollisiin kuluihin voidaan laskea rahoituskulut, pesukulut, pysäköintikulut, kausisäilytyskulut, lämmityskulut, kotilatausaseman hankinta- ja asennuskulut sekä lisävarustekulut.

5 Käyttötarkoitus

Auton käyttötarkoitus on tekijä, joka kannattaa huomioida auton käyttövoimaa valitessa.

Yleisesti dieselautoja on pidetty hyvänä vaihtoehtona vain, mikäli kilometrejä kertyy vuodessa paljon, sillä dieselautosta maksetaan käyttövoimaveroa, jonka vuoksi vähän ajavalle dieselauto ei ole välttämättä kustannuksiltaan kannattavin vaihtoehto, vaikka dieselautot kuluttavat hieman bensiiniautoa vähemmän polttoainetta. Dieselmoottorin komponentit joutuvat pienemmälle rasitukselle kuin bensiinimoottorissa, joten dieselmoottori kestää yleisesti ottaen enemmän kilometrejä ilman isompia remontteja. Dieselmoottori tuottaa suuren vääntömomentin pienillä kierroksilla, minkä vuoksi dieselauto on hyvä vaihtoehto esimerkiksi venetrailerin tai peräkärryn vetämiseen.

Bensiiniauto on hyvä vaihtoehto, mikäli ajetaan pienempiä matkoja esimerkiksi kaupunkialueella. Bensiinimoottori lämpenee dieselmoottoria nopeammin, joten

kaupunkiajossa se on taloudellisuuden, ympäristöystävällisyyden sekä etenkin mukavuuden kannalta hyvä asia talvella ajettaessa. Bensiiniauton etuihin kuuluu myös hyvä käynnistyvyys talvella.

Hybridiauton kannattavuuteen vaikuttaa moni asia, kuten auton hankintahinta, ajotyylit, ajomatkojen pituus sekä polttoaineiden ja lataussähkön hinta. Jos ajokilometrejä kertyy useimmiten alle 50 kerrallaan, ladattava hybridi on hybridiautoista kannattavin. Mikäli kilometrejä kertyy enemmän kerrallaan, mutta ajaminen on pääasiassa kaupunkiajtoa, on itsestään latautuva hybridi hyvä vaihtoehto. Hybridiauton taloudellisuus on heikompi, mikäli sillä ajetaan enimmäkseen maantieajtoa. Mikäli auto ei pysty käyttämään sähköä ajamiseen, polttoaineen kulutus kasvaa. Joissain ladattavissa hybridiautoissa pelkällä polttomoottorilla ajettaessa polttoaineen kulutus ja päästöt voivat olla jopa suuremmat kuin vastaavankokoisessa polttomoottoriautossa. (Milloin hybridi-auto kannattaa? Ota nämä asiat huomioon! 2023.)

Täyssähköauto on hyvä vaihtoehto niin vähän kuin paljonkin ajavalle, etenkin kaupunkialueella. Täyssähköauton etuihin voidaan laskea hyvä suorituskyky, viiveetön kiihtyvyys ja olemattomat käytönaikaiset päästöt.

Latausmahdollisuudet on syytä ottaa huomioon, mikäli suunnittelee ladattavan hybridiauton tai täyssähköauton ostoa. Mikäli kiinteän kotilatauspisteen asennus ei ole mahdollinen tai esimerkiksi työpaikalla ei autoa pysty lataamaan, sähköauto soveltuu huonosti käyttötarkoitukseen.

6 Korkeajänniteakkujen kehitys

6.1 Korkeajänniteakkujen kehityskohteet

Sähköautojen akuissa on vielä kehittämisen varaa. Akuston valmistuskustannukset ovat korkeat, ja akuston käytännössä mahdollisen fyysisen koon vuoksi energiatehokkuus on rajallinen.

Korkeajänniteakun korjaaminen, kierrätys sekä käytetyn korkeajänniteakun jälleenyntiarvo ja kunnan määrittäminen on hankalaa. (Seppälä 2023.)

Tyypillinen sähköauton akku koostuu li-ion (litiumioni) kennoista (Käyttövoimaa 2019).

6.2 Kansallinen akkustrategia

Kesäkuussa 2020 Elinkeinoministeri Mika Lintilä asetti työryhmän, jonka tehtävänä oli valmistella Suomelle kansallinen akkustrategia. Työryhmän tehtävänä oli tunnistaa keinoja vahvistaa akkualan innovatiivista ekosysteemiä, vauhdittaa Suomen kestävä ja vähähiilistä talouden kasvua sekä tukea liikenteen päästövähennystavoitteiden saavuttamista. Työryhmällä on seitsemän strategista tavoitetta:

- akku- ja sähköistymisklusterin kasvu ja uudistuminen
- klusterin investointien kasvu
- kilpailukyvyyn edistäminen kaikkien toimijoiden yhteistyönä
- suomen akku- ja sähköistymisklusterin tunnettavuuden kasvattaminen maailmalla
- vastuullisuus osana kasvua, uudistumista ja brändiä
- suomalaiset toimijat keskeisissä rooleissa uusissa arvoketjuissa

- kiertotalouden ja digitaalisten ratkaisujen edistäminen.

Toimenpiteitä, joilla edellä mainitut tavoitteet saavutetaan, ovat

- kansallisen yhteistyön edistäminen kansallisen yhteistyöelimen kautta
- akkutoimialan osaamisen kehittäminen
- kansainvälisen yhteistyön kehittäminen sääntelyn, standardisoinnin ja tutkimusrahoituksen alueilla
- investointeja houkuttelevan toimintaympäristön kehittäminen
- alan vastuullisuuden kehittäminen ja osoittaminen
- akkusektorin brändien kehittäminen ja alasta viestiminen
- rahoituksen kehittäminen yksityisen sektorin ja julkisen sektorin yhteistyönä.

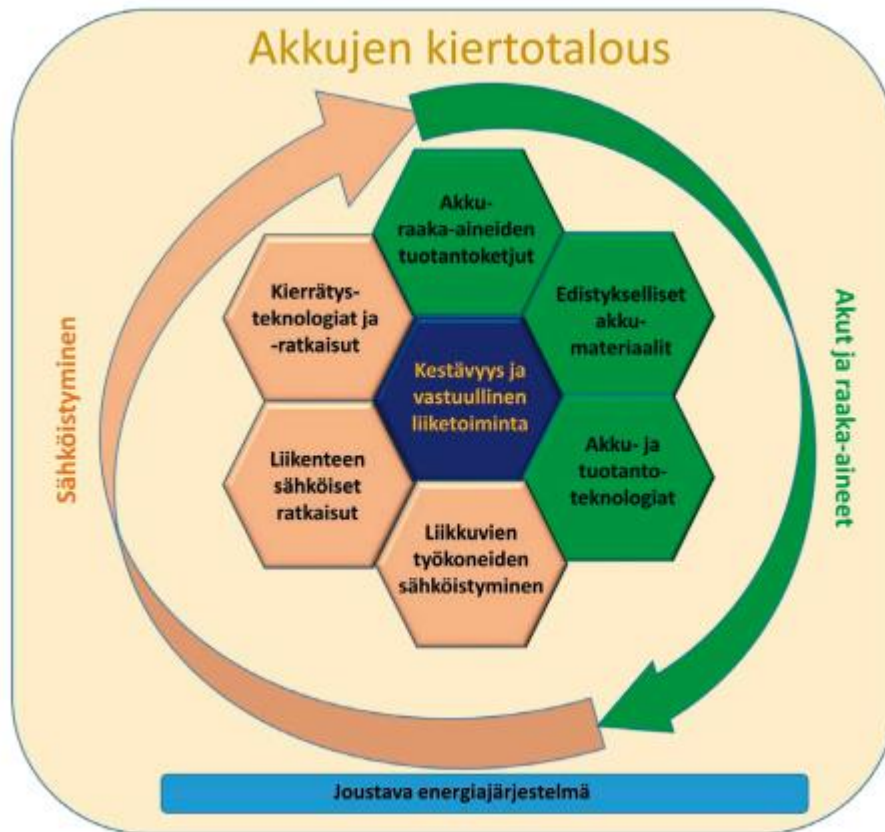
Teollisuus voi Suomessa kansallisen akkustrategian mukaan ottaa merkityksellisen roolin Euroopan liikenteen ja koko yhteiskunnan sähköistymisessä. Suomi pystyy tuottamaan kriittisiä raaka-aineita ja jalostamaan niistä kestävästi ja vastuullisesti tuotettuja raaka-aineita, joita tarvitaan Eurooppaan syntyvässä akkuteollisuudessa. Akkuteollisuuden ja raaka-aineiden lisäksi Suomessa toimivat yritykset kykenevät tarjoamaan teknologiaa, prosesseja, osaamista ja kiertotalouden ratkaisuja akkutuohtantoon sekä yhteiskunnan sähköistymisen edistämiseen.

Kansallisen akkustrategiatyön kolme avainsanaa ovat osaaminen, kilpailukyky ja vastuullisuus. (Kansallinen akkustrategia 2021:11.)

6.2.1 Strategiset fokusalueet

Akkujen ja sähköistymisen arvoketjun laajuuden vuoksi Suomen kaltaisen pienen toimijan on syytä valita tarkkaan, millä osa-alueilla toimintaa kannattaa kehittää, jotta nouseminen merkittäväksi toimijaksi kansainvälisessä kilpailussa on mahdollinen. Strategiatyössä valitut osa-alueet (kuva 13), joihin kansallinen akkustrategia keskittyy strategiakaudella 2021–2025, ovat

- akkuraaka-aineiden tuotantoketjut
- edistykselliset akkumateriaalit
- akku- ja tuotantoteknologiat
- liikkuvien työkoneiden sähköistyminen
- liikenteen sähköiset ratkaisut
- kierrätysteknologiat ja ratkaisut
- kestävä ja vastuullinen liiketoiminta. (Kansallinen akkustrategia 2021:16.)



Kuva 13. Kansallisen akkustrategian fokusalueet (Kansallinen akkustrategia 2021:16).

6.2.2 Akkujen kiertotalous

Kiertotalous on edellytys akkuteollisuuden kestäväälle menestykselle. Suomessa on osaamista ja teknologiaa monilla kiertotalouden osa-alueilla, ja Suomen hallitus pyrkii voimakkaasti edistämään kiertotaloutta. Suomessa on kiertotalouteen liittyvää teollista toimintaa ja projekteja, kuten akkujen kierrätystä tutkiva BAT-Circle-hanke. Akkujen kiertotalous ei korvaa primääriä eli kallioperästä louhittujen akkumetallien tuotantoa, mutta se on merkittävä tekijä Suomen akkusektorin liiketoiminnan uudistumisessa.

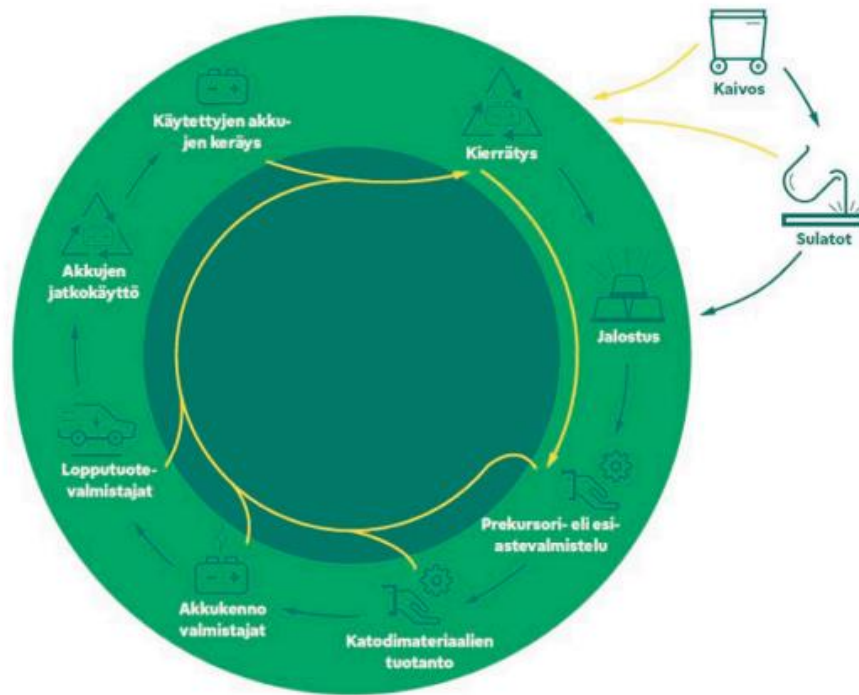
Kiertotalouden yksi keskeisimmistä tavoitteista on pidentää akkujen käyttöikää helpomman korjattavuuden, uudelleenikäytön tai uudelleenvalmistuksen avulla.

Suomessa etenkin metallurgian osaaminen on korkealla tasolla, ja sen hyödyntäminen primäärien raaka-aineiden ja materiaalien tuotannossa sekä esimerkiksi teollisissa sivuvirroissa luo uusia mahdollisuuksia liiketoiminnalle.

Jotta kierrätykseen liittyviä mahdollisuuksia voitaisiin hyödyntää, täytyy uusia liiketoimintamalleja kehittää ja suuria kierrätysmateriaalivirtoja houkutella Suomeen. Haasteena on Suomen kaukainen sijainti Euroopan sähköautomarkkinoista. Tehokkaalla keräily- ja esikättelyverkostolla, tehokkailla logistiikkaratkaisulla ja tehokkailla käsittelyprosesseilla etäisyyden vaikutuksia on mahdollista pienentää. Hyvän sääntelyn avulla voidaan vauhdittaa kierrätysmateriaalien markkinan syntyä.

Kiertotalous on paljon muutakin kuin kierrätystä. Akkujen kiertotalouteen liittyvät oleellisesti myös data ja erilaiset digitaaliset ratkaisut, joihin Suomesta löytyy vahvaa osaamista. Akkujen uudelleenkäyttö luo uusia mahdollisuuksia, jotka edellyttävät uusia liiketoimintamalleja ja digitaalisia ratkaisuja. Tästä hyvänä esimerkkinä Euroopan komission esittämä akkupassi eli digitaalinen tuote- ja käyttöhistoriaseloste, joka kulkee akun mukana koko sen elinkaaren ajan.

Kiertotalouden mahdollistava suunnittelu on olennaista akkujen kiertotalouden kannalta. Tällä hetkellä kotimainen akkujen suunnitteluosaaminen on vielä vähäistä. (Kansallinen akkustrategia 2021:20–21.) Akkujen kiertotalouden osa-alueet esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Akkujen kiertotalous (Kansallinen akkustrategia 2021: 20).

7 Autoilun tulevaisuus

EU päivittää lainsäädäntöä monilla aloilla, jotta kasvihuonepäästöjä saataisiin pienennettyä. Liikenne on Euroopan unionin ainoa ala, jonka kasvihuonepäästöt ovat yhä korkeammat kuin vuonna 1990, ja ne kattavat noin viidesosan EU:n kokonaispäästöistä. Eri liikennemuodoista tieliikenne tuottaa eniten päästöjä. Vuonna 2021 tieliikenteen osuus liikennepäästöistä oli 72 prosenttia. EU:n tavoite on vähentää henkilöautojen tuottamia päästöjä 55 prosenttia ja pakettiautojen tuottamia päästöjä 50 prosenttia vuoden 2021 tasosta vuoteen 2030 mennessä. (Hiilidioksidipäästöjä vähentämässä: EU:n tavoitteet ja toimet 2024.)

7.1 Liikenteen sähköistyminen

Ajoneuvot sähköistyvät ja kehittyvät koko ajan, joten uutta osaamista ja laitteistoa tarvitaan, jotta pysytään muutoksen mukana. Sähköautojen myyntimäärät

ovat nousseet arvioitua nopeammin. Monelta autovalmistajalta löytyykin jo mallistostaan sähköinen vaihtoehto. Sähköautojen pidemmät huoltovälit, vähentyneet huoltokohteet sekä yleistyneet OTA(Over-the-air) -päivitykset vähentävät korjaamokäyntien määrää. (Nyholm 2023.)

Maailmassa oli n. 10 miljoonaa sähköautoa vuonna 2020. Ennusteen mukaan vuonna 2040 sähköautoja olisi n. 600 miljoonaa (Sarjovaara 2023).

7.2 Vaihtoehtoiset polttoaineet

Päästöttömien ajoneuvojen vaihtoehtoisia polttoaineita ovat vety, sähkö ja ammoniakki.

Vety on vaihtoehtoinen polttoaine, jota käytetään useimmiten raskaassa kalustossa. Vedyn käyttö polttoaineena on vasta alkuvaiheessa. Vetyä voidaan valmistaa käyttämällä uusiutuvia energianlähteitä, kuten biokaasua, aurinko- tai tuulivoimaa tai fossiilisia polttoaineita. Vedyn ympäristövaikutukset ja energiatehokkuus ovat riippuvaisia sen valmistustavasta.

Lataussähkö voi olla peräisin fossiilista polttoainetta käyttävistä voimalaitoksista, uusiutuvista energianlähteistä tai ydinvoimaloista.

Ammoniakin käyttö polttoaineena on tehokas keino vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä, sillä ammoniakin ainoat sivutuotteet ovat vesi ja typpi. (Lisää vaihtoehtoisia polttoaineita autoille 2022.)

7.3 Uusiutuvat polttoaineet

Uusiutuvat polttoaineet ovat polttoaineita, jotka on tuotettu uusiutuvalla energialla, kuten biomassapolttoaineet, biopolttoaineet sekä synteettiset ja parafiiniset polttoaineet mukaan lukien ammoniakki (Lisää vaihtoehtoisia polttoaineita autoille 2022).

Liikenteen päästövähennyksissä uusiutuvat polttoaineet ovat tärkeässä roolissa autoilun sähköistymisen lisäksi. Uusiutuvalla polttoaineella voi päästä jopa alhaisempiin auton koko elinkaaren aikana syntyviin päästöihin. Lainsäädäntö huomioi kuitenkin vain ”pakoputken päästä syntyvät päästöt”, joita sähköautoilusta ei synny. (Sarjovaara 2023.)

7.4 Polttomoottoriautojen tulevaisuus

Osana EU:n päästövähennystavoitetta kaikkien EU:ssa myytävien uusien henkilö- ja pakettiautojen tulisi olla vuodesta 2035 alkaen päästöttömiä. Uusien bensiini- ja dieselautojen myynnin kieltämisellä pyritään hiilineutraaliin liikenteeseen vuoteen 2050 mennessä. Kielto ei vaikuta vanhojen polttomoottoriautojen käyttöön.

Euroopan parlamentti haluaa tukea siirtymistä päästöttömiin autoihin lisäämällä latausasemia EU:n pääväylille vähintään 60 kilometrin välein vuoteen 2026 mennessä ja vetytankkauspaikkoja vähintään 100 kilometrin välein vuoteen 2028 mennessä. (Hiilidioksidipäästöjä vähentämässä: EU:n tavoitteet ja toimet 2024.)

8 Yhteenveto

Insinööriyössä vertailtiin auton käyttövoimia, ja sen tarkoituksena oli selvittää niiden hyviä ja huonoja puolia, mitä kustannuksia autoilusta syntyy ja kuinka autoilu tulee muuttumaan tulevaisuudessa sekä kuinka EU ja Suomi aikoo tukea siirtymistä ympäristöystävällisempään autoiluun. Työn tuloksena syntyi kattava tietopaketti, joka voi toimia apuna päätöksenteossa, mikäli suunnittelee auton ostamista.

Auton arvon aleneminen, hankintahinta, huolto- ja korjauskulut sekä polttoaine- ja latauskulut ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävimmin autoilun kokonaiskustannuksiin. Autoilun kokonaiskustannusten arviointi on haastavaa sen sisältämien epävarmuuksien vuoksi, etenkin jälleenmyyntiarvon osalta. Jälleenmyyntiarvoon vaikuttaa moni asia, kuten sähköautojen ja akkuteknologian kehitys, lainsäädäntö, ennakoasenteet esimerkiksi korkeajänniteakun kestoikään

liittymisen sekä polttoaineiden ja sähkön hinta. Insinööritöissä esitettyjä laskelmia voi pitää vain suuntaa antavina, sillä moneen työssä esitettyyn asiaan auton käyttäjälläkin on suuri vaikutus. Samaa automallia kaikilla työssä esitetyillä käyttövoimilla on haastava löytää ja yleensä sähkö-, hybridi- ja polttomoottoriautoissa on eroja varustetasoissa ja suorituskyvyssä samankin automallin välillä.

Lähteet

Ajoneuvovakuutus. Verkkoaineisto. Osuuspankki. <<https://www.op.fi/henkiloasiakkaat/vakuutukset/ajoneuvovakuutus>>. Luettu 17.1.2024.

Ajoneuvoveron rakenne ja määrä. 2024. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoveron-rakenne-ja-maara>>. Päivitetty 25.1.2024. Luettu 19.1.2024.

Armitage, Chris. 2024. Huoltoneuvoja, K-Auto Airport, Vantaa. Keskustelu 24.1.2024.

Aro, Otto. 2019. Sähköauton ja sen voimalinjan kehitystilannekatsaus. Insinöörityö. Turun Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Bensiinimoottori. 2024. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/bensiinimoottori>. Päivitetty 20.2.2024. Luettu 29.4.2024.

Bensiini. 2024. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/bensiini>. Päivitetty 20.2.2024. Luettu 2.11.2023.

Hiilidioksidipäästöjä vähentämässä: EU:n tavoitteet ja toimet. 2018. Verkkoaineisto. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180305STO99003/hiilidioksidipaastoja-vahentamassa-eu-n-tavoitteet-ja-toimet>>. Päivitetty 14.12.2023. Luettu 14.2.2024.

Hinnastot ja esitteet. 2024. Verkkoaineisto. Volkswagen Suomi. <<https://www.volkswagen.fi/fi/auton-hankinta/hinnastot-ja-esitteet.html>>. Luettu 12.5.2023.

Kansallinen akkustrategia. 2021. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-635-2>>. Luettu 30.1.2024.

Katsastusajankohdat ajoneuvoluokittain. 2020. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/katsastusajankohdat-ajoneuvoluokittain>>. Päivitetty 14.5.2020. Luettu 8.1.2024.

Käyttövoimaopas. 2019. Verkkoaineisto. Autoalan tiedotuskeskus. <<https://www.aut.fi/ajankohtaista/julkaisuja/kayttovoimaopas>>. Luettu 16.1.2024.

Kettunen, Kimmo. 2012. Poltto- ja sähkömoottoriajoneuvon kustannusvertailu. Opinnäytetyö. Savonia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Kovanen, Pasi. 2021. Hybridien voimansiirtoratkaisut. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Latauspistoketyypit sähköautoille. Verkkoaineisto. Plugit Finland. <<https://plugit.fi/artikkelit/latauspistoketyypit-sahkoautoille/>>. Luettu 16.4.2024.

Lisää vaihtoehtoisia polttoaineita autoille. 2022. Verkkoaineisto. <<https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20221013STO43019/lisaa-vaihtoehtoisia-polttoaineita-autoille>>. Päivitetty 28.9.2023. Luettu 14.2.2024.

Lohilahti, Henri. 2018. Sähköautojen lataustavat ja -kytkennät. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Milloin hybridi-auto kannattaa? Ota nämä asiat huomioon! 2023. Verkkoaineisto. <<https://www.vaihtoautomaa.com/opas/milloin-hybridi-kannattaa/>>. Luettu 16.1.2024.

Määttänen, Iiro. 2023. K-Lataus. Referaatti. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Nyholm, Juha. 2023. Automarkkinan yleistilanne. Referaatti. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Parviainen, Heikki. 2023. Lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu. Keskustelu 22.11.2023.

Parviainen, Heikki. 2021. Polttomoottoreiden historiaa. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Perhoniemi, Kimmo. 2024. Competence Development Manager. K-Auto Airport, Vantaa. Keskustelu 16.2.2024.

Polttoaineiden vertailuhintojen laskeminen. 2023. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/polttoainekustannusvertailu>>. Päivitetty 30.01.2024. Luettu 22.9.2023.

Päästömittaus. 2024. Verkkoaineisto. Plus Katsastus. <<https://plus.fi/palvelut/paastomittaus/>>. Luettu 11.1.2024.

Reinikka, Juuso. 2012. Moottorin hyötysuhteen tutkiminen vapaastihengittävänä sekä mekaanisesti ahdettuna. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Rengashaku. 2024. Verkkoaineisto. Euromaster. <<https://www.euromaster.fi/osta-renkaat>>. Luettu 30.1.2024.

Sarjovaara, Teemu. 2023. Päästölainsäädännön vaikutukset autoiluun. Referaatti. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Selroos, Tommy. 2016. Dieselmoottorin hyötysuhteen parantaminen. Insinööri-työ. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

Seppälä, Juha. 2023. Sähköistymisen vaikutukset ja haasteet. Referaatti. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Sähköautojen lataustavat: Lataustavat 1–4 tutuiksi. 2022. Verkkoaineisto. <<https://go-e.com/fi-fi/aikakauslehti/sahkoautojen-lataustavat>>. Päivitetty 7.9.2022. Luettu 24.10.2023.

Sähköauton renkaat. 2024. Verkkoaineisto. Vianor. <<https://vianor.fi/rengastie-toa/rengasfaktoja/sahkoauton-renkaat/>>. Luettu 12.1.2024.

Sähköautot ja sähköautojen lataus - Pikaopas. Verkkoaineisto. Nordic Plug. <<https://nordicplug.fi/pages/sahkoautojen-lataus-pikaopas>>. Luettu 24.10.2023.

Tilli, Aki. 2023. Sähkö- ja kaasuautojen hankintatuki. Verkkoaineisto. Autoalan tiedotuskeskus. <https://www.aut.fi/ajankohtaista/sahko-_ja_kaasuautojen_hankintatuki>. Luettu 12.12.2023.

Vaihtoehtoiset käyttövoimat tieliikenteessä. Teoksessa Seppälä, Jyri; Liimatainen Heikki; Ampuja, Outi; Hänninen, Antti; Myllykoski, Katri & Ilme, Jarno (toim.). Ajoneuvokanta ja vaihtoehtoiset käyttövoimat - missä ollaan nyt ja mihin ollaan menossa? Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom.

VTT:n laskelma autoilun kustannuksista. 2019. Verkkoaineisto. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/ajavaihtoehtoa/vttn-laskelma-autoilun-kustannuksista>>. Luettu 12.12.2023. Päivitetty 23.09.2019.

What is the difference between micro, mild, full and plug-in hybrid electric vehicles. Verkkoaineisto. x-engineer.org. <<https://x-engineer.org/micro-mild-full-hybrid-electric-vehicle/>>. Luettu 10.11.2023.