

Opinnäytetyö (AMK)
Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka
2020

Tomi Leppänen

SÄHKÖAJONEUVOT VIIMEISEN MAILIN KULJETUKSISSA

– toiminnallinen vertailu



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2020 | 69 sivua, 5 liitesivua

Tomi Leppänen

SÄHKÖAJONEUVOT VIIMEISEN MAILIN KULJETUKSISSA

– toiminnallinen vertailu

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja vertailla neljää erilaista sähköajoneuvoa ja niiden ominaisuuksia keskenään, sekä verrata niiden käytettävyyttä dieselautoon. Vertailun kohteena ovat sähköautojen käyttökustannukset, ympäristöystävällisyys sekä yleinen käytettävyys loppumatkan kuljetuksissa.

Opinnäytetyössä käsitellyt kuljetukset käsittävät ruoan laatikko- sekä yksittäisjakelua ja paketti-kuljetuksia suoraan asiakkaille. Opinnäytetyön lähteinä on käytetty omaa sekä muiden suorittamaa testiajtoa, internetlähteitä ja sähköpostihaastattelua.

Opinnäytetyössä selviää mm. sähköauton pienemmät vuotuiset käyttökustannukset ja oikeilla sähkövalinnoilla toteutuva ympäristöystävällisyys dieselautoon verrattuna. Dieselauton halvempi hankintahinta sekä uusiutuvan dieselin ympäristöystävällisyys puoltavat dieselautossa pysymistä. Lisäksi työssä havaitaan sähköauton latauksessa tapahtuvan häviöitä ja ulkolämpötilalla olevan vaikutusta sähköauton kulutukseen.

Tätä työtä voidaan käyttää pohjana autovalintoja suoritettaessa.

ASIASANAT:

dieselöljy, hyötysuhde, kuljetus, sähköautot, taloudellisuus, vertailu, ympäristöystävällisyys

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering

2020 | 69 pages, 5 appendices

Tomi Leppänen

ELECTRIC VEHICLES IN LAST MILE TRANSPORTATION

– Active comparison

This thesis compares four different electric vehicles to a diesel van. The aim of the study is to calculate and review the economic efficiency, environmental friendliness, and suitability of these said vehicles in last mile transportation.

The research has been done in style of active comparison. Active driving and reporting have been conducted by the writer and other students. Most of the factual data has been collected from multiple internet sources.

Results show that there are differences amongst electric vehicles and their efficiency ratios, but for the most part electric vehicles are more economical and ecofriendly than diesel vans. Although diesel vans cheaper price and use of renewable diesel does hold its place.

This thesis can be used to learn basic knowledge about electric vehicles in last mile transportation.

KEYWORDS:

comparison, diesel oil, economic efficiency, efficiency, electric cars, friendliness to the environment, transport

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 MUKANA OLEVAT TOIMIJAT	10
2.1 6Aika	10
2.2 Citylogistiikan uudet ratkaisut hanke	10
2.3 Attendo	10
2.4 Ay Kotiruokapalvelu Hemmat Öb	11
2.5 Matkahuolto	11
2.6 DB Schenker	11
3 VIIMEINEN MAILI	13
4 SÄHKÖAUTO	14
4.1 Sähköajoneuvon hyödyt ja haitat	14
4.2 Ympäristövaikutukset	15
4.3 Huolto	15
4.4 Hankintahinta ja verotus	16
4.5 Akusto	17
5 SÄHKÖNTUOTANTO JA HANKINTA SUOMESSA	18
5.1 Ydinvoima	19
5.2 Vesivoima	19
5.3 Fossiiliset polttoaineet	20
6 DIESELPOLTTOAINE	21
6.1 Biodiesel	21
6.2 Uusiutuva diesel	22
7 DIESELIN JA SÄHKÖN HINTAKEHITYS	23
8 TIEDONKERUU JA KOEJÄRJESTELYT	24
8.1 NRGKick	24
8.2 Nissan E-NV200:n Koejärjestelyt ja tiedonkeruu	25
8.3 Renault Kangoo Z.E:n Koejärjestelyt ja tiedonkeruu	27

8.4 Renault Twizy:n koejärjestelyt ja tiedonkeruu	28
8.5 Velove Armadillo:n koejärjestelyt ja tiedonkeruu	29
9 TESTITULOKSET	30
9.1 Ladatun ja käytetyn energian suhde	30
9.2 Lämpötilan vaikutus toimintamatkaan	33
9.3 Well-to-wheel	35
9.4 Todelliset kustannukset	36
9.5 Ympäristöystävällisyys	40
10 AJONEUVOJEN VERTAILU	42
10.1 Nissan E-NV200	42
10.1.1 käytettävyys	43
10.1.2 Kapasiteetti	43
10.1.3 Toimintamatka	43
10.1.4 Kustannukset	44
10.1.5 Tehokkuus ja lataaminen	44
10.2 Renault Kangoo Z.E.	45
10.2.1 Käytettävyys ja kapasiteetti	45
10.2.2 Toimintamatka	46
10.2.3 Kustannukset	46
10.2.4 Tehokkuus ja lataaminen	47
10.3 Renault Twizy	47
10.3.1 Käytettävyys	47
10.3.2 Kapasiteetti ja toimintamatka	49
10.3.3 Kustannukset	49
10.3.4 Tehokkuus ja lataaminen	50
10.3.5 Peräkärri	50
10.4 Armadillo-rahtipyörä	51
10.5 Yhteisvertailu	52
11 YHTEENVETO VERTAILUN TULOKSISTA JA EHDOTUKSIA VIIMEISEN MAILIN ONGELMIIN	58
12 LOPUKSI	63
LÄHTEET	65

LIITTEET

- Liite 1. Saksalaisen autoliiton ADAC:in vertailu ladatun ja kulutetun energian suhteesta.
 Liite 2. E-NV200-auton keskipöytä ja kirjatut lämpötilat
 Liite 3. Nissan-autojen arvon alenemat
 Liite 4. Renault Kangoo-ajoneuvojen kustannukset 20 000 km vuotuisella ajolla
 Liite 5. Sähköpakettiautojen keskipöytä, todellinen kulutus ja ilmanlämpötilat

KAAVAT

- Kaava 1. Hyötysuhde. 30

KUVAT

- Kuva 1. Kuljetuksen eri vaiheet. 13
 Kuva 2. Akuston rakenne. 17
 Kuva 3 NRGkick-laite Turun AMK:n tiloissa. 24
 Kuva 4. Nissan E-NV200:n Ajotietokoneen näyttö 26
 Kuva 5. Nissan EV sovellus Carwings järjestelmälle 27
 Kuva 6. NRGKick sovellus. 28
 Kuva 7. Twizyn ajoreittejä lisättyä Google mapiin. 29
 Kuva 8. Twizy pysäköitynä jalkakäytävän reunaan 48
 Kuva 9. Kontin siirto Armadillo pyörän kyytiin. 51
 Kuva 10. Google maps reitti aakkosjärjestyksessä. 58
 Kuva 11. Google maps reitti järjestelyinä. 59
 Kuva 12. Renkaiden energiatehokkuus luokat ja kulutuksen lisäys 7 l /100 km kuluttavalla autolla- 61

KUVIOT

- Kuvio 1. Sähkön tuotanto Suomessa 2019. 18
 Kuvio 2. Dieselin ja sähköenergian hinnan muutokset. 23
 Kuvio 3. E-NV200:n ladatun ja kulutetun energian suhde. 32
 Kuvio 4. Ilmanlämpötilan vaikutus keskipöytäeseen e-NV200:ssa. 33
 Kuvio 5. Ilmanlämpötilan vaikutus keskipöytäeseen Renault Z.E:ssa. 34
 Kuvio 6. Kumulatiiviset kustannukset 20 000 km:n vuotuisella ajomäärällä. Ilman arvon alenemaa. 39
 Kuvio 7. Nissan kumulatiiviset kustannukset kilometreittäin. 40
 Kuvio 8. CO_{2eq} päästöt kilometreittäin. 41

TAULUKOT

Taulukko 1. Nissanin huoltohinnat.	16
Taulukko 2. Ajoneuvojen hinnat.	16
Taulukko 3. Nissan e-NV200:n tulokset.	31
Taulukko 4. Renault Kangoo Z.E:n mittaustulokset.	33
Taulukko 5. Renault Kangoo Z.E:n kesikukulutus ja ilman lämpötilat.	34
Taulukko 6. Nissan ajoneuvojen vuotuiset kustannukset 20 000 km:n vuotuisella ajolla.	36
Taulukko 7. Nissan ajoneuvojen kumulatiiviset kustannukset.	38
Taulukko 8. Nissan-autojen kumulatiiviset kustannukset kilometreittäin.	39
Taulukko 9. Autokohtaiset hiilidioksidipäästöt energialähteittäin.	41
Taulukko 10. Ajoneuvojen vertailutiedot.	53
Taulukko 11. Ajoneuvojen pisteytys.	56

KÄYTETYT LYHENTEET

Ah	Ampeeritunti
CO ₂	Hiilidioksidi
g CO _{2eq} /km	Grammaa hiilidioksidi ekvivalenttia kilometriä kohden. Yksikkö ilmaisee päästöjen vaikutuksen ilmastolle yhdistäen kaikki kasvihuonekaasut hiilidioksidipäästöjen alle. (Ecometrica, 2020.)
hv	Hevosvoima
kWh	Kilowattitunti
kWh	kilowattitunti, tarkoittaa tuhatta wattituntia; energiamääräyksikkö. (Wikisanakirja, kWh.)
MJ	Megajoule
Nm	Newtonmetri
TEU	TEU on konttiliikenteen perusmittayksikkö. TEU määritellään yhden 20 jalan kontin mittojen mukaan: pituus on 20 jalkaa, leveys 8 jalkaa, korkeus 8,5 jalkaa. (Logistiikanmaailma 2020.)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla muutamaa erilaista sähköajoneuvoa ja vertailukelpoista dieselautoa keskenään. Opinnäytetyö on toteutettu 6Aika-strategian alaisuudessa toimivan citylogistiikan uudet ratkaisut -hankkeen pyynnöstä. Vertailuajot suoritettiin todellisen elämän kohteissa. Vertailussa olleiden yritysten kuljetukset on hoidettu ennen perinteisillä dieselautoilla näiden yritysten omien työntekijöiden toimesta.

Vertailun tarkoituksena oli tutkia mahdollisuuksia, kannattavuutta, ympäristöystävällisyyttä ja hyötyjä dieselautojen korvaamiseen. Lisäksi tarkastellaan sähköautojen lataushäviöitä ja ulkolämpötilan vaikutusta kulutukseen.

Ominaisuuksien vertailua pyritään tekemään mahdollisimman tasavertaisesti, vaikka ajoneuvojen hankintahinnat ja ominaisuudet ovatkin erilaiset.

2 MUKANA OLEVAT TOIMIJAT

2.1 6Aika

6Aika on Suomen kuuden suurimman kaupungin yhteisen kestävän kaupunkikehittämisen strategia. 6Aika-hankkeiden tarkoituksena on kehittää kaupunkeja älykkäämmiksi ja vastata palveluilla kaupunkilaisten tarpeisiin, tukien samalla kaupunkien ilmastotavoitteita. Hankkeissa yritykset testaavat tuotteita ja palveluita aidoissa kaupunkiympäristöissä, joista saatava todellisten käyttäjien palaute auttaa kehittämään entistä parempia palveluja. 6Aika on mukana kiertotalouden ja energian, liikkumisen, oppimisen, terveyden ja hyvinvoinnin, smart city - ratkaisujen, pk-yritysten osaamisen sekä työllisyyden parantamiseen kohdistuvissa hankkeissa. (6Aika 2020.)

2.2 Citylogistiikan uudet ratkaisut -hanke

Citylogistiikan uudet ratkaisut on 6Aika-strategian alainen hanke. Hankkeen tavoitteena on kehittää yritysten kuljetuksia kustannustehokkaiksi ja ympäristöystävällisiksi. Hankkeessa pilotoidaan yhdessä logistiikka-alan toimijoiden kanssa loppupään kevyitä jakeluratkaisuja, itseohjautuvaa jakeluliikennettä, drone-jakelua sekä muita lähijakeluratkaisuja. Tavoitteena on uusien palvelukokonaisuuksien synnyn tukeminen sekä uusien toimintamallien löytäminen. Hankkeen tarkoituksena on synnyttää uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä luoda parempia edellytyksiä logistiikan alan kilpailutuksiin. Kevytjakologistiikan kehittäminen tukee kaupunkien ilmastostrategioita, vähentää alueella liikkuvien autojen määrää ja parantaa ihmisten turvallisuutta ja viihtyvyyttä kaupunkien keskustassa. Citylogistiikan uudet ratkaisut -hankkeessa on mukana Turun kaupunki, Forum Virium Helsinki, Tampereen ammattikorkeakoulu, Turun ammattikorkeakoulu ja Varsinais-Suomen liitto Valonia. (Citylogistiikan uudet ratkaisut 2020.)

2.3 Attendo

Attendo on Ruotsissa vuonna 1985 perustettu yritys, joka tarjoaa hoiva-, kuntoutus- ja asumispalveluita ikäihmisille, mielenterveys- ja päihdekuntoutujille sekä kehitysvammaisille ja vammautuneille henkilöille. Attendo työllistää Suomessa noin 13 000 henkilöä.

Attendo tuottaa asumispalveluja kunnille ja kuntayhtymille, joilla on velvollisuus järjestää kuntalaisille kyseiset palvelut. Attendo on siis julkisten palveluiden yksityinen tuottaja. (Attendo 2020.)

2.4 Ay Kotiruokapalvelu Hemmat Öb

Kotiruokapalvelu Hemmat on vuonna 2005 perustettu turkulainen ruokapalvelu, joka niimensä mukaisesti toimittaa kotiruokaa kotiovelle. Ruoka toimitetaan viitenä päivänä viikossa lämpimänä ja viikonlopun ruoat perjantaisin kylmänä. Yritys tarjoaa myös kerran viikossa toteutettavaa kauppakassipalvelua, jossa asiakas toimittaa tilauksen kuljettajalle ja tuotteet toimitetaan seuraavana päivänä tai kun asiakas ottaa seuraavan kerran ruokaa. (Kotiruokapalvelu Hemmat 2020.)

2.5 Matkahuolto

Matkahuolto on vuodesta 1933 toiminut matkustaja- ja pakettipalveluiden toimittaja. Matkahuolto kuljettaa sekä paketteja että ihmisiä ympäri Suomea. Matkahuollon toiminta kattaa joukkoliikenteen palvelut, kuten valtakunnalliset aikataulu- ja matkakorttijärjestelmät ja bussiliikenteeseen perustuvan paketinkuljetusjärjestelmän. Matkahuollon pakettijärjestelmä perustuu bussiliikenteeseen, mutta yrityksen kautta paketteja on myös mahdollista lähettää ympäri maailman. Matkahuollon liikevaihto on n. 90 miljoonaa euroa. Yritys pyrkii kehittämään palveluitaan koko ajan digitaalisempaan ja monikanavaiseseen suuntaan. Matkahuolto työllistää 700 työntekijää. (Matkahuolto 2020.)

2.6 DB Schenker

DB Schenker on Euroopan johtava maakuljetusten tarjoaja. Yritys tarjoaa logistiikkapalveluita myös maailmanlaajuisesti. Schenker tarjoaa kaupan sekä teollisuuden asiakkaille maakuljetuksia, lento- ja merirahtipalveluja, sopimuslogistiikan ratkaisuja ja toimitusketjun hallintaa. Schenkerilla on n. 2 100 toimipistettä eri puolilla maailmaa ja yli 76 900 työntekijää. Yrityksellä on vuodessa n. 107 130 000 lähetystä Euroopan maakuljetuksissa, yli 1 180 000 tonnia vientiä lentorahtina sekä yli 2 290 000 TEU -konttiyksiköllistä merirahtia. Sopimuslogistiikan puolella Schenkerin 750 varastossa ympäri maailmaa on yli 8 miljoonaa neliometriä tilaa yli 50 maassa. Schenkerin strategian tarkoituksena on

haastaa logistiikka-alan nykytilannetta ja yhdistää taloudellinen menestys, yhteiskunta-vastuu ja ympäristönsuojelu. Yrityksen tavoitteena on olla esimerkkinä hiili- ja energiate-hokkuudessa sekä vähentää muita päästöjä, kuten melua. (DB Schenker, tietoa meistä, 2020.)

3 VIIMEINEN MAILI

Viimeinen maili on nimensä mukaisesti kuljetusketjun viimeinen lenkki, ja se tarkoittaa ihmisten ja tavaroiden liikuttamista kuljetuskeskuksesta lopulliseen määränpäähänsä (kuva 1). Viimeinen maili aiheuttaa yrityksille ongelmia kuljetusten lisääntyvä määrän sekä nopean ja edullisen kuljetuksen tarpeen suhteen. Yritysten on pystyttävä vastaamaan näihin haasteisiin, ja siksi ne etsivätkin jatkuvasti tapoja pienentää kuljetuskustannuksia. (Onfleet 2020.)

Tässä opinnäytetyössä käytettyjen todellisen maailman tapauksissa olevilla ruokakuljetuksilla on haasteena ainakin aikataulut. Ruoan on oltava perillä ruokailu-aikaan ja oikeassa tarjoilulämpötilassa. Kotiruokapalvelun tapauksessa ongelmana ovat suhteellisen pieni kuljetettavan tavarain arvo, kotoaan poissa olevat asiakkaat ja parkkipaikkojen puute.

Viimeisen mailin yleinen pulma ovat ristiin menevät tarpeet. Kuluttajat haluavat tilauksensa nopeasti ja halvalla, mutta yrityksille viimeinen maili on kallein ja aikaa vievin kuljetusketjun osa, jopa 53 % kuljetuskustannuksista. Kaupunkien ulkopuolella viimeisen mailin ongelmat eivät ole ruuhkat tai parkkipaikkojen puute, vaan pitkät toimitusmatkat. (Onfleet 2020.)



Kuva 1. Kuljetuksen eri vaiheet (Merchants Fleet 2020.)

4 SÄHKÖAUTO

Sähköautot jaetaan kahteen päätyyppiin: täyssähköautoihin sekä ladattaviin hybridiautoihin. Täyssähköauton voimanlähteenä toimii ainoastaan sähkömoottori, kun taas hybridiautosta löytyy lisäksi polttomoottori. Sähköautossa liikkumiseen tarvittava energia varastoidaan polttoainetankin sijaan akkuihin. Ajoneuvon toimintamatka riippuu suurilta osin akuston kapasiteetista. Akustojen kapasiteetit vaihtelevat välillä 20–95 kWh, joista pienimmällä päästään noin 150 kilometriä ja isoimmilla jopa yli 500 kilometriä. (Motiva 2020, sähköautot.)

4.1 Sähköajoneuvon hyödyt ja haitat

Sähköauton hyödyntäminen alentaa käyttökustannuksia ja mahdollistaa ympäristön kannalta kestävän toimintasuunnan. Sähköautossa ei ole öljynvaihto tai vaihteistohuoltolasuja. Lisäksi tankkauskustannukset jäävät pois, koska sähkö tietenkin maksaa, joten täysin ilmaista sähköautolla ajaminen ei kuitenkaan ole. Ajoneuvon ajosta syntyvät päästöt ovat nolla, mutta todellisuudessa sähköauton päästöt riippuvat sähkön valmistustavasta. (Nissan 2016, E-NV200 esite.)

Sähköauto on myös hiljaisempi kuin polttomoottorikäyttöinen, ja päästöttömyyden ansiosta sillä on mahdollista ajaa vaikka sisätiloissa. Sähköautoa voidaan hidastaa tavallisten jarrujen lisäksi sen omalla moottorilla, jolloin moottori toimii generaattorina ja palauttaa osan jarrutusenergiasta takaisin käyttöön. Tämä parantaa auton taloudellisuutta. (Nissan 2016, E-NV200 esite.)

Dieselautosta poiketen sähköauton tapauksessa ei tarvitse huolehtia oikeanlaatuisen polttoaineen tankkauksesta vuodenaikaan nähden, eikä ole vaaraa väärän laatuisen polttoaineen jäämisestä tankkiin, jos auto joutuisi seisomaan pidempiä aikoja. Sähköauton akuston varaus kuitenkin heikkenee pidemmän ajamattoman ajan aikana, joten latauksesta ennen liikkeelle lähtöä on muistettava huolehtia. (Nissan 2016, E-NV200 esite.)

Motivan mukaan sähköautojen energiatehokkuus on polttomoottoriautoja parempi, sillä henkilöautot tarvitsevat tyypillisesti vain 10–15 kWh/100 km, kun taas 5 l/100 km kuluttava diesel tarvitsee energiaa 50 kWh/100 km ja 8 l/100 km kuluttava bensiiniauto 72

kWh/100 km. (Motiva 2020, sähköautot.) Motivan ilmoittama sähköauton kulutus on todennäköisesti liian alhainen, sillä ADAC:in testissä (liite 1) vähiten kuluttava sähköauto oli Hyundai IONIQ Elektro, jonka todellinen keskipulutus oli 16,3 kWh/100 km. Testissä mitattu korkein kulutus oli 27,6 kWh, joten olisi perusteltua sanoa sähköautojen kuluttavan tyypillisesti noin 15–25 kWh/100 km, joka on kuitenkin alle puolet dieselauton energiantarpeesta. (Motiva 2020, sähköautot.)

Sähköautojen huonona puolena mainittakoon polttomoottoriautoja alhaisempi toimintasäde, joka vaihtelee 150–500 kilometrin välillä, kun taas 50 litralla polttoainetta dieselautolla pääsee n. 1 000 kilometriä ja bensiiniautollakin noin 600 kilometriä. (Motiva 2020, sähköautot.)

4.2 Ympäristövaikutukset

Sähköautoilu pienentää henkilöautoilun päästöjä ja energiankulutusta. Sähköauto on hyödyllisimmillään kaupunkiliikenteessä, jossa päästöttömän ajon edut ovat suurimmillaan. Sähköauto on ajon aikana päästötön riippumatta ulkolämpötilasta tai liikennetilanteesta, kun taas polttomoottoriauton haitalliset päästöt kasvavat ruuhka-ajossa ja kylmäkäytössä. Sähköautolla ajamisen ympäristövaikutukset riippuvat käytetyn sähkön tuotantotavasta. (Motiva 2017, sähköauton ostajan ABC.) Sähköauton käyttämän sähkön elinkaaripäästöt ovat noin 30 g CO_{2eq}/km (JEC WTW v5 2020, 27.)

4.3 Huolto

Pääsääntöisesti sähköauton huolto on noin puolet halvempaa kuin dieselauton (taulukko 1). Tämä johtuu siitä, että monet huoltotoimenpiteet, joita diesel tarvitsee, jäävät pois. Huoltoväli on molemmilla kuitenkin sama, ainakin Nissanin tapauksessa. Huoltovälin pituus on 12 kuukautta tai 30 000 kilometriä, riippuen siitä, kumpi tulee ensin täyteen. Kuluvat osat kuten nivelet, pyyhkijät ja jarrujen osat, ovat molemmissa samat, ja niitä vaihdetaan tarpeen mukaan. Huomionarvoista kuitenkin on, että dieselmalli kuluttaa enemmän jarruja regeneratiivisen jarrituksen puuttuessa, joten niiden vaihto tulee tarpeeseen useammin. Dieselauton 60 kk/150 tkm huoltoon on laskettu lisäksi jakohihna, vesipumppu ja apulaitehihna, joiden vaihtoväli on 150 000 km / 6 vuotta. Ne aiheuttavat noin 600 €:n lisäkustannuksen. (Lesonen 2020.)

Taulukko 1. Nissanin huoltohinnat. (Lesonen 2020.)

Huolto	Hinta sähköauto E-Nv200 (€)	Hinta diesel NV200 Euro5 (€)
12 kk / 30 000 km	242	494
24 kk / 60 000 km	296	595
36 kk / 90 000 km	346	667
48 kk / 120 000 km	308	789
60 kk / 150 000 km	346	noin 1200

4.4 Hankintahinta ja verotus

Sähköauto on hankintahinnaltaan poikkeuksetta vastaavaa diesel käyttöistä autoa kalliimpi. Toisaalta sähköauton vuotuiset ajoneuvoverot ovat huomattavasti diesel autoa pienemmät, noin kolmasosan diesel auton veroista. Yksityishenkilöillä on myös mahdollisuus 2000 euron sähköauton hankintatukeen, mutta yrityksille ei ole tarjolla tällaista tukea. (Suomi.fi 2020.) Alla olevasta taulukosta voidaan päätellä sähköauton hankintahinnan olevan 1,5 kertainen vastaavaan diesel autoon verrattuna (taulukko 2).

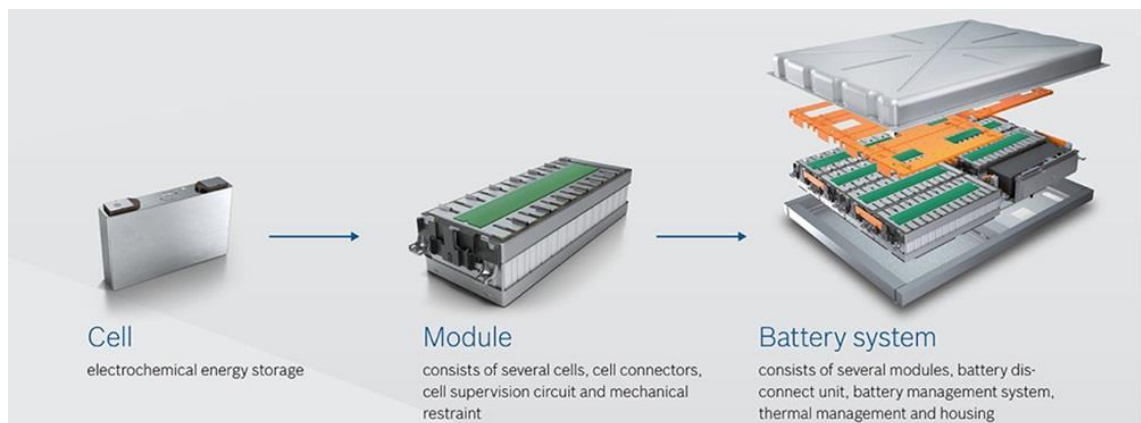
Taulukko 2. Ajoneuvojen hinnat. (Autotie 2020.)

Ajoneuvo	Käyttövoima	Verollinen hinta (€)	Ajoneuvovero (€ / vuosi)
Nissan e-NV200 Van A/T Comfort 40 kWh	Sähkö	39 279,43	196,17
Nissan NV200 Van 1,5dCi 90 5MT Comfort	Diesel	23 425,42	572,05
Nissan NV250 80hp L1H1 6MT Blind SSD Blind FD Comfort 2 Seats	Diesel	23 649,29	601,70
Renault Kangoo Z.E. Power+ 3m3, 33 kWh	Sähkö	32 190,00	190,68
Renault Kangoo Express dCi 95 3m3	Diesel	24 990,00 €	601,70
Citroen ë-Jumpy 50 kWh 136 M	Sähkö	44 592,69	229,11
Citroen Jumpy BlueHDi 100 M	Diesel	29 876,72	846,19

4.5 Akusto

Sähköauton akusto on suunniteltu siten, että sen pitäisi kestää koko auton eliniän. Esimerkiksi vantaalaisessa taksi Teslassa olleet akut kestivät n. 600 000 kilometriä, ennen kuin akusto jouduttiin vaihtamaan. (Helsingin uutiset 2019.) Sähköautojen akuille luvattu takuu riippuu auton merkistä. Kuitenkin molemmat testissä olleet merkit: Nissan ja Renault lupaavat E-NV200 ja vastaavasti Kangoo Z.E. autojen akuille 8 vuoden tai 160 000 kilometrin takuun. (Renault Suomi 2020, takuu.) (Nissan 2014, E-NV200.)

Sähköauton akusto ei ole yksi iso kokonaisuus, vaan se koostuu useammista pienistä moduuleista (kuva 2), joita on mahdollista vaihtaa yksitellen korjaustarpeen yllättäessä. Tällöinkin akun korjaus on suhteellisen kallis toimenpide, sillä akkupaketti joudutaan kuitenkin irrottamaan. Akkujen elinkaarta pidentää se, että autoista poistettuja akkuja voidaan hyötykäyttää jälkepäin energiavarastoina teollisuudessa. (Ekoautoilu.fi 2019.)



Kuva 2. Akuston rakenne (Jmexclusives 2020.)

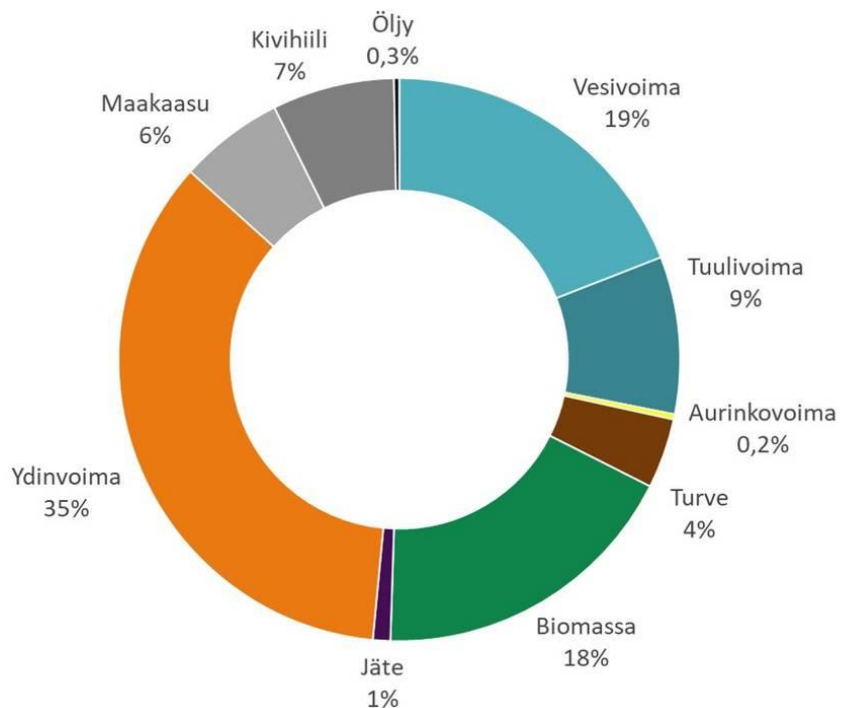
5 SÄHKÖNTUOTANTO JA HANKINTA SUOMESSA

Koska sähköauton ympäristövaikutukset riippuvat sähköntuotantotavasta, käsittelen tässä kohtaa yleisimpiä sähköntuotantotapoja Suomessa.

Suomessa sähkö tuotetaan useimmiten ydin-, tai vesivoimalla tai biopolttoaineilla (kuvio 1). Biomassa sisältää metsätalouden jäännösmateriaalit, puunjalostuksen jäännöstuotteet ja nopeakasvuisista istutuksista tuotetun energian, myös hake ja pelletit kuuluvat tähän kategoriaan. Lisäksi biomassasta tuotetaan biokaasua ja biometaanua, jota voidaan käyttää sähköntuotannossa. (Vattenfall 2020, biomassa.)

Vuonna 2020 Suomessa tuotetun sähkön uusiutuvien energianlähteiden prosenttiosuus on ollut 49 %, ydinvoiman 35 % ja fossiilisten vain 17 %. Sähköntuotannon keskimääräiset elinkaari CO₂ päästöt ilman biotuotannon päästöjä vuonna 2020 ovat olleet 70 g CO_{2eq}/kWh. (Energiateollisuus 2020, sähköntuotannon polttoaineet ja CO₂-päästöt.)

Suomeen tuodusta sähköstä vuoden 2019 tilaston mukaan oli 14 % vesivoimaa, 27 % ydinvoimaa ja 13 % puupolttoaineilla tuotettua. Tuodun sähkön osuus kaikesta käytetystä sähköstä oli 23 %. (Tilastokeskus 2019, sähkön hankinta energialähteittäin.)



Kuvio 1. Sähkön tuotanto Suomessa 2019. (Energiateollisuus 2019.)

5.1 Ydinvoima

Ydinvoimalaitoksen tuotanto perustuu ketjureaktioon, jossa ydinreaktorissa vaeltavat neutronit saavat uraaniatomit halkeamaan. Tällaisessa reaktiossa vapautuu energiaa, sekä uusia neutroneja, jotka jatkavat reaktiota. Reaktion tuottama energia vapautuu lämpönä, joka vuorostaan sähköksi turbiinin pyörittämässä generaattorissa. Ydinreaktion tuottama energia siis ei ole peräisin palamisreaktiosta, joten käytön aikana ei synny hiilidioksidipäästöjä.

Elinkaaripäästöjä tarkastellessa ydinvoima on yhtä vähäpäästöinen, kuin tuulivoima ja näin ollen toiseksi vähäpäästöisin sähköntuotantomuoto. Ydinvoiman elinkaaripäästöt sisältävät tarkastelussa: voimalan rakentamisen, ylläpidon, käytöstä poiston, uraanin louhinnan, polttoaineen valmistuksen sekä ydinjätteen loppusijoituksen. (Ilmasto-opas 2019.) Ydinvoiman elinkaaren yli laskettu ominaishiilidioksidipäästö on 12 g CO_{2eq}/kWh (Schlömer S., T. Bruckner, ym. 2014, s.1335.)

Maailmalla ydinvoimaloiden yhteenlaskettu kapasiteetti on yleisesti ottaen kasvamassa, vaikka esimerkiksi Saksa on päättänyt luopua ydinvoimasta vuoteen 2022 mennessä. (Ilmasto-opas 2019.)

5.2 Vesivoima

Vesivoima on uusiutuva energianlähde, joka tuottaa vain vähäisiä CO₂ päästöjä. Vesivoimassa energia tuotetaan nimensä mukaisesti hyödyntämällä kahden eri vesipinnan välistä korkeuseroa. Vesi johdetaan turbiinin läpi, joka puolestaan pyörittää sähköä tuottavaa generaattoria. Vesivoimalan energian tuotto riippuu mahdollisesta putouskorkeudesta.

Vaikka vesivoima on päästötöntä ja jätteetöntä, täysin ympäristövaikutuksetonta se ei kuitenkaan ole. Padot ja säännöstelyaltaat aiheuttavat paikallisia ongelmia. Padot estävät kalojen liikkumista ja lisäksi vesistöjen säännöstely aiheuttaa vaihtelua veden pintoihin ja virtaamiin. (Vattenfall 2020, vesivoima.) Vesivoiman elinkaaripäästöt ovat 24 g CO_{2eq}/kWh. (Schlömer S., T. Bruckner, ym. 2014, s.1335.)

5.3 Fossiiliset polttoaineet

Fossiilisia eli uusiutumattomia polttoaineita ovat: öljy, maakaasu ja kivihiili. Fossiilisten polttoaineiden käyttö perustuu niiden hinnan, kuljetettavuuden, varastoinnin, sekä jakelun edullisuuteen ja helppouteen. Fossiiliset polttoaineet kuitenkin aiheuttavat haittoja niiden tuotantoketjun kaikissa vaiheissa. Niiden hankinta on vaarallista, sekä ympäristöä kuormittavaa, lisäksi fossiilisten polttoaineiden palaessa syntyy aina hiilidioksidia. (Peda.net, energialähteet.) Hiilivoimalla tuotetun sähkön elinkaaripäästöt ovat sähkön-tuotantotavoista korkeimmat 820 g CO_{2eq}/kWh. Maakaasulla päästöt ovat 490 g CO_{2eq}/kWh (Schlömer S., T. Bruckner, ym. 2014, s.1335.)

6 DIESELPOLTTOAINE

Dieselpolttoainetta valmistetaan raakaöljystä öljynjalostamoissa. Dieselin eräänä etuna on, ettei kulutus nouse kaupunkiajossa tai talvella yhtä paljon kuin muilla polttoaineilla. Dieseliä käytettäessä käyttäjän täytyy kuitenkin huolehtia oikeanlaatuisen polttoaineen tankkaamisesta vuodenaikaan nähden. Dieselpolttoaineella on fossiilisten polttoaineiden pienin CO₂ g/km lukema ja näitä päästöjä on edelleen mahdollista pudottaa käyttämällä uusiutuvaa- tai biodieseliä. Minkä tahansa dieselin polttaminen moottorissa kuitenkin tuottaa myös pieniä määriä hiilimonoksidi-, hiilivety-, sekä polttoainehaihtumapäästöjä. Dieselautojen kustannuksia nostaa vuosittain perittävä käyttövoimavero. (Motiva 2020, diesel.)

Bio- ja uusiutuvan dieselin lisäksi esimerkiksi St1 ketjulla on olemassa RED95 etanolidiesel, mutta se ei sovi käytettäväksi perinteisessä dieselmoottorissa, eikä etanolidieselmoottorissa voi käyttää perinteistä dieselpolttoainetta. Suomessa etanolidieselin käyttö on erittäin vähäistä. (Scania, RED95.)

Fossiilisen dieselpolttoaineen well-to-wheel elinkaaripäästöt ovat suuruusluokkaa 125 g CO_{2eq}/km. (pienelle henkilöautolle). (JEC WTW v5, 2020). Diesel litran energiasisältö vaihtelee välillä 35–37 MJ eli 9.7-10.3 kWh, sillä uusiutuvien sekä uusimpien fossiilisten laatujuen energiasisältö on pienempi kuin vanhemman tyyppisten. (NSW, 2016.)

6.1 Biodiesel

Biodiesel on perinteistä biopohjaista dieseliä eli rasvahapon metyyliesteriä (FAME). Rypsiöljystä valmistettua biodieseliä kutsutaan RME:ksi. Nämä biodieselit eroavat kemialliselta koostumukseltaan niin fossiilisesta kuin uusiutuvastakin dieselistä. Biodieselin valmistuksessa lopputuotteen ominaisuudet ovat riippuvaisia käytetyistä raaka-aineista.

FAME-tyyppistä (Fatty Acid Methyl Ester) biodieseliä saa käyttää dieseltuotteissa maksimissaan 7 prosentin pitoisuutena, sillä sen lisääminen fossiilisen dieselin sekaan huonontaa mm. pitkäaikaissäilyvyyttä. Toisena huonona puolena biodieselillä on rajalliset kylmäominaisuudet, esimerkiksi rypsiä valmistetun biodieselin samepiste, eli alin varastointilämpötila on noin -5 astetta. (Neste, 2020.) Biodieselin elinkaaripäästöt ovat fossiilista dieseliä pienemmät 70 g CO_{2eq}/km (pienelle henkilöautolle). (JEC WTW v5, 2020.)

6.2 Uusiutuva diesel

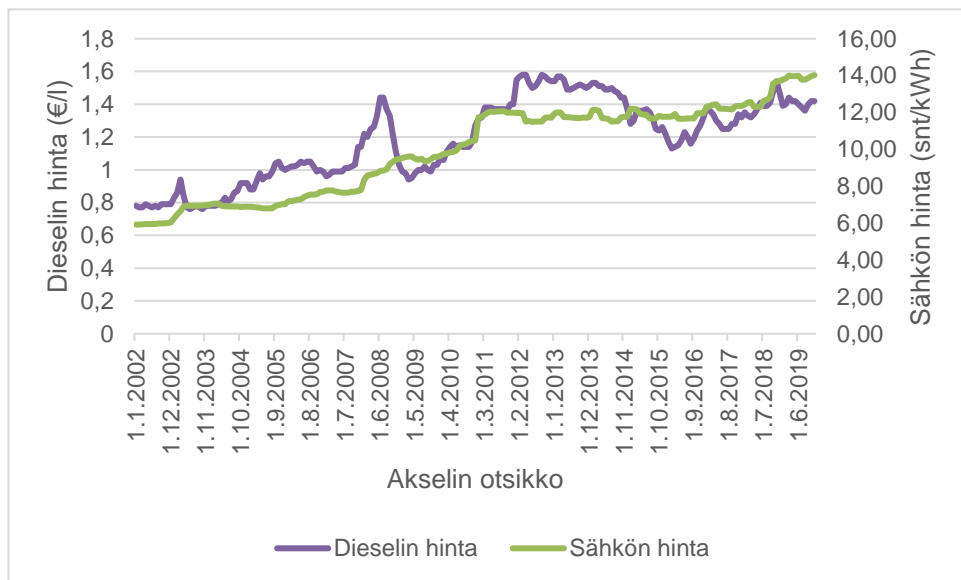
Eri polttoaine-yhtiöillä on omat nimityksensä uusiutuvasta dieselistä. Neste käyttää uusiutuvasta dieselistään nimitystä Neste MY, joka valmistetaan Nesteen patentoimalla NEXBTL- teknologialla. Nesteen uusiutuvan dieselin raaka-aineina käytetään kasvisöljyjä sekä erilaisia jätteitä, sekä tähteitä. Uusiutuvan dieselin laatu on sama riippumatta valmistuksessa käytettävästä raaka-aineesta. Sen käytölle ei ole rajoitteita, sillä se on koostumukseltaan fossiilisen dieselin kaltaista. Tämä tarkoittaa siis sitä, että uusiutuvaa dieseliä voidaan sekoittaa vapaasti fossiilisen dieselin kanssa. Uusiutuvan dieselin lisääminen fossiiliseen dieseliin parantaa mm. seoksen kylmäominaisuuksia.

Uusiutuvalla dieselillä on hyvä pitkäaikaissäilytettävyyys, sillä sen kyky liottaa vettä itseensä on rajallinen. Uusiutuvan dieselin samepiste voi olla jopa -34 °C . Uusiutuvalla dieselillä on korkea polttoaineen syttymisherkkyttä kuvaava setaaniluku. Tämä mahdollistaa moottorin helpomman kylmäkäynnistyksen ja vähentää päästöjä.

Uusiutuva diesel palaa erittäin puhtaasti. Sen käyttö pienentää polttoaineen elinkaaren aikaisia kasvihuonepäästöjä jopa 90 %. Neste MY-diesel ei sisällä lainkaan rikkiä tai aromaattisia hiilivetyjä ja sen käyttö vähentää myös hiukkas-, hiilivety ja typenoksidipäästöjä. Tämän ansiosta myös dieselmoottorin hiukkassuodatinta tarvitsee puhdistaa harvemmin, jolloin sen käyttöikä kasvaa. (Neste, 2020.) Uusiutuvan dieselin elinkaaripäästöt ovat todella alhaiset, parhaimmillaan n. $20\text{ g CO}_{2\text{eq}}/\text{km}$ pienelle henkilöautolle. Uusiutuvan dieselin aiheuttamat elinkaaripäästöt riippuvat käytetystä raaka-aine-erästä. (JEC WTW v5 2020.)

7 DIESELIN JA SÄHKÖN HINTAKEHITYS

Lyhyesti tutkailtuna sekä sähköenergian, että dieselin hinnat ovat olleet nousussa (kuvio 2). Kuvaajasta nähdään, että vuosien 2002 ja loppuvuoden 2019 välillä sähkön siirron, energian ja verojen yhteenlaskettu hinta on noussut 5,92 snt/kWh:sta 14,02 snt/kWh:iin eli 37 %. Dieselin pumppuhinta on noussut samalla aikavälillä 0,77 €/l:sta hintaan 1,42 €/l vastaavasti hinnan nousua 84 %. Tästä voidaan päätellä, että vaikka molemmat kallistuvat dieselin hinta kohoaa kuitenkin nopeammin. Tämä taas puolestaan puoltaa sähköautoon siirtymistä.



Kuvio 2. Dieselin (Tilastokeskus 2020, bensiinin ja dieselin hintakehitys) ja sähköenergian hinnan muutokset. (energiavirasto 2019, sähköenergian ja siirron hinnan kehitys).

8 TIEDONKERUU JA KOEJÄRJESTELYT

8.1 NRGKick

Nissan E-NV200:aa ja Renault Kangoo Z.E:tä ladattiin NRGkick laitteella (kuva 3). Latausjohdossa olevaa NRGkick laitetta voidaan käyttää minkä tahansa sähköauton kanssa. Laite on tavallista 10 ampeerin laturia tehokkaampi, sillä se kykenee antamaan autolle, laitteen mallista riippuen jopa 32 Ampeerin kolmivaihe virran, ollen näin jopa kymmenen kertaa nopeampi. Kaikki autot eivät kuitenkaan tue tällaista suuren virran pikalatausta.



Kuva 3 NRGkick-laite Turun AMK:n tiloissa.

Laite itsessään on mukana kuljetettava ja säänkestävä. Siinä on sisäänrakennettu vikavirtasuoja ja vaihdettavien latauspäiden tunnistin, joten väärän latausvirran valinnan mahdollisuutta ei ole. Laitteessa on sisäänrakennettu kulutetun latausenergian mittaus ja kolmen viimeisen latauskerran muisti.

NRGkick laitteelle on olemassa saman niminen ilmainen kännykkäsovellus. Sovellus yhdistää kännykän laitteeseen bluetoothin avulla. Sovelluksella saadaan luettua tietoja

auton latauksesta. Sovellus kykenee myös laskemaan mm. sähkön hinnan, jos siihen syötetään oikeat arvot. (NRGKick, 2020.)

8.2 Nissan E-NV200:n Koejärjestelyt ja tiedonkeruu

Attendon testissä käytetty Nissan E-NV200 auto oli ensimmäisen generaaation ja vuoden 2017 malli. Autoa testattiin ruoan laatikkokuljetuksissa. Reitti kulki Attendon Katariinan puiston keittiöstä Attendon Kutomokotiin. Ruokaa joudutaan kuljettamaan, koska Kutomokodissa sitä ei valmisteta. Ennen kokeilua ruokaa on kuljetettu perinteisellä diesel pakettiautolla henkilökunnan toimesta.

Koeautoa säilytettiin ja ladattiin yön aikana Turun AMK:n autolaboratorion lämpimissä tiloissa Joukahaisenkadulla. Toisinaan ajoneuvoa jouduttiin siirtämään viereiseen kylmään parkkihalliin opetustuntien tieltä. Koeajoneuvon akut pyrittiin lataamaan aina täyteen, mutta toisinaan liikkeelle lähtiessä virtaa saattoi puuttua 1–2 % edellä mainitun siirron vuoksi.

Ajoreitti pysyi muuttumattomana lähes koko kokeilun ajan, vain kaksi viimeistä ajopäivää sisälsivät ylimääräisen kuljetuskohteen Attendon Koivulan yksikössä. Ajaminen suoritettiin hyödyntäen ajoneuvon regeneratiivista jarrutusmoodia B, mutta ilman eco-asetusta. Ajoneuvosta ei sammutettu virtoja lastauksen tai purkamisen ajaksi, sen kestäessä vain muutamia minuutteja. Ajotapana käytettiin suhteellisen ennakoivaa ja neutraalia ajamista, taloudellisuuteen ei kiinnitetty erityistä huomiota. Ajotapa pysyi muuttumattomana koko testin ajan. Nissan Nv200 autosta saatiin kerättyä laajalti tietoa auton omilla

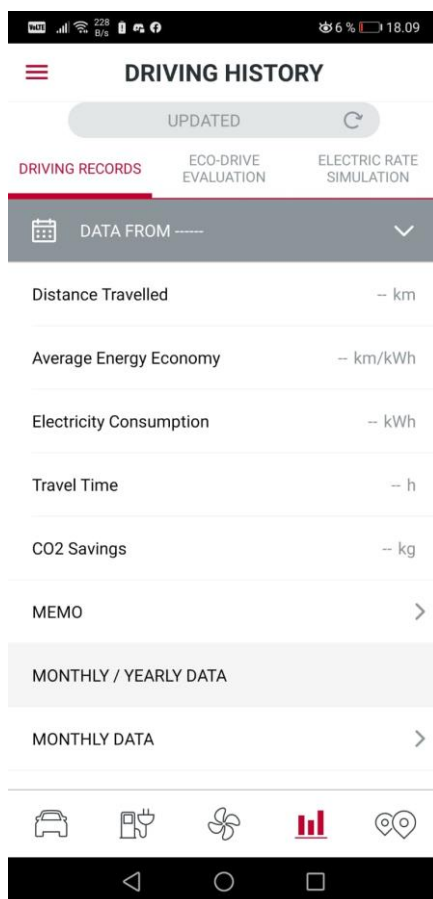
järjestelmillä. Ajotietokoneesta (kuva 4) luettiin keskikulutus, matka, akunvaraus ja re-generoitu energia.



Kuva 4. Nissan E-NV200:n Ajotietokoneen näyttö

Todellisen ladatun energian tiedot kerättiin auton laturiin liitetyllä Technoline RT-110 kulutusmittarilla, sekä myöhemmin voimavirtalaturin omalla NRGKICK applikaatiolla. Tarkempien tietojen keräämiseksi olisi kuitenkin tarvittu mahdollisuus käyttää Nissanin Carwings järjestelmää tai OBD lukulaite ja siihen toimiva kolmannen osapuolen sovellus esimerkiksi Leaf spy.

Carwings järjestelmä mahdollistaa auton tietojen lukemisen etänä kännykän näytöltä (kuva 5). Järjestelmä kuitenkin tarvitsee toimivan internetyhteyden Nissanin tietokeskukseen ja tämä yhteys ei toiminut yrityksistä huolimatta. Auton omien kulutustietojen voidaan kuitenkin olettaa olevan riittävän tarkkoja testin tuloksen saamiseksi.

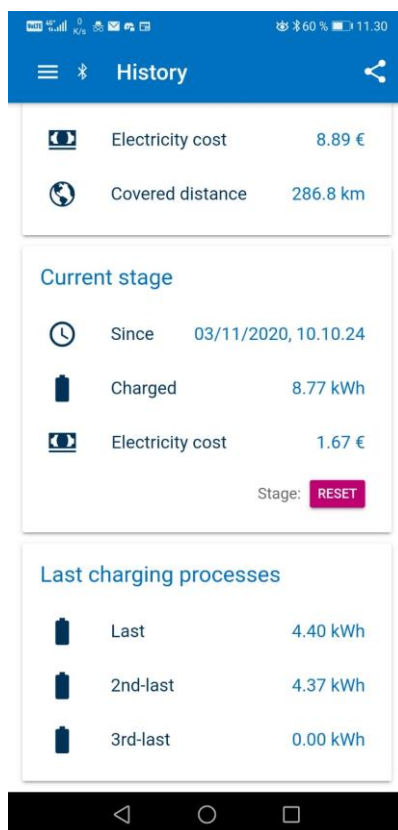


Kuva 5. Nissan EV sovellus Carwings järjestelmälle

8.3 Renault Kangoo Z.E:n Koejärjestelyt ja tiedonkeruu

Testissä oli käytössä Renault Kangoo Z.E:n 2019 vuosimallin Maxi versio 4m³ tavaratilalla. Jakelukokeilu tehtiin yhteistyössä Ay Kotiruokapalvelu Hemmat Öb:n kanssa. Kokeilu sisälsi ruoka-annosten kuljetusta yksityishenkilöille. Kohteiden välinen etäisyys oli keskimäärin noin 0,73 km. Ajoneuvo sammutettiin kohteessa. Ruokaa jaettiin neljänä päivänä viikossa 17–25 kohteeseen Turun alueella neljän viikon ajan. Nissanin tavoin myös Renault lähti liikenteeseen Turun ammattikorkeakoulun autolaboratorion lämpimistä tiloista yön aikana täyteen ladattuna. (Allonen 2020.)

Myös Renault Kangoosta kerättiin kulutustiedot auton omasta ajotietokoneesta. Päivittäisiä mittauksia olivat aikataulu, kilometrit, kohteiden lukumäärä, kulutus, keskkulutus, keskinopeus, sekä lämpötila. Lämpötila tarkastettiin kello 11:00 Turun yliopiston sääaseman internet sivuilta. Lisäksi lyhyemmällä aikavälillä tehtiin arvioita pysäköinneistä, mitattiin kohteiden väliset etäisyydet, sekä niiden välissä ja niissä kulunut aika. Lataustiedot saatiin NRGkick sovelluksesta (kuva 6). (Allonen 2020.)

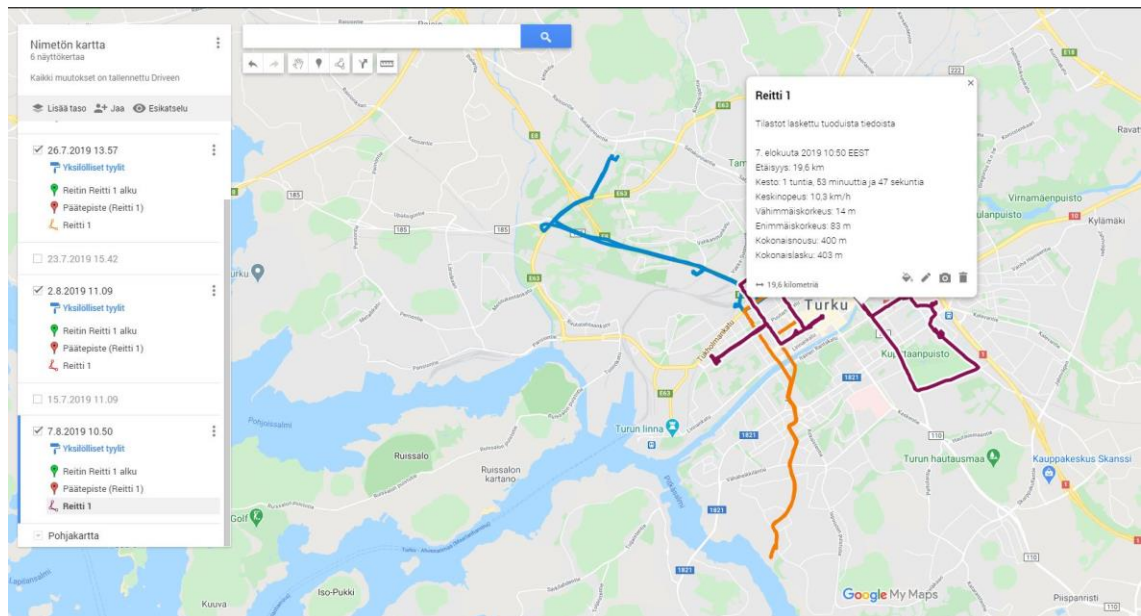


Kuva 6. NRGKick sovellus.

8.4 Renault Twizy:n koejärjestelyt ja tiedonkeruu

Renault Twizyllä ajettiin matkahuollon pakettirahtia Turun alueella. Autoon liitettiin Modularboxin valmistama peräkärry. Yhdistelmällä ajettiin toukokuun lopusta elokuun puoleenväliin yhteensä kuutenakymmenenä päivänä. Kuljetusten aikana ajokilometrejä kertyi 2300 ja asiakaspaikkoja 541. Paketit noudettiin matkahuollon Turun Läntisen Pitkädun toimipisteestä ja toimitettiin asiakkaille. (Huhtamaa 2020.)

Ajoreiteista kerättiin tietoja Sports Tracker ohjelmalla. Nämä kerätyt reitit on mahdollista siirtää esim. Google Mapsiin myöhempää tarkastelua varten. Kuvassa (kuva 7) näkyy esimerkin vuoksi muutaman päivän reittejä lisättynä Mapsiin.



Kuva 7. Twizyn ajoreittejä lisättynä Google mapsiin.

Kuvassa on avattuna 07.08.2019 kello 10.50 aloitetun ajon tiedot. Tiedoista saadaan luettua mm. kuljettu matka, sekä keskinopeus. Autosta ei kerätty kulutus- tai lataustietoja, joten suoraa vertailua käytettyihin pakettiautoihin ei voida tehdä.

8.5 Velove Armadillo:n koejärjestelyt ja tiedonkeruu

Velove Armadillolla ajettiin DB Schenkerin pakettirahtia Turun keskustan alueella. Schenker on tuonut sähköavusteisia rahtipyöriä käyttöön Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Saksassa, Ranskassa ja Itävallassa. Turussa pyörällä ajettiin kesän 2019 aikana pääasiassa verkkokaupan ostoksia ja muita pieniä lähetyksiä DB Schenkerin noutopisteisiin ja yrityksiin. Rahtipyörän City hub toimi Lemminkäisenkadulla.

Armadillolla ajettiin yhteensä 2000 kilometriä ja kuskattiin 866 lähetystä, yhteispainoltaan 4200 kg. Pyörällä kuljettujen lähetysten keskiarvopaino oli 5Kg ja päivässä kuljettiin keskimäärin 14 lähetystä. (DB Schenker 2019, DB Schenker laajentaa rahtipolkupyörien käyttöä Suomessa.) Tietojen keruusta ei ole tarkempaa tietoa.

9 TESTITULOKSET

9.1 Ladatun ja käytetyn energian suhde

Alla olevan taulukon (taulukko 3) mukaisesti E-NV200 auton keskekulutus vaihteli välillä 16,8–24,9 kWh/100 km. Keskekulutukseen vaikuttivat liikenneolosuhteet, ilman lämpötila, sekä luultavasti kuljettajan yleinen vireystila, rahdin määrän likipitään samana. Höyötysuhde on laskettu oheisista arvoista käyttäen kaavaa 1, missä η =höyötysuhde, W_2 =kulutettu energia, W_1 =Ladattu energia.

$$\eta = \frac{W_2}{W_1}$$

Kaava 1. Höyötysuhde (Wikipedia 2020, höyötysuhde.)

Käytetyn ja ladatun energian höyötysuhde vaihteli välillä 64–79 % eli häviöitä syntyi 36–21 %. 230V laturi vaihdettiin NRGkick voimavirta laturiin 28.10, tällä ei havaittu olevan vaikutusta saavutettuun höyötysuhteeseen. Häviöenergian keskiarvoksi saadaan 26 %, joka on jonkin verran korkeampi kuin vertailulähteessä. Saksalaisen autoliiton ADAC:in testissä häviöt vaihtelivat välillä 25–10 % automerkistä riippuen (liite 1). E-NV200 autoon vertailukelpoisella Nissan Leaf e+ autolla auton ilmoittaman ja ladatun energian erotus oli 17,62 %.

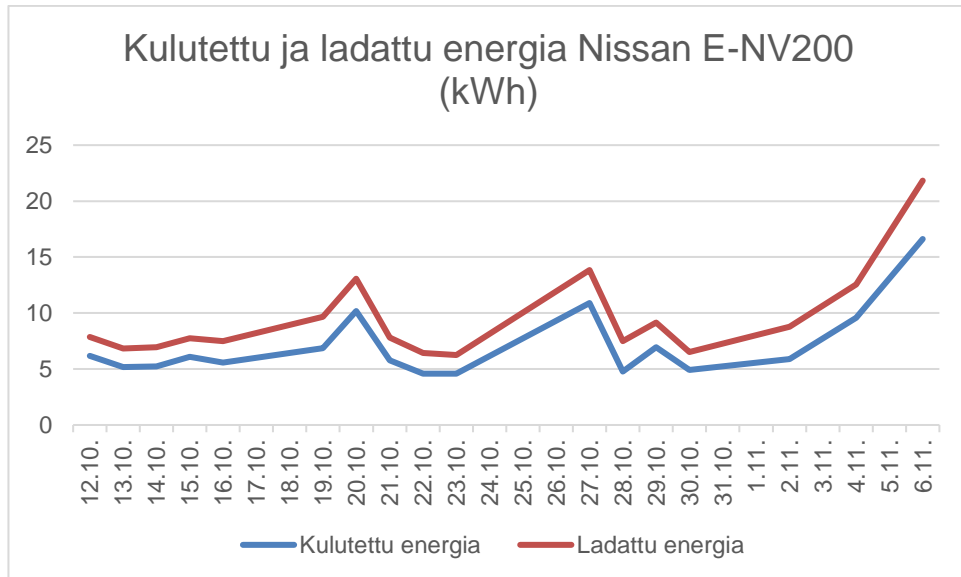
E-NV200 auton korkeampi hukkaprosentti voi johtua ainakin osittain siitä, että auton akkua ei ajettu tyhjäksi, vaan akun varaus jäi keskimäärin 70 % paikkeille. Toinen syy lukemien poikkeavuuteen voi selittyä auton antaman tiedon epätarkkuudesta.

ADAC ilmoittaa toisella sivulla e-Nv200 7-paikkaisen mallin mitatuksi kulutukseksi lataushäviöt mukaan lukien 28,1 kWh/100 km (ADAC, 2018, E-NV200 Evalia.) Kyseessä on uudempi 40 kWh malli. ADAC:in testeissä ajoneuvojen akut ajetaan tyhjiksi ennen lataamista ja tämän jälkeen täyteen lataus tapahtuu tyyppin 2 latauspistokkeella 22kW teholla (ADAC 2019, ecotest.) ADAC:in saama tulos on lähes vastaava, kuin mittauksien ladatun energian ja kuljetun matkan tiedoista laskettu keskiarvo 26,34 kWh/ 100 km. Tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina, sillä uudempi malli on lähes sama auto, vain 4 % painavampi kasvaneen akkukapasiteetin vuoksi. (EVcompare 2018, e-NV200.)

Taulukko 3. Nissan e-NV200:n tulokset.

Päivä- määrä	Kuljettu matka (km)	Keskikulutus (kWh/100 km)	Kulutettu ener- gia (kWh)	Ladattu energia (kWh)	Hyöty- suhde
12.10.	27,4	22,5	6,17	7,87	0,78
13.10.	27,4	18,9	5,18	6,82	0,76
14.10.	27,5	19	5,23	6,95	0,75
15.10.	27,3	22,3	6,09	7,76	0,78
16.10.	27,5	20,3	5,58	7,50	0,74
19.10.	27,5	24,9	6,85	9,66	0,71
20.10.	44,8	22,7	10,17	13,06	0,78
21.10.	27,7	20,8	5,76	7,80	0,74
22.10.	27,3	17,7	4,59	6,44	0,71
23.10.	27,3	16,8	4,59	6,25	0,73
26.10.	27,4	19,2	5,26	Tiedot puuttu- vat	-
27.10.	55	19,8	10,89	13,84	0,79
28.10.	27,4	17,4	4,77	7,50	0,64
29.10.	39,9	17,4	6,94	9,15	0,76
30.10.	27,3	18	4,91	6,51	0,75
2.11.	30,4	19,4	5,90	8,77	0,67
3.11.	27,3	17,9	4,89	Tiedot puuttu- vat	-
4.11.	51,5	18,6	9,58	12,55	0,76
5.11.	29	18,3	5,31	Tiedot puuttu- vat	-
6.11.	85,2	19,5	16,61	21,83	0,76
<i>Kes- kiarvo</i>		19,57			0,74

Alla olevasta kuvaajasta (kuvio 3) nähdään kulutetun ja ladatun energian suhde, koska käyrät noudattavat toisiaan, voidaan mittausvirheiden mahdollisuus sulkea pois.



Kuvio 3. E-NV200:n ladatun ja kulutetun energian suhde.

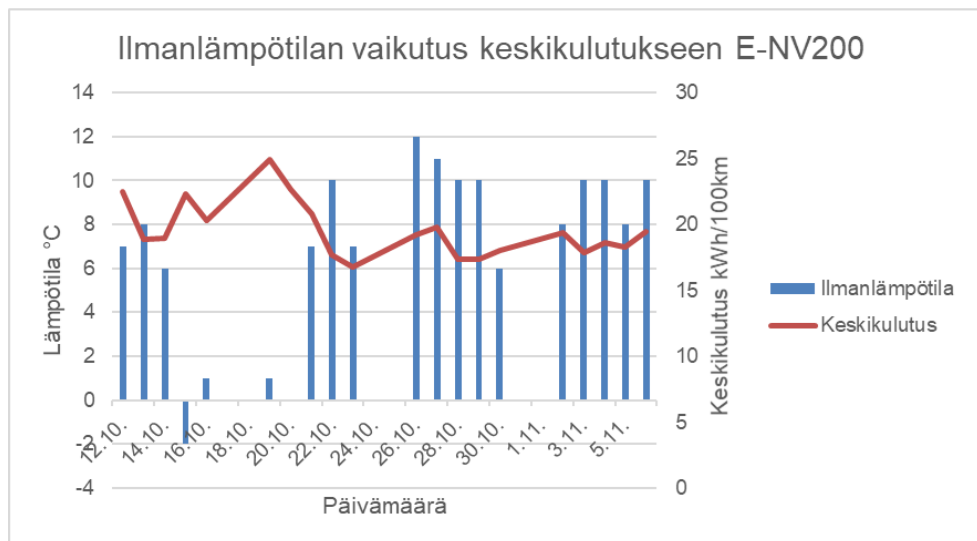
Alla olevasta taulukosta 4 nähdään Renault Kangoo Z.E:n saavutetut arvot. Kangoon hyötysuhteen keskiarvoksi muodostuu 87 %, joten hukkaenergiaa jää vain 13 %. On perusteltua olettaa tämän aiheutuvan pelkästään lataushäviöstä. On todennäköistä, että mm. ajoneuvon vakiovarusteena tuleva ilmalämpöpumppu tekee ajoneuvosta e-NV200 autoa taloudellisemman. Auton todellinen kulutus on näiden tietojen pohjalta laskettuna $(120,03/566,3 \text{ km}) * 100 \text{ km} = 22,2 \text{ kWh} / 100 \text{ km}$. ADAC:in testissä Kangoo Z.E. keskimääräinen todellinen kulutus oli $23,5 \text{ kWh} / 100 \text{ km}$. ADAC:in mitaama kulutus oli suurempi oletettavasti siksi, että auto oli vanhempaa mallia. (ADAC 2012, Renault Kangoo Z.E.)

Taulukko 4. Renault Kangoo Z.E:n mittaustulokset.

Päivämäärä	Ajettu matka km	Keskikulutus kWh/100 km	Käytetty energia kWh	Ladattu energia kWh	Hyötysuhde
7.10.	44,2	17,2	7,60	9,45	0,80
8.10.	48,4	19,7	9,53	11,42	0,83
12.10.	37	21,1	7,81	8,54	0,91
13.10.	40,8	18,5	7,55	8,71	0,87
14.10.	37,9	16,4	6,22	7,04	0,88
15.10.	48,7	22,8	11,10	12,58	0,88
19.10.	39,1	25	9,78	11,37	0,86
20.10.	34,6	24,8	8,58	10,14	0,85
21.10.	33,9	21,9	7,42	8,26	0,90
27.10.	82,5	22,8	18,81	21,44	0,88
29.10.	119,2	21,5	25,63	27,91	0,92

9.2 Lämpötilan vaikutus toimintamatkaan

E-NV200 auton testeissä kirjattiin ylös myös ulkolämpötilat (liite 2). Testissä tarkasteltiin ilmanlämpötilan vaikutusta kulutukseen ja havaittiin odotusten lämpötilalla olevan jonkinasteinen vaikutus keskikulutukseen. Ulkolämpötilat otettiin Accuweather palvelusta liikkeelle lähtiessä. Auton omaa lämpömittaria ei käytetty, koska ajoneuvo lähti liikkeelle lämpimistä sisätiloista.



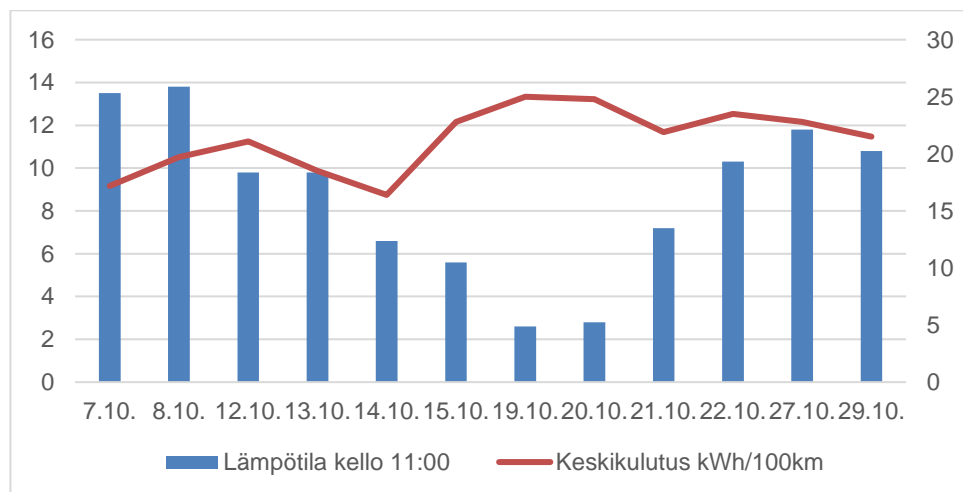
Kuvio 4. Ilmanlämpötilan vaikutus keskikulutukseen e-NV200:ssa.

Renault Z.E:n tapauksessa lämpötilat otettiin turun yliopiston sääpalvelun verkkosivuilta kello 11.00 ja kirjattiin taulukkoon (taulukko 5). Lukemat ovat oletettavasti tarkemmat, kuin Accuweather palvelun vastaavat.

Taulukko 5. Renault Kangoo Z.E:n keskekulutus ja ilman lämpötilat.

Päivä- määrä	Lämpötila kello 11:00	Keskikulutus (kWh/ 100 km)
7.10.	13,5	17,2
8.10.	13,8	19,7
12.10.	9,8	21,1
13.10.	9,8	18,5
14.10.	6,6	16,4
15.10.	5,6	22,8
19.10.	2,6	25
20.10.	2,8	24,8
21.10.	7,2	21,9
22.10.	10,3	23,5
27.10.	11,8	22,8
29.10.	10,8	21,5

Ilmanlämpötilalla todettiin olevan vaikutusta myös Renault Kangoo Z.E:n tapauksessa. Kuten alla olevasta kuvaajasta (kuvio 5) voidaan päätellä. Lämpötilan laskiessa keskekulutus nousee.



Kuvio 5. Ilmanlämpötilan vaikutus keskekulutukseen Renault Z.E:ssä.

9.3 Well-to-wheel

Well-to-wheel suhteella tarkoitetaan auton renkaille saadun todellisen energian määrää tuotetun energian määrään nähden. Sähköä häviää matkalla tuotantolaitokselta latauspistorasiaan ja tämä vaikuttaa auton kokonaishyötysuhteeseen. Siirtohäviöt ovat riippuvaisia siirtojännitteestä, matkasta ja koronahäviöistä. Koronahäviöitä syntyy huurteen, nuoskalumen, sumun ja sateen vaikutuksesta. (Katternö 2016.) Verkkohäviöiden tarkka määrittely on hankalaa. Fingridin mukaan häviöiden määrä on suunnilleen 1,5 % sähkönkulutuksesta. Tämä luku on pienentynyt vuosien saatossa mm. oikeiden jännitetasojen ja johtotyyppien valinnoilla. (Fingrid 2020.)

Suomen tai minkään muunkaan maan sähköntuotannon kokonaishyötysuhdetta on vaikea löytää. Sähköntuotannon hyötysuhde riippuu suuresti tuotantotavasta. Ydinvoimalla hyötysuhde on vain 35 % (Kestävä energiatalous, 2018), mutta esimerkiksi Vuosaaren kombivoimalaitoksen hyötysuhde on parhaimmillaan 93 %. Kombivoimalaitos tuottaa sekä sähköä, että lämpöä maakaasusta (Helen 2020). Laskennallisesti voitaneen käyttää voimalaitoksen hyötysuhteelle arvoa 50 %. Sähköautojen kokonaishyötysuhteen laskukaava on:

sähköntuotantohyötysuhde * sähkönsiirtohyötysuhde * auton hyötysuhde. (Energy Matters 2013.)

Nissan E-NV200 tapauksessa:

$$0,5 * 0,985 * 0,74 = 0,36 = 36 \%$$

ja Renault Kangoo Z.E:n kokonaishyötysuhde:

$$0,5 * 0,985 * 0,87 = 0,43 = 43 \%$$

Diesel auton moottorin hyötysuhde on parhaassa tapauksessa n. 40 %. Dieselin well-to-tank hyötysuhde on korkeahko 80 %. Tällä tarkoitetaan porauksen, jalostuksen ja kuljetuksen yhteishyötysuhdetta. (Motiva 2020, dieselmoottori.)

Diesel auton kokonaishyötysuhde on tässäkin tapauksessa näiden lukujen tulo:

Diesel moottorin hyötysuhde * well-to-tank hyötysuhde

$$0,4 * 0,8 = 32 \%$$

Diesel moottorin well-to-wheel hyötysuhde on alhaisempi kuin kummallakaan sähköautolla.

9.4 Todelliset kustannukset

Auton käyttökustannukset eivät rajoitu pelkästään käytettyyn energiaan, vaan siihen täytyy laskea myös vuotuiset verot, sekä huoltokustannukset. Autoilun kustannuksiin vaikuttaa myös auton arvon alenema (liite 3). Arvon alenema on laskettu Niina Matikaisen Pro Gradu tutkielmasta saaduilla arvoilla (Matikainen 2017, s.37.) Alla olevassa taulukossa (taulukko 6) on E-NV200 ja NV200 autoille lasketut vuotuiset kustannukset 20 000 kilometrin vuotuisen ajon mukaan.

Taulukko 6. Nissan ajoneuvojen vuotuiset kustannukset 20 000 km:n vuotuisella ajolla.

Käyttövoima			Diesel arvon alenema huomioituna	Sähkö arvon alenema huomioituna
	Diesel	Sähkö	NV200	E-NV200
Auto	NV200	E-NV200	NV200	E-NV200
Hankintahinta (€)	23 425,42	39 279,43	23 425,42	39 279,43
Polttoaine kulutus / 20 tkm	1000 l	4892,5 kWh	1000 l	4892,5 kWh
Polttoaine kustannukset (€) / vuosi	1207	685,93	1207	685,93
Ajoneuvovero (€ /vuosi)	572,05	196,17	572,05	196,17
Huoltokustannukset vuosi 1 (€)	492	242	492	242
1. Vuoden kustannukset (€)	2273,05	1124,099	4 414,13	4 714,24
Huoltokustannukset vuosi 2 (€)	595	296	595	296
2. Vuoden kustannukset (€)	2374,05	1178,099	4 718,93	5 109,97
Huoltokustannukset Vuosi 3 (€)	667	346	667	346
3. Vuoden kustannukset (€)	2446,05	1228,099	4 526,23	4 716,11
Huoltokustannukset vuosi 4 (€)	789	308	789	308
4. Vuoden kustannukset (€)	2568,05	1190,099	4 458,48	4 359,95
Huoltokustannukset vuosi 5 (€)	600	346	600	346
5. Vuoden kustannukset (€)	2379,05	1228,099	4 140,64	4 181,91
Huoltokustannukset vuosi 6 (€)	600	300	600	300
6. Vuoden kustannukset (€)	2379,05	1182,099	4 063,34	4 006,29
Huoltokustannukset vuosi 7 (€)	1200	300	1200	300
7. Vuoden kustannukset (€)	2979,05	1182,099	4 614,14	3 923,80

Taulukko 6. (jatkuu)

Käyttövoima	Diesel	Sähkö	Diesel arvon alenema huomioituna	Sähkö arvon alenema huomioituna
Yht. (€)	15125,3	7188,591	30 935,90	31 012,27
Erotus (€)	7936,709			76,37

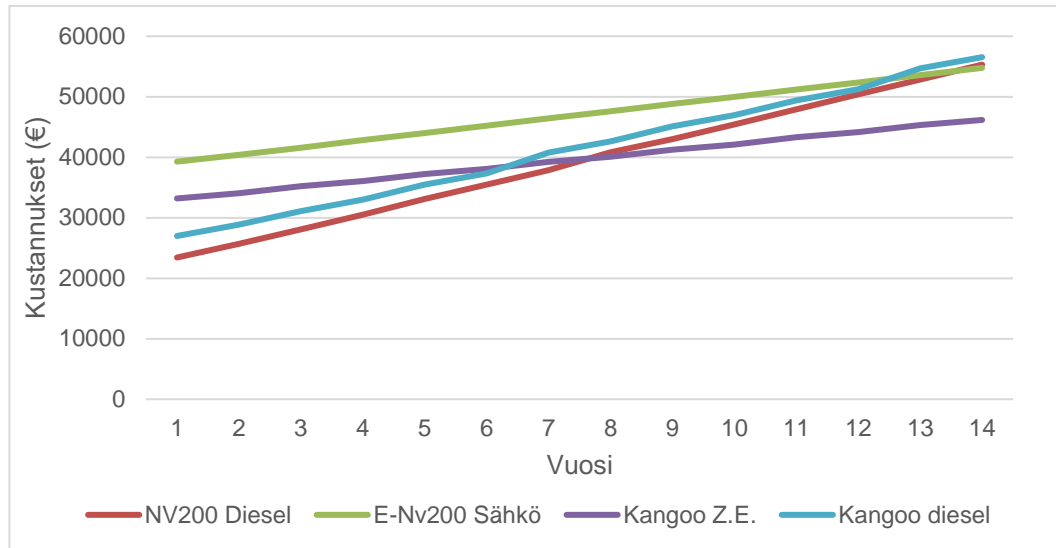
Taulukon mukaisesti dieselauton ajaminen ja pitäminen on seitsemän vuoden aikana noin puolet kalliimpaa, kuin sähköauton. Arvon alenema huomioituna tämä ero kuitenkin kääntyy toisinpäin, tehden e-NV200 sähköautolla ajamisesta taloudellisesti kannattamattomaa. Arvon alentumisen vaikutuksen suuruus riippuukin paljolti yrityksen autonvaihtovälistä. Jos yritys vaihtaa autoa vasta sen ollessa niin sanotusti loppuun ajettu eli 14-vuotias tai yli 260 000 kilometriä ajettu ei arvon alenemalla ole todellista vaikutusta sillä auton arvosta on tämän laskukaavan mukaan jäljellä enää vajaa prosentti.

Taulukossa (taulukko 7) on samat kustannukset laskettuna kumulatiivisesti. Laskettujen kustannusten päälle tulevat myös mm. rengaskulut, mutta ne ovat samansuuruiset riippumatta käyttövoimasta. Vuotuisiin kuluihin ei myöskään ole laskettu vakuutusmaksuja. Laskuissa on käytetty dieselin litrahintana 1,207 €, dieselin kulutuksena 5 l/100 km, sähköauton todellisena kulutuksena 24,4625 kWh/100 km ja sähkö hintana 0,1402 €/kWh veroineen.

Taulukko 7. Nissan ajoneuvojen kumulatiiviset kustannukset.

Käyttövoima	Diesel	Sähkö	Diesel arvon alenema huomioituna	Sähkö arvon alenema huomioituna
Ajoneuvo	NV200	E-Nv200	NV200	E-Nv200
Vuosi 0	23425,42	39279,43	23425,42	39279,43
Vuosi 1	25698,47	40403,53	27 839,55	43 993,67
Vuosi 2	28072,52	41581,63	30 417,40	45 513,50
Vuosi 3	30518,57	42809,73	32 598,75	46 297,74
Vuosi 4	33086,62	43999,82	34 977,05	47 169,67
Vuosi 5	35465,67	45227,92	37 227,26	48 181,74
Vuosi 6	37844,72	46410,02	39 529,01	49 234,21
Vuosi 7	40823,77	47592,12	42 458,86	50 333,82
Vuosi 8	42970,57	48788,93	44 577,55	51 483,50
Vuosi 9	45438,04	49983,58	47 026,28	52 646,72
Vuosi 10	47905,5	51178,22	49 460,95	53 786,38
Vuosi 11	50372,97	52372,87	52 012,75	55 122,43
Vuosi 12	52840,44	53567,52	54 480,22	56 317,08
Vuosi 13	55307,9	54762,16	56 947,68	57 511,72

Kustannukset on laskettu automaailman antamien huoltokustannusten mukaan ensimmäiseltä seitsemältä vuodelta ja ovat arvioita sen jälkeen. Kuvaajasta (kuvio 6) nähdään e-NV200 sähköauton muuttuvan taloudellisesti kannattavaksi vasta reilun 12 vuoden jälkeen, jos polttoaineen ja sähkön hinta oletetaan muuttumattomaksi. Kuvioon on myös lisätty Renault Kangoo Z.E:n ja sen diesel version lasketut kustannukset (liite 4.) vertailun parantamiseksi. Kangoo Z.E:n halvempi hankintahinta ja harvempi huoltoväli aiheuttavat kustannusten loivemman kasvun. Auto muuttuukin taloudellisesti kannattavaksi huomattavasti Nissanin vastinetta aikaisemmin, jo 6–8 vuoden kuluttua hankinnasta. Renaultin hankintahinnan ollessa alhaisempi arvon alenema ei vaikuta siihen ratkaisevasti.



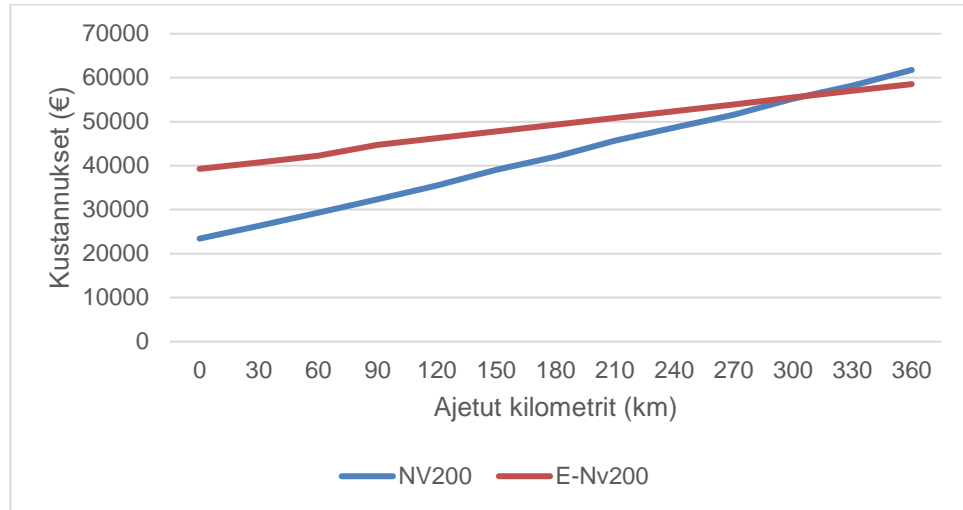
Kuvio 6. Kumulatiiviset kustannukset 20 000 km:n vuotuisella ajomäärällä. Huomioimatta arvon alenemaa.

Sähköauto on sitä kannattavampi diesel autoon verrattuna, mitä enemmän sillä ajetaan. Alla olevassa taulukossa (taulukko 8) esitetään ajoneuvojen kumulatiiviset kustannukset kilometreittäin ajateltuna. Tässä tapauksessa huollot suoritetaan kilometrimäärän täytyessä, eli vuosittaisen ajosuorituksen täytyy olla enemmän kuin 30 000 kilometriä.

Taulukko 8. Nissan-autojen kumulatiiviset kustannukset kilometreittäin.

Käyttövoima	Diesel	Sähkö
Ajoneuvo	NV200	E-Nv200
0	23425,42	39279,43
30	26301,97	40746,49
60	29279,52	42267,56
90	32329,07	44720,72
120	35500,62	46253,78
150	39083,17	47824,84
180	42065,72	49349,91
210	45648,27	50874,97
240	48630,82	52408,03
270	51613,37	53941,09
300	55195,92	55474,16
330	58178,47	57007,22
360	61761,02	58540,28

Kuvaajasta (kuvio 7) voidaan todeta Nissan e-NV200 sähköauton muuttuvan diesel autoa kannattavammaksi vasta 290 000 kilometriä ajettuna.



Kuvio 7. Nissan kumulatiiviset kustannukset kilometreittäin.

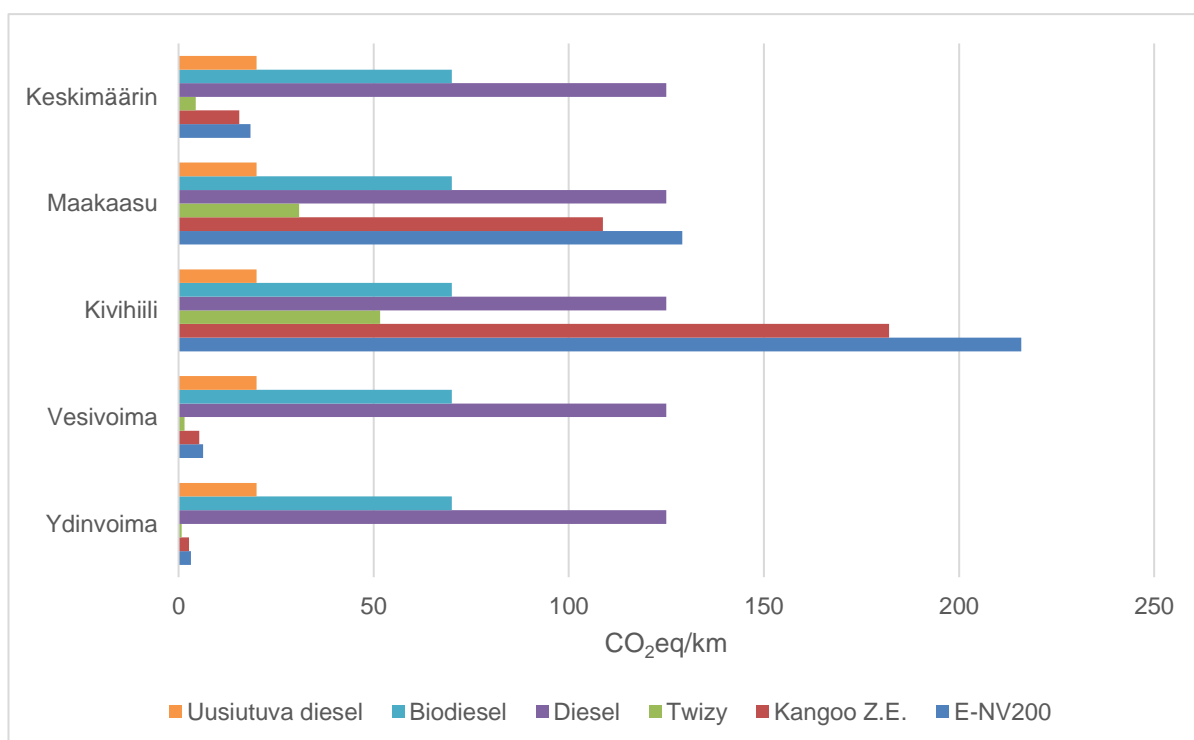
9.5 Ympäristöystävällisyys

Sähköajoneuvot ovat selvästi fossiilista dieseliä käyttävää ajoneuvoa ympäristöystävällisempiä, sillä niiden paikallispäästöt ovat 0 g CO₂/km, ja täten ne eivät myöskään aiheuta hiukkaspäästöjä. Sähköntuotanto itsessään ei kuitenkaan ole päästötöntä, joten täysin päästöttömistä kilometreistä ei voida puhua. Ajoneuvojen mitatun todellisen kulutuksen mukaan laskettuna CO_{2eq}/km arvot olivat alla olevan taulukon (taulukko 9) mukaiset. Taulukossa on myös vertailun vuoksi kerättyä eri diesel laatujen elinkaaripäästöt.

Taulukko 9. Autokohtaiset hiilidioksidipäästöt energialähteittäin.

	Elinkaaripäästöt	E-NV200	Kangoo Z.E.	Twizy
<i>Keskikulutus kWh/100 km</i>		26,34	22,2	6,3
<i>CO_{2eq}/km ydinvoima</i>	12	3,1608	2,664	0,756
<i>CO_{2eq}/km vesivoima</i>	24	6,3216	5,328	1,512
<i>CO_{2eq}/km kivihiili</i>	820	215,988	182,04	51,66
<i>CO_{2eq}/km maakaasu</i>	490	129,066	108,78	30,87
<i>CO_{2eq}/km keskimäärin</i>	70	18,438	15,54	4,41
<i>CO_{2eq}/km diesel</i>	125			
<i>CO_{2eq}/km biodiesel</i>	70			
<i>CO_{2eq}/km uusiutuva diesel</i>	20			

Alla olevasta pylväskaaviosta (kuvio 8) voidaan helposti vertailla eri sähköajoneuvojen ja diesel laatuojen ympäristöystävällisyyttä. Kuviosta nähdään, että jopa todella taloudellinen Twizy häviää uusiutuvalla dieselille ympäristöystävällisyydessä, jos sähkö on tuotettu fossiilisten energialähteiden avulla. Keskimäärin kuitenkin kaikki sähköautot ovat diesel autoja ympäristöystävällisempiä.

Kuvio 8. CO_{2eq} päästöt kilometreittäin.

10 AJONEUVOJEN VERTAILU

Ammattikäyttöön tarkoitettulle kalustolle asetetaan erilaisia kriteereitä. Tietenkin oleellista on edullinen hankintahinta ja energiataloudellisuus, mutta tärkeimpänä lienee kuitenkin luotettavuus. Luotettavuutta ei tämän lyhyen testin aikana voitu sen tarkemmin testata, mutta kaikki autot suoriutuivat tehtävistään ilman ongelmia.

Muita ajoneuvon valinnassa huomioon otettavia kustannuksia ovat vuotuiset ajoneuvo-verot, sekä huoltojen hinnat. Huollon tiheydellä on myös merkityksensä, sillä ajoneuvon huollattaminen vaatii aina aikaa ainakin yhdeltä työntekijältä. Lisäksi tärkeää on auton riittävä toimintamatka, sekä tavaratilan kapasiteetti. Kuljettajan näkökulmasta ajoneuvon kiihtyvyys, sekä yleinen käyttömukavuus ovat huomionarvoisia seikkoja.

10.1 Nissan E-NV200

Nissan e-NV200 on vuodesta 2014 tuotannossa ollut sähkötoiminen pieni pakettiauto. Auto pohjautuu Nissanin NV200 polttomoottoripakettiautoon ja sen voimansiirto, sekä akusto on otettu Nissan Leafista. E-malliin valmistettuja uniikkeja osia löytyy kuitenkin yli kolmekymmentä prosenttia. e-NV200 on saatavilla, sekä viisi, että seitsenpaikkaisena combi versiona ja lisäksi perinteisen pakettiauton tyyllisenä kolmipaikkaisena. E-NV200 pakettiautomallin kuormatilan koko on 4,2m³ ja 5-paikkaisen 2,3m³.

Voimanlähteenä autossa on Leafissakin käytetty Nissanin suunnittelema synkronimoottori, joka tuottaa 80kW (109hv) ja 254Nm vääntöä. Moottorille virtaa antaa lattian alle sijoitettu 48 moduulinen 24Ah akusto.

Ensimmäisen generaaation E-NV200 autolle luvattu toimintamatka on 170 kilometriä (NEDC). Autolle on kolme erilaista lataustapaa: 80-prosenttinen puolentunnin pikalataus, 4 tunnin lataus voimavirtaan liitetystä latausasemasta tai lataus tavallisesta pistorasiasta. Autosta löytyy myös regeneratiivinen jarrutusjärjestelmä, joka kerää energiaa takaisin akkuihin hidastusten ja jarrutusten yhteydessä. Jarrutusjärjestelmän lisäksi energiaa voidaan säästää autosta löytyvän eco-tilan avulla, joka säättää kaasupolkimen vastetta ja ilmastointijärjestelmää mahdollisimman taloudelliseksi. (Nissan 2016, e-NV200 esite.)

10.1.1 käytettävyys

Käytettävyyden puolesta testissä ollut e-NV200 7-paikkainen Evalia-malli ei saa moitteita. Tavaratilaan pääsy on helppoa ja ylöspäin aukeava luukku luo katoksen sateen sattuessa. Luukun alle mahtuu seisomaan 185 cm pitkä henkilö ilman päänlyönti vaaraa, mutta tätä pidemmällä ihmisillä tästä saattaa muodostua ongelma. Ajoneuvoon nouseminen ja itse ajaminen on vaivatonta. Ajoasento on toimiva ja ulosnäkeminen helppoa. Ainoa parannus mitä ohjaamoon toivoisi on kuljettajan käsinoja, jonka soisi olevan vakiovaruste nykyautoissa. Ajoneuvo ei myöskään ole hiljainen kuin kaupungissa. Moottoritienopeuksissa rengasmelu on erittäin kuuluvaa.

Testiautossa oleva peruutuskamera on toimiva ja se tekee peruuttamisesta helpompaa ja turvallisempaa. Peruutuskamera saa kuitenkin moitteita sen sijoittelun suhteen. Takarekisterikilven yläpuolelle sijoitettu kamera rapautuu sadekelillä ajettaessa, eikä siitä saa silloin täysimittaista hyötyä.

Kiitettävää on myös rengaspaineiden tarkkailujärjestelmän toiminta. Testissä yhteen renkaista tuli reikä, joka huomattiin järjestelmän ansiosta välittömästi. Koska tyhjentyvä rengas huomattiin heti, se ei aiheuttanut matkan katkeamista, eikä lisävaurioita renkaalle. Rengas onnistuttiin paikkaamaan rengasliikkeessä ja vältyttiin uuden ostamiselta.

10.1.2 Kapasiteetti

Testissä käytetyn seitsen- paikkaisen combi-mallin tavaratila jää hieman viisi paikkaiselle luvatussa 2,3m³ tilasta siellä olevien kääntyvien penkkien vuoksi. Tavaratila on kuitenkin aivan riittävä jopa kahden toimipisteen perjantain ruokakuljetuksiin, jolloin ruokaa on enemmän kuin muina päivinä. Tavaratilan kapasiteetin loppuessa olisi tietenkin mahdollista lastata laatikoita myös takapenkille, joskin varsinkin ammattikäytössä takapenkillä kuljetettavat irtotavarat olisi syytä sitoa.

10.1.3 Toimintamatka

Nissan E-nv200 autolle luvattu toimintamatka on 170 kilometriä, mutta todellinen toimintamatka jää testien perusteella noin 140 kilometriin. Tämä on kuitenkin riittävä esimerkiksi testatussa ateriakuljetuksessa, jossa päivittäinen ajosuorite on alle 30 kilometriä.

140 kilometrin toimintamatka mahdollistaa tarvittaessa useamman nouto/toimituspisteen lisäämisen lenkille.

10.1.4 Kustannukset

Sähkön keskimääräinen markkinahinta 1.11.2019 on ollut 7,10 snt/kWh sis. alv. pientalolle, jossa osittain varaavasähkölämmitys. Siirtohintaa samaiselle kohteelle on ollut 4,13 snt/kWh ja sähkövero 2,79 snt/kWh. Kokonaishinnaksi sähkölle muodostuu keskimäärin 14,02snt/kWh (energiavirasto 2019.) Nissan e-Nv200 auton kokeellisesti todetun keski-kulutuksen keskiarvon ollessa 21,5 kWh/100 km saadaan energiakustannukseksi 26,34 kWh/100 km * 14,02snt/kWh = 369,29 snt/kWh eli pyöreästi 3,7 €/100 km.

Vastaavan diesel käyttöisen NV200-auton valmistajan ilmoittama keski kulutus on 5,0 l/100 km (Nissan, NV200 Van.) Dieselin hinta 08.2020 on ollut 1,28 € litralta, joten diesel auton energiakuluiksi saadaan 5,0 l/100 km * 1,28 €/l = 6,4 €/100 km. (Tilastokeskus 2020.)

Uuden Nissan E-nv200 van auton hinta on alkaen 39 025 € (Nissan, 2020, uusi e-NV200 hinnasto.) NV200 diesel mallin valmistus on lopetettu, mutta Nissanilla on olemassa Nv-250 malli, joka on kuormatilavuutensa puolesta vastaava (4,6m³), kun taas E-Nv200 mallin kuormauskapasiteetti on 4,2m³. NV250 mallin alkaen hinta on 23 406 € (Nissan 2020, NV250 hinnasto.)

10.1.5 Tehokkuus ja lataaminen

Nissan E-NV200 on pakettiautoksi miellyttävän pirteä ja se kiihtyykin 0-100kmh neljäsätoista sekunnissa. Auton huippunopeus on 130 kilometriä tunnissa, joka on riittävä jopa moottoritie olosuhteisiin. (EVcompare 2018, Nissan e-NV200)

Auton lataaminen on helppoa. Latausporttien luukku avataan auton sisätiloista olevasta vivusta, jonka jälkeen avataan latausportin suojamuovi ja liitetään latauskaapeli autoon. Latauskaapelia irrotettaessa täytyy auton sisältä painaa latauksen pysäyttämisenappia kaapelin lukituksen poistamiseksi. Auton lataamaan laittamiseen tai latauksesta poistoon kuluu noin puoli minuuttia. Autoa voi ladata sekä tavallisesta pistorasiasta, että voimavirtaliitännästä.

10.2 Renault Kangoo Z.E.

Renault Kangoo Z.E. on Renaultin mukaan Euroopan myydyin sähkötoiminen paketti-auto, markkinoiden pisimmällä 220 km toimintamatkalla. Sivulla mainitaan, että todellisessa ajossa toimintamatka on n. 200 km ja vaikeissa olosuhteissa vain 120 km.

Kangoo Z.E. on saatavana kahdella eri kokoisella tavaratilalla tai viisipaikkaisena crew cab-versiona. Tavaratilat ovat 4m³, 3m³ ja crew cabissa 1,3m³. Auton kantavuus on korimallista riippuen 625 kg 3m³ mallilla ja 595 kg Maxi mallilla. Z.E:stä löytyy Nissan E-NV:n tavoin eco-tila, jolla saa pidennettyä toimintamatkaa. Z.E:n akkukapasiteetti on 33kW. Niin akussa kuin moottorissakin käytetään samaa tekniikkaa kuin Renaultin Zoe sähköautossa ja ne ovat Renaultin omaa suunnittelua.

Z.E:ssä hyödynnetään lämpöpumppua, sekä polttoainetoimista lämmitintä osana tuuletus- ja lämmitysjärjestelmää. Näillä järjestelmillä pyritään pienentämään virrankulutusta. Kangoon luvataan latautuvan nopeimmillaan tyhjästä täyteen kuudessa tunnissa ja tunnin latauksella saadaan 35 kilometriä lisää ajomatkaa. Renault Z.E:llä on myös mahdollista vetää 374 ja Maxilla 322 kg peräkärä. (Renault Suomi 2020, uusi Renault Kangoo Z.E.)

10.2.1 Käytettävyys ja kapasiteetti

Käytettävyyden puolesta Renault Kangoo Z.E. täyssähköauto toimi jakeluajossa hyvin. Autoon nouseminen on vaivatonta ja ajoasento oli hyvä. Avaimeton käynnistys olisi kuitenkin ollut toivottava ominaisuus. Testissä paljastui, että mahdollinen avaimeton käynnistys voisi helpottaa jakelutyötä, jossa auto täytyy lukita tavarantoimituksen ajaksi. Testiautossa oli perinteinen virtalukko ja kaukosäätöinen keskuslukitus. Auton ominaisuuksiin kuului peruutustutka, josta oli hyötyä jakeluajossa, mutta peruutustutkaan luottaminen on hankalaa, joten kamera olisi parempi vaihtoehto (Allonen 2020).

Kylmimmille keleille Renault Kangoo Z.E:stä löytyy bensiinikäyttöinen lämmitin viiden litran säiliöllä. Tämän lämmittimen ansiosta kylmät kelit eivät lyhennä toimintamatkaa niin paljon kuin muilla sähköautoilla. Ohjaamosta löytyy tilaa riittävästi pitkällekin kuljettajalle. Kangoo Z.E. saa kiitosta myös matkalasta melutasosta. Renaultin hallinta on helppoa ja se on mukava ajettava. Moitteita Kangoo saa pikalatauksen ja ratin etäisyyden säädön puutteesta. (Moottori 2018, koeajo Kangoo Z.E.)

Testissä olleesta Renault Kangoo Z.E. Maxissa on 4m³ tavaratilaa, 600 kilon kantavuudella varustettuna. Auton tavaratila on kaiken kaikkiaan toimiva, valaistus riittävä, kuormansidontakoukkuja löytyy ja sivuovi on tarpeeksi leveä. Tehtyyn jakelukokeiluun pienemmänkin mallin tavaratila olisi ollut riittävä. Päivän lounaat mahtuivat kahteen n. 60x40x30 cm laatikkoon. Kotiruoka Hemmat jakeli kokeilun aikana lämmintä ruokaa koronatilanteen takia poikkeuksellisesti vain neljänä päivänä viikossa normaalin viiden sijaan. Loppuviikon ruoat vietiin siis kylmänä torstaisin, jolloin tilaa kului noin kolminkertainen määrä muihin päiviin verrattuna. Normaalitilanteessa auton testikuljettaja arvioi perjantain kulutuksen vievän noin kaksinkertaisen tilavuuden. (Allonen 2020.)

10.2.2 Toimintamatka

Renault Kangoo Z.E:lle luvattu 200 kilometrin toimintamatka oli kokeiluun enemmän kuin riittävä, sillä kilometrejä kertyi vuorokaudessa vain 35–45. Vuorokauden ajojen päätteeksi auton mittarin mukaan akun varausta oli jäljellä n. kolme neljäsosaa. (Allonen 2020.) Moottoritieajossa auton toimintamatka tippuu sataan kilometriin, kaupungissa se on luvatusi n. 200 km. (Moottori 2018, koeajo Kangoo Z.E.)

10.2.3 Kustannukset

Sähköisen Renault Kangoo Z.E. Maxin hinta on 33 190 € (Renault Suomi, 2020, Kangoo Z.E hinnasto). Hinnastosta katsottuna dieselkäyttöisen Kangoo Maxin hinta on 26 990 €. (Renault Suomi 2020, Kangoo hinnasto.) Hintaeroa autoilla on siis 6200 € eli Z.E. on 23 % diesel vastinettaan kalliimpi.

Renault Kangoo Z.E:n huoltoväli on 40 000 km tai 24kk kumpi tulee ensin täyteen. 40 000 km määräaikaishuollon hinta on 310,30 €, 80 000 km/48kk määräaikaishuollon 325,90 € ja 120 000 km 343,50 €. Vastaavan dieselkäyttöisen auton huoltovälit ovat samat. Huoltojen hinnat ovat vastaavasti 40 tkm 410,10 €, 80 tkm 674,60 €, 120 tkm 1573,20 € sis. jakohihan ja vesipumpun vaihdon. (Metroauto 2020, huoltovaraus.)

10.2.4 Tehokkuus ja lataaminen

Renault Z.E on pakettiautoksi pirteä ja ripeähkö kiihtyminen ja vaihteiden puuttuminen helpottivat kaupunkiajaja. Nopeuden noustessa yli tyypillisten taajamanopeuksien alkaa Kangoo tuntumaan hieman tehottomalta. Kokeilun aikana ei tälle ollut kuitenkaan tarvetta, ja kaupunkiajossa kiihtyvyys oli vähintään riittävää (Allonen 2020.)

Auton lataaminen on yksinkertaista. Latausporthi on auton keulassa, luukun saa auki painamalla keskuslukituksen avausnappia joko avaimesta tai auton kojelaudasta. Samalla tavalla saa avattua latauspistokkeen lukituksen latausta lopetettaessa. Testissä Renault Kangoota ladattiin yön yli, mutta nopeimmillaan se latautuu tyhjästä täyteen kuudessa tunnissa. Pikalatausmahdollisuus autosta kuitenkin puuttuu. (Allonen 2020.)

10.3 Renault Twizy

Renault Twizy on kaksipaikkainen kompakti sähköajoneuvo. Sen voimanlähteenä toimii 17 hevosvoimainen sähkömoottori, joka on yhdistetty yksinopeuksiseen automaattivaihteistoon. Muiden testattujen sähköautojen tavoin Twizystä löytyy regeneratiivinen jarrutus. Twizyssä huomion arvoista on, että sivuikkunat ovat lisävaruste ja niidenkin kanssa kyyti on talvisin kylmää. Auton tuulilasista löytyy kuitenkin sähkötoiminen jään ja huurteenpoisto ominaisuus (Renault 2020, Twizy brochure.)

Renault Twizystä on myös julkaistu Cargo malli, jossa toinen penkki on poistettu ja sen tilalle rakennettu tavaratila. Cargon tavaratila on vesitiivis, sen koko on 180 litraa ja pääsy tapahtuu 90 astetta avautuvan takaoven kautta. (Groupe Renault 2013.)

Renault Twizyn maahantuonti on lopetettu, mutta sitä valmistetaan edelleen. (Renault.fi 2020, chat)

10.3.1 Käytettävyys

Twizyn testikuljettajan mielestä auto on selvästi suunniteltu kaupunkiajoon. Twizyn kapeus verrattuna perinteiseen autoon tuo etuja niin jakelijan, kuin liikenteen sujuvuuden kannalta. Esimerkiksi risteystilanteessa, kun edellä oleva auto on kääntymässä

vasemmalle Twizyllä pääsee helposti sen ohi, tai jos Twizyllä käännetään vasemmalle perästä tuleva, suoraan jatkava, auto pääsee helpommin ohi. (Huhtamaa 2020.)

Kapeuden edut tulevat myös hyvin esille niissä tilanteissa, kun auto pitää pysäköidä tien reunaan. Auto vie huomattavasti vähemmän tilaa ajoradalta kuin paketti- tai kuorma-auto, parhaimmissa tapauksissa ei ollenkaan (kuva 8). (Huhtamaa 2020.)

Twizyn kapeus on hyödyksi myös silloin, jos täytyy ajaa sisäpihalle. Esimerkiksi Turun YO-kylän kapeat kulkuväylät ovat helppoja kulkea. Pieni koko on miellyttävä varsinkin, jos toimituskohdetta joutuu etsimään pidempään. Twizyn pieni kääntösäde saa myös kiitosta ja sitä pidettiin työtä helpottavana. (Huhtamaa 2020.)

Näkyvyys autosta on kohtalainen, peileistä näkee hyvin taakse, mutta katossa oleva piilari tulee hieman näkökentän tielle ja vaikeuttaa joskus esimerkiksi liikennevalojen näkymistä. Varsinkin pidemmillä, yli 185 cm kusseilla tämä muodostuu ongelmaksi. Auton molemmista ikkunoista pystyy tarvittaessa helposti kurkistamaan ulos. (Huhtamaa 2020.)



Kuva 8. Twizy pysäköitynä jalkakäytävän reunaan. Tilaa jää vielä muille tien käyttäjille.

10.3.2 Kapasiteetti ja toimintamatka

Kaksipaikkaisessa Renault Twizyssa itsessään ei ole oikeastaan lainkaan virallista tavaratilaa, jollei hansikaslokeroa lasketa. Tilan puute osoittautuikin suurimmaksi rajoitteeksi kokeilujakson aikana. Kuskin takana olevalle takapenkille mahtui kuitenkin yllättävän hyvin tavaraa ja isojakin paketteja, tämä osoittautui varsin hyödylliseksi ja tilaa hyödynnettiin paljon kokeilun aikana (Huhtamaa 2020). Ajoneuvoon saatiin lisää kuljetuskapasiteettia liittämällä autoon peräkärri, jonka maksimi kantavuus oli 150 kiloa.

Renault Twizyn valmistajan ilmoittama toimintamatka on 100 kilometriä. Matkahuollon testiajossa päivittäisiä kilometrejä kertyi enintään 65. Testikuljettajan mielestä toimintamatka oli lyhyt, eikä se riittänyt keskustan ulkopuoliseen ajoon, ainakaan montaa kertaa päivässä. Keskustassa toimitettavaan jakeluajoon Twizyn akkukapasiteetti kuitenkin on riittävä, vaikka kahdeksan tuntia tehokasta jakelua tekeekin tiukkaa akkujen kestävyydelle. Viedessä paketteja keskustaa kauemmas, esim. Varissuolle, toimintamatkan huomattiin hupenevan huomattavasti ja Twizyn akkuja jouduttiin lataamaan kesken päivän. Auton lataaminen on kuitenkin mahdollista mistä tahansa perinteisestä pistokkeesta. Peräkärriyllä ei havaittu olevan suurta vaikutusta toimintamatkkaan. (Huhtamaa 2020.)

10.3.3 Kustannukset

Renault Twizyn viimeisin hintatieto on vuodelta 2019 jolloin Twizy 80 Intens auton hinta on ollut 13 990 € veroineen. (Renault 2019, Twizy hinnasto.)

Renault Twizyn huoltoväli on 30 000 km tai 1 vuosi, kumpi tulee ensin täyteen. Vuosihuoltojen hinnat ovat seuraavat: 1 vuoden huolto 65,35 €, 60 tkm/2 vuoden huolto 76,24 €, lisäkustannuksia aiheuttaa myös jarrunesteen vaihto 120 tkm/4 vuoden välein 82,1 € ja 12 voltin akun vaihto 5 vuoden välein 225,45 €. (Lindell 2020.)

Renault Twizy on ajoneuvoluokaltaan L7e/Nelipyörä. Ajoneuvoveroa ei kanneta L-luokan ajoneuvoista lainkaan. (Moilanen 2020.)

Twizyn ilmoitettu kulutus on 6,3 kWh/100 km (NEDC) (ADAC 2020, Renault Twizy.)

Peräkärriin hintaa tai sen aiheuttamia polttoainekustannuksia ei ole tiedossa.

10.3.4 Tehokkuus ja lataaminen

Renault Twizyn huippunopeus on rajoitettu 80 kilometriin tunnissa. Auto kiihtyy 0-45kmh 6,1 sekunnissa ja 30-60kmh väliin menee 8,1 sekuntia. Kovin nopeaksi autoa ei siis voi sanoa. (Renault 2020, Twizy brochure.)

Kaupunkiliikenteessä Twizyllä pärjää kuitenkin hyvin. Muiden sähköautojen tavoin kiihtyvyys 50 km/h:n asti oli varsin ripeää ja usein liikennevaloista lähettäessä Twizy on ensimmäisiä liikkeellä. 50 km/h:n jälkeen kiihtyvyys hidastuu aika rajusti ja esimerkiksi tielle, jossa ajetaan 60 km/h tai lujempaa liittyminen saattaa olla hankalaa, riippuen kiihdytyskaistan pituudesta. Alhaisen painopisteen ansiosta ajaminen on vakaata ja curveihin pystyy ajamaan hyvällä vauhdilla. Moitteita Twizy jousituksista, sillä töyssyt ja kuopat tuntuvat ajaessa. (Huhtamaa 2020.)

Lataaminen on hieman muita autoja helpompaa integroidun laturin vuoksi. Twizy on siis aina valmiina ladattavaksi mistä vain tavallisesta pistorasiasta. Tyhjästä täyteen lataus vie n. 3 ja ½ tuntia ja mahdollistaa n. 80 kilometrin todellisen toimintamatkan. (Renault 2020, Twizy brochure.)

10.3.5 Peräkärri

Twizyyn liitetty peräkärri oli Vantaalaisen Modularbox yrityksen valmistama. Autoon liitetty peräkärri pomppi kovasti ajettaessa töyssyihin maltillisellakin nopeudella. Pomppiva käytös korostui varsinkin tyhjänä ajettaessa, kun kääryssä oli kuormaa ja painoa, kääryn käytös rauhoittui. (Huhtamaa 2020.)

Kokeilujakson aikana koettiin tilan puutetta niin auton kuin kääryn osalta. Kääry olisi saanut olla korkeampi, jotta kyytiin olisi mahtunut enemmän paketteja ja suurempikokoisia lähetyksiä. Lähetyksiä jouduttiin ajoittain jättämään kuormasta tai antamaan liian suuret paketit toiselle kuljettajalle. Testikokemusten perusteella Matkahuollon kuljetettavana on hieman isompia paketteja. Peräkääryn kannessa olevat pumput myös rajoittivat hieman käytettävissä olevaa tilaa, mutta olivat mukava lisä pitäessään kantta auki lastattaessa tai purattaessa (Huhtamaa 2020). Jatkokehitystä ajatellen peräkääryn pumput voisi yrittää korvata esimerkiksi tukivarrella.

10.4 Armadillo-rahtipyörä

Armadillo on Veloven valmistama sähköavusteinen rahtipyörä. Sähköpyörällä ei ole ajettu kulutustestejä, mutta pyörä oli Schenkerin testikäytössä kesällä 2019 osana citylogistiikan uudet ratkaisut hanketta.

Rahtipyörä soveltuu käytettäväksi pyöräteille normaalin polkupyörän tavoin, sillä sen leveys on vain 86 senttimetriä. Armadillo on suunniteltu huollon helppous mielessä ja renkaan vaihtokin vie vain muutaman minuutin. Pyörästä löytyy jousitus, joten tien epätasaisuudet eivät tunnu niin epämukavilta.

Armadillo on suunniteltu kulkemaan 25 kilometriä tunnissa epätasaisellakin tiellä ja sen neljä pyörää mahdollistavat tasaisen ja turvallisen kaarreajon. Pyörän säänkestävä kontti on mahdollista irrottaa ja vaihtaa nopeasti (kuva 9).



Kuva 9. Kontin siirto Armadillo pyörän kyytiin. (Velove 2020, The Armadillo.)

Armadillossa on vakiona yksi akku, joka mahdollistaa 25–40 kilometrin toimintamatkan. Lisääkkuja on mahdollista ostaa valmistajalta ja jokaisen akun mukana tulee oma laturi. Näitä akkuja voidaan vaihtaa tienpäällä ja näin ollen lisätä toimintamatkaa.

Armadilloon on mahdollista liittää perävaunu, joka kasvattaa pyörän 350 kilon kantavuuden 500 kiloon. Pyörän kääntösäde on 5,8 m, sähkönkulutus 1,5–2,0 kWh/100 km. (Velove 2020, The Armadillo.)

Armadillo pyörää ei kuitenkaan ole mahdollista ostaa, vaan kuljetuspalvelua tarvitsevat tekevät sopimuksen Veloven kanssa. Velove huolehtii kuljetuksista, kuljettajista ja lähijakeluasemista. Yritys veloittaa lähetysten määrän mukaisesti. Palvelu ei kuitenkaan ole vielä tarjolla Suomessa. (Adolfsson 2020.)

Veloven pyörälle suunniteltu huoltoväli ei ole tiedossa, eikä asiakkaan siitä tarvitsekaan välittää, mutta Boschin sivuilla mainitaan sähköpyörän normaaliksi huoltoväliksi 2000 km (Bosch 2020.) EBikestoren hinnaston mukaan aktiivisessa käytössä olevan sähköpyörän vuosihuollon hinta on 129 € (EBikestore 2020). Vaikkei pyörää voikaan ostaa Reset tietää kertoa sivuillaan Veloven pyörän alkaen hinnaksi 7800 €. (Reset 2019.)

Testiajossa Armadillo sai kiitosta pienen kokonsa ja ympäristöystävällisyytensä vuoksi. Rahtipyörä kuitenkin vaatii tehokkaan toiminta-alueen, jossa on riittävästi asiakkaita. Pyörän edut tulevat esiin alueella, jossa ajoneuvoliikenne on rajoitettu. Ongelmaksi on muodostunut lainsäätäjän näkemys polkupyörästä, joka ei tue liiketoimintaa. Valitettavaa on myös se, että rahtipyörän tuotto-/tehokkuussuhde on vaatimaton. (DB Schenker 2020, City-logistiikan uudet ratkaisut.)

10.5 Yhteisvertailu

Taulukossa (taulukko 10) on yhteen kerättyinä kaikkien autojen tiedot vertailun helpottamiseksi.

Taulukko 10. Ajoneuvojen vertailutiedot.

Ajoneuvo	E-NV200	Kangoo Z.E.	Twizy	Kangoo Die- sel	Armadillo Sähköpyörä
Hankinta- hintaa (€)	39 025	33 190	13 990	26 990	7800
Kulutus	26,34 kWh/100 km	23,5 kWh/100 km	6,3 kWh/100 km	4,7 l/100 km, 49,82 kWh/100 km	2,0 kWh/100 km
Polttoaine- kustannus (€ /100 km)	3,7	3,3	0,9	6,0	0,30
Tavaratilan koko (m³)	4,2	4	0.031	4	1
Kantavuus (kg)	742	595	128 + pe- räkärri 150	750	350
Kiihtyvyys (s)	14	22,4	6,1 0–45 km/h	13,3	Ei tiedossa
Ympäris- töystävälli- syys (g CO₂/ km)	18,44	16,45	4,41	125 fossiili- nen diesel ja 20 uusiutuva diesel	1,4
Toiminta- matka	275	270	100	Tankin koko 60 l, keskiku- lutuksella 1276 km	25–40
Huollon kus- tannukset	300 € / 20tkm / 1 vuosi	310 € / 40tkm / 2 vuotta	80 € / 30 tkm / 1 vuosi	600 € / 40tkm / 2vuotta	129 € / 2000 km / 1 vuosi
Ajoneuvo- vero (€ / vuosi)	196,17	190,68	0	655,50	0

Taulukko 10. (jatkuu)

Ajoneuvo	E-NV200	Kangoo Z.E.	Twizy	Kangoo Diesel	Armadillo Sähköpyörä
Takuu	3 Vuotta, 100 tkm	4 vuotta, 100 tkm	2 vuotta, ei kilometri-rajaa	3 vuotta, 100 tkm	Ei tiedossa
Kääntösäde	11.1	11.9	6,8	11.9	5,8
Kantavuus kulutukseen verrattuna (kg/kWh/100 km)	28,17	25,32	20,32 (kärryn kanssa 44,13)	15,03	1750
Huomioitavaa	Ei mahdollisuutta peräkärryyn.		Max. nopeus 80 km/h. Ei mahdollisuutta peräkärryyn vakiona.		Pyörälle saatavissa peräkärry ja muita laajennuksia.

Selite:

E-NV200: Nissan E-NV200 40 kWh Van Comfort 2020 Sähköpakettiauto.

Kangoo: Renault Kangoo Z.E Maxi 4m3 Sähköpakettiauto. Tekniset tiedot: (Renault, Kangoo Z.E. technical specifications.)

Twizy: Renault Twizy 80 Intens Pienoissähköauto. Hintatiedot: (Renault, 2019, Twizy hinnasto.)

Kangoo Diesel: Renault Kangoo Express Energy dCi 90 Maxi 2020 Euro5 Pakettiauto manuaalivaihteilla. Tekniset tiedot: (Renault, 2014, Kangoo Express.) Hintatiedot: (Renault, 2020, Kangoo hinnasto.)

Armadillo sähköpyörä: Ruotsalaisen Veloven valmistama sähköpyörä.

Hankintahinta: Hinta veroineen.

Kulutus: Sähköpakettiautoilla mitattu todellinen kulutus. Diesel autolla, Twizyllä ja Armadillolla valmistajan antama yhdistetyn ajon keskipulutus.

Polttoainekustannus / 100 km: Kustannukset laskettu taulukossa olevasta keskipulutuksesta. Sähkön hintana on käytetty keskiarvoa: 14,02snt/kWh ja dieselin hintana 1,28 €/l.

Tavaratilan koko: Tavaratilan koko kuutiometreinä

Kantavuus: Auton maksimi kantavuus kiloina.

Kiihtyvyys: Valmistajan antama nolasta sataan kilometriin tunnissa arvo. Renault Twizyn maksimi nopeus on 80 kilometriä tunnissa.

Ympäristöystävällisyys: Sähköautojen tietojen laskennassa on käytetty keskiarvotietoa sähkön elinkaaripäästöistä 70 gCO_{2eq}/kWh. Dieselin arvot ovat aikaisemmin annettuja arvoja diesel polttoaineelle.

Toimintamatka: Valmistajan ilmoittama NEDC-testin mukainen toimintamatka sähköautoilla. Diesel autolla laskennallinen.

Huollon kustannukset: Noin arvio vuosihuollolle. Renault huollon hinnat katsottu metro-auto.fi verkkopalvelusta.

Verot: Vuotuinen ajoneuvovero.

Takuu: Valmistajan myöntämä ajoneuvon yleistakuu.

Kääntösäde: Valmistajan ilmoittama kääntösäde. Mitä pienempi lukema on, sitä pienemmässä tilassa auton saa käännettyä ympäri.

Kantavuus kulutukseen verrattuna. Kuinka monta kiloa ajoneuvo saa kuljettua 100 kilometriä yhdellä kilowattitunnilla energiaa. Huom. Twizyn liitetyn peräkärryn aiheuttaa kulutuksen lisäystä ei ole huomioitu. Armadillon kohdalla suurimman työn tekee pyöräilijä.

Alla olevassa taulukossa (taulukko 11) on ajoneuvot laitettuna pistejärjestykseen ominaisuuksiensa mukaisesti. Pisteissä 1 on paras ja 4 huonoin. Velove Armadillo jätetty vertailusta pois, sen ollessa polkupyörä eikä näin ollen suoraan vertailukelpoinen autojen kanssa. Lisäksi Veloven pakettiluonteinen hinnoittelu tekee siitä hankalan vaihtoehdon pienemmille yrityksille.

Taulukko 11. Ajoneuvojen pisteytys.

Ajoneuvo	E-NV200	Kangoo Z.E.	Twizy	Kangoo Diesel
Hankintahinta	4	3	1	2
Kulutus	3	2	1	4
Tavaratilan koko	1	1	2	1
Kantavuus	1	2	4	1
Kiihtyvyys	1	3	3	1
Ympäristöystävällisyys	3	2	1	4
Toimintamatka	2	2	3	1
Huollon kustannukset	3	2	1	4
Ajoneuvovero	2	2	1	4
Takuu	2	1	3	2
Kääntösäde	3	3	1	3
Yhteispisteet:	25	23	21	27

Huomioitavaa: E-NV200 ja diesel Renault jakavat kiihtyvyyden pisteet eron ollessa alle sekunnin. Diesel autossa ei ole automaattivaihteita, joten kiihtyvyyden lukemat voivat vaihdella. Renault Z.E:n 0-100kmh kiihtyvyys on sanalla sanoen huono ja Twizyn huippunopeus on vain 80 km/h, joten ne jakavat viimeisen sijan.

Kaikissa pakettiautoissa on suunnilleen samankokoiset tavaratilat. Diesel Kangoon ja Nissanin kantavuudet ovat niin lähellä toisiaan, että ne jakavat pisteet.

Toimintamatkan osalta diesel auto on selvä voittaja. Molempien sähköpakettiautojen toimintamatkat ovat kutakuinkin samat, joten ne jakavat toisen sijan, myös Twizyn toimintamatka on suunniteltuun käyttöön riittävä.

Renault Twizyn kääntösäde on huomattavasti pienempi kuin muiden, siksi piste-ero on kaksi pistettä. Nissanin kääntösäde ei ole ratkaisevasti pienempi kuin muiden pakettiautojen.

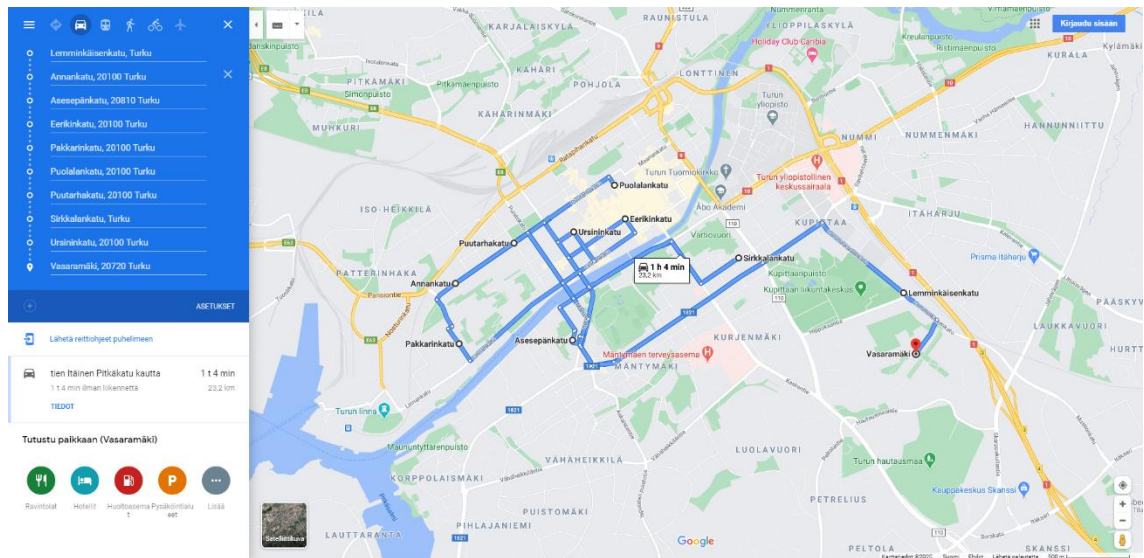
Huoltokustannukset: Twizyn huoltokustannukset ovat selkeästi vertailun alhaisimmat. Kahden sähköpakettiauton kustannukset ovat suunnilleen samansuuruiset, mutta Kangoolla on pidempi huoltoväli. Vaikka diesel Kangoolla onkin pidempi huoltoväli kuin E-NV200:lla aiheuttaa jakopäänhihan 120tkm välein tapahtuva vaihto sen tipahtamisen sijalle neljä.

Ajoneuvovero: Diesel auton ajoneuvovero on yli puolet korkeampi kuin sähkökäyttöisten, joten se tipahtaa sijalle neljä.

Yhteispisteissä pienempi määrä on parempi. Twizy on yhteispisteiden voittaja, mutta se ei ole suoraan vertailukelpoinen pakettiautojen kanssa. Kolmesta vertailussa olleesta pakettiautosta parhaat pisteet keräsi Renault Kangoo Z.E. tasavahvalla suorituksella.

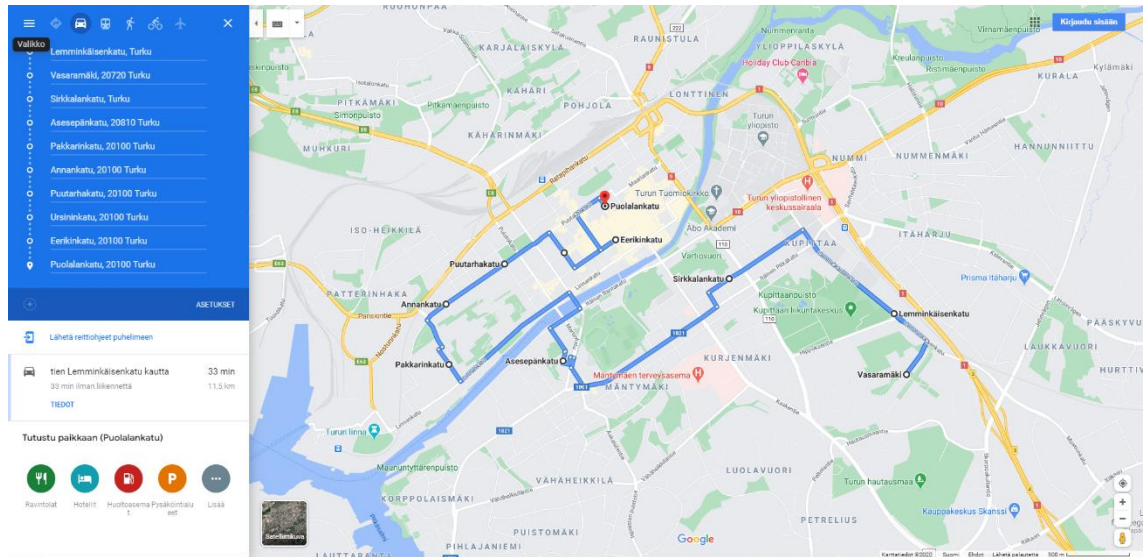
11 YHTEENVETO VERTAILUN TULOKSISTA JA EHDOTUKSIA VIIMEISEN MAILIN ONGELMIIN

Viimeisen mailin kustannuksia voidaan mahdollisesti pienentää tehokkaalla reittisuunnittelulla. Jollei paikkakunta ole täysin tuttu, on reittisuunnittelu mahdollista esimerkiksi Google mapsilla. Mapsin ongelma on kuitenkin maksimissaan 10 pysähdyksen lisääminen reitille. Lisätutkimusta tarvittaisiin mahdollisimman hyvän sovelluksen löytämiseksi. Esimerkin vuoksi alla olevassa kuvassa (kuva 10) on kuvattuna satunnaisesti laitettujen katujen reitti aakkosjärjestyksessä ja Lemminkäisenkatu lähtöpisteenä. Tällaisenaan reittiin menisi tunti ja neljä minuuttia. Matkan pituudeksi tulisi 23,2 km



Kuva 10. Google maps reitti aakkosjärjestyksessä.

Googlen kartasta katsottuna ja järkevästi järjestettynä, olettaen Lemminkäisenkatu edelleen lähtöpisteeksi saadaan alla olevan kuvan (kuva 11) kaltainen reitti aikaiseksi. Uudelleen järjestelty reitti on 31 minuuttia nopeampi ja noin puolet lyhyempi.



Kuva 11. Google maps reitti järjesteltyinä.

Testeissä eräänä ongelmana oli asiakkaiden poissaolo tilauksen viennin aikana. Yhtenä ratkaisuna tähän ongelmaan voisi olla tekstiviestimuistutus palvelu. Muistutus saapuvasta lähetyksestä voisi lähteä aina kun kuljettaja on lastannut ruoka-annokset tai paketit kyytiin tai jos tavoitteena olisi myöhäisempi muistutus voisi se olla paikannukseen perustuva. Kaikista tarkin toimituksen seuranta saataisiin tehtävää varten suunnitellulla kännykkäsovelluksella. Tämä sovellus voisi hoitaa tilaamisen, muistuttamisen ja reaaliaikaisen kuljettajan seurannan. Kotiruokakuljetusten tapauksessa tämä tuskin on mahdollista pienen kuljetusmäärän ja vanhemmasta väestöstä koostuvan asiakaskunnan vuoksi.

Toisena esiinnousseena ongelmana oli sopivan parkkipaikan löytäminen. Tämä ongelma on ollut olemassa jo kauan kaupungin keskustan jakeluliikenteessä, eikä ainakaan ole helpottunut kasvaneen pakettimäärän myötä. Olemassa olevaan ongelmaan kaupungin pitäisi puuttua ja järjestää enemmän purkupaikkoja jakeluautoille. Kadun varteen jättäminen ei usein ole miellyttävä ratkaisu pieneksikään ajaksi, joskin useasti se ainoa. Yrityskohtaisesti ongelman ratkaisu ei ole niin yksinkertainen ja varsinkaan ruoan kuljetuksissa ruuhka-aikojen välttäminen ei tule kysymykseen. Pakettijakelua ajatellen ilta-ajat ovat kaupungissa rauhallisempia ja ihmiset olisivat enemmän kotonaan vastaanottamassa paketteja.

Parkkipaikkaongelman ratkaisussa pienempien autojen, kuten Twizyn käyttäminen voisi olla järkevä valinta. Twizy on tavallista autoa kapeampi, joten sen jättäminen hetkeksi

kadun varteen tai pyörätielle ei aiheuta niin suurta ongelmaa. Vaihtoehtoisesti pakettiautojen korvaaminen pienillä sähköautoilla kuten Zoe tai Leaf voisi mahdollistaa pysäköinnin pienempään tilaan, tietenkin on otettava huomioon, että kuljetettavat tavarat mahtuvat kyytiin. Siinä tapauksessa, että pakettiauto on ainoa valinta olisi suotavaa, että autosta löytyisi vähintään peruutuskamera. Peruutuskamera mahdollistaa turvallisemman pysäköinnin pienempiin väleihin. Peruutuskameraa parempi vaihtoehto olisi 360 asteen näkökentän mahdollistava kamerajärjestelmä.

Kustannusten luonnollinen vähentäminen on mahdollista myös taloudellisemmilla kalustovalinnoilla. Testissäkin olleen Renault Twizyn hankintahinta on pieni, käyttökustannukset ovat pienet ja verot puuttuvat kokonaan. Tämä ajoneuvo ei kuitenkaan sovellu kovinkaan hyvin talviajoon. Ympärivuotuiseseen käyttöön järkevä ja taloudellinen valinta on Renault Kangoo Z.E., jossa on Nissania alhaisempi hankintahinta, pienempi kulutus ja harvempi huoltotiheys. Valittavaa autoa miettiessä on syytä ottaa huomioon myös mahdollinen lisäkäyttö. Esimerkiksi testissä olleesta e-NV200 Nissanista löytyy mahdollisuus pyörätuolin kuljettamiseen. Renaultin Kangoo Z.E. -autostakin on olemassa viisipaikkainen Crew cab malli, jos ihmisten kuljettaminen on tarpeellista. Crew cabinkin tavaratila olisi riittävä pienimuotoiseen jakeluajoon.

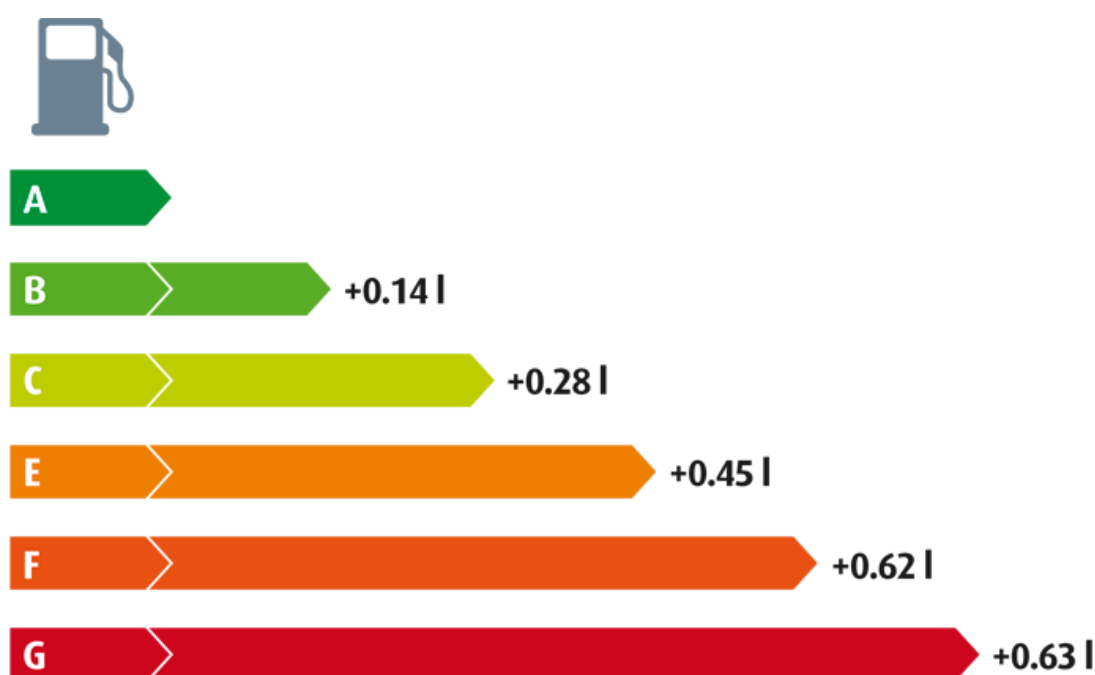
Kuljetusten kustannusten pienentämiseksi on mahdollista harkita myös yhteistyötä muiden toimijoiden kanssa. Kuljetuksia yhdisteltäessä saadaan hukka-ajoa vähennettyä. Pienemmillä firmoilla kuljetuspalvelun osto toiselta toimijalta voi olla kannattavampaa kuin oman auton pitäminen ja kuljettajan palkkaaminen.

Vertailussa mukana ollut Armadillo-sähköpyörä olisi erinomaisen taloudellinen ja ympäristöystävällinen ratkaisu. Pyörä pystyisi nimensä mukaisesti liikkumaan pyöräteitse ja helpottaisi Twizyn tavoin pysäköinti ongelmaa. Kuten Twizyn myös Armadillon ongelmaksi muodostuu Suomen talvi. Armadillon hankinta on vielä Twizyäkkin monimutkaisempaa, sillä pyörää ei myydä yksittäin, vaan palveluna. Rahtipyörää harkitessa täytyisi siis kohdistaa katseet esimerkiksi Volkswagenin 2018 esittelemään cargo e-bikeen. Armadillon tavoin Volkswagenin pyörä on varustettu 250 watin moottorilla ja se pystyy kuljettamaan jopa 210 kilon lastin. Cargo e-bike ei kuitenkaan vaikuta läheskään niin käyttökelpoiselta kuin Armadillo. Rahtipyörän ongelmana on sen pieni toiminta-alue. (Bike europe 2018)

Ympäristöystävällisyyden ollessa tavoitteena ei ole välttämättä perusteltua vaihtaa autoa sähköautoon ennen kuin jo olemassa olevan auton käyttöikä on täynnä. Sen sijaan

voitaisiin siirtyä käyttämään yksinomaan uusiutuvaa dieseliä, sillä se soveltuu kaikkiin jo olemassa oleviin diesel autoihin, hintaero on todella pieni ja se pienentää polttoaineen aiheuttamia elinkaaripäästöjä jopa 90 %. Uusiutuvan dieselin käyttö ei kuitenkaan poista täysin hiukkaspäästöjä, mutta se vähentää niitäkin.

Ajoneuvojen taloudellisuutta saadaan myös parannettua oikeilla rengasvalinnoilla, sekä pitämällä renkaissa oikeat paineet. Vierenvastus muodostaa auton kulutuksesta noin viidesosan ja tätä vastusta pystytään pienentämään oikeilla rengasvalinnoilla. Renkaiden valintaa helpottaa niistä löytyvä energiatehokkuusluokitus (Kuva 12).



Kuva 12. Renkaiden energiatehokkuus luokat ja kulutuksen lisäys 7 l/100 km kuluttavalla autolla. (Nokian renkaat)

Kuten kuvasta voidaan todeta oletettu kulutuksen lisäys A ja G renkaan välillä on jopa 0,6 l. 7 l/100 km kuluttavalla autolla. Kulutuksen vähentyessä pienentyvät myös hiilidioksidipäästöt. (Nokian renkaat 2020.)

Liian alhaisten rengaspaineiden pitäminen kasvattaa polttoaineenkulutusta 3–6 % ja lyhentää renkaiden käyttöikää 25–50 %. (Liikenneturva 2020.)

Pienemmät ja kevyemmät renkaat sekä vanteet auttavat pienentämään auton jousittamatonta massaa ja näin ollen vaikuttavat kulutettuun energiaan. Aiheesta on hankalampi löytää tutkittua tietoa, mutta Performance plus tiren sivuilla mainitaan 2010 tehdystä

testistä, jossa Volkswagen Golf henkilöauton kulutus nousi 10 % vannekoon kasvaessa viidestätoista tuumasta yhdeksääntoista. (Performance plus tire 2020.)

12 LOPUKSI

Vertailutyössä saatiin selville eroja sähköautojen käytetyn ja ladatun energian välillä. Lisäksi ilmanlämpötilalla havaittiin olevan suora yhteys kulutukseen. Autoista löytyi paljon positiivisia ominaisuuksia, eivätkä testiajot paljastaneet suurempia heikkouksia.

Pakettiautojen testien suorittamisessa hankaluuksia aiheuttivat ajoneuvojen säilytyspaikat. Autoja pidettiin autolaboratorion tiloissa ja niitä jouduttiin välillä siirtämään opetus-tuntien tieltä. Tämä vuorostaan aiheutti mahdollisia epätarkkuuksia kilometreihin, sekä kulutukseen ja myös ongelmia auton lataukseen saattamiseen. Sisätiloista lähteminen ei myöskään välttämättä vastaa tosielämän tilannetta.

Kertaluonteisen ongelman aiheutti myös E-NV200-auton renkaan puhkeaminen. Tämä autosta riippumaton tilanne saatiin kuitenkin hoidettua kunnialla, eikä se juurikaan vaikuttanut testiajoihin muuten kuin ylimääräisten ajettujen kilometrien, sekä päivän latauksen puuttumisena.

Itse opinnäytetyön tekemisen suurin ongelma oli, että erilaisia ajoneuvoa testattiin erilaisissa kohteissa. Ruoan kuljetus laitoksesta toiseen ei ole vertailukelpoinen pakettirahdin tai edes ruokajakelun kanssa. Epätarkkuuksia testeihin aiheutti myös useiden testaajien mukanaolo. Jokainen kuljettaja on erilainen, joten edes kahden vertailun pakettiauton kulutuslukemat eivät ole suoraan vertailukelpoisia. Testien puutteellinen raportointi ei myöskään auttanut asiaa ja esimerkiksi Twizyllä ei ollut lainkaan ajettu kulutustestejä. Tuloksien kysely sähköpostikeskustelulla osoittautui myös hitaaksi ja epätarkaksi tavaksi. Oman vaikeutensa vertailuun toi diesel auton puuttuminen testeistä. Suoraa vertailukohtaa ei siis ollut ja kaikki diesel autoa koskevat tiedot ovat valmistajien ilmoittamia, eivätkä välttämättä vastaa tosielämän tilanteita.

Käytetyn energian tiedot otettiin ajoneuvotietokoneista, joiden tarkkuutta ei pystytä vahvistamaan. Kuitenkin vertaillessa kerättyjä tietoja muihin lähteisiin vaikuttivat kerätyt tiedot pitävän paikkansa. Mahdollisia lisätestejä tehtäessä onkin perusteltua hyödyntää OBD2 lukijaa ja jotain kolmannen osapuolen sovellusta. Tällöin kerätyt tiedot eivät ainaakaan olisi auton valmistajasta riippuvaisia.

Työstä rajattiin pois ajoneuvojen vakuutusten vaikutus kustannuksiin, sekä ajoneuvon valmistuksesta johtuvat vaikutukset ympäristöystävällisyyteen.

Lisätutkimusta vaativia asioita ovat myös mahdollinen asiakkaiden tekstiviestimistöjärjestelmä paikallaolo ongelmaan, sekä pienempien autojen käyttö mahdollisuus parkkeerausongelmaan. Lisäksi mielestäni Twizyn uniikki koko ja pienet kustannukset huomioon otettuna kannattaisi tutkia onko auto mahdollista muuttaa paremmin talvikäyttöön sopivaksi. Olisiko Twizyn Cargo mallin tavaratila itsessään mahdollista muuttaa lämpölaatikoksi? Yksi mielenkiintoinen tutkimuskohde olisi myös rengasvalintojen vaikutus sähköauton energian kulutukseen.

LÄHTEET

6Aika 2020. Mikä 6Aika? Viitattu 09.10.2020 <https://6aika.fi/mika-6aika/>.

ADAC 2012. Renault Kangoo Z.E. Viitattu 09.10.2020 https://www.adac.de/_ext/itr/tests/autotest/AT4791_Renault_Kangoo_Z_E_2_Sitzer/Renault_Kangoo_Z_E_2_Sitzer.pdf.

ADAC 2018. Nissan E-NV200 40 kWh testi. Viitattu 19.11.2020 [https://www.adac.de/info-estrat/tests/eco-test/detail.aspx?IDMess=4148&info=Nissan+e-NV200+Evalu+\(40+kWh\)+\(7-Sitzer\)+\(inkl.+Batterie\)](https://www.adac.de/info-estrat/tests/eco-test/detail.aspx?IDMess=4148&info=Nissan+e-NV200+Evalu+ (40+kWh)+(7-Sitzer)+(inkl.+Batterie)).

ADAC 2019. Ecotest. Viitattu 19.11.2020 https://www.adac.de/_mmm/pdf/Methodik_Eco-Test_2020_338652.pdf.

ADAC 2020. Renault Twizy. Viitattu 25.11.2020 <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/renault/twizy/1generation/279857/>.

ADAC 2020. Verbrauch laut Bordcomputer. Viitattu 09.10.2020 <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/tests/autotest/bordcomputer-verbrauchswerte/>.

Attendo 2020. Tietoa Attendosta. Viitattu 09.10.2020 <https://www.attendo.fi/tietoa-attendosta/>.

Autotie 2020. Autovero. Viitattu 17.11.2020 <https://www.autotie.fi/autovero>.

Bike Europe 2019. Volkswagen launches cargo e-bike. Viitattu 30.11.2020. <https://www.bike-eu.com/market/nieuws/2018/09/volkswagen-launches-cargo-e-bike-10134560>.

Bosch 2020. Joko sinulla on sähköpyörä? Viitattu 30.11.2020 <https://www.bosch.fi/uutisia-ja-tarinoita/joko-sinulla-on-saehkoepyoerae-muista-huollot.html>.

Citylogistiikan uudet ratkaisut 2020. Viitattu 09.10.2020 <https://citylogistiikka.fi/>.

DB Schenker 2019. DB Schenker laajentaa rahtipolkupyörien käyttöä Suomessa. Viitattu 03.12.2020 <https://www.dbschenker.com/fi-fi/tietoja-meista/ajankohtaista/db-schenker-laajentaa-rahtipolkupyörien-kaeyttoeae-suomessa-594488>.

DB Schenker 2020. City-logistiikan uudet ratkaisut. <https://citylogistiikka.fi/wp-content/uploads/2020/10/Case-3-DB-Schenker-Oy-Jussi-kiviluoto.pdf>.

DB Schenker. Tietoa meistä. Viitattu 02.11.2020 <https://www.dbschenker.com/fi-fi/tietoja-meista/>.

eBikestore 2020. Huolto. Viitattu 30.11.2020 <https://www.ebikestore.fi/huolto>.

Ecometrica 2012. Greenhouse Gases, CO₂, CO₂e, and Carbon: What Do All These Terms Mean? <https://ecometrica.com/assets/GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1.pdf>.

Ekoautoilu.fi 2019. Totuus sähköauton akunkestosta – vanheneeko akku kahdessa vuodessa? Viitattu 17.11.2020 <https://www.ekoautoilu.fi/totuus-sahkoauton-akunkestosta-vanheneeko-akku-kahdessa-vuodessa/>.

Energiateollisuus 2020. Sähköntuotannon polttoaineet ja CO₂-päästöt. Viitattu 3.11.2020 https://energia.fi/files/1414/a_Sahkontuotannon_kk_polttoaineet_Elokuu.pdf.

Energiateollisuus 2020. Viitattu 04.12.2020 <https://energia.fi/>.

Energiavirasto 2019. Sähköenergian ja siirron hinnan kehitys. Viitattu 21.10.2020 <https://energia-virasto.fi/documents/11120570/13026619/Hintojenkehitys/70448062-775b-e995-d708-80ca1748d432>.

Energy Matters 2013. Wells to wheels; electric car efficiency. Viitattu 20.11.2020 <https://matter2energy.wordpress.com/2013/02/22/wells-to-wheels-electric-car-efficiency/>.

EVcompare 2014. Nissan e-NV200. Viitattu 19.11.2020 https://evcompare.io/cars/nissan/nissan_e-nv200_2014/

EVcompare 2018. Nissan e-NV200. Viitattu 23.11.2020 https://evcompare.io/cars/nissan/nissan_e-nv200_2018/

Fingrid 2020. Häviösähkö. Viitattu 20.11.2020 <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkon-siirto/sahkon-siirtovarmuus/haviosahko/>.

Groupe Renault 2013. Twizy Cargo. Viitattu 26.11.2020 <https://group.renault.com/en/news-on-air/news/twizy-cargo-the-electric-vehicle-now-comes-with-a-boot/>.

Helen 2020. Voimalaitokset. Viitattu 20.11.2020 <https://www.helen.fi/helen-oy/energia/energiantuotanto/voimalaitokset>.

Helsingin uutiset 2019. KL: Tesla-taksin mittarissa jo 744 000 kilometriä – ”Jos saisin tällä sen miljoonan ajettua.” Viitattu 17.11.2020 <https://www.helsingin uutiset.fi/paikalliset/1199429>.

H. Lindell. Keskusautohalli. Henkilökohtainen tiedonanto 24.11.2020.

Ilmasto opas 2019. Ydinvoima on vähäpäästöistä energiaa. Viitattu 04.11.2020. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/ed54e5ef-47f6-41b9-bb5d-8d7b72323571/ydinvoima-on-vahapaastoista-energiaa.html>.

J. Huhtamaa 2020. Raportti Renault Twizyn ajoista. Henkilökohtainen tiedonanto.

JEC WTW v5 2020. Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. https://www.jecreport5.eu/wp-content/uploads/2020/10/JEC_webinar_21_Oct_2020.pdf.

Jmexclusives 2020. Battery Management System. Viitattu 04.12.2020 <https://josephmuciraexclusives.com/battery-management-system/>.

Katternö 2016, paikallinen sähkö = ympäristölle hyvää sähköä. Viitattu 20.11.2020 <https://katternodigital.fi/fi/article/lokal-el-miljosmart-el/>.

Kestävä energiatalous 2018. Energiaa yksinkertaisesti: kapasiteetti ja energia. Viitattu 20.11.2020 <https://www.energiatalous.fi/?p=2194>.

Kotiruokapalvelu Hemmat 2020. Viitattu. 19.11.2020 <http://www.kotiruokapalvelu.fi/>.

L. Allonen. Opiskelija Turun AMK. Henkilökohtainen tiedonanto 16.11.2020.

Liikenneturva 2020. Auton renkaat. Viitattu 30.11.2020 <https://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/auton-renkaat#c010579b>.

Logistiikan maailma 2020. Termejä. Viitattu 04.12.2020 <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/termeja/>.

Matkahuolto 2020. Matkahuolto yrityksenä. Viitattu 02.11.2020 <https://www.matkahuolto.fi/matkahuolto-yrityksena>.

Merchants Fleet 2020. Last Mile Delivery Explained: Trends, Challenges, Costs & More. Viitattu 04.12.2020 <https://www.merchantsfleet.com/industry-insights/what-is-last-mile-delivery/>.

Metroauto 2020. Huoltovaraus. Viitattu 24.11.2020 <https://huoltovaraus.metroauto.fi/varaus/huolto/huolto>.

M. Moilanen, Traficom. Henkilökohtainen tiedonanto 25.11.2020.

Moottori 2018. Koeajo: sähkökaappi – Renault Kangoo Z.E. Power+ Maxi. Viitattu 04.12.2020 <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/koeajo-sahkokaappi-renault-kangoo-z-e-power-maxi/>.

Motiva 2017. Sähköauton ostajan ABC. https://www.motiva.fi/files/12738/Sahkoauton_ostajan_ABC.pdf.

Motiva 2020. Diesel. Viitattu 16.11.2020 https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/energialahteet/diesel.

Motiva 2020. Dieselmoottori. Viitattu 20.11.2020 https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/dieselmoottori.

Motiva. Sähköautot. Viitattu 20.10.2020 https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot.

Neste 2020. Biodiesel ja uusiutuva diesel - Mitä eroa? Viitattu 16.11.2020 <https://www.neste.fi/artikkeli/biodiesel-ja-uusiutuva-diesel-mita-eroa>.

Nissan 2014. e-NV200: IN DETAIL. Viitattu 10.10.2020 <https://europe.nissannews.com/en-GB/releases/release-120590-e-nv200-in-detail>.

Nissan 2016. E-NV200 esite.

Nissan 2020. Nissan NV250 hinnasto. https://www.nissan.fi/content/dam/Nissan/fi/brochures/pricelist/NV250_Asiakashinnasto_VAN.pdf.

Nissan 2020. Uusi e-NV200 pakettiauto 40 kWh hinnasto. <https://www.nissan.fi/content/dam/Nissan/fi/brochures/pricelist/e-nv200-asiakashinnasto-van.pdf>.

Nissan. NV200 Van Euro6 tekniset tiedot. https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/fi/brochures/pricelist/NV200_Tekniset_tiedot_EURO6_17-06-16_0696.pdf.

Nokian renkaat 2020. Polttoainetaloudellisuus. Viitattu 04.12.2020 <https://www.nokianrenkaat.fi/innovatiivisuus/rengastietoa/eu-uudet-rengasmerkinnat/rengasmerkinnan-kolme-luokittelukriteeria/polttoainetaloudellisuus/>.

NRGKick 2020. Viitattu 26.11.2020 <https://www.nrgkick.com/en/>.

NSW 2016. Comparing running costs of diesel, LPG and electrical pumpsets https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0011/665660/comparing-running-costs-of-diesel-lpg-and-electrical-pumpsets.pdf.

N. Matikainen 2017, Auton arvon aleneminen iän ja käytön myötä. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/101700/GRADU-1498725818.pdf?sequence=1>.

Onfleet 2020. 5 Practical Ways to Solve Your Last Mile Problem. Viitattu 26.11.2020 <https://onfleet.com/blog/last-mile-problem/>.

P. Adolfsson. Sales director, Velove, henkilökohtainen tiedonanto 30.11.2020.

Peda.net 2020. Energialähteet. Viitattu 16.11.2020 <https://peda.net/p/simo.veistola/t3guon2/geuusi-33/10-energi%C3%A4hteet2>.

Performance plus tire 2020. Do larger tires get better gas mileage? Viitattu 30.11.2020. <https://www.performanceplustire.com/blog/do-larger-tires-get-better-gas-mileage/>.

P. Lesonen. Huoltovastaava, autokeskus. Henkilökohtainen tiedonanto 12.11.2020.

Renault 2014. Kangoo Express. https://www.renault.fi/wp-content/uploads/2015/03/KANGOO_VU_FI_final_netti.pdf.

Renault 2019. Twizy hinnasto. <https://www.renault.fi/wp-content/uploads/2019/01/Hinnasto-Twizy-01012019.pdf>.

Renault 2020. Twizy brochure. <https://www.brayleys.co.uk/uploads/documents/renaulttwizybrochure-5f731fad7097f.pdf>.

Renault Suomi 2020. Kangoo hinnasto. <https://www.renault.fi/wp-content/uploads/2020/07/hinnasto-kangoo-13072020.pdf>.

Renault Suomi 2020. Renault Kangoo Z.E. hinnasto. <https://www.renault.fi/wp-content/uploads/2020/11/hinnasto-kangoo-ze-23112020.pdf>.

Renault Suomi 2020, Uusi Renault Kangoo Z.E. Viitattu 23.11.2020 <https://www.renault.fi/tavara-autot/kangoo-ze/>.

Renault Suomi 2020. Renault henkilöauto- ja tavara-autoissa 4 vuoden takuu. Viitattu 17.11.2020 <https://www.renault.fi/myynti-ja-palvelut/renault-4-vuoden-takuu/>.

Renault 2020. Kangoo Z.E. technical specifications. Viitattu 23.11.2020 <https://en.media.groupe.renault.com/assets/new-renault-kangoo-z-e-technical-data-47053-989c5.html?dl=1>.

Renault.fi. Chat keskustelu. 24.11.2020.

Reset 2019. Cargo Bikes: The Future of Inner-City Zero-Emissions Travel? Viitattu 30.11.2020 <https://en.reset.org/blog/cargo-bikes-future-zero-emission-travel-06042019>.

Scania. RED95 Viitattu 10.10.2020 <https://www.scania.com/fi/fi/home/kestava-kehitys/vaihtoehtoiset-polttoaineet/Bioetanoli.htm>.

Schlömer S., T. Bruckner, L. Fulton, E. Hertwich, A. McKinnon, D. Perczyk, J. Roy, R. Schaeffer, R. Sims, P. Smith, and R. Wiser, 2014: Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf.

Suomi.fi 2020. Sähköauton hankintatuki. Viitattu 17.11.2020 <https://www.suomi.fi/palvelut/sahkoauton-hankintatuki-liikenne-ja-viestintavirasto-trafficom/c4dc0943-4a8f-4c83-b71b-6a13172f0393>.

Tilastokeskus 2020. Bensiinin ja dieselin hintakehitys. Viitattu 02.11.2020 https://www.aut.fi/etusivu_vanha/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/bensiinin_ja_dieselin_hintakehitys?download_7594=1.

Tilastokeskus 2019. Sähkön hankinta energialähteittäin. Viitattu 4.11.2020. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2019/data/t03_03.xlsx.

Vattenfall 2020. Biomassa. Viitattu 09.12.2020 <https://group.vattenfall.com/fi/mita-teemme/energiälajimme/biomassa>.

Vattenfall 2020. Vesivoima. Viitattu 13.11.2020 <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/vesivoima/>.

Velove 2020. The Armadillo. Viitattu 04.12.2020. <https://www.velove.se/electric-cargo-bike>.

Wikipedia 2020. Hyötysuhde. Viitattu 04.12.2020 <https://fi.wikipedia.org/wiki/Hy%C3%B6tysuhde>.

Wikisanakirja 2020. kWh. Viitattu 04.12.2020 <https://fi.wiktionary.org/wiki/kWh>.

Saksalaisen autoliiton ADAC:in vertailu ladatun ja kulutetun energian suhteesta. (ADAC, 2020, Verbrauch laut Bordcomputer)

Elektro

🔍 Search			
Fahrzeug	Verbrauch Bordcomputer in kWh/100km	Verbrauch gemessen in kWh/100km	Abweichung
Audi e-tron 55 quattro	22,2	25,8	13,95%
BMW i3 120 Ah	15,8	18,0	12,22%
Hyundai IONIQ Elektro (2020)	14,3	16,3	12,27%
Jaguar i-Pace (2018)	22,8	27,6	17,39%
KIA e-Niro (64 kWh)	16,3	18,1	9,94%
KIA e-Soul (64 kWh)	16,5	18,8	12,23%
Mercedes EQC 400 4Matic	23,2	27,6	15,94%
Mini Cooper SE	15,0	17,7	15,25%
Nissan Leaf e+ (62 kWh)	18,7	22,7	17,62%
Renault ZOE ZE50 R135	15,4	19,0	18,95%
Renault ZOE ZE50 R110	15,1	18,5	18,38%
Seat Mii electric	13,7	17,3	20,81%
Tesla Model 3 Long Range	15,7	20,9	24,88%
Tesla Model 3 Standard Range Plus	16,0	19,5	17,95%
VW e-up! (2018)	14,9	17,7	15,82%

E-NV200-auton keskikulutus ja kirjatut lämpötilat

Päivämäärä	Ilman lämpötila	Säätila	Keskikulutus
12.10.	7	Sateinen	22,5
13.10.	8	Puolipilvinen	18,9
14.10.	6	Puolipilvinen	19
15.10.	-2	Aurinkoinen	22,3
16.10.	1	Aurinkoinen	20,3
19.10.	1	Kostea	24,9
20.10.	0	Puolipilvinen/aurinkoinen	22,7
21.10.	7	Sateinen	20,8
22.10.	10	Kostea	17,7
23.10.	7	Puolipilvinen	16,8
26.10.	12	Puolipilvinen	19,2
27.10.	11	Sateinen	19,8
28.10.	10	Puolipilvinen	17,4
29.10.	10	Puolipilvinen	17,4
30.10.	6	Sateinen	18
2.11.	8	kostea/tuulinen	19,4
3.11.	10	Puolipilvinen	17,9
4.11.	10	Puolipilvinen	18,6
5.11.	8	Aurinkoinen	18,3
6.11.	10	Aurinkoinen	19,5

Nissan-autojen arvon alenema

Auton ikä (v)	Arvosta jäljellä (%)	Mittarilukema (tkm)	NV200 Diesel auton arvo	E-NV200 Sähköauton arvo	Diesel auton arvosta johtuva kustannus	Sähköauton arvosta johtuva kustannus
0	100	0	23 425,42	39 279,43	0	0
1	90,86	20	21284,34	35689,29	2 141,08	3 590,14
2	80,85	40	18939,45	31757,42	2 344,88	3 931,87
3	71,97	60	16859,27	28269,41	2 080,18	3 488,01
4	63,9	80	14968,84	25099,56	1 890,43	3 169,85
5	56,38	100	13207,25	22145,74	1 761,59	2 953,81
6	49,19	120	11522,96	19321,55	1 684,29	2 824,19
7	42,21	140	9887,87	16579,85	1 635,09	2 741,70
8	35,35	160	8280,886	13885,28	1 606,98	2 694,57
9	28,57	180	6692,642	11222,13	1 588,24	2 663,15
10	21,93	200	5137,195	8613,979	1 555,45	2 608,15

Renault Kangoo-ajoneuvojen kustannukset 20 000 km vuotuisella ajolla

Käyttövuosi	Kangoo Z.E.	Kangoo diesel	Kangoo Z.E. Arvon alenemalla	Kangoo Diesel arvon alenemalla
0	33 190	26 990	33 190	26 990
1	34 041	28 846	37 074	31 312
2	35 202	31 111	38 524	33 813
3	36 052	32 967	39 000	35 363
4	37 229	35 497	39 907	37 675
5	38 080	37 352	40 575	39 382
6	39 256	40 781	41 643	42 721
7	40 107	42 636	42 424	44 520
8	41 258	45 092	43 534	46 943
9	42 108	46 947	44 359	48 777
10	43 285	49 403	45 489	51 195
11	44 135	51 258	46 459	53 148
12	45 312	54 687	47 635	56 576
13	46 163	56 543	48 795	58 683

Sähköpakettiautojen keskikulutus, todellinen kulutus ja ilmanlämpötilat

