

Joona Siukonen

TÄYSSÄHKÖAUTOT DOMINANT- TINA MALLINA

Autojen sähköistymisen taustatekijät ja vaikutukset
automarkkinoihin

Kandidaatintyö
Tarkastaja: Ulla Saari
Johtamisen ja talouden tiedekunta
Kesäkuu 2022

TIIVISTELMÄ

Joona Siukonen: Täyssähköautot dominanttina mallina – Autojen sähköistymisen taustatekijät ja vaikutukset automarkkinoihin (Full-electric vehicle as a dominant design – the drivers and impacts of automotive electrification)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma

Kesäkuu 2022

Polttomoottoriautot (ICEV) ovat olleet vuosikymmeniä autoalan keskiössä, mutta ympäristöhuolien ja fossiilisten polttoaineiden rajallisuuden vuoksi korvaavia teknologioita on jo pitkään kehitelty. Niin lainsäädännöllisten toimien, markkinaosuustrendien kuin autoalan yritysten strategioidenkin perusteella nimenomaan täyssähköautoista (FEV) povataan tällä hetkellä laajasti ratkaisua näihin ongelmiin.

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli selvittää, minkälaisia tekijöitä täyssähköautojen yleistymisen taustalla on, ja miten tämä kehityskulku on vaikuttanut alaan erityisesti vakiintuneiden yritysten näkökulmasta. Työssä keskitytään vakiintuneista yrityksistä Volkswageniin ja Toyotaan, sillä ne ovat pitkään olleet automarkkinoiden johtavia toimijoita. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja sen tutkimusaineisto koostuu pääasiassa tieteellisistä artikkeleista.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella autojen sähköistymisen taustalla voidaan nähdä useita syitä. Erilaiset lainsäädännölliset toimet ovat lisänneet sähköautojen teknologista työntöä, mutta myös niihin kohdistuvaa markkinavetoa. Nämä tekijät yhdistettynä samanaikaiseen teknologiseen kehitykseen ja kuluttajien kasvavaan arvostukseen ekologisia teknologioita kohtaan ovat aiheuttaneet autoalalle tietynlaisen epäjatkuvuuskohdan ja epävarmuuden aikakauden.

Epävarmuuden aikakaudesta dominantiksi malliksi näyttää selvinneen FEV-teknologia, sillä sen kokonaissuorituskyky on kehittynyt vaihtoehtoisia teknologioita korkeammaksi. Tämän taustalla ovat olleet ympäristöystävällisyyden roolin kasvu suorituskykyparametrinä sekä sähköautojen kasvanut kilpailukyky myös muissa autoalan parametreissa. Autoalalla näitä kuluttajien arvostamia parametreja onkin poikkeuksellisen paljon, ja niihin kuuluu muun muassa auton toimintasäde, käyttökokemus, ulkonäkö ja kiihtyvyyt. Dominantin mallin kehittäjinä voidaan argumentoida toimineen uudet markkinatulokkaat, jotka ovat alan vakiintuneista yrityksistä poiketen keskittyneet epävarmuuden aikakaudella yksinomaan sähköautoihin.

Tämä epäjatkuvuus näyttää muodostuneen vakiintuneille yrityksille kompetenssia tuhoavaksi, sillä epävarmuuden aikakaudella ne ovat keskittyneet pääasiassa täysin muihin teknologioihin, eivätkä täten ole kartuttaneet FEV-teknologiaan liittyvää osaamista. Niiden ydinosaamiseen on siis epävarmuuden aikakaudella kuulunut lähinnä ICE- ja hybriditeknologioihin liittyvä arkkitehtuurinen ja komponenttispesifi tietotaito. Uudet tulokkaat ovatkin onnistuneet nappamaan johtasemat maailman suurimmilla sähköautomarkkinoilla Yhdysvalloissa ja Kiinassa.

Johtavien yritysten taipumus menettää asemansa teknologisen muutoksen aikoina on yksi johdonmukaisimmista ilmiöistä yritysmaailmassa, ja tämä ilmiö näyttää toistuneen nyt myös automarkkinoilla. Vakiintuneiden yritysten strategisten valintojen taustalla voidaan nähdä muun muassa merkittävää epävarmuutta liittyen teknologiakehitykseen, regulaatioon sekä kysyntään.

Täyssähköautot ovat radikaali innovaatio niin alan yrityksille, yhteiskunnalle kuin niiden käyttäjillekin. Lisäksi kyseessä on disruptiivinen innovaatio, sillä se näyttää järjestelevän alan markkinaosuuksia uudelleen. FEV-teknologian suosion ja kirkkaiden tulevaisuudennäkymien voidaan nähdä johtuvan sen noususta dominantiksi malliksi autoalan epäjatkuvuuskohdan ja epävarmuuden aikakauden jälkeen.

Avainsanat: täyssähköauto, dominantti malli, syklinen malli, vakiintunut yritys, uusi tulokas, teknologinen epäjatkuvuus, regulaatio, strategia

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on laadittu Tampereen yliopistossa keväällä 2022. Tiesin jo varhaisessa vaiheessa, että haluan kandidaatintyössäni käsitellä sähköautojen roolia automarkkinoilla. Tarkan rajauksen muodostaminen osoittautui kuitenkin haastavaksi, ja se muuttuikin useita kertoja työn aikana. Joka tapauksessa aihe oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen ja työn tekeminen oli pääasiassa hyvin mielekästä.

Haluan kiittää ohjaajaani Arho Suomista, työn tarkastajaa Ulla Saarta sekä opiskelutovereitani hyödyllisistä keskusteluista, neuvoista ja kärsivällisyydestä koko projektin ajan.

Tampereella, 17.6.2022

Joona Siukonen

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaukset	2
1.3 Tutkimuksen rakenne	3
1.4 Metodologia	3
2. AUTOJEN SÄHKÖISTYMISEN TAUSTA	5
2.1 Teknologisen muutoksen moninainen terminologia	5
2.2 Syyt autojen sähköistymisen taustalla	6
2.2.1 Regulaatio	6
2.2.2 Teknologinen epäjatkuvuus	8
3. EPÄVARMUUDEN AIKAKAUSI	10
3.1 Täyssähköautot epävarmuuden aikakaudella	11
3.2 Vakiintuneiden yritysten toiminta epävarmuuden aikakaudella	12
3.2.1 Toyota	12
3.2.2 Volkswagen	14
4. SÄHKÖAUTOJEN NOUSU DOMINANTIKSI MALLIKSI	16
4.1 Syitä dominantin mallin muodostumiselle	16
4.2 Uudet markkinatulokkaat dominantin mallin taustalla	18
4.3 Dominantti malli ja vakiintuneet yritykset	19
4.3.1 Strateginen joustavuus ja vertikaalinen integraatio	19
4.3.2 Yhteistyön moninaiset mahdollisuudet	21
4.4 Vakiintuneiden yritysten kompetenssin tuhoutuminen	23
5. PÄÄTELMÄT	25
5.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin	25
5.2 Tutkimuksen rajoitteet ja jatkotutkimusehdotukset	28
LÄHTEET	29

LYHENTEET

FEV	full electric vehicle = täyssähköauto
PHEV	plug-in electric vehicle = lataushybridiauto
HEV	hybrid electric vehicle = hybridiauto
ICE(V)	internal combustion engine (vehicle) = polttomoottori(auto)

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Lainsäätäjät ympäri maailmaa ovat jo pitkään tavoitelleet ympäristöystävällisempää autoilua. Tämän hetken tavoitteista esimerkkejä ovat Euroopan Unionin suunnitelmat polttomootoriautojen (ICEV) kieltämiseksi vuoteen 2035 mennessä (Carroll 2021; Hanley 2022) ja Kiinan sekä Yhdysvaltojen samankaltaiset suunnitelmat (Voelcker 2017; Fleming 2020; Shepardson & Klayman 2021).

Tällä hetkellä vaikuttaa yhä enenevässä määrin siltä, että hallinnolliset tahot laskevat tämän tavoitteen toteutumisen täyssähköautojen (FEV) varaan. Ympäri maailmaa on nimittäin alettu voimakkaasti investoimaan latausinfrastruktuuriin ja asettamaan kunnianhimoisia tavoitteita täyssähköautojen diffuusiolle (Abnett 2020; Nilsen 2021; Attwood 2022; Holder 2022; Yang 2022). Täyssähköautot ovat autoja, joiden ainoana voimälähteenä toimii sähkömoottori ja akusto (Poullikkas 2015). Tässä työssä käytetään täyssähköautoista myös lyhyempää termiä sähköauto sekä lyhennettä FEV.

Sähköautojen osuus automarkkinoista oli vuonna 2021 noin 4,5 % Yhdysvalloissa, 16 % Euroopassa ja 14 % Kiinassa (Lambert 2022b). Yhdysvaltain osuuden ennustetaan kasvavan noin 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä (Carlier 2022a; EVadoption 2022). Vaikka polttomootoriautot siis dominoivatkin vielä myyntimäärissä, sähköautoissa nähdään olevan potentiaalia konventionaalisten ajoneuvojen aiheuttamien ympäristöongelmien ratkaisijaksi (Kim ym. 2022). Vuoteen 2040 mennessä täyssähköautojen ennustetaan ohittavan globaalisti konventionaaliset autot myyntilukemissa (Accenture 2019).

Automarkkinoiden uudet tulokkaat Tesla Motors ja BYD ovat onnistuneet nappaamaan johtoasemat FEV- markkinaosuuksissa Yhdysvalloissa ja Kiinassa, jotka ovat kaksi maailman suurinta automarkkinaa (Li ym. 2019). Teslan osuus Yhdysvaltain FEV- markkinoista on nykyään lähes 70 prosenttia (Lambert 2022a). BYD on sen sijaan johdantanut monta vuotta globaalia sähköautomarkkinaa myyntilukemissa (Li ym. 2019).

Hiljattain myös suurimmat vakiintuneet yritykset ovat päätyneet ottamaan täyssähköautot keskeiseen rooliin strategioissaan. VW Group on nostanut sähköautot strategiansa

ytimeen ja investoinut niiden kehitykseen 30 miljardia euroa (McGee 2019). Toyota on ollut pitkään erityisen vastahakoinen ja skeptinen sähköautojen suhteen, mutta hiljattain sekin päätti investoida teknologiaan kymmeniä miljardeja euroja (Voelcker 2022).

Sähköautot ovat siis nousseet merkittävään asemaan monien merkittävien sidosryhmien näyttäessä pitävän niitä tulevaisuuden keskeisimpänä voimalinjateknologiana. Tästä ovat osoituksena lainsäätäjien ja autonvalmistajien toiminta sekä sähköautojen kasvava markkinaosuus.

Autoteollisuudessa kilpailu on aina ollut kovaa, ja valtavat vakiintuneet toimijat kuten Volkswagen ja Toyota ovat hallinneet alaa vuosikymmeniä polttomoottorimalleillaan (Kim ym. 2022). Kun katsotaan maailman suurimman henkilöautomarkkinan eli Pohjois-Amerikan historiaa, huomataan, että juuri mikään startup ei ole selviytynyt kilpailussa viimeisen vuosisadan aikana (Baer 2014). Autoalalle on siis tyypillisesti ollut hyvin vaikeaa murtautua uutena yrityksenä, mikä on auttanut vakiintuneita yrityksiä kestävän kilpailuedun saavuttamisessa (Thomas & Maine 2019). Autojen sähköistyessä valtavat vakiintuneet yritykset ovat siis ajautuneet ylivoimaiselta ja järkähtämättömältä vaikuttaneesta markkina-asemasta tietyllä tavalla takaa-ajajan rooliin (Li ym. 2019).

1.2 Tutkimuksen tavoite, tutkimuskysymykset ja rajaukset

Tämän työn tavoitteena on selvittää, minkälaisia tekijöitä FEV-tekniikan yleistymisen taustalla on, ja miten se on vaikuttanut automarkkinoihin ja autonvalmistajiin. Erityisesti keskitytään siihen, miten tämä muutos on vaikuttanut vakiintuneiden yritysten liiketoimintaan ja strategioihin.

Työn tutkimuskysymyksiä ovat siis:

- Minkälaisia tekijöitä autojen sähköistymisen taustalla on?
- Miten tämä murros on vaikuttanut vakiintuneiden yritysten liiketoimintaan ja strategioihin?

Työssä keskitytään pääasiassa vakiintuneiden yritysten toimintaan, eikä juurikaan tarkastella uusien tulokkaiden menestystekijöitä. Vakiintuneista yrityksistä keskitytään Volkswageniin ja Toyotaan, sillä niiden markkinaosuudet ovat suurimpia vakiintuneista yrityksistä (Carlier 2022b), ja ne ovat vanhan ekosysteemin ja ICE (polttomoottori) -tekniikan ympärille muodostuneen regiimin johtavia toimijoita (Kim ym. 2022). Regiimillä tarkoitetaan muun muassa käyttäjien, liiketoimintamallien, valmistusteknologioiden ja lainsäädännön välillä vallitsevaa sosiaalisteknistä järjestelmää (Dijk 2014).

1.3 Tutkimuksen rakenne

Ensimmäisessä luvussa tutkitaan sitä, millaisesta muutoksesta autojen sähköistymisen taustalla on kyse, ja mitkä ovat sen merkittävimpiä ajureita. Luvussa vertaillaan teknologiseen muutokseen liittyviä erilaisia termejä ja käsitellään tätä autoalan murrosta erilaisten kirjallisuudessa esiintyvien teorioiden ja näkökulmien kautta.

Seuraavaksi tarkastellaan automarkkinoiden kehitystä alan historian, teknologisen epäjatkuuskohdan syntymisen ja epävarmuuden aikakauden kautta dominantin mallin (engl. dominant design) syntymiseen ja sen jälkeiseen aikaan. Jokaisessa näistä vaiheista tarkastellaan vakiintuneiden yritysten reaktioita ja strategioita peilaten niitä alan kirjallisuuteen. Lopuksi päätelmissä pyritään päättämään aikaisempien lukujen pohjalta vastaukset tutkimuskysymyksiin, ja pohditaan työn rajoitteita sekä jatkotutkimusehdotuksia.

1.4 Metodologia

Tämä kandidaatintyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, ja sen metodologia koostuu kirjallisuuden eli lähinnä tieteellisten artikkeleiden lukemisesta. Kirjallisuutta on etsitty erilaisista internetin tietokannoista, joista ylivoimaisesti käytetyin on ollut Scopus. Taulukossa 1 on esitelty työn kannalta keskeisiä käsitteitä, ja niistä johdettuja hakusanoja.

Taulukko 1: Avainkäsitteet ja hakusanat

Avainkäsite	Hakusanat
Teknologinen epäjatkuvuus	technological discontinuity, discontinual innovation
Täyssähköauto	full-electric vehicle, electric vehicle, battery-electric vehicle, FEV, EV, BEV
Vakiintunut yritys	incumbent/established/existing company
Autonvalmistaja	automotive manufacturer, car manufacturer, automotive company, car company
Ympäristöystävällinen, ekologinen	environmentally friendly, environment-friendly, eco-friendly, ecological

Dominantti malli	dominant design
------------------	-----------------

Taulukossa 2 on esitelty joitakin tiedonhaussa käytetyistä hakutermeistä sekä niiden avulla saatujen hakutuloksien määrää. Haasteena aineiston etsimisessä olikin löytää hakutermit, jotka tarjoavat sopivan määrän hakutuloksia. Luettava materiaali on valittu hakutuloksista otsikon, vuosiluvun, viittausmäärien, tiivistelmän, tekstin saatavuuden sekä tekstin nopean silmäilyn avulla.

Taulukko 2: Hakutermit ja hakutulokset

Hakutermejä	Hakutulokset	Tietokanta
"Electric vehicle" AND "dominant design"	22	Scopus
"incumbent" AND (automotive OR car) AND (manufacturer OR company) AND "electric vehicle"	17	Scopus
"electric vehicle" AND "technological development" AND "regulation"	35	Scopus
uncertainty AND strategy AND ("electric vehicle" OR EV) AND incumbent	2	Scopus

Merkittävä osuus työssä käytetystä kirjallisuudesta on myös löydetty luettujen artikkeleiden omista lähdeluetteloista ja viittauksista. Työssä on käytetty niin suhteellisen vanhoja perusteoriaa sisältäviä lähteitä, kuin myös hyvinkin tuoreita tieteellisiä artikkeleita. Lisäksi teoriaa varten työssä on myös viitattu oppikirjoihin. Perus- ja tilastotietoa on poimittu myös nettiuutisartikkeleista ja vastaavista lähteistä.

2. AUTOJEN SÄHKÖISTYMISEN TAUSTA

2.1 Teknologisen muutoksen moninainen terminologia

Teknologisen muutoksen kirjallisuudessa esiintyy lukuisia erilaisia termejä, kuten radikaali innovaatio, disruptiivinen innovaatio ja teknologinen epäjatkuvuuskohta (Trauffer & Tschirky 2010). Näitä termejä käytetään paljon ristiin ja usein myös väärin (Ehrnberg 1995; Trauffer & Tschirky 2010; Christensen ym. 2015).

Teknologinen epäjatkuvuus pohjautuu tieteellisen läpimurron aikaansaamaan teknologiseen kehitysaskeseen, joka ei noudata kyseiselle teknologialle tyypillistä, inkrementaalisiin parannuksiin perustuvaa kehityskäyrää (Anderson & Tushman 1990; Trauffer & Tschirky 2010). Jos tämä teknologinen kehityskaskel mahdollistaa alan suorituskykyhintasuhteen merkittävän edistymisen, kyseessä on teknologinen epäjatkuvuuskohta (Tushman & Anderson 1986).

Sekä disruptiivisessa että radikaalissa innovaatioissa on sen sijaan kyse teknologisen epäjatkuvuuden kaupallistamisesta. Teknologisesta epäjatkuvuuskohdasta syntyy disruptiivinen innovaatio, jos se johtaa koko alan markkinaosuuksien uudelleen järjestäytymiseen eli disruptoi alaa. Epäjatkuvuudesta tulee sitä todennäköisemmin disruptiivinen, mitä nopeampi sen diffuusio on, sillä nopean diffuusion tapauksessa yrityksillä on vähemmän aikaa reagoida siihen. Toinen disruption todennäköisyyteen vaikuttava tekijä on se, kuinka paljon se tekee hyödyttömäksi alan vakiintuneiden yritysten olemassa olevaa osaamista. (Trauffer & Tschirky 2010) Andersonin ja Tushmanin (1986) termein tällöin on kyse kompetenssia tuhoavasta epäjatkuvuudesta.

Kompetenssia vahvistava epäjatkuvuuskohta rakentuu yrityksen olemassa olevan tietotaidon ja osaamisen päälle, ja voi näin ollen olla jopa hyödyllinen yritykselle. Kompetenssia tuhoavat epäjatkuvuudet sen sijaan muuttavat perusteellisesti alan keskeisen tuotteen kehittämiseen ja valmistamiseen vaadittavaa tietotaitoa johtaen olemassa olevan osaamisen vanhentumiseen. (Anderson & Tushman 1986)

Radikaali innovaatio on sen sijaan subjektiivinen käsite. Markkinoiden näkökulmasta innovaatio on radikaali, jos se eroaa normaalista kehitysaskelleesta dramaattisesti ja järjestää markkinatilannetta uudelleen. Yrityksen näkökulmasta kyseessä on radikaali

innovaatio, jos siihen liittyy muun muassa epävarmuutta sekä yrityksen kokemattomuutta kyseisestä aiheesta. (Trauffler & Tschirky 2010) Esimerkiksi HEV (hybridiauto) -teknologian voidaan ajatella olleen radikaali innovaatio niiden valmistajille, koska kyseisten yritysten täytyi omaksua suuri määrä uutta tietoa sen kehittämiseksi ja valmistamiseksi. Se ei sen sijaan ollut radikaali innovaatio yhteiskunnalle eikä sen käyttäjille, koska se ei vaatinut yhteiskuntaan uutta infrastruktuuria eikä uusia toimintatapoja käyttäjiltään. (Magnusson & Berggren 2011)

2.2 Syyt autojen sähköistymisen taustalla

Syvälle juurtuneen polttomoottoriteknologian inkrementaalinen kehitys on ollut autoalan tunnusmerkkinä hyvin pitkään. Tutkijat ovat toistuvasti ennustaneet tämän kehityskulun murtumista esimerkiksi 1980-luvun kahden öljykriisin, lisääntyneiden ympäristöhuolien sekä 1990-luvun Kalifornian ZEV-regulaation myötä. 1990-luvun lopulla myös polttoainehintoihin ja kasvihuonepäästöihin liittyvät huolet kasvoivat ja kysyntä sekä vaatimukset ympäristöystävällisempiä autoja kohtaan kasvoivat. (Magnusson & Berggren 2011) Vaihtoehtoihin voimalinjoihin ovat kuuluneet täyssähköautot (FEV), polttokennoautot (FCV), hybridit (HEV), sekä lataushybridit (PHEV) (Peters ym. 2017). Vaihtoehtoisten teknologioiden kehitys on kuitenkin toistuvasti epäonnistunut, ja alan inkrementaalinen kehityskulku on useista haasteista huolimatta jatkanut pitkään voitokulkuaan (Magnusson & Berggren 2011).

Viime vuosina sähköistymistrendi on kuitenkin kiihtynyt, mitä selittää muun muassa täyssähköautoihin liittyvien teknologioiden kehitys, korkeat polttoainehinnat, ympäristölliset huolet sekä ympäri maailmaa kiristynvä lainsäädäntö. (Mirzadeh Phirouzabadi ym. 2022). Syitä on siis monia, ja ne voidaan jakaa kahteen hyvin erilaiseen kategoriaan: lainsäädännön vaikutus ja sähköautojen kasvanut houkuttelevuus autojen ostajille. Sekä itsenäisellä kilpailukyvyllä että regulaatiolla on siis oma vaikutuksensa autojen sähköistymisessä.

2.2.1 Regulaatio

Merkittävänä ajurina tämän teknologisen muutoksen taustalla on regulaatio ja lainsäädännölliset toimet. Monista ympäristöön ja kestäväyyteen liittyvistä syistä lainsäätäjät ja hallinnolliset tahot ovat jo pitkään pyrkineet viemään autoilua ympäristöystävällisempään ja kestävämpään suuntaan (ICCT 2014; US Environmental Protection Agency 2022).

Lainsäädäntö voi ajaa teknologista muutosta kahdella eri tavalla. Uusi politiikka voi pyrkiä kannustamaan teknologian valmistajia innovointiin, josta syntynyt uusi teknologia pyritään työntämään markkinoille luomalla kuluttajille tarve sen ostamiseen (engl. technology-push). Toisaalta lainsäädännöllä voidaan pyrkiä vaikuttamaan suoraan markkinoiden kysyntään. Tällöin autojen käyttäjille luodaan insentiivejä ostaa tietynlaista teknologiaa esimerkiksi verohelpotusten kautta. Yritysten rooliksi jää luoda kuluttajien haluamaa teknologiaa, jolloin teknologiakehitys on markkinavetoista (engl. market-pull). (Banerjee & Preskill 2017)

Autojen sähköistymisen tapauksessa lainsäädännön voidaan nähdä vaikuttaneen molemmilla tavoilla. Erilaiset lainsäädännölliset toimet ovat pakottaneet autonvalmistajia siirtymään kohti ekologisempia teknologioita tavoitellen teknologista työntöä. Esimerkiksi Euroopan Unioni suunnittelee ICE-autojen myynnin kieltämistä vuoteen 2035 mennessä (Carroll 2021; Hanley 2022). Kiinalla (Voelcker 2017; Fleming 2020) ja Yhdysvalloilla (Shepardson & Klayman 2021) on samankaltaisia suunnitelmia. Lisäksi autoille on asetettu erilaisia vaiheittaisia päästörajoituksia eri puolilla maailmaa (ICCT 2014; US Environmental Protection Agency 2022). Tämän autonvalmistajien kautta tapahtuvan ja teknologiseen työntöön perustuvan vaikutuksen lisäksi tapahtuu samalla myös markkinavetoon kohdistuvia vaikutuspyrkimyksiä esimerkiksi veroetujen, romutuspalkkioiden, pysäköintietuoikeuksien ja latausinfrastruktuurin kehittämisen kautta. Markkinavetoon kohdistetut toimet ovat tutkitusti toimineet teknologista työntöä tehokkaammin. Esimerkiksi latausinfrastruktuurin kehittämisen on todettu olevan yksi tehokkaimmista toimenpiteistä sähköautojen houkuttelevuuden lisäämiseksi. (Sierzchula ym. 2014; Brückmann & Bernauer 2020; IEA 2021)

Keskeistä on huomata se, että markkinavetoon vaikuttavat toimenpiteet ovat vahvasti yhteydessä teknologisen epäjatkuuskohdan syntyyn, sillä ne parantavat alan suorituskykyhintasuhdetta laskemalla kuluttajahintaa ja vaikuttamalla kuluttajien arvostamiin kriittisiin suorituskykyparametreihin kuten käyttökokemukseen. Epäjatkuisuuden määritelmä pohjautuu nimittäin nimenomaan markkinavetoisuuteen eli siihen, että ostajat suosivat uutta teknologiaa paremman suorituskyvyn tai matalamman hinnan vuoksi. (Tushman ja Andersonin 1986) Markkinoiden itsenäiset mieltymykset ympäristöystävällisempiä autoja kohtaan ovatkin regulaation rinnalla toinen syy tämän teknologisen muutoksen taustalla. Seuraavassa aluvuossa tarkastellaankin asiaa teknologisen epäjatkuisuuden teorian kautta.

2.2.2 Teknologinen epäjatkuuus

Teknologiset epäjatkuuskohdat ovat innovaatioita, jotka edistävät merkittävästi jonkin teollisuudenalan hintatasoa, suorituskykyä tai molempia. Autojen, kuten minkä tahansa muunkin teknologian, suorituskykyä arvioidaan keskeisten suorituskykyparametrien kautta. (Anderson & Tushman 1986) Keskeisten suorituskykyparametrien määrittäjänä toimivat teknologian ostajat tai loppukäyttäjät. Esimerkiksi tietokonealalla uudet epäjatkuuskohdat ovat kerta toisensa jälkeen parantaneet tietokoneiden tehokkuutta, jota ostajat ovat pitäneet keskeisenä suorituskykyparametrinä, ja siten ajaneet ostopäätöksillään vähemmän tehokkaat teknologiat historiaan. (Anderson & Tushman 1990)

Autojen kontekstissa näitä kuluttajien suosimia parametrejä ovat muun muassa ajokemus, ulkonäkö, energiatehokkuus, kiihtyvyys, käyttömukavuus ja -helppous, toiminnallisuus, luotettavuus ja turvallisuus (Bergek ym. 2013; Rezvani ym. 2015). Autoalalla onkin poikkeuksellisen paljon keskeisiä suorituskykyparametrejä eli autojen ostajat vertailevat ostopäätöksessään lukuisia eri parametrejä, joista kaikkien tulee olla vähintäänkin tyydyttäviä, jotta ostopäätös syntyy (Bergek ym. 2013).

Myös ympäristöystävällisyys on enenevässä määrin kuluttajiin vetoava parametri (Emmert 2021; Euromonitor 2022; Meta 2022; Morris 2022), joskin siinä esiintyy suurta vaihtelua (Saari ym. 2020). Neljällä viidestä maailman suurimmista automarkkinoista kuluttajien ympäristöhuolet ovat joka tapauksessa olleet avaintekijänä ekologisempien autojen suosiossa (Chu ym. 2018).

Suorituskykyparametrien määrän ollessa suuri keskeiseen rooliin nousee kokonaissuorituskyvyn arviointi. Tämä onkin keskeinen ja merkittävä haaste uusien teknologioiden kehityksessä. Esimerkiksi sähköautot ovat kyllä pitkään loistaneet ekologisuuksparametrisissa, mutta muiden parametrien kuten toimintasäteen ja käyttökokemuksen suhteen niillä on ollut vaikeuksia pärjätä muille teknologioille (Dijk & Yarime 2010; Rauh ym. 2014; Shahpure ym. 2022). Sähköautojen toimintasäteet kasvavat jatkuvasti latausinfrastruktuurin ja akku- sekä latausteknologian kehittyessä, mutta häviävät kuitenkin keskimäärin vielä polttomoottoriautoille (Shah ym. 2021).

Ympäristöystävällisyys on siis kasvattanut arvoaan suorituskykyparametrinä, mikä on luonut autojen suorituskykyyn tietynlaisen tyhjiön, jota autonvalmistajat ovat pyrkineet erilaisten ekologisten teknologioiden avulla täyttämään. Samaan aikaan teknologinen kehitys on mahdollistanut enenevässä määrin ekologisten autojen pärjäämisen myös muissa autoalan suorituskykyparametreissä (Feng & Magee 2020). Tämä autoalan murros muistuttaakin teknologista epäjatkuvuutta, sillä se on mahdollistanut autojen suorituskykyhinta-suhteen merkittävän edistymisen. Ero epäjatkuvuuden määritelmään

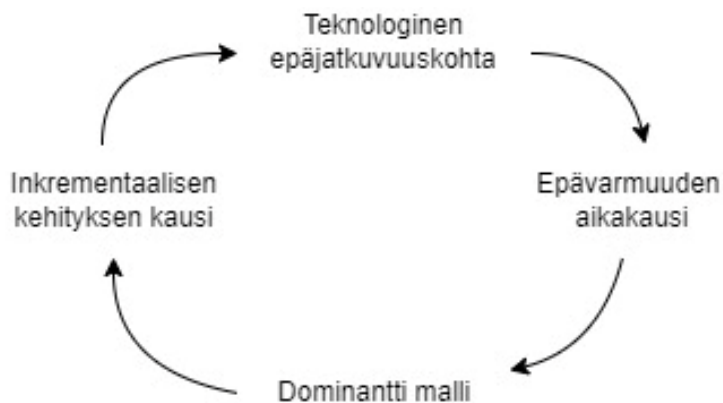
(Tushman & Anderson 1986) on kuitenkin siinä, että taustalla ei ole erityistä tieteellistä läpimurtoa tai teknologista kehityskaskelta vaan useiden eri tekijöiden vaikutus samanaikaisesti.

Hinta on toinen tekijä Andersonin ja Tushmanin (1990) teknologisen epäjatkuvuuskohdan määritelmässä. Sähköauton omistaminen on polttomoottoriautoja huomattavasti halvempaa pienempien huoltokustannusten ja halvemman käyttövoiman vuoksi (Anderson & D'Souza 2021; Burnham ym. 2021; Lambert 2022c). Vaikka sähköautojen hankintahinnat ovat madaltuneet merkittävästi, ovat ne toistaiseksi ICE-autoja korkeampia, ja auton kokonaishinta ostajalleen kallistuukin vielä keskimäärin jälkimmäisten eduksi (Shah ym. 2021). Hintaa ei siis näytä toistaiseksi tuovan ainakaan selvää kilpailuetua sähköautoille.

Autoalalle on siis syntynyt lukuisten eri syiden yhteisvaikutuksesta tietynlainen teknologinen epäjatkuvuuskohta, jonka taustalla on lainsäädännöllisiä toimia, teknologista kehitystä sekä ekologisuuden arvon kasvua auton suorituskykyparametrinä. Seuraavassa luvussa tarkastellaan autoalan tapahtumia tämän epäjatkuvuuskohdan syntymisen jälkeen.

3. EPÄVARMUUDEN AIKAKAUSI

Teknologiakehityksen syklisessä mallissa (Anderson & Tushman 1990) teknologinen epäjatkuvuuskohta synnyttää epävarmuuden aikakauden (engl. era of ferment), jota värittää kaksi erilaista valintaprosessia: kilpailu vanhan ja uuden teknologian välillä sekä kilpailu uuden teknologian sisällä. Tälle autoteollisuudessa esiintyneelle epävarmuuden aikakaudelle on hankala määrittää tarkkaa käynnistymisajankohtaa, mutta sen voidaan argumentoida alkaneen 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppupuolella (Mule ym. 2021). Syklinen malli on esitelty kuvassa 1.



Kuva 1: Teknologiakehityksen syklinen malli (mukaillen Mäkinen 2021)

Koska tässä epäjatkuvuudessa ei ole kyse uudesta teknologisesta kehitysaskelista, keskeinen valintaprosessi tapahtuu niiden eri teknologioiden välillä, jotka pyrkivät täyttämään ekologisuusparametrissa esiintyvän tyhjiön tarjoten samalla riittävän suorituskyvyn muissa parametreissa. Nämä valintaprosessit ja epävarmuuden ajan päättää dominantin mallin (engl. dominant design) syntyminen (Anderson & Tushman 1990).

Epävarmuuden aikakaudella keskeisessä roolissa on epäselvyys tulevan teknologiakehityksen suhteen (Tushman & Anderson 1986). Myös ekologisempien autojen kehittämiseen on pitkään liittynyt suurta epävarmuutta niin markkinoiden, teknologian kuin tarvittavan infrastruktuurinkin suhteen (Dyerson & Pilkington 2005; Morton ym. 2014; Mule ym. 2021) strategisten päätösten tekijöiden kohdattua merkittävää epävarmuutta liittyen erilaisten teknologioiden potentiaaliin (Magnusson & Berggren 2011).

Ekologisuusvaatimukset ja ympäristöhuolet eivät myöskään ole ilmestyneet autoalalle nopeasti tai selkeästi, vaan kyseessä on ollut monin paikoin vaiheittainen ja melko hidas prosessi. Ekologisuuden nousu merkittäväksi suorituskykyparametriksi sekä ekologisten teknologioiden kyky tyydyttää muut autoalan suorituskykyparametrit ovat edenneet vaikeasti ennustettavasti ja jopa edestakaisin. (Morton ym. 2014)

3.1 Täyssähköautot epävarmuuden aikakaudella

Sähköautot ovat vanha keksintö, mutta kiinnostus niitä kohtaan pysyi matalalla suuren osan 1900-luvusta. Ne hävisivät pitkään polttomootoriautoille selvästi ainakin nopeudessa ja toimintasäteessä. Uudet ympäristöregulaatiot kuitenkin muuttivat tilannetta 1990-luvulla. Tällöin nähtiin muun muassa ensimmäinen massatuotettu sähköauto, General Motorsin EV1, jonka valmistus kuitenkin lopetettiin kannattamattomana vuonna 2001. (Department of Energy 2014)

Epävarmuuden aikakauden alussa sähköautot eivät siis vielä pärjänneet kilpailussa vaihtoehtoisille teknologioille. Sen sijaan ICE-teknologia hyötyi FEV-kehityksessä syntyneistä sähköisistä komponenteista, ja niihin alettiinkin vuosituhannen vaihteen jälkeen lisätä kiihtyvällä tahdilla elektronisia komponentteja. Tätä kehityskulkua voidaan kutsua purjelaivailmiöksi (engl. sailing-ship effect), jossa uusi teknologia saa vanhan teknologian kehityksen kiihtymään. Tämä on pitkään ollut vakiintuneille autonvalmistajille helppo ja suhteellisen riskitön tapa pidentää vanhan teknologian kilpailukykyä ja vastustaa uusia teknologisia innovaatioita. Jopa 150 -vuotisen taipaleensa jälkeen ICEV-regiimi kykeni siis vastaamaan onnistuneesti FEV- uhkaan 1990-luvun puolivälistä 2000-luvun puoliväliin. (Dijk 2014; Mirzadeh Phirouzabadi ym. 2020) Merkittävänä käännekohtina voidaan kuitenkin nähdä hybridiauto Toyota Priuksen menestyksekkään lanseeraus sekä Tesla Motorsin lanseeraama luksussähköauto Roadster, jolla oli sähköautoille ennennäkemätön suorituskyky muun muassa toimintasäteen ja kiihtyvyyden osalta (Magnusson & Berggren 2011; Department of Energy 2014).

Yhdysvaltalainen Tesla perustettiin vuonna 2003 missionaan kiihdyttää maailman siirtymistä kestävään energiaan ja visionaan valmistaa massamarkkinoille FEV-autoja, jotka tarjoaisivat pitkän kantaman, matalat omistuskulut sekä korkean suorituskyvyn ulkonäöstä ja toiminnallisuudesta tinkimättä. Se oli tuolloin yksi erittäin harvoista yrityksistä, jotka keskittyivät ainoastaan sähköautoihin uskoen litiumioniakkujen kustannustehokkuuden kehittyvän pitkälle tulevaisuuteen. Toinen myöhemmin johtavaan asemaan noussut sähköautoihin keskittyvä yritys BYD perustettiin Kiinassa vuonna 1995, ja on

vuodesta 2003 pitänyt sähköautoja yhtenä ydinliiketoiminnoistaan. (Tesla 2022; Li ym. 2019)

3.2 Vakiintuneiden yritysten toiminta epävarmuuden aikakaudella

Autoalan vakiintuneet yritykset ovat olleet vuosikymmeniä järjestelmäintegroijia, joiden ydinosaanamiseen on kuulunut ICE-autojen arkkitehtuurista osaamista ja niiden komponentteihin liittyvää spesifimpää tietotaitoa. Arkkitehtuurinen innovointi tarkoittaa tuotteen kokonaisarkkitehtuurin muokkaamista ja komponenttien järjestelemistä uudella tavalla. Monimutkaisten tuotteiden kuten autojen kehitystyö perustuukin kykyyn integroida monipuolista tietoa sekä komponentteja tehokkaaksi ja toimivaksi teknologiseksi järjestelmäksi. Kaikkien näiden vuosikymmenien ajan vakiintuneiden yritysten liiketoiminnan keskiössä on siis ollut polttomootoriautojen kehittäminen inkrementaalisin askelein. (Magnusson & Berggren 2011)

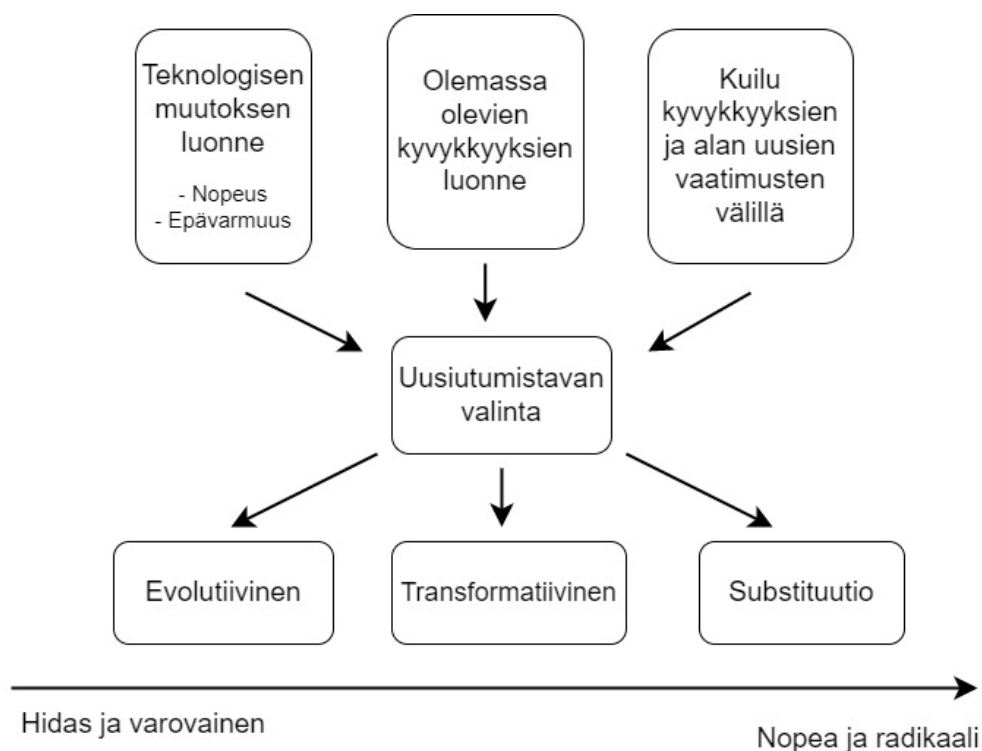
Epävarmuuden aikakauden alkaessa vakiintuneet yritykset ovat joutuneet pohtimaan, mitkä teknologiat vastaisivat parhaiten alan uusiin vaatimuksiin, ja miten ne muuttaisivat kyvykkyyksiään vastaamaan tämän murroksen tarpeita. Koska epäjatkuvuuksilla on taipumus tuhota vakiintuneiden yritysten olemassa olevaa kompetenssia, yleisen strategian tulisi olla joustava ja säännöllisesti uudelleenarvioitava (Kim ym. 2022). Seuraavaksi käsitellään Toyotan ja Volkswagenin toimintaa ja strategisia valintoja epävarmuuden aikakaudella.

3.2.1 Toyota

Toyota reagoi epävarmuuden aikakaudella alan epävarmuuteen panostamalla samanaikaisesti useaan vaihtoehtoiseen teknologiaan kuten vanhan ICE-teknologian inkrementaaliseen kehittämiseen, polttokennoautoihin sekä hybrideihin (Coup 1999). Toyotan yleisenä tavoitteena on epävarmuuden aikakaudella ollut hyödyntää ICE-teknologian asteittaista sähköistymistä ja kerätä samalla kriittisiä oppeja muilta yrityksiltä (Wesseling ym. 2015).

Perustuen ennusteisiin tulevaisuuden öljypulasta ja nousevista polttoainehinnoista, Toyotan johto tunnisti 1990-luvulla polttoainetehokkuuden tärkeäksi kriteeriksi uuden automallinsa kehityksessä, minkä jälkeen yrityksessä aloitettiin hybridauto Priuksen kehitystyö (Magnusson & Berggren 2011). Hybridautoprojektiin ryhtyminen tarkoitti sitä,

että Toyota poikkesi pitkästä inkrementaalisen kehityksen ja varovaisuuden perinteestään siirtyen innovoimaan uudenlaista arkkitehtuuria autolle (Magnusson & Berggren 2011). Kuvassa 2 esitellyn Lavien (2006) jaottelun pohjalta hybriditeknologian voidaan ajatella olevan transformatiivinen tapa kyvykkyyksien uusimiseen. Kyseessä on tietynlainen kompromissiratkaisu nopean substituution ja asteittaisen evolutiivisen kehittämisen välillä. Suuri kuilu omien kyvykkyyksien ja teknologisen muutoksen vaatimien uusien kyvykkyyksien välillä on eräs tyypillinen syy evoluutiota radikaalimmalle uusiutumiseksi (Lavie 2006). Toyotan tarkoituksena ei ollutkaan aluksi tehdä hybridiautoa, mutta kehitystiimi totesi pian, että polttoainetehokkuuden tavoitteita ei voitaisi saavuttaa perinteisellä voimalinjalla.



Kuva 2: Uusiutumistavan valinta (mukailten Lavie 2006)

Hybriditeknologia voidaan nähdä myös purjelaivaefektin viimeisenä ponnistuksena, sillä se mahdollistaa vakiintuneille yrityksille ICE-autojen suorituskyvyn parantamisen tuomalla siihen FEV-maailmasta komponentteja. Tällöin syntyy voimalinja, joka yhdistää kaksi maailmaa ja viivyyttää autoilun siirtymistä täyteen sähköistymiseen. Hybridi-autot voidaan siis nähdä eräänlaisena siltateknologiana ja väliaskeleena sähköautoihin siirtymisessä. Vakiintuneille yrityksille kyse on luovasta akkumulaatiosta. (Mirzadeh Phirouzabadi ym. 2020)

Luova akkumulaatio (engl. creative accumulation) on prosessi, jossa luodaan uutta tietoa vanhan tiedon varaan sen korvautumisen sijaan. Tässä prosessissa on siis kaksi

osa-aluetta: Kumulatiivinen vanhan teknologian hyödyntäminen, jonka tehtävänä on luoda markkinaesteitä uusille tulokkaille, ja luova puoli, joka keskittyy luomaan uutta osaamista. Näistä osa-alueista jälkimmäinen on vakiintuneille yrityksille tyypillisesti hyvin haastava. Hybriditeknologia luovana akkumulaationa onkin tuonut Toyotalle kolme haastetta: olemassa olevan ICE- teknologian nopea kehittäminen, sähkövoimalinjaan liittyvän osaamisen hankkiminen sekä uuden ja vanhan tietämyksen yhdistäminen kilpailukykyisiksi tuotteiksi. (Bergek ym. 2013)

Arkkitehtuurisen innovoinnin lisäksi Toyotan strategiaan on epävarmuuden aikakaudella kuulunut yksityiskohtaisen, komponentteihin liittyvän tietotaidon hankkimista ja ylläpitämistä yrityksen sisällä (engl. in-sourcing). Toyotan mukaan hybriditeknologiassa oli yritykselle kyse uutta integraatitaitoa vaativasta kokonaisuudesta, jolloin yksityiskohtainen tieto avainkomponenteista oli välttämätöntä ennen niiden alihankkimista. (Magnusson & Berggren 2011) Kyse oli siis modulaarisesta innovoinnista, jossa keskeinen tuotekehitys tapahtuu yksittäisissä tuotteen komponenteissa (Henderson & Clark 1990).

Toyota alkoi siis epävarmuuden aikakaudella haastaa inkrementaalisen ICEV-kehityksen perinnettä ensimmäiseen Prius-hybridimalliinsa liittyneillä arkkitehtuurisilla innovaatioilla. Yhtiön strategia tällä aikakaudella onkin perustunut hyvin vahvasti hybriditeknologioihin (Bullis 2010). Poikkeuksena tästä Toyota lupasi vastahakoisesti tarjota sähköauton Yhdysvaltain markkinoille pienellä mittakaavalla vuoteen 2012 mennessä (Magnusson & Berggren 2011).

Monet kilpailevat vakiintuneet yritykset ovat reagoineet epäjatkuvuuden syntyyn ja Toyotan normaalista poikkeavaan arkkitehtuuriseen innovointiin kiihdyttämällä omien vanhojen teknologioidensa inkrementaalista kehitystä (Magnusson & Berggren 2011). Seuraavaksi tarkastellaan yhden näistä kilpailijoista eli Volkswagenin strategisia valintoja epävarmuuden aikakaudella.

3.2.2 Volkswagen

VW Group eli Volkswagen omaksui epävarmuuden aikakaudella pitkälti hitaan seurailijan strategian odottaen FEV-teknologian kypsymistä (Wesseling ym. 2015). Volkswagen siis reagoi alan murrokseen kiihdyttämällä polttomoottoriautojensa kehitystä dieselautojen ollessa strategian keskiössä. Dieselmootoreissa on kyse yli 100 vuotta vanhasta teknologiasta, joka alkoi kuitenkin 1990-luvulta lähtien ottaa merkittäviä kehitysharppauksia. Taustalla olivat korkea polttoaineverotus, komponenttitekniikan edistykset sekä asteittain kiristynyt päästöregulaatio. (Magnusson & Berggren 2011)

VW Groupin harjoittama uusiutuminen on siis ollut Lavien (2006) skaalalla vielä Toyotaakin rauhallisempaa ja varovaisempaa evolutiivista uusiutumista. Tällainen uusiutuminen on tyypillinen vaihtoehto, kun teknologiseen muutokseen liittyy merkittävää epävarmuutta tai sen nopeus on matala (Lavie 2006). Varsinkin täyssähköautojen yleistäminen on ollut hyvin hidasta, sillä se on ollut tuloillaan jo vuosikymmeniä (Department of Energy 2014). Epävarmuutta sen sijaan on aiheuttanut kilpailevat teknologiat, latausinfrastruktuurin ja lainsäädännön epävarma kehitys sekä kysyntään ja toimintasäteeseen liittyvät kysymysmerkit (Morton ym. 2014). Lisäksi syynä rohkeamman strategian välttellylle on voinut olla Volkswagenin eri kyvykkyyksien keskinäinen riippuvuus. Tällaisessa tilanteessa yritykset tyypillisesti suosivat evolutiivisempaa uusiutumista, sillä kyvykkyyden korvaaminen vaikuttaa haitallisesti moneen muuhunkin kyvykkyyteen (Lavie 2006).

Toisaalta Volkswagenin johdossa on saatettu nähdä myös Toyotaa vähemmän epävarmuutta, sillä Toyota hajautti investointejaan useisiin eri teknologioihin juuri vallitsevan epävarmuuden takia (Coup 1999). Volkswagenissa sen sijaan keskityttiin tällä aikakaudella käytännössä ainoastaan dieselautoihin (Magnusson & Berggren 2011).

Yksi Toyotan pääkilpailijoiden keskeisistä strategisista kysymyksistä on epävarmuuden aikakaudella ollut se, kuinka paljon eri teknologioihin liittyvää osaamista tulisi ulkoistaa. Volkswagenilla onkin pitkään käyty pohdintaa siitä, pitäisikö sen investoida akkuteknologiaan vai ei. Volkswagenilla alihankinnan ongelmana on ollut tiettyjen toimittajien vastahakoisuus antaa yksityiskohtaista informaatiota esimerkiksi akkujen arvoketjusta ja kustannuksista, koska ne ovat toimittajan liiketoiminnalle tärkeää tietoa. Volkswagenilla on kuitenkin koettu nämä tiedot päätöksenteon kannalta tärkeiksi, joten sen ratkaisuna on ollut rakentaa näitä kompetensseja talon sisällä. (Magnusson & Berggren 2011)

VW Groupin keskeiseen kompetenssiin on siis epävarmuuden aikana kuulunut diesel-polttomootoriauton järjestelmäintegrointi sekä modulaariset kehitysaskleet kyseisen teknologian komponenteissa. Volkswagen on aikaisemmin pitkään alihankkinut lähes kaikki autojensa komponentit, mutta on epävarmuuden aikakaudella toteuttanut tältä osin vahvaa vertikaalista integraatiota tuoden yritykseen sisälle monien osien valmistuksen ja kehitystyön (McElroy 2012). Volkswagenin harjoittama dieselautojen evolutiivinen kehittäminen oli tyypillistä modulaarisesta innovointia, sillä keskeinen kehitystyö tapahtui yksittäisissä komponenteissa kuten injektiojärjestelmissä ja pakokaasunkäsittelyjärjestelmässä (Magnusson & Berggren 2011).

4. SÄHKÖAUTOJEN NOUSU DOMINANTIKSI MALLIKSI

Andersonin ja Tushmanin (1990) syklisessä mallissa epävarmuuden aikakausi päättyy dominantin mallin muodostumiseen. Tämän autoalan epäjatkuvuuskohdan dominantiksi malliksi näyttää tällä hetkellä selvinneen FEV-teknologia. Tätä teoriaa tukevat niin vakiintuneiden yritysten täyskäännökset strategioissaan, hallinnollisten ja lainsäädännöllisten tahojen toimet sekä täyssähköautojen markkinaosuuden kehitys. Dominantin mallin syntymiselle on hankala määrittää tarkkaa ajankohtaa, mutta esimerkiksi VW Groupin ja Toyotan strategioiden täyskäännökset sekä monien hallintojen kunnianhimoiset FEV-diffuusiotavoitteet on julkistettu vuosina 2016–2021 (Volkswagen 2016; Abnett 2020; Nilsen 2021; Holder 2022; Voelcker 2022).

Polttomootoriautot dominoivat toistaiseksi myyntimäärissä ja tulevat todennäköisesti olemaan maailman mittakaavassa merkittävässä roolissa vielä pitkään, mutta sähköautoissa nähdään tällä hetkellä yleisesti olevan suurinta potentiaalia konventionaalisten ajoneuvojen aiheuttamien ympäristöongelmien ratkaisijaksi (Morton ym. 2014; Kalghatgi 2018; Kim ym. 2022). Sähköautojen ja vaihtoehtoisten teknologioiden voima-suhteet ovat siis muuttuneet hyvin radikaalisti 2000-luvulta ja 2010-luvun alusta, jolloin sähköautojen uskottiin jo hävinneen kilpailun ICE-regiimille (Dijk 2014).

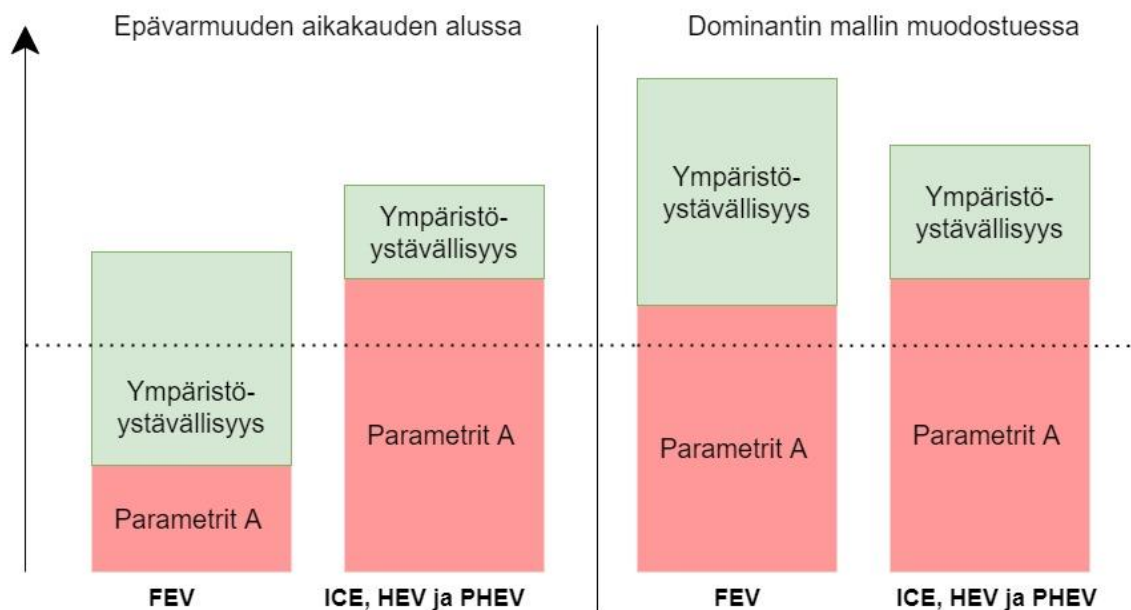
4.1 Syitä dominantin mallin muodostumiselle

ICE-autojen ympäristöystävällisyyden kehityskulku on ollut 2000-luvulla melko vaatimaton (Todts 2018). Tässä parametrissa sähköautot päihittävät muut varteenotettavat teknologiat päästömäärien lisäksi selvästi myös energiatehokkuudessa (Cheong ym. 2016). FCV-autojen kehityksessä on sen sijaan ollut FEV- teknologiaan verrattuna selvästi suurempia haasteita muun muassa kustannusten alentamisessa (Xu ym. 2009; Magnusson & Berggren 2011).

Kuten työssä on todettu, sähköautot ovat pyrkineet murtautumaan markkinoille useita kertoja aikaisemminkin. Merkittävänä erona aiempiin läpimurtoyrittäjiin ovat kuitenkin olleet kehitykset FEV-teknologiassa kuten litiumakuissa, polttoainehintojen ja ympäristöhuolien kasvu sekä ympäri maailmaa kiristynyt lainsäädäntö. Siinä missä aikaisemmin FEV-kampanjat ovat olleet vastahakoisia ja regulaatiosta johtuvia, myöhemmin yhä useampi valmistaja on pystynyt näkemään ne kaupallisesti houkuttelevina projekteina.

Näiden projektien on laskettu hyötyvän lainsäädännön luomista insentiiveistä alkuvaiheessa ja muuttuvan kaupallisesti kannattavaksi liiketoiminnaksi erilaisten kehitysaskeleiden ja kustannusten laskun seurauksena. (Magnusson & Berggren 2011; Phirouzabadi ym. 2022)

Täyssähköautot näyttävät siis nykyään erinäisistä syistä kykenevän tarjoamaan vaihtoehtoisista teknologioista korkeimman kokonaissuorituskyvyn. Kuvassa 3 on hahmoteltu karkeasti eri suorituskykyparametrien vaikutusta auton kokonaissuorituskykyyn sekä epävarmuuden aikakauden alussa että dominantin mallin muodostuessa. Kuvassa pystyakselilla on auton suorituskyky palkkien kokonaiskorkeuden kuvattaessa kunkin teknologian kokonaissuorituskykyä. Parametreillä A tarkoitetaan autoalan keskeisiä suorituskykyparametrejä, joihin kuuluu muun muassa toimintasäde, käyttökokemus, ulkonäkö ja kiihtyvyys (Bergek ym. 2013; Rezvani ym. 2015). Katkoviivalla on havainnollistettu kuluttajien vaatimaa minimitasoa parametreilta A. Vihreä palkki kuvastaa ympäristöystävällisyyttä auton suorituskykyparametrinä, ja siihen kuuluu sekä päästöjen määrä että energiatehokkuus (Cheong ym 2016).



Kuva 3: Eri teknologioiden suorituskykyjen vertailua

Kuva 3 havainnollistaa sitä, kuinka epävarmuuden aikakauden alussa useat teknologiat omasivat sähköautoja korkeamman kokonaissuorituskyvyn, eivätkä sähköautot näin ollen vielä pärjänneet markkinoilla (Department of Energy 2014). Ekologisuudeltaan ne ovat kuitenkin koko ajan olleet suorituskykyisempiä, ja epävarmuuden aikakaudella kyseinen parametri on kasvattanut arvoaan entisestään (Chu ym. 2018; Emmert 2021;

Morris 2022). Lisäksi epävarmuuden aikakaudella muun muassa teknologian sekä la-
tausinfrastruktuurin kehitys (Magnusson & Berggren 2011; Sierzchula ym. 2014) on nos-
tanut merkittävästi sähköautojen suoriutumista myös autoalan muissa keskeisissä suo-
rituskykyparametreissa. Kuluttajat ovatkin tutkitusti halukkaita siirtymään sähköautoihin,
kun näiden parametrien suorituskky on konventionaalisia autoja vastaavalla tasolla (Eg-
gers & Eggers 2011). Kuvan muut teknologiat ovat kyenneet hieman parantamaan eko-
logisuuttaan, mutta sen osalta ne eivät kuitenkaan voi saavuttaa täyssähköautojen suo-
rituskkyä.

4.2 Uudet markkinatulokkaat dominantin mallin taustalla

Uusilla tulokkailla on ollut lukuisia haasteita automarkkinoille murtautumisessa kuten
vakiintuneiden suorituskkyparametrien moninaisuus, kalliiden tehtaiden ja laajojen ja-
keluverkostojen suuri merkitys alalla sekä alan juurtuneisuus vakiintuneeseen infra-
struktuuriin ja institutionaalisiin rakenteisiin (Helfat & Lieberman, 2002; Bergek ym.
2013). Niillä on ollut kuitenkin myös omat etunsa, sillä vakiintuneilla yrityksillä (engl. in-
cumbents) on tyypillisesti suuria haasteita teknologisten epäjatkuvuuskohtien koitta-
essa, ja johtavien yritysten taipumus menettää johtoasemansa tällaisina aikoina onkin
yksi johdonmukaisimmista ilmiöistä yritysmaailmassa (Bower & Christensen 1995).
Teknologiset epäjatkuvuudet myös tyypillisesti madaltavat alalle pääsyn esteitä muille
uusille tulokkaille (Anderson & Tushman 1990).

Vakiintuneiden yritysten on usein paljon helpompaa, kannattavampaa ja vähemmän
riskipitoista jatkaa vanhoihin voimalinjateknologioihin investoimista (Mirzadeh Phirou-
zabadi ym. 2020). Kyseinen taipumus keskittyä massamarkkinoihin ajaa teknologisen
kehityksen usein erikoistuneille ja kapeille markkinasektoreille. Tämä ilmiö muodostaa
petollisen uhan vakiintuneille yrityksille, sillä se mahdollistaa teknologisten kehitysaske-
leiden tapahtumisen piilossa johtaen pikkuhiljaa menestykseen yhä laajemmilla markki-
noilla. (Spedale 2003)

Dominantin mallin kehittäjäksi näyttävätkin nousseen nimenomaan uudet tulokkaat, ku-
ten yhdysvaltalainen Tesla ja kiinalainen BYD, jotka ovat napanneet johtoaseman säh-
köautomarkkinoilla Yhdysvalloissa ja Kiinassa, jotka ovat kaksi maailman suurinta au-
tomarkkinaa. Vaikka Tesla ja BYD on perustettu melkein 20 vuotta sitten, ovat ne silti
tämän epäjatkuvuuden kontekstissa uusia tulokkaita. Automarkkinoiden uusilla tulok-
kailla on ollut vahvempi halu FEV-teknologian kaupallistamiseen ja niiden liiketoiminta-
malli, arvoketjut ja kustannusrakenteet sopivat paremmin sähköautomarkkinoille verrat-
tuna vakiintuneisiin yrityksiin. (Li ym. 2019)

Teslan osuus Yhdysvaltain FEV-markkinoista on nykyään lähes 70 prosenttia (Lambert 2022a), ja se on markkina-arvoltaan maailman arvokkain autonvalmistaja (Companies Market Cap 2022). Tesla on myös toiminut murroksen katalysaattorina ja positiivisena esimerkkinä muille autonvalmistajille siitä, että korkean suorituskyvyn omaaville sähköautoille löytyy markkinoilta kysyntää. Se kehitti ensimmäisenä yrityksenä kilpailukykyisen sähköauton aseinaan muun muassa vahva vertikaalinen integraatio, jakamaton keskittyminen ainoastaan sähköautoihin, vahva ohjelmistokehitys sekä latausverkoston rakentaminen. (Perkins & Murmann 2018) BYD on sen sijaan johtanut monta vuotta globaalia sähköautomarkkinaa myyntilukemissa (Li ym. 2019).

4.3 Dominantti malli ja vakiintuneet yritykset

Sähköautojen aseman dominanttina mallina näyttäessä yhä todennäköisemmältä, Volkswagen ja Toyota ovat ryhtyneet nopeasti monenlaisiin toimiin siirtyäkseen muutoksen kelkkaan sitä vastaan taistelemisen sijaan (Kim ym. 2022). Lavie (2006) toteaaakin, että epävarmuuden laskiessa esimerkiksi epävarmuuden aikakauden loppuvaiheilla vakiintuneiden yritysten on helpompi hahmottaa optimaaliset kyvykkyydet, jolloin nopea substituutio voi olla evoluutiota parempi strateginen valinta.

Vakiintuneiden yritysten rauhallisen uusiutumistahdin vuoksi myös kuilu olemassa olevien kykyjen ja optimaalisten kyvykkyyksien välillä on voinut yritysten johdon silmissä kasvaa. Lavien (2006) mukaan tällöin siirtyminen nopeampaan, substituution omaiseen uusiutumiseen onkin relevantti vaihtoehto. Volkswagenin harjoittama, vuonna 2015 paljastunut dieselautojen päästöhuijaus oli myös merkittävä käännekohta sen nopeassa strategisessa muutoksessa (Taylor & Schwartz 2019). Seuraavaksi käsitellään tarkemmin Volkswagenin ja Toyotan toimia dominantin mallin syntyminen aikana ja sen jälkeen.

4.3.1 Strateginen joustavuus ja vertikaalinen integraatio

Epäjatkuvuudet tarjoavat vakiintuneille yrityksille mahdollisuuden pohtia uudelleen kilpailuun ja yhteistyöhön liittyviä strategisia valintojaan. Epäjatkuvuuden aikoina koko arvoketju ja allokoitavat resurssit täytyykin miettiä uudelleen (Cozzolino & Rothaermel 2018). Yrityksissä pitää muun muassa päättää, mitkä komponentit tulisi valmistaa sisäisesti ja mitkä komponentit on parasta jättää ulkoisten toimijoiden kehitettäväksi (Kim ym. 2022).

Uusissa FEV-strategioissaan sekä Toyota että Volkswagen ovat ulkoistaneet arvoketjun tehtäviä ja alihankkineet kriittisiä osia solmimalla yhteistyösopimuksia, ja täten vältäneet omat valtavat investoinnit esimerkiksi akkuteknologian kehitystyöhön tai valmistamiseen (Kim ym. 2022). Esimerkiksi VW on sopinut latausinfrastruktuurin kehitysyhteistyöstä Siemensin kanssa ja kotilatausteknologian kehittämistä Iso-Britannian suurimman energiayhtiön kanssa. Toyotalla on myös yhteistyötä akkualan ammattilaisten ja latausinfrastruktuurin tuottajien kanssa. (Kim ym. 2022) Nämä ovat esimerkkejä järjestelmällisestä yhteistyöstä, joka ilmenee tarkkaan suunniteltuina kumppanuuksina tavoitteenaan uuden teknologian kaupallistaminen massamarkkinoille (Spedale 2003).

Nämä yhteistyösopimukset voidaan nähdä myös strategisena joustavuutena, joka on hyödyllinen strategia nimenomaan epävarmuuden aikoina (Barney & Hesterly 2018, s. 180). Tällöin nimittäin vältetään sitomasta merkittävä määrä yrityksen resursseja uudelle toimialalle siirryttäessä. Joustavuus ilmenee strategisten optioiden kuten reaaliop-tioiden kautta. Esimerkki reaaliop-tiosta autoalan kontekstissa voisi olla uuden tehtaan käynnistäminen aluksi vajaalla tuotantokapasiteetilla sisältäen mahdollisuuden sen laajentamiseen myöhemmin markkinaepävarmuuden hälvettyä (Barney & Hesterly 2018, s. 178).

Toisaalta esimerkiksi Volkswagenilla ei näytä olleen juuri muita vaihtoehtoja kuin alihankkia sähköautojen osia ja moduuleja, sillä kuten luvussa 3 todettiin, se ei epävarmuuden aikakaudella hankkinut FEV-teknologiaan liittyvää osaamista. VW ulkoistaakin FEV-valmistuksessaan paljon enemmän osien ja jopa tiettyjen kokonaisuuksien integrointiosaamista kuin ICE-strategiansa aikana (Verpraet 2020).

Volkswagenilla on ollut myös aikomuksia integroitua taaksepäin vertikaalisesti arvoketjussa, jotta se saisi kriittisistä raaka-aineet ja mahdolliset pullonkaulat paremmin hallintaansa. Vertikaalisella integraatiolla tarkoitetaan arvoketjussa ylempänä tai alempana olevien toimintojen tuomista yritykseen sisään, ja se on tietyllä tavalla vastakkainen vaihtoehto strategiselle joustavuudelle (Barney & Hesterly 2018, s. 226). Tämän strategian käänköpuolena on matalampi joustavuus ja korkeammat riskit, sillä se vaatii tyypillisesti suuren investoinnin ja pitkäaikaisen sitoutumisen toiminnon tuomiseksi yrityksen sisälle. Vertikaalinen integraatio onkin parempi strategia nimenomaan silloin kuin päätöksentekoympäristössä on verrattain vähän epävarmuutta (Barney & Hesterly 2018, s. 223).

Vaikuttaakin siltä, että vakiintuneet yritykset ovat dominantin mallin muodostuttua päätyneet tasapainottelemaan strategisen joustavuuden ja vertikaalisen integroitumisen

välillä. Joidenkin ennusteiden mukaan akkutoimitusketjuilla tulee olemaan haasteita pysyvä sähköautodiffuusion tahdissa (Speirs ym. 2014; Ciulla ym. 2021), jolloin investoinnit omaan akkukehitykseen ja -tuotantoon voivat osoittautua erittäin järkeviksi ja kannattaviksi. Kriittiset täydentävät resurssit kuten latausinfrastruktuuri ja akkujen raaka-aineet eivät siis ole vapaasti saatavilla markkinoilla, joten niiden saatavuuden varmistaminen voi luoda vakiintuneille yrityksille vaikeasti imitoitavaa kilpailuetua. Sekä Toyota että Volkswagen ovatkin solmineet yhteistyösopimuksia näiden resurssien saatavuuden varmistamiseksi. (Kim ym. 2022)

4.3.2 Yhteistyön moninaiset mahdollisuudet

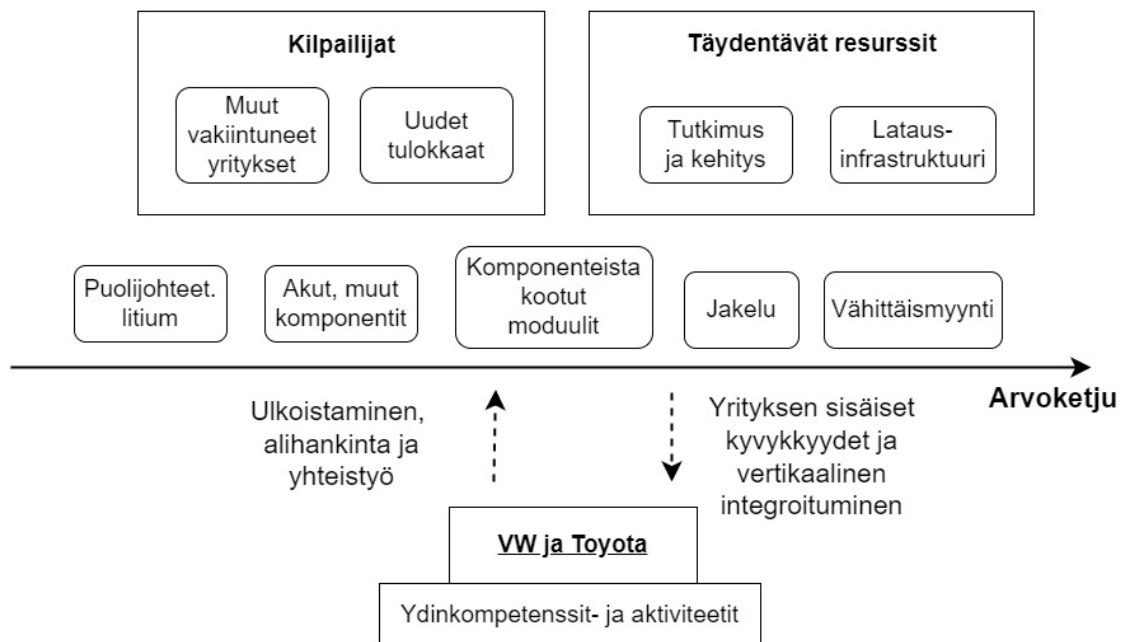
Nykypäivän nopeasti muuttuvassa, monimutkaisessa ja epävarmassa kilpailussa useimpien yritysten täytyy turvautua yhteistyöhön lukuisten eri sidosryhmien kanssa (Kim ym. 2022). Yhteistyö on hyvin varteenotettava strategia teknologisen epäjatkuuden aikoina myös Spedalen (2003) ja Mulen ym. (2021) mukaan.

Teknologisen muutoksen aikana potentiaalisia yhteistyökumppaneita voivat vakiintuneille yrityksille olla sekä arvoketjussa ylempänä tai alempana olevat komplementoijat että kilpailijat. Sopivin kumppani riippuu epäjatkuvuuskohdan ja alan luonteesta (Cheong ym. 2016; Cozzolinon & Rothaermel 2018). Kilpailijoiden välisessä liittoutumisessa yritykset voidaan nähdä toistensa väliaikaisina täydentäjinä. Yritykset voivat siis edustaa samanaikaisesti kahta roolia toisilleen niiden ollessa toistensa täydentäjiä markkinoiden luomisessa ja kilpailijoita näillä luomillaan markkinoilla (Cheong ym. 2016).

Bioteknologia-alalta löytyy useita esimerkkejä siitä, kuinka vakiintuneet yritykset ovat onnistuneet sopeutumaan radikaaliin muutokseen sekä saavuttamaan kilpailuetua harjoittamalla yhteistyötä nimenomaan uusien tulokkaiden kanssa (Cozzolino & Rothaermel 2018). Myös autoalalla on tapahtunut vakiintuneiden yritysten ja uusien tulokkaiden välistä yhteistyötä. Tesla on nimittäin tehnyt merkittävää yhteistyötä niin Toyotan kuin Daimlerinkin kanssa myymällä niille patentoimiaan sähkövoimalinjan osia. Vakiintuneille yrityksille hyöty ilmenee ennen kaikkea siten, että ne pystyvät hankkimaan korkeatasoista teknologiaa ilman omia kalliita investointeja sen kehitykseen ja valmistamiseen. Tämä voidaan nähdä myös ilmentymänä aiemmin mainitusta strategisesta joustavuudesta. Vakiintuneen yrityksen täytyy kuitenkin olla tarkkana, ettei se ajaudu liian riippuvaiseksi toisen yrityksen teknologiasta tai ettei sen yhteistyöhön liittyvät kustannukset kasva liian korkeiksi. Yhteistyö Teslan kanssa laskikin Toyotan RAV4- mallin liikevoittoa yli miljoonalla dollarilla muun muassa suurten kustannusten vuoksi. Tesla sen

sijaan on saanut komponenttiansa myymisestä merkittäviä tulovirtoja, jotka se on voinut ohjata teknologiansa ja kustannustehokkuutensa kehittämiseen sekä valmistuskapasiteettinsa kasvattamiseen. (Cheong ym. 2016)

Myös vakiintuneiden yritysten keskinäisestä yhteistyöstä löytyy esimerkkejä autoalalta. Yhdysvaltalainen the U.S. Alliance of Automobile Manufacturers ja saksalainen Terra E Holding on nimittäin luotu vastaukseksi Teslan vahvaan vertikaaliseen integroitumiseen latausasemien, akkuvalmistuksen, jakelun ja vähittäismyynnin saralla. Nämä Teslan toimet voidaan nähdä epäjatkuvuutena, joka tekee vakiintuneiden yritysten vastaavista komplementoivista resursseista kuten jakeluverkostoista hyödyttömiä eli tuhoaa niihin liittyvää kompetenssia. Tällaisessa tilanteessa muiden vakiintuneiden yritysten kanssa liittoutuminen on paras strategia. (Cozzolino & Rothaermel 2018) Vakiintuneista kilpailijista myös Suzuki ja Toyota ovat harjoittaneet yhteistyötoimintaa (Kim ym. 2022). Kuvassa 4 on havainnollistettu autoalan lukuisia toimijoita mahdollisina yhteistyökumppaneina ja alihankkijoina Volkswagenille ja Toyotalle.



Kuva 4: Arvoketju, ekosysteemittoimijat, ulkoistaminen ja in-sourcing (mukailien Barney & Hesterly 2018, Mule ym. 2021; Kim ym. 2022)

Autoalan vakiintuneilla yrityksillä on siis valtava määrä potentiaalisia yhteistyö- ja alihankintakumppaneita. Toimintojen ulkoistamisen etuihin kuuluu muun muassa strateginen joustavuus. Kyvykkyyksien tuominen yrityksen sisälle (engl. in-sourcing) ja vertikaalinen

integroituminen voivat sen sijaan auttaa esimerkiksi kriittisten raaka-aineiden saatavuuden varmistamisessa.

4.4 Vakiintuneiden yritysten kompetenssin tuhoutuminen

FEV- kehitykseen on liittynyt monenlaista innovointia sen historian aikana. Sähkömoottorin ja akuston liittäminen alun perin autoon sen voimalinjaksi on ollut eräänlainen arkkitehtuurinen innovaatio, sillä se muutti vaihtoehtoisin teknologioihin nähden auton konfiguraatiota (Henderson & Clark 1990; Magnusson & Berggren 2011). Dominantin mallin mahdollistaneet viimeisimmät kehitysaskleet ovat sisältäneet sekä arkkitehtuurista että modulaarista innovointia esimerkiksi Tesla Motorsin taholta (Habib ym. 2020).

Teslan arkkitehtuurinen innovointi onkin ollut merkittävänä tekijänä sen menestyksessä (Thomas & Maine 2019). Epävarmuuden aikakaudella vakiintuneet yritykset sen sijaan keskittyivät lisäämään autoihinsa osia päästöjen käsittelyn ja tehokkuuden parantamiseksi, mutta säilyttäen pääasiassa konventionaaliset voimalinja-arkkitehtuurit (Magnusson & Berggren 2011). Vakiintuneiden valmistajien kyvyttömyys valmistaa kilpailukykyisiä sähköautoja onkin Bergekin ym. (2013) mukaan osittain johtunut niiden tavasta rakentaa sähköautot konventionaalisten autojen tavoin, jotta käyttäjien ajokokemus muuttuisi mahdollisimman vähän.

Kuten luvussa 3 todettiin, täyssähköautot eivät siis ole epävarmuuden aikakaudella kuuluneet Volkswagenin ja Toyotan ydinstrategioihin. Toyota on keskittynyt luovaan akkumulaatioon hybridistrategiallaan hankkien samalla myös modulaarista komponentti-spesifiä osaamista akustoista ja sähkömoottorista, mikä on tarjonnut sille etumatkan FEV-kehityksessä verrattuna muihin valmistajiin kuten Volkswageniin. Sen arkkitehtuurinen osaaminen on kuitenkin perustunut hybridiautoihin, jotka ovat arkkitehtuurisena kokonaisuutena hyvin erilaisia kuin sähköautot. (Magnusson & Berggren 2011)

VW Groupin keskeiseen kompetenssiin on taas epävarmuuden aikana kuulunut diesel-polttomoottoriauton järjestelmäintegrointi sekä modulaariset kehitysaskleet kyseisen teknologian komponenteissa. Sen sijaan minkäänlaista modulaarista tai arkkitehtuurista sähköautoille relevanttia osaamista yrityksessä ei voida sanoa olleen. (Magnusson & Berggren 2011) Volkswagen onkin ollut pakotettu arkkitehtuuriseen innovointiin FEV-kehityksessään. Yksi sen sähköautomalleista, e-Golf rakennettiin polttomoottoriauton arkkitehtuurin pohjalle, mikä vaati monia epäedullisia kompromisseja auton koamisessa. Uudempi sähköautomalli ID.3 sen sijaan kehitettiin alusta asti sähköautoksi, mikä tehosti ja yksinkertaisti valmistusprosessia huomattavasti. (Verpraet 2020)

Andersonin ja Tushmanin (1986) teoriasta poiketen, tästä epäjatkuvuudesta ei suoraan voi muodostua kompetenssia tuhoavaa tai vahvistavaa, koska sen taustalla ei ollut yksittäistä teknologista kehitysaskelta vaan useat eri tekijät. Sen sijaan dominantiksi malliksi päätyneen FEV-teknologian voidaan argumentoida olevan niille kompetenssia tuhoava. Edellä mainituista syistä tämä epäjatkuvuus saattaa kuitenkin tuhota voimakkaammin Volkswagenin kuin Toyotan kompetenssia. Autoalan uusilla tulokkailla voidaan kuitenkin joka tapauksessa argumentoida olevan selvä etumatka FEV-teknologiaan liittyvissä arkkitehtuurisissa ja modulaarisissa innovaatioissa niiden keskittyttyä nimenomaan sähköautoihin epävarmuuden aikakaudella (Li ym. 2019).

Tämän dominantin mallin voidaan nähdä tuhonneen sekä vakiintuneiden yritysten ydinkompetenssia että niiden täydentäviä resursseja. Ydinkompetenssista esimerkkejä ovat muun muassa edellä mainitut arkkitehtuuriset sekä modulaariset kompetenssit. Lisäksi Teslan vahva vertikaalinen integraatio esimerkiksi latausverkkostoon, akkujen valmistukseen ja vähittäismyyntiin on kohdistunut Volkswagenin ja Toyotan kyvykkyyksiin muualla arvoketjussa. (Cozzolino & Rothaermel 2018; Perkins & Murmann 2018)

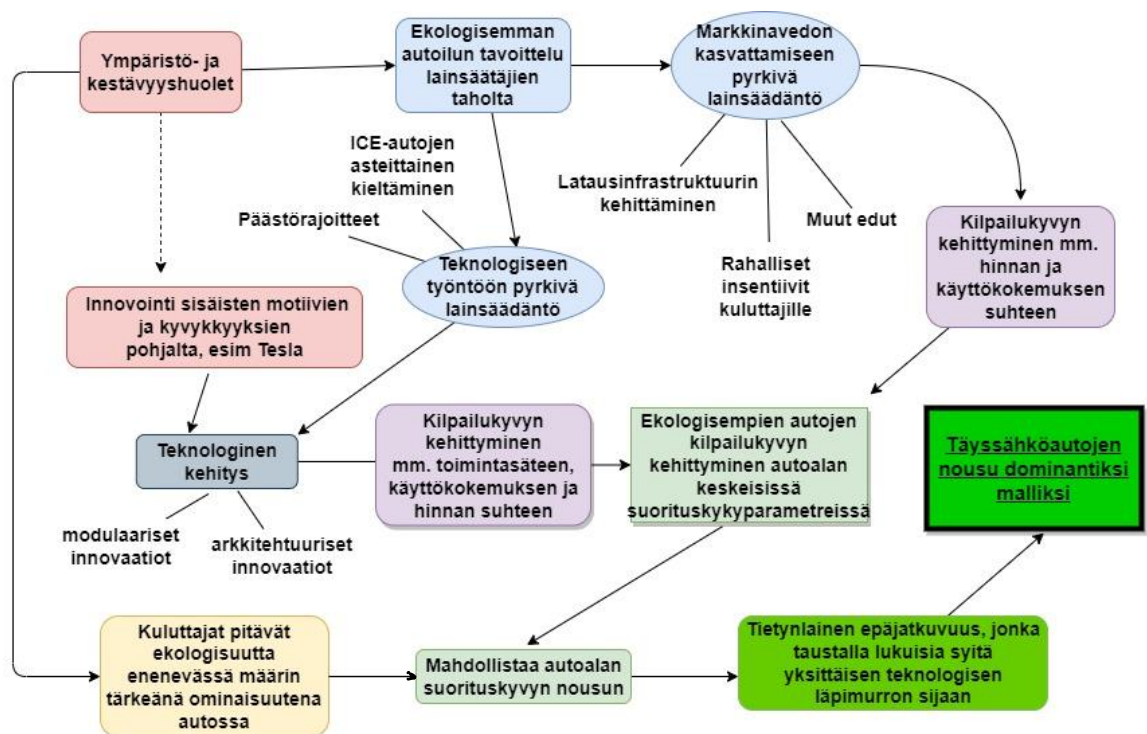
Volkswagenin ja Toyotan ajautumista tähän tilanteeseen voidaan selittää useilla eri tekijöillä. Vakiintuneilla yrityksillä on alalla kuin alalla tyypillisesti suuria haasteita teknologisten epäjatkuvuuskohtien koittaessa. Näitä haasteita aiheuttaa muun muassa suunnittelun ja tuotekehityksen rajoittuneisuus, merkittävät uponneet kustannukset olemassa oleviin teknologioihin sekä haluttomuus kannibalisoida muiden omien tuotteiden myyntiä (Chandy & Tellis 1998; Thomas & Maine 2019). Sen sijaan autoalan uusilla tulokkailla kuten Teslalla ei ole ollut vanhoja teknologisia kompetensseja tai asiakassuhteita, jotka olisivat rajoittaneet samalla tavalla niiden toimintaa (Thomas & Maine 2019).

Bergekin ym. (2013) mukaan yksi uusien tulokkaiden haasteista autoalalla on ollut merkittävän suorituskyvyn yliampumisen (engl. over-shooting) puuttuminen autoteollisuudesta. Vakiintuneiden yritysten hävittyä kilpailun dominantista mallista voidaan kuitenkin myös pohtia, ovatko ne aliarvioineet ekologisuuden keskeisenä suorituskykyparametrinä, ja päätyneet ylipalvelemaan asiakkaitaan muissa parametreissa.

5. PÄÄTELMÄT

5.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Täyssähköautojen nousun taustalla voidaan siis nähdä olevan sen selviäminen dominantiksi malliksi tietynlaisen teknologisen epäjatkuvuuskohdan jälkeen. Tämä murros sopii osittain epäjatkuvuuden määritelmään (Tushman & Anderson 1986), sillä se on mahdollistanut autojen suorituskyvyn merkittävän nousun, joka on osittain teknologisen kehityksen ansiota. Se kuitenkin eroaa määritelmästä siten, että taustalla ei ole yksinomaan tiettyä teknologista läpimurtoa vaan monimutkainen yhdistelmä useita eri tekijöitä. Näitä tekijöitä on havainnollistettu kuvassa 5.



Kuva 5: Syyt autojen sähköistymisen taustalla

Ympäristö- ja kestävyysshuolet ovat siis johtaneet siihen, että niin lainsäätäjät kuin kuluttajatkin ovat alkaneet tavoittelemaan ekologisempaa autoilua (ICCT 2014; Chu ym. 2018; Emmert 2021; US Environmental Protection Agency 2022). Lainsäädäntö on erilaisin keinoin pyrkinyt vaikuttamaan sekä ekologisempien autojen markkinavetoon, että

niiden teknologiseen työntöön (Fleming 2020; IEA 2021; Hanley 2022; US Environmental Protection Agency 2022). Kuluttajat ovat samalla alkaneet arvostaa auton ekologisuutta yhä enemmän. Ekologisiin autoihin onkin kohdistunut yhä enemmän markkinavetoa kuluttajien ympäristötietoisuuden kasvaessa sekä näiden autojen suorituskyvyn kehittyessä myös muilta osin muun muassa teknologisen kehityksen seurauksena. Teknologinen kehitys on pitänyt sisällään sekä arkkitehtuurista innovointia että modulaarista kehitystä esimerkiksi akkuteknologiassa (Li ym; 2018; Habib ym. 2020). Tämän kehityksen taustalla on niin lainsäädännön vaikutusta kuin autonvalmistajien omiinkin motiiveihin perustuvaa innovointia. Esimerkiksi Teslan missiona on pitkään ollut kiihdyttää maailman siirtymistä kestävään energiaan (Tesla 2022), minkä voidaan nähdä toki perustuvan myös ympäristöhuoliin.

Nämä kaikki tekijät ovat siis mahdollistaneet autoalan suorituskyvyn nousun verrattuna aiempiin teknologioihin, mikä tekee siitä tietynlaisen teknologisen epäjatkuvuuskohdan. Tässä työssä argumentoidaan, että täyssähköautot ovat onnistuneet nousemaan tämän epäjatkuvuuskohdan dominantiksi malliksi epävarmuuden aikakauden jälkeen. Syynä tälle on ollut vaihtoehtoisista teknologioista korkeimman suorituskyvyn tarjoaminen auton kokonaissuorituskyvyssä, joka autoalalla koostuu poikkeuksellisen monista suorituskykyparametreista (Bergek ym. 2013; Rezvani ym. 2015).

Epäjatkuvuutta seuranneella epävarmuuden aikakaudella vakiintuneista yrityksistä Toyota nosti luovaa akkumulaatiota ja arkkitehtuurista innovointia harjoittaen hybriditeknologian strategiansa keskiöön ja pyrki hyödyntämään ICE-teknologian asteittaista sähköistymistä (Magnusson & Berggren 2011; Bergek ym. 2013; Wesseling ym. 2015). Toyotan ydinkompetenssiin kuului siis epävarmuuden aikakaudella hybridiautojen järjestelmäintegrointi sekä komponenttispesifit osaamiset niin ICEV-teknologiaan kuin sähkövoimalinjaankin liittyen (Magnusson & Berggren 2011).

Volkswagen sen sijaan vastasi murrokseen kiihdyttämällä polttomoottoriautojensa kehitystä ekologisempaan suuntaan (Magnusson & Berggren 2011). Tämän strategian voidaan nähdä johtuneen muun muassa korkeasta epävarmuudesta tai teknologisen muutoksen hitaudesta (Lavie 2006). Volkswagenin ydinkompetenssia tällä aikakaudella oli ICEV-teknologian integrointiosaaminen, mutta se toi yritykseensä sisään myös dieselauton komponentteihin liittyvää osaamista (Magnusson & Berggren 2011).

Sähköautojen näyttäessä yhä todennäköisemmin dominantilta mallilta, vakiintuneet yritykset Volkswagen ja Toyota ovat tehneet täyskäännökset strategioissaan ja investoineet suuria summia FEV-teknologiaan (McGee 2019; Voelcker 2022). Ne ovat joutu-

neet tasapainottelemaan ulkoistamisen tuoman joustavuuden ja vertikaalisen integroitumisen tarjoaman varmemman resurssisaatavuuden välillä. Niiden vähäiset investoinnit FEV-teknologiaan epävarmuuden aikakaudella ovat kuitenkin pakottaneet ne turvautumaan yhteistyöhön ja alihankintaan useiden tahojen kanssa. Näihin tahoihin kuuluu myös kilpailijoita kuten markkinatulokas Tesla (Cheong ym. 2016).

Autoalan vakiintuneille yrityksille tämä epäjatkuvuuskohta näyttää muodostuneen kompetenssia tuhoavaksi, sillä sen dominantti malli rakentuu niiden näkökulmasta pitkälti uuden tietotaidon varaan. Toyotan ja Volkswagenin ydinkompetenssiin on ennen epäjatkuvuutta ja sen jälkeisellä epävarmuuden aikakaudella kuulunut pääasiassa polttomoottori- sekä hybridautojen järjestelmäintegrointi sekä jossain määrin niihin liittyvä komponenttispesifi modulaarinen tietotaito (Magnusson & Berggren 2011). FEV-valmistuksen vaatima tietotaito pohjautuu sen sijaan pitkälti FEV-auton komponenttien valmistusosaamiseen sekä sähköautojen optimaaliseen järjestelmäintegrointiin. Näillä alueilla esimerkiksi Tesla Motors on yhteistyökumppaneineen harjoittanut merkittävää innovointia tuhoten vakiintuneiden yritysten kompetenssia. Sen vahva vertikaalinen integroituminen esimerkiksi arvoketjussa eteenpäin vähittäismyyntiin on myös vähentänyt vakiintuneiden yritysten täydentävien resurssien arvoa. (Cozzolino & Rothaermel 2018; Thomas & Maine 2019; Habib ym. 2020)

Vakiintuneilla yrityksillä on tyypillisesti suuria haasteita teknologisen epäjatkuvuuden aikoina, mikä selittääkin osaltaan nykytilannetta (Bower & Christensen 1995; Chandy & Tellis 1998; Thomas & Maine 2019). Niiden on ollut selvästi helpompaa ja kannattavampaa jatkaa vanhoihin voimalinjateknologioihin investoimista (Mirzadeh Phirouzabadi ym. 2020). Toisena selittävänä tekijänä toimii automarkkinoiden uusien tulokkaiden vahvempi halu FEV-teknologian kaupallistamiseen sekä liiketoimintamallin, arvoketjujen ja kustannusrakenteen parempi sopivuus sähköautomarkkinoille verrattuna vakiintuneisiin yrityksiin (Li ym. 2019). Lisäksi vakiintuneet yritykset ovat saattaneet aliarvioida ekologisuuden merkitystä kuluttajille keskeisenä suorituskykyparametrinä ylipalvellen niitä (engl. over-shooting) muissa parametreissa. Myös suuri epävarmuus, teknologisen muutoksen hitaus sekä yrityksen kyvykkyyksien keskinäinen riippuvuus voivat olla syitä vakiintuneiden yritysten haluttomuuteen investoida FEV-teknologiaan epävarmuuden aikakaudella (Lavie 2006).

Täyssähköautojen voidaan ajatella olevan radikaali innovaatio yhteiskunnalle ja autojen käyttäjille, koska se vaatii yhteiskuntaan kokonaan uuden käyttövoimainfrastruktuurin eli laturiverkoston ja käyttäjiltään uusia toimintatapoja, kuten sopeutumisen vielä toistaiseksi lyhyempiin toimintasäteisiin sekä erilaiseen tankkaustapaan (Dijk 2014; Van-

derwerp 2022). FEV-teknologia onkin Bakkerin ym. (2012) mukaan radikaali innovaatio, joka eroaa täysin vakiintuneesta polttomoottoritekniologiasta. Uudet tulokkaat ovat vallanneet merkittävät johtoasemat sähköautomarkkinoilla (Li ym. 2019), mikä johtanee koko alan markkinaosuuksien uudelleen järjestäytymiseen sähköautojen osuuden kasvassa todennäköisesti merkittävästi tulevaisuudessa (Accenture 2019; EVAdoption 2022; Kim ym. 2022). Tämän takia kyseessä on hyvin todennäköisesti myös disruptiivinen innovaatio (Trauffer & Tschirky 2010).

5.2 Tutkimuksen rajoitteet ja jatkotutkimusehdotukset

Tässä työssä on monia rajoitteita, jotka on hyvä tiedostaa. Ensinnäkin työssä on keskitytty vakiintuneista yrityksistä vain VW Groupiin ja Toyotaan, minkä takia päätelmiä ei voi välttämättä yleistää koko alalle. Sähköautojen yleistyminen on myös monimutkainen kehityskulku eikä sille välttämättä ole löydettävissä yksiselitteisiä syitä. Tässä työssä esitetty teoria perustuukin vain kirjallisuuskatsaukseen valikoituneeseen aineistoon, joka on luonnollisesti vain murto-osa koko aiheen kirjallisuudesta.

Kyseessä on siis hyvin monimutkainen aihe. Jokaista mahdollista tekijää sähköautojen yleistymisen taustalla ei varmasti olla tässä työssä onnistuttu huomioimaan. Lisäksi työssä käsitellyt vakiintuneet yritykset ovat tehneet tämän vuosituhaten aikana lukuisia ja monivaiheisia strategisia valintoja, joista osa on varmasti jäänyt tässä työssä huomiotta. Volkswagenin ja Toyotan aikaisempien kompetenssien hyödyllisyyttä sähköautojen valmistuksessa on myös vaikea määritellä tarkasti ja yksiselitteisesti.

Arvio sähköautojen noususta dominantiksi malliksi perustuu tämänhetkiseen tilanteeseen, mutta epävarmuuden aikakauden voidaan nähdä hyvin perustein jatkuvan edelleen. Markkinaosuudet elävät myös jatkuvasti, ja vakiintuneet yritykset voivat päätyä vielä hyvinkin vahvoihin asemiin tulevaisuuden sähköautomarkkinoilla. Tämän työn tarkoituksena ei tosin ollutkaan arvioida autoalan tulevaisuutta vaan tarkastella sen historiaa ja nykyhetkeä.

Jatkotutkimukselle olisi todennäköisesti tarvetta ainakin siinä, kuinka paljon sähköautojen nousu dominantiksi malliksi on todella tuhonnut vakiintuneiden yritysten kompetenssia. Vaikka ne ovat keskittyneet epävarmuuden aikakaudella pääasiassa muihin teknologioihin, on näiden teknologioiden järjestelmäintegroitiossaamisesta varmasti ollut hyötyä myös sähköautojen arkkitehtuuria suunniteltaessa. Lisäksi markkinaosuuksien uudelleenjakautumista olisi mielekästä tarkastella uudestaan esimerkiksi vuosikymmenen loppuvaiheilla.

LÄHTEET

- Abnett, K., 2020. EU to target 30 million electric cars by 2030 - draft. Reuters.
- Accenture, 2019. Electric Vehicle Adoption to Overtake Conventional Vehicles by 2040 and Unlock a US\$2 Trillion Opportunity for Utilities, Accenture Finds [WWW Document]. URL <https://newsroom.accenture.com/news/electric-vehicle-adoption-to-overtake-conventional-vehicles-by-2040-and-unlock-a-us-2-trillion-opportunity-for-utilities-accenture-finds.htm> (Luettu 6.6.22).
- Anderson, P., Tushman, M.L., 1990. Technological Discontinuities and Dominant Designs: A Cyclical Model of Technological Change. *Administrative science quarterly* 35, 604–633. <https://doi.org/10.2307/2393511>
- Anderson, P.L., D'Souza, A., n.d. Comparison: Real World Cost of Fueling EVs and ICE Vehicles 36.
- Attwood, J., 2022. UK government targets 300,000 charging points by 2030 | Move Electric [WWW Document]. URL <https://www.moveelectric.com/e-cars/uk-government-targets-300000-charging-points-2030> (Luettu 6.16.22).
- Baer, D., 2014. The Making Of Tesla: Invention, Betrayal, And The Birth Of The Roadster [WWW Document]. Business Insider. URL <https://www.businessinsider.com/tesla-the-origin-story-2014-10> (Luettu 4.14.22).
- Bakker, S., van Lente, H., Engels, R., 2012. Competition in a technological niche: The cars of the future. *Technology Analysis and Strategic Management* 24, 421–434. <https://doi.org/10.1080/09537325.2012.674666>
- Banerjee, P.M., Preskill, M., 2017. The role of government in shifting firm innovation focus in the automobile industry, in: *Entrepreneurship, Innovation and Sustainability*. pp. 108–129. <https://doi.org/10.4324/9781351277761-6>
- Barney, J., Hesterly, W., 2018. *Strategic Management and Competitive Advantage: Concepts and Cases, Global Edition*.
- Bergek, A., Berggren, C., Magnusson, T., Hobday, M., 2013. Technological discontinuities and the challenge for incumbent firms: Destruction, disruption or creative accumulation? *Research policy* 42, 1210–1224. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.02.009>
- Bower, J., Christensen, C., 1995. *Disruptive Technologies - Catching the Wave*. *Harv. Bus. Rev.* 73, 43–53.
- Brückmann, G., Bernauer, T., 2020. What drives public support for policies to enhance electric vehicle adoption? *Environ. Res. Lett.* 15, 094002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab90a5>
- Bullis, K., 2010. Toyota Plans a Hybrid Strategy [WWW Document]. *MIT Technology Review*. URL <https://www.technologyreview.com/2010/11/29/198745/toyota-plans-a-hybrid-strategy/> (Luettu 3.23.22).
- Burnham, A., Gohlke, D., Rush, L., Stephens, T., Zhou, Y., Delucchi, M.A., Birky, A., Hunter, C., Lin, Z., Ou, S., Xie, F., Proctor, C., Wiryadinata, S., Liu, N., Bloor, M., 2021. Comprehensive Total Cost of Ownership Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains (No. ANL/ESD-21/4). Argonne National Lab. (ANL), Argonne, IL (United States). <https://doi.org/10.2172/1780970>

- Carlier, M., 2022b. Leading carmakers worldwide - Global brand market share 2021 [WWW Document]. Statista. URL <https://www.statista.com/statistics/316786/global-market-share-of-the-leading-automakers/> (Luettu 4.14.22).
- Carlier, M., 2022a. U.S. - electric vehicle market growth forecast 2035 [WWW Document]. Statista. URL <https://www.statista.com/statistics/744946/us-electric-vehicle-market-growth/> (Luettu 3.24.22).
- Carroll, S.G., 2021. EU signals end of internal combustion engine by 2035 [WWW Document]. www.euractiv.com. URL <https://www.euractiv.com/section/electric-cars/news/eu-signals-end-of-internal-combustion-engine-by-2035/> (Luettu 4.5.22).
- Chandy, R.K., Tellis, G.J., 1998. Organizing for radical product innovation: The overlooked role of willingness to cannibalize. *Journal of Marketing Research* 35, 474–487. <https://doi.org/10.2307/3152166>
- Cheong, T., Song, S.H., Hu, C., 2016. Strategic Alliance with Competitors in the Electric Vehicle Market: Tesla Motor's Case. *Mathematical Problems in Engineering* 2016, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2016/7210767>
- Christensen, C.M., Raynor, M.E., McDonald, R., 2015. What Is Disruptive Innovation? *Harvard Business Review*.
- Chu, W., Baumann, C., Hamin, H., Hoadley, S., 2018. Adoption of Environment-Friendly Cars: Direct vis-à-vis Mediated Effects of Government Incentives and Consumers' Environmental Concern across Global Car Markets. *Journal of Global Marketing* 31, 282–291. <https://doi.org/10.1080/08911762.2018.1456597>
- Ciulla, F., 2021. Charged-Up Demand Brings Challenges to the Battery Value Chain | L.E.K. Consulting [WWW Document]. URL <https://www.lek.com/insights/ei/charged-demand-brings-challenges-battery-value-chain> (Luettu 4.5.22).
- Companies Market Cap, n.d. Largest automakers by market capitalization [WWW Document]. URL <https://companiesmarketcap.com/automakers/largest-automakers-by-market-cap/> (Luettu 6.14.22).
- Coup, D., 1999. Toyota's approach to alternative technology vehicles: The power of diversification strategies. *Corporate Environmental Strategy* 6, 258–269. [https://doi.org/10.1016/S1066-7938\(00\)80040-8](https://doi.org/10.1016/S1066-7938(00)80040-8)
- Cozzolino, A., Rothaermel, F.T., 2018. Discontinuities, competition, and cooperation: Cooperative dynamics between incumbents and entrants. *Strategic Management Journal* 39, 3053–3085. <https://doi.org/10.1002/smj.2776>
- Department of Energy, 2014. The History of the Electric Car [WWW Document]. [Energy.gov](http://energy.gov). URL <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> (Luettu 4.14.22).
- Dijk, M., 2014. A socio-technical perspective on the electrification of the automobile: Niche and regime interaction. *International Journal of Automotive Technology and Management* 14, 158–171. <https://doi.org/10.1504/IJATM.2014.060749>
- Dijk, M., Yarime, M., 2010. The emergence of hybrid-electric cars: Innovation path creation through co-evolution of supply and demand. *Technological Forecasting and Social Change*, Issue includes a Special Section on "Infrastructures and Transitions" 77, 1371–1390. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.05.001>
- Dyerson, R., Pilkington, A., 2005. Gales of creative destruction and the opportunistic incumbent: The case of electric vehicles in California. *Technology Analysis & Strategic Management* 17, 391–408. <https://doi.org/10.1080/09537320500357160>

- Eggers, F., Eggers, F., 2011. Where have all the flowers gone? Forecasting green trends in the automobile industry with a choice-based conjoint adoption model. *Technological Forecasting and Social Change* 78, 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.06.014>
- Ehrnberg, E., 1995. On the definition and measurement of technological discontinuities. *Technovation* 15, 437–452. [https://doi.org/10.1016/0166-4972\(95\)96593-1](https://doi.org/10.1016/0166-4972(95)96593-1)
- Emmert, A., n.d. The rise of the eco-friendly consumer [WWW Document]. *strategy+business*. URL <https://www.strategy-business.com/article/The-rise-of-the-eco-friendly-consumer> (Luettu 6.6.22).
- Euromonitor, 2022. How Are Consumers Chasing Sustainability in 2022? [WWW Document]. Euromonitor. URL <https://www.euromonitor.com/article/how-are-consumers-chasing-sustainability-in-2022new-page> (Luettu 6.6.22).
- EVAoption, n.d. EV Sales Forecasts. URL <https://evadoption.com/ev-sales/ev-sales-forecasts/> (Luettu 3.24.22).
- Feng, S., Magee, C.L., 2020. Technological development of key domains in electric vehicles: Improvement rates, technology trajectories and key assignees. *Applied Energy* 260, 114264. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114264>
- Fleming, S., 2020. China is set to sell only “new-energy” vehicles by 2035 [WWW Document]. World Economic Forum. URL <https://www.weforum.org/agenda/2020/11/china-bans-fossil-fuel-vehicles-electric/> (Luettu 4.5.22).
- Habib, T., Kristiansen, J.N., Rana, M.B., Ritala, P., 2020. Revisiting the role of modular innovation in technological radicalness and architectural change of products: The case of Tesla X and Roomba. *Technovation* 98. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102163>
- Hanley, S., 2022. Germany Gets On Board With EU ICE Ban [WWW Document]. *CleanTechnica*. URL <https://cleantechnica.com/2022/03/18/germany-gets-on-board-with-eu-ice-ban/> (Luettu 4.5.22).
- Helfat, C.E., Lieberman, M.B., 2002. The birth of capabilities: Market entry and the importance of pre-history. *Industrial and Corporate Change* 11, 725–760. <https://doi.org/10.1093/icc/11.4.725>
- Henderson, R.M., Clark, K.B., 1990. Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly* 35, 9–30. <https://doi.org/10.2307/2393549>
- Holder, J., 2022. UK Government sets ambitious new electric car sales targets | Move Electric [WWW Document]. URL <https://www.moveelectric.com/e-cars/uk-government-sets-ambitious-new-electric-car-sales-targets> (Luettu 6.16.22).
- ICCT, 2014. EU CO2 emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles. ICCT.
- IEA, n.d. Policies to promote electric vehicle deployment – Global EV Outlook 2021 – Analysis [WWW Document]. IEA. URL <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/policies-to-promote-electric-vehicle-deployment> (Luettu 4.25.22).
- Kalghatgi, G., 2018. Is it really the end of internal combustion engines and petroleum in transport? *Applied Energy* 225, 965–974. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.05.076>
- Kim, J., Paek, B., Lee, H., 2022. Exploring Innovation Ecosystem of Incumbents in the Face of Technological Discontinuities: Automobile Firms. *Sustainability (Switzerland)* 14. <https://doi.org/10.3390/su14031606>

- Lambert, F., 2022c. Electric cars are now three to six times cheaper to drive in the US as gas prices rise. Electrek. URL <https://electrek.co/2022/03/22/electric-cars-3-to-6-times-cheaper-to-drive-us-high-gas-prices/> (Luettu 4.5.22).
- Lambert, F., 2022b. Global market share of electric cars more than doubled in 2021 as the EV revolution gains steam. Electrek. URL <https://electrek.co/2022/02/02/global-market-share-of-electric-cars-more-than-doubled-2021/> (Luettu 3.24.22).
- Lambert, F., 2022a. Tesla still dominates US electric car market, and it's not even close. Electrek. URL <https://electrek.co/2022/03/17/tesla-still-dominates-us-electric-car-market/> (Luettu 3.24.22).
- Lavie, D., 2006. Capability reconfiguration: An analysis of incumbent responses to technological change. *Academy of Management Review* 31, 153–174. <https://doi.org/10.5465/AMR.2006.19379629>
- Li, M., Lu, J., Chen, Z., Amine, K., 2018. 30 Years of Lithium-Ion Batteries. *Advanced Materials* 30, 1800561. <https://doi.org/10.1002/adma.201800561>
- Li, X., Liu, W., Zhang, B., Meng, D., 2019. New entrants versus establishers in China and US electric vehicle marketplace: a comparative analysis. *Asia Pacific Business Review* 25, 19–39. <https://doi.org/10.1080/13602381.2018.1512258>
- Magnusson, T., Berggren, C., 2011. Entering an era of ferment - radical vs incrementalist strategies in automotive power train development. *Technology Analysis and Strategic Management* 23, 313–330. <https://doi.org/10.1080/09537325.2011.550398>
- Mäkinen, S.J., 2021. Luento - Syklinen malli. Strateginen teknologia- ja innovaatiojohtaminen.
- McElroy, J., 2012. How Volkswagen is run like no other car company [WWW Document]. *Autoblog*. URL <https://www.autoblog.com/2012/12/06/how-volkswagen-is-run-like-no-other-car-company/> (Luettu 5.6.22).
- McGee, P., 2019. Volkswagen's plan to kill off Tesla. *Financial Times*.
- Meta, 2022. 5 Sustainability Trends That Can Shape US Consumers' Decisions in 2022 [WWW Document]. *Facebook IQ*. URL <https://www.facebook.com/business/news/insights/sustainability-trends-shape-consumers-decisions> (Luettu 6.6.22).
- Mirzadeh Phirouzabadi, A., Blackmore, K., Savage, D., Juniper, J., 2022. Modelling and simulating a multi-modal and multi-dimensional technology interaction framework: The case of vehicle powertrain technologies in the US market. *Technological Forecasting and Social Change* 175. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121412>
- Mirzadeh Phirouzabadi, A., Blackmore, K., Savage, D., Juniper, J., 2020. On the coexistence of positive and negative externalities in the inter-powertrain relationships. *Journal of Cleaner Production* 277, 124118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124118>
- Morris, T., 2022. Green Consumerism: Who Cares About The Environment? [WWW Document]. *GWI*. URL <https://blog.gwi.com/trends/green-consumerism/> (Luettu 6.6.22).
- Morton, C., Anable, J., Brand, C., 2014. Policy making under uncertainty in electric vehicle demand. *Proceedings of the ICE - Energy* 167, 125–138. <https://doi.org/10.1680/ener.14.00006>
- Mule, L., Belingheri, P., Bonaccorsi, A., 2021. Strategic Alliances in the Electromobility Sector. Presented at the E3S Web of Conferences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123807001>
- Nilsen, E., 2021. Biden announces new emissions standards, target that 50% of vehicles sold in US by 2030 are electric [WWW Document]. *CNN*. URL

<https://www.cnn.com/2021/08/05/politics/biden-emissions-standards-electric-vehicles/index.html> (Luettu 6.16.22).

Perkins, G., Murmann, J.P., 2018. What Does the Success of Tesla Mean for the Future Dynamics in the Global Automobile Sector? *Management and Organization Review* 14, 471–480. <https://doi.org/10.1017/mor.2018.31>

Peters, G.P., Andrew, R.M., Canadell, J.G., Fuss, S., Jackson, R.B., Korsbakken, J.I., Le Quéré, C., Nakicenovic, N., 2017. Key indicators to track current progress and future ambition of the Paris Agreement. *Nature Clim Change* 7, 118–122. <https://doi.org/10.1038/nclimate3202>

Poullikkas, A., 2015. Sustainable options for electric vehicle technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41, 1277–1287. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.09.016>

Rauh, N., Franke, T., Krems, J., 2014. User experience with electric vehicles while driving in a critical range situation - A qualitative approach. *IET Intelligent Transport Systems*. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2014.0214>

Rezvani, Z., Jansson, J., Bodin, J., 2015. Advances in consumer electric vehicle adoption research: A review and research agenda. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 34, 122–136. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.10.010>

Saari, U.A., Mäkinen, S.J., Baumgartner, R.J., Hillebrand, B., Driessen, P.H., 2020. How consumers' respect for nature and environmental self-assets influence their car brand experiences. *Journal of Cleaner Production* 261, 121023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121023>

Shah, R., Mittal, V., Aragon, N., 2021. Internal Combustion Engines vs. Electric Vehicles (EV). *Engine Builder Magazine*. URL <https://www.enginebuilder-mag.com/2021/10/ice-vs-ev/> (Luettu 4.14.22).

Shahapure, S.B., Deodhar, V.A.K., Shinde, S.M., 2022. A Technology Review of Energy Storage Systems, Battery Charging Methods and Market Analysis of EV Based on Electric Drives. *International Journal of Electrical and Electronics Research* 10, 23–35. <https://doi.org/10.37391/IJEER.100104>

Shepardson, D., Klayman, B., 2021. U.S. government to end gas-powered vehicle purchases by 2035 under Biden order. Reuters.

Sierzchula, W., Bakker, S., Maat, K., Van Wee, B., 2014. The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy* 68, 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.01.043>

Spedale, S., 2003. Technological discontinuities: Is co-operation an option? *Long Range Planning* 36, 253–268. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(03\)00045-1](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(03)00045-1)

Speirs, J., Contestabile, M., Houari, Y., Gross, R., 2014. The future of lithium availability for electric vehicle batteries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35, 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.018>

Taylor, E., Schwartz, J., 2019. Bet everything on electric: Inside Volkswagen's radical strategy shift. Reuters.

Tesla, 2022. About Tesla [WWW Document]. URL <https://www.tesla.com/about> (Luettu 6.15.22).

Thomas, V.J., Maine, E., 2019. Market entry strategies for electric vehicle start-ups in the automotive industry – Lessons from Tesla Motors. *Journal of Cleaner Production* 235, 653–663. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.284>

- Todts, W., 2018. CO2 emissions from cars: The facts [WWW Document]. Transport & Environment. URL https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf (Luettu 4.14.22).
- Trauffer, G., Tschirky, H., 2010. Understanding discontinuous technology and radical innovation, in: *Managing Innovation Driven Companies: Approaches in Practice*. pp. 161–222. <https://doi.org/10.1057/9780230306547>
- Tushman, M., Anderson, P., 1986. Technological Discontinuities and Organizational Environments. *Adm. Sci. Q.* 31, 439–465. <https://doi.org/10.2307/2392832>
- US Environmental Protection Agency, 2022. Timeline of Major Accomplishments in Transportation, Air Pollution, and Climate Change [WWW Document]. URL <https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/timeline-major-accomplishments-transportation-air> (Luettu 6.6.22).
- Vanderwerp, D., 2022. EV Range: Everything You Need to Know [WWW Document]. Car and Driver. URL <https://www.caranddriver.com/shopping-advice/a32603216/ev-range-explained/> (Luettu 6.6.22).
- Verpraet, I., 2020. VW outsources more large sub-assemblies for EVs [WWW Document]. Automotive Logistics. URL <https://www.automotivelogistics.media/news/vw-out-sources-more-large-sub-assemblies-for-evs/41135.article> (Luettu 5.6.22).
- Voelcker, J., 2022. Toyota Has a New EV Strategy. Here's Where We Think It's Headed [WWW Document]. The Drive. URL <https://www.thedrive.com/tech/43978/toyota-has-a-new-ev-strategy-heres-where-we-think-its-headed> (Luettu 4.4.22).
- Voelcker, J., 2017. China developing timetable to end sales, production of gasoline cars [WWW Document]. Green Car Reports. URL https://www.greencarreports.com/news/1112588_china-developing-timetable-to-end-sales-production-of-gasoline-cars (Luettu 4.4.22).
- Volkswagen, 2016. TRANSFORM 2025+ Volkswagen presents its strategy for the next decade [WWW Document]. URL <https://www.volkswagen.com/en/news/2016/11/transform-2025.html> (Luettu 6.9.22).
- Wesseling, J.H., Niesten, E.M.M.I., Faber, J., Hekkert, M.P., 2015. Business Strategies of Incumbents in the Market for Electric Vehicles: Opportunities and Incentives for Sustainable Innovation. *Business Strategy and the Environment* 24, 518–531. <https://doi.org/10.1002/bse.1834>
- Xu, X., Wang, C., Liao, G., Yeh, C.-P., Stark, W., 2009. Development of a Plug-In Hybrid Electric Vehicle educational demonstration unit, in: *41st North American Power Symposium*. Presented at the 41st North American Power Symposium, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1109/NAPS.2009.5484041>
- Yang, Z., 2022. China plans charging infrastructure for 20 million EVs [WWW Document]. Protocol. URL <https://www.protocol.com/bulletins/china-infrastructure-plan-ev> (Luettu 6.16.22).