



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

TITA PESONEN

Uudet polttoaineet osana vihreää siirtymää satamalogistiikassa

LOGISTIIKAN TUTKINTO-OHJELMA
2023

TIIVISTELMÄ

Pesonen, Tita: Uudet polttoaineet osana vihreää siirtymää satamalogistiikassa
Opinnäytetyö, AMK
Logistiikka
Toukokuu 2023
Sivumäärä: 53

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa toimeksiantajalle eli Merilogistiikan tutkimuskeskukselle opinnäytetyö osaksi UUPO-projektia, jossa selvitetään, mitä uusia polttoaineita satamalogistiikassa voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa sekä satamalogistiikan ymmärrystä ja mahdollisuuksia niiden hyödyntämiseen. Tutkittavaksi valittiin neljä uutta päästötöntä polttoainetta, joiden ominaisuuksia ja logistisia näkökulmia tutkittiin tarkemmin. Suurin keskittyminen oli vihreään vetyyn, jonka avulla voidaan johtaa muita synteettisiä polttoaineita.

Opinnäytetyö tehtiin laadullisena tutkimuksena tutkimalla ja yhdistelemällä laajasti olemassa olevaa teoriaa sekä haastatteleamalla toimijoita niin satamalogistiikassa kuin polttoaineiden valmistuksen saralla. Vihreään siirtymään liittyen käytiin läpi teoriaa eri lakien, säädösten ja ilmastonmuutoksen kannalta. Satamalogistiikan osalta pohjustettiin meriklustereita Satakunnan osalta.

Tutkimuksen perusteella todettiin, että satamalogistiikassa ymmärretään vihreän siirtymän tarkoitus ja että sitä varten tulee tehdä muutoksia yritysten toimintaan. Uudet polttoaineet nähtiin tulevaisuuden vastauksena hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen, mutta vain yhtä polttoainetta ei voida nimetä selkeäksi ”voittajaksi”, sillä useamman eri polttoaineen käyttö on jo alueellisesti sekä tuotantokapasiteettien kannalta pakollista. Aihe vaatii vielä laajempaa tutkimusta ja pilotointia sekä laajaa yhteistyötä eri sidosryhmien välillä. Jatkotutkimusmahdollisuuksia löydettiin myös useita.

Avainsanat: vihreä siirtymä, polttoaineet, päästöt, vety

Abstract

Pesonen, Tita: New fuels as part of the green transition in port logistics

Bachelor's thesis

Logistics

May 2023

Number of pages: 53

The purpose of the thesis was to produce a thesis for the client, The Maritime Logistics Research Center, as part of the UUPO-project, in which it is found out which new fuels could be used in port logistics in the future, as well as the understanding of port logistics and the possibilities for their utilization. Four new emission-free fuels were chosen for research of which properties and logistical aspects were studied in more detail. The main focus was on green hydrogen, which can be used to derive water synthetic fuels.

The thesis was carried out as a qualitative study by examining and combining widely existing theory and by interviewing operators in both port logistics and fuel manufacturing. Regarding the green transition, the theory was reviewed in terms of various laws, regulations, and climate change. In terms of port logistics, sea clusters were primed for Satakunta.

Based on the research, it was concluded that the purpose of the green transition is understood in port logistics and that changes must be made to the companies' operations. New fuels were seen as the future answer to reducing carbon dioxide emissions, but only one fuel cannot be named as a clear "winner", as the use of several different fuels is already mandatory regionally and in terms of production capacities. The subject requires even more extensive research and piloting, as well as extensive co-operation between different stakeholders. Several opportunities for further research were also found.

Keywords: green transition, fuels, emissions, hydrogen

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Tarkoitus, tavoitteet ja rajaukset.....	6
1.2 Merilogistiikan tutkimuskeskus	6
1.3 Tutkimuskysymykset, metodologia ja tutkimuksen luotettavuus.....	7
2 SATAMALOGISTIIKKA.....	10
2.1 Meriklusteri Satakunnassa	10
2.2 Varustamotoiminta	12
3 VIHREÄ SIIRTYMÄ.....	14
3.1 Ilmastonmuutos	14
3.2 Liikenteen pakokaasupäästöt	15
3.3 Lait ja säädökset	16
3.4 Meriliikenne	17
3.5 Työkoneiden päästöt	19
3.6 Uudet polttoaineet ja niiden tarve	20
4 OPINNÄYTETYÖN TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	21
4.1 Haastattelut ja kysymykset.....	21
4.2 Eettisyys	23
5 UUDET POLTTOAINEET	23
5.1 Vety	24
5.2 Varastointi, siirto ja käyttömahdollisuudet.....	28
5.3 Metaani.....	30
5.4 Käyttöinfra	31
5.5 Ammoniakki.....	32
5.6 Metanoli.....	33
5.7 Yhteenveto	34
5.8 Mahdollisuudet Satakunnassa.....	35
6 TULOKSET	36
6.1 Haastattelut	36
6.2 Vastaukset tutkimuskysymyksiin	41
7 LOPPUPOHDINTA	43
7.1 Tulosten hyödyntäminen	44
7.2 Oma ammatillinen kehittyminen	45
7.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet	46
LÄHTEET.....	47
LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET	52

1 JOHDANTO

Vihreä siirtymä on tällä hetkellä ajankohtainen aihe hiilineutraaliuden tavoittelun ja asetettujen päästötavoitteiden takia. Uudet polttoaineet ovat isona osana sen vauhdittajina logistiikassa, sillä suurimmat hiilidioksidipäästöt syntyvät liikenteen päästöistä. Uusia polttoaineita tutkitaan koko ajan, mutta niiden varsinainen laajempi käyttö on todennäköistä vasta tulevaisuudessa. Kuitenkin esimerkiksi varustamoiden on jo aikaisessa vaiheessa alettava miettimään laivojen korkean käyttöiän vuoksi mitä polttoainetta niissä tulevaisuudessa tullessaan hyödyntämään. Päästötavoitteet lähenevät, joten myös satamalogistiikassa yleisesti on vaihdettava fossiiliset polttoaineet uusiutuviin, jotta päästöjä saadaan vähennettyä. Tämä vaatii satamille myös oikeanlaista polttoainefraa, jotta mahdollisimman moni kulkuneuvo ja kone voisi niitä hyödyntää. (Björkendahl, 2023 & Motiva, 2022, Autojen pakokaasupäästöt.)

Vihreään siirtymään liittyy oleellisesti ilmastonmuutos sekä erilaiset lait ja säädökset, joiden avulla sitä koitetaan hillitä (Euroopan komissio, 2019). Satamalogistiikka taas koostuu erilaisista merenkulkuun liittyvistä toimijoista (Tapaninen, 2019, s. 93). Näitä asioita taustoitetaan työn alussa, jotta saadaan monipuolinen kuva siitä, minkälaiset eri toimijat voivat myös toimillaan vähentää hiilidioksidipäästöjä.

Työssä tutkitaan erilaisia uusia päästöttömiä polttoaineita, niiden ominaisuuksia ja logistisia ratkaisuja. Näitä polttoaineita voitaisiin mahdollisesti satamalogistiikassa hyödyntää eri toimijoilla tulevaisuudessa. Työ tehdään laadullista tutkimusmenetelmää käyttäen tutkimalla jo olemassa olevaa tietoa asiasta sekä haastattelujen avulla. Satamalogistiikassa laivat ovat päästöjen lähde, joiden polttoaineita tulee tutkia, mutta myös satamissa vierailevat kuorma-autot sekä siellä olevat työkoneet tarvitsevat myös osaltaan uusia polttoaineita päästöjen vähentämiseksi.

1.1 Tarkoitus, tavoitteet ja rajaukset

Opinnäytetyön tarkoituksena on täydentää toimeksiantajan eli Merilogistiikan tutkimuskeskuksen, UUPO-projektia. Projektin tarkoituksena on tutkia merilogistiikan uusia polttoaineita ja merilogistiikan pk-yritysten osaamista niistä Satakunnassa, koostaa tietopaketti yritysten tarpeista sekä mahdollisuuksista ottaa käyttöön uusia polttoaineita ja samalla edistää vihreää siirtymää ja sinistä taloutta. (Merilogistiikan tutkimuskeskus, 2022, UUPO.)

Opinnäytetyön tutkimuksen tavoitteena on tunnistaa mahdollisia uusia polttoaineita, joita voitaisiin hyödyntää satamalogistiikan toimintaympäristössä mahdollisimman laajasti tulevaisuudessa ja selvittää niiden ominaisuuksia. Lisäksi tutkitaan mahdollisia logistisia ratkaisumalleja polttoaineiden hyödyntämiseen satama-alueilla. Tavoitteena on lisäksi saada tietoa satamalogistiikan yritysten tämänhetkisestä ymmärryksestä, mahdollisuuksista ja toimista vihreän siirtymän kannalta.

Rajauksena työn haastatteluissa keskitytään varustamoihin ja polttoaineen valmistajaan. Näin saadaan tietoa arvoketjusta tuottajalta varustamoihin. Työssä käytetään käsitettä satamalogistiikka rajaamaan tutkimus koskemaan sekä satama-alueen toimintaympäristöä että varustamoita. Uusista polttoaineista tutkitaan neljää mahdollisimman pienen hiilijalanjäljen omaavaa, uusiutuva polttoainetta, joita voidaan mahdollisesti tulevaisuudessa käyttää sekä laivoissa, että tarvittaessa kuorma-autoissa ja satama-alueen työkoneissa. Lisäksi mietitään näille polttoaineille mahdollisia logistiikkaratkaisuja Satakuntaan käytön kannalta sekä turvallisuusnäkökulmia käyttöön liittyen.

1.2 Merilogistiikan tutkimuskeskus

Työn toimeksiantajana toimiva Merilogistiikan tutkimuskeskus tekee tuote- ja palvelukehitystä sekä erilaisia tutkimuksia sinisen ja vihreän kasvun edistämiseksi tavoitteenaan logistiikkaketjujen toiminnan, merenkulun turvallisuuden sekä huoltovarmuuden tehostaminen. Tutkimuskeskuksen asiantuntijat toimivat muun muassa päästöjen vähentämisen, meriklusterin kehittämisen,

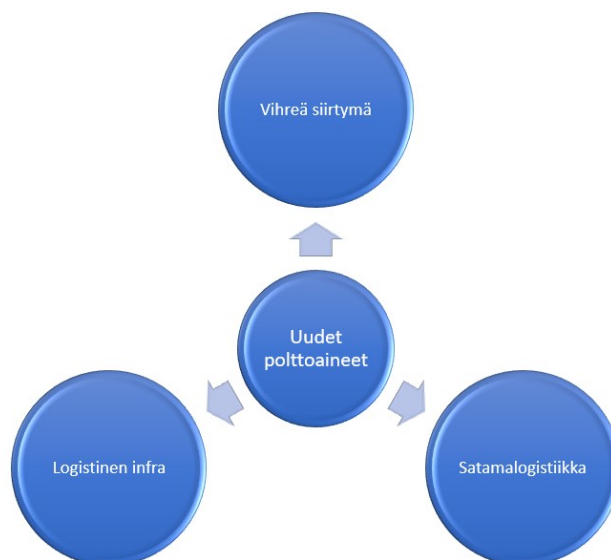
digitalisaation sekä kuljetuslogistiikan ja infrastruktuurin parissa. (Merilogistiikan tutkimuskeskus, 2022, Tietoa meistä.)

UUPO on yksi tutkimuskeskuksen projekteista, joka on aloitettu loppuvuodesta 2022 ja sen on määrä valmistua huhtikuussa 2024. Projektin tavoitteena on koostaa nettipohjainen tietopaketti uusista polttoaineista ja näin vahvistaa niiden käyttöä ja edistää vihreää siirtymää Satakunnan merilogistiikan toimijoilla. Projekti ottaakin tutkimuksessaan huomioon juuri Satakunnan erityispiirteet polttoaineisiin liittyen. (Merilogistiikan tutkimuskeskus, 2022, UUPO.)

1.3 Tutkimuskysymykset, metodologia ja tutkimuksen luotettavuus

Yrityksillä ei ole vielä tarpeeksi tietoa uusista polttoaineista ja niiden hyödyntämisestä, joten tietoa tarvitaan lisää (Merilogistiikan tutkimuskeskus, 2022, UUPO). Ongelmaan etsitään ratkaisua tutkimalla erilaisia uusia polttoaineita ja niiden ominaisuuksia. Muutokset kohti uusien polttoaineiden käyttöä ei käy hetkessä, vaan aihe vaatii laajaa tutkimusta pohjalle.

Opinnäytetyössä käytetään laadullista eli kvalitatiivista menetelmää, sillä aihe on melko uusi ja sitä halutaan ymmärtää paremmin. Teorian ymmärtäminen on oleellista ja tässä työssä eri aihealueiden ymmärrys kokonaisuuden kannalta on tärkeää. Kuviossa 1 esitetään opinnäytetyön käsitteellinen viitekehys, jonka pohjalta teoriaa ja empiriaa käsitellään läpi työn. Työhön liittyvää teoriaa etsitään Satakunnan ammattikorkeakoulun kirjastosta, Finnasta sekä GoogleScholarista, jotka ovat luotettavia lähteitä. Aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ei kuitenkaan ole kovin paljoa tai se on hyvin vanhaa. Artikkeleita sen sijaan löytyy paljon internetistä, jolloin on osattava katsoa, mitkä lähteistä voidaan laskea luotettaviksi. Työssä hyödynnetään lakeja ja EU:n asetuksia, eri polttoainevalmistajien sivuja sekä asiantuntijoiden tekemiä artikkeleita.



Kuvio 1. Käsitteellinen viitekehys

Laadullisessa tutkimuksessa ei käytetä tilastollisia menetelmiä, vaan se perustuu sanoihin, toisin kuin määrällinen tutkimus perustuu numeroihin. Tavoitteena on ymmärtää ja tulkita tutkittavaa ilmiötä kokonaisvaltaisesti. Laadullisessa tutkimuksessa kerättyä aineistoa analysoidaan jatkuvasti, jolloin prosessi ei ole suoraviivaista, vaan aineistoa kerätään läpi työn. (Kananen, 2014, s. 18-19.) Laadullisessa tutkimuksessa ei ole tavoitteena löytää yhtä tiettyä vastausta tutkittavaan ongelmaan, vaan tutkia yritysten näkemystä tutkittavista asioista. Tutkittava aihe on myös osaltaan hypoteettinen, sillä käsitellään aiheita, jotka tapahtuvat tulevaisuudessa, joka on aina epävarmaa. (Vilkka, 2015, s. 118-119.)

Opinnäytetyössä teoria pohjautuu uusien polttoaineiden ympärillä oleviin asioihin, kuten vihreään siirtymään ja satamalogistiikkaan. Empiriaosassa tutkitaan uusia polttoaineita ja niiden logistiikkaa, ominaisuuksia, vihreää siirtymää sekä eri satamalogistiikan yritysten näkökulmaa asiasta. Empiriaa laivojen polttoaineiden ja vihreän siirtymän kannalta hankitaan haastattelujen avulla tietoa asiantuntijoilta satamalogistiikan ja polttoaineiden valmistuksen saralta.

Työssä pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin sekä alakysymyksiin:

1. Millä tavoin satamalogistiikassa voitaisiin hyödyntää uusia polttoaineita ja näin vauhdittaa vihreää siirtymää?
 - i. Tämänhetkinen ymmärrys ja mahdollisuudet?
2. Mitä ovat mahdolliset uudet polttoaineet satamalogistiikassa?
3. Miten polttoaineet saataisiin käyttäjille?

Tiedonhankinnassa on käytettävä tiedeyhteisön hyväksymiä menetelmiä ja oman alan ammattikirjallisuutta. Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu lähdeviitteiden oikeanmukainen käyttö kunnioittaen alkuperäisen lähteen tekijää. Tutkijan on myös osoitettava tiedonhankinnan, tutkimusmenetelmien sekä -tulosten hallintaa sekä toimittava rehellisesti, huolellisesti ja tarkasti koko tutkimuksen ajan. (Vilka, 2015, s. 41-42.)

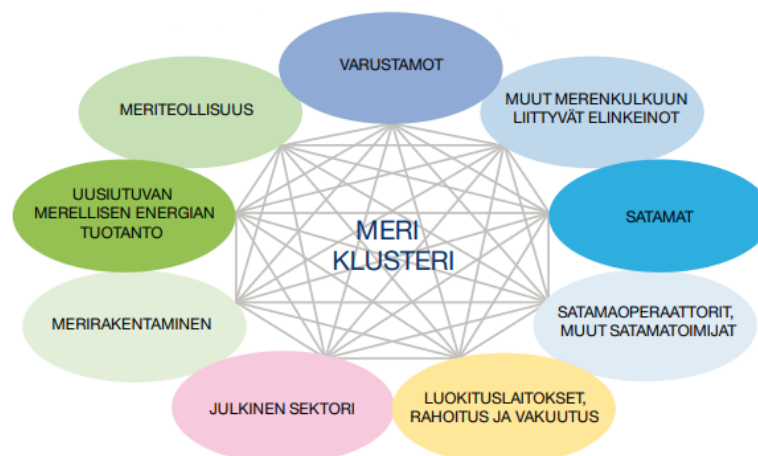
Luotettavuutta voidaan tutkimuksessa parantaa keräämällä tietoa eri lähteistä ja vertaamalla tuloksia keskenään. Mikäli nämä tulokset tukevat toisiaan, voidaan todeta tutkimuksen olevan luotettava. On myös mahdollista, että esimerkiksi haastattelumateriaalia tulkitaan eri tavoin. Kuitenkin jos useampi tutkija päätyy samaan loppupäätelmään tehdystä teemahaastattelusta, lisää tämä luotettavuutta sekä ristiriidattomuutta. (Kananen, 2014, s. 152-153.)

2 SATAMALOGISTIikka

Meriteitse kulkee Suomen viennistä ja tuonnista jopa 90 prosenttia, joten merilogistiikka on Suomelle erittäin tärkeää. Satama liittyy merilogistiikkaan oleellisesti, sillä se yhdistää meri-, maa- ja raideliikenteen. Satamissa toimii laivojen lisäksi useita eri toimijoita, kuten satamaoperaattorit, joiden avulla kuljetusyksiköt lastataan ja puretaan, huolintaliikkeet varastoivat, tullaavat ja kuljettavat tavaroita asiakkaalle. Lisäksi löytyy huoltoyrityksiä, polttoainetoimittajia, jäänmurtajia, jätteidenkuljetusyrityksiä, varustamoja ja viranomaisia. (Tapaninen, 2019, s. 93.) Näistä lähes kaikki kulkevat ja toimivat satama-alueella ajoneuvoilla tai työkoneilla, jotka toimivat jollakin polttoaineella.

2.1 Meriklusteri Satakunnassa

Klusteri tarkoittaa samalla alueella ja alalla toimivia yrityksiä ja toimijoita, niin sanottuja yrityskeskittymiä, joilla on jotain yhteistä keskenään. Toisiaan hyödyntämällä ne saavat luotua kilpailukykyä markkinoilla. Nämä eri yritykset voivat toimia yhteistyössä tai olla kilpailijoita keskenään. (Karvonen ym., 2016, s. 12-13.) Meriklusterissa yrityskeskittymien toimiala liittyy jollain tavalla osaamiseen mereen liittyen. Osaaminen voi olla suoraan mereen liittyvää, kuten laivanrakennusta tai välillisesti, jolloin toimiala ei suoraan liity mereen, mutta on oleellinen osa meriklusterin toimintaa. (Karvonen ym., 2016, s. 17.) Kuvio 2 voidaan nähdä, mitkä eri toimialat liittyvät meriklusteriin.



Kuvio 2. Meriklusteri (Karvonen ym., 2016, s. 19).

Pääryhminä meriklusterissa voidaan ajatella satamatoimintoja, merenkulkua sekä meriteollisuutta. Kuitenkin myös esimerkiksi julkinen sektori, kuten poliisi, ympäristö- ja tulliviranomaiset liittyvät oleellisesti vientiin ja tuontiin. Harvempi yritys toimii ilman vierasta pääomaa eli rahoituslaitoksia ja lastit, työntekijät ja yritystoimintaa tulee vakuuttaa vakuutusyhtiöiden avulla. Uusiutuva energia ja sen tuottajat ovat päästövaatimusten vuoksi yhä enemmän esillä meriklusterissakin. Lisäksi toimintaan voi kuulua erilaisia tutkimuslaitoksia ja korkeakouluja. (Karvonen ym., 2016, s. 13, 84).

Satakunnassa meriklusteri koostuu meri- ja laivanrakennusteollisuudesta, satamista, meriosaamiseen liittyvästä koulutuksesta, vesistöjen suojelemisesta, virkistys ja kalataloudesta, erilaisista palveluista sekä matkailusta. Porissa sijaitsee lisäksi uusiutuvaa sähköä tuottava merituulivoimalapuisto. Meriklusteri tuottaa teollisuuden ja logistiikan saralla paljon työpaikkoja Satakuntaan. Porin ja Rauman satamien osuus yhteensä Suomen viennistä tonneissa vuonna 2019 oli 11,2 prosenttia ja tuonnista 6,6 prosenttia, mikä on alueen väestöön nähden todella suuri määrä. (Satakunta, 2023.)

Satakunnasta satamia löytyy Porista ja Raumalta. Rauman satama on kolmanneksi suurin konttisatama Suomessa 209 000 TEU:lla vuodessa (TEU=Twenty-foot equivalent unit) sekä neljänneksi suurin ulkomaanliikenteen yleissatama. Vuonna 2022 vientiä oli 3 miljoonaa tonnia ja tuontia 1,5 miljoonaa tonnia. Aluksia viikossa lähtee 20 Eurooppaan, Yhdysvaltoihin sekä Kaukoitään ja lastina on useimmiten sellua, paperia, sahatavaraa, kappaletavaraa sekä nestemäistä ja kuivaa bulkkitavaraa. (Rauman satama, n.d., Palvelut.)

Satamat ovat usein kaupunkien omistamia. Niiden tehtävänä on tarjota satamapalveluja niin, että kuljetusketju toimii mutkattomasti. Sataman maa- ja vesialueita vuokrataan eri toimijoille ja yrityksille satamassa ja näin toimitaan osana raumalaista meriklusteria. (Rauman satama, n.d., Tietoa satamasta.) Rauman satamassa toimii palveluntarjoajina useita eri alan toimijoita. Toimialoina ovat niin nesteiden, viljan, sekä tavarain varastointi, hinauspalvelut,

konttien vuokraus, huolinta, laivanselvitys, ravintolatoiminta, luotsaus, kuljetuspalvelut, materiaalinkäsittelykoneet sekä merimieskirkko. (Rauman satama, n.d., Alueen yritykset.)

Vuonna 2014 perustettu Seaside Industry Park toimii Raumalla eri meriteollisuuden yritysten ja toimijoiden toimintaympäristönä. Se muodostaa verkoston, jossa kaikki palvelut tukevat toisiaan. Jokainen yritys tuo teollisuuspuistoon jotain uutta ja samalla niillä on mahdollisuus hyötyä toisistaan. (Seaside Industry Park Rauma, n.d., Alueen esittely.) Teollisuuspuiston alueella toimii noin 30 yritystä, joiden toimialoina on laivanrakennustoimintaa, meriteollisuutta, logistiikkaa, pintakäsittelyä, suunnittelua sekä koulutusta. Tämän lisäksi yritysten toimintaa tukee ruokala-, vartiointi- sekä jätehuoltopalvelut. (Seaside Industry Park Rauma, n.d., Alueen yritykset.) Ilmastonmuutoksen ehkäisy on otettu myös huomioon rakentamalla alueelle oma aurinkovoimala, joka tuottaa 420 MWh sähköä alueelle ympäristöystävällisesti joka vuosi. Lisäksi energian käyttöä pyritään optimoimaan digitaalisen teknologian avulla. (Seaside Industry Park Rauma, n.d., Vastuullisuus.)

Porin satama muodostuu satama-alueista Mäntyluodossa ja Tahkoluodossa. Toiminta satamassa keskittyy raaka-aineisiin ja tuotteisiin metallinjalostuksessa, bulkkitavaraan nestemäisessä ja kiinteässä muodossa sekä lisäksi kiertotalouteen ja vihreään energiaan. Toimijoita satama-alueella on monenlaista ja monelta eri toimialalta, kuten operaattorit, hinaus-, ahtaus-, jäänmurto- ja kuljetuspalvelut, koulutus- ja tutkimuspalvelut, varastointi, kontit, erilaiset merilogistiikan asiantuntijapalvelut, energian tarjonta, luotsit, jätehuolto sekä kaupungin ja viranomaisten tarjoamat palvelut. Tahkoluodosta löytyy lisäksi Suomen ensimmäinen LNG-, eli maakaasuterminaali. (Port of Pori, n.d., Porin satama.)

2.2 Varustamotoiminta

Meriklusterissa yksi olennainen osa on varustamot, sillä Suomessa ulkomaankaupasta viennistä 90 prosenttia ja tuonnista 80 prosenttia kulkee meriteitse.

Kuitenkin päästöjä merikuljetuksista tulee vain 2,6 prosenttia, joten se on kuljetusmuodoista ympäristöystävällisin, eikä sitä voida korvata muilla kuljetusmuodoilla. (Suomen Varustamot, n.d., Vastuullisuus.) Suomen sijainnin vuoksi vienti ja tuonti muualta maailmasta on hoidettava kokonaan tai osittain meriliikenteen avulla ja yhteiskunnan toiminnan kannalta merikuljetusten toimivuus on tärkeää, sillä muualta maailmasta Suomeen tuodaan muun muassa lääkkeitä, tärkeitä teollisuuden komponentteja sekä elintarvikkeita. Tämän vuoksi on myös tärkeää, että merilogistiikalle löytyy tekijöitä nyt ja tulevaisuudessa. (Suomen varustamot, 2022.) Jos laivaliikenne pysähtyy, niin sen huomaa jokainen suomalainen omassa arjessaan jossakin vaiheessa, yleensä hyvin nopeastikin.

Varustamot voivat omistaa omia aluksia tai operoida muiden aluksia hoitovarustamoina (Meriliitto, n.d.). Varustamot voivat toimia matkustaja ja rahtiliikenteessä erilaisilla aluksilla. Matkustaja-autolautoilla, kuten Suomessa risteilyaluksilla, kuljetetaan pääosin matkustajia, mutta myös autoja kuljetetaan alimmilla kansilla, jotta ihmisillä on mahdollisuus matkustaa maasta toiseen nopeasti. Ropax-aluksilla kuljetetaan pääasiallisesti henkilö- ja kuorma-autoja sekä rahtia. Lisäksi löytyy rahdinkuljetukseen tarkoitettuja sto-ro aluksia (stowable ro-ro), joissa yhdistyy suuri irtolastitila ja ro-ro:n, eli roll on-roll off, nopea lastaustyyli. Sto-ro alukseen voidaan lastata suuri määrä esimerkiksi paperirullia. Lisäksi on irtolasti-, eli bulk-tavaraan tarkoitetut lo-lo (lift on-lift off) alukset, joilla kuljetetaan yleensä yhtä tiettyä lastia kerrallaan. Lisäksi löytyy kontteja kuljettavia aluksia, erikoiskuljetuksia, hinausaluksia sekä tankkialuksia. (Logistiikan maailma, n.d., Alustyyppit.)

3 VIHREÄ SIIRTYMÄ

Logistiikassa vihreää siirtymää voidaan kutsua myös vihreäksi logistiikaksi, jolloin puhutaan nimenomaan logistiikan kuljetusketjujen ympäristön kuormittavuuden vähentämisestä sekä ekotehokkuuden lisäämisestä (Logistiikan maailma, 2023, Vihreä logistiikka ja kestävä kehitys). Suomen tavoitteena on olla kokonaan hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Jotta tähän päästään, on muutoksia tehtävä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa vähentämällä fossiilisia polttoaineita, lisäämällä energiatehokkuutta ja hyödyntämällä uusiutuvia energianlähteitä. (Ympäristöministeriö, n.d., Ilmastolain uudistus.)

3.1 Ilmastonmuutos

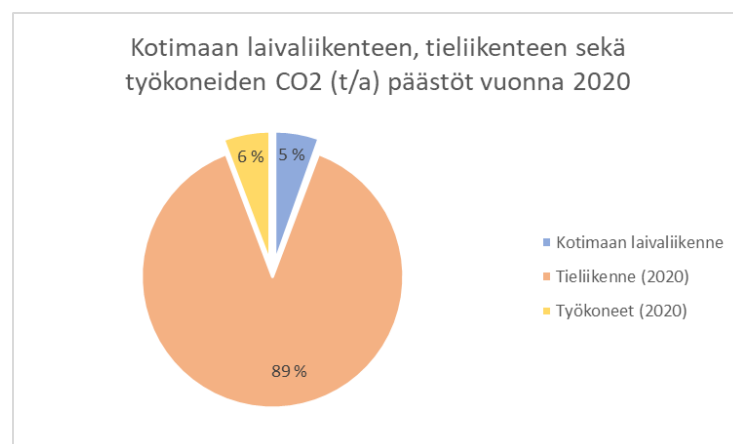
Ilmastonmuutoksella tarkoitetaan ilmastolain mukaan muutosta ilmastossa, jonka ihmiset aiheuttavat toiminnallaan joko suoraan tai välillisesti, jolloin maapallon ilmakehän koostumus muuttuu. (Ilmastolaki 423/2022, 1 luku 6 § 2 k.) Kasvihuoneilmiö on maapallolla luonnollinen tapahtuma, mutta ihmisen toiminnan takia se on vahvistunut fossiilisten hiilivarastojen polttamisen myötä ja hiilidioksidipitoisuus ilmakehässä on kasvanut. Tämän vuoksi maapallon lämpötila kohoaa, sillä jäätiköt, jotka aiemmin ovat heijastaneet säteilyn takaisin avaruuteen, sulavat. Kasvillisuus vähenee lämpötilan nousun takia, jolloin niistäkin vapautuu hiilidioksidia lämmittämään ilmakehää. (Biologian ja maantieteen opettajien liitto BMOL ry, n.d., Ilmastonmuutos.) Hiilinielut, eli metsät, meri ja maaperä, sitovat hiilidioksidia. Hiilineutraalius taas tarkoittaa sitä, että hiilidioksidin poistuma ja hiilidioksidipäästöt olisivat samalla tasolla. Jotta hiilineutraaliuteen päästään, on ihmisten aiheuttamien päästöjen määrää vähennettävä sekä hiilinielujen määrää lisättävä. (Motiva, 2021, Vähäpäästöiset työkonet.)

Vaikka Suomen sijainti, ilmastolliset näkökohdat ja toimiva terveydenhuolto vähentävät ilmastonmuutoksen aiheuttamia haitallisia vaikutuksia muuhun maailmaan nähden, on ilmastonmuutoksella kuitenkin paljon haitallisia terveysvaikutuksia. Näitä ovat lämpenevä ilmasto ja helteiden aiheuttama kuumarasitus sekä maastopalot, säästä aiheutuvat ilmiöt, kuten myrskyt ja UV-säteilylle

lisääntyneen altistumisen kasvaminen, joka lisää kaihin ja ihosyövän riskiä. Sateiden määrä saattaa lisääntyä, mistä aiheutuvat sisätilaongelmat ja home aiheuttavat hengitystieoireita. Sateet aiheuttavat lisäksi tulvien mahdollisuutta ja lämpiävät uimavedet erilaisten bakteerien synnyn. (Terveystieteiden tutkimuskeskus, 2022, Ilmastonmuutos.)

3.2 Liikenteen pakokaasupäästöt

Liikenne ja energiantuotanto on suuri fossiilisten polttoaineiden käyttäjä ja fossiilisten polttoaineiden käyttö aiheuttaa kasvihuonekaasujen lisääntymisen ilmakehässä. Hiilivetyä sisältävien polttoaineiden palaessa syntyy erilaisia terveydelle haitallisia sivutuotteita, kuten hiilimonoksidia, eli häkää, (CO), hiilidioksidia (CO₂), hiilivety-yhdisteitä (HC) moottorin läpi palamatta kulkeutuneesta polttoaineesta, typen oksideja (NO_x), diesel- ja suoraruiskutteisissa bensiini-moottoreissa syntyy kiinteitä pienhiukkasia ja dieseliä polttaessa syntyy lisäksi rikkidioksidia (SO₂). (Motiva, 2022, Autojen pakokaasupäästöt.)



Kuvio 3. Kotimaan laiva- ja tieliikenteen sekä työkoneiden CO₂-päästöt vuonna 2020 (Lipasto, 2021).

Vuonna 2020 Suomen CO₂-päästöistä noin 5 prosenttia (201 653 t/a) syntyi laivaliikenteessä, kun laskuista poistetaan kalastus ja huviveneiden päästöt, 6 prosenttia (213 688 t/a) työkoneista, kun mukaan lasketaan diesel-, kaasu- ja bensakäyttöiset trukit ja 89 prosenttia (3 283 655 t/a) kuorma-autojen tieliikennepäästöistä (Kuvio 3) (Lipasto, 2021). Vaikka työkoneiden hiilidioksidipäästöjä ei vielä rajoiteta, olisi uusien polttoaineiden käyttämisellä fossiilisten sijaan

vaikutusta koko Suomen hiilidioksidipäästöjen määrään. Suurimmat päästöt tulevat tieliikenteessä, koska tavara liikkuu kuorma-autojen avulla paikasta toiseen Suomen sisällä, jossa etäisyydet ovat pitkiä, eikä kaikkeen kulkemiseen voida hyödyntää esimerkiksi juna- tai laivaliikennettä. Kaikki nämä aiheuttavat päästöjä myös satamissa ja hyödyntämällä uusia polttoaineita ja tarjoamalla infraa, jolla koneita tankataan, saadaan hiilidioksidipäästöjä vähennettyä.

3.3 Lait ja säädökset

Suomen tavoitteena oli Sanna Marinin hallitusohjelman mukaisesti olla hiili-neutraali maa viimeistään vuoteen 2035 mennessä. Tähän liittyen on vuonna 2022 astunut voimaan uusi ilmastolaki, jossa on säännökset liittyen ilmastopolitiikan suunnitteluun ja seurantaan. Edelliseen 2015 voimaan tulleeseen ensimmäiseen ilmastolakiin on lisätty uusia päästövähennystavoitteita. Vuoteen 2030 mennessä päästöjä tulisi vähentää 60 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna, 80 prosenttia vuoteen 2040 ja 90 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. (Ympäristöministeriö, n.d., Ilmastolain uudistus.) Ilmastolain tavoitteena on hillitä ilmastonmuutosta ottaen kuitenkin huomioon ajantasainen tieteellinen tieto ilmastonmuutoksen etenemisestä, vaarat, riskit ja sekä myönteiset että kielteiset vaikutukset. (Ilmastolaki 423/2022, 2 luku 8 § 1 mom.). Suomea sitovat kansainväliset sopimukset sekä Euroopan Unionin lainsäädäntö sekä niistä aiheutuneet velvoitteet, jotka on täytettävä (Ilmastolaki 423/2022, 2 luku 8 § 2 mom.).

Eurooppalainen ilmastolaki, joka perustuu Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan, asettaa tavoitteeksi olla kaikissa EU-maissa ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä ja välitavoitteeksi vähentää vähintään 55 prosenttia kasvihuonepäästöistä 2030 mennessä. Tätä 55 prosentin vähennystä kutsutaan 55-valmiuspaketiksi ja se sisältää ehdotuksia, joilla lainsäädäntöä voidaan päivittää niin, että tähän tavoitteeseen päästään. Kasvihuonepäästöttömyyteen päästökseen tulisi maiden vähentää päästöjä, investoida vihreään teknologiaan ja suojella luontoa. Ilmastolain avulla asetetaan lain muotoon Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoite olla ensimmäinen ilmastoneutraali

maanosa. Ohjelman tavoitteena on taata tulevien sukupolvien hyvinvointi ja terveys muun muassa puhtaan ilman, veden ja maaperän sekä energiatehokkaiden rakennusten ja puhtaan energian avulla. (Euroopan komissio, 2019.)

Pariisin ilmastosopimus on kansainvälinen sopimus ilmastomuutoksesta, jonka tavoitteena on pitää maapallon lämpeneminen 1,5 asteen alapuolella vähentämällä kasvihuonepäästöjä. Sopimuksen allekirjoittaneet maat ovat lupautuneet vähentämään päästöjä, lisäämään ilmastorahoitusta, kehittämään teknologiaa sekä tiedottamaan omista päästötavoitteistaan ja saavutetuista tuloksista. Tuloksia tarkastellaan viiden vuoden välein ja ensimmäinen tarkastelu tulee olemaan vuonna 2023. (United Nations, 2015, Paris Agreement.)

Hinku on vuonna 2008 perustettu verkosto, jonka tarkoituksena on hillitä ilmastomuutosta. Hinku koostuu suomalaisista kunnista, maakunnista, yrityksistä sekä asiantuntijoista, jotka haluavat omalta osaltaan auttaa ilmastomuutoksen ehkäisyssä käyttämällä uusiutuvaa energiaa ja tehostamalla energiatehokkuutta. Se tarjoaa tietoa, näkyvyyttä sekä verkostoitumismahdollisuuksia ja siihen liittyminen on vapaaehtoista. Satakunnasta Rauma, Pori, Eurajoki ja Harjavalta ovat liittyneet Hinku-verkostoon ja näin omalla toiminnallaan ovat sitoutuneet vähentämään hiilidioksidipäästöjä 80 prosenttia vuoteen 2030 mennessä verraten vuoden 2007 tasoon. (Hiilineutraalisuomi, 2022, Hinku-verkosto.)

3.4 Meriliikenne

YK:n alaisena toimiva Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO (International Maritime Organization) on laatinut omat päästövähennystavoitteensa kasvihuonekaasujen määrään meriliikenteen osalta. Ympäristölainsäädäntö merenkulussa koostuu EU-direktiiveistä, kansallisesta lainsäädännöstä, IMO:n säädöksistä sekä MARPOL 73/78-yleissopimuksesta. (Suomen varustamot, n.d., Ympäristö ja ilmasto.) Merenkulussa päästötavoitteena on vähentää 40 prosenttia hiilidioksidipäästöjä vuoteen 2030 mennessä verrattuna päästöjen tasoon vuonna 2008 ja 2050 vuoteen mennessä vähennys tulisi olla 70

prosenttia. Merenkulun kasvihuonepäästöt ovat vajaa 3 prosenttia kaikista ihmisen aiheuttamista päästöistä, vaikka 90 prosenttia maailman kaupasta kulkee meriteitse. Meriliikenne onkin kuljetusmuodoista ympäristöystävällisin. (Suomen varustamot, n.d., Ympäristö ja ilmasto.)

Myös meriliikenteen päästöt lisätään mukaan päästökauppaan asteittain vuosien 2024-2026 aikana ja ne koskevat yli 5000 bruttotonnin aluksia, jotka vie-railevat EU:n alueella. Nämä alukset kattavat 55 prosenttia koko alusmäärästä ja 90 prosenttia hiilidioksidipäästöistä. (Eurooppa-neuvosto, 2023, 55-valmiuspaketti & Infografiikka.) Suomi on pohjoismaa, jossa oman haasteensa merenkulkuun tuo vesien jäätyminen. Talvimerenkulkuun liittyen päästökauppaan tulisi tulla helpotuksia, sillä alukset, jotka kulkevat jäissä ja ovat jäävahvisteisia, kuluttavat enemmän polttoainetta, eikä säähän pysty itse vaikuttamaan, joten olisi kohtuutonta vaatia samoja päästömääriä näiltä aluksilta. Lisäksi Venäjän aiheuttama hyökkäyssota Ukrainaan johti siihen, että Venäjältä ei enää tuoda öljyä Suomeen, mikä kasvattaa entisestään polttoainekustannuksia sekä päästöjen määrää, kun öljyä on tuotava muualta maailmasta. Nämä kaikki tulisi ottaa huomioon päästökauppaa mietittäessä. (Honkasalo ym., 2023, s. 9-10.)

Jotta meriliikenteessä päästään nollapäästöihin, tulee hyödyntää uusia polttoaineita ja rakentaa tai muokata aluksia, jotka näitä polttoaineita voivat hyödyntää. Nykyisestä aluskannasta on vaikea saada nollapäästöistä, vaikka energiatehokkuutta saataisiinkin parannettua. (Suomen varustamot, n.d., Ympäristö ja ilmasto.) Laivan elinikä voi olla vuosikymmeniä. Jos päästötavoitteisiin halutaan päästä, tulee nyt jo miettiä, millainen alus kannattaa seuraavaksi hankkia, jotta se pystyy toimimaan mahdollisimman päästöttömästi. Toinen vaihtoehto on muokata nykyisiä olemassa olevia aluksia hyödyntämään uusia polttoaineita. Tällöin on mietittävä, kumpi tulee halvemmaksi, muutostyöt vai kokonaan uusi alus.

Meriliikenne kulkee pitkälti fossiilisilla polttoaineilla, kuten dieselillä ja maakaasulla. Maakaasu tuottaa noin viidenneksen vähemmän hiilidioksidipäästöjä öljypohjaisiin polttoaineisiin verrattuna. Sen käyttö on ympäristöystävällisempi valinta, mutta kyseessä on kuitenkin fossiilinen polttoaine. Maakaasua käytetään nesteytetyssä muodossa, jolloin se on jäähdytetty ja näin sen tilavuus on pienentynyt. Niiden laivojen, jotka käyttävät tällä hetkellä nesteytettyä maakaasua, on kuitenkin helppo siirtyä vihreämpiin kaasuvaihtoehtoihin, sillä niitä pystytään hyödyntämään sellaisenaan tai sekoitteina koneistoa muuttamatta. Vihreämpiä kaasuvaihtoehtoja ovat esimerkiksi uusiutuva nesteytetty biokaasu sekä synteettinen maakaasu. (Gasum, 2021.) Maakaasu toimiikin eräänlaisena siirtymävaihtoehtona odotellessa riittävän laajaa mahdollisuutta hyödyntää päästöttömiä versioita polttoaineista.

3.5 Työkoneiden päästöt

Työkoneita, kuten trukkeja, konttikurottajia ja nostureita, käytetään logistiikassa yleensä varastojen ja tuotantolaitosten sisällä tai sen läheisyydessä. Sisällä käytettävät koneet ovat yleensä sähkökäyttöisiä tai suurimmaksi osaksi päästöttömiä, jolloin sisätiloihin ei pääse terveydelle haitallisia hiukkasia. (Pihlatie ym., 2022, s. 77). Työkoneita käytetään kuitenkin myös ulkona, jolloin polttoaineena toimii usein esimerkiksi bensiini, kevyt polttoöljy ja diesel. Etenkin satamalogistiikassa nosturit kuljettavat kontteja usein laajallakin satama-alueella ja erilaiset trukit ja kurottajat toimivat ulkona laivojen purun ja lastauksen yhteydessä. Vaikka päästöjä satamissa aiheuttavat laivat, joita puretaan ja lastataan, tulee työkoneista ja alueella vierailevista lastia tuovista ja vievistä kuorma-autoista kuitenkin merkittävän verran päästöjä.

Siinä missä tieliikenteen ajoneuvojen päästöjä säännellään moottorien EURO-luokituksella, käytetään työkoneissa moottorien Stage-luokitusta. Luokituksella säännellään hään, typenoksidien, pienhiukkasten ja hiilivetyjen määrää päästöissä. Hiilidioksidipäästöjä ei vielä säännellä, mutta niiden määrä on kuitenkin ilmoitettava. Päästöjen lisäksi työkoneissa haittana on melu. (Motiva, 2021, Vähäpäästöiset työkoneet.) Työkoneiden energiatehokkuutta ja näin

päästöjen vähentämistä voidaan parantaa usealla tavalla. Moottoritasolla voidaan parantaa hyötysuhdetta, mikä toimii erityisesti koneisiin, joiden sähköistäminen on haastavaa latausinfraan puuttumisen ja tehon vaatimusten takia. Toinen vaihtoehto on päästöjen vähentäminen hyödyntämällä uusia polttoaineita, joita on polttoaineen mukaan mahdollista hyödyntää sellaisenaan nykyisiin koneisiin. Pienikokoisissa laitteissa sähkön hyödyntäminen on hyvä vaihtoehto, mutta suuremmat koneet vaativat enemmän tehoa ja näin muuta polttoainetta. (Motiva, 2021, Vähäpäästöiset työkoneet.)

3.6 Uudet polttoaineet ja niiden tarve

Päästöjen vähentäminen ja uusien polttoaineiden käyttöönotto ei ole ehkä-kysymys vaan välttämättömyys. Ainoa mietintäkohta on, että milloin näin tulee käymään. Nykyisellään fossiilisia polttoaineita hyödyntävillä koneilla ei voida kovinkaan pitkään toimia kuten tähän asti, vaan muutoksia on tehtävä, jos satamalogistiikan kokonaispäästöjä halutaan vähentää. Se vaatii joko uusien koneiden hankintaa, jotka toimivat uusilla polttoaineilla, tai uusia polttoaineita, joita voidaan nykyisellään käyttää olemassa olevissa koneissa ympäristöystävällisemmin. Mikäli koneiden käyttöikä alkaa olla viimeisimmillään, niin on syytä jo tässä vaiheessa miettiä sellaisten koneiden hankintaa, joihin voidaan hyödyntää uusia polttoaineita.

Satama-alueilla voitaisiin työkoneissa hyödyntää esimerkiksi sähköä, vetyä tai biopolttoaineita, joita on mahdollista tuottaa uusiutuvasti. Siirtyminen uusiin polttoaineisiin edellyttää kuitenkin yrityksiltä erinäisiä toimia ja rahallista panostusta. Pitkällä tähtäimellä se kuitenkin kannattaa ja saattaa tuoda yritykselle säästöä. Jokainen uusi polttoaine vaatii kuitenkin oman logistiikkaratkaisunsa ja tällöin on hyvä ottaa huomioon muu ympärillä oleva klusteri, jonka kanssa voisi tehdä yhteistyötä ja rakentaa yhdessä sopivaa polttoaineinfraa ja saada tällä tavalla säästöjä. Kuorma-autojen päästöjä voidaan omalta osalta parantaa tarjoamalla siihen soveltuvaa tankkausinfraa. Mikäli satamasta löytyy uusiutuvan polttoaineen tankkausmahdollisuus, se rohkaisee satamassa

vierailevien kuorma-autojen päivittämistä uudempiin ja vähäpäästöisempiin vaihtoehtoihin.

Laivojen polttoaineiden miettiminen on suurempi kysymys, sillä ne tarvitsevat suuremman määrän kutakin polttoainetta ja laivakannan uusiminen on kallista, eikä se tapahdu hetkessä. Uusia polttoaineita hyödyntäviä laivoja on kuitenkin jo suunniteltu ja rakennettu. Satamien kannattaakin miettiä, mitä polttoaineita siellä vierailevat laivat käyttävät, jotta tankkaus onnistuu helposti. Uusissa laivoissa voi olla mahdollista hyödyntää monia eri polttoainevaihtoehtoja samanaikaisesti moottoriratkaisujen avulla, jolloin tankkaaminen on mahdollista useassa eri paikassa.

4 OPINNÄYTETYÖN TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Haastattelut ja kysymykset

Laadullisen tutkimuksen yksi yleisin aineistonkeruumenetelmä on haastattelu. Opinnäytetyön haastattelu toteutetaan yksilöllisenä teemahaastatteluna, jota kutsutaan myös puolistrukturoiduksi haastatteluksi. Tällöin haastattelijä, eli tutkija, valitsee haastattelun teeman ja aiheet, joiden avulla pyritään saamaan vastaukset tutkimuskysymyksiin. Haastattelutilanteessa tutkija koittaa rakentaa kysymysten avulla laajemman ymmärrettävän kokonaisuuden. Tutkijan tulee ymmärtää tutkittavaa aihetta ja haastattelun edetessä laajentaa ja vahvistaa ymmärrystään. Haastattelu tapahtuu joko kasvokkain, puhelimitse tai tietokoneen välityksellä yrityksen toiveen mukaan. Vastauksia ei hankita lomakkeen avulla, jossa on tarkat vastausvaihtoehdot, vaan yritys saa esittää oman näkemyksensä asiasta avoimien kysymysten avulla. Tutkija ohjaa haastattelua pysyen koko ajan aiheen piirissä ja tarvittaessa voidaan esittää tarkentavia kysymyksiä. Osaan yrityksistä lähetetään kuitenkin Forms-kysely samoilla kysymyksillä kuin haastatteluissa muuten, joihin yritykset saavat vastata omin sanoin. Haastattelussa käytetään avoimia kysymyksiä, joiden vastaukset

tuottavat enemmän tietoa kuin suljetut kyllä-ei-kysymykset. Lisäksi, kun kyseessä on aihe, jossa mietitään toimintaa tulevaisuuden kannalta, saatetaan hypoteettisilla mitä jos? -kysymyksillä saada aikaan hyvää keskustelua ja mielenkiintoisia vastauksia. (Kananen, 2014, s. 76-77, 79-80.) Haastattelussa tutkija kuuntelee mitä haastateltavalla on sanottavana, eikä ota vastauksiin sen paremmin kantaa, eli tutkija toimii tiedonkeruun välineenä. Haastattelu onkin hyvä nauhoittaa, mikäli haastateltava sen hyväksyy, jotta vastauksiin voidaan palata uudelleen, eikä jatkuva muistiinpanojen kirjoittaminen riko haastattelu-tilannetta. (Kananen, 2014, s. 84-85.)

Haastateltaviksi yrityksiksi valitaan varustamotoimintaan sekä polttoaineen tuottoon keskittyneitä yrityksiä. Varustamoilla on käytössään erilaisia polttoaineilla toimivia aluksia ja koneita sekä mahdollisuus päästöjen vähentämiseen niiden avulla. Uusiin polttoaineisiin liittyen haastatellaan uusiutuvan vedyn ja muiden synteettisten polttoaineiden valmistajaa, jolloin saadaan polttoaineen valmistajan näkökulmia sen valmistamiseen, varastointiin, käyttöön ja turvallisuuteen liittyen.

Osa yrityksistä, joihin ottaa yhteyttä haastattelujen saralta valittiin UUPO:n projektitiimin omasta haastateltavien listasta ja osan etsin itse. Tällöin haastattelun itse osaa yrityksistä ja muut tiimin jäsenet muita, jolloin haastattelu-aikataulu saadaan sovitettua niin, että haastatteluja ei tehdä samoihin yrityksiin ja saadaan mahdollisimman monipuolisesti tietoa eri yrityksistä. Haastattelun tuloksia hyödynnetään sekä tässä opinnäytetyssä että UUPO:n omassa hankkeessa. Haastatteluissa haetaan yritysten omaa näkemystä käsiteltävistä asioista, joten oikeita vastauksia kysymyksiin ei ole. Tällöin saturaatio voi olla hyvin laaja, sillä jokaisella yrityksellä on omat mielipiteensä, vaikka vastaukset saattavat muistuttaa toisiaan. Tällöin on vedettävä itse raja haastatteluiden määrään.

Haastattelukysymykset mietitään työn tutkimuskysymysten näkökulmasta, jotta niihin pystytään vastaamaan mahdollisimman hyvin. Kaikkien varustamojen kysymykset ovat samoja ja polttoaineen valmistajalla erilaiset, kuitenkin samaan aihepiiriin liittyen. Haastatteluiden kysymykset löytyvät liitteestä 1.

4.2 Eettisyys

Henkilöhaastatteluissa tulee ottaa huomioon tietosuoja ja tehdä haastateltavalle selväksi, miten henkilötietoja käsitellään ja mihin käyttötarkoitukseen haastattelutulokset tulevat. Eettisiin periaatteisiin kuuluu kunnioittaa haastateltavan sananvapautta ja yksityisyydensuojaa. Haastattelut ja tutkimus tulee toteuttaa tuottamatta tutkimuskohteille ja ihmisille haittaa. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2021.) Opinnäytetyössä haastateltavan nimi julkaistaan, jos siihen saadaan lupa ja muutoin vastaukset esitetään yleisessä muodossa anonyymisti. Vastaukset tulevat vain tutkimuskäyttöön ja tämä on tuotava haastateltaville esille. Erillistä tutkimuslupaa ei tällöin haastattelujen tekoon tarvita. On huomioitava, että haastateltavilla on oikeus kieltäytyä osallistumasta haastatteluun tai keskeyttää sen koska vain ilman jälkiseurauksia, sillä haastatteluun osallistuminen perustuu aina vapaaehtoisuuteen. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2021.)

5 UUDET POLTTOAINEET

Polttoaineita voidaan valmistaa joko uusiutuvista tai fossiilisista raaka-aineista. Fossiilisia polttoaineita kaivetaan maaperästä, ne eivät uusiudu ja lisäksi niiden käyttö tuottaa hiilidioksidia, joka puolestaan kiihdyttää ilmastonmuutosta. Fossiilisiin polttoaineisiin lasketaan muun muassa öljy, kivihiili, turve sekä maakaasu. (Tilastokeskus, 2022, Fossiiliset polttoaineet.) Fossiilisista polttoaineista etenkin eniten liikenteen polttoaineena käytettyä öljyä ei voida kaivaa Suomesta, joten se pitää kuljettaa tänne muualta maailmasta, mikä lisää entisestään kokonaishiilidioksidipäästöjen määrää.

Uusiutuvat energianlähteet nimensä mukaan uusiutuvat, joten niiden käytölle ei ole viimeistä päivämäärää. Käyttämällä uusiutuvia energianlähteitä, joita voidaan tuottaa Suomessa, olemme vähemmän niitä toimittavien maiden varassa. Uusiutuvien energianlähteiden infraa kehittämällä lisäämme myös

työpaikkoja Suomeen. Sähköä voidaan tuottaa vesi-, tuuli- sekä aurinkovoimalla, jonka avulla voidaan valmistaa vihreitä polttoaineita sekä lisäksi on jätteilistä saatava bioenergia. (Työ- ja elinkeinoministeriö, n.d., Uusiutuva energia.) Näiden avulla voidaan tuottaa uusia polttoaineita, joita voidaan hyödyntää liikenteessä niin maalla kuin merelläkin.

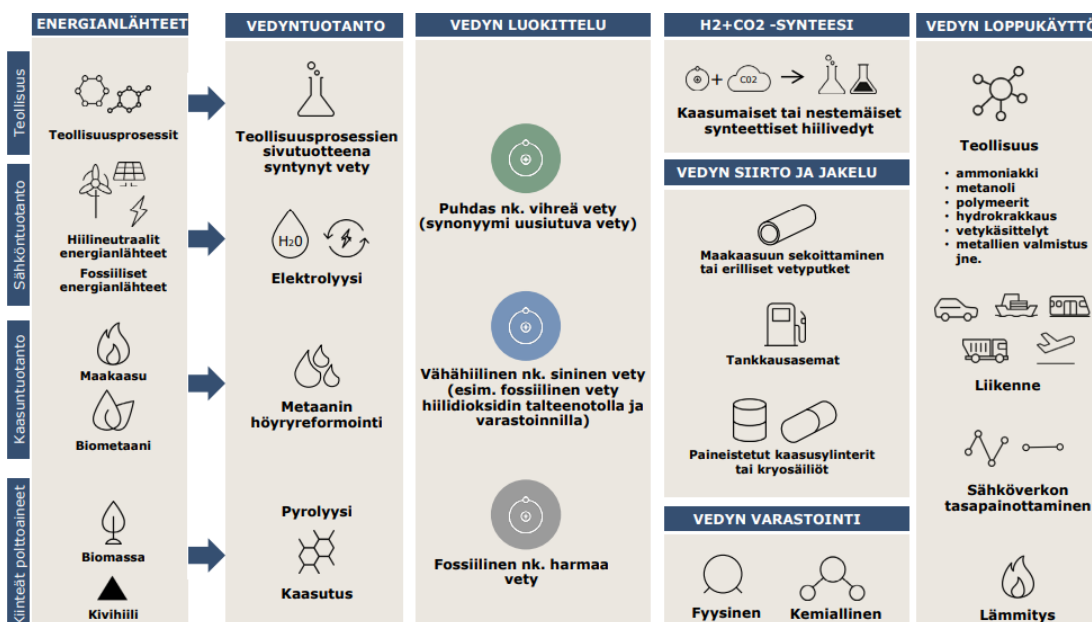
Uudet polttoaineet viittaavat polttoaineisiin, joita voitaisiin hyödyntää fossiilisten polttoaineiden tilalla tulevaisuudessa. Mahdollisia polttoaineita ja niiden valmistustapoja on useita. Tavoitteena on pienentää polttoaineen valmistuksessa ja käytössä syntyvän hiilidioksidin määrää. Itse keskityn uusista polttoaineista lisäksi uusiutuviin polttoaineisiin, joiden hiilidioksidipäästöt ovat olemattomat. Tarkoituksena on selvittää tulevaisuuden uusia polttoaineita, joita ei kaikkia välttämättä voida vielä tällä hetkellä liikenteessä hyödyntää, mutta osa on jo käytössä. Tällä tavalla nähdään tulevaisuuden mahdollisuuksia sekä tapoja hyödyntää niitä jo nyt. Seuraavana käyn läpi neljää lupaavaa uutta polttoainetta, niiden ominaisuuksia, valmistustapoja sekä mahdollisuuksia polttoainekäyttöön. Lisäksi selvitän polttoaineiden varastointi- ja kuljetustapoja sekä tankkausinfraa, joilla polttoaineita voitaisiin mahdollisesti hyödyntää satama-alueilla. Laivojen tankkaamista kutsutaan bunkraukseksi. Bunkraustapoja on olemassa erilaisia, kuten toisesta laivasta, kuorma-auton säiliöstä tai satamassa sijaitsevasta säiliöstä bunkraaminen.

5.1 Vety

Vety (H_2) on maailman yleisin alkuaine, josta suurin osa sitoutuu veteen (H_2O). Se on kaasu, joka on väritöntä, hajutonta, kevyttä ja syttyy erittäin helposti. Sen itsesyttymislämpötila on 560 astetta, eikä syttyminen vaadi aina reaktiota ilman kanssa, vaan se saattaa syttyä itsestään puristetussa muodossa olevana muodostamalla staattista varausta. Vetykaasu ei kuitenkaan ole myrkyllistä ympäristölle eikä ihmiselle puhtaassa muodossa, mutta saattaa aiheuttaa tukehtumisen, mikäli sitä hengitetään suuria määriä. (Työterveyslaitos, 2022, Vety.)

Vetyä ei ole olemassa maapallolla sellaisenaan, vaan se on aina valmistettava jollain tavalla. Jotta vety olisi päästötöntä, on myös sen tuotantotavan oltava sellaista. Jos vetyä tuotetaan esimerkiksi uusiutuvan sähkön avulla, on vety myös hiilineutraalia ja sitä voidaan silloin kutsua vihreäksi vedyksi. (Motiva, 2021, Työkoneiden päästöt.) Vetyä valmistetaan nykyään lähinnä fossiilisista polttoaineista hiilivetyjen reformoinnilla tai pyrolyysilla, jolloin sivutuotteena syntyy hiilidioksidia. Tällä tavalla tuotetusta vedystä saadaan puhtaampaa, jos kehitetään tuotannon ohelle hiilidioksidin talteenottojärjestelmiä, jolloin hiilidioksidi ei pääse ilmakehään sellaisenaan. Uusiutuvista raaka-aineista vetyä voidaan valmistaa prosessoimalla biomassaa tai pilkkomalla vettä sähkön avulla, jolloin sivutuotteena syntyy ainoastaan happea ja lämpöä. Happi voidaan vapauttaa ilmakehään tai sitä voidaan jälkihyödyntää eri aloilla, joissa puhdasta happea voidaan käyttää edelleen. (Sivill ym., 2022, s. 132-135.)

Kuviosta 4 voidaan nähdä vedyn arvoketjua. Eri energianlähteistä valmistetaan vetyä eri menetelmillä, jolloin vety saa myös eri puhtausluokituksia. Vetyä voidaan käyttää sekä teollisuudessa, liikenteessä että lämmityksessä.



Kuvio 4. Vedyn arvoketjut (Sivill ym., 2022, s. 21).

Koska vedyn tuottamiseen veden avulla liittyy olennaisesti sähkö, on sähkön hinnalla merkitystä myös vedyn tuotannon hintaan. Nykyisen

maailmantilanteen takia sähkön hinta on korkealla, jolloin myös vedyn valmistus on kallista, mikä hidastaa sen käyttöönottoa. Tämä valmistustapa on kuitenkin tulevaisuuden kannalta paras, sillä tuloksena on suoraan puhdasta vetyä. Valmistustapoja on kuitenkin kehitettävä, sillä nykyisellään siirryttäessä energianmuodosta toiseen (vesi → vety) on otettava huomioon kokonaishyötysuhde ja saatava talteen tuotannossa syntynyt lämpö ja happi ja jatkohyödyntää niitä. Ei myöskään ole merkitystä, sijaitsevatko sähkön- ja vedyntuotanto sekä loppukäyttäjät samassa vai eri paikassa, mikä helpottaa sen käyttöönottoa. (Sivill ym., 2022, s. 22.) Mikäli tuotanto ja loppukäyttö sijaitsevat eri paikoissa, on kuitenkin keksittävä tehokkaita ratkaisuja vedyn siirtoon.

Merivesi lasketaan lähes ehtymättömäksi luonnonvaraksi ja esimerkiksi Australiassa tutkijat ovat onnistuneet tuottamaan vihreää vetyä elektrolyysin avulla suoraan merivedestä ilman sen esikäsitteilyä. Tutkimus on lupaava, vaikkakin vaatii vielä paljon lisätutkimusta ja sitä on vielä vaikeampi toteuttaa suuressa mittakaavassa puhdistettuun veteen verrattuna, sillä suolavesi aiheuttaa enemmän korroosiota. (Crispin, 2023.) Suomeen verrattuna Australialla on kuitenkin enemmän rantaviivaa ja merivettä käytössään, mutta pienellä mittakaavalla tätä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää Suomessakin.

Vaikka vety ei ole ajankohtaisin ja taloudellisin polttoainevalinta tällä hetkellä, on kaikkien uusien polttoaineiden käyttömahdollisuuksia mietittävä vihreän siirtymän kannalta. Vedyn käyttö polttoaineena nähdään kuitenkin potentiaalisena vaihtoehtona seuraavan vuosikymmenen aikana, mutta sen käyttöönotto vaatii myös poliittista ohjausta. (Sivill, 2022, s. 19.) Euroopassa on suunnitteilla projekteja vedyn hyödyntämiseksi etenkin paikallisessa käytössä sisävesialueissa tai lyhyillä saaristoreiteillä. Vety soveltuukin tällä hetkellä lyhyemmille merireiteille, mutta tulevaisuudessa nähdään, miten käyttö kehittyy. (Borg, 2023.) Vedyn avulla voidaan myös valmistaa muita synteettisiä polttoaineita, kuten metaania, metanolia sekä ammoniakkaa. Vedystä saadaan metaania ja metanolia lisäämällä siihen teollisuudesta talteen otettua hiilidioksidia ja ammoniakkaa lisäämällä vetyyn tyyppiä, joka on talteen otettu ilmasta. Lisäksi hukkana syntyvä lämpö ja happi voidaan jatkohyödyntää kaukolämpöverkossa ja myymällä kiertotalousmenetelmällä eteenpäin. (Borg, 2023.)

Euroopan komissio on laatinut alustavan kolmivaiheisen vetystrategian, jossa uusiutuvan vedyn kysyntää ja tarjontaa lisätään. Ensimmäisen vaiheen tavoitteena (vuodet 2020-2024) on kehittää vedyn tankkausinfraa, tuottaa enemmän uusiutuvaa vetyä ja tapoja hyödyntää niitä teollisuudessa ja liikenteessä. Toisessa vaiheessa (2025-2030) tavoitteena on saada vielä enemmän käyttökohteita, kehittää vedyn siirtoa ja saada vety olennaiseksi osaksi energijärjestelmää. Kolmannessa vaiheessa (2030-2050) uusiutuva vety olisi jo laajassa käytössä kehittyneessä infrassa. (Sivill ym., 2022, s. 48.)

Suomessa vetyä valmistetaan elektrolyysin avulla vain Kokkolassa, mutta erilaisia selvityksiä sen käytöstä on kuitenkin tehty. Harjavaltaan on rakenteilla P2X Solutionsin vihreän vedyn tuotantolaitos, jonka rakentaminen alkoi vuoden 2022 lopussa ja sen määrä on valmistua vuonna 2024. Vedyn lisäksi laitoksessa valmistuu synteettistä metaania, ja sivutuotteina syntyvät lämpö ja happi jatkohyödynnetään teollisuudessa. (P2X Solutions, 2022.) Vedyn jatkohyödyntämiseksi polttoaineena on tärkeää, että sille löytyy myös tankkauspaikkoja. Näitä P2X aikoo rakentaa niin Harjavallan laitoksen yhteyteen kuin Järvenpäähänkin. Järvenpää on tankkaukseen nähden strateginen sijainti, sillä sen kautta kulkee paljon raskasta liikennettä. Näiden kahden aseman lisäksi P2X tavoitteena on rakentaa Suomeen kokonainen tankkausverkosto, jolloin sitä pääsevät hyödyntämään useammat käyttäjät. Yrityksien on lisäksi mahdollista saada omaan käyttöönsä tankkauspisteitä. (P2X Solutions, 2023.)

Uusiutuvan vedyn hyvänä puolena on sen puhtaus ja lähes rajattomat luonnonvarat, sillä sitä pystytään valmistamaan vedestä sekä tuuli- että aurinkoenergian avulla. Lisäksi vetyä on nopea tankata ja matka, jonka sillä kulkee, on pitkä, jolloin se soveltuu erityisesti raskaan liikenteen käyttöön, mikä on hyvä, sillä Suomessa etäisyydet ovat pitkiä (P2X Solutions, 2023).

Uusiutuvan vedyn tuotannossa elektrolyysin avulla huonoina puolina on sähkön suhteen sen tuotantotapa, sillä se vaatii runsaasti sähköä. Tuotanto on fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna kallista, eikä tukitoimia valmistukselle ole vielä kehitetty. Polttoaineen ollessa uusi, ei sen valmistukseen ole vielä

riittävästi osaavaa henkilöstöä. Polttoaineen jakeluun ja tankkaukseen liittyen ei ole vielä olemassa riittävää infraa, eikä loppukäyttäjiä, jotka sitä hyödyntäisivät. (Sivill ym., 2022, s. 108.) Vetyä kuitenkin tutkitaan koko ajan enemmän, jolloin ratkaisuja negatiivisiin puoliin keksitään myös. Sen tuotantohinta myös halpenee sitä mukaan, mitä sähkön hinta on.

Vety on erittäin räjähdysherkkää sekoituessaan ilman kanssa. Vetyä käyttävät kulkuneuvot tulee rakentaa tarvittavien turvallisuusstandardien mukaan, jolloin niiden käyttö on turvallista. Tulevaisuudessa vetyä voitaisiin hyödyntää enemmän raskaassa liikenteessä kuin henkilöautoissa, sillä sähkökäyttöön verraten akut painaisivat niin paljon, ettei sähkön käyttö olisi raskaassa liikenteessä järkevää. (HS, 2023.) Laivoissa vetyä voidaan hyödyntää polttokennojen avulla, jolloin pieneen tilaan puristettu vety muutetaan uudelleen vedeksi ja sähköksi, jonka avulla laivan moottori muuntaa sen liike-energiaksi. Vedyn muuntoprosessissa syntyy lisäksi lämpöä, jota voidaan hyödyntää muualla laivassa. Polttokennon hyötysuhde on hyvä, mutta häviöitä syntyy silti aina, kun energiaa muutetaan muodosta toiseen. (Helander, 2021.)

5.2 Varastointi, siirto ja käyttömahdollisuudet

Optimaalisinta olisi tuottaa ja käyttää vetyä samassa paikassa, mutta aina se ei ole mahdollista, joten tarvitaan varastointiratkaisuja. Vedyllä on alhainen tiheys, joten kaasuna se vaatii varastointia korkeassa paineessa, mikä aiheuttaa varastoinnille haasteita. Sekä nesteytettynä että kaasumaisessa muodossa se vaatii erityiset, niitä varten rakennetut säiliöt. Vetysäiliön on oltava niin kestävä, että se kestää vedyn paineen voiman. Säiliössä on oltava sisäsäiliö, joka on valmistettu teräksestä sekä ulkovaippa, joka on hiilikuitukomposiittia. Vetyä voidaan varastoida myös nesteytettynä jäädyttämällä se -253 asteen lämpötilaan, jolloin erityisen sisävaipan ja ulkorakenteen lisäksi se vaatii lämpöeristyksen ja jatkuvan jäähdyttämisen. (Motiva, 2020.)

Aiemmin tuotiin jo esiin, ettei uusiutuvan vedyn tuotanto ja loppukäyttö tarvitse sijaita samassa paikassa. Vedyn siirtäminen on mahdollista putkessa tai

säiliöautoissa riippuen sen muodosta. Jos vetyä halutaan kuljettaa putkessa, vaatii se siihen sopivan infran. Maakaasuun jo rakennettuja putkilinjastoja voitaisiin mahdollisesti hyödyntää vedyn siirtämiseen. Putkien materiaalin on tällöin oltava vedylle soveltuva. Putkessa siirtäminen olisi edullisin vaihtoehto, sillä rakennustapa on suhteellisen yksinkertainen ja siirtomäärät voivat tällöin olla suuria. Rekoilla kuljettaminen on lyhyillä matkoilla kustannustehokasta ja joustavaa säiliöissä paineistettuna tai jäähdytettynä. (BloombergNEF, 2020, s. 58-60. & Sivill ym., 2022, s. 143.) Kuvio 5 nähdään vedyn kuljetuskustannuksia eri etäisyyksillä, kuljetustavoilla ja määrillä.

		Jakelu		Siirto		
		0-50 km	51-100 km	101-500 km	>1000 km	>5000 km
Putkisto	Jäkiasennettu	Jakeluverkko	Alueellinen jakeluverkko	Siirtoverkko (maalla)	Siirtoverkko (maalla/merellä)	Ei käytössä
	Uusi	Jakeluverkko	Alueellinen jakeluverkko	Siirtoverkko (maalla)	Siirtoverkko (maalla/merellä)	Ei käytössä
Merikuljetus	Vety nestemäisenä	Ei käytössä	Ei käytössä	Ei käytössä	Laiva	Laiva
	Ammoniakki	Ei käytössä	Ei käytössä	Ei käytössä	Laiva	Laiva
Kuorma-autokuljetus	Nestemäinen vedynkantaja	Ei käytössä	Ei käytössä	Ei käytössä	Laiva	Laiva
	Vety nestemäisenä	Kuorma-auto	Kuorma-auto	Kuorma-auto	Ei käytössä	Ei käytössä
	Vety kaasuna	Kuorma-auto	Kuorma-auto	Kuorma-auto	Ei käytössä	Ei käytössä
Kuljetuskustannukset		<0,1 \$/kg	0,1-1 \$/kg	1-2 \$/kg	>2 \$/kg	

Kuvio 5. Vedyn siirtokustannuksia (\$/Kg) (Muokattu Sivill ym., 2022, s. 144).

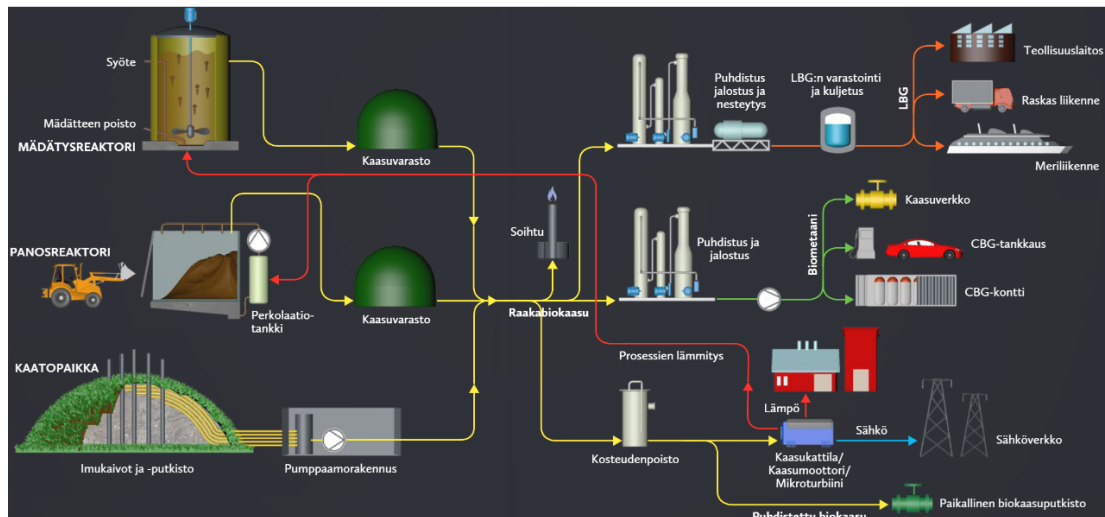
Kuvasta voidaan huomata, että edullisinta vedyn siirto olisi lyhyellä, alle 100 kilometrin säteellä, putkistoissa. Kuorma-autolla kuljetus on myös lyhyillä matkoilla suhteellisen edullista kaasumaisessa muodossa, mutta kallistuu nestemäiseen mentäessä. Pidemmillä matkoilla edullisinta on putkistot ja myös laivoja on mahdollista käyttää, vaikkakin se on entistä kalliimpaa.

Kustannustehokkainta olisi tuottaa vetyä siellä, missä käyttäjät ovat, sillä vety vaatii paljon varastointitilaa ja se on kallista. Mikäli vetytehdas haluttaisiin rakentaa esimerkiksi satamaan, tulisi ensisijaisesti kaikkien lupa-asioiden sekä turvallisuusetäisyyksien olla kunnossa. Satama olisi hyvä paikka tehtaalte, mikäli laivoissa käyttövoimana olisi vety tai siitä johdetut muut synteettiset polttoaineet. Mikäli synteettisiä polttoaineita, kuten metaania tai metanolia haluttaisiin myös valmistaa, tulisi lähellä olla teollinen toimija hiilidioksidinlähteenä. Vetyä on teollisuudessa käsitelty jo kauan, mutta tankkaamiseen se vaatii oman infransa. (Borg, 2023.)

5.3 Metaani

Biokaasu on suurimmaksi osaksi metaania (CH_4), joka on ilmaa kevyempi, hajuton, syttyvä ja palava kaasu, joka saattaa aiheuttaa räjähdys- ja palovaaran. Nestemäisessä muodossa sen on kylmää, -160 asteista, jolloin sen hengittäminen voi paleltaa hengitystiet ja kosketuksessa se aiheuttaa paleltumavammoja. Nestemäinen biokaasu voi myös aiheuttaa tukehtumisvaaran tai tulipaloja. (Suomen kaasuyhdistys & Tukes, 2020, s. 16-17.) Riskien sattuminen on todennäköisempää biokaasulaitoksessa sekä sitä tarkemmin käsittelevien henkilöiden kohdalla. Tankkausinfra on kuitenkin rakennettu niin, että tankkaus on turvallista, eikä näitä riskejä tapahdu, jos tankkauksen hoitaa ohjeiden mukaan.

Biokaasua syntyy mikrobien avulla mädättämällä biomassaa eli orgaanista jätettä. Koska sitä valmistetaan jätteistä, on se myös uusiutuva ja ympäristöystävällinen. Valmistuksessa voidaan käyttää materiaaleina esimerkiksi pilaantuneita elintarvikkeita, biojätteitä tai lantaa. Biokaasun valmistus aloitetaan murskaamalla biojäte ja sen jälkeen siihen lisätään nestettä, eli se lietetään ja lämmitetään. Tätä seosta mädätetään säiliöissä kolme viikkoa, jolloin saadaan aikaan biokaasua, joka puhdistetaan vielä ennen käyttöä hiilidioksidista, jotta sitä voidaan käyttää liikenteen polttoaineena. Hiilidioksidista puhdistuksen jälkeen sitä kutsutaan biometaaniksi. Jotta koko prosessista saadaan kaikki irti, voidaan jäljelle jäänyt massa hyödyntää kierrätyslannoitteena. (Gasum, 2023.) Biokaasun kasvihuonepäästöt ovat fossiilisiin verrattuna 90 prosenttia pienemmät. Maakaasu on myös metaania, joten biokaasua on mahdollista hyödyntää sellaisenaan maakaasua käyttävissä ajoneuvoissa. (Saarivuori & Arala, 2020, s. 4.) Kuvioista 6 voidaan nähdä biokaasun tuotanto- ja käsittelytapoja sekä käyttökohteita.



Kuvio 6. Biokaasun arvoketju (Suomen kaasuyhdistys & Tukes, 2020, s. 4-5).

Nesteytettyä maakaasua käytetään jo paljon merenkulussa ja se onki puhtain tällä hetkellä saatava merenkulun polttoaine. Puhtaudesta huolimatta maakaasu on kuitenkin fossiilinen polttoaine. Panostaminen kaasukäyttöisiin aluksiin kuitenkin kannattaa, sillä tulevaisuudessa, kun esimerkiksi biokaasua voidaan valmistaa niin paljon, että se riittää aluksien operoimiseen, voidaan sitä ilman suurempia investointeja hyödyntää niissä sellaisenaan tai sekoitteina. (Gasum, 2021.) Tieliikenteeseen on olemassa jo kaasulla toimivia kuorma-autoja, joissa voidaan hyödyntää biokaasua. Toimintasäde näillä on 400-1000 kilometriä. Toimintasäde riippuu siitä, käytetäänkö paineistettua vai nesteytettyä kaasua. Nesteytetty kaasua vie vähemmän tilaa kuin paineistettua. (Volvo, 2023.)

5.4 Käyttöinfra

Biokaasulle on olemassa enemmän infraa ja valmistajia kuin vedylle. Mitä enemmän sitä tarjotaan ja lisätään tankkausasemia, sitä houkuttelevammaksi se tulee. Biokaasua on mahdollista siirtää maakaasulle tarkoitetuissa putkistoissa. Tankkausasemia voidaan rakentaa sitä valmistavan laitoksen yhteyteen, jolloin kaasua tankataan korkeassa paineessa ja tankkausaseman tulee olla palamattomalla materiaalilla rakennettu ja sellaisella rakenteella, ettei kaasua kerääny rakenteisiin. Biokaasua on myös mahdollista kuljettaa muualle kaasukonttien avulla, joiden tulee täyttää tarvittavat turvallisuusvaatimukset.

Tankkausasemat nesteytetylle biokaasulle toteutetaan toimittamalla tankkauspaikalle varastosäiliö, josta kaasu siirretään jakelumittarille pumpun tai paineen avulla. (Suomen kaasuyhdistys & Tukes, 2020, s. 10-12.)

Suomessa ja Euroopassa on tarkoitus lisätä biokaasun tuotantoa, joka kiristyy entisestään Venäjän hyökkäyssodan vuoksi. EU:n REPowerEU-suunnitelman mukaan kestävää ja varmaa energiaa on tuotettava Euroopalle, jotta päästään irti Venäjältä tulevista fossiilisista polttoaineista ja ollaan vähemmän riippuvaisia tuontienergiasta. (Euroopan komissio, 2022.) Biokaasulaitoksia ja niiden tuotantoa on mahdollista moninkertaistaa vielä tämänkin vuosikymmenen aikana. Merenkulun tarpeisiin Suomen suunnitelmat ovat kuitenkin liian pienet. Mikäli Suomen suunnitelmat toteutuivat 100 prosenttisesti 2040 mennessä, niin pelkästään Suomen kolme matkustaja-alusta kuluttaisivat suomen tuotannosta noin 20 prosenttia, mikäli ne siirtyisivät täysin käyttämään biometaanina polttoaineena. Tuotantomäärien tulisikin olla valtavia, mikäli biometaania halutaan hyödyntää useammassa liikennemuodoissa. (Björkendahl, 2023.)

5.5 Ammoniakki

Ammoniakki (NH_3) on pistävän hajuinen, väritön ja ärsyttävä kaasu, joka on hengitettynä myrkyllistä, ja syövyttävää, jos sitä pääsee iholle. Se on syttyvä kaasu, joka voi muodostua räjähtäväksi kaasuseokseksi sekä ilman että muiden aineiden kanssa. Se on lisäksi ympäristölle vaarallista. (Työterveyslaitos, 2022, Ammoniakki.) Ammoniakkia tuotetaan perinteisesti Haber-Bosch-menetelmällä teollisuuden käyttöön ja etenkin lannoiteteollisuuteen. Tällä menetelmällä yhdistämällä typpi- ja vetykaasun katalyytin sisältämään ammoniakkireaktoriin. Toinen yleinen valmistustapa on höyryreformoinnilla maakaasusta. (Latva-Teikari, 2021.) Nämä tavat tuottavat kuitenkin paljon hiilidioksidipäästöjä. Vihreää vetyä valmistetaan elektrolyysillä, jolloin ammoniakkisynteesiin tarvitaan vain vettä ja uusiutuvasti tuotettua sähköä, kuten tuuli- tai aurinkovoimaa. Tällöin valmistuksesta syntyy ylimääräisenä vain vettä, happea ja lämpöä, joita on mahdollista jälkihyödyntää teollisuudessa johonkin muuhun käyttöön. Vesielektrolyysillä vesi muutetaan vedyksi ja hapeksi ja vihreää

ammoniakkia syntyy, kun vetyyn lisätään typpeä. Ammoniakissa häviöt ovat pienempiä kuin vedyssä ja varastointi on edullisempaa, sillä se vie vähemmän tilaa kuin vety. Ammoniakin kuljetus pidempiä matkoja on myös mahdollista. (Ylinen, 2023.)

Merenkulussa vihreän ammoniakin todetaan olevan tulevaisuuden polttoaine, jonka käytöstä ei synny ollenkaan hiilidioksidipäästöjä. Muun muassa Wärtsilällä ammoniakki on ollut kiinnostuksen kohteena jo vuosia. Hiilidioksidipäästöttömyyden lisäksi sen hyvänä puolena on se, että ammoniakki on laajasti jo käytössä muualla teollisuudessa ja sillä riittää energiapotentiaalia polttoainekäyttöön. Myrkyllisyyden ja räjähdysvaaran vuoksi sen käyttöön liittyy kuitenkin turvallisuusongelmia, jotka on otettava huomioon. (Bass, 2021.)

Ammoniakin käsittely on helpompaa esimerkiksi maakaasuun verrattuna, sillä nestemäisessä muodossa sen varastointilämpötila on -33 astetta, mikä helpottaa sen varastointia ja jakelua, sillä se ei vaadi monimutkaisia säilytysratkaisuja, jotka ovat myös kalliimpia. Sen energiatiheys on kuitenkin pieni, jolloin se tarvitsee enemmän säilytystilaa. Ammoniakin, kuten kaikkien polttoaineiden mahdollinen käyttöönotto vaatii myös yhteistyötä varustamoiden ja muiden sidosryhmien kanssa, jota esimerkiksi Wärtsilällä on jo. (Bass, 2021.)

5.6 Metanoli

Metanoli (CH_3OH) on väritön ja helposti syttyvä kirkas neste, jonka leimahduspiste on 11 astetta. Se on myrkyllistä hengitettynä sekä nieltynä, muttei kuitenkaan ympäristölle vaarallista. Metanolia täytyy varastoida kaukana syttymislähteistä ja mieluiten ulkona (Työterveyslaitos, 2022, Metanoli.) Metanolia valmistetaan yleisesti fossiilisista polttoaineista ja sillä on jo vakiintunut jakelu- sekä varastointi-infra. Fossiilisten polttoaineiden käyttö valmistuksessa kuitenkin lisää kasvihuonepäästöjä. On kuitenkin mahdollista valmistaa vihreää metanolia, jolloin tarvitaan vain sähköä, vettä ja hiilidioksidia ja sitä voidaan valmistaa elektrolyysin avulla, kuten muitakin synteettisiä polttoaineita, jolloin

päästöt ovat lähes olemattomat. Vihreä valmistus on kuitenkin vielä kalliimpaa kuin fossiilisista polttoaineista. (Ming & Chen, 2021, s. 1.)

Metanolilla toimivia ajoneuvoja ja laivoja on jo olemassa, ja polttoaineseoksia on hyödynnetty polttomoottoreissa jo pitkään. Metanoli nähdään lupaavana tulevaisuuden polttoaineena, sillä sen käyttö on helppoa ja eri moottorien kanssa yhteensopivaa. Olemassa oleviin laivoihin on mahdollista jälkiasentaa tai muokata olemassa olevaa dieselmoottoria toimimaan metanolilla. Metanolilla on kuitenkin pieni energiatiheys, joten se vaatii enemmän säilytystilaa kuin tavallinen dieselmoottori. Bunkraus voi tapahtua esimerkiksi kuorma-autosta laivaan, jolloin on kuitenkin otettava huomioon kaikki turvallisuusnäkökulmat. (Ming & Chen, 2021, s. 23-29).

5.7 Yhteenveto

Lähes kaikkien uusien polttoaineiden käyttöönottoon liittyy vahvasti muut ympärillä olevat sidosryhmät. Tarvitaan polttoaineen valmistajia, moottorin valmistajia, loppukäyttäjiä, lainsäädäntöä sekä turvallisuusmääräyksiä. Paineet uusien polttoaineiden käyttöönottoon ovat kuitenkin kovat. Vetyä ei sellaisenaan välttämättä hyödynnetä meriliikenteessä muilla kuin lyhyillä matkoilla, mutta sen avulla voidaan tuottaa muita synteettisiä polttoaineita. Ammoniakki nähdään potentiaalisena vaihtoehtona, sillä se ei sisällä ollenkaan hiiltä, mutta sen käyttöturvallisuus vaatii paljon jatkojalostusta etenkin merellä, jossa vuodot voisivat aiheuttaa suurta vaaraa niin henkilöstölle kuin vesieliöillekin. Ammoniakkia on helpompi nesteyttää kuin esimerkiksi vetyä ja sen haihtuvuus on hyvin pientä. (Rantanen, 2022.) Vetyä voidaan kuitenkin ammoniakin avulla siirtää ja varastoida helpommin. Seuraava askel LNG:stä olisi bio- tai synteettinen metaani, jolloin olemassa oleviin moottoriratkaisuihin ei tarvita muutoksia sen hyödyntämiseen. Biopolttoaineita ei riitä tällä hetkellä kaikkien halukkaiden käyttöön ja synteettisten polttoaineiden valmistus on kallista. (P2X Solutions ym., 2022.) Metanoli nähdään laivojen polttoaineista potentiaalisimpana, sillä sitä on helppo käsitellä, eikä se ole yhtä myrkyllistä kuin ammoniakki. Metanolin valmistukseen vaaditaan kuitenkin hiilidioksidin lähde. Kaikista

polttoaineista löytyy niin hyviä kuin huonojakin puolia, joita kaikkia on mietittävä, kun uusia polttoaineita halutaan ottaa käyttöön. Kuviosta 7 nähdään eri polttoaineiden mahdollisuuksia sekä haasteita.

		Olemassa olevan infra hyödynnettävyys polttoainejakelussa	Aluskohtainen investointikustannus	Polttoaineen valmistuskustannus lähitulevaisuudessa	Polttoaineen valmistuskustannus tulevaisuudessa	Polttoaineen saatavuus	Varastointi & käsittely	FuelEU Maritime vaatimusten täyttökyky
Fossiiliset	Vähärikkinen laivapolttoaine (MGO)	Hyvä	Nykyisin jo itämerellä		Hyvä	Hyvä	Hyvä	Keski
	Erittäimen vähärikkinen polttoaine (VLSFO)	Hyvä	käytössä olevia polttoaineita		Hyvä	Hyvä	Hyvä	Keski
	Nesteytetty maakaasu (LNG)	Hyvä	Keski	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Keski
Biopohjaiset	Nesteytetty biokaasu	Hyvä	Keski	Keski	Hyvä	Keski	Hyvä	Keski
	Biometanoli	Hyvä	Keski	Keski	Hyvä	Keski	Hyvä	Keski
	Vetykäsitelty kasviöljy (HVO)	Hyvä	Keski	Keski	Hyvä	Keski	Hyvä	Keski
Synteettiset	E-metanoli	Hyvä	Keski	Keski	Hyvä	Keski	Hyvä	Keski
	E-ammoniakki	Hyvä	Keski	Keski	Hyvä	Keski	Hyvä	Keski
	Nesteytetty E-metaani	Hyvä	Keski	Keski	Hyvä	Keski	Hyvä	Keski

Hyvä
Keski
Haastava

Kuvio 7. Eri polttoaineiden mahdollisuudet ja haasteet. (Muokattu Vanhanen ym., 2022, s. 46.)

5.8 Mahdollisuudet Satakunnassa

Sekä Porin että Rauman satamissa on jo olemassa uusiutuvan sähkön valmistusta. Tätä voitaisiin mahdollisesti hyödyntää muiden uusien polttoaineiden valmistuksessa. Määrää tosin täytyisi kasvattaa entisestään, jotta kaikki halukkaat pääsisivät sitä hyödyntämään. Etenkin Raumalla, jossa puuteollisuutta on paljon, voisi olla mahdollisuus hyödyntää puuteollisuuden jätteitä biopolttoaineiden valmistuksessa. Se, riittäisikö tätä biopolttoaineita muiden käyttöön ja miten paljon, on myös epävarmaa.

Meriliikenne tarvitsee polttoainetta määrällisesti hyvin paljon, mikä tuottaa ongelmia sen käyttöönotossa. Uusia polttoaineita ei vielä valmisteta niin suurta määrää, että kaikki halukkaat voisivat sitä heti hyödyntää. Tällöin tulisi tuotantoa lisätä huomattavasti, eikä se tapahdu hetkessä. Uusien polttoaineiden ilmentyessä halukkaat käyttäjät joutuvat niiden käytöstä myös mahdollisesti kilpailemaan. (Solakivi & Ojala, 2021, s. 9.) Tämän vuoksi paikallinen valmistus juuri tietyn alueen, kuten sataman, käyttäjien käyttöön voisi olla tulevaisuuden mahdollisuus. Tämä kuitenkin edellyttää sitä, että satamassa vierailevat laivat ja kuorma-autot käyttävät polttoaineenaan juuri tarjolla olevaa polttoainetta. Vaihtoehtoisesti voitaisiin keskittyä muutamaa polttoaineeseen, joita voidaan

hyödyntää. Infran rakentaminen on kuitenkin kallista ja vaatii pohjalleen laajaa tutkimusta. Satakunnassa Porissa on jo LNG-terminaali sekä Raumalla varattuna paikka sellaiselle. Näitä terminaaleja voitaisiin hyödyntää biometaaninkin jakeluun paikallisesti suoraan satamatoimijoiden käyttöön. (Vanhanen ym., 2022, s. 36.)

6 TULOKSET

6.1 Haastattelut

Haastattelin Teamsin välityksellä Suomen Varustamojen merenkulun ympäristöasioiden ja alustekniikan erityisasiantuntijaa Mats Björkendahlia, jolla on laaja ammattiosaaminen aiheesta. Ensimmäisenä kysymyksenä oli, mikä on varustamoiden tämänhetkinen ymmärrys vihreästä siirtymästä ja uusista polttoaineista sen vauhdittajana. Björkendahl totesi, että vihreä siirtymä on hyvin yritysten tiedossa ja sen on konkretisoitunut entisestään viimeisen viiden vuoden aikana. Vuonna 2018 IMO:ssa hyväksyttiin ensimmäinen alustava kasvihuonestrategia, joka asetti meriliikenteen päästövähennyksille erilaisia tavoitteita ja lyhyen aikavälin toimenpiteitä meriliikenteen energiatehokkuuden parantamiseksi. Konkreettisia toimenpiteitä merenkulun päästöjen vähentämiseksi kuitenkin saatiin 55-ilmastotavoitteen myötä. Varustamopuolella onkin hyvin konkretisoitumassa se, mitä tulee tehdä sekä lähitulevaisuudessa että pidemmällä aikavälillä. Energiatehokkuutta kehittämällä sekä hiili-intensiteettiä parantamalla päästään eteenpäin kohti nollapäästöjä. Kaikki kuitenkin riippuu siitä, millaisista tavoitteista IMO:n jäsenmaissa sovitaan. Kaikki tiedostavat ainakin jossain määrin, että tulevaisuudessa tulee siirtyä käyttämään vaihtoehtoisia polttoaineita, sillä kasvihuonekaasujen leikkaaminen puolella vuoteen 2050 mennessä ei ole mahdollista ilman vaihtoehtoisia polttoaineita puhumattakaan kokonaan hiilineutraaliudesta, joka on paljon kunnianhimoisempi tavoite. (Björkendahl, 2023.)

Hiilineutraaliuden tavoittelun uhkia, mahdollisuuksia, heikkouksia sekä vahvuuksia varustamoiden toiminnan kannalta kysyttäessä mahdollisuutena on se, että yritykset ja koko logistinen ketju on ”pakotettu” tehostamaan omaa toimintaansa mahdollisimman hyvin. Se on hyödyksi kaikille, sillä säästetään energiaa ja kustannuksia. Merenkulku on kuitenkin vain yksi osa logistista ketjua, vaikkakin hyvin tärkeässä roolissa ja asemassa, sillä sitä ei monesti pystytä korvaamaan muilla kuljetusmuodoilla. Laivayhtiöt voivat hoitaa tietyn osan merikuljetuksista itse, mutta jossain määrin tarvitsee paljonkin apua muilta logistisen ketjun toimijoilta. Asiakkaiden ja kuluttajien tarvitsee olla valmiita maksamaan kasvavista ja lisääntyvistä kustannuksista, joita vihreän siirtymän ja hiilineutraalisuuden tavoittelu tuottaa, sillä se ei voi jäädä vain laivayhtiöiden maksettavaksi. Teknologista innovaatioita ja tutkimustyötä on myös tehtävä paljon sekä merenkulkusektorin sisällä että varustamoliiketoiminnan ulkopuolella. Uusille alusinvestoinneille sekä jo olemassa olevan tonniston päivittämiselle on löydettävä rahoitusta. (Björkendahl, 2023.)

Siihen, tullaanko lähitulevaisuudessa enemmän ostamaan suoraan uusia laivoja vai muokkaamaan vanhoja, Björkendahl totesi, että aluksi kaikki alukset pyrkivät varmasti energiatehokkuuden parantamiseen, jolloin olemassa olevaan tonnistoon tehdään jonkin verran operatiivisia sekä teknisiä muutoksia, jolla siihen päästään. Aluksien tekniikkaa sekä moottoreita tuskin kuitenkaan lähdetään merkittävässä määrin konvertoimaan, vaikka uusia polttoaineita saataisiin käyttöön, sillä ne ovat suuria ja kalliita investointeja. Enemmän kierrätetään vanhoja aluksia ja rakennetaan uutta, sillä muokkaaminen olemassa olevaan ei välttämättä hintansa puolesta kannata. Poikkeuksena saattavat olla jäävahvisteiset ja -luokitettut alukset, jotka jo lähtökohtaisesti maksavat enemmän rakentaa kuin tavalliset rahtialukset ja niiden käyttöikä on toistakymmentä vuotta pidempi kuin tavallisilla aluksilla. Niissä jopa 15 vuotta vanhoihin aluksiin saattaa olla kannattavaa tehdä modernisointiprojekti, mutta keskimäärin ei. (Björkendahl, 2023.)

Laivoissa käytetään paljon LNG:tä eli nesteytettyä maakaasua, joka toimii myös siirtymäajan polttoaineena. LNG:tä käyttävien laivojen moottorit pystyvät käyttämään sellaisenaan esimerkiksi nesteytettyä tai synteettistä metaania

sekä mahdollisesti monia muitakin polttoaineita tulevaisuudessa. Monipolttoainemoottoriratkaisut ovat tulevaisuuden selkeä investointiratkaisu uusiin laivoihin, sillä sen avulla voidaan hyödyntää muitakin tulevaisuuden polttoaineita. Tämän vuoksi LNG:n käyttö laivojen polttoaineena näyttää lisääntyvän. Tällainen moottori voidaan mahdollisesti hyvinkin pienillä muutoksilla muuttaa myös käyttämään ammoniakkaa. (Björkendahl, 2023.)

Uusista polttoaineista puhuttaessa ei tule olemaan vain yhtä tiettyä polttoainetta, jota käytettäisiin tulevaisuudessa, vaan niitä tulee olemaan useampia. Kuitenkin kustannustehokkain vaihtoehto nousee varmasti käytetyimmäksi. Polttoaineiden käytössä tulee kuitenkin olemaan alueellisiakin eroja, sillä esimerkiksi vetyä ei nähdä käytettävän valtameriä ylittävissä aluksissa, vaan mahdollisesti enemmän lähimerenkulussa, sen heikon energiatihedden vuoksi. Metanoli näyttää myös yleistyvän merenkulussa, sillä sitä hyödyntäviä moottoreita on jo olemassa ja moottorintoimittajilla on valmius rakentaa ja toimittaa metanolia hyödyntävää teknologiaa. Myös biopolttoaineiden käyttö tulee lisääntymään lähitulevaisuudessa. Kuitenkin pidemmällä tähtäimellä ei ole varmaa, mitä polttoainetta tullaan käyttämään, sillä teknologia kehittyy koko ajan. (Björkendahl, 2023.)

Lähtökohdat vihreälle siirtymälle ovat erilaiset riippuen siitä, missä päin maailmaa ollaan. Suomalaisissa varustamoissa halutaan kuitenkin lähtökohtaisesti olla edelläkävijöitä ja ollaan halukkaita ottamaan uusia polttoaineita käyttöön. Lisäkustannuksia vihreän siirtymän tavoittelusta kuitenkin syntyy, joten rahdinantajilla, lastinomistajilla ja kuluttajilla täytyy kuitenkin olla valmiutta maksaa merikuljetuksista lisää. Kun meriliikenne sisällytettiin EU:n päästöliikennekauppaan, niin vuodesta 2026 eteenpäin alukset maksavat hiilidioksidipäästöistä, kun luovutetaan päästöjä vastaava määrä päästöoikeuksia ja tämä lisää polttoainekustannuksia. Myös vaihtoehtoihin polttoaineisiin liittyen tullaan saamaan asetuksia ja polttoainestandardeja, jotka rajoittavat alusten käyttämän energian kasvihuonekaasuintensiteettiä. Tällä tavalla alukset laitetaan siirtymään vaiheittain ja asteittain korvaamaan fossiilisia polttoaineita uusiutuville polttoaineilla, mikä osaltaan myös nostaa polttoainekustannuksia. Varustamojen on pakko siirtää lisääntyvät kustannukset rahti- ja matkustajahintoihin

muiden maksettavaksi. Kilpailua löytyy myös aina. Isommilla laivayhtiöillä on paremmat mahdollisuudet kuin pienillä selviytyä vihreän siirtymän tuomista taloudellisista haasteista niin laivakannan päivittämisestä, uusiutumisesta kuin rahoituksenkin osalta. (Björkendahl, 2023.)

Turvallisuusnäkökulmat uusien polttoaineiden käyttöön liittyen herättävät myös huolta, sillä vihreä siirtymä ei saa tapahtua vaarantamalla turvallisuutta. Esimerkiksi ammoniakkin käyttöön, joka on myrkyllistä jo pienissäkin pitoisuuksissa, liittyy merkittäviä turvallisuusaukkoja, joita täytyy saada kuntoon. Lisäksi tarvitaan turvallisuusmääräyksiä, ohjeistuksia sekä merihenkilöiden lisäpätevyyskoulutuksia vaarallisten kemikaalien käsittelyyn, ennen kuin tällaisia polttoaineita on mahdollista ottaa käyttöön vihreän siirtymän avustajina. Ammoniakkia kuljetetaan tänäkin päivänä aluksissa turvallisesti, mutta lastina ja polttoaineena ne ovat täysin eri asiat. Esimerkiksi matkustaja-aluksissa sitä tuskin otetaan käyttöön ollenkaan myrkyllisyyden takia. Teknologia kuitenkin kehittyy koko ajan turvallisempaan suuntaan, joten ei sekään täysin poissuljettu mahdollisuus ole, vaikkakin tällä hetkellä epätodennäköistä. (Björkendahl, 2023.)

Suomi on omalta osaltaan edelläkävijämaa, sillä maailman ensimmäiset LNG-käyttöiset matkustaja- sekä irtolastialukset tulivat Suomesta, ja lisäksi löytyy tuuliroottoripurjeita hyödyntäviä aluksia. Varustamot tekevät paljon yhteistyötä muiden sidosryhmien ja teknologiantoimittajien kanssa, mutta kaikki eivät kuitenkaan voi olla edelläkävijöitä, vaan osa yrityksistä seuraa perässä sitä, mitä muut tekevät. Kellään ei kuitenkaan ole kristallipalloa, josta tulevaisuuden voitavan polttoaineen näkisi. Polttoaineita tulee kuitenkin tulevaisuudessa olemaan huomattavasti enemmän kuin nyt. Monien uusien polttoaineiden tuotanto on kuitenkin tällä hetkellä olematonta, joten seuraavan vuosikymmenen aikana niiden tuotantoa pitää saada aloitettua sekä sen jälkeen tuotantoa tulee kasvattaa nopeasti, sillä monet toimijat ja liikennemuodot meriliikenteen lisäksi tulevat niitä hyödyntämään. Suomessa ja pohjoismaissa edullinen energian hinta kuitenkin kannustaa uusien polttoaineiden tuottamiseen. Käyttöön vaikuttaa kuitenkin jakeluinfra ja se, miten hyvin se kehittyy. Jos käyttäjiä on, niin on oltava myös paikkoja missä tankata. (Björkendahl, 2023.)

Toisena kyselymuotona käytin Forms-lomaketta käyttäen myös liitteen 1 kysymyksiä, jonka lähetin muutamille varustamoille, sillä joillakin yrityksillä ei välttämättä ole aikaa tai kiinnostusta pidemmälle haastattelulle. Kyselyssä kysyttiin samoja kysymyksiä kuin Teams-haastatteluissa ja yritykset saivat vastata oman halunsa mukaan niin pitkästi ja kattavasti kuin halusivat. Vastauksen sain kahdesta melko erilaisesta ja kokoisesta yrityksestä, mutta vastaukset olivat silti samankaltaiset. Vastaukset olivat oletettavasti lyhyempiä kuin haastatteluista saadut vastaukset, mutta asia tuli kuitenkin hyvin esille.

Näiden kyselyjen perusteella yritysten tämänhetkinen ymmärrys on se, että vihreä siirtymä ja uudet polttoaineet sen vauhdittajina ymmärretään hyvin, mutta toteutustapa on vielä kysymysmerkki. Investointi uusiin laivoihin on epävarmaa, sillä varmaa tulevaisuuden polttoainetta ei vielä tiedetä. Varustamot eivät yksinään pysty vihreää siirtymää toteuttamaan, vaan siihen vaaditaan myös muita sidosryhmiä, oikeanlaista infraa sekä lainsäädäntöä. Selkeinä tulevaisuuden polttoaineina nähdään vihreä metanoli, ammoniakki sekä biopolttoaineet. SWOT-analyysin tavoin mietittäessä hiilineutraaliuden tavoittelua, tulee uhiksi ja heikkouksiksi kasvavat polttoainekustannukset, investointien epävarmuus, tulevaisuuden polttoaineratkaisut ja markkinoiden ennustaminen. Mahdollisuuksina päästöjen vähentäminen etenkin isommissa yrityksissä, joilla on enemmän varaa investoida uusiin aluksiin ja samalla saada kilpailuetua markkinoilla.

Päästöjen vähentämiseksi on jo tehty erilaisia toimia, kuten investoitu energia-
tehokkaampiin aluksiin, sekä tehostettu operointia ja vähennetty turhaa laitteiden käyttöä satamissa. Nykyisissä aluksissa varustamon mukaan voitaisiin joko sellaisenaan ottaa käyttöön biopolttoaineita ja sähköä tai nykyisen järjestelmän takia ei pystytä hyödyntämään muita polttoaineita, sillä tilaa ei ole. Tulevaisuuden polttoaineen käytöstä määrää infra ja se, mitä polttoainetta on satamissa saatavilla ja laivoja muokataan sopimaan uusiin polttoaineisiin, mikäli se on kustannustehokasta. Tällä hetkellä uudet polttoaineet ovat kalliimpia kuin fossiiliset, mikä ei kannusta niiden käyttöön. Tulevaisuudessa kuitenkin polttoaineiden käytön yleistyttyä ja saatavuuden parannuttua hintojen oletetaan laskevan ja samalla niistä tulisi kustannustehokkaampi vaihtoehto. Kuten

edellä jo mainittiin, vihreä siirtymä vaatii kuitenkin useamman eri osapuolen panostuksen.

Olin lisäksi mukana kuuntelemassa Gasumin järjestämän webinaarin koskien raskaan liikenteen päästövähennysten ja kilpailukyvyn sovittamista yhteen. Webinaarissa oli puhujina asiantuntijoita Gasumilta, Volvolta, Schenkerilta, Paltasta, Lidliltä sekä Liikenne- ja viestintäministeriöstä. Webinaarissa todettiin, että päästöjen vähentäminen edelleen ajankohtaista, vaikka se ei tässä taloudellisessa tilanteessa välttämättä olisi järkevää. Ilmastokriisin on todettu tarvitsevan toimenpiteitä, joten niitä on tehtävä päästöjen vähentämiseksi. Teknologia kehittyy koko ajan ja vaikka alkuinvestoinnit uusien polttoaineiden teknologian kannalta ovat vielä kalliita, niin on otettava huomioon koko elinkaaren kustannukset, jotka uusien polttoaineiden käytön myötä varmasti jatkossa laskevat. Mitä enemmän uutta teknologiaa otetaan käyttöön, niin sitä enemmän kustannukset myös laskevat tulevaisuudessa. Jossain vaiheessa uudet polttoaineet tulevat olemaan halvempia kuin fossiiliset, mikä edesauttaa niiden käyttöönottoa. (Gasum, 2023, Webinaari.)

Yritykset eivät kuitenkaan pysty kaikkeen itse, vaan myös valtiolta on saatava tukea vihreään siirtymään liittyen, sekä lisää erilaisia standardeja ja selkeä läpinäkyvä tapa päästöjen mittaamiseen, joka olisi kaikille sama. Tällä tavoin myös loppukäyttäjät pystyvät vertailemaan yritysten päästöjä tasavertaisesti. Lisäksi vihreää siirtymää on tuettava verotuksen avulla enemmän. Suuren haasteen uusien polttoaineiden käyttöönottoon aiheuttaa jakeluinfra, joka on tällä hetkellä melko olematonta. Teknologiaa uusien polttoaineiden käyttöönottoon on jo olemassa, mutta puuttuu enää tapa hyödyntää sitä. (Gasum, 2023, Webinaari.)

6.2 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Ensimmäinen tutkimuskysymys oli, että millä tavoin satamalogistiikassa voitaisiin hyödyntää uusia polttoaineita ja näin vauhdittaa vihreää siirtymää. Varsinkin isommilla yrityksillä on jo yhteistyötä teknologian valmistajien kanssa, jolla

uusia polttoaineita pystytään lähitulevaisuudessa hyödyntämään ja näin pienentämään päästöjä. Kaikilla ei siihen kuitenkaan ole sellaista mahdollisuutta, joten on ensin seurattava, mitä muut tekevät ja katsoa vähän myöhemmin, mihin kannattaa investoida ja mikä tulevaisuudessa olisi kustannustehokkain polttoaine. Joillakin varustamoilla on mahdollisuus hyödyntää joitakin uusia polttoaineita nykyisissä laivoissa sellaisenaan, mutta kaikilla ei jo laivan koon mukaan ole tällaista mahdollisuutta. Kuten edellä on jo mainittu, niin uusien polttoaineiden hyödyntäminen vaatii yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa, sillä yksikään yritys ei yksinään voi uusia polttoaineita hyödyntää ainakaan suuressa mittakaavassa.

Seuraavana kysymyksenä oli, mikä on yritysten tämänhetkinen ymmärrys ja mahdollisuudet. Yritykset ymmärtävät lähtökohtaisesti hyvin sen, että vihreä siirtymä tulee ja sen eteen on tehtävä töitä. Isommilla yrityksillä on paremmat lähtökohdat sen toteuttamiseen kuin pienillä jo rahallisesti. Ennen uusien polttoaineiden käyttöönottoa päästöjä yritetään vähentää muilla operatiivisilla keinoilla, kuten nopeutta hidastamalla. Yhteistyö toimijoiden välillä on välttämätöntä, joten toiminnan tulisi olla avointa. Kenelläkään ei ole valmista vastausta siihen, mitä uusia polttoaineita tulevaisuudessa tullaan käyttämään, sillä niiden käyttöönotto vaatii ensin lakeja ja säädöksiä, oikeanlaisen infran, käyttövoimaratkaisut ja valmistajat. Jonkun täytyy näyttää esimerkkiä, jotta muut voivat seurata.

Kolmantena kysymyksenä oli, mitä ovat mahdolliset uudet polttoaineet satamalogistiikassa. Potentiaalisimpina polttoaineina haastatteluissa esiin nousi vihreä metanoli sekä ammoniakki. Myös biopolttoaineet nähtiin mahdollisuutena. Vetyn käyttöä laivoissa ei nähty potentiaalisena vaihtoehtona ainakaan pidemmällä matkoilla, mutta vedyn avulla voidaan johtaa useita eri polttoaineita, joten sen tuotanto on suuri mahdollisuus. Jotta uusia polttoaineita voidaan alkaa hyödyntää, niin käyttäjien lisäksi niille on oltava valmistajia. Näiden välinen kehitysyhteistyö on tärkeää, sillä on turha alkaa rakentaa esimerkiksi vetytehdasta, jos lopputuotteelle ei ole käyttäjiä. Esimerkiksi Harjavaltaan tuleva vetylaitos yksinään maksaa noin 70 miljoonaa euroa, mikä ei ole pieni investointi. (Borg, 2023.) Joillekin polttoaineille on jo olemassa olevaa infraa,

kuten metaanille LNG:n korvaajana, mutta kun käyttöön aletaan laivojen osalta ottaa uudenlaisia polttoaineita, kuten vetyä ja ammoniakkaa, niin sen suunnittelu vaatii myös paljon niin infralta kuin päätöksentekijöiltä. Maantielikenteeseen polttoaineinfra on helpompi rakentaa ja sitä on jo olemassa niin vedyn, metaanin kuin metanolinkin kanssa.

Viimeisenä kysymyksenä oli, miten polttoaineet saataisiin käyttäjille. Yhtenä suurena ongelmana uusien polttoaineiden hyödyntämiseen nähdään jake-
luinfran puute. Vaikka teknologia kehittyisi nopeastikin niin, että uusia polttoaineita pystytään hyödyntämään, niin se ei riitä, jos ei ole paikkoja missä tankata tai joudutaan muuttamaan maantielikenteessä reittivalintoja mahdollisesti kustannustehottomampaan suuntaan, jotta niitä voidaan hyödyntää. Merilogistiikassa ongelmaksi tulee määrä, sillä polttoaineita tarvitaan hyvin paljon. Jotakin uusia polttoaineita pystytään hyödyntämään nykyisen infran kanssa, mutta esimerkiksi laivojen bunkrausinfra vaatii jonkin verran sääntelyä, sillä kyseessä tulee olemaan täysin uusi tankkausmenetelmä uusille polttoaineille. Tieliikenteen ajoneuvoille olisi helpompi rakentaa tankkauspisteitä esimerkiksi siirrettävien säiliöiden avulla, sillä polttoainetta menee määrällisesti vähemmän kuin laivoihin. Jos esimerkiksi satamaan rakennettaisiin jonkin uuden polttoaineen valmistuslaitos, niin käyttäjät olisivat lähellä ja näin välttyttäisiin siirtokustannuksilta. Infra kuitenkin päivittyy tulevaisuuden edetessä, kun tiedetään, mitä uudet polttoaineet tulevat olemaan ja mitä niiden tankkaaminen vaatii ympäristön ja turvallisuuden näkökulmista.

7 LOPPUPOHDINTA

Aihe itsessään on tutkittavaksi todella hyvä ja ajankohtainen. Opinnäytetyön toteuttamiseen toi ensin haasteita yritysten vastaamattomuus haastattelukutsuihin. Haastattelukutsuja lähetin yhteensä 8, joista sain vastauksen neljältä. Osa haastattelupyynnöistä piti lähettää yritysten yleisiin sähköpostiosoitteisiin, sillä kaikilta ei henkilökohtaisia osoitteita löytynyt, joten tämä saattoi osaltaan

johtaa vastaamattomuuteen tai viesti meni suoraan roskapostiin. Onneksi sain kuitenkin haastateltua asiantuntijaa, joka on tekemisissä varustamoiden kanssa ja ymmärtää niiden toiminnan sekä polttoaineen valmistajan asiantuntijaa. Näiden avulla saatiin vastattua tutkimuskysymyksiin. Jos haastateltavia yrityksiä olisi ollut enemmän, niin saturaatio olisi voinut olla suurempi, mutta jo tällä otannalla vastaukset muistuttivat paljon toisiaan, sillä yrityksillä on yleisesti melko selkeä, mutta samalla epävarma käsitys vihreästä siirtymästä, uusista polttoaineista ja siitä, mitä tulevaisuus tuo tullessaan. Haastattelujen tulokset muistuttivat paljon toisiaan ja yrityksillä on melko samankaltainen näkemys vihreästä siirtymästä. Toisaalta tiedetään, että muutoksia on tehtävä, mutta vielä ei ole täysin varmaa, että millä tavalla. Turvallisuudesta ja logistisesta infrasta tietoa olisi voinut olla enemmän, mutta kuten aihe muutenkin, ovat nekin vielä epävarmoja.

Aloitin työn kirjoittamisen tammikuussa ja sain viimeiset haastattelut valmiiksi toukokuussa. Työn edetessä sen sisältö ja näkökulma muuttuivat, kun sain tietää haastateltavat yritykset. Tämä ei kuitenkaan ollut huono asia, sillä lisäsin varustamotoiminnan mukaan vasta loppuhetkillä, ja lopulta työ painottuikin enemmän laivojen polttoaineisiin, kuin muihin satamalogistiikassa toimiviin ajoneuvoihin. Tämän vuoksi työssä käsiteltiin osaltaan myös työkoneiden ja kuorma-autojen päästöjä ja polttoaineita. Ne kuitenkin liittyvät satamalogistiikkaan ja päästöjä voidaan vähentää myös niiden avulla.

7.1 Tulosten hyödyntäminen

Logistiikka on laaja ala ja koen, että siitä on hyötyä, että tutkitaan tulevaisuuden kannalta oleellisia polttoainevaihtoehtoja, sillä juuri polttoaineet ovat isossa osassa logistiikan toiminnan kannalta. Uudet polttoaineet ja niiden hyödyntäminen on polttoaineen mukaan vasta tutkimusasteella ja niiden käyttö vaatii laajempaa tutkimusta ja pilotointia yrityksissä, jotta myös muut yritykset saavat kallisarvoista tietoa siitä, mikä tulevaisuudessa toimii ja vielä kustannustehokkaasti. Uusien polttoaineiden miettiminen maantieliikennekäyttöön on osaltaan helpompaa, sillä kuorma-autojen ja työkoneiden hankinta on

halvempaa ja helpompaa, kuin esimerkiksi laivan hankinta. Nyt uutta laivaa mieltivät varustamot joutuvat pohtimaan sitä, millä moottoreilla ja teknologialla laiva tulisi varustaa, jotta se pysyy päästötavoitteissa vielä kymmenien vuosien päästä.

Toivon, että tästä työstä saa joku uusista polttoaineista ja vihreästä siirtymästä kiinnostunut yritys tai muu tutkimusta tekevä henkilö jotain irti. Lisäarvon tuotto työn toimeksiantajalle oli päätavoite, joten toivon tuoneeni myös UUPO-hankkeeseen uutta sisältöä.

7.2 Oma ammatillinen kehittyminen

Opinnäytetyön aihe oli itselleni täysin uusi. Aihe oli kuitenkin mielenkiintoinen ja koen oppineeni paljon vihreästä siirtymästä, uusista polttoaineista sekä eri tahojen näkemystä niistä. Työn aihe oli melko laaja ja mielestäni vasta pintaraapaisu kyseiseen aiheeseen ja opittavaa ja tutkittavaa on vielä paljon lisää. Kirjallisuutta uusista polttoaineista on todella vähän, jos ollenkaan, sillä aihe on joiltain osin niin uutta. Artikkeleita ja julkaisuja on puolestaan internetissä paljon, mutta nekin vanhentuvat nopeasti, sillä uutta tietoa ja tutkimuksia tulee jatkuvasti.

Työn edetessä sen sisältö ja näkökulmat muuttuivat jonkin verran aiotusta. Rajaukset muuttuivat loppuvaiheessa myös, jolloin työn sisältö saattoi kärsiä liian laajan näkökulman takia. Jos työn olisi heti rajannut paljon suppeammaksi, olisi se voinut ollut parempi. Empirian kannalta ongelmia aiheutti haastattavien yritysten kiinnostuksen puute vastata haastatteluun, mutta sain kuitenkin hyviä asiantuntijavastauksia aiheeseen liittyen. Olisin voinut mahdollisesti hyödyntää työssäni projektitiimin saatuja haastatteluvastauksia, mutta se ei olisi tuonut työhön lisäarvoa toimeksiantajalle. Kirjoitin työtä melkein viisi kuukautta ja loppuvaiheessa kesätöiden alkaessa oli todettava, että työ on saatava purkkiin, sillä muuten se jäisi töiden takia luultavasti roikkumaan. Kirjoitettavaa löytyisi muuten koko ajan lisää ja tulokset vanhentuvat sitä mukaa, kun uusia tutkimuksia aiheesta tehdään.

7.3 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Aiheen ollessa uusi ja ajankohtainen, on sille myös useita jatkotutkimusmahdollisuuksia. Aihetta voidaan kasvattaa koskemaan vain tiettyä konetta tai ajoneuvoa ja niiden päästöjä sekä polttoaineen käyttömahdollisuuksia. Olisi myös mahdollista ottaa tutkimuksen kohteeksi vain yksi yritys, jonka uusien polttoaineiden tarpeita tutkitaan ja tehdään selvitys siitä, miten hiilidioksidipäästöjä juuri kyseisessä yrityksessä voitaisiin pienentää tai selvitetään, olisiko jokin tiettyä polttoainetta hyödyntävä työkone tai laiva kannattava investointi kyseiseen yritykseen. Uusia polttoaineita on lisäksi monia lisää tutkittavaksi, sillä tulevaisuus on epävarmaa ja se mikä nyt kuulostaa hyvältä tulevaisuuden kannalta, ei välttämättä olekaan sitä hetken kuluttua. Jokaisesta polttoaineesta ja sen valmistustavoista pystyisi yksinään jo tekemään oman tutkimuksen. Polttoaineista ja niiden valmistuksesta ja hyödyntämisestä tulee koko ajan lisää tietoa, jota voidaan hyödyntää. Muutaman vuoden kuluttua tämä sama opinäytetyö voitaisiin tehdä uudestaan ja sisältö voisi olla jo hyvin erilainen. Säädökset esimerkiksi laivojen osalta tulevat kohta vasta voimaan, jonka jälkeen voitaisiin tutkia sitä, miten eri yritykset ovat ne ottaneet vastaan.

LÄHTEET

Bass, C. (28.6.2021). Ammonia – fuel for thought in our deep-dive Q&A. Wärtsilä [artikkeli]. <https://www.wartsila.com/insights/article/ammonia-fuel-for-thought-in-our-deep-dive>

Biologian ja maantieteen opettajien liitto BMOL ry. (n.d.). Ilmastonmuutos. Peda.net. Haettu 1.3.2023 osoitteesta https://peda.net/yhdistykset/bmol-ry/oppimateriaalit/eyy/yhteinen_ymparisto/ilmastonmuutos

BloombergNEF. (2020). Global Gas Report 2020. https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-IGU-Snam-2020-Global-Gas-Report_FINAL.pdf

Björkendahl, M. (17.4.2023). Suomen Varustamojen erityisasiantuntijan, Mats Björkendahlin, Teams-haastattelu.

Borg, J. (2.5.2023). P2X Solutions asiantuntijan, Jenni Borgin, Teams-haastattelu.

Crispin, S. (1.2.2023). Seawater split to produce green hydrogen. The University of Adelaide. <https://www.adelaide.edu.au/news-room/news/list/2023/01/30/seawater-split-to-produce-green-hydrogen>

Euroopan komissio. (11.12.2019). Komission tiedonanto, Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1576150542719&uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

Euroopan komissio. (18.5.2022). REPowerEU-suunnitelma: kohtuuhintaista, varmaa ja kestävää energiaa Euroopalle. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_fi

Eurooppa-neuvosto. (29.3.2023). 55-valmiuspaketti. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/#what>

Eurooppa-neuvosto. (28.3.2023). Infografiikka – Fit for 55: increasing the uptake of greener fuels in the aviation and maritime sectors. <https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/fit-for-55-refueleu-and-fueleu/>

Gasum. (14.12.2021). LNG on merenkulun ainoa mahdollisuus merkittäviin päästövähennyksiin. <https://www.gasum.com/ajassa/puhdas-liikenne/2021/lnglla-merkittavat-paastovahennykset-merenkulussa/>

Gasum. (2023). Miten biokaasua tuotetaan? <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>

Gasum. (20.4.2023). Miten sovittaa yhteen kilpailukyky ja raskaan liikenteen päästövähennystavoitteet? [webinaari]. Gasum.

Helander, B. (26.4.2021). Merten mirai – maailman ensimmäinen vetykäyttöinen matkustaja-autolautta tähtää liikenteeseen 2027. Moottori. <https://moottori.fi/liikenne/jutut/merten-mirai-maailman-ensimmainen-vetykayttoinen-matkustaja-autolautta-tahtaa-liikenteeseen-2027/>

Hiilineutraalisuomi. (9.5.2022). Hinku-verkosto. <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Hinku>

Honkasalo, N., Oksanen, P. & Tervonen, J. (20.3.2023). Arviomuistio päästökauppadirektiivin toimeenpanosta – Meriliikenteen sisällyttäminen päästökauppaan. Liikenne- ja viestintäministeriö [Muistio]. PDF ladattavissa osoitteesta: <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=83102db7-39b7-4bc5-90e6-eeb47c661805>

HS. (12.3.2023). Torsti tietää. Mikä on keskioluen huoltovarmuus? <https://www.hs.fi/sunnuntai/art-2000009438751.html>

Ilmastolaki 423/2022. Haettu 15.2.2023 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20220423>

Kananen, J. (2014). Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä: Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Karvonen, T., Grönlund, M., Jokinen, L., Mäkeläinen, K., Oinas, P., Pönni, V., Ranti, T., Saarni, J. & Saurama, A. (2016). Suomen meriklusteri kohti 2020-lukua. Työ- ja elinkeinoministeriö. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75499/TEMjul_32_2016_29092016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Latva-Teikari, K. (10.8.2021). Ammoniakki ja vety ovat tulevaisuuden polttoainehittejä, joita Wärtsilä testaa Vaasassa: "Kyllähän tässä terve kisa on, kuka ehtii ensin ja millä tuloksilla". Yle [Artikkeli]. <https://yle.fi/a/3-12038285>

Lipasto. (15.10.2021). LIISA 2020. Suomen tieliikenteen päästöjen kehitys. <http://lipasto.vtt.fi/liisa/aikasarja.htm>

Lipasto. (15.10.2021.) MEERI 2020. Suomen vesiliikenteen päästöt ja energiankäyttö 2020. <http://lipasto.vtt.fi/meeri/index.htm>

Lipasto. (20.12.2021). TYKO 2020. Suomen työkoneiden päästömalli. <http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>

Logistiikan maailma. (n.d.) Alustyyppit. Haettu 19.4.2023 osoitteesta <https://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/alustyyppit/>

Logistiikan maailma. (2023). Vihreä logistiikka ja kestävä kehitys. <https://www.logistiikanmaailma.fi/aineistot/logistiikka-lukiolaisille/vihrea-logistiikka-ja-kestava-kehitys>

Meriliitto. (n.d.). Varustamoelinkeino. Haettu 4.5.2023 osoitteesta https://www.meriliitto.fi/?page_id=32

Motiva. (2022). Autojen pakokaasupäästöt. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/perustietoa liikenteesta/autojen pakokaasupaastot](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/perustietoa-liikenteesta/autojen-pakokaasupaastot)

Motiva. (3.8.2022). Perustietoa liikenteestä ja ympäristöstä. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/perustietoa liikenteesta](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/perustietoa-liikenteesta)

Motiva. (31.8.2021). Vähäpäästöiset työkoneet: yleinen osio [Verkkokurssi]. <https://motiva-verkkokurssit.fi/kurssit/vahapaastoiset-tyokoneet-taustaa-tavoitteet-yms/>

Motiva. (4.8.2020). Vety. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/valitse auto viisaasti/energialahteet/vety](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/valitse-auto-viisaasti/energialahteet/vety)

Ming, L. & Chen, L. (2021.) Methanol as a marine fuel – Availability and Sea Trial Considerations. Nanyang Technological University. <https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/SG-NTU-methanol-marine-report-Jan-2021-1.pdf>

Office Forms. (2023). Eri varustamoiden anonyymit vastaukset Office Forms-kyselyyn.

P2X Solutions. (4.5.2022). P2X Solutions ja Harjavallan kaupunki solmivat tonttikaupan. <https://p2x.fi/p2x-solutions-ja-harjavallan-kaupunki-solmivat-tonttikaupan/>

P2X Solutions. (14.2.2023). P2X Solutions rakentaa Järvenpään Helsingin seudun ensimmäisen vedyn tankkausaseman. <https://p2x.fi/p2x-solutions-rakentaa-jarvenpaahan-helsingin-seudun-ensimmaisen-vedyn-tankkausaseman/>

P2X Solutions, Ålandsbanken & Gaia Consulting. (11.11.2022). SH₂ORE – Low Carbon Baltic Sea [presentaatiomateriaali]. Sähköpostina saatu pdf-tiedosto.

Pihlatie, M., Söderena, P., Markkanen, J., Nylund, N-O., Rahkola, P., Åman, R., Muona, T., Pettinen, R., Naumanen, M., Shah, S. Baranauskas, M. (2022). Työkoneiden kustannustehokkaat päästövähennyskeinot. Valtioneuvoston kanslia. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-153-7>

Port of Pori. (n.d.). Porin satama. Haettu 5.4.2023 osoitteesta <https://portofpori.fi/fi/porin-satama/>

Rantanen, K. (16.2.2022). Ammoniakki avittaa vihreää siirtymää. <https://www.kemiamedia.fi/ammoniakki-avittaa-vihreaa-siirtymaa/>

Rauman satama. (n.d.). Alueen yritykset. Haettu 23.2.2023 osoitteesta <https://portofrauma.com/palvelut/alueen-yritykset/>

Rauman satama. (n.d.). Palvelut. Haettu 23.2.2023 osoitteesta <https://portofrauma.com/palvelut/>

Rauman satama. (n.d.) Tietoa satamasta. Haettu 23.2.2023 osoitteesta <https://portofrauma.com/tietoa-satamasta/>

Rauma. (2023). Yritys- ja palveluhakemisto. Haettu 2.3.2023 osoitteesta <https://rauma.yrityshakemistot.fi/default.asp?op=NaytaEtusivu>

Saarivuori, E. & Arala, J. (26.8.2020). Opas vähäpäästöiseen ja kustannustehokkaaseen logistiikkaan. 5 syytä valita kaasua. Gasum. <https://www.gasum.com/globalassets/pdf-files/hdv-pdf-and-webinars/gasum---opas-vahapaastoiseen-ja-kustannustehokkaaseen-logistiikkaan.pdf>

Satakunnan ammattikorkeakoulu. (2022). Merilogistiikan tutkimuskeskus. Tietoa meistä. <https://www.merilogistiikka.fi/tietoa-meista/>

Satakunnan ammattikorkeakoulu. (2022). Merilogistiikan tutkimuskeskus. UUPO. <https://www.merilogistiikka.fi/tietoa-meista/projektit/uupo/>

Satakunta.fi. (2023). Meri- ja vesiosaaminen. Haettu 5.4.2023 osoitteesta <https://satakunta.fi/yhteisty-ja-vaikuttaminen/satakunnan-kasvun-karjet/meri-ja-vesiosaaminen/>

Seaside Industry Park Rauma. (n.d.). Alueen esittely. Haettu 27.2.2023 osoitteesta <https://www.seasideindustry.com/fi/alueenesittely>

Seaside Industry Park Rauma. (n.d.). Alueen yritykset. Haettu 27.2.2023 osoitteesta <https://www.seasideindustry.com/fi/alueenyritykset>

Seaside Industry Park Rauma. (n.d.). Vastuullisuus. Haettu 27.2.2023 osoitteesta <https://www.seasideindustry.com/fi/vastuullisuus>

Sivill, L., Bröckl, M., Semkin, N., Ruismäki, A., Pilpola, H., Laukkanen, O., Lehtinen, H., Takamäki, S., Vasara, P. & Patronen, J. (3.8.2022). Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet. Valtioneuvoston kanslia. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-413-2>

Solakivi, T. & Ojala, L. (28.2.2021). Laivaliikenteen vähähiiliset polttoaineet ja niiden tuleva kehitys. Logscale Oy. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30920.03847>

Suomen kaasuyhdistys & Tukes. (16.3.2020). Biokaasun turvallisuusohje. <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/biokaasun-turvallisuusohje/>

Suomen Varustamot. (28.4.2022). Suomi on saari – huoltovarmuus turvataan meriteitse. <https://shipowners.fi/suomi-on-saari-huoltovarmuus-turvataan-meriteitse/>

Suomen Varustamot. (n.d.). Vastuullisuus. Haettu 19.4.2023 osoitteesta <https://shipowners.fi/vastuullisuus/>

Suomen Varustamot. (n.d.). Ympäristö ja ilmasto. Haettu 28.3.2023 osoitteesta <https://shipowners.fi/vastuullisuus/ymparisto/>

Tapaninen, U. (2019). Merenkulun logistiikka (Toinen, uudistettu laitos.). Ota-tieto.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. (2022). Ilmastonmuutos. Haettu 1.3.2023 osoitteesta <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmastonmuutos>

Tilastokeskus. (26.8.2022). Fossiiliset polttoaineet. https://www.stat.fi/meta/kas/fossiiliset_pol.html

Tilastokeskus. (n.d.). Pienet ja keskisuuret yritykset. Haettu 2.3.2023 osoitteesta https://www.stat.fi/meta/kas/pienet_ja_keski.html

Tilastokeskus. Tilastokeskuksen maksuttomat tilastotietokannat. 11d7 - Yritykset toimialoittain ja henkilöstön suuruusluokittain (yritysyksikkö), 2017-2021. Haettu 2.3.2023 osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_yrti/statfin_yrti_pxt_11d7.px/

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK). (8.2.2021). Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. <https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/HTK-ohje-2012>

Työ- ja elinkeinoministeriö. (n.d.). Uusiutuva energia. Haettu 20.3.2023 osoitteesta <https://tem.fi/uusiutuva-energia>

Työterveyslaitos. (4.8.2022). Ammoniakki [ohje]. <https://ova.ttl.fi/ammoniakki>

Työterveyslaitos. (12.8.2022). Metanoli [ohje]. <https://ova.ttl.fi/metanoli>

Työterveyslaitos. (12.7.2022). Vety [ohje]. <https://ova.ttl.fi/vety>

United Nations. (2015). Paris Agreement. https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf

Vanhanen, J., Pulkkinen, A., Salmi, W., Beniard, M., Järvinen, K. & Lehtomäki J. (16.11.2022). Meriliikenteen vaihtoehtoisten polttoaineiden markkinoiden kehitys ja vaikutukset Suomeen suuntautuvan meriliikenteen kustannuksiin. Gaia Consulting Oy. Liikenne- ja viestintäministeriö [kuvailulehti]. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164405/LVM_2022_13.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vilka, H. (2015). Tutki ja kehitä (4. uudistettu painos). PS-kustannus.

Volvo. (2023). Kaasukäyttöiset kuorma-autot pienentävät ekologista jalanjälkeäsi. <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/alternative-fuels/gas-powered-trucks.html>

Ylinen, J. (2.3.2023). Vihreä ammoniakki Suomesta – veden, tuulen ja maan synergiaa. Elomatic [blogi]. <https://blog.elomatic.com/fi/vihrea-ammoniakki-suomesta-veden-tuulen-ja-maan-synergiaa/>

Ympäristöministeriö. (n.d.). Ilmastolain uudistus. Haettu 15.2.2023 osoitteesta <https://ym.fi/ilmastolain-uudistus>

LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET

Polttoaineen valmistaja:

1. Miten vihreää vetyä valmistetaan? Muiden polttoaineiden johtaminen vedystä?
 - a. Miten hyödynnetään valmistuksessa syntyneet happi ja lämpö?
2. Mitä vetytehdas vaatii ympäristöltä?
3. Miten vetyä voidaan tankata?
 - a. Millaisen infran vaatii?
 - b. Jos Satakunnan alueelle Rauman tai Porin satamaan haluttaisiin vedyn tankkauspiste, niin miten se olisi järkevintä toteuttaa?
4. Millaisena näette vedyn tulevaisuuden polttoaineena tällä hetkellä?
5. Millaisia turvallisuusnäkökulmia vedyn käyttöön liittyy?
6. Miten vetyä varastoidaan ja kuljetetaan turvallisesti/kustannustehokkaasti?
7. Millaista kehitysyhteistyötä loppukäyttäjien kanssa on?
8. Minkä polttoaineista näet tulevaisuuden "voittajana"? Mihin kannattaisi keskittyä eniten?

Varustamot:

1. Mikä on varustamoiden tämänhetkinen ymmärrys vihreästä siirtymästä ja uusista polttoaineista sen vauhdittajana?
2. Millaisia uhkia/mahdollisuuksia/heikkouksia/vahvuuksia hiilineutraaliuden tavoittelu asettaa varustamoiden toiminnalle?
3. Mitä toimia kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi on jo tehty? Tehdään tulevaisuudessa?
4. Millainen laivakanta tällä hetkellä yleisesti on?
 - a. Olisiko uusia polttoaineita mahdollista hyödyntää tällä hetkellä?
 - b. Millaisiin aluksiin panostetaan tulevaisuudessa, kun uusia laivoja ostetaan/tilataan?
 - c. Ostetaanko ennemmin uusia aluksia vai muokataan vanhoja?
 - d. Mitkä asiat herättävät eniten huolta uusien alusten käyttöönotossa?
 - e. Kehitysyhteistyö tuottajien kanssa?
 - f. Miten eri satamien bunkrausmahdollisuudet vaikuttavat laivojen hankintaan?
 - i. Onko tehtävä uusia reittivalintoja saatavilla olevan bunkrausmahdollisuuden/laivan käyttövoiman mukaan?
5. Mitkä uudet polttoaineet kiinnostavat?
6. Herättävätkö uusien polttoaineiden turvallisuusnäkökulmat huolta?
7. Uusiutuvat polttoaineet ovat tällä hetkellä kalliimpia ja/tai vaikeammin saatavilla kuin nykyisin käytössä olevat fossiiliset polttoaineet; miten tämä vaikuttaa varustamoiden ”innostukseen” panostaa hiilipäästöttömmämpiin aluksiin?
 - a. Polttoainekustannukset ovat jo nyt iso menoerä yritystoiminnassa; miten näette panostamisen uusiin polttoaineisiin vaikuttavan varustamoiden liiketoimintaan lyhyellä ja pitkällä tähtämellä?