



Liikenteen käyttövoimien kehityksen vaikutus huoltovarmuuteen

Loppuraportti



Huoltovarmuuskeskus



Huoltovarmuuskeskus

Projekti: Liikenteen käyttövoimien kehityksen vaikutus huoltovarmuuteen

Projekti nro: 1510088150

Vastaanottaja: Huoltovarmuuskeskus

Asiakirjatyyppi: Loppuraportti

Versio: 2

Päivämäärä: 13.06.2025

Laatija: Ramboll Finland Oy

Tarkastaja: Ohjausryhmä

Hyväksyjä: Ohjausryhmä

Kuvaus: Tämä on hankkeen Liikenteen käyttövoimien kehityksen vaikutus huoltovarmuuteen loppuraportti. Työssä tarkasteltiin käyttövoimasiirtymää liikennemuodoittain vuosiin 2035 ja 2045 mennessä ja annettiin tilaajalle suositukset huoltovarmuustoiminnan muutostarpeista käyttövoimasiirtymän johdosta.

Tekijät: Saku Käsnänen, Ilpo Ratinen, Ari Sirkiä, Ilkka Salanne, Jaakko Takala, Sami Hirvonen, Soile Janhonen, Anni Ronkainen

Ohjausryhmä: Jukka Etelävuori (HVK), Pasi Soikkeli (HVK), Juha Vahlsten (HVK), Anniina Honkala (Ilmakuljetuspooli), Jaana Lähteenmäki (Polttonestepooli), Juha Lehtinen (Vesikuljetuspooli)

Ramboll
Itsehallintokuja 3
02600 Espoo /
Puutarhakatu 9
70300 Kuopio
p. +358 20 755 611
f. +358 20 755 6201
<https://www.ramboll.com/fi-fi/>

Sisältö

1. Executive Summary	1
2. Työn taustat ja rajaukset	2
2.1 Johdanto	2
2.2 Päästökauppa	2
2.3 Huoltovarmuustoiminta	3
2.4 Kriisiajan käsittely selvityksessä	4
2.5 Käyttövoimien kulutusennusteet	5
2.6 Rajaukset	5
3. Käyttövoimien saatavuus, varastointi ja jakelu	6
4. Tieliikenteen käyttövoimien kehitys	8
5. Vesiliikenteen käyttövoimien kehitys	14
6. Lentoliikenteen käyttövoimien kehitys	18
7. Työkoneiden käyttövoimien kehitys	20
8. Käyttövoimien tarve ja varastointi tulevaisuudessa	22
8.1 Tieliikenne	22
8.2 Vesiliikenne	23
8.3 Lentoliikenne	24
8.4 Työkoneet	25
9. Johtopäätökset ja suositukset	27
9.1 Johtopäätökset, varastointimäärät	27
9.2 Johtopäätökset, varastointitavat	28
9.3 Toimenpidesuunnitelma	29

1. Johdon tiivistelmä

Työssä tarkasteltiin liikenteen käyttövoimien kehityksen vaikutusta huoltovarmuuteen tie-, meri-, lentoliikenteen sekä työkoneiden näkökulmasta. Tarkasteluvuosia olivat 2035 ja 2045. Julkaistuiden tutkimusaineistoiden lisäksi tutkittiin itse laskennallisesti tuoreiden, osin julkaisemattomien aineistojen pohjalta vaikutuksia vaihteluvälimetodilla, ja havaittiin niiden olevan samansuuntaisia, joskaan ei aivan yhdenmukaisia. Metodeilla havaittiin eroja erityisesti raskaan tieliikenteen sähköistymisessä eri lähtöaineistoista johtuen; laskentamme indikoisi ennustetta hitaampaa sähköistymistä ja siten hieman suurempaa tarvetta polttoainevarastoinnille.

Käyttövoimasiirtymä tarkoittaa valtaosassa liikennettä sen sähköistymistä. Meriliikenne on poikkeus; merkittäväksi käyttövoimaksi on nousemassa kaasu ja ammoniakki, mahdollisesti metanoli vuoteen 2045 mennessä. Lentoliikenteessä edes vuoteen 2045 mennessä käyttövoimarakenteen muutokset eivät ole merkittäviä. Lentoliikenteen energiankulutus kuitenkin kasvaa ennusteen menetelmästä johtuen, ja kasvava kysyntä tarkoittaa kasvavaa varastointitarvetta lentopetrolille. Varastot pitäisi myös kohdentaa paremmin suurten siviililentokenttien yhteyteen, erityisesti Helsinki-Vantaa. Työkoneiden osalta pienemmät työkoneet sähköistyvät nopeammin, ja suuret työkoneet säilyvät diesel (polttoöljy)-käyttöisinä pitkään. Vedyn ei nähty ottavan merkittävää roolia missään liikennemuodossa 2045 mennessä.

Sähkön varastointia ei nykyvalossa silti suositella, sillä vaadittavat akkuvarastot ovat valtavia, jos toimintaa halutaan ylläpitää pelkästään niiden avulla. Aihe vaatii kuitenkin seurantaa, sillä tutkimusta tehdään edelleen energian mm. vetynä tai metaanina varastoimisen kanssa. Mikäli tällaisen varaston sijoittaminen ja käyttö olisi tehokasta, sähkökäyttöisen ajoneuvon huoltovarmuudelliset heikkoudet latauksen saannista vähenevät. Lisäksi akkumateriaalit olisivat ympäristöystävälliset käyttää nimenomaan uusissa ajoneuvoissa akkuvarastojen sijaan.

Varastointikäytäntöjä tulisi päivittää siten, että varastoitavien tuotteiden listalle lisätään ainakin lisäaine AdBlue, joka on kriittisen tärkeää dieselvetoiselle raskaalle liikenteellemme. AdBluen varastointi nähtiin haasteellisenä sen lyhyen säilyvyyden vuoksi, eli huomiota tulee kiinnittää sen varaston kiertonopeuteen. Lisäksi tulisi varmistaa, että myös renkaita, varaosia ja voiteluaineita varastoidaan. Siinä missä aiemmat vaatimukset ovat koskeneet raakaöljyä, kysyntää nähtiin pikemminkin valmiiden tuotteiden varastoinnille. Linjauksia tulee tehdä kansainvälisen liikenteen palvelutason osalta varastomäärissä ja -laaduissa, eri maiden aluksissa voi tulla eroja käytetyn polttoaineen osalta ja kriisiajan kulutus siviili-ilmailussa poikkeaa huomattavasti normaaliajasta.

Huoltovarmuudellisia vaikutuksia ehdotetaan hallittavaksi muuttamalla varastointikäytännöt kiinteiksi määriksi, esimerkiksi nykytason perusteella. Nykymallilla varastotasot käyttövoimasiirtymän myötä pienenisivät aikanaan merkittävästikin, koska taso on kulutukseen sidottu ja käyttövoimasiirtymä sekä teknologinen kehitys laskevat käyttövoimien kulutusta. Kiinteään varastointimäärään siirtymällä saavutettaisiin ennalta-arvattavuutta toimintaan, ja helpotettaisiin varastonkierron suunnittelua markkinatoimijoilla, jotka varastointia harjoittavat. Nykyisen 5 kuukauden varastotaso vastaisi aikanaan liikennemuodosta riippuen jopa 7 kk varastotasoa kulutuksen laskiessa. Lisäksi vaikuttaa siltä, että liikenne sähköistyy kaikista hitaimmin huoltovarmuudelle tärkeämissä raskaissa kuljetuksissa. Varasto siis myös kohdentuisi paremmin näille käyttäjille. Mikäli jostakin varastointilajista halutaan säästää, siirtymä on selvästi nopein tieliikenteessä, erityisesti HA-PA-puolella. Tarkastellut aineistot antoivat ymmärtää, että eri kriisien aikaan käyttövoimia kuluisi samoissa määrin kuin normaaliaikana, eli hintavaihtelut johtuvat epävarmuudesta. Huoltovarmuudelle olennaisimmaksi kyvyksi sähköistyvän liikenteen kannalta nähtiin turvata sähköverkon toimintakyky ja riittävä varavoima kohteissa.

2. Työn taustat ja rajaukset

2.1 Johdanto

Työ on jatkoa Öljypoolin v. 2021 teettämälle selvitykselle liikenteen käyttövoimien kehityksen ennusteesta, johon suhteessa tässä työssä on tarkoitus tarkastella käyttövoimien kokonaisuutta muuttuneessa globaalissa tilanteessa ja laajentaa tarkastelua kattamaan mm. työkoneet. Työn keskeisinä tavoitteina on arvioida liikenteessä käytettävien ajoneuvojen käyttövoimia ja niiden muuttumisen kehitystä sekä muutoksen vaikutusta polttoaineiden käyttöön, huoltovarmuuteen ja varmuusvarastoitaviin tuotteisiin ja niiden määrään.

Aiemmassa selvityksessä käsiteltiin eri skenaarioita eri aineistoista. Näillä oli merkittäviä keskinäisiä eroja sekä energiantarpeessa ja -laadussa ja tuolloin päädyttiin arvioimaan kehityksen olevan LVM:n perusuran ja WAM (nk. Politiikkaskenaario, With Additional Measures) -skenaarioiden välimaastossa. Aiemmassa selvityksessä annettiin vaihteluväliksi tieliikenteen energiankulutukselle 1 630–2 800 ktoe (öljykvivalenttitonnia) vuodelle 2040. Tässä työssä tarkastellussa aineistossa WEM-Perus arvioitiin vastaavasti kulutukseksi n. 2 555 ktoe samaan ajankohtaan. Omat laskelmamme, joista tarkemmin luvussa 2.5, arvioivat kulutukseksi n. 2 813 ktoe vuodelle 2035 ja 2 154 ktoe vuodelle 2045. Luvut käsittävät polttoaineiden energiankulutuksen.

Olenneisena muutoksena aiemman selvityksen tilanteeseen on valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista lokakuulta 2024. Päätös eroaa aikaisemmista tavoitteista polttoaineiden varastoinnin osalta siten, että varastoinnin tavoitetaso viiden kuukauden tarve koskee kriisiaikaa eikä normaaliaikaa. Tässä selvityksessä on siis tarpeen analysoida, kuinka kriisiajan kulutus poikkeaa normaaliajan kulutuksesta.

Liikenteen siirtymällä kohti vaihtoehtoisia käyttövoimia on ajureita sekä liiketoiminnassa että lainsäädännössä. Erityisesti alkuun on vaikuttanut siltä, että päästövähennystavoitteisiin pääsy mahdollistava lainsäädäntö EU:sta ajaa muutosta. Puhtaiden ajoneuvohankintojen direktiivi on myös meillä ajanut julkisyhteisöitä hankkimaan palveluita ja ajoneuvokalustoa, joka on vähä- tai nollapäästöistä. Kuitenkin esimerkiksi kaupunkialueiden joukkoliikenteen kilpailutuksiin tarjotaan jo nyt usein suurempien bussiyhtiöiden toimesta sähkökäyttöistä kalustoa, vaikka nollapäästöisyyttä ei enää edes erikseen edellytetä. Tämä liikennemuoto on nykytilanteessa siten kilpailukykyinen, aiemman regulaatioajurin käynnistämänä.

Muissa ajoneuvoryhmissä muutos on hitaampaa ja yhä valtaosin regulaatiovetoista. Ajoneuvojen valmistusta ohjaa vähäpäästöisyysvaatimukset, tieverkkoon kohdistuu jakeluinfravelvoitteita, hankintatukia on jaettu eri ajoneuvoluokissa kehityksen käynnistämiseksi. Esimerkiksi AFIR-asetus toteutuessaan takaa TEN-T-verkolle kattavaa latausinfraa sähkölle, vähän vetyinfraa, mutta muista käyttövoimista ei tässä säädetä jakeluinframääriä. TEN-T-tieverkko Suomessa kattaa vain tärkeimmät väylät, eikä sitä ole määrällisesti kovin paljoa, vain n. 6 140 km, kun maanteitä on n. 78 000 km. Myös laiva- ja lentoliikenteessä EU-lainsäädäntö ja liikennemuotokohtaiset kansainväliset sopimukset ja regulaatio ovat olleet liiketaloudellisia syitä merkittävämpiä ajureita käyttövoimasiirtymälle.

2.2 Päästökauppa

Polttoaineen päästökauppa ETS2 on uusi erillinen järjestelmä, joka käynnistetään rinnakkain nykyisen yleisen päästökaupan ETS1 kanssa, joka kohdistuu laitoksiin sekä lento- ja meriliikenteeseen. ETS2 on EU:n yhteinen toimi, jolla pyritään vähentämään ilmastopäästöjä kustannustehokkaasti ja koskee kaikkia valmisteverovelvollisia, jotka luovuttavat polttoainetta kulutukseen taakanjakosektorilla. Näihin kuuluvat liikenteen, rakennusten erillislämmityksen, teollisuuden (ETS1:n ulkopuolella), maa- ja metsätalouden, vapaa-ajan vesiliikenteen ja tiettyjen vesiliikenteen sektoreiden polttoainetta toimittavat tahot.

Tieliikenteen päästökaupassa jakelijat ostavat päästöoikeuksia myymänsä fossiilisen polttoaineen hiilidioksidisidislön mukaan. Markkinoilla on vain liikenteelle sallittu päästömäärä, ja ylimääräinen myynti edellyttää biopolttoaineita tai sähköpolttoaineita. Järjestelmä hinnoittelee hiilidioksidipäästöt, mikä vaikuttaa sekä jakelijoihin että kuluttajiin. ETS2-päästökauppa koskee laajasti polttoaineita kuten moottoribensiini, dieselöljy, biobensiini, etanolidiesel, biodieselöljy, MTBE, TAME, ETBE, TAEE, maakaasu, biokaasu, kevyt polttoöljy, raskas polttoöljy, biopolttoöljy, nestekaasu, bionestekaasu ja kivihiili, mutta ei koske turvetta, puupolttoaineita, biohiiltä, kiinteitä biomassoja, mäntyöljyä, yhdyskuntajätettä ja ongelmajätettä. ETS2-päästökaupan käyttöönotosta on sovittu päästökauppadirektiivissä (2003/87/EY). Jäsenvaltioiden tulee toimeenpanna se kansallisella lainsäädännöllä, Suomessa tämä on laki fossiilisen polttoaineen jakelun päästökaupasta.

Laki fossiilisen polttoaineen jakelun päästökaupasta tuli voimaan 1.1.2025, ja fossiilisen polttoaineen jakelun päästökauppa käynnistyy vuonna 2027. Energiavirasto vastaa polttoaineen jakelun päästökaupan valvonnasta sekä toimii rekisteriviranomaisena ja huutokaupanpittäjänä. Päästökaupan odotetaan nostavan fossiilisten polttoaineiden hintoja, mutta samalla kannustavan vähentämään niiden käyttöä, investoimaan puhtaisiin teknologioihin ja vaihtoehtoisin polttoaineisiin, sekä tuovan verotuloja päästöoikeuksien huutokaupasta. Vuodesta 2027 alkaen fossiilisten polttoaineiden hinnan odotetaan nousevan polttoaineen jakeluun sovellet-tavan päästökaupan myötä.

Komission laskelmien mukaan 50 euron päästöoikeuden hinnalla lisäkustannus olisi arviolta 11–16 senttiä litraa kohden. Uuden päästökaupan arvioidaan vähentävän CO₂-päästöjä 0,33 Mt vuoteen 2030 mennessä (PEIK-KO-hanke, 2024). Suomen arvioidaan saavan noin 500 miljoonaa euroa vuodessa vuosina 2027–2030 päästö-oikeuksien kaupasta, tulot riippuvat päästöoikeuden hinnasta ja huutokauppakiintiöstä. EU perusti Sosiaalisen Ilmastorahaston lieventämään päästökaupan aiheuttaman hinnannousun vaikutuksia haavoittuville kotitalouksille, mikroyrityksille ja liikenteen käyttäjille. Lisäksi hallitus seuraa päästöoikeuden hinnan kehitystä ja valmistelee kompensointiratkaisuja hinnannousun kohtuuttoman vaikutuksen varalta; esimerkiksi hallitus sopi vuoden 2024 kehysriihessä ns. ammattidieselinä tunnetun palautusjärjestelmän valmistelusta raskaalle liikenteelle.

2.3 Huoltovarmuustoiminta

Huoltovarmuudella tarkoitetaan väestön toimeentulon, maan talouselämän ja maanpuolustuksen kannalta välttämättömän kriittisen tuotannon, palvelujen ja infrastruktuurin turvaamista vakavissa häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa.

Logistiikan huoltovarmuudella tarkoitetaan logististen toimintojen ja suorituskyvyn turvattua jatkuvuutta myös vakavissa häiriötilanteissa ja poikkeusoloissa siten, että yhteiskunnan välttämättömät toiminnot ja maanpuolustuksen edellytykset eivät vaarannu.

Olenainen osa huoltovarmuutta on em. toimintojen kannalta välttämättömien tuotteiden varmuusvarastointi, jolla mahdollistetaan toiminnan jatkuminen myös tuotteiden saatavuuden heikentyessä. Varmuusvarastoinnin tarve kohdistuu erityisesti tuotteisiin, joita ei tuoteta Suomessa tai joiden tuotanto on altis häiriöille.

Liikenteen, logistiikan ja kuljetusten huoltovarmuuden kannalta polttoaineiden varmuusvarastointi on keskei-

sessä osassa. Varmuusvarastointitasot ovat vaihdelleet merkittävästi myös tällä vuosituhanalla erilaisten varautumistavoitteiden johdosta. Vaikuttaisi, että eri hetkien erilainen kokonaisturvallisuustilanne on ajanut tekemään erilaisia ratkaisuita asiaa ohjaavan lainsäädännön parissa; nk. rauhallisina aikoina perusteet korkeiden varmuusvarastojen ylläpitämiseksi voivat tuntua ylivoimaisilta, ja vastaavasti kriisien keskellä korkeampaa varautumista pidetään arvossa.

Huoltovarmuutta koskevia lakeja ovat erityisesti laki huoltovarmuuden turvaamisesta (1390/1992) sekä turva- ja velvoitevarastointia koskevat lait. Varmuusvarastoitavista tuotteista ja niiden tavoittelavasta varastointimäärästä säädetään näiden lisäksi tarkemmin valtioneuvoston päätöksellä. Voimassa olevan päätöksen (568/2024) mukaisesti kaikkien polttoaineiden varastoinnin tason lähtökohtana on vähintään viiden kuukauden kriisiajan energiantarve. Tämä kattaa liikenteen lisäksi sähkön- ja lämmöntuotannon sekä maanpuolustuksen ja turvallisuusviranomaisten tarpeet. Varastoitavan öljymäärän määrittämisessä on huomioitava myös kaasun saannin mahdolliset ongelmatilanteet.

Polttoaineiden varastoinnin tavoitteet ovat ajan saatossa muuttuneet vastaamaan kulloistakin arviota toimintaympäristön asettamista tarpeista. Ennen viimeisintä asetusta voimassa oli tavoite tuontiin nojautuvien polttoaineiden (erityisesti öljy ja öljyjalosteet) varastointi yhteensä viiden kuukauden normaali-kulutusta vastaavan määrän edestä. Öljyn käyttö maakaasun varapolttoaineena oli rajattu yhdyskuntien energiahuoltoon. Vuoteen 2008 asti voimassa olleessa asetuksessa säädettiin erikseen tavoitteesta pystyä ylläpitämään lämmön- ja sähköntuotantoa 12 kuukauden ajan perushuoltotasolla tilanteessa, jossa tuontitavaroita ei ole saatavissa.

Huoltovarmuusvarastointia ovat valtion varmuusvarastointi sekä yritysten turva- ja velvoitevarastointi. 1070/1994 Laki tuontipolttoaineiden velvoitevarastoinnista koskee

- kivihiiltä, lukuun ottamatta antrasiittia sekä kivihiilibrikettejä ja niiden kaltaisia kiinteitä polttoaineita;
- raakaöljyä ja muita öljynjalostuksessa käytettäviä raaka-aineita;
- öljytuotteista dieselöljyä ja kevyttä polttoöljyä, raskasta polttoöljyä, moottoribensiiniä polttomoottoreita varten sekä lentobensiiniä ja lentopetrolia; ja
- maakaasua.

Maahantuoja on velvollinen varastoimaan raakaöljyä ja öljytuotteita siten, että ne ovat käytettävissä. Maahan-tuojana pidetään sitä, jonka lukuun tuonti tapahtuu. Maahantuojan velvoitevaraston tulee kunkin vuoden heinäkuun 1 päivästä alkaen vastata kahden kuukauden keskimääräistä tuontia. Raakaöljyn ja öljytuotteiden maahantuojan varastointivelvoite vahvistetaan kunkin tuotteen toteutuneen tuonnin perusteella. Velvoitteen mitoitustavasta on edeltävän kalenterivuoden tuontiin perustuva keskimääräinen kuukausituonti. Tuontimäärästä vähennetään velvoitetta vahvistetta-essa se öljymäärä, jonka maahantuoja on edeltävän kalenterivuoden aikana vienyt maasta tai toimittanut valtion varmuusvarastoihin taikka joka on käytetty tai jalostettu teollisuuden raaka-aineeksi.

2.4 Kriisiajan käsittely selvityksessä

Erityisesti siirtymä kriisiajan kulutusta vastaavaan varastointiin tuottaa haasteita sopivien varastointita-sojen arvioinnille. Kriisejä on eritasoisia ja erityyppisiä. Ilman tarkkaa määrittystä, mistä kriisistä on kyse, on haasteellista myöskään antaa tarkkoja suosituksia. Tätä varten työssä tarkasteltiin menneitä kriisejä ja niiden vaikutuksia energiankulutukseen, pyrkien tunnistamaan näistä tekijöitä, joiden avulla huomioida ”krii-siajan kulutusta” arvioidessa Suomen tasolla.

Vuonna 2020 saapunut koronapandemia oli kriisi, jonka yhteydessä kansalaisten liikkumista rajoitettiin. Vaiku-tuksia on tutkittu niin joukkoliikenteen (HSL, 2021) kuin tieliikenteenkin osalta (A. Posti, opinnäytetyö 2021). Raskaassa liikenteessä kriisin ja sen aikaansaamien liikkumisen rajoitusten vaikutukset olivat pienempiä, lähes huomaamattomia, toisin kuin kevyemmässä, henkilöautoliikenteessä. Kansalaiset suuntasivat vapaa-ajan matkustusta ulkomaiden sijasta kotimaahan, joka vaikutti erityisesti lentoliikenteen kysynnän romahtamiseen. Kokoontumista ja liikkumista koskevat rajoitukset vaikuttivat työnteekoon ja vähensivät sään-nöllistä pendelöintiä kaluston täyttöasterajoitusten sekä niitä seuranneen etätyön yleistymisen vuoksi. Myös kaupunkien keskustoissa ajanvietto sekä jouk-koliikenteen käyttö laskivat merkittävästi. Käyttövoi-mien kulutukseen vaikutus tällaisella kriisillä oli selvästi laskeva suuressa osassa liikennemuotoja. Tavaraliiken-teeseen vaikutukset olivat pienimmät, eli tällaisessa kriisissä käyttövoimista dieselin kulutus ei välttämättä juuri muuttuisi, siinä missä henkilöautojen suosimia bensiniä ja sähköä sekä lentopetrolia kuluisi tällaisessa kriisissä vähemmän.

Vuonna 2022 Euroopassa koettiin ”energiakriisi” Venäjän tuontien energian vähentyessä pakotteiden vuoksi. Ener-giaa jouduttiin tuomaan kauempaa, uusilta toimittajilta ja perustamaan uutta paikallista energiantuotantoa. Tilastokeskuksen Energian hankinta ja kulutus- tilas-

tojen mukaan Suomen energiankulutuksesta n. 34 % oli Venäläistä energiaa ennen EU:n määräämiä pakot-teita Venäjää kohtaan ja kriisin aikana energian tuonti Venäjältä loppui käytännössä kokonaan. Liikenteen käyttövoimia ajatellen, öljyn kulutuksesta n. 67 % tuotiin Venäjältä ennen kriisiä. Akuutin kriisin aikana kyettiin turvautumaan toimittajan vaihdoksiin ja oman energi-antuotannon kasvattamiseen sekä kansalaisten aktiivi-suuteen sähkön säästämiseksi. Energiankulutuksessa näkyi lyhyt notkahdus vuodentakaisiin lukemiin (-5,1 %, valtaosa tästä vähenemästä tuli sähkön nettotuon-nista ja maakaasusta). Liikenteen energiankulutuksen vähenemä samaan aikaan -3,9 % oli hyvin linjassa muun energiankulutuksen kanssa, ja vähenemä tuli nimen-omaan tieliikenteen dieselin ja bensankulutuksesta. Jos tarkastellaan yksinomaan ”energiakriisiä”, ovat vaiku-tukset normaaliaikaan verrattuna vähäiset ja laskevat, ajureinaan hinnannousu ja rajallinen saatavuus.

Sodasta tai vastaavasta sotilaallisesta kriisistä Suomessa ei ole omakohtaisia kokemuksia kulutusmuu-toksista lähiajoilta, mutta havainnot Venäjän sodasta Ukrainassa erityisesti vuodesta 2022 alkaen osoittaa energian hinnan pyrkivän kasvamaan tällaisissa krii-seissä. Hinnan kasvuun vaikuttaa tyypillisesti korkea kysyntä tai epävarma tuotanto ja jakelu, joista jälkim-äinen arvioidaan tässä kohtaa todennäköisimmäksi ajuriksi. Epävarmuuksien ilmetessä seuraa luonnolli-sesti kysyntäpiikki; ihmiset haluavat varmistaa oman liikkumisensa, joka johtaa hamstraukseen kriisin alkupisteessä. Myös pakotteet ja sotilaalliset toimenpiteet ovat vaikuttaneet hintakehitykseen ja energian saata-vuuteen, sillä taloudellisilla painostustoimilla ja osalla sotatoimia on pyritty vaikuttamaan Venäjän talouteen energia-alan kautta. Näissä havainnoissa on monta muuttujaa, jotka osaltaan vievät johtopäätöksiä ristiin. Yhtäältä energiainfraa vaurioittamalla tai rajoittamalla energian saatavuus vähenee, jolloin sen hinta kasvaa. Toisaalta maailmankaupassa halutaan sitoa tuotteiden hinta mahdollisimman alas, jotta energia-alan kannat-tavuus laskisi, mutta alhaisempi hinta taas nostaa kysyntää.

Sotilaallisissa kriisissä vähemmän välttämättömät ajosuoritteet jäävät helposti tekemättä, joka väistä-mättä laskee kulutusta. Kulutusta saatetaan myös säännöstellä armeijan tarpeita varten, joka edesauttaa kulutuksen pitämistä maltillisempaan. Toisaalta jouk-kojen ja asemien perustaminen ja varustaminen vaatii merkittäviä panoksia myös kuljetuksiin. Mikäli halut-taisiin toteuttaa sekä normaaliolojen kaikki kuljetus-suoritteet, että kriisin vaatimat uudet kuljetustarpeet, vaatimukset ovat korkeammat ja osin epärealistiset. Kuljetuskalusto ei voi yhtä aikaa olla esimerkiksi puolus-tusvoimien lunastamana heidän ajotehtävissään sekä tavallisella normaaliaikaisella kuljetustehtävällään.

Näistä syistä on perusteltua arvioida paremman lähtötiedon puuttuessa, että normaalikulutusta vastaavan varastoinnin tulisi riittää myös kriiseihin. Kriisissä joko ei ole toivottavaa tai aina edes mahdollista toteuttaa normaaliolojen kuljetussuoritteita tyypillisissä määrin, kun kalustoa ja kuljetuksia halutaan allokoida kriisiajan tehtäviä ja toiminnallista valmiutta varten. Alun kysyntäpiikkiä (nk. hamstrausta) on pyrittävä ehkäisemään vaikuttamalla käyttäytymiseen ennalta.

2.5 Käyttövoimien kulutusennusteet

Sen lisäksi, että tarkasteltiin jo julkaistuja aineistoja lähtötietoina, työssä tuotettiin vaihteluvälin omaiset ennusteet liikenteen ja työkalujen käyttövoimien varastointitarpeesta vuosina 2035 ja 2045. Ennusteiden lähtökohtana on tarkasteluvuosille ennustetut olennaiset suoriteindikaattorit kullekin liikennemuodolle (esim. henkilö-, ajoneuvo- tai tonnikilometri; matkamäärä), joiden perusteella johdettiin liikennemuoto-kohtainen kysyntä kullekin käyttövoimalle sisältäen nyt laajalti käytössä olevat sekä tulevaisuudessa mahdollisesti kasvavat voimalllähteet. Laskentaa varten kunkin liikennemuodon suorite-ennusteet jaettiin osa-alueisiin (esim. henkilö-/tavaraliikenne, kaupunki-/kaukoliikenne, koti-/ulkomaanliikenne), jotta voitaisiin paremmin ottaa huomioon käyttövoimien kysynnän erilainen kehitys ja mahdollistaa eri osa-alueiden kriisiajan tarpeiden ottaminen huomioon.

Laskennassa arvioitiin myös ennusteisiin liittyvää epävarmuutta kolmipistearvioinnilla: kunkin suoriteosuuden ennusteelle määritettiin todennäköisimmän arvon lisäksi uskottavat minimi- ja maksimirajat, joiden väliin ennustettu arvo lähes varmasti osuu. Käyttövoimittain, liikennemuodoittain ja liikennejärjestelmän osa-alueittain jaettujen suoriteosuuksien oletettiin noudattavan näiden arvojen perusteella määritettyä kolmiojakaumaa, minkä pohjalta laskettiin arvio kunkin käyttövoiman yhteenlasketun kysynnän epävarmuudelle ennustevuosina.

Tulevaisuuden käyttövoimien kysynnän ja varastointitarpeen arvioinnissa käytettiin tukena erinäisiä ennusteita, tilastoja ja selvityksiä. Keskeisiä tietolähteitä olivat erityisesti seuraavat:

- Tilastokeskus: Tietilasto, Rautatietilasto, Kotimaan vesiliikenne, Ulkomaan meriliikenne, Energian hankinta ja kulutus
- Traficom/Moilanen ym.: Valtakunnalliset liikenne-ennusteet 2024
- Traficom: valtakunnallinen tavaraliikennemalli (kehitysvaiheessa)
- Traficom/Salanne ym.: MERIMA tuloraportti 2005–2021
- Traficom: Julkisen liikenteen suoritetilasto, Ajoneuvokantatilastot
- VN: PEIKKO-WEM-kulutuskertoimet
- VTT/Lauhkonen & Markkanen: Tieliikenteen ajoneuvokanta- ja päästöennuste 2023

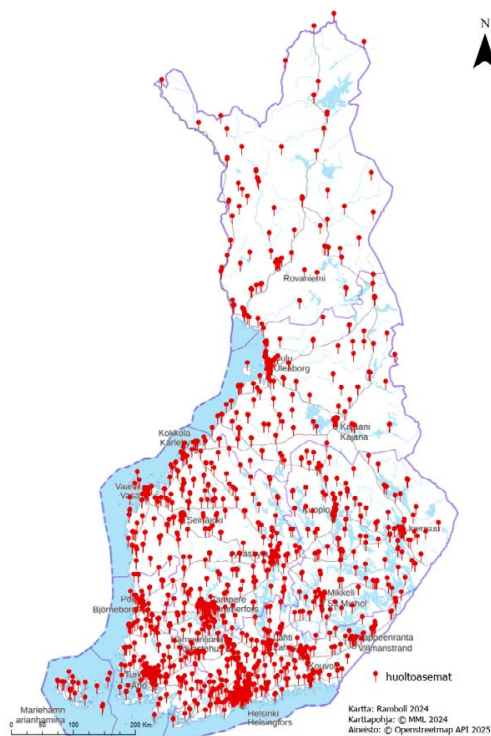
Laskennan tuloksena syntyneet arviot eri käyttövoimien kysynnälle ja varastointitarpeelle on esitetty liikennemuodoittain luvussa 8. Tarkemmat laskelmat ja oletukset ovat erillisessä taulukossa.

2.6 Rajaukset

Tutkimuskysymystä tarkennettiin aloituskokouksessa niin, että varastoinnin yksityiskohtainen käsittely rajautuu työn ulkopuolelle, ja että liikennemuotojen käyttämät käyttövoimat eivät sisällä tukitoiminnoissa käytettäviä käyttövoimia vaan ainoastaan nk. liikkuvan kaluston. Haastattelujen toteutussuunnitelmaa säädettiin siten, että pelkkien poolisihteerien sijaan haastateltiin myös kunkin poolin vastuualan keskeisiä toimijoita.

3. Käyttövoimien saatavuus, varastointi ja jakelu

Suomessa jaellaan liikenteen käyttöön monipuolisesti eri energialajeja ja vielä nykyisin jakeluverkko on sijoittunut melko kattavasti ympäri maata tällä hetkellä, kun siirtymä vaihtoehtoihin käyttövoimiin on vasta alkanut. Tulevaisuuden näkymät ennakoivat nykytilaan verraten kuitenkin jakeluverkon harvenemista, erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa, jossa verkosto on jo nyt muuta maata harvempaa. Päivityksenä edellisen selvityksen tilanteeseen vuonna 2021, liikennesähkön jakeluverkko on maanlaajuisesti jo nyt varsin kattava myös pikala-
tauksen osalta. Liikennekaasu on siirtynyt fossiilisesta biopohjaiseksi (LNG:stä LBG:hen) ja jakeluasemia sekä tuotantoa on perustettu jonkin verran lisää. Kuvassa 1 alla on esitetty huoltoasemat Suomessa. Näillä jaellaan tyypillisesti fossiilisia polttoaineita, osassa myös esimerkiksi biodieseliä, ja sijainneiltaan ne ovat lähtökohtaisesti toivottuja paikkoja myös muiden vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluun. Olemassa olevissa huoltoasemakohteissa on tyypillisesti valmiiksi liikkujien toivomia oheispalveluita, joille on kysyntää lataus- tai tankkaustapahtuman yhteydessä, jolloin pidetään usein myös ajo- ja lepoaika-asetuksen mukainen tauko tai vuorokausilepo. EU on antanut asetuksen, joka koskee turvallisia raskaan liikenteen taukopaikkojen perustamista TEN-T-tieverkolla. Näillä tulee olla AFIR-asetuksen mukaan myös sähkön latausmahdollisuus raskaalle kalustolle.

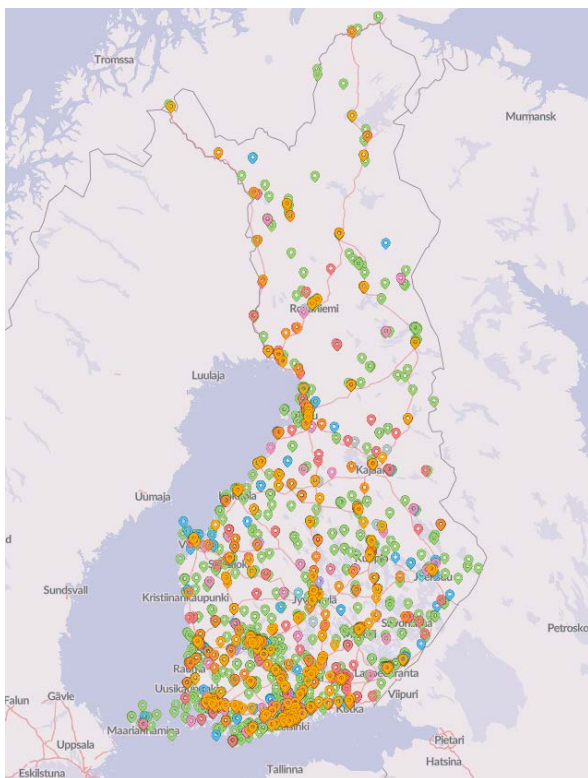


Kuva 1. Huoltoasemat Suomessa selvityshetkellä v. 2025.

Liikennekaasujen jakeluasemat on esitetty alla kuvassa 2. Kaasujen jakelu on painottunut pääteiden varsille, muutamaan liikenteen solmukohtaan ja alueellisesti tarkasteltuna maan eteläosiin. Vedyn jakeluasemia ei vielä nykytilassa ole lainkaan. Muutamat suunnitelmat vetyasemista on julkaistu. Liikennesähkön latausasemat on esitetty kuvassa 3. Sähkön latausasemaverkko on sellaisenaan jo hyvin kattava. On kuitenkin syytä huomioida, että kaikki liikennesähkön jakeluasemat eivät sovellu puutteellisten tilojen tai pihan ajorjestelyjen tai asematoimijoiden toiveiden puolesta raskaan liikenteen kaluston käytettäväksi sellaisenaan. Väärin latauspisteelle pysäköinti voi mm. estää muuta pihan liikennettä liikkumasta suunnitellulla tavalla ja siten aiheuttaa haittaa kohteen muulle liiketoiminnalle. Suurista toimijoista Neste on ilmoittanut, että latausasemat on mitoitettu sallimaan myös raskaan kaluston lataus kohteessa.



Kuva 2. Liikennekaasun jakeluasemat Suomessa selvityshetkellä v. 2025.



Kuva 3. Latausasemat Suomessa selvityshetkellä v.2025

Työssä järjestetyissä poolien asiantuntijahaastattelussa ennakoitiin liikenteen käyttövoimasiirtymän vaikuttavan myös nykyiseen käyttövoimien jakeluverkkoon. Sähkön jakelun ja sähköverkon tilan nähtiin entisestään paranevan. Tilannettamme pidettiin jo nyt kilpailuetuna muuhun Eurooppaan verraten. Kaasun jakelua arvioitiin tulevaisuudessa erityisesti Itä- ja Pohjois-Suomessa paikallisen tuotannon yhteyteen (maatalous). Kaasuverkon laajentamiselle on myös suunnitelmia. Vedyn jakelusta ja vetyputkiverkosta on niin ikään suunnitelmia olemassa, mutta niitä ei ole juurikaan julkistettu, suunnitelmat indikoisivat kattavaa jakeluverkostoa.

Haastatteluissa ennakoitiin käyttövoimasiirtymän vaikuttavan myös nykyiseen energiajakeiden varastointiin. Luolavarastoinnin ei nähty soveltuvan kaikille käyttövoimille, esteenä oli varastointiaika ja vaadittavat varaston ominaisuudet. Tuotteita ei voinut varastoida vuotta kauempaa (benssiini) tai luolavarastojen olosuhteissa (FAME- pohjaiset polttoaineet). Kaasujen varastoinnin nähtiin kuluttavan energiaa, koska varastoinnin olosuhteet pitää saada pidettyä sopivina; Erityisesti tämä koskee nesteytettyä kaasua. Lisäksi varastointi on dieseliin verrattuna kalliimpaa. Sähkön varastoinnin akkuihin nähtiin vievän merkittävästi tilaa. Varavoima ja paikallinen sähköntuotanto voisi olla parempi ratkaisu myös haastateltujen mielestä. Sähköverkon käyttöä nähtiin hankalaksi rajoittaa vain esimerkiksi liikenteen tarpeisiin, mikäli kyseessä ei ole oma erillinen suljettu

systeemi. Sähkölle olisi kriisitilanteessa paljon muitakin käyttäjiä kuin liikenne. Haastatteluissa toivottiin suurempaa valtio/HVK-vetoisuutta toimintaan, koska varastointi sitoo jo nyt merkittävästi pääomia ja tuottaa pääomakustannuksia yhtiöille.

Käyttövoimien jakelutilaston mukaan vuoden 2023 liikenteen energian kokonaiskulutus oli noin 3 854 ktoe. Suurimman osan energiankulutuksesta vie tieliikenne, mutta WEM-Peikko-ennusteessa sen osuuden ennakoidaan laskevan merkittävästi tulevina vuosina, ks. kuva 4 alla.

Tieliikenne (92 %)

- Dieselpolttoaine 2 256 ktoe
- Moottoribensiini 1 188 ktoe
- Sähkö 57 ktoe
- Biokaasu 31 ktoe

Kotimaan vesiliikenne (4 %)

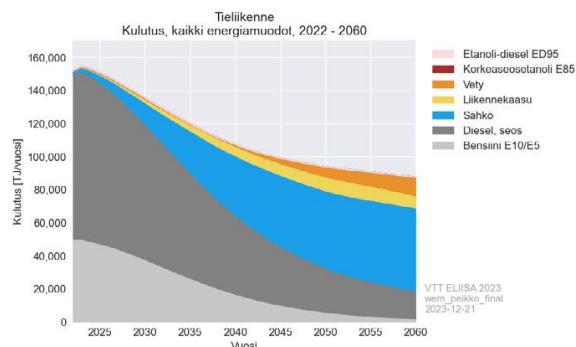
- Kevyt polttoöljy 95 ktoe
- Bensiini 35 ktoe

Kotimaan lentoliikenne (3 %)

- Lentopetroli 101 ktoe

Raideliikenne (2 %)

- Sähkö 57 ktoe
- Kevyt polttoöljy 15 ktoe



Kuva 4. Tieliikenteen kulutus energiamuodoittain, WEM-Peikko-taulukot

4. Tieliikenteen käyttövoimien kehitys

Tieliikenteen muutoksista keskusteltiin asiantuntija-ryhmissä poolisihteerien koollekutsumissa haastatteluissa. Haastatteluissa oli edustettuina alan yhtiöitä, jotka tekevät HVK:n ja poolien kanssa yhteistyötä huoltovarmuusasioissa.

Haastatteluilla täsmennettiin relevanttien sidosryhmien näkemyksiä ja tarkennettiin ennusteiden soveltuvuutta huoltovarmuustoiminnan näkökulmasta tulevaisuuden kehityksen ajatteluun. Yleensä ottaen sähköistymiskäytöstä pidettiin realismina, mutta ennusteissa esitetyn käyttövoima siirtymän nopeus erityisesti viime vuoden toteutumaan peilaten vaikutti liian suurelta useasta haastattelusta. Tilanne voi jatkuessaan tarkoittaa, että ennusteen lukemiin ei tulla päätyään ennusteen aikataulussa.

Haastatteluissa todettiin, että huoltovarmuusvarastoitavia tuotteita tulisi olla myös tarvittavat lisäaineet ja varaosat. (Varaosat, renkaat, AdBlue-lisäaine, voiteluaineet.) Nykytoiminnassakin viiden kuukauden polttoaineiden saatavuutta ja nykymallin toimivuutta epäiltiin haastatteluissa hieman, eli prosessien harjoitteluun ja jalkauttamiseen tulisi panostaa nykyistä enemmän niin, että epäilykset hälvenisivät. Jos harjoituksissa ja laskelmissa todettaisiin puutteita, niihin tulisi reagoida asianmukaisesti esimerkiksi vaikuttamalla varastointimääriin tai prosessiin.

Huoltovarmuuskeskukselta toivottiin suurempaa ja aktiivisempaa roolia. Pohdittiin myös, tulisiko jossain vaiheessa hankkia fossiililla polttoaineilla operoitavaa kalustoa huoltovarmuussyistä, että tietyt vaikeat tehtävät mm. väestön massaevakuoinnit onnistuvat myös tulevaisuudessa.

Kuva 5. Synteesiä poolihaastatteluiden näkemyksistä

Synteesiä näkemyksistä vihreään siirtymään ja huoltovarmuusvarastointiin

Vihreää siirtymää ajatellen vahvuuksia Suomessa kansainväliselläkin tasolla vertaillen ovat sähköverkon ja -tuotannon hyvä tilanne ja näkymät sekä valmis biopohjaisten polttoaineiden tuotanto- ja jalostuskyky.

Kaikkia käyttövoimia ei ole nykyisen kaltaisen helppoa varastoida huoltovarmuuden tarkoituksiin. Akut vievät tilaa ja osa kevyemmistä polttoainelajeista heikkenee varastointiajan saatossa ja nesteytettyjen kaasujen varastointi kuluttaa energiaa olosuhteiden ylläpidossa.

Diesel nähtiin olevan hallitseva käyttövoima vielä kauan erityisesti raskaassa liikenteessä ja sen pitkämatkaisissa kuljetuksissa. Myös sääntelyn hitaus voi tuottaa ongelmia, esim. ADR -kuljetuksien osalta. Kevyemmät ajoneuvot kuljetuspuolellakin sähköistyvät nopeasti.

Kotimaan liikenteessä ajoneuvojen liikkumiseen käyttämän energian määrä on ollut laskeva ja ennakoitaan edelleen jatkavan sellaisena Peikko-WEM-tutkimusraportissa. Vuonna 2018 kotimaan liikenteen loppuenergiankulutus oli noin 4 300 ktoe, vuonna 2022 noin 3 630 ktoe. Aiemmassa selvityksessä ennakoitiin vuodelle 2040 tieliikenteen osuuden vaihteluväliksi 1 630–2 800 ktoe.

Tieliikenteen käyttövoimia arvioitiin Hiisi2035- ohjelman PEIKKO-WEM (With Existing Measures) – perusskenaarion avulla vuosille 2035 ja 2045. Perusskenaarion liitetaulukoiden tuottamisessa oli hyödynnetty VTT-ELIISA-mallin laskentatuloksia. Taulukko-ote alla kuvaa energiankulutusta polttoainekomponentteittain. WEM-perusskenaariossa kokonaiskulutuksen vuonna 2035 arvioitiin olevan noin 2866 ktoe, vuonna 2040 noin 2 555 ktoe, vuonna 2045 noin 2364 ktoe ja vuonna 2050 enää noin 2 221 ktoe.

Tieliikenteen energiantarpeen ennakoitaan ao. mukaan laskevan vuoteen 2035 mennessä n. 24 % ja vuoteen 2045 mennessä n. 37 % viimeisestä mittausvuodesta (2021). Merkittävimmät vähenemät vuoteen 2021 verrattuna kohdistuvat vuonna 2035 dieseliin (- 1 026 ktoe) ja bensiiniin (- 590 ktoe). Merkittävin kasvu vuoteen 2035 kohdistuu sähköön (+ 587 ktoe). Pieniä muutoksia tunnistettiin biokaasulla (+ 90 ktoe) ja biodieselillä (+ 52 ktoe). Vuoteen 2045 mennessä myös biopolttoaineiden kysyntä laskee ennusteessa.

Kuva 6. Kokonaisenergiankulutuksia



Taulukko 1. Tieliikenteen energiankulutus jakeittain

Vuosi	Bensiini	Diesel	Maakaasu	ED95:n lisäaine	Biodiesel (HVO)	Biokaasu	Etanoli	Sähkö	Vety	Summa, fossiiliset polttoaineet (Bensiini, diesel, maakaasu, ED95-lisäaine)	Summa, biopolttoaineet (Biodiesel, Biokaasu, Etanoli)	Summa, uudet polttoaineet (sähkö ja vety)	Summa, tieliikenne kaikki
2021	1 135	1 941	10	0	554	12	109	20	0	3 085	676	20	3 781
2022	1 073	1 954	0	0	420	27	120	34	0	3 028	567	34	3 629
2023	1 064	2 083	0	0	342	32	122	56	0	3 147	496	56	3 699
2024	1 032	1 522	0	0	861	36	122	80	0	2 555	1 019	80	3 654
2025	1 000	1 459	0	0	868	41	123	108	0	2 459	1 031	108	3 599
2026	966	1 428	0	0	834	47	123	140	0	2 395	1 004	141	3 540
2027	927	1 358	1	0	831	53	122	176	0	2 285	1 006	176	3 468
2028	881	1 288	1	0	824	59	120	216	1	2 169	1 003	217	3 389
2029	836	1 220	1	0	813	66	118	262	2	2 056	997	264	3 317
2030	786	1 119	1	0	831	72	112	315	3	1 906	1 014	318	3 238
2031	736	1 078	1	0	785	78	104	371	4	1 815	967	375	3 157
2032	687	1 037	1	0	740	84	97	429	5	1 725	921	434	3 080
2033	640	996	1	0	695	90	90	488	8	1 637	875	496	3 007
2034	591	956	1	0	650	96	83	548	10	1 548	829	558	2 936
2035	545	915	1	0	606	102	76	607	14	1 461	783	621	2 865
2036	501	875	1	0	562	108	69	664	18	1 377	740	682	2 798
2037	456	837	1	0	519	115	63	717	23	1 294	697	740	2 731
2038	414	800	1	0	478	122	57	768	29	1 216	656	796	2 669
2039	376	767	1	0	439	129	51	815	35	1 144	619	850	2 613
2040	341	736	1	0	403	135	46	859	43	1 078	585	902	2 564
2041	306	705	1	0	367	142	41	899	51	1 013	550	950	2 513
2042	275	677	1	0	334	148	37	936	60	953	519	996	2 469
2043	248	650	2	0	304	154	33	971	71	899	491	1 042	2 432
2044	222	625	2	0	275	161	30	1 001	83	849	465	1 084	2 398
2045	199	601	2	0	247	167	26	1 029	96	801	441	1 125	2 367

Käyttövoimasiirtymän osalta taustalla vaikuttaa osaltaan EU:n lainsäädäntö vähäpäästöisen kaluston lisäämiseksi. Esimerkiksi raskaan kaluston osalla, kuljetukset ajetaan sellaisilla ajoneuvoilla, mitä on saatavilla ja jotka täyttävät ajotehtävän asettamat vaatimukset. Regulaatio vaikuttaa sekä ajoneuvojen hankkimiseen että valmistukseen, sillä esimerkiksi julkisen liikenteen kilpailutuksessa on päästöttömyys- tai päästövähennysvaateita ja ajoneuvovalmistajia koskeva sääntely ohjaa heitä sakkojen uhalla tuottamaan vähäpäästöisempää kalustoa.

Mikäli oletetaan markkinan mukautuvan asetuksen (2024/1610) vaatimuksiin, kuten oikealla on esitetty, on uusien ajoneuvojen markkina valtaosin vähäpäästöinen jo kauan ennen vuotta 2050. Vielä vuonna 2035 vaikutukset eivät vielä juurikaan näy raskaan liikenteen ajoneuvokannassa. Vuonna 2045 vaikutukset näkyvät merkittävästi. 2035 alkaen, suurin osa uudesta kalustosta on vähäpäästöistä; sähkö- tai myöhemmin vetäytymisestä.

Lisäksi mainittakoon, että EU:n asetuksen 2024/1610 vaatimuksia ei sovelleta asevoimien käyttöön rekisteröityihin raskaisiin hyötyajoneuvoihin, jos jäsenvaltio päättää olla raportoimatta niistä liitteessä IV olevan A osan mukaisesti, eikä väestönsuojelupalvelujen, palolaitosten tai yleisestä järjestyksestä vastaavien voimien tai kiireellisen sairaanhoidon palvelujen käyttöön, jos jäsenvaltio ilmoittaa asiasta rekisteröinti- ja raportointiprosessissa ja vahvistaa liitteessä IV olevan A osan mukaisesti raportoiduissa tiedoissa, että nollapäästöinen raskas hyötyajoneuvo ei sovellu raskaan hyötyajoneuvon käyttötarkoitukseen ja että tämän vuoksi on yleisen edun mukaista rekisteröidä raskas hyötyajoneuvo, jossa on polttomoottori, tätä tarkoitusta varten.

Taulukko 2. EU-lainsäädännön tavoitteita raportointikausittain

Hiilidioksidivähennystavoitteet raportointikausittain ja ajoneuvoryhmittäin	2025-2029	2030-2034	2035-2039	2040 alkaen
Keskiraskaat kuorma-autot	0	43%	64%	90%
Raskaat kuorma-autot >7,4 t	0	43%	64%	90%
Raskaat kuorma-autot >16 t, akselikonfiguraatio 4x2 tai 6x4	15%	43%	64%	90%
Raskaat kuorma-autot >16 t, akselikonfiguraatio erityistyyppinen	0	43%	64%	90%
Kaukoliikenteen linja-autot	0	43%	64%	90%

Taulukko 3. EU-lainsäädännön tavoitteita raportointikausittain

Nollapäästöisiä raskaita hyötyajoneuvoja koskevat velvoitteet raportointikausittain ja ajoneuvoryhmittäin	Ennen vuotta 2030	2030-2034	2035-2039	2040 alkaen
Kaupunkiliikenteen linja-autot	0	90%	100%	100%

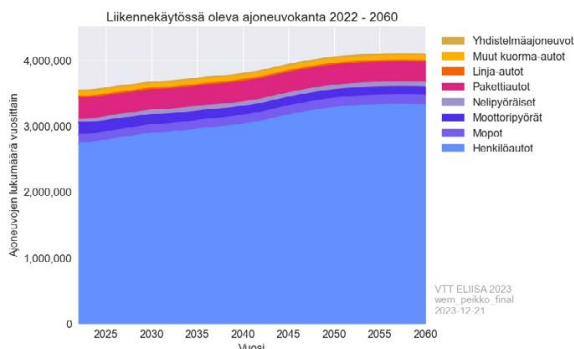
Taulukko 4. EU-lainsäädännön tavoitteita raportointikausittain

Ajoneuvoluokka; vaihtoehtoisten käyttövoimien (sähkö+kaasu+hybridit+vety) osuus ajoneuvokannasta	2022	2035	2045
Henkilöautot	6 %	56 %	87 %
Linja-autot	5 %	46 %	66 %
Pakettiautot	1 %	35 %	76 %
Muut kuorma-autot	0 %	11 %	31 %
Yhdistelmäajoneuvot	0 %	15 %	38 %

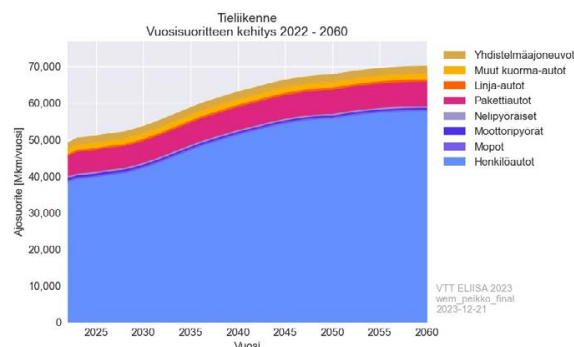
Seuraavaksi esitellään ajoneuvoluokittaisia tilastoja ja graafeja. WEM-P-ennusteessa suorite kasvaa lähinnä henkilöautoilla henkilöliikenteessä:

- Ajoneuvokanta yleisesti vaikuttaisi kasvavan, ja sen käyttövoimaosuudet muuttuvat selvästi vaihtoehtoisten suuntaan alkaen kevyemmistä ajoneuvoista ja raskaiden osalta aluksi sopivimmissa käyttötapauksissa kuten jakelukuljetuksissa.
- Ajoneuvokanta kasvaa ennusteessa hitaammin vuosisuoritteeseen verrattuna. Toisin sanoen, tarkasteluajana hankittavalla ja tuolloin olemassa olevalla kalustolla ajetaan ennusteessa vuositasona enemmän kuin vertailuhetkessä nykykalustolla ajettiin nykypäivänä. Viimeinen mittaavuosi aineistossa on vuosi 2021, johon verrattuna:
- Ajoneuvokanta kasvaa vuosiin 2035 ja 2045 mennessä 6 ja 12 %
- Vuosisuorite kasvaa vuosiin 2035 ja 2045 mennessä 21 ja 37 %.

Kuva 7. Tieliikenteen vuosisuorite.
Lähde: Peikko-WEM-tilastot



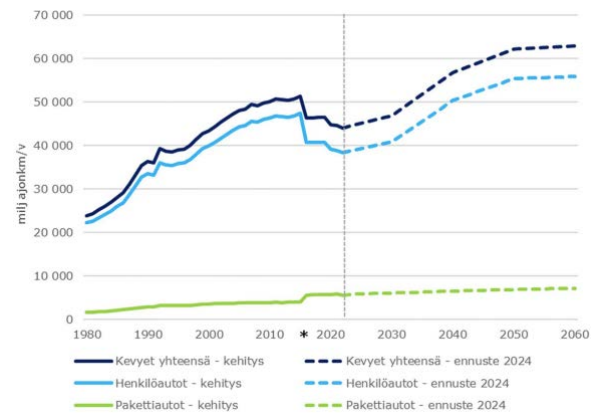
Kuva 8. Tieliikenteen ajoneuvokanta.
Lähde: Peikko-WEM-tilastot



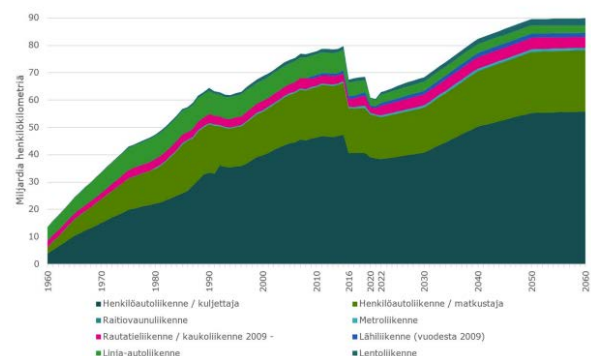
Seuraavaksi esitellään Suomen sisäisen henkilöliikenteen tilastoja ja graafeja:

- Henkilöliikenteen kotimaan kokonaissuoritteen (henkilökilometrit; ei sisällä kansainvälistä henkilöliikennettä) arvioidaan kasvavan vuoden 2022 – edelleen koronan ja energiakriisin vaikuttavasta - tasosta noin 42 % vuoteen 2060 mennessä
- Julkisen liikenteen suoritteiden kehityksen osalta pitkämatkaisen rautatieliikenteen arvioidaan kasvavan vuosina 2022–2060 noin 12 prosenttia.
- Kevyiden ajoneuvojen liikenne kasvaa koko ennustejakson aikana vuoteen 2060 asti. Nopeinta kasvu on ennen vuotta 2030, jolloin keskimääräinen vuosikasvu on noin 1 %. Ennustejakson lopulla vuosina 2050–2060 keskimääräinen vuosikasvu on noin 0,5 %

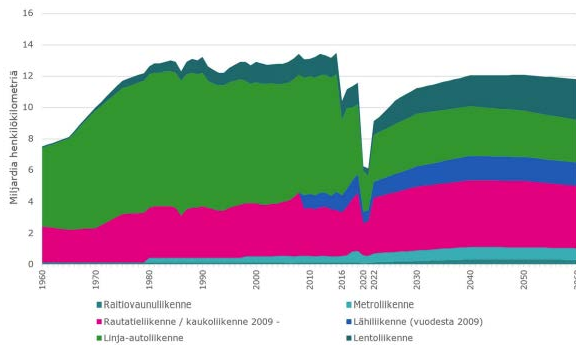
Kuva 9. Ajosuoritetilasto ja ennuste kevyet hyötyajoneuvot, valtakunnallinen liikenne-ennuste



Kuva 10. Ajosuoritetilasto ja ennuste liikennemuodot, valtakunnallinen liikenne-ennuste



Kuva 11. Ajosuoritetilasto ja ennuste joukkoliikenteessä, valtakunnallinen liikenne-ennuste

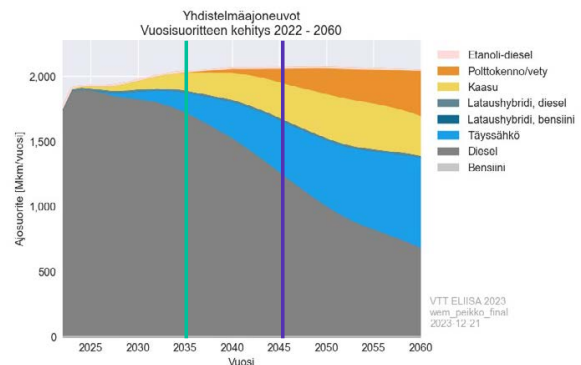
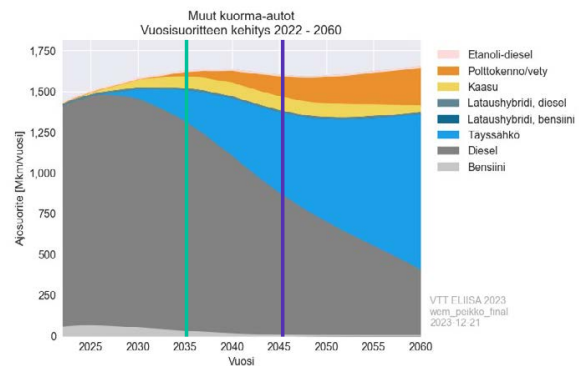
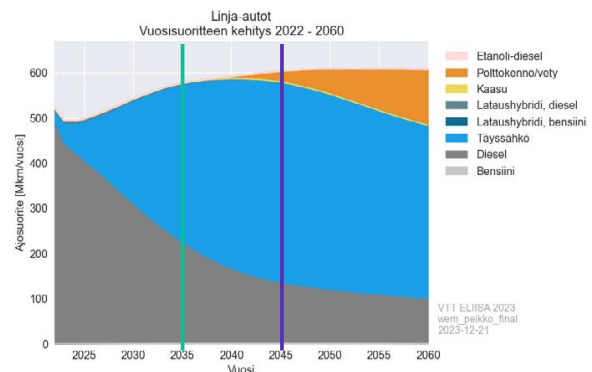


Ajosuoritteiden kehitystä tarkasteltiin ajoneuvoluokittain myös WEM-Peikko-ennustetaulukkoista. Henkilöauto- ja pakettiautoliikenne mukailee pikemminkin linja-autojen kuin muiden raskaiden ajoneuvojen kehitystä, ks. kuva 12. Muutokset raskaassa liikenteessä vuoteen 2035 ovat vielä varsin pieniä, mutta siitä alkaen sähkö muodostaa jo merkittävän osan. Linja-autojen kuorma-autoja selvästi nopeampaa muutosta selittää erityisesti kaupunkien paikallisliikenne, jota jo nyt operoidaan kasvavissa määrin sähköisenä. Lyhyet ajotehtävät ovat tyypillisesti helpompia sähköistä kuin pitkät, ja ne ovat pienemmille ajoneuvoille tyypillisempiä. Nämä johtavat siihen, että sähköistyminen alkaa pienemmistä ajoneuvoluokista. Sähkö mahdollistaa edullisen operoinnin ja ajamisen. Tämä lisää ajosuoritteita erityisesti henkilöautoluokassa. Tavara-liikenteen operoinnissa sähkön käytön edullisuuteen vaikuttaa mm. se, että pystytäänkö sähkökalustolla hoitamaan kuljetusjärjestelmä yhtä edullisesti ja yhtä suurella kalustomäärällä kuin esimerkiksi dieselkalustolla. Lyhytmatkaisessa kevyemmällä kalustolla hoidettavassa jakeluliikenteessä sähkö käyttövoimana yleistyyne edelleen varsin nopeasti.

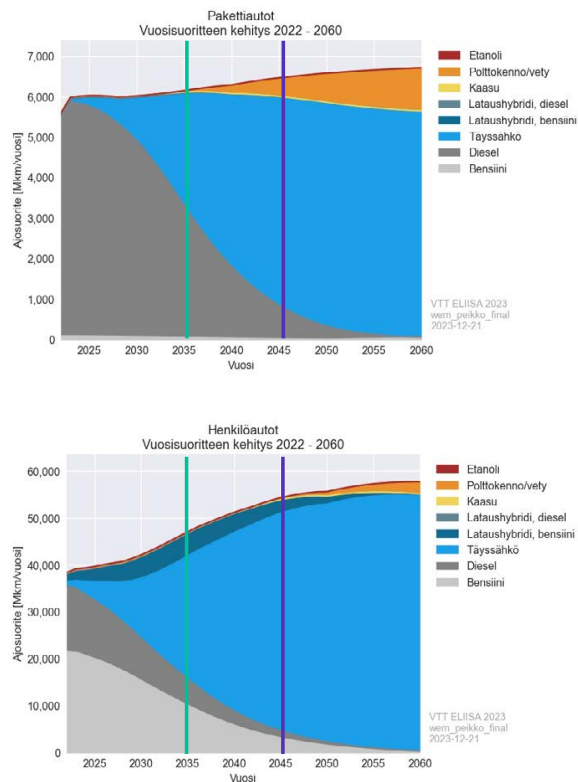
- Ajettaisiinko tulevaisuudessa enemmän kuin mihin aiemmin on tyydytty, kun siihen on "varaa"? Esim. kasvava kotimaan matkustus, maalle- tai kauemmas esikaupunkiin kohdistuva muuttoliike ovat taloudellisesti mahdollisempia henkilöauton operointikustannuksen laskiessa. Vuonna 2035 vielä melkein puolet suoritteesta voitaisiin tehdä ilman sähköä, mutta 2045 ja eteenpäin enää hyvin pieni osa. Toisaalta verotuksen reformit voivat hyvin muuttaa tilannetta sellaiseen suuntaan, että tätä kustannusetua ei olisi enää saatavilla tässä suuruudessa, alentaen taas kysyntää.

- Lataushybridit näyttäisivät jäävän ennusteessa välikauden teknologiaksi, mikä lisäksi osaltaan heikentää nestemäisten polttoaineiden kysyntää tulevaisuudessa. Lataushybrideitä voisi operoida bensiinillä tai dieselillä ilman sähkölatausmahdollisuutta, toisin kuin täyssähköajoneuvoja. Ennusteen aineiston perusteella ei voi luottaa, että kevyempi ajoneuvokalusto kauempaa tarkasteluvuonna 2045 enää juurikaan liikkuisi ilman sähkön saatavuutta, ks. kuva 13.

Kuva 12. Raskaiden hyötyajoneuvojen vuosisuoritteiden ennuste, WEM-Peikko taulukot. Korostus oma.



Kuva 13. Kevyiden hyötyajoneuvojen vuosisuoritteiden ennuste, Peikko-WEM-taulukot. Korostus oma.

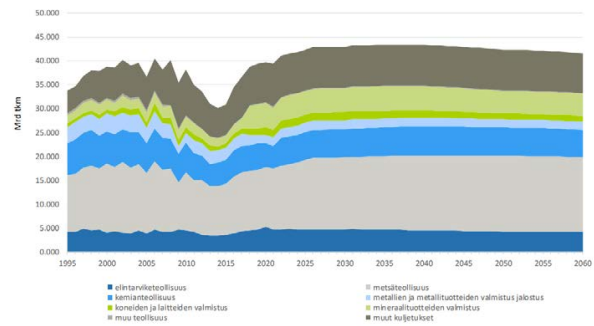


Seuraavaksi esitellään Suomen sisäisen tavaraliikenteen tilastoja ja graafeja:

Tavaraliikenteen kotimaan kuljetussuoritteiden (tonnikilometrit; ei sisällä ulkomaankaupan meriliikenneosuutta eikä transitoliikennettä rautateitse) arvioidaan kasvavan vuoden 2021 tasosta noin 7 % vuoteen 2030 mennessä. Vuoden 2030 jälkeen kokonaissuoritteiden määrä pienenee ja vuonna 2050 kuljetussuorite vastaa likimain nykyistä. Kuljetusten kasvu jää 2010-luvulla vallinneen trendin mukaisesti selvästi hitaammaksi kuin Suomen bruttokansantuotteen ja teollisuustuotannon arvon kehitys.

Raskaiden ajoneuvojen ajosuorite kasvaa ennustejaksolla vuoteen 2040 asti, minkä jälkeen suoritukset vähenevät. Raskaiden ajoneuvojen ajosuorite on suurimmillaan 13,2 % nykyistä suoritetta (2022) suurempi vuoden 2040 tilanteessa. Kuorma-autoliikenteen suorite kasvaa enimmillään n. 12,8 %.

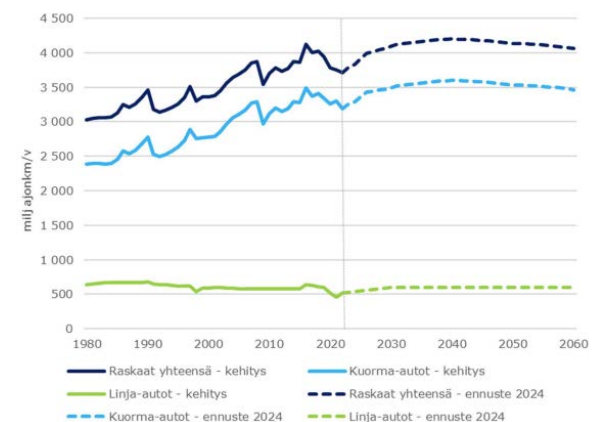
Kuva 14. Tavaraliikenteen tilasto. Kotimaan kuljetussuorite tonnikilometreittäin.



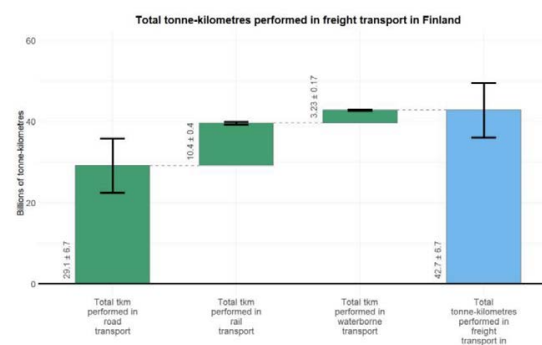
Kuva 15. Tavaraliikenteen tilasto. Kotimaan kuljetussuorite tonnikilometreittäin.

	2022	2030	2040	2050	2060
Vesitiekuljetukset (mrd. tkm/v)	2.0	2.5	2.4	2.3	2.1
Rautatiekuljetukset (mrd. tkm/v)	9.7	8.3	8.3	8.4	8.4
Tiekuljetukset (mrd. tkm/v)	29.0	32.2	32.5	31.7	31.1

Kuva 16. Ajosuoritetilasto ja ennuste raskaat hyötyajoneuvot, valtakunnallinen liikenne-ennuste



Kuva 17. Tavaraliikenteen tonnikilometrit Suomessa, virhemarginaaleineen.



5. Vesiliikenteen käyttövoimien kehitys

Vesiliikenteen osalta toimijahaastatteluilla saatiin näkemyksiä tulevaisuuden kehityksestä. Näyttää siltä, että biometaani ja e-metaani tuotantolaitos hankkeita on jo käynnissä Suomessa, joten siihen tultaneen panostamaan Suomessa. Metaanin etuna on olemassa oleva jakeluinfra, kuten varastoja ja nesteytyslaitoksia.

E-metanolille nähtiin tarvittavan vähemmän energiaa valmistamiseen kuin e-metaanin valmistamiseen, esim. vedyn osuus on tuolloin pienempi, jolloin valmistus on edullisempaa. Mutta Suomessa ei nähty olevan riittävää varastointi- tai jakeluinfraa ammoniakille tai metanolille, joita ei ainakaan tällä hetkellä käytetä suuressa mittakaavassa teollisuuden puolella. Jos aine on laajamittaisesti tulossa käyttöön, maailmalla varmaan jo onkin, nähtiin tarpeelliseksi olla valmiudessa rakentaa metanolin jakeluinfraa täälläkin. Sama pätee ammoniakkiin.

Haastattelussa käsiteltiin tulevaisuuden näkymiä kehityksen tasosta ja muutoksen vauhdista. Vaihtoehtoisten polttoaineiden laajempi käyttö nähtiin haastavana ennen vuotta 2030. Jos kehitys menee nykypolkua, v. 2030 jälkeen tulee paremmat mahdollisuudet käyttäällä vaihtoehtoisia käyttövoimia, ja lisäksi regulaatio tukee markkinoiden syntyä ja vaikutukset alkavat näkyä pikkuhiljaa. Haastattelun tavoitteena vuodelle 2040 on *net-zero-operations* eli operoinnin nettonollapäästöt. Tuosta vuodesta ja etenkin vielä siitä eteenpäin nähtiin vaihtoehtoisten polttoaineiden kulutusmäärien olevan merkittäviä. Ensin ne tulevat matkustaja-aluksiin, sitten kontti-, ja lopuksi irtorahtialuksiin.

IMO:n päätetyn päästövähennystavoitteen mukaan vuonna 2030 5–10 % alusten käyttämästä energiasta tulisi olla peräisin nolla- tai lähes nollapäästöistä lähteistä tai teknologioista. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tuo osa aluksen käyttämästä polttoainemäärästä ja siten sen energiasisällöstä pitää tulla e- polttoaineista tai biopolttolaitteista, tai maasähköstä, jos sitä on tarjolla satamassa.

Meriliikenteen käyttövoimia ei voitu arvioida Hiisi2035-ohjelman PEIKKO-WEM (With Existing Measures) –perusskenaarion avulla. Tuossa skenaariossa kotimaan vesiliikenteeksi rajataan kuuluvaksi kotimaan satamien välinen liikenne sisävesi- ja merialueilla, eikä ulkomaille tai ulkomailta suuntautuvaa vesiliikennettä huomioitu. Huoltovarmuudelle ulkomaille ja ulkomailta suuntautuva vesiliikenne on kuitenkin erittäin tärkeää, joten sitä tarkasteltiin eri lähteiden avulla. LVM:n raportissa *Meriliikenteen vaihtoehtoiset käyttövoimat* ennakoitaan, että mitään käsiteltyä polttoainetta ei voida sulkea pois sopimattomana Itämeren liikenteeseen, mutta synteettisten polttoaineiden osalta kehitys on painot-

Kuva 18. Synteesiä poolihaastatteluiden näkemyksistä

Synteesiä näkemyksistä vihreään siirtymään ja huoltovarmuusvarastointiin

Hintojen ei lyhyellä aikavälillä nähty tukevan synteettisen käyttöä. Biopolttolaitteissa mahdollisuus.

Jakeluinfrakustannuksissa olisi mahdollista säästää, mikäli tätä rakennetaan yhteistyössä lähinaapurimaiden kanssa. Valtiojohtainen metanolihanke (esim. jäänmurtajat) voisi saada mukaan myös pienempiä laivayhtiöitä, joiden kaupallinen riskinotto on valtiotahoa rajallisempi.

Suomessa e-metanolin ja e-metaanin valmistukseen olisi otolliset edellytykset ja ympäristö. Voidaan tuottaa edullisesti sähköä ja on biogeenistä CO₂:ta saatavilla teollisuudesta, joka auttaa paljon, muualla biogeenisen CO₂ saatavuus suurin haaste. Anekdoottina Maersk tilasi määrätietoisesti metanolikäyttöisiä konttialuksia, ja sai alkuliikkeen uusiutuvan metanolin hankkeille maailmalla. Eivät kuitenkaan jatkaneet näitä tilauksia, vaan joutuivat seuraavissa laivasarjoissa valitsemaan moottoreiden polttoaineeksi LNG:n, koska eivät kyenneet hankkimaan tarvittavia määriä metanolipolttoaineita. Saatavuus on ongelma jo nyt, kun kysyntä on matalaa verrattuna tulevaan, tuotanto on pullonkaula.

tumassa yksinkertaisimpiin synteettisiin polttoaineisiin; metanolin ja ammoniakkiin. Haastattelussa nähtiin, että biopolttolaitteiden kaltaisten monimutkaisempien hiilivetyjen valmistaminen synteettisesti on kalliimpaa ja energiahävikki suurempaa kuin yksinkertaisemmilla yhdisteillä. Luokituslaitos DNV:n arvioin perusteella maailman meriliikenteessä biopolttolaitteita otetaan käyttöön vuodesta 2025 alkaen ja niiden käyttö on suurimmillaan, kun tieliikenne on sähköistynyt, mikä vapauttaisi biopolttolaitteita meri- ja lentoliikenteen käyttöön.

Hybridikäyttöisten ratkaisujen arvioitiin yleistyvän laajamittaisesti vesiliikenteessä vuoteen 2050 mennessä ja täyssähköisten alusten osuuden nähdään myös kasvavan. Eri alusluokista korkein sähköistymispotentiaali on ”muut matkustaja-alukset” -luokkaan kuuluvilla laivoilla, joiden bruttovetoisuus on keskimäärin pieni, ja alukset kulkevat pääasiassa säännöllisessä linjaliikenteessä. Täyssähköiset alukset soveltuvat lähtökohtaisesti harvoille reiteille, missä akustoista saatava teho pystyy kattamaan koko tehontarpeen ja aluksen satamassa viettämä aika riittää akuston lataamiseen. Laivayhtiöiden nähtiin tilaavan nykyisin tyypillisesti monipolttoainemoottorisia laivoja, sellaisia, jotka kykenevät käyttämään esim. metanolia, ja perinteisiä fossiilisia, tai bioperäisiä polttoaineita. Eräät monipolt-

toainemoottorit voivat käyttää kaasumaisia ja neste-mäisiä polttoaineita.

Ulkomaan meriliikenteestämme suuri osa tehdään kansainvälisellä laivakalustolla, joten kansallisen tason vaikutusmahdollisuudet kehitykseen ovat rajallisia. Maailman merenkulun kattojärjestö IMO on asettanut merenkululle strategioita, joilla on merkittävä vaikutus myös käyttövoimien kehitykseen. 2030-luvun aikana IMO:n tavoitteena on saavuttaa 20 % vähennys vuosi-tason kasvihuonekaasu-päästöistä, 2040-luvulla tavoite on vähentää 70 % (vuoden 2008 tasoon verrattuna). Vuoden 2050 aikoihin toiminnan tulisi olla päästötöntä, eli "net-zero". Tätä strategiaa arvioidaan ja täsmenne-tään seuraavan kerran v. 2027–2028, ks. kuva 19.

Traficomien tilastojen mukaan Suomen vesikulkuneu-vojen kanta ei juurikaan ole siirtynyt käyttämään vaihto-etoisia käyttövoimia. Kuitenkin sähkökäyttöistä kalustoa alkaa jo olla saatavilla sekä moottori- että purjeveneluokissa, kummassakin n. 100 kpl rekisterissä, kuin myös losseissa (2 kpl).

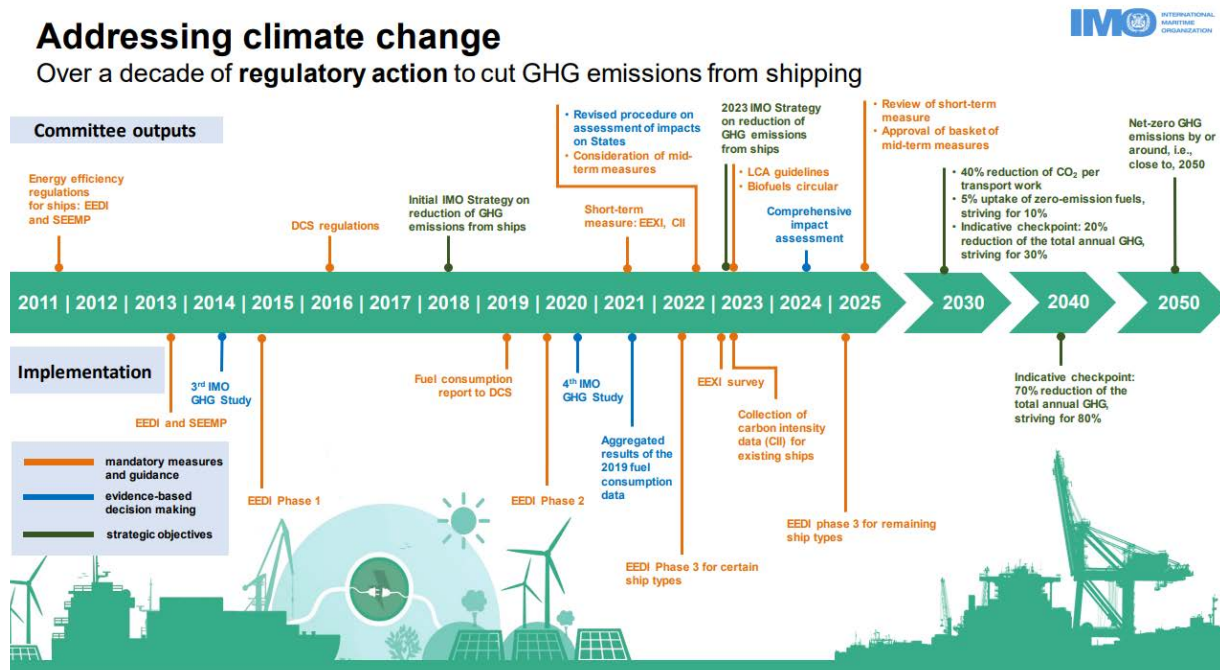
Huoltovarmuutta ajatellen tätä tilastoa merkittävämpi ryhmä on maamme kauppalaivasto, joka kuvaa Suomen alusrekisteriin merkittyjä aluksia. Varsinaiseen kaup-palaivastoon kuuluvia aluksia on yhteensä 624 kpl (12/2024). Alusten ikää voidaan perustellusti pitää jo nyt melko suurena.

Haastattelutilaisuuksissa arvioitiin uuden laivan elin-kaareksi noin 25 vuotta.

Selvityshetkestä eteenpäin hankittavilla aluksilla tullaan operoimaan tarkasteluvuosina 2035 ja 2045. Tällä hetkellä tyypilliset hankinnat kohdistuvat haastatte-luiden mukaan erityisesti nk. dual-fuel-kalustoon, jolla voidaan hyödyntää useampia käyttövoimia, esimerkiksi metanolia ja LNG:tä. Tämä osaltaan tukee siirtymää kohti vaihtoehtoisia käyttövoimia, sekä parantaa huol-tovarmuutta, kun uusi kalusto ei ole riippuvainen vain yhdestä käyttövoiman lähteestä. Myös sähkö- ja hybri-dialuksia ennakoitaan tulevaisuudessa hankittavan lisää. Vielä 2035 uudet käyttövoimat eivät näyttele merkittävää roolia liikennejärjestelmän tasolla, mutta näiden tietojen valossa omasta kauppalaivastostamme merkittävän osan tulisi uudistua 2045 mennessä, jolloin myös vaihtoehtoisille käyttövoimille olisi kysyntää.

Viimeisimmässä julkisessa MERIMA-tulosraportissa (12/2022, Salanne et. al.) raportoitii mm. Suomen laivaliikenteen polttoaineen kulutuksesta, suoritteista, suuntautumisesta ja päästöistä laivatyypeittäin ja tava-raryhmittäin. Taulukossa 5 on esitetty MERIMA-mallilla laivaliikennetilastoista lasketut Suomen laivaliikenteen tavarakuljetusten lastit, kuljetussuoritteet ja polttoai-neen kulutukset vuonna 2019 yhteensä.

Kuva 19. IMO:n strategian toimenpiteitä ja tavoitteita



Kuva 20. Taulukoita alusrekistereistä Suomessa.

Vesiliikenne, alukset rekisterissä

Yhteensä 1.1.2025	244 258
Bensiini	193 172
Diesel	45 942
Sähkö	217
LPG, LNG	2
Muu	255
Tuntematon	4 670

Kauppalaivasto Suomessa

Jääluokka	lukumäärä	nettovetoisuus	ikä
Yhteensä	624	719068	49,06
1A Super	42	424868	25,21
1A	54	249348	23,39
1B	10	11651	28,70
1C	.	.	.
II	16	3119	35,69
III/Ei jääluokkaa	502	30082	54,64

Vuoden 2019 jälkeen toimintaympäristössä on ollut suuria muutoksia, joilla on ollut kysyntään ja sitä kautta polttoaineen kulutukseen merkittäviä muutoksia. Esimerkiksi suorien ulkomaan tavarakuljetusten polttoaineen kulutus oli laskenut n. 130 ktoe (n. 7 %) vuodesta 2019 vuoteen 2021 mentäessä. Toisaalta samana aikana myös lastimäärä väheni 7,2 miljoonaa tonnia (n. 7 %).

Suora ulkomaan tavaraliikenne kattoi tuolloin ja kattaa edelleen valtaosan laivaliikenteen polttoaineen kulutuksesta. Itämerellä ropax-alukset kuluttivat v. 2019 n. 570 ktoe, mutta v. 2021 enää n. 390 ktoe, johtuen valtaosin vuorojen vähentämisestä.

Valtakunnallisissa liikenne-ennusteissa (Traficom 2022) on tehty ennuste merikuljetusten kasvusta vuoteen 2060. Liikenne-ennusteet ovat perusennusteita, jotka kuvaavat sitä, mihin kehitys johtaa nykyisillä toimenpiteillä. Niissä ei ole huomioitu sellaisia poliittisia ohjauskeinoja, väyläinvestointeja tai muita toimenpiteitä, joista ei ole tehty päätöksiä.

Liikenne-ennusteiden lähtökohdissa on ollut merkittäviä epävarmuustekijöitä toimintaympäristössä tapahtuneiden suurten muutosten takia (mm. koronapandemia, Venäjän sota Ukrainassa).

Ennusteen mukaan merikuljetusten kokonaisvienti kasvaa noin 9 prosenttia vuoden 2021 45,6 miljoonasta tonnista ja kokonaistuonti noin 19 prosenttia vuoden 2021 51,8 miljoonasta tonnista. Viennissä kasvu on tonnimääräisesti suurinta kappaletavaran, kemianteollisuuden tuotteiden sekä sellun ja paperimassan kuljetuksissa, kun taas öljyjalosteiden kuljetuksissa tapahtuu voimakas pudotus ennustejakson alussa. Tuonnissa kasvu on tonnimääräisesti suurinta kappaletavaran, malmien ja rikasteiden sekä kivihiilen, energiapuun ja LNG:n tavararyhmissä, kun taas raakaöljyn tuonnissa tapahtuu voimakas pudotus. Tarkasteluvuodet 2035 ja 2045 ovat ennusteissa molemmat aiempia huippuvuosia jäljessä. Erityisesti 2035 näyt-

Taulukko 5. Ote MERIMA-tulosraportista 2022 (s.79)

Kuljetus	Kuljetus-suunta	Kuljetettu lasti miljoonaa tonnia	Kuljetus-suorite miljoonaa tonnism	Poltto-aineen kulutus miljoonaa tonnia
Kaikki laivakuljetukset yhteensä	Ulkomaan tuonti	48,0	104 594	0,73
Kaikki laivakuljetukset yhteensä	Ulkomaan vienti	53,3	295 801	1,53
Kaikki laivakuljetukset yhteensä	Kotimaan kuljetukset	10,1	3 237	0,02
Kaikki laivakuljetukset yhteensä	Yhteensä	111,4	403 632	2,28
Kotimaan laivakuljetukset	Yhteensä	10,1	3 237	0,02
Suorat ulkomaan laivakuljetukset	Tuonti	48,0	78 031	0,64
Suorat ulkomaan laivakuljetukset	Vienti	53,3	175 815	1,16
Suorat ulkomaan laivakuljetukset	Yhteensä	101,3	253 846	1,80
Epäsuorat ulkomaan laivakuljetukset	Tuonti	3,0	26 563	0,09
Epäsuorat ulkomaan laivakuljetukset	Vienti	9,4	119 986	0,37
Epäsuorat ulkomaan laivakuljetukset	Yhteensä	12,5	146 549	0,46

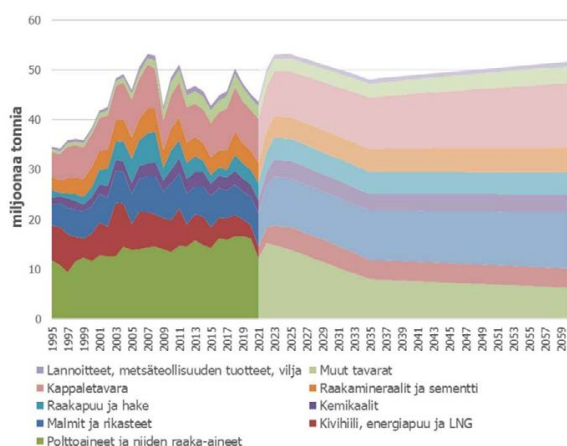
täisi olevan ennusteen käännepeiste, jonka jälkeen sekä tuonti ja vienti kääntyisivät kasvu-uralle. Kuvissa 21 ja 22 huomataan, että tuonnin ennustetaan muodostuvan vientiä suuremmaksi jatkossa. 2010-luvulla joinakin vuosina tilanne oli kuitenkin päinvastainen, eli tässä jakaumassa on kuitenkin jonkin verran heittelyä mm. maailmanmarkkinatilanteesta ja talouskehityksestä riippuen. Oletetaan, että kaluston energiatehokkuus jatkaa kasvuaan ja reitit eivät olennaisesti muutu. Kuljetusmäärät eivät ennusteissa nouse edes aiempien huippuvuosien tasolle, saati niiden yli, joten seurauksena polttoaineitakaan ei tulisi energiamäärällisesti mitattuna kulua enempää kuin aiemmin.

Toisaalta mikäli kuljetuskohteet muuttuisivat esimerkiksi globaalin kaupankäynnin muutoksen myötä, muuttuvat myös matkapituudet ja tällä voi olla vaikutus polttoainetarpeeseen, sallittuihin käyttövoimiin eri alueilla, ja siten myös eri laatuisten polttoaineiden erisuuruiseen kulutukseen ja varastointitarpeeseen. Esimerkiksi kasvava Kiinan vienti ja tuonti saisi aikaan käyttövoimien kokonaiskysynnän kasvua, siinä missä EU-alueen kaupan osuuden kasvaminen Kiinan tai Yhdysvaltojen kaupan kustannuksella voisi vaikuttaa laskevasti käyttövoimien kysyntään.

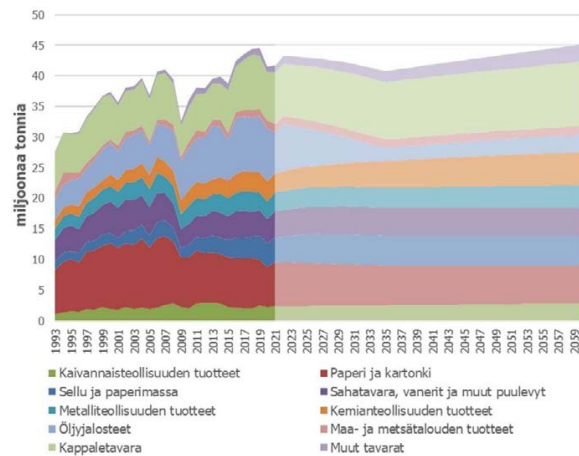
Ennustegraafeista huomataan, että vaikka ennusteen volyymi heittelee, eri tavararyhmien välisten kuljetusmäärien suhteissa ennakoitaan pitkälti pysyvyyttä, pois lukien merkittävämmiin laskevat tavararyhmät; kivihiili, öljy tuonnissa ja öljytuotteet viennissä. Mikäli ennuste pitää, eikä reitteihin tule suuria muutoksia, vuoden 2019 ulkomaankauppaa vastaava energiankulutus vaikuttaisi olevan kokonaisenergiamäärältään riittävällä tasolla vielä ainakin vuoteen 2045 saakka.

Myös vuoden 2024 luvut jäivät alla esitetystä ennusteesta, kuvaajat havainnollistavat erityisesti tuonnin jääneen ennusteesta. Vuonna 2024 todelliset tuontimäärät olivat n. 45 Mt, vientimäärät n. 41 Mt.

Kuva 21. Toteuma ja ennuste, tuonti. Valtakunnallinen liikenne-ennuste 2022. Korostus oma.



Kuva 22. Toteuma ja ennuste, vienti. Valtakunnallinen liikenne-ennuste 2022. Korostus oma.



Huoltovarmuuskäytännöstä, kasvattaakseen varautumista, olisi järkevää mitoittaa kulutusta mieluummin suuremman kulutusarvion perusteella. Tällä on toki kustannusvaikutuksia kasvavan varastointimäärän vuoksi.

Olettaen edellisen ennusteen perusteella, että vuoden 2019 kuljetusten huippumääriä ei ylitetä edes 2045, tuolloiset määrät olisivat lähtökohtaisesti riittävät tulevaisuudessakin. Toteuttamalla laskelma v.2019 toteumalukujen perusteella olisi vuosikulutus nykytilassa tämän historialuvun pohjalta n. 2 280 ktoe, ja varastointitarve tästä 5 kk verran olisi n. 950 ktoe.

Vuonna 2035 ennuste indikoisi n. 49 + 41=90 Mt ulkomaankauppaa. Jos reititys ja kalusto olisi samankaltaista kuin lähtöarvolaskennassa, voisi laskennallisesti approksimoida viennin ja tuonnin 2035 ennusteesta verraten 2019 lukuihin kulutuksen olevan verrannollisesti n. $x / 90 = 2\,280 / 111 = 1\,848$ ktoe ja varastointitarpeen siten n. 770 ktoe.

Vuonna 2045 ennuste indikoisi n. 50 + 42 = 92 Mt ulkomaankauppaa. Jos reititys ja kalusto samankaltaista kuin lähtöarvolaskennassa, voisi laskennallisesti approksimoida viennin ja tuonnin 2045 ennusteesta verraten 2019 lukuihin olevan verrannollisesti n. $x / 92 = 2\,280 / 111 = 1\,890$ ktoe ja varastointitarve siten n. 788 ktoe.

6. Lentoliikenteen käyttövoimien kehitys

Lentoliikenteen osalta toimijahaastatteluilla saatiin näkemyksiä tulevaisuuden kehityksestä. Näkemykset olivat yhtenevät siitä, että lentopetroli (kerosiini) säilyy tarkasteluvuosien ajan selvästi merkityksellisimpänä käyttövoimana lentoliikenteessä. Kestävän lentopolttoaineen (SAF) arveltiin olevan myös vaihtoehtoisia käyttövoimia enemmän käytössä vähintään vuoteen 2045 saakka. Vaihtoehtoisista käyttövoimista vety nähtiin käyttövoimana olevan kauempana tulevaisuudessa. Vaadittavan jakeluinfran rakentamisessa tai muussaakaan toiminnassa ei nähty merkkejä yleistymisestä tällä aikajanalla. Sähkölentämisen osalta nähtiin, että nykyisillä toimintamalleilla ei ole ehkä paikkaa sähkökoneille. Erityisesti kuljetettaessa suuria tonnistoja tai matkustajamääriä, sähköllä ei merkittävää vaikutusta ainakaan tässä aikaikkunassa.

Turbopotkurikoneissa vuoteen 2035 mennessä nähtiin mahdollisuus hybridien käyttöönnotolle ja pienemmissä koneissa sähkölle. Jos isoja asemia on vähemmän, joiden kautta lennetään Helsinkiin tai muualle, paikallisesti voisi tarjota näillä ehkä uutta liiketoimintaa. Arveltiin Suomen olevan ehkä liian pieni kannattavan liiketoiminnan pystyttämiseen yksin. Skandinavia-Baltia alueena voisi ehkä riittää. Jos akkuteknologia kehittyy riittävästi, yli tuhatkin kilometriä voisi toimia pienten koneiden kantomatkana.

Ennustehorisontti nähtiin aika kaukaiseksi jo 2040-luvun tilanteen osalta. Operaattoreita ja kokeilijoita ajateltiin varmasti tulevan, kun kalusto sen mahdollistaa, ja nyt sitä ei vielä ole olemassa. Uusien laitteiden kehityskustannukset ovat olleet suuria, ja monet kiinnostavatkin suuret projektit ovat kaatuneet rahanpuutteeseen. Prototyyppijä on, joilla on kuljetettu henkilöä ja tavaraa, mutta kustannusten ja valmistuksen kattaminen vaatii panostusta, ja rahoitusjärjestelmä meinaa sakata jo nyt alan startupien ja kehityshankkeiden osalta.

Huoltovarmuuskulmasta uusien käyttövoimien jakeluinfran toteuttaminen nähtiin aikanaan olevan kriittistä, koska kone voi joutua laskeutumaan mille kentälle tahansa. Kaikilla kentillä olisi oltava kyvykyys laskeutua, ladata/tankata ja hoitaa tehtävä eteenpäin, vaikka itse liikennettä olisi vähäisästi. Huoltovarmuusvarastoinnin nähtiin olevan hyvin hoidettu nykypäivänä. Uusista käyttövoimista, synteettiset polttoaineet säilyvät hyvin ja varastointi on helppoa. Sähkö olisi vaikeampaa. Tähänastiset havainnot eivät indikoineet suurta keskinäistä eroavaisuutta uusissa kestävässä poltto-

Kuva 23. Synteesiä poolihaastatteluiden näkemyksistä

Synteesiä näkemyksistä vihreään siirtymään ja huoltovarmuusvarastointiin

Tehtiin havainto, että siviili liikenteen kulutus nousut lähinnä Helsinki-Vantaalla. Varastokapasiteetti on tuottanut haasteita nykyisin. Jos halutaan lisätä varmuusvarastointia siviileille, niin sen tulisi olla siellä missä olisi kulutuskin, kun nyt se on enemmän lennostojen mukaisten kohteiden yhteydessä.

Suomessa kansallinen vahvuus, kun Neste on ollut kauan uusiutuvissa mukana. Kotimaassa ja ulkomailla havaittu, että huoltovarmuussuhteissa synteettinen polttoaine on lentoliikenteessä hyvä. Sen jakelu ja logistiikka on nykytilaa vastaavaa ja samoilla lentokoneilla voi polttaa myös SAFia tai kerosiiniä, jos SAFia ei ole käytettävissä. Isoissa koneissa ei korvaa nyt ole vielä edes näköpiirissäkään.

Kotimaassa ja ulkomailla havaittu, että eläinperäiset rasvat ja ruokajätelähteet hyvin rajallisia, eikä sen varaan voi tuotantoa rakentaa. Oli tutkittu vaihtoehtona metsäteollisuuden sivuvirtoja, joita on kotimaassa. Prosessi tarvitsee paljon sähköä, siinäkin on etua Suomessa. Vetyä tarvitaan, jonka tuotantoa ollaan rakentamassa. Myös tässä suhteessa Suomessa ollaan kilpailukykyisiä ja se mahdollistaa kehitystä aiheen tiimoilla.

aineissa. Tuotteet ovat melko samantyyppisiä, ei ole suurta eroa varastoinnissa ja käyttö samoilla koneilla sekaisinkin onnistuu (SAF - kerosiini).

Vetylentämisen selvitys- raportissa arvioidaan vuosille 2035 ja 2045 kehitystä aluksi lyhyempien matkojen reittilentoliikenteeseen. Vielä vuonna 2035 liikennejärjestelmätason vaikutuksia pidettiin marginaalisina. Selvityksessä ennakoita, että vuonna 2045 osa Suomen sisäisestä ja useisiin Euroopan maihin suuntautuvasta lentoliikenteestä voitaisiin operoida vetykalustolla. Valtaosa lennoista toimisi edelleen fossiilisilla tai kestäväillä nestemäisillä lentopolttoaineilla. Raportissa ei annettu tarkkaa indikaatiota lentokonemääristä tai energiantarpeesta.

Sähköinen lentäminen Suomessa- raportissa arvioidaan kehitystä vuoteen 2040 saakka. Tällöin akkukapasiteetin kasvu voisi mahdollistaa kotimaan reittilentoja akkusähkökalustolla 500 km matkaan asti sekä "taksilentoja" pienempikokoisella kalustolla 1000 km asti. Tällaisella kalustolla voisi operoida myös naapurimaihin Itämeren yli. Raportissa ei annettu tarkkaa indikaatiota lentokonemääristä tai energiantarpeesta.

Tarkastelimme myös valtakunnallisia liikenne-ennusteita (Traficomin tutkimuksia ja selvityksiä 6/2022, s.68). Raportissa kerrotaan, että ennustemenetelmää ei voitu käyttää kotimaan lentoliikenteen ennusteeseen toimintaympäristön epävarmuuksien ja menetelmän hintajousten herkkyyden takia. Sen vuoksi lentoliikenteen kehitys arvioitiin ennusteessa asukas- ja bruttokansantuotteen suhteessa. Tarkasteluvuosien osalta kasvu olisi n. 1–3 %. Lähes nykymuotoisen toiminnan tulisi siis olla energiamäärältään tarkasteltuna riittävä mahdollistamaan toiminta myös tulevaisuudessa. Haastatteluissa arvioitiin, että käyttövoimasiirtymä kulkee tarkasteluajanjaksolla pikemminkin ympäristöystävällisempiin polttoainelajeihin, kuin muuttuisi sähköön tai vetyyn merkittävässä määrin.

Lentoliikennesuoritteesta ei ollut saatavilla sellaisenaan ennusteeseen soveltuvaa julkaistua dataa. Kulutusta jouduttiin arvioimaan päästöraporttien perusteella; Finavian mukaan kilo kerosiinia (lento-petrolia) tuottaa palaessaan n. 3,16 kg hiilidioksidia. Jakamalla CO₂-päästöt tällä voidaan approksimoida polttoaineenkulutusta. Tilastokeskuksen vuoden 2023 tilastosta kasvihuonekaasupäästöt Suomessa voidaan approksimoida seuraavat kulutusluvut:

- Ulkomaan lentoliikenne, hiilidioksidipäästöt 1 923 tuhatta tonnia → kulutus n. 609 tuhatta tonnia kerosiinia
- Kotimaan lentoliikenne, hiilidioksidipäästöt 135 tuhatta tonnia → kulutus n. 43 tuhatta tonnia kerosiinia

Finavian julkaisemien tilastojen mukaan Suomessa myytiin jo vuonna 2017 kerosiinia ulkomaan liikenteeseen kaikille lentoyhtiöille yhteensä 0,66 miljoonaa tonnia. Laskien approksimoidut kulutusluvut vuodelta 2023 yhteen jäädään vuoteen 2017 peilaten pelkän ulkomaanliikenteen tilastollisten toteumien alle. Kun vertaillaan vuosia tarkemmin, huomataan lentoliikenteen määrien vuonna 2023 olleen vuoden 2017 tasoa merkittävästi alhaisemmat.

- Päästöistä approksimoidun kulutuksen (v. 2023) vertailu tilaston kulutustoteumalukujen kanssa (v. 2017) on melko lähellä toisiaan (keskinäinen ero vain -7 %, kun taas matkustajamäärän alenema samalla aikavälillä oli -14 %).
- 2017 kansainvälisessä reittiliikenteessä Suomessa yli 16 miljoonaa matkustajaa, 2023 enää alle 14 miljoonaa. Noin 900k pois EU-liikenteestä, 600k EU-ulkopuolisesta Euroopasta ja 850k muualta maailmasta.
- 2017 laskeutumisista Suomeen 116 860, 2023 enää 90 110 (laskujen vähenemä n. -23 %)
- Myös kotimaan lentoliikenteen matkustajamäärät romahtivat samassa väliajassa (v.2017–2023) noin 5,5 miljoonasta 3,6 miljoonaan.

Kotimaan lentojen kulutukseen jaeltiin 2023 tilaston mukaan enemmän polttoainetta (101 ktoe) kuin approksimoinnin perustella voisi arvella (43 ktoe). Toisaalta approksimoinnin päästöt Finavian laskentamenetelmän mukaan huomioivat vain nk. LTO-syklin, eli lasku- ja noususyklin, ei koko lentoa. Tässä on merkittävä epävarmuus tilastojen ja approksimointimenetelmän välillä, ja siten ennusteen lähtökohdaksi valittiin jaeltu polttoainemäärä, eikä päästöistä arvioitu kulutus.

Myös koronapandemian ja Venäjän Ukrainan sodan vaikutukset ovat suuresti muutoksen taustalla, ja vaikka pandemia loppui, sota jatkuu yhä. Aikanaan sota loppuu, ja on mahdollista, että ylilentomahdollisuuden palaututtua Finnairin aiemmin merkittävän suuri Aasian-liikenne voi palautua joiltakin osin. Näistä ei kuitenkaan selvityshetkellä ole minkäänlaista indikaatiota, joten ajoittaminen on hankalaa. Lisäksi hystereesi-ilmiö voi johtaa siihen, että vaikka menetetyt edellytykset palasivat, toiminta ei palaudu aiempaan tilanteeseen sen kertaalleen mukauduttua muunlaisiksi.

Huoltovarmuuden näkökulmasta voisi olla järkevää mitoittaa ennustettua kulutusta mieluummin suuremman kulutuksen perusteella. Tällä on toki kustannusvaikutuksia kasvavan varastointimäärän vuoksi. Myöskään ei ole linjattu, kuinka suuri osa ulkomaanliikenteestä tulisi mahdollistaa huoltovarmuusvarastoilla. Eri kriiseissä merkittävä osa tästä liikenteestä jäisi lentämättä, mutta tarkka suuruus ei ole tiedossa.

Jos oletetaan lähtötasoksi v. 2017 mukaan n. 660 ktoe kulutusta ulkomaanliikenteeseen + v. 2023 mukaan n. 103 ktoe kulutusta kotimaan liikenteeseen, eivätkä tarkasteluvuosina muut käyttövoimat nouse merkittävästi rooliin: Nyt lähtötilanteessa vuoden kulustarve olisi enintään (660+103) = 763 ktoe; ja vastaavasti 5 kk varastointitarve olisi tästä 318 ktoe ennen kasvukertoimen mukaan tuontia.

Jättämällä huomiotta pandemian ja sodan vaikutukset, 2 % vuosittainen kasvu tästä lähtötasosta toisi lentoliikenteen vuoden energiantarpeeksi vuodelle 2035 n. 1 090 ktoe ja v. 2045 n. 1 328 ktoe ja näistä edelleen 5 kk varastointitarpeiksi 454 ktoe (2035) ja 553 ktoe (2045). Määrät sisältävät kuitenkin merkittäviä epävarmuuksia yllä mainittujen havaintojen takia.

7. Työkoneiden käyttövoimien kehitys

Työkoneiden osalta saatiin haastatteluilla näkemyksiä tulevaisuuden kehityksestä. Muuten haastatteluissa arveltiin kehityksen pysyneen aika muuttumattomana, mutta bensiiniä menee jo nyt selvästi entistä vähemmän. Sähkökäyttöisiä työkoneita on ainakin testeissä haastateltavien mukaan ”kaikissa” isommissa yrityksissä. Kannattavuushaasteita on tunnustettu toiminnan skaalaamisessa tähän asti. Toisaalta sisätiloissa sähkökäyttöisyys jo hyvin tavallista mm. logistiikkaterminaaleissa. Sähköistyminen siis riippuu pitkälti työkoneen tehtävästä. Se riippuu myös toimialasta, suurelle työmaalle kehitetään valmiiksi sähköt ja pitkäaikainen työkoneurakointi. Esimerkiksi metsässä liikkuvia koneita voi olla erittäin vaikeaa sähköistää. Muodostui näkemys, että pitäisi tehdä näin ja suunnitella mitkä polttoaineet varastoidaan millekin käyttökohteille.

Annettiin esimerkkeinä eri koneista, että traktorit, pyöräkuormaajat ja metsäkoneet on kaikki raskaita ja suuria koneita, ja pienemmät/kevyemmät ovat varmasti sähköistymässä ensin. Sähköistymisen ei metsäympäristössä nähty tapahtuvan vielä aikoihin. Jos tarkastellaan pyöräkoneita, kaivinkoneita sekä muita isompia koneita, niin näiden sähköistyminen on riippuvainen valtion tukikampanjoista. Diesel nähtiin ylivoimaisesti vallitsevaksi käyttövoimaksi raskaissa työkoneissa nykytilassa.

Jos työkone myynti laskee noin paljon kuin WEM-Peikko-ennusteessa esitettiin, niin varmaankin enemmän myydään pieniä laitteita, kokonaisenergiankulutus ei varmasti laske noin paljon. Annettiin esimerkki, että viinitarhalla käytettävän traktorin voi vielä sähköistää mutta ei ole vielä näköpiirissä järeämpiin käyttötapauksiin ratkaisuita.

Raskaat työkoneet sähköistyvät myöhemmin kuin ajoneuvot ja latausratkaisut eivät vielä ole ajankohdaisia niiden osalta. Volvo edistää sähköistä kalustoa, mutta moni valmistaja on hyvin skeptinen sähköistymisen helppoudelle. Käyttökohteet ovat keskenään hyvin erilaisia, satamatrukki ja metsätyökone ovat hyvin eri bisnes ja niitä operoidaan hyvin eri tavalla ja niiden toimintavaatimukset ovat erilaisia. Todettiin esimerkkinä myös, että on hyvin eri asia viedä kaivinkonetta operoimaan työmaalta toiselle, kuin operoida sitä samassa kaivoksessa vuodesta toiseen mahdollisesti jopa kiinteän virransyötön päässä.

Työkoneiden käyttövoimia arvioitiin myös PEIKKO-WEM (With Existing Measures) – perusskenaarion avulla.

Kuva 24. Synteesiä poolihaastatteluiden näkemyksistä

Synteesiä näkemyksistä vihreään siirtymään ja huoltovarmuusvarastointiin

Eri toimijoilta kuului erilaisia näkemyksiä työkoneiden sähköistymisestä. Voi olla, että eri tahoilla on erilaisia kokemuksia sähkökäytön soveltuvuudesta juuri johonkin tiettyyn tehtävään, josta tehty johtopäätöksiä.

Varastoinnista keskusteltiin, että kaasu olisi muuten ihan tehokas moneen käyttötapaukseen, mutta varastointi vaatii energiaa ja varakalustoa ei voi olla paljoa, kun höyrystyminen tuo haastetta. Metanolista ja ammoniakista ei pystytty vielä sanomaan mitään.

Vaarallisten aineiden osalta varastoinnin aloitus on todella hidasta, luvitukseen voi mennä jopa 5-10 v eri prosesseissa. Mikäli tuotaisiin suuret määrät akkuja latausasemille, ne tulisivat Fingrid reservimarkkinoita varten. Varastointi asemilla tuskin realistista liikennettä tai poikkeustiloja varten, pohdittiin toimitusvalko dieselaggregaattit ratkaisuna.

Jakeluinfrastruktuurista keskusteltiin, että vaihtoehtoisten käyttövoimien varastointi kalliimpaa ja hankalampaa esim. sellaisissa kohteissa kuin varikot ja maatilat. Nykytilassa esimerkiksi dieselillä on hyvin helppoa varastoida tankeissa näissäkin kohteissa.

Perusskenaarion liitetaulukkoissa oli hyödynnetty VTT-ELIISA-mallin laskentatuloksia. Laskentataulukoiden pohjana ollut ELIISA-malli käytti kulutuksen lähtötietona aiempien perusennusteiden ja/tai tilastotietojen arvioita kulutuksesta.

PEIKKO-WEM-raportin mukaan, työkoneiden kantaennusteessa kaikkien polttomootorikäyttöisten työkoneiden myynnit laskevat 24 % vuoteen 2030 mennessä ja 32 % vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoden 2022 myyntitilastoihin. Vähentyneet polttomootorityökoneiden myynnit raportissa oletettiin korvautuvan sähkötyökoneiden myynnilä. Bensiinityökoneissa muutoksen nähtiin olevan nopeampaa kuin dieseltyökoneissa. Kaasutyökoneiden myynnin arveltiin pysyvän vuoden 2022 tasolla koko aikasarjan ajan. Työkoneiden perusennuste perustuu pitkälti aiempien HIISSI-hankkeiden oletuksiin. Kantaennuste oli päivitetty viimeisten myyntitilastojen mukaisesti ja työkoneiden laskenta-aikasarjaa oli jatkettu vuoteen 2060 asti. Kantaennuste piti sisällään vuonna 2021 tuotetun perusennusteen mukaisen sähköistymisennusteen tietyille työkoneluokille (Markkanen & Lauhkonen 2021). Sähköistymistä vauhdittavan lainsäädännön puuttuessa sen oletettiin tapahtuvan markkinaehtoisesti. **Työkoneiden kantaennusteen epävarmuudet ovat merkittäviä, sillä vain pieni osa erityyppisistä työkoneista on myyntitilastoissa mukana.**

Työkoneiden päästölaskentaan epäselvyyttä tuo se, että työkoneiden käyttö ja sen myötä laskettava energiankulutus on heikosti tunnettu, sillä aiheesta ei ole tarkkaa tietoa saatavilla. Työkoneiden kulutus- ja päästötiedot kansallisen KHK-inventaarion ja skenaariomallinnuksen välillä eroavat hieman johtuen muutoksesta tilastoinnissa: maatalouskoneiden osalta TYKO ei vastaa Suomen virallisen tilaston tietoja, joita on täydennetty pääosin maatalouden rakennekyselyyn perustuvilla tiedoilla vuosille 2015–2022. Tämä oli kuitenkin huomioitu raportin mukaan TIMES-VTT-mallinnuksessa.

Selvityksessä tarkasteltiin työkoneiden osalta rekisterikilvellisiä työkoneita. Traficomien tilastoaineistossa näitä ovat luokat Traktorit sekä Moottorityökoneet. Dieselin määrä työkonekannassa on tilaston mukaan yliver-
taisen suuri muihin käyttövoimiin verrattuna. Sähkö- tai kaasukäyttöisiä koneita on verrattain varsin vähän, ks. taulukko 6 alla.

Polttoaineiden kulutus vuonna 2022 oli WEM-raportin käyttämän TYKO-mallin mukaan ollut 753 000 tonnia (32 000 TJ, eli n. 764 ktoe), josta 67 000 tonnia bensiiniä ja 682 000 tonnia dieseliä. Määrä on jonkin verran suurempi kuin aiemmassa selvityksessä ennakoitiin (n. 650 ktoe). Polttoaineiden kokonaiskulutus muuttuu WEM-P- skenaarion mukaan n. –6 % vuoteen 2030 mennessä ja n. –29 % vuoteen 2050 mennessä verrattuna vuoteen 2022. Bensiinin kulutuksessa muutos on nopeampaa, –14 % ja –42 % vuosina 2030 ja 2050; dieselin kulutus muuttuu –6 % ja –28 % vuosina 2030 ja 2050. Ks. Kuva 25.

Tarkastelluissa Peikko-WEM-ennusteissa on pientä poikkeamaa aiemman selvityksen (2021) käytettyyn ennusteeseen, sillä nykyhetkellä energiaa kuluu selvästi enemmän kuin tuon raportin ennuste olettaisi. Vuoden 2035 osalta molempien ennusteiden luvut olivat hyvin lähellä toisiaan ja vuosi 2045 on edellisen tutkimuksen aikajanan ulkopuolella, eli vertailupistettä ei ole. Kulutuksen ennakoidaan laskevan lisäksi myös parantuvan energiatehokkuuden myötä.

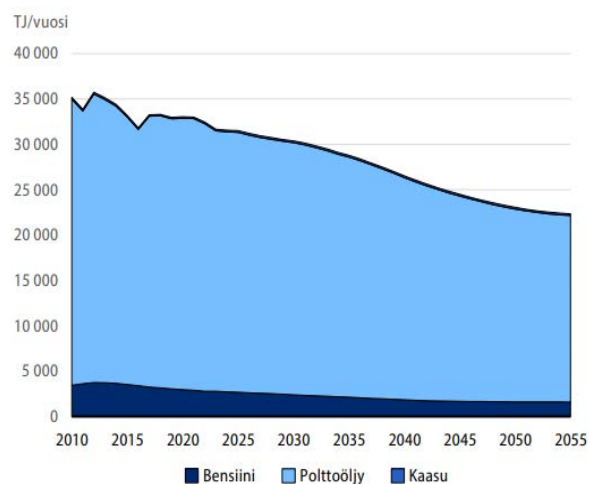
Työkoneiden kulutusennuste 2035:

n. 668 ktoe

Työkoneiden kulutusennuste 2045:

n. 585 ktoe

Kuva 25. Työkoneiden energiankulutus, WEM-Peikko-raportti. Korostukset omat.



Taulukko 6. Työkoneet rekisterissä

Käytössäolevat ajoneuvot Manner-Suomessa Q4/2024, käyttövoimittain laskettuna	Diesel	Bensiini	Sähkö	Kaasu	Muut, esim. moottoripetroli tai polttoöljy, erilaiset hybridit
Traktorit	362 582	86 655	74	6	1 732
Moottorityökoneet	60 145	972	439	399	1 421

8. Käyttövoimien tarve ja varastointi tulevaisuudessa

8.1 Tieliikenne

Tieliikenteen osalta siirtymä on äkillinen niin määrällisesti kuin laadullisesti.

Dieselin määrä polttoaineen kulutuksessa on vielä tällä hetkellä tilaston mukaan ylivoimainen suuri muihin käyttövoimiin verrattuna. Sähkö- tai kaasukäyttöistä kulu-
tusta on energiamäärässä mitattuna varsin vähän. Vielä nyt dieselillä voitaisiin operoida valtaosa tieliikenteestä, vielä vuonna 2035 noin puolet, mutta 2040-luvulta alkaen sähkö on kriittisin käyttövoima WEM Peikko ennusteen mukaan. Polttoaineiden kulutus vuonna 2022 oli WEM-raportin taulukoiden mukaan n. 3 630 ktoe ja tästä 5 kk varastointitarpeeksi saataisiin n. 1 512 ktoe. Tarkasteluvuosina 2035 siirtymää on jo alkanut tapahtumaan ja 2045 muutos on jo merkittävä. WEM-raportin taulukoiden mukaan:

2035 kulutus olisi n. 2 866 ktoe →
varastointitarve n. 1 194 ktoe

2045 kulutus olisi n. 2 384 ktoe →
varastointitarve n. 993 ktoe

Sähkön varastoinnissa on merkittäviä teknologisia haasteita nykyisillä ratkaisulla. Järkevämpää lieenee varautua mieluummin varavoima-järjestelyihin ja verkon turvaamiseen, kuin sellaisiin mittaviin akkuvarastoihin, joilla tuollainen energiamäärä varastoitaisiin.

Työssä käytetyllä tarkennetulla laskentamenetelmällä saadaan tieliikenteen normaalitilanteen viiden kuukauden energiankulutukselle arvio 1 342 ktoe vuonna 2035 ja 1 208 ktoe vuonna 2045. Näistä 1 181 ja 961 ktoe ovat varastoitavia polttoaineita. Laskelmat pohjautuvat tavara- ja henkilöliikenteen suorite-ennusteisiin (valtakunnalliset liikenne-ennusteet 2024

Kuva 26. Tieliikenteen kulutuksesta arvioitu varastointitarve tulevaisuudessa

2023: 1512 ktoe

2035: 1194 ktoe

2045: 993 ktoe

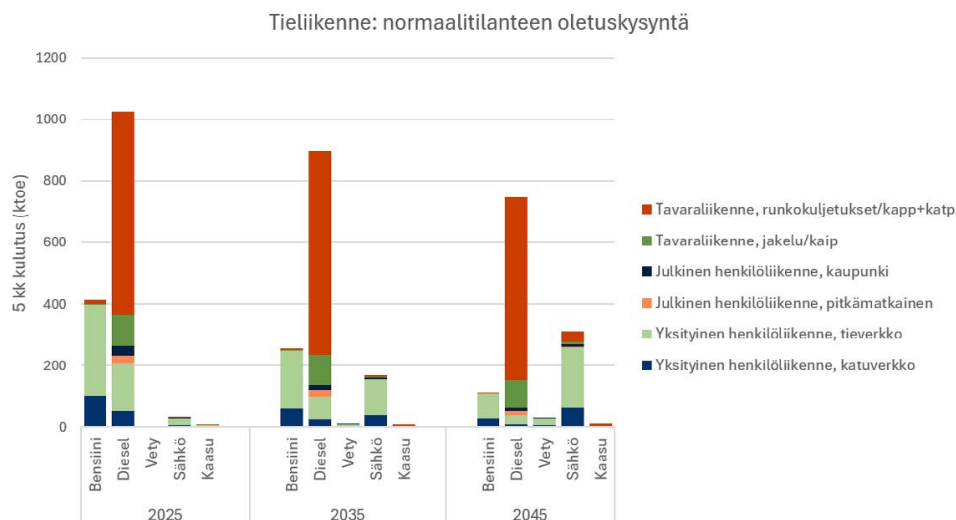
& valtakunnallinen liikenteen ennustemallijärjestelmä -projektin tavaraliikenteen ennuste; julkaisematon) sekä VTT:n ajoneuvokantaennusteeseen. Tarkempi erittely käyttövoimien tarpeen muodostumisesta on kuvassa Kuva 27 ja käyttövoimien kysynnälle arvioidusta vaihteluvälistä taulukossa Taulukko 7. Tieliikenteen käyttövoimien 5 kk kysynnän arvioidut vaihteluvälit laskennassa vuosina 2035 ja 2045.

Diesel muodostaa oletettavasti merkittävän osan myös vuoden 2045 kulutuksesta ja siten varastointitarpeesta, vaikka vaihtoehtoisten käyttövoimien ja erityisesti sähkön käyttö lisääntyy. Tämä johtuu erityisesti raskaan liikenteen tarpeista. Dieselin kysynnän tarkka taso vuonna 2045 on kuitenkin melko epävarmaa, ja laskelmissa käytetyssä VTT:n ajoneuvokantaennusteessa (2023) dieselikäyttöisten ajoneuvojen osuus koko raskaiden ajoneuvojen kannassa laskee merkittävästi hitaammin kuin esimerkiksi PEIKKO-skenaarioissa. Tämä johtaa merkittävään eroon Dieselin ja sähkön kulutusennusteissa.

Taulukko 7. Tieliikenteen käyttövoimien 5 kk kysynnän arvioidut vaihteluvälit laskennassa vuosina 2035 ja 2045.

5 kk kysyntä/käyttövoima	Vaihteluväli 2035	Vaihteluväli 2045
Bensiini	197–316	28–194
Diesel	794–1 001	615–879
Vety	3–13	9–45
Sähkö	134–207	228–393
Kaasu	9–12	10–13
Kokonaiskulutus	1 217–1 467 ktoe	1 031–1 385 ktoe

Kuva 27. Tieliikenteen käyttövoimille arvioidut viiden kuukauden normaalitilanteen kysynnät tarkasteluvuosina, eritelty osa-alueittain.



8.2 Vesiliikenne

Haastatteluissa ennakoitiin suuria muutoksia tulevan aikanaan erityisesti kansainvälisen merenkulkujärjestön standardeista. Maailmalla vaikuttaisi siltä, että metanolista olisi tulevaisuudessa laajamittaisesti käytettäväksi polttoaineeksi. Toisaalta vaikutti siltä, että jo nyt eri käyttövoimien saannissa on ollut haasteita, vaikka muutos on vasta alkumetreillä. Suomessa metanolia ei nykyhetkessä hyödynnetä, tuoteta tai varastoida merkittävässä määrin, joten kansallisella tasolla tähän vaihtoehtoon päättämisestä ei vaikuta olevan etua. Lähimmän metanolin tankkauspaikan arveltiin sijaitsevan Göteborgissa.

Suuri osa Suomen ulkomaankaupasta hoidetaan ulkomaisessa omistuksessa olevien varustamojen aluksilla ja täten niille tulee olla metanolin tankkauspaikkoja, mikäli ne sitä alkavat käyttämään.

Ennusteesta johtaen, vesiliikenteen huoltovarmuusrastointi nykyisessä laajuudessaan vaikuttaisi olevan riittävä myös tarkasteluvuosille 2035 ja 2045 yksinomaan energiamäärään pohjautuen. Mikäli aluksemme tai vierailevat alukset vaihtavat käyttövoimaansa merkittävässä määrin (relevantti kysymys v. 2045), mutta niitä ei voisi tankata meillä, olisi merenkulun huoltovarmuuskäsitelmä hyvin haastava, ja tulisi alkaa varastoimaan myös näitä uusia käyttövoimia entisten ohella.

Lisäksi eri toimijat saattavat operoida vain tietyistä sateista, joka entisestään hajauttaa varastointitarpeita normaaliolojen toimintaa ajatellen. Varastoinnin tulee mahdollistaa operointi, toisaalta multifuel-alusten käyttöönotto edesauttaisi tässä onnistumista. Vuoden 2019 kulutuksella (2 280 ktoe) kyettiin operoimaan yli 111

Kuva 28. Vesiliikenteen kulutuksesta arvioitu varastointitarve tulevaisuudessa

2019: 950 ktoe

2035: 770 ktoe

2045: 788 ktoe

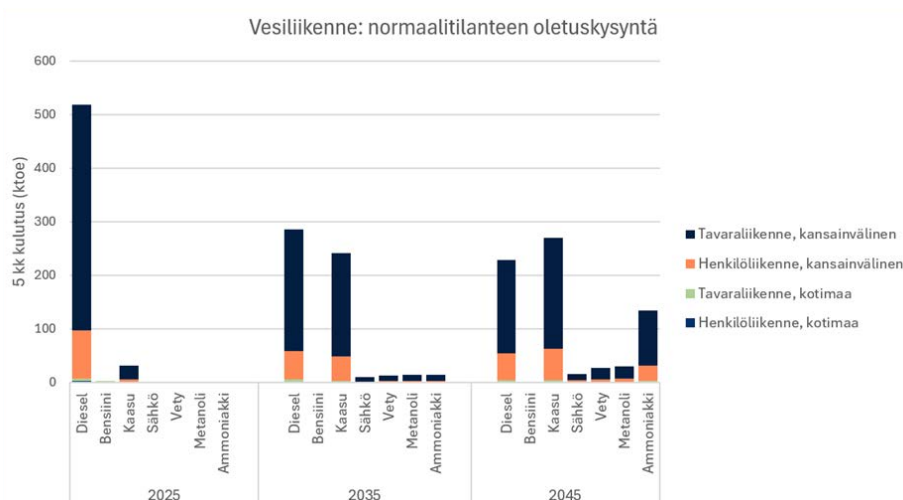
miljoonaa tonnia ulkomaankauppaa ja yli 400 miljardia tonnikilometriä. Vuoden 2024 luvut jäivät selvästi alle tämän historialuvun (kauppaa 86 miljoonaa tonnia & kuljetussuoritetta 215 miljardia tonnikilometriä). Myös tämä indikoi kokonaistarpeen nykyhetkellä olevan tätä historiallista dataa pienempi.

Suorite-ennusteiden pohjalta arvioitu tarkennettu käyttövoimien varastointitarpeen ennuste on esitetty taulukossa Taulukko 8 sekä kuvassa Kuva 28. Vesiliikenteen kulutuksesta arvioitu varastointitarve tulevaisuudessa. Laskelmien pohjana on Traficomissa kehitettävän valtakunnallisen liikenne-ennustemallijärjestelmän ulkomaankaupan tonniennuste (julkaisematon), jonka trendin perusteella vesiliikenteen kuljetussuorite (tonnikilometriä) on ekstrapoloitu ennustevuosille. Käyttövoimien mahdollisten osuuksien haarukoinnissa on hyödynnetty mm. DNV:n Energy Transition Outlook 2024 -raporttia, jossa ammoniakki on ennus-

Taulukko 8: Vesiliikenteen käyttövoimien 5 kk kysynnän arvioidut vaihteluvälit ennustevuosina 2035 ja 2045.

5 kk kysyntä/käyttövoima	Vaihteluväli 2035	Vaihteluväli 2045
Diesel/kevyt polttoöljy	265–307	203–254
Bensiini	0–2	0–2
Kaasu	226–257	239–300
Sähkö	7–14	12–21
Vety	9–16	20–33
Metanoli	10–18	23–37
Ammoniakki	10–19	114–154
Kokonaiskulutus	553–607 ktoe	661–752 ktoe

Kuva 29: Vesiliikenteen käyttövoimille arvioidut viiden kuukauden normaalitilanteen kysynät tarkasteluvuosina, eritelty kotimaan ja kansainväliseen sekä henkilö- ja tavaraliikenteeseen.



tettu nousevan keskeiseen rooliin merenkulun käyttövoimissa. Raskasta polttoöljyä ei ole tarkastelussa mukana, sillä sitä Suomessa tankattane ennustevuosina. Laskennan vaihteluvälit vastaavat likimain 95 % luottamusväliä. Arvioissa on mukana oletus, että puolet Suomessa käyvien kansainvälisessä liikenteessä olevien alusten käyttövoimista tankataan Suomessa. Dieselin, bensiinin ja kaasun osuudet sisältävät sekä fossiilisen että biopohjaisen ja synteettisen polttoaineen.

8.3 Lentoliikenne

Mikäli oletetaan tavoitteiden realisoituvan, tulisi tarkasteluvuosina 2035 ja 2045 liikenteestä osa toteutua vähäpäästöisemmin kuin nykyhetkessä, niin että vuonna 2045 selvästi suurempi osa kuin vielä 2035. Mikäli tämä muutos toteutetaan SAF:n avulla biopohjaisilla tai synteettisillä jakeilla, vaikutus on lähinnä varastoitavan aineen muutoksessa. Oletus on haastattelujen perusteella, että käytännössä samalla infralla ja samoilla toimintamalleilla voisi operoida eri tavalla valmistettua, ominaisuuksiltaan muuten samankaltaista polttoainetta.

Kuva 30. Lentoliikenteen kulutuksesta arvioitu varastointitarve tulevaisuudessa

2024: 318 ktoe

2035: 454 ktoe

2045: 553 ktoe

Vedyn ja sähkön ei ennakoitu ottavan edes v. 2045 merkittävää osaa liikennejärjestelmästä. Pienempiä taksilentoja ajatellen tulee maasähköjärjestelmiin panostaa, mutta huoltovarmuutta ajatellen tämä ei ole suuressa roolissa. Maasähkön saatavuutta tullaan edellyttämään myös regulaation kautta esimerkiksi suuremmilta TEN-T verkoston lentoasemilta.

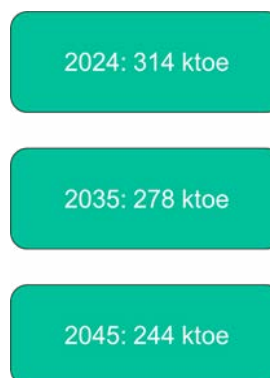
Mikäli kuitenkin johonkin vaihtoehtoiseen käyttövoimaan siirrytään, tulisi sitä saada jokaiselta lentoasemalta, sillä lentokone voi joutua keskeyttämään tehtävänsä ja laskeutumaan mille tahansa lentoasemalle. Tämä periaate johtaa kasvavaan varastoinnin hajauttamiseen. Kysynnän kasvaessa tulee uusia varastoja perustaa erityisesti siviililentoaikkojen yhteyteen, merkittävimpänä Helsinki-Vantaan lentoasema ja sen läheiset alueet.

Tarkennettu laskelma lentoliikenteen käyttövoimien mahdollisesta vaihteluvälistä ja jakautumisesta eri käyttövoimien sekä kotimaan sisäisen ja kansainvälisen liikenteen välillä on esitetty taulukossa Taulukko 9 ja kuvassa Kuva 30. Laskelmat on tehty ennustetun matkustajamäärän pohjalta ja niissä on hyödynnetty Finavian liikennetilastoja sekä IATAn, Airbusin ja Eurocontrolin ennusteita matkustajamäärän kehityksestä. Energiantarpeen jakautumista käyttövoimien välillä on pyritty arvioimaan Traficomien julkaisemien sähkö- ja vetylentokoneita koskevien selvitysten (Traficomien tutkimuksia ja selvityksiä 16/2022 sekä 2/2023) perusteella, joskin numeeriset arviot käyttövoimien osuuksien mahdolliselle vaihteluvälille on tehty tämän projektin yhteydessä. Vaihteluvälit vastaavat likimain 95 % luottamusväliä. Lentopetrolin osuus sisältää sekä fossiilisen että biopohjaisen ja synteettisen polttoaineen (SAF).

8.4 Työkoneet

Mikäli oletetaan Peikko-WEM-ennusteen toteutuvan, tulisi tarkasteluvuosina 2035 ja 2045 työkoneiden suoritteesta osa toteutua vähäpäästöisemmin. Biopohjaisten tai synteettisten polttoaineiden käyttö ei edellyttäisi toiminnallisia muutoksia. Vaikuttaisi haastattelujen perusteella siltä, että käytännössä samalla infralla ja samoilla toimintamalleilla voisi operoida eri tavoilla valmistettuja, ominaisuuksiltaan muuten samankaltaisia polttoaineita.

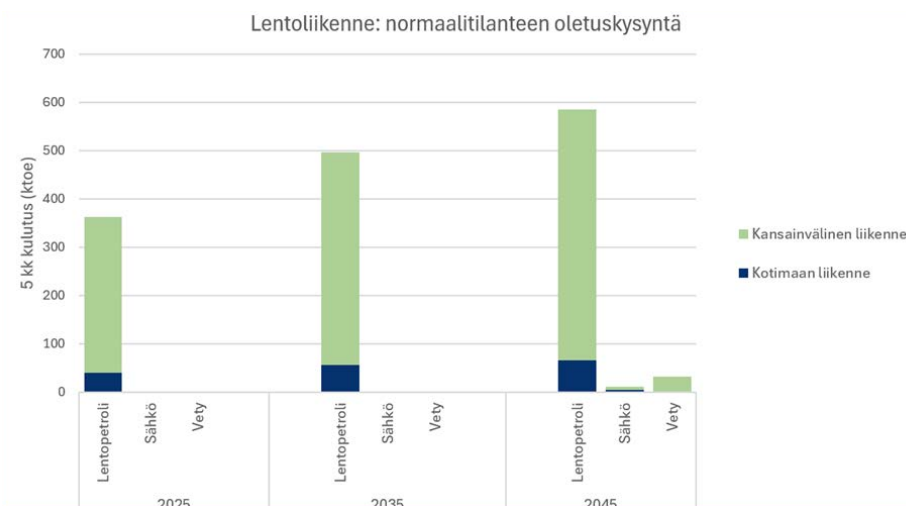
Kuva 32. Työkoneiden kulutuksesta arvioitu varastointitarve tulevaisuudessa



Taulukko 9: Lentoliikenteen käyttövoimien 5 kk kysynnän arvioidut vaihteluvälit ennustevuosina 2035 ja 2045.

5 kk kysyntä/käyttövoima	Vaihteluväli 2035	Vaihteluväli 2045
Lentopetroli	435–558	427–745
Sähkö	0–9	0–28
Vety	0–3	0–123
Kokonaiskulutus	435–559 ktOE	445–813 ktOE

Kuva 31: Lentoliikenteen käyttövoimille arvioidut viiden kuukauden normaalitilanteen kysynnat tarkasteluvuosina, eritelty kotimaan ja ulkomaan liikenteeseen.



Kevyimmät työkonet tulevat ensin käyttämään sähköä. Sähkön varastointi käyttökohteessa tai aggregaattien hyödyntäminen tulee kyseeseen pienempien työkonelaitteiden osalta; osa sähkökäyttöisistä työkoneista on akustoiltaan ja vaatimuksiltaan tyypillistä henkilöautoakin pienempiä, ja näitä saattaisi kyetä palvelemaan paikallisella energiantuotannolla (sähkövarastot, sähköverkon latauspisteet, aggregaatit). Sisävarastoissa ja terminaalialueilla sähkökäyttöinen kevyempi kalusto voidaan ladata varaston tai terminaalialueen latauspisteissä.

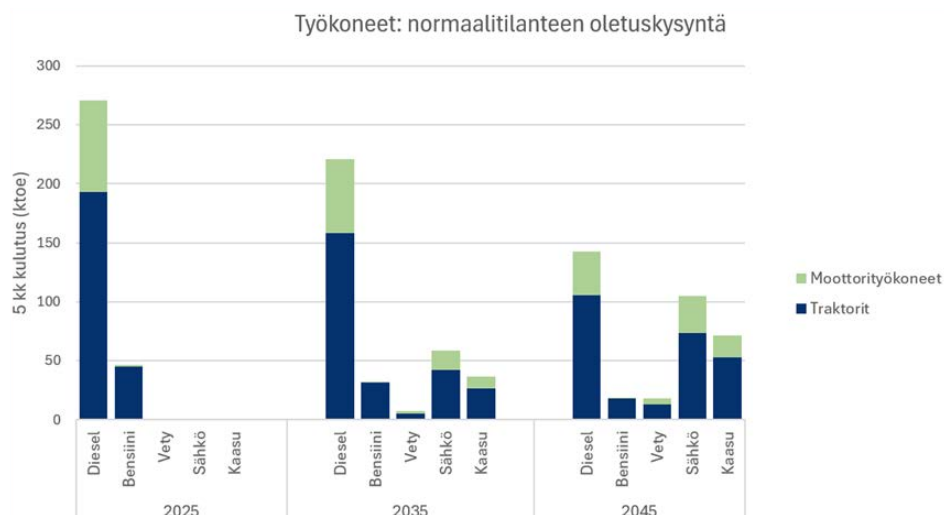
Oikealla esitetty 5 kk tarpeet on laskettu polttoaineiden osalta WEM-Peikko-raportin pohjalta, valtaosa määrästä on polttoöljyä. Mikäli poistuva käyttövoimatarve siirtyy sähköön, korostuu jälleen latausinfraan tarve käyttökohteissa tai niiden välittömässä läheisyydessä. Varavoimallineen akkuvarastoja mielekkäämpi tapa turvata myös tulevaisuudessa sähkökäyttöisen kaluston operoimismahdollisuudet. Nykyhetken kulutuksen mukaan mitoitettujen varastointimäärät mahdollistaisivat tulevaisuudessa paremman varaston riittävyyden osan kalustosta sähköistyessä.

Tarkemmin käyttövoimille ositetut laskentatulokset työkonelaitteiden energiantarpeelle ovat taulukossa Taulukko 10 ja kuvassa Kuva 32. Arviot ovat karkeita ja suuntaa antavia, sillä työkonelaitteiden energiankulutuksesta ei ole saatavilla luotettavaa dataa käyttövoimittain. Oletukset työkonelaitteiden käyttövoimien kehityksestä pohjautuvat PEIKKO-WEM-skenaarioon, Valtioneuvoston julkaisemaan selvitykseen työkonelaitteiden päästövähennyskeinoista (VN 2022:63) sekä VTT:n työkonelaitteiden päästöjen ennusteeseen (2021). Lisäksi apuna on käytetty ajoneuvorekisterin tietoja rekisterissä olevien traktorien ja moottorityökonelaitteiden määrästä ja käyttövoimista ja niiden tähänastisesta kehityksestä. Työkonelaitteiden moninaisuuden vuoksi käyttövoimien muutos eri osissa kantaa voi tapahtua hyvin eri tahtiin, minkä vuoksi ennustevuosien tilanne on kokonaisuutena hyvin epävarma. Välit vastaavat likimain 95 % luottamusväliä. Dieselin, bensiinin ja kaasun osuudet sisältävät sekä fossiilisen että biopohjaisen ja synteettisen polttoaineen.

Taulukko 10: Työkonelaitteiden käyttövoimien 5 kk kysynnän arvioidut vaihteluvälit ennustevuosina 2035 ja 2045.

5 kk kysyntä/käyttövoima	Vaihteluväli 2035	Vaihteluväli 2045
Diesel	120–323	40–245
Bensiini	11–55	0–45
Vety	0–22	0–46
Sähkö	2–115	45–166
Kaasu	0–75	21–121
Kokonaiskulutus	231–481 ktoe	222–491 ktoe

Kuva 33: Työkonelaitteiden käyttövoimille arvioidut viiden kuukauden normaalitilanteen kysynnot tarkasteluvuosina, eritelty traktoriksi rekisteröityihin ja muihin työkonelaitteisiin.



9. Johtopäätökset ja suositukset

9.1 Johtopäätökset, varastointimäärät

Kuvassa 34 esitetään koonti ennusteiden ja laskennan tuottamista vaihteluväleistä kokonaiskulutukselle. Vesiliikenteen ennusteen määrät ovat laskentamme vaihteluvälin ulkopuolella, koska ennusteen lähtötaso oli korkea (kulutus käyttämissämme tuoreemmissa aineistoissa on laskenut nopeammin kuin aiemmassa ennusteaineistossa oli ennakoitu).

Kriiseihin liittyen, viimeaikaiset havainnot maailmalta indikoisivat kokonaiskulutuksen jopa laskevan kriiseissä, jolloin varustautumalla normaalitilan kulutukseen varastot olisivat suuremmat kuin varautumalla tällaisen kriisitilan kulutukseen. Tämä olisi huoltovarmuuden kannalta positiivista, että varastot kestäisivät pidemmän aikaa kuin teoriassa on varauduttu.

Yleisesti, nykymuotoisessa liikenteessä energiaa kuluu enemmän kuin tulevaisuudessa, vaikka suoritteille ennustetaan kasvua. Tämä johtuu energiatehokkuuden paranemisesta myös polttomootoritekniikassa.

Mikäli haluttaisiin valita nykyisten käytäntöjen tuottamat varastointitasot varastointimääriksi, ne varmistaisivat tulevaisuudessa entistä paremman huoltovarmuusvarastoinnin tason, kun nykyisen 5 kk kulutuksen varastointimäärät aikanaan vastaisivatkin

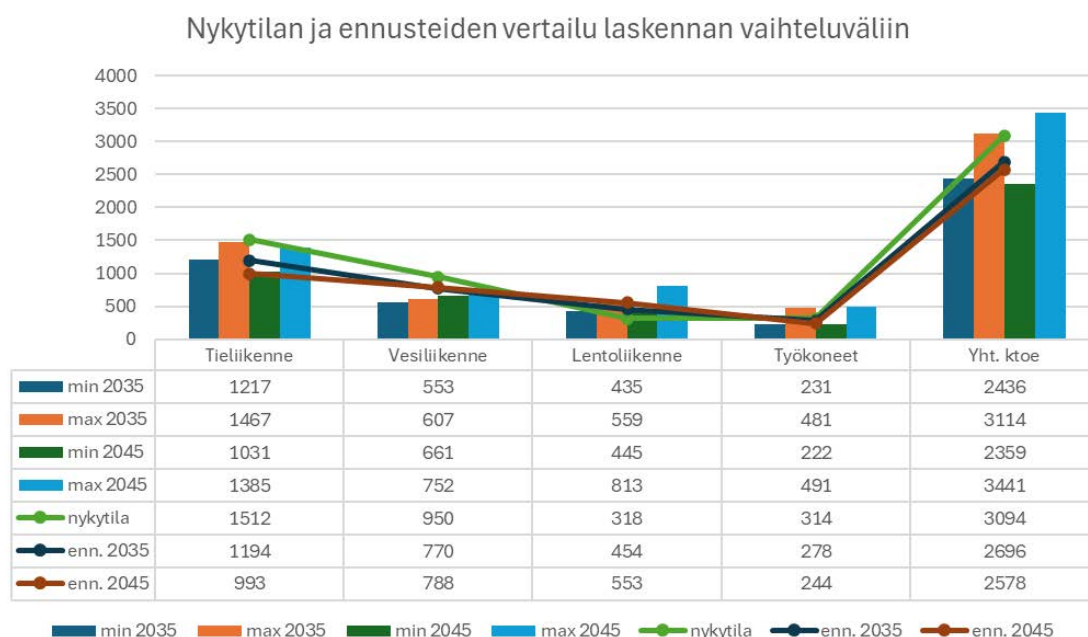
useamman, jopa noin 7 kk tulevan kulutuksen tasoa. Huoltovarmuuden kannalta tärkeät ajosuoritteet voi olla hankala sähköistää, jolloin varastointi kohdentuisi myös entistä paremmin kriittisemmille ajosuoritteille.

Toisaalta, mikäli haluttaisiin säästää varastointimäärissä, säästö tulisi tehdä nimenomaan tieliikenteelle allokoiduista varastoista, koska tieliikenteessä muutos sähköön suuntaan on nopeinta ja suurinta.

Vesiliikenteen määrä ulkomaankaupan ennusteessa on nyt laskeva, mutta ennusteen mukaan kääntyy lähitulevaisuudessa kasvuun. Tällöin varastointikapasiteetista leikkaamalla aiheutettaisiin kustannuksia tulevaisuudessa, kun jouduttaisiin ylösajamaan tai uudelleenpe- rustamaan äskettäin leikattuja varastointikäytäntöjä.

Lentoliikenteen määrä nähtiin ennusteessa melko stabiilisti kasvavana ennusteen käyttämän menetelmän vuoksi, mutta sen käyttämä polttoaine tuskin muuttuu niin merkittävästi, että varastointikäytäntöjä jouduttai- siin vaihtamaan. Kasvava kysyntä tarkoittaa kasvavaa varastointitarvetta. Mikäli jokin vaihtoehtoinen käyttö- voima yleistyisi havaintoja ja ennusteita nopeammin, sitä tulisi alkaa varastoimaan samoin. lentokentillä tai niiden läheisyydessä. Tätä ei kuitenkaan pidetty toden- näköisenä.

Kuva 34. Nykytilan ja ennusteiden vertailu laskennan vaihteluväliin



Työkoneiden kokonaiskulutus laskee myös, mutta pienemmässä määrin kuin tieliikenteen. Lisäksi työko-
neille voi olla erilaisissa kriiseissä enemmän perusteita
laajamittaiselle käytölle (mm. laajamittaiset linnoitus-
työt sotilaallisessa kriisissä) kuin tieliikenteelle koko-
naisuutena, joten kulutus voisi kriisiaikana laskea
vähemmän kuin tieliikenteellä, perustellen korkeampia
varastointitarpeita.

Mikäli energiankulutus laskee entisestään kuten ennus-
teet näyttäisivät, ja varastointimääriä halutaan ylläpitää
huoltovarmuuden kasvattamiseksi tulevaisuudessa,
voisi olla järkevää vaatia absoluuttisia määrää ener-
gian varastointia käyttövoimittain kuin sitoa se kulu-
tuslukuihin, kuten tähän asti on tehty. Tämä helpottaisi
myös yritystoimijoiden valmistautumista, ja edesaut-
taisi varastonkierron suunnittelua, kun tarkat summat
olisivat tiedossa vuosittaisen toteumaan perustuvan
vaihtelun sijasta. Nykymalliin nähden tämä tosin kasvat-
taisi kustannuksia.

9.2 Johtopäätökset, varastointitavat

Erityisesti dieselin ja bensiinin kulutus vähenee. Lento-
petrolia (JETA1) tulee kulumaan nykyistä enemmän
ja siksi sitä tulee varastoidakin nykyistä enemmän.
Kestävät polttoaineet (mm. SAF) sekoitetaan tuotteeseen
jo jalostamalla. Mikäli lopullisen tuotteen säilytys-
ominaisuudet kärsivät sekoituksesta, tulisi varastointi
tehdä perinteiselle tuotteelle ja ylläpitää jalostuska-
pasiteettia, jotta myös kriisiaikana voidaan operaatiot
hoitaa sovittujen päästöjen rajoissa. Lähtökohtaisesti
energiavarastojen toteuttaminen arvioitiin hitaaksi.
Koska korvaavaa kapasiteettia voi olla hankala toteuttaa
nopeasti, olemassa olevat varmuusvarastot tulisi pyrkiä
säilyttämään käyttökuntoisina. Kun niiden elinkaari
lähenee päättymistään, korvaavaa kapasiteettia tulisi
suunnitella hyvissä ajoin, jotta ei muodostu tilannetta,
jossa näiden väliajalla varastot olisivat liian pienet.
Lisäksi mikäli esimerkiksi voimalaitosten yhteydessä
olevia varastoja jää turhaksi voimalaitoksen elinkaaren
päätyessä, tulisi tarkastella, voisiko varastoa kuitenkin
hyödyntää liikenteen tarpeisiin.

Osa tarkastelluista kriiseistä muodostaa varsin toden-
näköisesti force majeure -perusteen, jolloin toimi-
tusketjuissa voitaisiin mahdollisesti poiketa joistakin
toimitusehdoista, kuten päästöttömyydestä kuljetuk-
sessa. Nämä klausuulit ovat kuitenkin sopimuskohtaisia.
Implikaatio tästä on, että mikäli huoltovarmuustoiminta
hankaloituisi vähäpäästöisten käyttövoimien varastoin-
nista ja varastointivaatimuksista (mm. biopolttoaineet),
voisi olla kokonaistaloudellisesti edullisempaa keskittyä
varastoimaan perinteisiä, fossiilisia käyttövoimia, kuten
tähänkin saakka. Puolestaan alan toimijoilla voisi olla
syytä itse valmistautua varastoimaan tarvitsemansa
vähäpäästöiset polttoaineet, mikäli he tunnistavat sen

tarpeelliseksi ja eivät näe, että heille kohdistuisi lainsäädännöllisiä helpotuksia käyttövoimien käytön suhteen tai mikäli yritys käyttää mittavassa määrin vaihtoehtoisia polttoaineita.

Ajatellen vaihtoehtoisia käyttövoimia, sähkö- tai vety-
käyttöinen liikenne ei ole operoitavissa fossiililla käyt-
tövoimilla, mutta biokaasulla ja bio- tai synteettisellä
polttoaineella käyvät polttomoottorit käyvät tarvit-
taessa fossiilisellakin polttoaineella. Liikennekäyttöisen
vedyn varastointia haittaa jo molekyylikemia; varaston
tiivyyden ylläpitäminen on haastavaa ja lisäksi se vaatii
usein energiaa, jolle voi myös olla puutetta kriisitilan-
teessa. Sama vaatimus koskee myös liikennekäyttöisiä
kaasuja. Seurauksena tuotanto- ja jakelukapasiteetin
ylläpitäminen lienee paras ratkaisu myös näiden käyt-
tövoimien osalta.

Sähkön varastointia ei pidetty käyttökelpoisena
toimintatapana valtavien akkuvarastovaatimusten
takia. Sähkön varastointia haittaa akkujen tarve; itse
ajoneuvot vievät suuren osan valmistettua akkuka-
pasiteettia ja suurten kompleksien vaatimat energia-
määrät eivät käytännöllisesti ole varastoitavissa (esim.
HSL- bussivarikot). Sähkön varastointiin ei tulisi tästä
syystä uhrata resursseja, vaan hyödyllisempää olisi
varmistaa varavoiman saatavuus ja tukea sähköverkon
kestävyyttä erilaisia häiriötilanteita ajatellen. Johtopää-
töksenä todettiin, että parasta huoltovarmuutta sähkö-
käyttöisille ajoneuvoille on akkuvarastoinnin sijasta
riittävä varavoimakapasiteetti ja sähköverkkojen toimin-
taedellytysten turvaaminen. Mikäli kohteessa on vain
pieni määrä kevyttä ladattavaa kalustoa, aggregaatti
voisi turvata latausmahdollisuutta.

Eri käyttövoimia on tarkoituksenmukaista varastoida
eri sijainneissa eri käyttötarkoitusten johdosta. Liiken-
nekäyttöisen ammoniakki- ja metanolin varastojen
sijaintipaikka tulisi olla satama-alueilla tai niiden lähei-
syydessä, sillä niitä ennakotiin käytettävän vain vesi-
liikenteen osalta. Vastaavasti lentopetrolin varastojen
tulisi olla lentopaikkojen lähellä, jossa suurin osa kulu-
tuksesta tapahtuu, erityisesti Helsinki-Vantaalla. Diesel
on suurin ja tärkein yksittäinen käyttövoima menekin
suuruuden perusteella. Keskitetyt luolavarastoinnit
nykyiselle tai varsinkin menneille kulutuksille riittävät
hamaan tulevaisuuteen, sillä tätä käyttävät liikenne-
muodot sähköistyessään ja energiatehokkuutensa
parantuessa vähentävät kokonaisenergiankulutustaan
jatkossa. Bensiinin merkitys pienenee, ja sen kysynnän
vähentyessä olisi kuitenkin tärkeää varmistaa jakelu-
verkon riittävä kattavuus huoltoasemien vähentyessä
tulevina vuosina erityisesti harvempaan asutuissa
Pohjois- ja Itä-Suomessa niin, että liian suuria katvealu-
eita ei muodostuisi. Bensiinin varastointia haittaa lyhyt
säilyvyysaika. Merkitys laskee tarkasteluvuosiin tulta-
essa merkittävästi, bensiini liikuttaa lähinnä vain henki-
löautoja ja vapaa-ajan veneitä, pienempiä työkoneita,

entistä vähenevissä määrin. Huoltoasemaverkoston kattavuuden lisäksi tavoitteena on varmistaa riittävä kiertonopeus ja aineen käyttökelpoisuus.

Varmuusvarastojen käyttöönottojen koestaminen eri vahvuisesti häiriöityneissä tilanteissa nähtiin olennaiseksi. Esimerkkeinä eri häiriöistä mainittiin tietoliikenneverkot alhaalla, sähköverkot alhaalla, mobiilikäyttäjärjestelmät turvattomia ja käyttökelvottomia.

Lainsäädännön uudistamisessa tulisi varmistaa, että sähkön varastointia ei aleta vaatimaan.

Kokonaistaloudellisesti ei ole järkevää, että ylimääräistä akustoa alettaisiin valmistamaan ja varastoimaan energiaa. Mikäli ollaan kriisissä, jossa energiaverkot eivät toimi, eikä varavoimaa ole saatavilla, saadaan akustosta riippuen ehkä päivä lisäaikaa tehdä muuta toimenpiteitä sellaisissa kohteissa, joissa akkuja on. Jää valittavaksi, onko tämä lisäaika panostuksen arvoinen. Konsultin johtopäätös on, että ei ole, ja panokset tulisi ohjata varavoiman tuotantoon ja sähköverkon ylläpitoon, jolloin sähkökäyttöinen kalusto saisi ladattua tarvitsemansa energian käytössä olevin ”business as usual” -menetelmin, eikä mittavia energiavarastoja tarvittaisi.

9.3 Toimenpidesuunnitelma

Yleisesti ottaen vaikuttaa siltä, että kokonaisenergiankulutuksen laskiessa nykymäärien mukaisen toiminnan ylläpito kasvattaisi varautumiskykyä tulevaisuudessa. Tämä pätee erityisesti tieliikenteessä ja työkoneissa sekä hetkellisesti laivaliikenteessä, mutta lentoliikenteessä ennusteissa oli arvioitu kasvua. Laadimme ehdotuksen toimenpidesuunnitelmasta selvityksen havaintojen sekä edellisen alaluvun johtopäätösten perusteella. Tarvittavat tulevaisuuden muutokset toimintamalleihin eivät vaikuta erityisen merkittävästi. Uusia tuotteita tulisi suunnitella varastoitavaksi ensiksi vesiliikenteen puolella, jotta ei jouduta tilanteeseen, jossa kansainvälisen liikenteen alukset eivät voisi tankata meillä. Tyypillisesti niiden liikennöinti on mahdollista näinkin, mutta tämä kyvykyys olisi hyvä säilyttää jatkossakin hallussamme. Uutena aineena varastoitavien listalle tunnistettiin lisäaine AdBlue, jonka puutostila johtaisi nopeasti merkittäviin ongelmiin raskaassa liikenteessä. Kyseessä on logistiikallamme kriittisen tärkeä lisäaine. Koska raskaan liikenteen tarpeisiin AdBlueta kuluu n. 5 % käytetyn polttoaineen määrästä, tulisi sitä varastoida vastaavasti n. 5 % varastoidun polttoaineen määrästä. Varastoinnissa on huomioitava huono säilyvyys, varmistaen varastolle korkea kiertonopeus ja sen toimitusketjun sujuva toiminta.

Vastuun varastoinnista tulisi jatkossakin jakautua nykyisellä hyväksi havaitulla menetelmällä, jossa yritykset

vastaavat omista varastoistaan ja Huoltovarmuuskeskus omistaan, siten että toivottu varmuustaso saavutetaan yhteistyön tuloksena. Huoltovarmuuskeskuselta kaivattiin poolihaastatteluissa suurempaa roolia ja tiukempaa ohjausta, jotta varautumistyö olisi yrityksille helpompaa. Nähdäksemme konkreettisten, kiinteänsuuruisten varastointitasojen asetanta olisi askel tällaiseen suuntaan ja tukisi varastonkierron suunnittelua, kun toimijoilla olisi aina velvoite pitää tietty määrä polttoainetuotetta varastossa.

Yleisesti ottaen sähkön varastoinnissa ei nähty riittävän kypsiä ratkaisuita, että sitä voisi suositella toimintatavaksi. Tulevaisuudessa kehitystä on kuitenkin seurattava, sillä liikenne sähköistyy erityisesti tieliikenteessä merkittävän nopeasti jo vuoteen 2035 mennessä. Vetyä ei pidetty relevanttina käyttövoimana tarkasteluvuosina, joten sen varastointia ei myöskään suositella. Kuitenkin teknologian kehitys voi mahdollisesti johtaa sähkön varastointiin vetynä tai hiilivetyinä tulevaisuudessa. Näitä kehityskulkuja on seurattava tarkasti, ja seuranta on syytä aloittaa heti. Mikäli teknologian kehitys mahdollistaisi sähkön varastoinnin ja helpon käyttöönoton kohteessa, sähkökäyttöisen kaluston huoltovarmuudellisia esteitä poistuisi merkittävästi.

Tieliikenteessä ei nähdä tarvetta varmuusvarastoinnin kapasiteetin kasvattamiselle, vaan pikemminkin olemassa olevan kapasiteetin ylläpidolle, koska energiankulutuksen ennakoitiin laskevan tulevina vuosina. Mikäli sähkön varastoinnissa tapahtuisi ennalta-arvaamatonta ja merkittävää kehitystä, vuonna 2035 alkaa olla niin paljon sähköistä liikennettä, että sähkön varastoinnista voisi olla huoltovarmuuskäytöksestä etuja. Tällöin myös sähkökäyttöiseen kulutukseen tulisi varautua varmuusvarastoin. Nykyiset menetelmät eivät puolla sähkövarastoinnin aloittamista vaan pikemminkin varavoiman saatavuuden ja sähköverkkojen toimintakyvyn turvaamista. Myös varastointitilanteessa tulisi huomioida, miten sähkö tuotetaan, ja tuotantomenetelmien kapasiteettia olisi turvattava niiden vaatimien varmuusvarastojen osalta siltä osin kuin on tarpeellista. Mikäli esimerkiksi 2035 sähköä kuluisi enintään 216 ktoe verran tieliikenteen tarpeisiin kuten laskennassamme arvioitiin, tulisi varmistaa tällaisen energiamäärän tuotantokyky, esimerkiksi varastoimalla sähkön tuottamiseen tarvittava määrä valittua varavoimalaitoksen polttoainetta.

Vesiliikenteessä vuonna 2040 on jo merkittävästi aluksia, jotka voisivat hyödyntää uusia käyttövoimia (metanoli, ammoniakki, LNG). Näille ei varmuusvarastointia tällä hetkellä tunnistettu. On siis suositeltavaa uuden varastointikyvyn toteuttamista, kun tällainen kalusto alkaa yleistyä, ja varastokapasiteetin suunnittelu on myös ajoitettava ennen toteutushetkeä. Mahdollisten varastojen toteuttaminen on aikaa vievää, mm. kaavamuutokset ja maanhankinnat voivat viedä aikaa

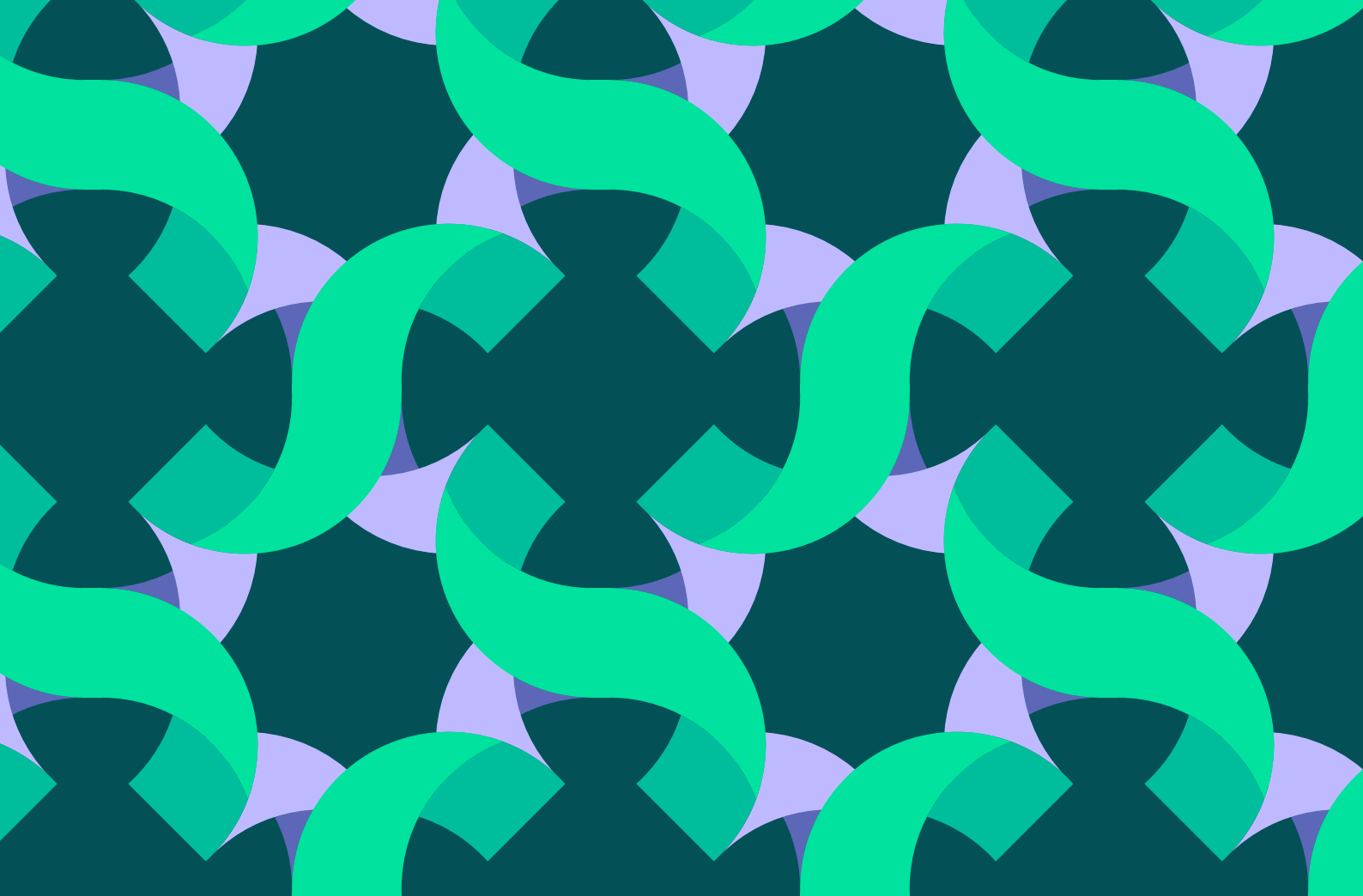
rakennetussa ympäristössä ja satama-alueiden läheisyydessä, mikäli olemassa olevat tontit eivät riitä tai sovellu varastojen tarpeisiin. Mikäli sähkö- tai sähkö-hybridikäyttöiset alukset yleistyvät, ei sähkön varastointi tule kyseeseen myöskään näille aluksille mm. suuren energiantarpeen johdosta, vaan sama suositus varavoimasta ja verkon toiminnan varmistamisesta pätee. Näistä syistä suunnittelu ja toteutus on nähty 2030-luvun tehtäväksi.

Lentoliikenteessä liikenteen kysynnän ja sitä myötä varastointikapasiteetin ennakoidaan kasvavan tasaisesti. Olemassa olevien varastojen sijainneissa oli nähty ongelmia jo nyt niiden sijaintien palvellessa pikemminkin sotilaslentotoimintaa. Lentopetrolin varmuusvarastoinnin osalta jatkosuunnittelu tulisi aloittaa siis

ensimmäisenä, varautuen paremmin kohdennettuun polttoaineiden varastointiin lentopaikoilla, merkittävimpiä suuremmat siviili-ilmailun asemat (erityisesti Helsinki-Vantaa), tai niiden läheisyys. Huomionarvoista on, että kansainvälinen lentoliikenne kuluttaa valtaosan lentoliikenteen polttoaineesta. Näiden lentojen täysimääräinen huomiointi varmuusvarastojen kokoa laskiessa voisi vaikuttaa lähes kymmenkertaisesti tarvittavaan varastokokoon lentoliikenteen osalta. Tästä syystä tulisi määrittää mikä osa kansainvälisestä lentoliikenteestä on kriisitilanteessa tarpeellinen. Eli tunnistaa se osa, minkä operointikyky halutaan varmuusvarastoilla mahdollistaa, ja sen jälkeen siirtyä toteutukseen varastointikyvyn parantamiseksi halutulle tasolle.

Kuva 35. Toimenpidesuunnitelma

Toimenpide	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Vesiliikenteen uudet varastot						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o					
Lentoliikenteen kasvatettavat varastot	x	x	x	x	x	o															
Tieliikenteen varastojen korvaaminen	Tarpeen mukaan varauduttava uusimaan, jos suuria yksiköitä joilla käyttöikä päättyvässä. Nykyhetken luolien käyttöikästä ei ole tietoa. Ei todennäköisesti ole tarvetta kapasiteetin kasvattamiselle, vaan ylläpitämiselle.																				
Sähkön varastoinnin menetelmien kehityksen seuranta	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	o										



Huoltovarmuuskeskus