

**HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖJEN  
VÄHENNYSKEINOJEN VAIKUTTAVUUS  
UPM PLYWOOD OY:N  
LÄHTÖLOGISTISESSA KETJUSSA**

Tekijä(t) Pulkinen, Janne	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 45	Valmistumisaika Syksy 2020
Työn nimi <b>Hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinojen vaikuttavuus UPM-Plywood Oy:n lähtölogistisessa ketjussa</b>		
Tutkinto Tradenomi (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää UPM-Plywood Oy:n logistiikkaosaston toimeksiannosta sen lähtölogistisen ketjun hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinoja sekä niiden päästövähennyspotentiaalia. Lisäksi haluttiin tietää ovatko toimitusreitit optimaalisia hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta. UPM-Plywoodilla on yhteensä kahdeksan tuotantoyksikköä kuudella eri paikkakunnalla Suomessa, Virossa ja Venäjällä. Työ rajattiin käsittämään toimitukset Saksan markkinoille. Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena ja siinä käytettiin niin laadullisia kuin määrällisiäkin menetelmiä.</p> <p>UPM-Plywoodin Saksan reittien etäisyys ja painotiedot saatiin yrityksen omasta tiedonkeruujärjestelmästä. Reittien lähtötasona käytettiin vuoden 2019 tilastoja. Tämän jälkeen reittien päästötasot sekä päästövähennyskeinojen hyödyt laskettiin Excel taulukkolaskentaohjelmassa. Laskennassa käytettiin kuljetusvälinekohtaisia tonnikilometriperusteisia päästökertoimia. Lopuksi laskettiin työn laadullisessa osassa arvioitujen päästövähennyskeinojen vaikutus reittikokonaisuuksien päästötasoihin. Merkittävä osuus opinnäytetyöstä koostui sen laadullisesta osasta, joihin perustuen tehtiin päästölaskelmat ja arviotiin eri päästövähennyskeinojen hyötyjä sekä toteutettavuutta. Työn laadullinen osa käsitti kesän ja syksyn 2020 aikana käydyt videopalaverit toimeksiantajan edustajien kanssa. Näissä keskusteluissa läpikäytiin UPM-Plywoodin Saksan toimitusreitit, niiden erityispiirteet ja kuljetusmuodot sekä käsiteltiin päästövähennyskeinoja ja päästölaskennan perusteita.</p> <p>Tutkimuksen avulla saatiin selville reittien kuljetusmuoto-, pituus- ja painotietoihin sekä nykyisiin päästökertoimiin perustuen arvio UPM-Plywoodin Saksan toimitusreiteillä päästövähennyskeinojen avulla saavutettavasta potentiaalisesta päästövähennyshyödyistä. Tässä työssä käsiteltyjen keinojen avulla voidaan saavuttaa huomattavia päästövähennyksiä, mutta tällöin keinojen potentiaali on kyettävä hyödyntämään täysimääräisesti. Tutkimuksessa havaittiin myös, että osa UPM-Plywoodin reiteistä ei ole optimaalisia hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta. Uudelleen reitittämällä voitaisiin saavuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästövähennyshyötyjä.</p>		
Asiasanat lähtölogistiikka, hiilidioksidipäästöt, päästölaskenta, toimitusketjun hallinta		

Author(s) Pulkkinen, Janne	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2020
	Number of pages 45	
Title of publication <b>Effectiveness of measures to reduce carbon dioxide emissions in the outbound logistics chain of UPM Plywood Ltd</b>		
Name of Degree Bachelor of Business Administration		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to determine ways to reduce CO2 emissions from UPM-Plywood Ltd.'s outbound logistics chain, and how big emission reductions benefits could be achieved. This was done by means of a case study. The thesis was commissioned by the UPM Plywood Ltd logistics department. In addition, the company wanted to know if supply routes are optimal in terms of CO2 emissions. The company has a total of eight production units in six different locations in Finland, Estonia and Russia. The work was limited to the German end market.</p> <p>The distance and weight data of UPM Plywood's German end market routes were obtained from the company's own data collection system. The entry-level data for the routes were taken from the 2019 statistics. After that, emission levels of routes and the benefits of emission reduction measures were calculated in an Excel calculation program. A significant part of the thesis was also a qualitative portion, which consisted of video conferences held during the summer and autumn of 2020 with representatives of UPM Plywood. The specific features of their end market supply routes to Germany, as well as transport modes were covered in these qualitative discussions. Emission reduction measures and the basis for their calculation were also covered.</p> <p>The study provided an estimate of the potential emission reduction benefits of UPM Plywood's German supply routes through emission reduction measures, based on transport mode, length and weight data, as well as current emission factors. Substantial emission reductions can be achieved through measures covered in this thesis, but the potential of all means must be fully exploited. In this thesis it was also noted that certain of UPM Plywood's routes are not optimal in terms of CO2 emissions; significant CO2 emission benefits could be achieved by rerouting.</p>		
Keywords Outbound logistics, CO2 emissions, emission calculation, supply chain management		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tausta.....	1
1.2	Opinnäytetyön rakenne.....	2
1.3	Työn tavoitteet ja rajaukset.....	3
1.4	Tutkimusmenetelmät .....	5
2	ILMASTONMUUTOS JA KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT KULJETUSTEN NÄKÖKULMASTA .....	8
2.1	Ilmastonmuutos ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöt.....	8
2.1.1	Ilmastonmuutos ja ihmisen toimet.....	8
2.1.2	Kuljetusten ja liikenteen osuus.....	8
2.1.3	Vihreä logistiikka: liikennealan keino vähentää kuljetusten ympäristökuormitusta.....	9
2.2	Rahtiliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen: Haasteina kuljetusmäärien lisääntyminen sekä kuljetusintensiivisyyskasvu.....	12
2.3	Päästöjen vähentämisen keinot .....	13
2.3.1	Laivaliikenteen tekniset keinot .....	13
2.3.2	Raskaan tieliikenteen tekniset keinot .....	14
2.3.3	Rautatiekuljetusten keinona rautateiden sähköistäminen.....	16
2.3.4	Muut kuin tekniset keinot .....	17
2.3.5	Raskaan rahtiliikenteen hiilidioksidipäästöjen laskentaperusteet.....	18
3	CASE UPM PLYWOOD OY .....	20
3.1	UPM Plywood, osa UPM-Kymmene konsernia .....	20
3.2	UPM-Plywood kuljetusmuodot ja toimitusreitit Saksan markkinoille .....	20
3.2.1	Kuljetusmuotoina maantie- rautatie ja merikuljetukset .....	20
3.2.2	Vanerin toimitusreitit Saksan markkinoille.....	22
3.2.3	UPM päästölaskenta sekä päästövähennystavoitteet .....	22
3.3	Tutkimuksen laadullinen osuus .....	23
3.4	Tutkimuksen laskennallinen osuus .....	26
3.4.1	Suomen tehtailta Saksaan suorien asiakastoimitusten reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen laskennalliset hyödyt.....	27
3.4.2	Suomen tehtailta Saksan varastoon reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen laskennalliset hyödyt.....	27
3.4.3	Otepään tehtaalta Saksan markkinoille reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen laskennalliset hyödyt.....	28

3.4.4	Chudovon tehtaalta Saksaan reittikokonaisuuksien päästövähennyskeinojen hyödyt .....	29
3.4.5	Saksan varastosta Saksan markkinoille reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen hyödyt .....	32
3.4.6	Tutkimuksessa arvioitujen päästövähennyskeinojen kokonaisvaikutus lähtömaittain .....	32
4	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	35
4.1	Tutkimuskysymykset sekä validius ja reliabiliteetti .....	35
4.2	Laskettujen päästövähennyskeinojen käyttöönoton haasteet.....	36
4.3	Jatkotutkimusehdotukset .....	38
4.3.1	Kuormakoon kasvattamisen mahdollisuudet.....	38
4.3.2	Rautatieinfrastruktuurin sekä uudelleen reitityksen täyden potentiaalin selvittäminen.....	39
4.3.3	Päästölaskentatyökalun rakentaminen.....	40
5	YHTEENVETO .....	41
	LÄHTEET .....	42

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Ilmaston lämpeneminen on tieteellinen tosiasia, ja viime vuosikymmenien lämpeneminen katsotaan ihmisen toiminnasta johtuvaksi. Tätä asiaa on todennettu tieteellisillä mallinnuksilla, joiden tuloksien katsotaan olevan sopusuhdassa useiden havaintojen mm. valtamerien lämpenemisen, merenpinnan nousun, lumipeitteen sekä pohjoisten jäämerien kesäinen jääpeitteen hupeneminen kanssa. (Ilmatieteen laitos 2020a.)

Ihmiskunnan käynnistämän ilmaston lämpenemisen katsotaan ilmastotieteellisiin todisteisiin perustuen aiheutuvan ns. kasvihuonekaasujen sekä eritoten hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>) määrän lisääntymisestä ilmakehässä. Nykyisellä kasvihuonepäästöjen kasvuvauhdilla maapallon keskilämpötilojen ennustetaan kasvavan n. 2-6 celsiusastetta tämän vuosisadan loppuun mennessä. (Ilmatieteen laitos 2020b.)

Ympäristöministeriön (2018) mukaan, YK:n alainen ilmastopaneeli (IPCC) julkaisi vuonna 2018 raportin, jossa se alleviivasi nopeisiin toimiin ryhtymistä ilmaston lämpenemisen estämiseksi. Raportin mukaan maapallon keskilämpötila on noussut yhdellä asteella esiteollisesta ajasta ja että 1,5 asteen raja saavutetaan nykyisillä päästöillä vuosisadan puoliväliin mennessä. 1,5 asteen lämpötilan nousu esiteollisesta ajasta katsotaan raportin mukaan kriittiseksi ja sen ylittämisen arvioidaan aiheuttava suuria haittoja luonnolle sekä ihmisille.

Kuljetusten ja logistiikan ohjauksella on mielletty tavoittelevan ennen kaikkea kustannussäästöjä sekä kilpailuetua asiakasvaatimukset huomioiden, sisältäen niin tulo-, sisä- ja lähtölogistiikan (Ritvanen 2011, 20). Ympäristöasioihin liittyvä paine on monilla talouden aloilla kasvussa ja myös logistiikkasektorilla se kasvaa nopeasti (Comtois ym. 2020). Viime vuosina kansainväliset järjestöt sekä kansalliset hallitukset ovat asettaneet kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoitteita jopa 30 vuoden aikajänteelle (Piecyk 2015, 55). Hiilidioksidipäästöjen tulevat pitkällä aikavälillä olemaan uhka yrityksille, jos tulevat sukupolvet kärsivät täysimääräisesti hillitsemättömästä ilmaston lämpenemisestä. Tämän takia lähitulevaisuudessa yrityksiin kohdistuu yhä enemmän mm. asiakkaiden ja osakkeenomistajien painetta vähentää hiilijalanjälkeään. Yritykset voivat ennakoida ilmastomuutosta koskevan sääntely- ja finanssipolitiikan tiukentamista ja voivat näin saavuttaa kilpailuetua toimimalla ennakoivasti päästövähennysten eteen, kun se on vielä vapaaehtoista. (Mckinnon 2018, 29.)

Ympäristöllisistä vastuullisuustavoitteista on johdettu käsite vihreä logistiikka, jonka tavoitteena on yksinkertaistetusti logististen kuljetusketjujen muuttaminen mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittaviksi. (Logistiikan maailma 2020.) Comtois ym. (2020) määrittelevät vihreän logistiikan sisältävän toimitusketjun hallinnan käytännöt ja strategiat, joilla vähennetään rahdinjakelun ympäristö- ja energiajalanjälkeä. Termi pitää sisällään useita eri osa-alueita liittyen tuotannon suunnitteluun, materiaalien hallintaan sekä fyysiseen jakeluun. Kuljetus ja logistiikka-alalle kaivataan johdonmukainen ja koordinoitu politiikkakokonaisuus sen saattamiseksi kestävä kehityksen polulle, joka kattaisi kaikki lainkäytäntövalan tasot niin kansainvälisellä, kansallisella kuin alueellisella tasolla. (IEA 2020).

Myös tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on asettanut 10-vuotistavoitteen hiilidioksidipäästöjensä leikkaamiseksi toiminnoissaan. Tässä opinnäytetyössä keskitytään fyysiseen jakeluun, toisin sanoen valmiiden tuotteiden lähtölogistiikkaan sekä niiden hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinoihin. Logistiikan osa-alueista tulo-, sisä- ja paluulogistiikka rajataan tutkimuksen ulkopuolelle, kuin myös kaikki muut ympäristökuormitukselliset tekijät, hiilidioksidipäästöt lukuun ottamatta.

## 1.2 Opinnäytetyön rakenne

Tämä opinnäytetyö koostuu neljästä osa-alueesta (Kuva 1). Johdannossa käydään läpi työn tausta, tavoitteet, rajaukset sekä tutkimusmenetelmät. Teoriaosassa avataan hiilidioksidipäästöjen vaikutusta ja kuljetusten osuutta niistä sekä käsitellään rahtiliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinot ja laskentamenetelmät. Tutkimusosiossa esitellään toimeksiantaja ja sen päästövähennystavoitteet, esitellään tutkimuksessa tarkasteltavat vanerin kuljetusmuodot ja toimitusreitit, tiivistetään työn laadullinen osio sekä käydään läpi tutkimuksen aineisto ja havainnollistetaan laskemalla toimitusreittien nykyiset hiilidioksidipäästötasot sekä päästövähennyskeinojen vaikutukset niissä. Johtopäätösosiossa pohditaan päästövähennyskeinojen käytettävyyttä vanerin toimituksissa, arvioidaan työn reliäabelius ja validiteetti sekä esitellään työn perusteella ehdotettavat lisätutkimusaiheet.

<p><b>Opinnäytetyön rakenne</b></p> <p><u>Johdanto</u></p> <p>Tausta</p> <p>Rakenne</p> <p>Tavoitteet ja rajaukset</p> <p>Tutkimusmenetelmät</p> <p><u>Teoreettinen osuus</u></p> <p>Hiilidioksidipäästöjen syyt ja vaikutukset</p> <p>Kuljetusten osuus päästöistä</p> <p>Raskaan liikenteen päästövähennyskeinot</p> <p>Päästövähennyslaskennan perusteista</p> <p><u>Empiirinen osuus</u></p> <p>Toimeksiantajan esittely</p> <p>UPM Plywood toimitusreitit ja kuljetusmuodot</p> <p>Työn laadullinen osio</p> <p>Työn laskennallinen osio ja tulokset</p> <p>Yhteenveto-osio</p>
--

Kuva 1. Opinnäytetyön rakenne

### 1.3 Työn tavoitteet ja rajaukset

Toimeksiantaja työlle on UPM-Plywood Oy:n logistiikkaosasto. Työn tavoitteena on ottaa selvää millä keinoin ja kuinka paljon vanerin toimitusketjussa voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä, sekä saada mahdollisesti uusia näkökulmia päätöksenteon tueksi päästötavoitteisiin tähdittäessä. Toimeksiantaja antoi työn tekijälle raamit sekä melko vapaat kädet työn toteuttamiseen. Tutkimuksellisen otteen ja tulosten lisäksi työn tavoitteena on opiskelijan itsensä aiheeseen perehtyminen, ymmärryksen kasvattaminen toimituslogistisesta kokonaisuudesta, sekä ammatillinen kasvu. Tavoitteet käytiin lävitse ja hyväksyttiin yhdessä toimeksiantajan kanssa ja ne ovat yhtä lailla tekijälle henkilökohtaiset (oppiminen), kuin myös toimeksiantajalle tuloksiin tähtäävät. UPM-Kymmene konserni on käynnistänyt korkean tason työryhmiä päästövähennyskeinojen selvittämiseksi. Tämä opinnäytetyön pyrkimys on ennen muuta lisätä tutkijan itsensä ymmärrystä toimitusketjusta, sen hiilidioksidipäästölaskennan perusteista sekä päästövähennystavoitteista. Tarkoitus on omalla panoksella lisätä tietoisuutta mahdollisista hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinoista sekä niiden vaikutuksista päästötasoihin.

Opinnäytetyössä tullaan perehtymään UPM:n vaneriliiketoiminnan valmiiden tuotteiden läh-  
tölogistiikkaan hiilidioksidipäästöjen vähentämisen näkökulmasta. Aihetta lähestytään pe-  
rehtymällä nykyisiin laskennallisiin hiilidioksidipäästöihin tutkimukseen valittavilla toimitus-  
reiteillä. Nykytilannetta tullaan vertaamaan laskemalla mahdollisten päästövähennyskeino-  
jen hyötyjä. Pyrkimyksenä on kartoittaa edellä mainituista asioista 10 vuoden aikajänteellä



toteutettavia hiilidioksidipäästövähennyskeinoja työhön valittavilla toimitusketjun reiteillä sekä arvioida keinojen toteutettavuutta. Hiilidioksidipäästöjen nykytaso lasketaan käytettävissä olevien toimeksiantajalta saatavien lukujen perusteella Excel taulukkolaskentaohjelmassa. Laskennassa käytetään UPM-Plywoodin käyttämiä viimeisimpiä tonnikilometripusteisia päästölaskentakertoimia. Toimeksiantajan kanssa työn rajausta sekä kysymysasettelua pohdittaessa, esiin nousi kolme tutkimuskysymystä, joihin työllä pyritään saamaan vastauksia.

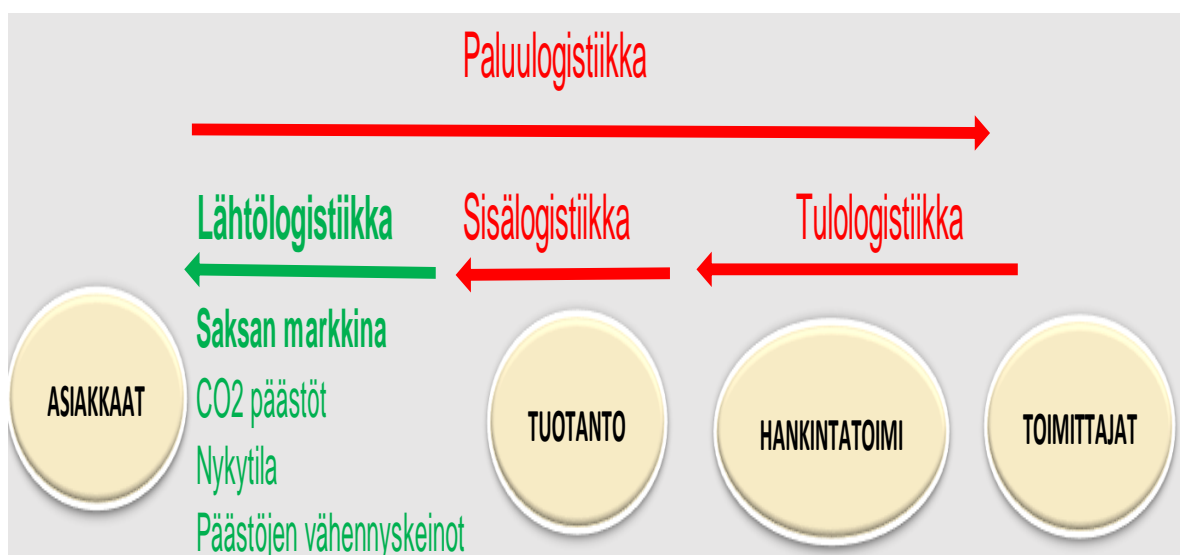
1. Kuinka optimaalisia nykyiset toimitusreitit Saksaan ovat hiilidioksidipäästöjen kannalta?
2. Millä keinoin ja kuinka paljon hiilidioksidipäästöjä on mahdollista vähentää tutkittavilla reiteillä?
3. Onko olemassa nopealla aikataululla tehtäviä toimenpiteitä päästövähennystavoitteen eteen?

Opinnäytetyön aihe on toimeksiantajayritykselle erittäin ajankohtainen. UPM-Kymmene Oyj on aloittanut vuoden 2020 aikana päästöjen vähennysohjelman, jonka pyrkimyksenä on vähentää suoria hiilidioksidipäästöjä 65 % sekä epäsuoria hiilidioksidipäästöjä 30 % vuoden 2015 tasosta vuoteen 2030 mennessä. (UPM-Kymmene 2020b.) Tämä opinnäytetyö koskee yrityksen epäsuoria hiilidioksidipäästöjä ja tarkennettuna tuotteiden jakelua.

Tulo-, sisä- ja lähtölogistiikan käsitteiden avulla materiaalien sekä valmiiden tuotteiden kulku yrityksen sisällä jaetaan eri osa-alueisiin. Tulologistiikkaan kuuluu tavaran vastaanotto ja tarkastus, purkaminen sekä varastoon sijoittaminen. Sisälogistiikka käsittää tulo- ja lähtölogistiikkaan kuulumattomat, oman organisaation sisällä tapahtuvan tuotteiden sekä materiaalien käsittelyt. Lähtölogistiikan käsitteen alle luetaan valmistuotevarastossa ja siitä eteenpäin tapahtuvat toimenpiteet (varastosta keräily, lastaus, kuljetus) sekä paluulogistiikka. Lisäksi siihen katsotaan sisältyvän erinäisiä lisäarvopalveluja, joita ovat esim. huoltoon ja kierrätykseen liittyvät palvelut. (Ritvanen 2011, 21.)

Hiilidioksidi on merkittävin kasvihuonekaasu muodostaen valtaosan maailman kaikista kasvihuonepäästöistä. Se on myös kuljetus ja logistiikka-alan merkittävin kasvihuonekaasu kattaen 90–95 prosenttia kaikista logistiikka-alan kasvihuonekaasupäästöistä. (Mckinnon 2018, 35.) Päästöjen näkökulmasta työ rajataan em. syystä koskemaan hiilidioksidipäästöjä (CO<sub>2</sub>). Tutkimustyössä kartoitettava päästövähennyskeinovalikoima rajataan käsittämään vaihtoehtoisia kuljetusmuotoja ja reititysvaihtoehtoja sekä teknisin keinoin saavutettuja päästövähennyshyötyjä.

Toimeksiantajan (UPM Plywood Oy:n logistiikka) pääasiallinen vastuu on huolehtia yrityksen lähtölogistisesta osasta, nimenomaan jakelusta ja kuljetuksesta lastauksen jälkeen. Toisin sanoen puhutaan yrityksen valmiiden tuotteiden toimittamisesta tehtailta ja varastoista asiakkaille. Opinnäytetyö rajataan logistisen viitekehyksen osalta käsittämään toimitusketjun lähtölogistinen osa eli lastauksen jälkeen tapahtuvan kuljetuksen ja jakelun hiilidioksidipäästöt. Lähtölogistiikasta rajataan pois valmisvarastoissa tapahtuvat toimenpiteet. Myös paluulogistiikka ja lisäarvopalvelut rajataan työn ulkopuolelle sillä ne eivät näyttele suurta roolia toimitusketjun hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä, vaikka ne kuuluvat myös toimeksiantajan vastuualueeseen. Seuraavassa (kuva 2) on havainnollistettuna opinnäytetyön rakenne logistisessa viitekehyksessä sekä vihreällä fontilla korostettuna asiat, joihin työssä tullaan perehtymään.



Kuva 2. Opinnäytetyön rajaus

#### 1.4 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmänä käytetään tapaustutkimusta. Tapaustutkimuksen todetaan olevan tutkimusstrategiallisesti menetelmiltään väljästi määrittyvä (Jyväskylän Yliopisto 2015). Tapaustutkimuksessa voidaan käyttää erilaisia tiedonkeruu & menetelmätapoja ja siksi sitä ei tule nähdä ainoastaan aineistonkeruun tekniikkana. Käytössä ovat yhtä hyvin kvantitatiiviset sekä kvalitatiiviset menetelmät. On oleellista, että tutkittava tapaus muodostaa kokonaisuuden. Se on tyypillinen tutkimusstrategia ammattikorkeakoulujen opinnäytetöissä. (Saa-

ranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.) Kanasen (2015, 54–55) mukaan tapaustutkimuksessa kohteena on yksi tai useampia tapauksia, joita halutaan ymmärtää syvällisesti. Kuvailuvassa tapaustutkimuksessa pyritään kuvailemaan ilmiötä tiheästi tai luomaan tiivis tarina.

Tutkimuksessa käytetään niin määrällisiä kuin laadullisia menetelmiä. Työ on pääosin kvantitatiivinen, mutta teorian avulla löydettävien sekä toimeksiantajan kanssa pohdittavien päästövähennyskeinojen sekä niiden käytettävyyden arvioinnin voidaan ajatella sisältävän myös laadullisia piirteitä.

Opinnäytetyöprosessin aikana yhdessä toimeksiantajan kanssa käytyt videopalaverit sekä keskustelut edustavat työn laadullista osaa. Päästövähennyskeinoja on esitelty työn teoriaosassa ja näiden käytettävyyttä sekä potentiaalia UPM-Plywoodin toimitusketjussa on arvioitu niin teorian kuin toimeksiantajan kanssa käytyjen laadullisten keskustelujen pohjalta.

Määrällisiä menetelmiä käytetään UPM Plywoodin toimitusreittien hiilidioksidipäästötasojen sekä löydettyjen päästövähennyskeinojen vaikutusten laskennassa. UPM Plywoodin lähtölogistisesta ketjusta tutkimukseen rajataan Saksan markkina-alue. Reitit sekä niiden kuljetusmäärät ja pituudet saadaan selville UPM-Plywoodin omasta tiedonkeruujärjestelmästä. Tämän jälkeen tiedot siirretään taulukkolaskentaohjelmaan, jossa niiden CO<sub>2</sub> päästötasot lasketaan. Päästöjen lähtötason laskennassa käytetään UPM-Plywoodilla käytettäviä päästötasolaskentakertoimia. Tämän jälkeen lasketaan työn teoriasta löydettyjen ja laadullisissa keskusteluissa käytettäviksi todettujen päästövähennyskeinojen vaikuttavuus toimitusreiteillä. Eri päästövähennyskeinoille on teorian sekä keskustelujen pohjalta arvioitu omat päästökertoimet. Kuvassa 3 on havainnollistettu tiivistetysti tämän opinnäytetyön laadullisen ja määrällisen osion erottelu.

### Laadullinen osuus (teoria & keskustelut)

→ Päästövähennyskeinot, potentiaali ja käytettävyys

### Laskennallinen osuus

→ Nykyisten päästötasot (reitit ja määrät UPM tiedonkeruujärjestelmästä)

→ käytetään UPM-Plywoodin päästökertoimia

→ Päästövähennyskeinojen vaikuttavuuden laskenta.

→ käytetään teorian ja keskustelujen pohjalta arvoituja päästökertoimia.

Kuva 3. Opinnäytetyön laadullinen ja määrällinen jako

Lisäksi opinnäytetyöprosessin aikana lisätään ymmärrystä itse tutkittavasta asiasta (UPM lähtölogistinen ketju Saksan markkinoille), joka on kokonaisuutena työhön ryhdyttäessä tekijälle vielä epäselvä. Työ on kokonaisuudessaan prosessi, jossa selvitetään toimitusreitit tehtailta Saksaan, niiden erityispiirteitä ja reittivaihtoehdot, joiden perusteella päästötaso- ja päästövähennyslaskelmat tehdään. Edellä kuvatun valossa tapaustutkimukselle on hyvät perusteet, jotka tukevat niin toimeksiantajan asettamia päästövähennyskeinojen laskennallisia tavoitteita kuin tekijän oman oppimisen tavoitteita. Tekijällä on työnsä puolesta UPM-Pelloksen vaneritehtaiden lähetystenhoitajana peruskäsitys tutkittavasta aihealueesta, joka on antanut alkusysäyksen sekä motivaatioita työn tekemiseen.

## 2 ILMASTONMUUTOS JA KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT KULJETUSTEN NÄKÖKULMASTA

### 2.1 Ilmastonmuutos ja liikenteen kasvihuonekaasupäästöt

#### 2.1.1 Ilmastonmuutos ja ihmisen toimet

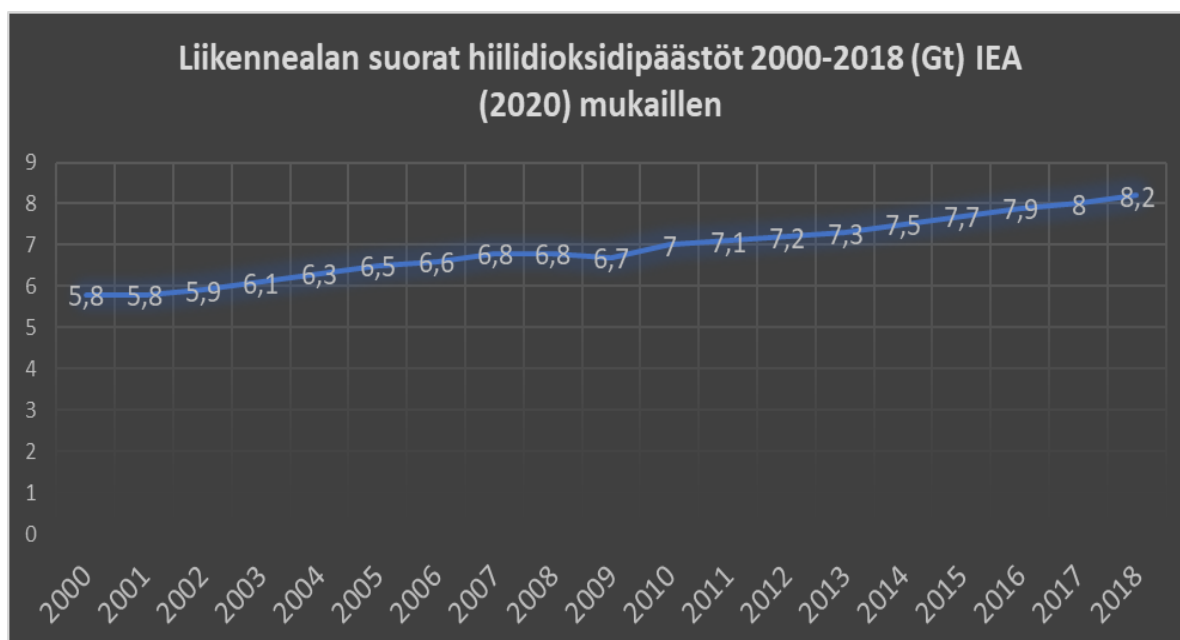
Kasvihuonekaasupäästöjen lisääntyminen ihmisten toiminnan seurauksena sekä näiden päästöjen vaikutus ilmaston lämpenemiseen on viime vuosikymmeninä katsottu tieteellisesti vakiintuneeksi tosiasiaksi. On kiistatonta, että ihmisten toimet vaikuttavat ilmastoon, ja että viimeaikaiset ilmastomuutokset ovat vaikuttaneet laajasti ihmisen ja luonnon järjestelmiin. mm. lumen ja jään vähenemisen, merenpinnan nousun sekä merien lämpenemisen sekä näistä johtuvat säiden ääri-ilmiöiden katsotaan olevan suoria seurauksia ilmaston lämpenemisestä. (IPCC 2014.)

Mckinnon kirjoittaa, että 1800-luvun puolivälistä lähtien ihmiskunta on polttanut valtavia määriä fossiilista hiiltä kivihiilen, öljyn ja kaasun muodossa. Lisäksi olemme myös tuhonneet metsiä ja tämä on vapauttanut hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) kasvillisuuskannasta. Em. toimet ovat lisänneet hiilidioksidipitoisuutta ilmakehässä historiallisesti katsoen hyvin lyhyessä ajassa. (Mckinnon 2018, 1.) Ilmatieteen laitoksen (2020a) mukaan tieteellisiin tutkimuksiin sekä niistä johdettuihin ilmastomallinnuksiin perustuen on ilmeistä, että viime vuosisadan puolen välin jälkeen tapahtunut maapallon keskilämpötilojen nousu on valtaosin ihmisen toiminnan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen ansioita.

#### 2.1.2 Kuljetusten ja liikenteen osuus

Liikenteen arvioidaan olevan maailmanlaajuisesti vastuussa 23 % energiaan liittyvistä hiilidioksidipäästöistä. Tämän osuuden katsotaan voivan nousta jopa 40 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä, ellei välittömiin toimiin liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ryhdytä. Viimeisen 50 vuoden aikana, liikenteen päästöt ovat kansainvälisen kuljetusfoorumin mukaan kasvaneet nopeammin kuin millään muulla talouden alalla. (ITF 2019a.) Kuljetussektorin suorat hiilidioksidipäästöt kasvoivat maailmanlaajuisesti 29 % (5,8:sta 7,5 gigatonniin) vuosien 2000 ja 2016 välillä, tehden siitä nopeimmin päästöjä kasvattavan liike-elämän sektorin. Liikenteen lasketaan olevan energia-alan sekä muun teollisuuden jälkeen kolmanneksi suurin hiilidioksidipäästöjen lähde. Alueellisesti katsoen logistiikkasektorin päästöt ovat kasvaneet OECD:hen kuulumattomissa maissa, kun taas ne ovat pienentyneet OECD-maissa vuosien 2000–2016 välillä. (SLoCaT 2018.)

Eri tehostamistoimenpiteistä (sähköistäminen, biopolttoaineiden lisääminen) johtuen globaalit liikenteen päästöt kasvoivat vuonna 2019 vähemmän kuin 0,5 %. Pudotus on huomattava, sillä vuosin 2000–2018 aikana ne kasvoivat keskimäärin 1,9 % vuosivauhdilla. Tästä huolimatta liikenne aiheuttaa edelleen 24 prosenttia kaikesta polttoaineen palamisen aiheuttamista suorista hiilidioksidipäästöistä. Maantieajoneuvojen - autojen, kuorma-autojen, linja-autojen sekä moottoripyörien osuus liikenteen hiilidioksidipäästöistä on lähes kolme neljäsosaa. Ilmailu- ja meriliikenteen päästöt lisääntyvät edelleen. Alla olevassa kuvaajassa on esitetty liikennealan maailmanlaajuiset suorat hiilidioksidipäästöt gigatonneina (Gt) vuodesta 2000 vuoteen 2018 saakka. (IEA 2020.) Kuviosta 1 voimme havaita 18 vuoden aikana tapahtuneen liikenteen hiilidioksidipäästöjen tasaisen kasvun maailmanlaajuisesti.



Kuvio 1. Liikennealan suorat hiilidioksidipäästöt maailmanlaajuisesti 2000–2018 (Gt) (IEA 2020 mukailen)

### 2.1.3 Vihreä logistiikka: liikennealan keino vähentää kuljetusten ympäristökuormitusta

Vihreä logistiikka on käsitteenä laaja ja monitahoinen. Erään määritelmän mukaan siihen sisältyy toimitusketjun hallintokäytäntöjä ja strategioita, jotka vähentävät rahdin jakelun ympäristö- ja energiajalanjälkeä, keskittyen materiaalinkäsittelyyn, jätehuoltoon, pakkaamiseen ja kuljetukseen. (Comtois ym. 2020.) Laaja kirjo aiheeseen liittyviä tutkimuksia osoittaa, että yritykset ovat kasvavissa määrin halukkaita osoittamaan ympäristötietoisuuttaan

sekä esittelemään ympäristötavoitteitaan vihreän logistiikan hallinnan keinoin (Mckinnon 2015,17). Nykyään yrityksiin kohdistuu yhä enemmän painetta vähentää hiilijalanjälkeään mm. asiakkaiden ja osakkeenomistajien taholta. Yritykset voivat ennakoida ilmastomuutosta koskevan sääntelyn tiukentumista ja saavuttaa kilpailuetua toimimalla vapaaehtoisesti ja ennakoivasti päästöjen vähennystavoitteissaan. (Mckinnon, 2018, 29.) Kuljetussektorilla on merkittäviä haasteita kestävä kehityksen eri aloilla, mukaan luettuna kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisessä. Pyrkimykset päästövähennystavoitteiden osoittamiseksi, sekä erityisesti sen hiilidioksidipäästöjen vähennystavoitteet, ovat saaneet aikaan voimakkaan lisääntymisen alan tutkimuksessa. (Piecyk & Tavasszy 2018, 1.)

### **Greenhouse Gas Protocol**

GHG Protocol tarjoaa yksityisen sekä julkisen sektorin toimijoille maailmanlaajuiset standardoidut puitteet kasvihuonekaasupäästöjen mittaamiseksi ja hallitsemiseksi arvoketjuissa. Se syntyi 1990-luvun lopulla tarpeesta luoda kansainvälinen, vertailukelpoinen standardi kasvihuonekaasupäästöjen kirjanpitoa ja raportointia varten ollen kytköksissä maailmanlaajuiseen laajempaan GRI-raportointijärjestelmään (Greenhouse gas protocol 2020a.) GHG Protocol perustuu NFR (Non-financial reporting) EU-direktiivin, joka velvoittaa yli 500 työntekijän yritykset raportoimaan vastuullisuuteen (ympäristö, työntekijät, ihmisoikeudet, lahjonta) liittyvistä seikoista. Lyhyesti sen kerrotaan tarkoittavan vastuullisuusraportointia, jossa yritys huomioi ympäristön, talouden sekä sosiaaliset tekijät. (Greencarbon 2020.)

GHG Protocol jaottelee kasvihuonekaasupäästöt kolmeen laajuus- tai soveltamisalaan: Scope 1, Scope 2 ja Scope 3. EU-direktiivi (NFR) velvoittaa suuryrityksiä raportoimaan Scope 1- ja Scope 2 -luokkien päästöt. Scope 3 -päästöjen raportointi on vapaaehtoista, mutta osoituksena läpinäkyvyydestä monien yritysten kerrotaan raportoivan myös nämä tiedot. Tätä pidetään merkittävänä, koska Scope 3 – luokan päästöt voivat muodostaa valtaosan yrityksen koko päästökertymästä. (Greencarbon 2020.) Scope 1- ja Scope 2 -päästöt ovat helpommin laskettavissa ja hallittavissa ollen yrityksen omassa kontrollissa. Scope 3 – luokan päästölaskennan katsotaan olevan vaativampaa sillä siihen liittyvät päästöt ovat epäsuoria eivätkä ole yrityksen omassa kontrollissa. (Compareyourfootprint 2018.)

## Hiilijalanjäljen laskenta konsernitasolla

### UPM-Kymmene Oyj

#### Scope 1

Tuotannon suorat päästöt

#### Scope 2

Ostosähkö

#### Scope 3

Ostetut tavarat ja palvelut

Polttoaineiden tuotanto

Raaka-aineiden kuljetus ja **tuotteiden jakelu**

Tuotannossa syntyvä jäte

Liikematkat

Myytyjen tuotteiden jatkojalostus

Kuva 4. Greenhouse Gas Protocol päästöjen muodostumisen soveltamisalueet UPM-Kymmene (UPM-Kymmene 2020a mukailten)

Vuonna 2011 julkaistu Scope 3 – soveltamisala on ainoa kansainvälisesti hyväksytty menetelmä, jolla yritykset voivat laskea ja ottaa huomioon koko arvoketjussa epäsuorasti syntyvät päästöt. Viime aikoihin saakka iso osa yrityksistä on keskittynyt oman toiminnan ja energiantuotannon päästöjen mittaamiseen. (Greenhouse gas protocol 2020b.) Greencarbon (2020) mukaan myös Scope 3 – luokkaan kuuluu ”myytyjen tuotteiden loppukäytöstä ja tavaroiden ja palveluiden hankinnasta syntyneet päästöt eli kaikki epäsuorat päästöt” joita ovat mm. logistiikka sekä materiaalien hankinnan päästöt. Tarkemmin Scope 3 – luokan kerrotaan jakautuvan 15 eri kategoriaan, joista päästölaskennassa voidaan käyttää yrityksen kannalta keskeisimpiä.

### Science based targets- (SBTi) aloite

Science Based Targets initiative on CDP:n, World Resources Instituten (WRIn), WWF:n sekä YK:n Global Compactin vuonna 2015 perustama aloite, jonka avulla yritykset voivat osoittaa sitoutumisensa Pariisin ilmastopöytäkirjaan ilmaston lämpenemisen hillitsemiseksi alle kahteen asteeseen. Yrityksillä on näin ollen mahdollisuus asettaa päästövähennystavoitteet virallisen ja yleisesti hyväksytyyn ilmastotieteen mukaisesti. (WWF 2020.)



Aloitteen tavoitteena on, että vuodesta 2020 alkaen tieteeseen perustuvista päästövähennyksistä tulee yritysten toimintaa ohjaava periaate. Tavoitteeseen pääsemiseksi se on luonut yrityksille selkeästi määritellyn ja tieteeseen perustuvan tiekartan kasvuun, jossa ilmastotavoitteet otetaan huomioon. Yrityksille määritellään tavoitteet, joissa määritellään kuinka paljon ja kuinka nopeasti niiden tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjään. Tavoitteita pidetään tieteellisinä, kun ne ovat yhdenmukaisia viimeisimmän ilmastotieteen osoittaman tutkimustiedon kanssa. (SBTi 2020.)

Yritykset voivat saavuttaa SBTI- tavoitteilla myös kilpailukyky- ja maine-etua, sekä luoda tavoitteiden pohjalta liiketoimintaa edistäviä innovaatioita. Lisäksi ne voivat ennakoida tulevaisuudessa todennäköisesti kiristyviä lainsäädännöllisiä vaatimuksia päästövähennysten suhteen sekä edistää uusiutuvan energian käyttöönottoa leikkaamalla päästöjä toiminnassaan. (WWF 2020.)

## 2.2 Rahtiliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen: Haasteina kuljetusmäärien lisääntyminen sekä kuljetusintensiteetin kasvu

Logistiikka on erittäin energiantensiivinen liiketoiminta-ala. Mckinnon kertoo Kansainvälisen energijärjestön arvioineen vuonna 2016, että koko liikenteen osuus maailmanlaajuisesti vuonna 2013 oli 26 prosenttia lopullisesta energian kysynnästä. Tavaraliikenteen osuus oli 4 % tästä kokonaismäärästä. Tämä tarkoittaa, että kaikki liikennemuodot huomioiden, tavaraliikenne kuluttaa noin 10 prosenttia maailman energiasta ja että voidaan varovaisesti arvioida logistiikan kokonaisuudessaan kattavan 11–12 prosenttia energiankäytöstä, kun siihen lisätään varastoinnin- sekä terminaalitoiminnan aiheuttamat päästöt. (Mckinnon 2018, 161.) Liikenteen kysynnän kasvaessa voimakkaasti tulevina vuosikymmeninä, voivat sen hiilidioksidipäästöt kasvaa 60 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Koska energiasta 92 % on tuotettu fossiilisilla polttoaineilla, on hiilidioksidipäästöjen vähentäminen kuljetuksissa erityisen haasteellinen tehtävä. (ITF 2019b.)

Mckinnon katsoo logistiikkasektorin hiilineutralisoinnin olevan erittäin haasteellista ja erityisesti siitä syystä, että kuljettavan tavarantoiminnan määrä maailmassa on lisääntynyt tasaisesti viime vuosikymmeninä. Lisäksi trendin odotetaan jatkuvan samankaltaisena myös tulevaisuudessa. (Mckinnon 2018, 67.) Ilmastomuutosta koskevissa tutkimuksissa maanteiden tavaraliikennettä kuvaillaan Mckinnon mukaan usein talouden alaksi, jonka ilmastovaikutukset ovat vaikeasti lievitettävissä. Alalla on nopea kasvuvauhti, voimakas riippuvuus fossiilisista polttoaineista sekä puute yhtenäisestä toteuttamiskelpoisesta hiilidioksidipäästöjen vähen-

tämisen tiekartasta. (Mckinnon 2018, 195.) Tavarankuljetusalan täytyy siis kamppailla ilmaston lämpenemistä vastaan vähentämällä hiilidioksidipäästöjään samalla kun sekä kuljetusmäärät että – intensiteetti kasvavat.

## 2.3 Päästöjen vähentämisen keinot

### 2.3.1 Laivaliikenteen tekniset keinot

Laivarahtiliikenteessä päästöjen vähennyskeinoja ovat mm laivojen kulkunopeuden pienentäminen ja reittioptimointi. Merkittävimpänä yksittäisenä keinona mainitaan polttoaineen vaihtaminen mahdollisimman vähähiiliseen vaihtoehtoon. Lisäksi erilaiset tekniset toimenpiteet kuten rungon ja propellien uudelleensuunnittelu sekä hukkaenergian talteenotto kuuluvat keinovalikoimaan. ”Cold ironing” jolla tarkoitetaan satamassa aluksen omien dieselgeneraattorien sammuttamista ja laivan sähköjärjestelmien käyttämistä sähköverkosta otetulla, matalahiilijalanjälkisellä sähköllä sekä tähän liittyen akkuenergian käyttö verkkosähkön talteen ottamiseksi. (Gilbert 2018.) Mckinnonin (2018, 200–201) mukaan laivojen energiatehokkuutta voidaan parantaa mm. kasvattamalla aluskokoa sekä ajamalla aluksia hitaammin (slow steaming).

Mckinnon listaa lisäksi kolme energiatehokkuustoimenpidettä, joiden odotetaan edistävän merkittävästi merenkulun hiilidioksidipäästöjen vähentämistä. Rungon virtaviivaistamisella vähennetään vastusta ja sen voittamiseen tarvittavaa energiamäärää. Moottori ja käyttövoimajärjestelmän energiatehokkaalla optimoinnilla vähennetään polttoaineen palamisen ja potkurin pyörimisen välillä tapahtuvaa energiahävikkiä. Lisäksi reittioptimointi pitää sisällään esim. sääreititysmenetelmät, joiden avulla aluksen reitti säädetään säähän, aaltoihin ja virtauksiin nähden mahdollisimman energiatehokkaaksi. (Mckinnon 2018, 204.)

Siirtyminen matalampihiilisiin energiamuotoihin on merkittävä keino vähentää laivaliikenteen hiilijalanjälkeä. Suurin osa maailman rahtilaivaliikenteestä käyttää polttoaineena raskasta polttoöljyä. Se on suhteellisen edullista ja helposti saatavaa, mutta myös selvästi päästöiltään haitallisin kaikista kuljetuksissa käytettävistä polttoaineista. Vähähiiliset energiovaihtoehdot voidaan jakaa kuuteen luokkaan: maakaasuun, biopolttoaineisiin, tuuli ja auringovoimaan, sähköön sekä vety ja ydinvoimaan. (Mckinnon 2018, 206–207.)

Nesteytetyistä kaasuista alusten käyttövoimana käytetään niin LNG:tä kuin LPG:tä joista LNG:tä pidetään yleensä merenkulkuun sopivampana. LPG on yleensä kalliimpaa ja sen kysyntä on suuri myös mulla kuljetussektorin aloilla. Molempien hiilidioksidipäästöt ovat myös noin viidenneksen pienemmät kuin polttoöljyllä. LNG:tä on myös käytetty kauan laivojen voimanlähteenä, etenkin LNG-tankkereissa, joten tekniikka on jo valmiiksi olemassa.

Myös erilaisia biopolttoaineita on kokeiltu menestyksekkäästi aluksilla joko ainoana polttoaineena tai sekoitettu muiden polttoaineiden kanssa (biodieseliä, biometanolia ja biokaasua). Raskaaseen polttoöljyyn verrattuna Biodiesel ja biometanoli voivat vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 50 prosentilla ja biokaasulla voidaan saavuttaa jopa 90 % päästövähennys, mutta niiden käyttö merenkulkualalla on vasta alkutekijöissään. (Mckinnon 2018, 208.)

### 2.3.2 Raskaan tieliikenteen tekniset keinot

Autorahdinkuljettamisen hiilidioksidipäästöjen teknisiä vähennyskeinoja ovat mm. autojen parempi aerodynaaminen suunnittelu, moottoritekniikan parantaminen, rengastekniikka, autojen suunnitteleminen kevyemmiksi sekä erilaiset ohjausjärjestelmät (Mckinnon 2018, 163–172).

Tällä hetkellä valtaosa maantiekuljetusten käyttövoimasta tuotetaan nestemäisellä fossiilisella polttoaineella, pääosin dieselöljyllä. Tämä siksi, että dieselöljyssä on korkea energiatiheys, helppo saatavuus sekä suhteessa alhaisemmat kustannukset muihin käyttövoiman muotoihin nähden. Mckinnon esittää kuutta potentiaalista eri vaihtoehtoa dieselöljyn korvaamiseksi tieliikenteessä.

- Fossiilisista lähteistä paineistettu ja nesteytetty maakaasu (CNG & LNG). Näiden hiilipitoisuus on dieseliä ja bensiiniä alhaisempi.
- Nestemäinen biopolttoaine ja etenkin kasvibiomassasta jalostettu biodiesel.
- Elintarvike- ja eläinjätteistä tuotettu biometaani.
- Vedyllä tuotettu sähkö. Vetyä polttavia polttokennoja käytetään sähkön tuottamiseen.
- Vähähiilisellä sähköllä ladattavat akkukäyttöiset sähköautot.
- sähköistetyt moottorit, joiden sähkö tuotetaan vähähiilisesti. Sähkö siirretään ajoneuvoihin ilmakaapeleista tai maanteiden siirtojärjestelmistä.

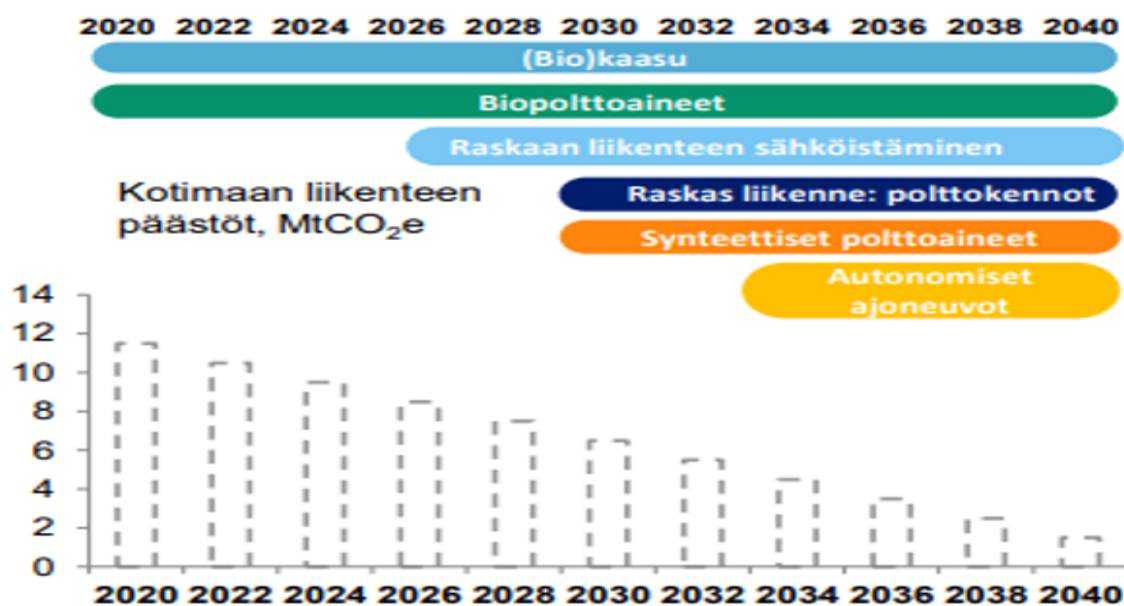
(Mckinnon 2018, 197.)

Jokaisella yllä mainitulla Dieselin korvausvaihtoehdolla on etunsa ja haittansa. CNG ja LNG mielletään "välikauden" polttoaineeksi, jotka matalahiiliset ja ei-fossiiliset polttoaineet tuleva ajan myötä korvaamaan. Fossiilisesta lähteestä peräisin olevan maakaasun käyttö kuorma-autoissa voi jopa lisätä elinkaariperusteisia kasvihuonekaasupäästöjä. (Mckinnon 2018, 181.) Biodieselin elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt riippuvat siihen käytettävästä raaka-aineesta, joista käytetyn paistoöljyn hiilijalanjälki on pienin, mutta sen saatavuus on rajallinen. On saatu myös näyttöä, että jotkut biopolttoaineet pahentavat eivätkä lievennä

ilmastonmuutosta. (Mckinnon 2018,183.) Kasviperäinen puristettu tai nesteytetty biometaanin saatavuus on kuljetusalalle vielä erittäin rajallista koska kuljetussektori joutuu kilpailemaan sen lähteistä etenkin kaasuverkkojen kanssa. Lisäksi alati vähenevä ruokahävikki vähentää myös biokaasun tuotannon mahdollisuuksia. (Mckinnon 2018,184.)

Sähköistämisen keinoista akkutekniikka ei mahdollista vielä pitkien matkojen tai raskaan rahtin kuljetuksia minkä lisäksi niiden latausverkosto on vielä rajallinen. Lisäksi akut ovat raskaita, joka rajoittaa lastattavan hyötykuorman kokoa. Raskaisiin kuorma-autoihin, jotka kuljettavat suuria määriä rahtia pitkiä matkoja, tarvitaan erittäin raskaita ja kalliita akkuja. (Mckinnon 2018,189.) Teiden sähköistäminen on vielä kallista, mutta se nähdään pidemmällä tähtäimellä lupaavana raskaan liikenteen hiilineutralisoinnin mahdollistajana ja tekniikkaan liittyvät pilottiprojektit ovat osoittaneet sen potentiaalin. (Mckinnon 2018, 192–193.)

Vanerin kuljetuksissa käytetään lähes yksinomaan raskasta kalustoa ja tämän voidaan ajatella asettavan rajoitteita teknisten keinojen käyttöönoton suhteen. Uusiutuvien polttoaineiden katsotaan Pöyryn (2020) mukaan olevan tavaraliikenteen keskeisin energianlähde hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi 2020 – luvulla. Kaikkien teknisten keinojen ei arvioida yleistyvän laajasti vielä seuraavan 10 vuoden aikana ja raskaimmissa tiekuljetuksissa diesel on oletettavasti vielä pitkään ainoa mahdollinen käyttövoima. Kuten myös. Mckinnon (2018, 189–193) luettelee, akkutekniikasta tai muista sähköistämisen muodoista ei katsota lähitulevaisuudessa olevan suuressa määrin apua raskaan rahtiliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinona. Biopolttoaineen käyttöönoton katsotaan raskaassa liikenteessä olevan melko helposti ennustettavissa. Näiden lisäksi sähköistämisen on arvioitu voivan pidemmällä tähtäimellä vähentää päästöjä. Edellä mainittujen syiden takia raskaiden maantiekuljetusten päästövähennyspotentiaalin voidaan ajatella alkuun olevan enemmän ympäristöystävällisempien polttoaineiden, kuin sähköistämisen varassa. Rekkojen ja teiden sähköistämisen arvioitu kurovan rautateiden hiilidioksidipäästöetua suhteessa maantiekuljetuksiin, mutta tämän oletetaan tapahtuvan mukaan suuremmassa mittakaavassa vasta 2030 – luvulla (Pöyry 2020). Seuraavassa (kuvio 2) havainnollistetaan Pöyryn (2020) mukaan arvio raskaan liikenteen päästövähennyskeinojen yleistymisestä Suomessa sekä keinojen arvioitu vaikutus liikenteen kokonaishiilidioksidipäästöihin.



Kuvio 2. Arvio päästövähennyskeinojen yleistymisestä sekä niiden vaikutuksesta raskaan tieliikenteen hiilidioksidipäästöihin Suomessa (Pöyry 2020)

Kuviosta 2 voi havaita biopolttoaineiden olevan arvon mukaan 2020-luvun alkupuolella raskaan rahtiliikenteen pääasiallinen päästövähennyskeino. Pöyryn (2020) raportti ennustaa myös raskaan liikenteen sähköistämisen alkavan tuoda päästövähennyshyötyjä 2020 – luvun puolesta välistä lähtien. Muiden keinojen katsotaan yleistyvän vasta 2030-luvun aikana. Sanoma on hieman optimistisempi raskaan tieliikenteen sähköistämisen näkökulmasta verrattuna Mckinnonin (2018, 189–193) viestiin, jonka mukaan raskaan rahtiliikenteen sähköistämisen aika tulee osoittamaan hyötyjä vasta pidemmällä tähtäimellä.

### 2.3.3 Rautatiekuljetusten keinona rautateiden sähköistäminen

Rautateiden tavaraliikenteen energiakäyttöä on vaikea yleistää maailmanlaajuisesti. Sen energiatehokkuuden tekijöissä on kansainvälisiä eroja, jotka johtuvat eritoten paikallisista infrastruktuureista vaikuttaen mm. tavarajunien painoon, pituuteen ja nopeuteen. Rautateiden tavaraliikenteen keskimääräinen hiili-intensiteetti on alhainen ja sen energia- ja hiili-intensiteetit ovat laskeneet keskimäärin n. 40 prosenttia viimeisen 40 vuoden aikana. Rautatiekuljetuksilla onkin selkeä hiili-intensiteettietu suhteessa maantiekuljetuksiin nähden. (Mckinnon 2018, 217.) Rautatiekuljetukset ovat vähiten energiaa kuluttava liikennemuoto, vain kuudesosan tieliikenteeseen verrattuna. Lisäksi vuosina 2005–2014 rautateiden hiilidioksidipäästöt laskivat 32 % tavaraliikenteessä lähinnä dieselmoottorista sähköjuniin siirtymisen ansiosta. (Pekin 2017.) Iso osa maailman rautateista on yhteydessä sähköverkkoon ja lisäksi sen käyttämästä sähköstä suurimman osan arvioidaan tuotettavan uusiutuvalla

energialla. Vuonna 2015 kaiken raideliikenteen sähköistämistä arvioitiin olevan maailmanlaajuisesti 44 %. Tavaraliikenteen sähköistämisosuudesta ei ole tarkkaa arvioita, mutta sen kerrotaan olevan todennäköisesti yli kolmasosan ja osuus kasvaa edelleen rautatieverkoston sähköistämisen edistyessä. (Mckinnon (2018, 219.)

Rautatierahtiliikenteen osuuden kaikesta rahtiliikenteestä vuonna 2015 kerrotaan olevan vain 6,9 %, joten rautateitse kuljetettu kokonaismäärä kaikista rahtikuljetuksista on vähäinen (IEA/UIC 2017, Mckinnon 2018, 217 mukaan). Rautatiekuljetukset edustavat vain 4-5 % rahtiliikenteen hiilidioksidipäästöistä ja sillä katsotaankin olevan vähemmän hiilidioksidipäästöjen vähentämistä koskevia haasteita kuin muilla liikennemuodoilla (Mckinnon 2018, 220). Pekin (2017) toteaa rautatieliikenteen osoittaneen mm. onnistuneella energiatehokkuudellaan ja vähähiilisellä strategiallaan sen olevan liikennemuoto, jonka roolia tulisi vahvistaa osana laajempaa siirtymistä hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.

#### 2.3.4 Muut kuin tekniset keinot

Mckinnonin (2018, 47) mukaan kuljetusalalla on tavattu ajatella ilmastonmuutosongelmaan olevan olemassa tekninen ratkaisu. Niin alan asiantuntijat kuin johtajat ovat tavanneet nähdä ajoneuvoteknologian kehittymisen sekä ajoneuvojen siirtymän vähähiiliseen energiaan tärkeimpänä tai jopa ainoana keinona vähentää tavaraliikenteen hiilidioksidipäästöjä. Vähähiilisen tekniikan kehittymisellä tulee olemaan merkittävä panos tulevaisuudessa alan hiilidioksidipäästöjen pienentämisessä. Pelkästään niiden avulla ei kuitenkaan katsota saavutettavan riittäviä vähennyksiä päästötasoissa seuraavien vuosikymmenien aikana. Teknisten keinojen lisäksi tarvitaan mm. ajoneuvojen tehokkaampaa reititystä, tavaraliikenteen siirtymistä vähähiilisempiin liikennemuotoihin sekä logistiikkajärjestelmien uudelleensuunnittelua. Tarkasteltaessa logistiikkaan liittyvien päästöjen vähentämismuutoksia keinovalikoima on laaja käsittäen myös paljon muuta kuin pelkät tekniset toimenpiteet.

Kuljetusten hiilidioksidipäästöjen vähentämisen keinoja Mckinnonin (2018, 61) mukaan ovat.

- Kuljetusten siirtämisen maanteiltä rautateille,
- reitityksen optimointi,
- tyhjänä ajettujen kilometrien vähentäminen sekä
- kuormakoon kasvattaminen.

ITF (2018b, 81) kertoo suuryksikköajoneuvot (HCV, high capacity vehicles) tarjoavat kustannustehokkaan ja nopean tavan vähentää hiilidioksidipäästöjä. Niiden avulla voidaan kasvattaa ajoneuvojen kuormakokoa ja lisätä energiatehokkuutta (ITF, 2018b, 26). Acea (2019) mukaan suurikapasiteettiset ajoneuvot kuluttavat vähemmän polttoainetta ja tuottavat vähemmän päästöjä kuljetusyksikköä kohden. Mm. ajoneuvon täyttöasteesta ja käytöstä riippuen, niillä voidaan saavuttaa 15–40 % hiilidioksidipäästöjen vähennys kuljetusyksikköä kohden. Lisäksi suuryksikköajoneuvoilla kerrotaan olevan näyttöä päästövähennyshyödyistä osana intermodaalikuljetuksia.

Tärkeitä seikkoja ovat myös rekkojen ajaminen ekologisella (käyttötapa) tavalla, riittävät ja oikea-aikaiset huollot ja kuljettajakoulutus. Viimeksi mainittua pidetään laajasti yhtenä kustannustehokkaimmista tavoista vähentää maanteiden tavaraliikenteen hiilidioksidipäästöjä. (Mckinnon 2018, 173.)

Logistiikkapalveluja ostavan toimijan on päästövähennyskeinoja pohtiessaan syytä ottaa huomioon monitahoiset yhteiskunnalliset toimet, joita tullaan tekemään seuraavien vuosien aikana liikenteen päästöjen vähentämiseksi. Ne tulevat vaikuttamaan oleellisesti siihen, millä aikataululla ja intensiteetillä logistiikkatoimintojensa hiilidioksidipäästöjä vähentämään pyrkivä yritys voi arvioida ottavansa eri päästövähennyskeinoja käyttöönsä. Autoalan tiedotuskeskus (2020) kertoo liikenteen päästövähennystoimenpiteiden yhteiskunnallisen tason keinoksi mm. taloudellisen ohjauksen, liikennejärjestelmän, infrastruktuurin, teknologiakehityksen sekä sääntelyn. Näiden kerrotaan linkittyvän toisiinsa mm. sääntelyn ja ohjaustoi-  
mien kautta vaikuttaen siihen, kuinka voimakkaasti ja miten nopealla aikataululla teknologisia sovelluksia tai uusia biopolttoaineita otetaan käyttöön.

### 2.3.5 Raskaan rahtiliikenteen hiilidioksidipäästöjen laskentaperusteet

Logistiikan hiilijalanjäljen laskenta voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin:

1. Tavoitteiden asettaminen ja prosessikartan luominen
2. Laskentamenetelmien valitseminen ja laskennan rajaaminen
3. Datat kerääminen ja päästölaskentakertoimien valitseminen
4. Laskenta
5. Todentaminen ja tietojen julkaisu

(Defra 2006, Piecyk 2015, 59 mukaan).

Haluttaessa verrata eri kuljetusmuotojen ja -välineiden aiheuttamia päästövaikutuksia kuljetukselle, lähtötietoina määritellään rahdin määrä ja kuljetusetäisyys. VTT ohjeistaa kuljetuspalveluiden ostajaa arvioimaan reittinsä hiilidioksidipäästötasot määrittämällä ensin liikennesuoritteiden tonnikilometreissä (tkm). Tonnikilometrit lasketaan kuljetettujen tavaratonien määrän (tn) ja kuljetusetäisyyden (km) tulona:  $tn \times km = tkm$ . Tämän jälkeen etsitään kuljetusvälinettä parhaiten vastaava tonnikilometrikohtainen yksikköpäästökerroin grammoina, joka kerrotaan liikennesuoritteella. Tästä saadaan kuljetusreitien kokonaishiilidioksidipäästöt grammoina. (VTT 2020.) Tämä opinnäytetyön laskentaosuudessa UPM tiedonkeruujärjestelmästä saadut reittikohtaiset päästöt laskettiin VTT:n edellä opastamalla menetelmällä, kun ensin oli määritelty reittien kuljetussuoritteet tonnikilometreinä per kuljetusmuoto. Päästövähennyskeinojen laskennassa tulee ottaa huomioon Mckinnonin (2018, 61) mukaan, että jokaisen peräkkäin toteutettavan päästövähennyskeinojen päästövähennys säästö on laskettava suhteessa laskevaan perustasoon.



### 3 CASE UPM PLYWOOD OY

#### 3.1 UPM Plywood, osa UPM-Kymmene konsernia

UPM Kymmene konsernin toiminta käsittää yhteensä kuusi liiketoiminta-aluetta, jotka ovat: UPM Biorefining, UPM Energy, UPM Raflatac, UPM Paper Asia, UPM Paper ENA (Eurooppa ja Pohjois-Amerikka) sekä tämän opinnäytetyön toimeksiantaja **UPM Plywood**.

UPM-Kymmenellä on pitkä historia Suomessa ja sen toiminta maassamme on alkanut jo 1800-luvulla. Nykyinen UPM-konserni on useiden vuosikymmenten saatossa tapahtuneiden yritysfuusioiden tulos, johon on sulautunut aikojen saatossa noin sata aikoinaan itsenäisesti toiminutta metsäteollisuusalan yhtiötä. Vanerin valmistukseen konsernissa alettiin 1930-luvulla. (UPM-Kymmene 2015.)

UPM Plywood tuottaa korkealaatuisia vanerilevyjä pääasiassa rakentamiseen, betonointiin ja ajoneuvoteollisuuden tarpeisiin, sekä mm. LNG-tankkereiden säiliöiden komponentteihin ja muihin erikoistuneimpiin loppukäyttötarkoituksiin. UPM-Plywood Oy:n 8 tuotantolaitosta sijaitsevat 6 paikkakunnalla, Suomessa, Venäjällä ja Virossa. Suomen tehdaspaikkakunnat ovat Mikkelissä, Joensuussa, Savonlinnassa sekä Kouvolassa. Lisäksi Venäjällä ja Virossa on molemmissa 1 tuotantolaitos (Chudovo & Otepää). UPM vaneriliiketoiminta työllistää yhteensä n. 2400 vanerialan ammattilaista.

Tehdaspaikkakunnat:

Mikkeli (3 tuotantolaitosta: Pellos 1, 2 & 3)

Kouvola

Joensuu

Savonlinna

Chudovo (venäjä)

Otepää (Viro).

#### 3.2 UPM-Plywood kuljetusmuodot ja toimitusreitit Saksan markkinoille

##### 3.2.1 Kuljetusmuotoina maantie- rautatie ja merikuljetukset

UPM-Plywoodin toimitusketjussa valmistusotteiden autokuljetukset voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan seuraavalla tavalla.

- Suorat kuljetukset tehtailta asiakkaille

- Esikuljetukset tehtailta satamiin ja edelleen Saksan varastoon (Suomen tehtailta)
- Suorat kuljetukset tehtailta Saksan varastoon (Otepäästä & Chudovosta)
- Kuljetukset Saksan varastosta asiakkaille

Saksan markkina-alueelle autokuljetuksia käytetään kaikilla yllä mainituilla tavoilla. Suorilla kuljetuksilla tarkoitetaan vientitrailereilla tapahtuvia multimodaalikuljetuksia, joissa koko lasti kulkee samassa kuljetusyksikössä (traileri) tehtaalta asiakkaalle tai varastoon vaihtaen välillä kuljetusmuotoa. Suorien vientierien kuljetuskalustona käytetään hyvin yleisiä puoliperävaunuyhdistelmiä jossa 13,7m maksimipituuden ja 25tn maksimipainon omaavan trailerin vetoautona toimii vetopöydällä varustettu kuorma-auto. Osa kuormista toimitetaan myös 28,5tn maksimipainoisilla intermodaali traileritoimituksilla. Näin voidaan toimia niissä tapauksissa, joissa trailerin Saksassa maanteitse kulkema matkaosuus on korkeintaan 150 kilometriä. Esim. jos kuorman määränpään Saksan satamasta on 750 kilometrin matka, voidaan se kuljettaa maksimissaan 28,5 tonnin painoisena, jos matkaosuudesta 600 kilometriä tai enemmän kuljetetaan rautateitse.

Esikuljetuksilla tarkoitetaan tehtailta satamaan rekoilla ja junilla (Pelloksen vaneritehtailta) ja edelleen satamasta laivattavia irtolastina kuljetettavia kuormia, joiden määränpäänä on Saksan varasto. Esikuljetukset eivät kulje samassa trailerissa tai kuljetusyksikössä varastoon vaan ne vaihtavat välillä sekä kuljetusyksikköä että kuljetusmuotoa irtolastina. Suorat toimitukset kulkevat samassa kuljetusyksikössä (traileri) välillä kuljetusmuotoa vaihtaen. Saksan varastosta asiakkaita palvellaan traileritoimituksin sekä myös junakuljetuksin. Irtolastikuormat kulkevat tehtailta Saksan varastoon kuorma-autoilla satamiin laivattaviksi ja edelleen meriteitse Rostockiin toimitettaviksi. Tästä poikkeuksen tekevät Pelloksen vaneritehtaat, joilta Saksassa varastoitava vaneri kuljetetaan satamiin rautateitse. Otepään ja Chudovon tehtailta myös varastotilaukset toimitetaan joko satamien kautta tai suoraan maanteitse samassa kuljetusyksikössä (traileri), ei irtolastikuromina.

Merikuljetuksia käytetään valmiiden tuotteiden kuljettamiseen lähes kaikille Plywoodin markkina-alueille, mukaan luettuna Saksaan. Vaneria kuljetetaan meriteitse irtolastina (esikuljetukset varastoon) sekä osana intermodaalikuljetuksia (suorat asiakastoimitukset). Konteissa Saksan markkinoille kuljetettavat määrät ovat kokonaisuuden kannalta häviävän pienet. Kaikki saksan markkinoille menevät kuljetukset, niin suorat asiakaskuljetukset kuin toimitukset varastoon, kulkevat Suomen ja Saksan välillä meriteitse. Kalustona merikuljetuksissa vielä tällä hetkellä toimii raskaalla polttoöljyllä kulkevat Ro-Ro tyypiset rahtialukset.

UPM kuljettaa saksan markkinoiden vanerin Transfennican laivoilla, sekä UPM:n vuokraamalla laivoilla. Osa UPM:n laivaston rahtialuksista muuttuvat käyttövoimaltaan nesteytetyllä maakaasulla (LNG) toimiviksi vuoden 2021 alusta lähtien.

Saksan markkinoille rautatiekuljetuksia käytetään Pelloksen vaneritehtailta kuljetettaessa Rostockissa välivarastoitavia varastotuotteita tehtaalta satamaan. Muilta tehdaspaikkakunnilta ei tällä hetkellä käytetä rautateitä vanerin kuljettamisessa. Rautateitse kulkee yksinomaan Saksan varastoon toimitettavaa tavaraa esikuljetuksina Pelloksen tehtaiden ja Kotka-Hietasen sataman välillä sekä jakeluun loppukäyttöasiakkaille Saksassa. Saksassa rautateitse kulkevista toimitusmääristä ei ole olemassa tarkkaa tilastoa ja niiden määrien arvioinnissa käytetään toimeksiantajalta saatavia parhaita ”valistuneita arvioita”.

### 3.2.2 Vanerin toimitusreitit Saksan markkinoille

Kaikilta Suomen tehtailta vaneritoimitusten reitti Saksaan kulkee Etelä-Suomen satamien kautta. Pelloksen vaneritehtailta Saksan varastotilausten esikuljetukset kuljetetaan satamaan junanvaunuissa, muilta tehtailta maanteitse rekan vetämissä maksimikantavuudeltaan 40–52 tonnin täysperävaunuyhdistelmissä. Suorat asiakastilaukset lastataan rekkojen vetämiin vientitrailereihin (puoliperävaunuyhdistelmä) jotka kulkevat tehtaalta asiakkaalle sellaisenaan, välillä kuljetusmuotoa vaihtaen.

Otepään tehtaalta Virossa kaikki Saksan markkinoille menevä vaneri, niin varastotäytöt kuin suorat asiakastilaukset, kulkevat tällä hetkellä maanteitse rekkojen vetämissä vientitrailereissa Baltian ja Puolan kautta. Chudovosta Venäjältä Saksan toimitukset kulkevat kolmea reittiä. Noin kolmannes Chudovon saksaan toimitettavasta vanerista ajetaan ensin rekan vetämissä puoliperävaunuyhdistelmissä Suomen kautta Kotkaan, jossa ne laivataan ja toimitetaan edelleen Saksan markkinoille. Nämä ovat suoria asiakastilauksia. Toinen kolmannes määrästä käsittää Saksan varastotilaukset, jotka toimitetaan autojen vetämissä puoliperävaunuissa Pietariin satamaan ja laivataan siellä Saksan varastoon toimitettaviksi. Viimeinen kolmannes on suoria asiakastilauksia, jotka kulkevat maanteitse rekkojen vetämissä trailereissa Baltian ja Puolan kautta Saksan markkinoille.

### 3.2.3 UPM päästölaskenta sekä päästövähennystavoitteet

UPM-Kymmenellä hiilidioksidipäästöjä lasketaan 3 tasolla: konserni-, tuotantolaitos- ja tuotetasolla. Konsernitasolla UPM:llä käytetään Greenhouse Gas (GHG) Protocol – menetelmää hiilijalanjäljen laskemiseksi. Tuotantoketjun epäsuorien päästöjen raportointi konsernissa perustuu tämän työn teoriaosassa käsitellyyn GHG Protocol Scope 3 -standardiin (Corporate Value Chain Accounting and Reporting Standard). (UPM-Kymmene 2020a.)

UPM sitoutui tiedepohjaisia tavoitteita (SBTi) koskevaan aloitteeseen vuonna 2017 ja sai tavoitteensa vahvistetuiksi vuonna 2019 (UPM-Kymmene 2020b). Yhtiön tavoitteena on vähentää polttoaineiden ja ostetun sähkön hiilidioksidipäästöjä 65 prosentilla (Scope 1 & 2) sekä toimitusketjun (Scope 3) päästötasoja 30 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoden 2015 tasosta (UPM-Kymmene 2020c). Vuoden 2019 loppuun mennessä UPM-Kymmene oli yksi viidestätoista Suomalaisesta ja maailmanlaajuisesti yksi 285 yrityksestä, jonka tieteen mukaiset päästövähennyssuunnitelmat SBTi-aloite oli hyväksynyt (WWF 2020).

### 3.3 Tutkimuksen laadullinen osuus

Tutkimustyön laadullinen osuus koostui kesän ja syksyn 2020 aikana käydyistä videopalaverista toimeksiantajan edustajien, pääasiassa UPM vaneriliiketoiminnan logistiikkapäällikkö Juha Vallitun kanssa. Palaverit tallennettiin, jotta niissä käsiteltäviin asioihin voitiin tarvittaessa palata opinnäytetyöprosessin aikana. Videopalaverien yhteiskesto on noin 10 tuntia, eikä niitä ole tarkoituksenmukaista tai järkevää litteroida opinnäytetyöhön. Palaverissa käytiin lävitse UPM-Plywoodin Saksan toimitusreittien määrät, erityispiirteet, kuljetusmuodot, olemassa olevat ja mahdolliset vaihtoehtoiset toimitusreitit ja päästövähennyskeinojen avulla tavoiteltavat päästövähennyshyödyt. Lisäksi videopalaverissa käsiteltiin UPM:n päästötavoitteita ja päästölaskentakertoimia, joiden perusteella myös tämän opinnäytetyön laskelmat on tehty, sekä päästövähennyskeinojen avulla tavoiteltavia tonnakilometrikohtaisia päästökertoimia. Oleellisia läpikäytäviä asioita olivat reititys vaihtoehtoiset kuljetusmuodot ja eri kuljetusmuodoille päästövähennyskeinojen avulla tavoiteltavat päästökertoimet. Laadullisessa osuudessa läpikäytiin myös reittien päästövähennyslaskentamallissa huomiioon haluttavaksi otettavat osatekijät. Seuraavassa on esitetty tiivistetysti palaverissa esiintulleet opinnäytetyön päästövähennyslaskelmien kannalta oleelliset asiat.

29.6.2020 Pidettiin UPM-Plywood Oy:n logistiikkapäällikkö Juha Vallitun kanssa ensimmäinen opinnäytetyön tavoitteita ja rajausta käsittelevä laadullinen videopalaveri, jossa rajattiin alustavasti asioita joita opinnäytetyössä haluttiin käsiteltävän. Tässä vaiheessa ei ollut vielä selvillä esimerkiksi mihin reitteihin tai kuljetusten osiin tai millä tarkkuudella avulla päästövähennyskeinoja haluttiin selvitettävän. Alussa vaihtoehtoina oli mm. laadullinen haastattelututkimus, mutta keskustelun edetessä tuli yhä selkeämmäksi, että toimeksiantajan tahtotila työssä on esitellä mahdollisten päästövähennyskeinojen potentiaalisia laskennallisia hyötyjä tutkittavilla reiteillä. Keskustelun perusteella todettiin myös, että päästövähennyskeinojen luotettavuuden ja toteutettavuuden arvioinnissa voimme käyttää teoriasta saatua tietoa sekä UPM logistiikan vuosien mittaan keräämää kokemusta aiheesta. Riittävään tarkkuuteen päästöjen vähennyspotentiaalnin arvioinnissa katsottiin tässä vaihteessa päästävän

edellä mainituilla keinoilla. Tämän vuoksi päätettiin, ettei päästövähennyskeinojen käytävyyden arvioinnissa tulla käyttämään asiantuntijahaastatteluja. Ensipalaverissa työstä rajattiin pois mm. varastoinnin ja lastauksen vaikutukset päästöihin, sillä niiden päästövaikutusten arvioinnissa todettiin olevan huomattavan paljon epävarmuustekijöitä, joita ei pystytä laskemaan luotettavalla tasolla. Myöhemmin selvisi, että näille toiminnoille (kuorman lastaus, purku, lastin siirtely terminaaleissa) ei ole olemassa laskennallisia arvoja, jotka voitaisiin lisätä tonnikilometriperusteisiin päästökertoimiin. Rajaus käsitti alkupalaveriin perustuen UPM-Plywoodin koko lähtölogistisen ketjun kuljetusten osuuden hiilidioksidipäästöistä sekä niiden päästövähennyskeinot, mutta ei tarkentaen vielä mihin markkina-alueisiin, reitteihin tai reittien osiin tutkimuksessa tultaisiin perehtymään. Tässä vaiheessa oli kuitenkin melko selvää, että tutkimus tulisi olemaan ns. tapaustudkimus UPM-Plywoodin lähtölogistisen ketjun hiilidioksidipäästöistä sekä sen vähentämisen keinoista.

26.7.2020 Tuomas Koskisen kanssa pidetyssä puhelinalaverissa selvitettiin alustavasti sitä, millä tarkkuudella UPM-Plywoodin tiedonkeruujärjestelmästä on saatavilla tonnikilometriperusteisia reitti- sekä kuljetusvälinekohtaisia lukuja. Käytännössä Plywoodin tiedonkeruujärjestelmästä oli saatavilla jok'ikinen reitti ja sen kuljetusmäärät. Koko paletti käsittää kymmeniä maita sekä tuhansia toimitusreittejä. Tässä vaiheessa tuli selväksi, että työtä olisi rajattava huomattavasti, jotta muuttujien määrä pysyisi tutkijalle hallittavalla tasolla. Työtä rajaamalla päästäisiin myös mahdollisimman luotettaviin tuloksiin. Alkoi muotoutua ajatus, että työ rajattaisiin käsittämään UPM-Plywoodin tehtaiden toimitusreittien kuljetusten hiilidioksidipäästöjä Saksan markkinoille. Saksan markkinoiden toimitusketjut on poimittavissa UPM:n tiedonkeruujärjestelmästä tehtaittain ja varastoittain toimituskohteeseen saakka postinumerokohtaisella tarkkuudella. Lisäksi Saksan reittien voidaan katsoa käsittävän kattavasti eri reitti- kuljetusmuoto- ja kuljetusmuotojen yhdistelmävaihtoehdot. Tämän perusteella tuloksia katsottiin voivan yleistää karkealla tasolla koskemaan myös muita UPM-Plywoodin reititykseltään samankaltaisia reittikokonaisuuksia koskeviksi.

19.8.2020 Juha Vallitun kanssa käydyssä videopalaverissa käsiteltiin UPM-Plywoodin nykyisiä Saksan toimitusreittejä sekä kuljetusmuotoja Suomen tehtailta aina määränpäihin saakka. Selvisi, että Suomen tehtailta kaikki Saksaan menevät toimitukset kulkevat Etelä-Suomen satamien kautta laivattaviksi Pohjois-Saksan satamiin. Lisäksi selvisi muun muassa, että toimitusten Saksan maaperällä rautateitse kulkemasta määrästä ei ole olemassa luotettavaa tilastoa. Niinpä tulevien laskelmien lähtötason osalta päädyttiin käyttämään oletusta, jossa saksassa yli 500km kulkevasta osuudesta 400km on kuljetettu rautateitse. Tämä on toimeksiantajan arvioima tarkin mahdollinen "valistunut arvio" lähtötasosta. Palaverissa selvisi myös, että tiedonkeruun tonnikilometrit on tilastoitu reiteittäin, mutta ei kuljetusmuodoittain. Siksi laskelmiin on pääteltävä laskemalla itse kuljetuksen tietyillä reiteillä

kullakin kuljetusmuodolla kulkema matka. Toisin sanoen kilometrejä tai tonnikipilometrejä ei ole tilastoinnissa eritelty valmiiksi kuljetusmuodoittain, vaan ne on lisättävä kaavoihin itse katsomalla reittien kuljetusvälinekohtaisesti kulkema matka esimerkiksi internetistä löytyviä kartta- ja reittihakuohjelmia apuna käyttäen. Edellä mainituista osuuksista saatiin päästökertoimia käyttämällä kullekin reitille kuljetusmuotoittainen hiilidioksidipäästöjen lähtötaso. Palaverissa alettiin myös hahmotella päästölaskennan Excel-taulukoinnin mallia, jonka perusteella eri päästövähennyskeinojen päästövähennyshyötyjä saataisiin laskettua. Lisäksi käytiin lävitse Saksan reiteillä käytettävä kuljetuskalusto.

27.8.2020 UPM-Kymmene logistiikan turvallisuuspäällikkö Hanna Eklundin kanssa käsiteltiin UPM-Plywoodin hiilidioksidipäästöjen nykytason laskemisessa käytettäviä tonnikipilometripäätökertoimia. Käytiin myös yleisellä tasolla lävitse tonnikipilometrikohtaisten päästökertoimien laskentaa polttoainekulutukseen perustuen. Lisäksi käsiteltiin LNG-laivojen laskennallinen hyöty hiilidioksidipäästöissä verrattuna raskaalla polttoaineella toimiviin laivoihin.

7.9.2020 Juha Vallitun kanssa käydyssä videopalaverissa käytiin lävitse Otepään (Viro) ja Chudovon (Venäjä) tehtailta Saksaan kulkevat reitit, reittien kuljetusmuodot sekä mahdolliset vaihtoehtoiset kuljetusmuodot ja reittivaihtoehdot. Selvisi, että Otepään tehtaalta kaikki kuljetukset tällä hetkellä tapahtuvat rekkojen vetämissä trailereissa Baltian ja Puolan kautta. Mahdollisista uusista reittivaihtoehdoista käsiteltiin laivausta Liepajan sataman (Latvia) kautta, sekä Tallinnan Paldiskin sataman kautta. Todettiin myös, että kuljetusten siirtäminen rautateille on vielä tällä hetkellä ja todennäköisesti myös 10 vuoden aikajänteellä erittäin epätodennäköistä kyseisillä Otepään ja Chudovon reiteillä mm. lähtötehtaiden lastausteknisten puutteiden, sekä kaluston riittävyyden takia. Tästä syystä niiden päästövähennyspotentiaali päätettiin rajata tutkimuksesta pois. Päästövähennyskeinoiksi Otepään ja Chudovon reiteiltä jäi pääasiassa reititys ja sekä teknisin keinoin kuljetusvälineittäin tavoiteltavien alempien päästökertoimien vaikutukset. Palaverissa selvisi myös, että Chudovosta Saksan markkinoille vaneritoimitukset kulkevat tällä hetkellä 3 eri reittiä pitkin: Kotkan kautta laivattuina, Pietarin kautta laivattuina sekä rekkojen vetäminä Baltian ja Puolan kautta. Pietarin kautta kulkeva vaneri kulkee varastoon, Kotkan ja Baltian kautta kulkevat toimitukset ovat suoria asiakastoimituksia.

24.9.2020 Juha Vallitun kanssa käydyssä videopalaverissa arvioitiin laskettujen päästövähennysten keinojen käytettävyyttä ja luotettavuutta. Lisäksi arvioitiin opinnäytetyön laskelmissa käytettävien eri päästövähennyskeinojen 10 vuoden aikajänteellä todennäköisesti toteutuvat prosentuaaliset hyödyt, joita käytettiin lopullisissa laskelmissa. Autojen päästövä-

hennyshyödyksi kaikilla reittikokonaisuuksilla 10 vuoden aikajänteellä vuoden 2019 lähtötasoon nähden arvioitiin 18,6 %. Saksassa sekä Suomen tehtailta rautateitse arvioitiin voivan kuljettaa 70 % kaikesta vanerista ja rautateiden arvioitiin olevan 70 % sähköistettyjä vuoteen 2030 mennessä. Meriteitse LNG-toimisten alusten päästövähennyshyödyksi nykytasoon nähden arvioitiin 25 %. LNG toimisilla laivoilla Saksaan kuljetettavan vanerin osuudeksi kaikesta Saksaan toimitettavasta vanerista arvioitiin 30 % vuoteen 2030 mennessä. Otepään kuljetuksissa katsottiin, että Liepajan kautta laivattuina voitaisiin kuljettaa Saksan varastoon toimitettava vaneri. Chudovon toimitusten kohdalla vuonna 2019 maanteitse kuljetettavat suorat asiakastilaukset voitaisiin reitittää Pietarin kautta ja laivata Saksan satamiin. Edellä mainittuja prosentteja käytettiin lopullisissa laskelmissa, jotka olivat tässä vaiheessa jo suurelta osin valmiita, lopullisia päästövähennyskeinojen hyötyprosentteja lukuun ottamatta.

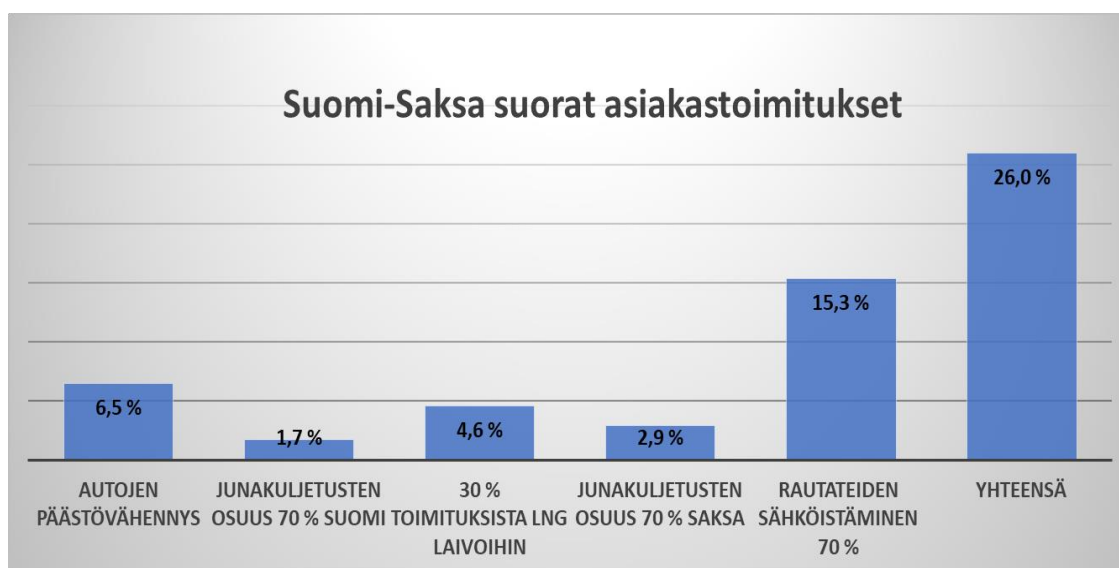
### 3.4 Tutkimuksen laskennallinen osuus

UPM-Kymmene on laskenut kuljetusmuotokohtaiset tonnikilometriperusteiset hiilidioksidipäästökertoimet. Näitä kertoimia käytettiin tässä opinnäytetyössä käsiteltävien kuljetusreittien hiilidioksidipäästöjen lähtötasojen laskennassa. UPM-Plywoodin Saksan markkinoiden toimitusreittien hiilidioksidipäästötasot laskettiin Excel taulukkolaskentaohjelmassa VTT:n opastamalla menetelmällä. Laskennassa käytettiin UPM-Plywoodin tiedonkeruujärjestelmästä saatavia reittikohtaisia kuljetusetäisyyksiä, tonneja sekä UPM:n hyväksymiä tonnikilometriperusteisten päästökertoimia. Tonnikilometrikohtaiset kertoimet kuljetusmuodoittain on konsernissa laskettu kuljetusmuodoittain kilometripohjaisen polttoainekulutuksen perusteella, jotka on muunnettu tonnikilometrikohtaisiksi päästökertoimiksi.

Toimitusreittien kilometrit lähtötehtailta ja varastoista asiakkaille laskettiin Saksan postinumero- ja koodien tarkkuudella. Kunkin kuljetusmuodon reitillä kulkema matka tarkistettiin internetin reittihakuohjelmia apuna käyttäen, sillä reittien kilometrejä ja tonneja ei ole eritelty kuljetusvälinekohtaisesti tiedonkeruujärjestelmässä. LNG-toimisille laivoille on myös arvioitu oma prosentuaalinen päästövähennyshyöty ja päästökerroin. Lähtötason kuljetusväline- ja tonnikilometrikohtaisina päästökertoimina käytettiin samoja lukuja, joita UPM-Plywood käyttää omissa virallisissa päästötasolaskelmissaan. Saatuja päästöjen lähtötasoaarvoja verrattiin potentiaalisilla reititys- ja kuljetusmuotovaihtoehtoilla, sekä päästövähennyskeinojen avulla saavutettaviin päästötasoihin.

### 3.4.1 Suomen tehtailta Saksaan suorien asiakastoimitusten reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen laskennalliset hyödyt

Suomen tehtailta Saksaan toimitettavien suorien asiakastoimitusten osalta tarkastelussa olivat kuljetusmuoto- sekä polttoaineteknisiin keinoin päästökertoimiin saavutettava arvioitu hyöty. Uudelleen reitityksellä Suomen ja Saksan välillä ei katsottu toimeksiantajan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta olevan realistisia mahdollisuuksia, joten sitä ei otettu laskelmissa huomioon. Kaikkien hyötynäkökulmien kokonaisvaikutus kyseisellä reittien kokonaisuudella (Suomi-Saksa suorat asiakastoimitukset) on esitettyä seuraavassa kuviossa.



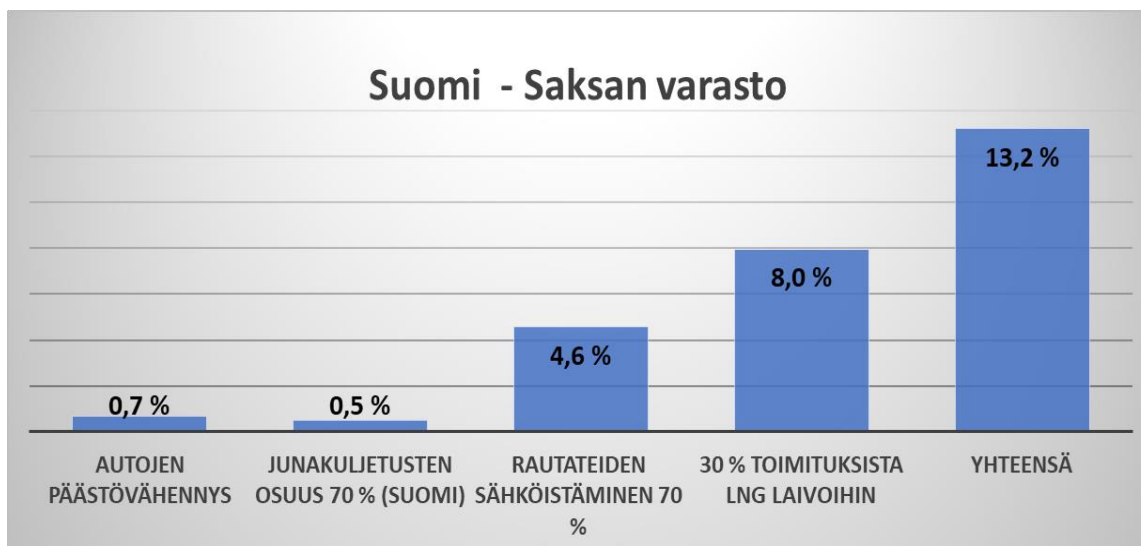
Kuvio 3. Päästövähennystoimenpiteiden hyödyt verrattuna vuoden 2019 lähtötasoon. Suomi-Saksa, suorat asiakastilaukset - reittikokonaisuudella

Kuviosta 3 voimme havaita, että Suomesta Saksaan toimitettavissa suorissa asiakastoimituksissa merkittävän osan päästövähennyshyödyistä muodosti kuljetusten siirtäminen rautateille sekä rautateiden sähköistämisen yhteisvaikutus. Hieman yli kolmannes Saksan reittisuudesta oli jo lähtötilanteessa laskettu rautateitse kulkeväksi.

### 3.4.2 Suomen tehtailta Saksan varastoon reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen laskennalliset hyödyt

Suomen tehtailta Saksan varastoon kulkevien toimitusten osalta suurin päästövähennyshyöty saavutettiin LNG-laivauksen avulla. Tämän selittää reitin meriosuuden suuri osuus sen kokonaistonnikilometreistä. (kuvio 4)



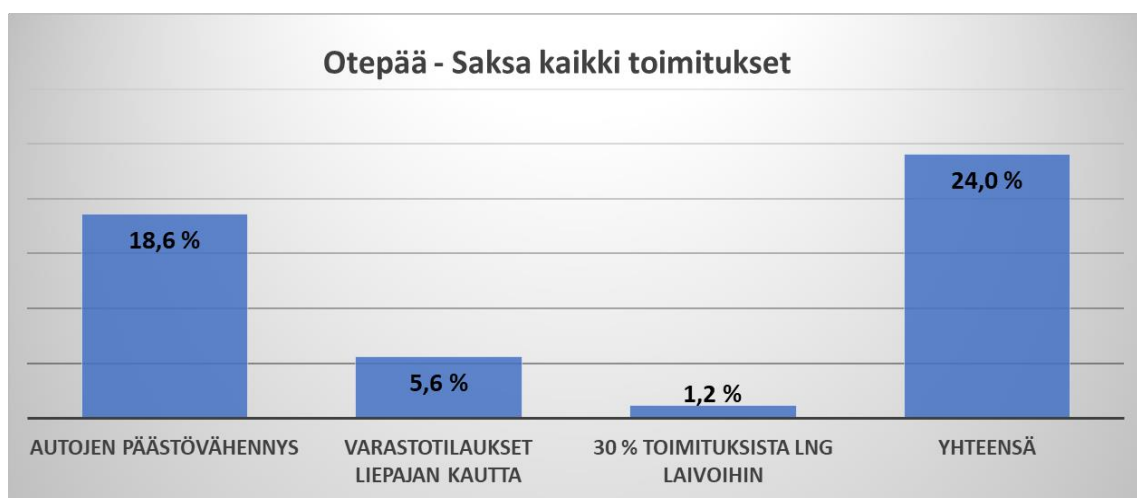


Kuvio 4. Päästövähennystoimenpiteiden hyödyt verrattuna vuoden 2019 lähtötasoon. Suomi-Saksan varasto - reittikokonaisuudella

Huomionarvoista on myös rautateiden sähköistämisen hyöty suhteessa junakuljetusten osuuden kasvattamiseen. Tämä selittyy sillä, että jo lähtötasolla Pelloksen vaneritehtailta Saksan varastotilaukset kuljetetaan dieselvetureiden vetäminä rautateitse. Tämä määrä on noin 73 % kaikesta Suomen tehtailta Saksan varastoon kuljetettavasta vanerista. Samasta syystä myös autojen päästövähennysten kokonaisyöty jäi pieneksi, kulkeehan lähtötilanteessa vain alle neljännes Saksan varastovanerista Suomen tehtailta satamaan autokuljetuksin.

#### 3.4.3 Otepään tehtaalta Saksan markkinoille reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen laskennalliset hyödyt

Otepään tehtailta tarkasteluun otettiin teknisten potentiaalien lisäksi reititysmahdollisuus Liepajan sataman (Latvia) kautta ajettuna Saksan satamiin. Edellä mainitun reitityksen arvioitiin olevan mahdollista Saksan varastoon toimitettavan vanerin osalta. Määrä on kokonaisuudessaan arvioiden sen suuruinen, ettei suoria asiakastoimituksia katsottu olevan vielä tässä vaiheessa mahdollista reitittää Liepajan kautta laivattuina. Seuraavaksi (kuviot 5) on esitettyä päästövähennyskeinojen kokonaisvaikutukset lähtötasoon nähden. Otepää-Saksa reiteillä kokonaisvaikutuksen arvioidaan laskelmien perusteella olevan 24 % vuoden 2019 lähtötasoon verrattuna.



Kuvio 5. Otepää – Saksa päästövähennyskeinojen yhteisvaikutus ko. reittikokonaisuudella

Kaikkien hyötynäkökulmien kokonaisvaikutus kyseisellä reittien kokonaisuudella on esitettyä yllä (kuvio 5). Voimme havaita autojen teknisten päästövähennysshyötyjen merkittävän osuuden kokonaishyödystä, sillä reitityksellä katsottiin tässä vaiheessa olevan hyötyä ainoastaan Saksan satamiin varastotilauksia toimittamalla Liepajan sataman kautta laivattuna. Valtaosa Otepäästä Saksaan toimitettavasta vanerista jäisi siis edelleen ajettavaksi maanteitse Baltian ja Puolan kautta. Huomattavaa on, että Liepajan kautta laivattuina potentiaalia laskettiin myös suorille asiakastoimituksille. Jos kaikki Otepään toimitukset kyettäisiin reittitämään tätä kautta, olisi päästövähennysshyöty noussut merkittävästi suuremmaksi lähtötason nähden ko. reittikokonaisuuden päästöistä. Tämä olisi nostanut kaikkien reittikokonaisuuksien kokonaispäästöhyödyn yli 30 %. Viimeksi mainitun skenaarion toteutumisessa kuitenkin arvioitiin laadullisissa keskusteluissa olevan vielä tässä vaiheessa paljon epävarmuustekijöitä. Tämän takia sen hyödyt jätettiin tutkimuksen lopputuloksista pois.

#### 3.4.4 Chudovon tehtaalta Saksaan reittikokonaisuuksien päästövähennyskeinojen hyödyt

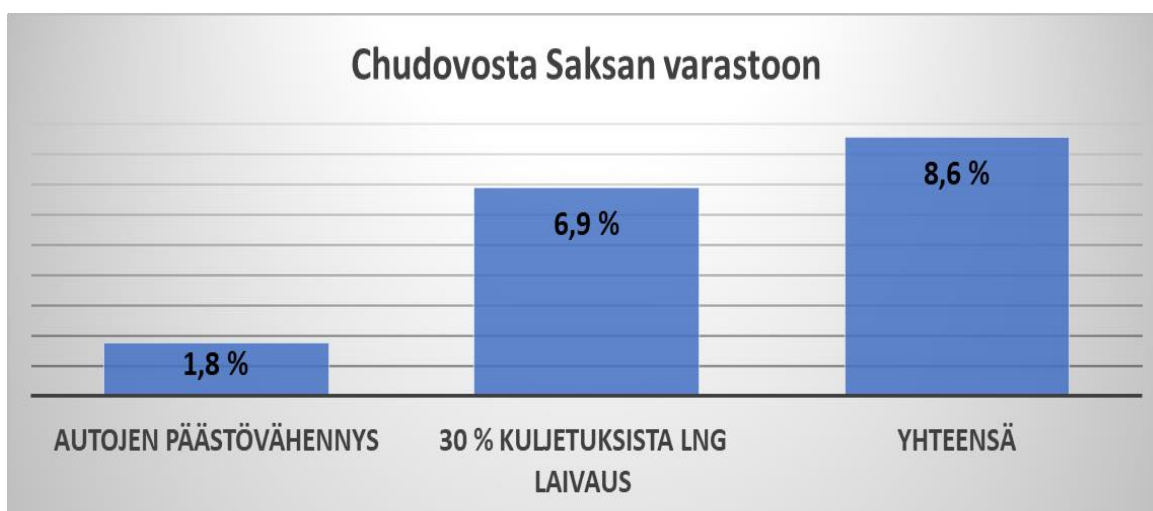
Chudovon toimitukset Saksaan kulkevat kolmea eri reittiä: Kotkan kautta laivattuina, Pietarin kautta laivattuina, sekä maanteitse Baltian ja Puolan kautta. Kuvioissa 6, 7 ja 8 on havainnollistettu päästövähennystoimenpiteiden vaikutus jokaisella reittikokonaisuudella.



Kuvio 6. Chudovosta Baltian ja Puolan kautta autoilla toimitettavien suorien asiakastoimitusten päästövähennyskeinojen potentiaali ko. reittikokonaisuudella

Kuvioista 6 voidaan havaita tällä hetkellä maanteitse kulkevien suorien asiakastoimitusten uudelleenreitityksen päästövähennyspotentiaalin Pietarin kautta Saksaan laivattuna. Uudelleenreitityksen avulla voitaisiin laskelmiin perustuen saavuttaa lähes 15 % päästövähennysyöty vuoden 2019 lähtötasoon verrattuna. Muilla päästövähennyskeinoilla saavutettu lisäyöty nosti reittikokonaisuuden kokonaispäästövähennysyödyn lähes 28 prosenttiin. Myös Kuljetusten siirtäminen rautateille ja rautateiden sähköistämisen yhteinen päästövähennysyöty potentiaali korostui edukseen.

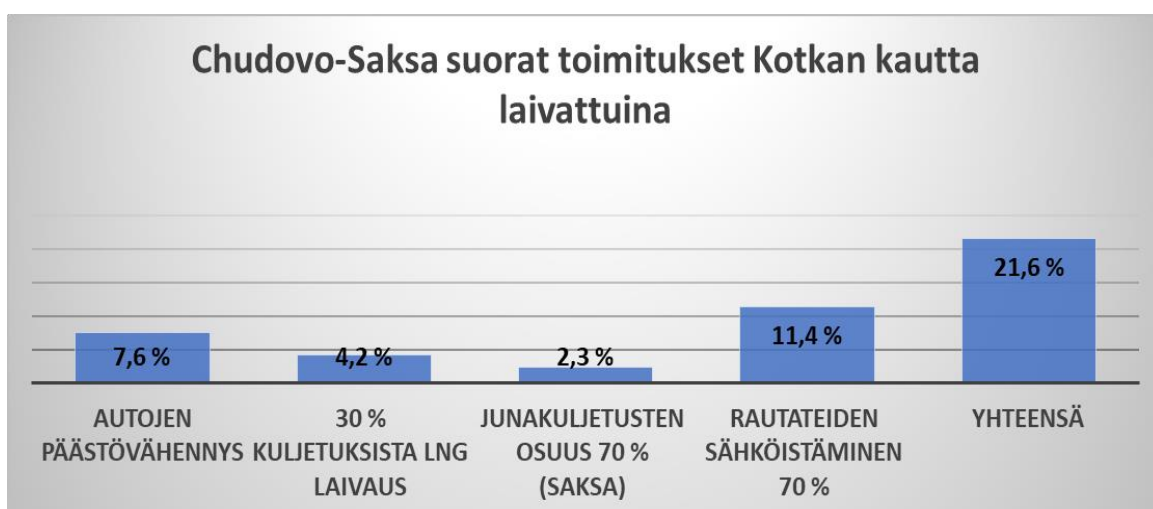
Chudovon toimitukset Saksan varastoon kulkevat Pietarin kautta laivattuina. Kuviossa 7 on havainnollistettu mahdollisten päästövähennyskeinojen kokonaispotentiaali kyseisellä reittikokonaisuudella.



Kuvio 7. Chudovo-Saksan varasto. Päästövähennyskeinojen potentiaalinen hyöty ko. reittikokonaisuudella

Autojen päästövähennyshyöty on pieni verrattuna LNG-laivauksella saavutettavaan hyötyyn (kuvio 7) siitä syystä, että Chudovon ja Pietarin välimatka on ainoastaan n. 135 kilometriä. Laivamatka Pietarin ja Saksan välillä on n. 1300km. Näin ollen valtaosa reitin tonnikilometreistä kulkee meriteitse. Uudelleen reititys tai kuljetusten siirtäminen lähtömaassa rautateille ei katsottu olevan mahdollista kyseisellä reittikokonaisuudella.

Chudovon suorille asiakastoimituksille Kotkan kautta laivattuina ei arvioida olevan reittivaihtoehtoa vuoteen 2030 mennessä, joten tarkastelussa oli teknisten keinojen vaikutukset. Yhteisvaikutus toteutettavissa olevien potentiaalisten päästövähennystoimenpiteiden jälkeen nousi yli 21 %.

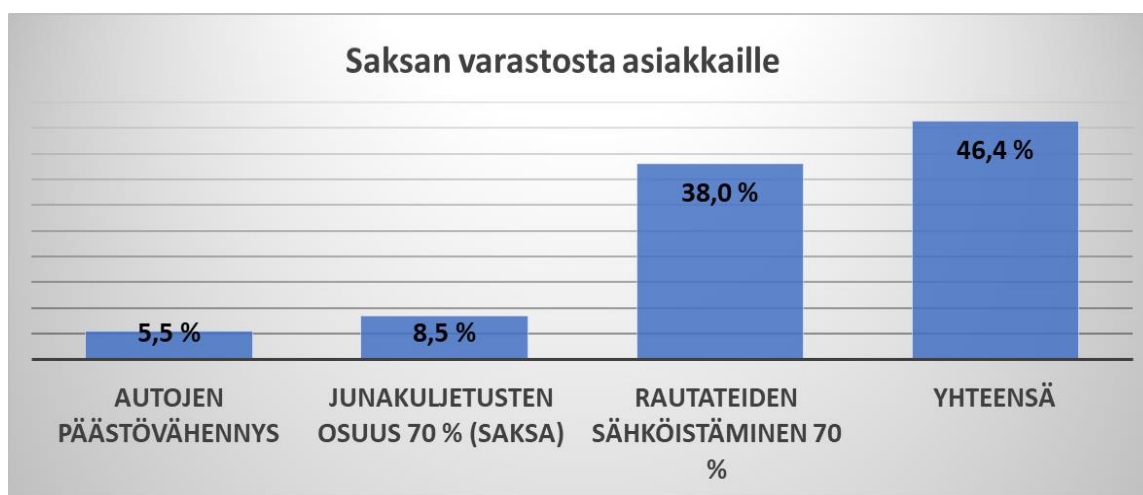


Kuvio 8. Chudovosta Kotkan kautta Saksaan laivattavien suorien asiakastoimitusten päästövähennyshyöty ko. reittikokonaisuudella

Kuten Suomen tehtailta suoraan asiakkaille kulkevilla toimituksissa, rautatiet ja niiden sähköistäminen nousi suurimman päästövähennyspotentiaalin omaavaksi keinoksi (kuvio 8).

### 3.4.5 Saksan varastosta Saksan markkinoille reittikokonaisuuden päästövähennyskeinojen hyödyt

Saksan varastosta asiakkaita palvelee auto ja junakuljetuksin joten luonnollisesti tällä reittikokonaisuudella ei laivauksen päästövähennyskeinot olleet tarkastelussa.

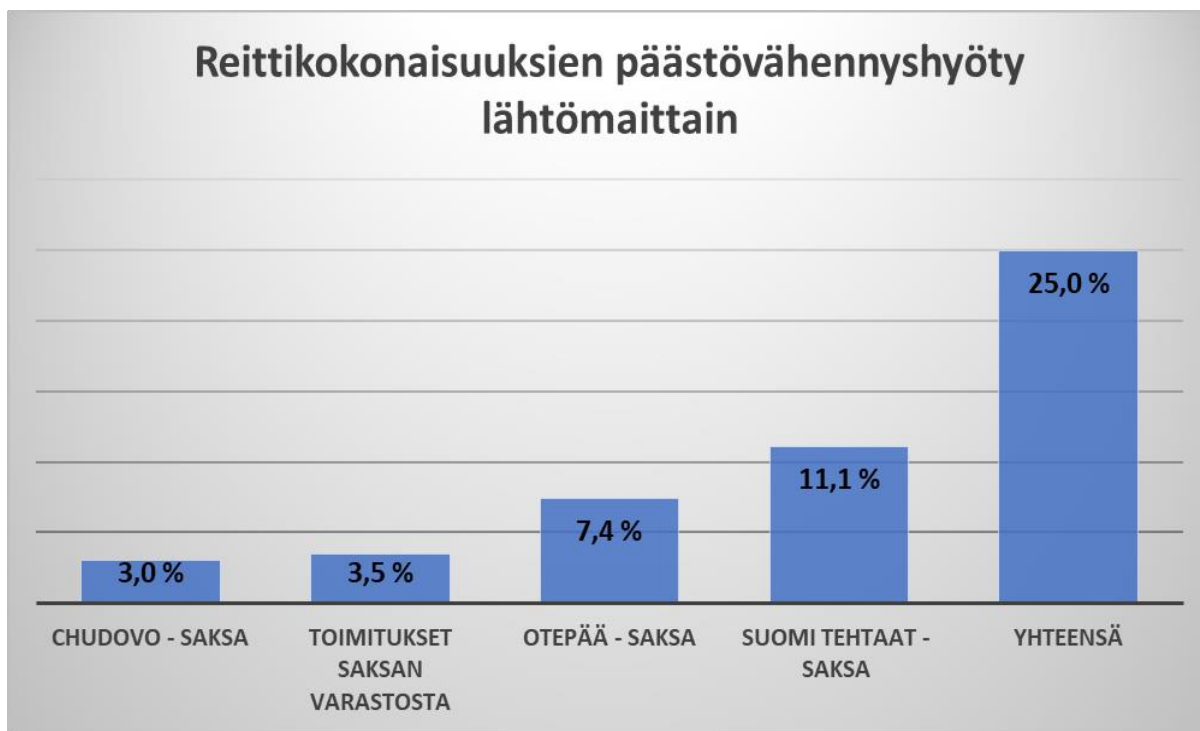


Kuvio 9. Saksan varastosta asiakkaille toimitusten päästövähennyskeinojen hyödyt

Kuviosta 9 voimme havaita rautatiekuljetusten osuuden noston ja niiden sähköistämisen tuovan suuren päästövähennyspotentiaalin Saksan varastosta asiakkaille toimitettaessa. Kaikista tutkituista reittikokonaisuuksista sillä oli omaan lähtötasoon nähden suurin päästövähennyspotentiaali nousten yli 46 % vuoden 2019 lähtötasoon nähden.

### 3.4.6 Tutkimuksessa arvioitujen päästövähennyskeinojen kokonaisvaikutus lähtömaittain

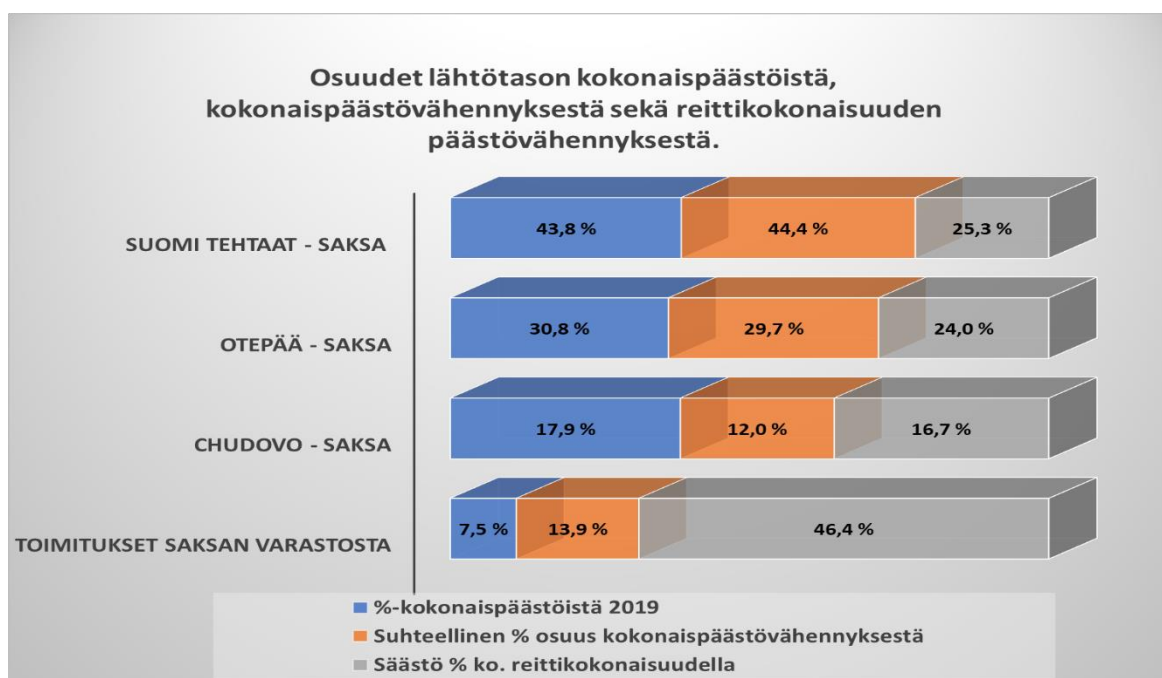
Tutkimuksessa tarkasteltujen ja laskettujen päästövähennyskeinojen avulla saavutettiin noin neljänneksen päästövähennys vuoden 2019 päästöjen lähtötasoon nähden (Kuvio 10).



Kuvio 10. Kokonaispäästövähennyshyöty lähtömaittain vuoden 2019 päästöjen lähtötasoon verrattuna

Suurin kokonaispäästövähennys saavutettiin Suomen tehtailta Saksaan toimitettaessa, hyödyn ollen yhteensä noin 11 % lähtötason kaikkien reittien kokonaispäästöistä. Toiseksi suurin säästövähennyspotentialiaali kokonaispäästöistä oli Otepään reittikokonaisuudella Saksaan, 7,4 %. Saksan varaston toimitukset asiakkaille, sekä Chudovon toimitukset Saksaan vastaavat yhdessä 6,5 % kokonaispäästövähennyspotentialista. (kuvio 10)

Seuraavaksi (kuvio 11) on havainnollistettuna lähtömaittain reittikokonaisuuksien osuudet kokonaispäästöjen lähtötasosta, suhteelliset osuudet kaikkien reittien kokonaispäästövähennyksestä, sekä reittikokonaisuuksien päästövähennys niiden omaan lähtötasoon nähden.



Kuvio 11. %-osuudet lähtötason päästöistä, kokonaispäästövähennyksestä sekä yksittäisen reittikokonaisuuden päästövähennyksestä

Suomen toimitusten osuuden kokonaispäästösäästöistä voidaan havaita olevan suuri osaltaan siksi, koska se käsittää lähes 44 % tutkimuksen lähtötason päästöistä. Saksan varastotoimitusten päästövähennyspotentiaalin voidaan havaita olevan suuri sen kokonaispäästöjen lähtötasoon verrattuna. Saksan varastotoimitukset käsittävät vain 7,5 % lähtötason kaikkien reittien päästöistä, mutta tällä reittikokonaisuudella saavutettiin silti lähes 14 % hyöty kaikkien reittien kokonaispäästövähennyksestä. Yksittäisiä lähtömaakohtaisia reittikokonaisuuksia tarkasteltaessa Saksan varastotoimitusten päästövähennyspotentiaali oli selvästi suurin, yli 46 %. Saksan varastotoimituksille laskettu päästövähennysyhyöty osoittaa selvästi kuljetusten rautateille siirtämisen ja rautateiden sähköistämisen yhteisen päästövähennyspotentiaalin. Chudovon toimituksissa päästöjen lähtötason ja kokonaispäästövähennyksen suhde oli heikoin.

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 4.1 Tutkimuskysymykset sekä validius ja reliabiliteetti

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää työn laadullisissa keskusteluissa arvioitujen hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinojen vaikuttavuutta Saksan toimitusreiteillä sekä kuinka optimaalisia toimitusreitit ovat hiilidioksidipäästöjen kannalta. Laskelmissa selvisi, että varsinkin osan Otepään ja osan Chudovon toimituksista uudelleen reitittämällä voitaisiin saavuttaa merkittäviä päästövähennyshyötyjä. Otepään reittikokonaisuus sekä osa Chudovon reittikokonaisuudesta autoilla toimitettuina Baltian ja Puolan kautta eivät ole hiilidioksidipäästömielessä optimaalisia. Kuljetusten siirtäminen rautateille ja rautateiden sähköistäminen tuovat myös merkittäviä päästövähennyksiä. Tutkimuksen perusteella voidaan melko hyvällä luotettavuudella todeta myös, että 30 % päästövähennystavoitteeseen tähdättäessä ei ole olemassa oikotietä eikä pikavoittoa vaan jokainen päästövähennyskeinoin saavutettava hyöty tulee vaatimaan toteutuakseen resursseja ja aikaa. Lisäksi on oivallettu, että päästövähennystavoitteeseen pääseminen edellyttää kaikkien tutkimuksen päästövähennyshyötyjen potentiaalin realisoitumista. Mitään yksittäistä keinoa tai pikavoittoa ei 30 % päästövähennystavoitteeseen yltyäiseksi ole olemassa.

Tutkimuksessa on käytetty UPM-tiedonkeruujärjestelmästä saatavia mahdollisimman tarkkoja reittikohtaisia etäisyyksiä ja painotietoja. Lisäksi laskelmissa käytetyt lähtötason päästökertoimet ovat viimeisimmät toimeksiantajalta saatavilla olevat. On kuitenkin muistettava, että laskettujen päästövähennyshyötyjen tonnikilometrikertoimet on arvioitu ainoastaan yhdessä toimeksiantajan edustajien kanssa. Ne ovat joka tapauksessa kokemuksen ja teorian tuoman tiedon valossa olevia parhaita arvioita tasoista, joihin tutkimuksen päästövähennyskeinoin katsotaan voitavan yltyä vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi yksittäisten reittien määränpääosoitteita ei ollut mahdollista saada tilastoista asiakkaille saakka, mutta postinumerokooditarkkuudella katsottiin päästävän tutkimuksen tavoitteiden kannalta riittävän luotettavaan arvioon.

Reitit ja kuljetusmuodot ovat hyvin toimeksiantajan tiedossa tehtaiden ja Saksan satamien sekä asiakasvaraston välillä. Saksassa tapahtuvan kuljettamisen osalta ei ole varmaa tietoa esimerkiksi siitä, kuinka suuri osa kuormista kulkee rautateitse ja kuinka suuri osa maanteitse loppuasiakkaille saakka. Saksan osuuden päästötasojen lähtötason laskennassa käytettiin oletusta, jossa yli 500km matkan Saksassa kulkeva kuorma kulkee keksimäärin 400 kilometriä rautateitse ja loppuosa kuljetetaan rekan vetämänä trailereissa. Päästöjen lähtötasoja arvioitaessa on syytä ottaa huomioon myös tämä epävarmuustekijä.



Laskettujen kuljetusmuoto- ja reittivaihtoehtojen toteutumisessa on jonkun verran epävarmuustekijöitä sekä selvitettäviä asioita ja työ tältä osin on vasta alussa. Tutkimuksen avulla on kuitenkin katsottu saadun alustava ja kohtuullisen luotettava arvio siitä mikä tavoiteltavien ja toteutettaviksi katsottujen päästövähennyskeinojen kokonaispotentiaali tämänhetkisen parhaan saatavilla olevan tiedon valossa voi olla.

#### 4.2 Laskettujen päästövähennyskeinojen käyttöönoton haasteet

##### **Päästövähennyskeinojen yhteispotentiaali on pystyttävä hyödyntämään**

Ennen tässä työssä esiteltyjen ja laskettujen hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinojen käyttöönottoa on syytä arvioida niiden käytettävyyttä vanerin toimittamisessa. Tämän työn teoriaosassa ja keskusteluissa käsiteltyjen päästövähennyskeinojen sekä niiden lasketun päästövähennyspotentiaalin perusteella voidaan hyvällä syyllä olettaa, että UPM-Plywoodin toimitusreiteillä seuraavan kymmenen vuoden aikana toteutettavat päästövähennyskeinot tulevat liittymään reitityksen optimointiin, kuljetusten siirtämiseen mahdollisimman vähäpäästöisiin kuljetusmuotoihin sekä teknisin päästövähennyskeinoin saavutettaviin hyötyihin. Uudelleen reitityksen voidaan katsoa olevan toimeksiantajan itsensä toteutettavissa olevia päästövähennyskeinoja kuin myös LNG-toimisiin laivueisiin siirtyminen merikuljetusten osalta.

Toimeksiantajalla on saatavilla luotettavat tilastot reiteistään, niillä käytetystä kalustosta ja kuljetusmääristä mikä antaa hyvän lähtökohdan päästötasojen mittaamiseksi tulevaisuudessa. Kuten jo aiemmin teoriassa on todettu, toimeksiantaja ei voi tuudittautua siihen, että rahdinkuljetusten hiilidioksidipäästöjen vähennykseen olisi olemassa ainoastaan tekninen ratkaisu. Esimerkiksi raskaan tieliikenteen sähköistäminen mm. akku- ja vetyteknologian tai tieverkkojen sähköistämisen keinoin tulee tämän opinnäytetyön teorian ja toimeksiantajan edustajien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta jäämään kaikella todennäköisyydellä vähäiseen osaan. Niiden ajan katsotaan koittavan isommassa mittakaavassa vasta 2030-luvun aikana. Kaikkien päästövähennyskeinojen potentiaali on kyettävä hyödyntämään maksimaalisesti 30 % päästövähennystavoitteeseen tähdättäessä. Lopullisen päästövähennys-hyödyn voidaan runollisesti ajatellen olevan joki, joka muodostuu pienistä puroista toimitusreitien varrella.

##### **Yhteistyökumppaneilla, yhteiskunnalla ja lainsäädännöllä merkittävä rooli päästötavoitteiden saavuttamisessa**

Teknisten keinojen käyttöönoton aikatauluun (polttomoottoritekniikka, sähköistäminen, biopolttoaineet, tekniset avustusjärjestelmät,) pl. LNG-laivatekniikka, toimeksiantajalla on ra-

jallinen mahdollisuus vaikuttaa suoraan. Niiden hyödynnettävyys riippuu paljolti kuljetusyhteistyökumppaneiden halusta ja kyvystä ottaa edellä mainittuja keinoja käyttöön. Ilmastonmuutoksen etenemisen aiheuttaman yhteiskunnallisen paineen vuoksi ja tätä kautta myös logistiikkasektorilla kasvavien ympäristövaatimusten kiristyessä, teknisten päästövähennyskeinojen käyttöönoton yleistymisen voidaan ajatella kehittyvän suotuisasti logistiikkayhteistyökumppaneiden keskuudessa. Palveluntarjoajia kilpailuttamalla sekä heiltä toimenpiteitä vaatimalla, tultaneen saavuttamaan epäilemättä merkittäviä päästövähennysyötyjä. Näiden hyötyjen mitattavuus edellyttää, että teknisin keinoin saavutettavat päästövähennykset voidaan todentaa luotettavasti kuljetusyhteistyökumppaneiden kanssa ja niissä esiintyvät epävarmuustekijät voidaan karsia minimiin. Tämä mahdollistaa toimeksiantajalle yhteistyökumppaneiden vertailun päästömielessä.

Teknisten päästövähennyskeinojen hyötyjen luotettavaan mittaamiseen sekä eri logistiikkatoimijoiden päästötasojen arvioimiseen tarvitaan aktiivista yhteistyötä palveluntarjoajien sekä toimeksiantajan välillä. Lisäksi mahdollinen yhtenäinen ja standardoitu päästöjen mittaajärjestelmä, jonka avulla eri kuljetuspalveluiden tuottajien päästötasoja voidaan vertailla luotettavasti, tulisi voida ottaa käyttöön. Välillisiin ja pitkälti yhteistyökumppaneista riippuviin keinoihin voidaan myös lukea mm. kuljettajien koulutus ja ajoneuvojen tyhjänä ajamisen osuuden vähentäminen. Yhteiskunnallisten toimenpiteiden vaikutus mm. toimivan infrastruktuurin, lainsäädännön ja ohjauksen keinoin tulee vaikuttamaan myös oleellisesti päästötavoitteiden saavutettavuuteen.

### **Rautatiekuljetuksiin siirtymisellä ja uudelleen reitityksellä suuri potentiaali**

Tällä hetkellä Saksassa satamien kautta asiakkaille kulkevasta vanerista noin kolmanneksen on arvioitu kuljetettavan perille rautateitse. Ottaen huomioon junakuljetusten potentiaalinen päästövähennysten mahdollistajana maantiekuljetuksissa ja niiden vähäisen määrän lähtömaiden maantiekuljetuksien korvaajina, voitaisiin autorahtia rautateille siirtämällä saavuttaa merkittäviä lisäsäästöjä hiilidioksidipäästötavoitteeseen tähdätessä. Rautateiden ja niiden sähköistämisen päästövähennyspotentiaali korostui tämän työn laskelmissa etenkin reiteillä Saksan varastosta asiakkaille.

Otepään tehtailta kaikki toimitukset Liepajan sataman kautta Saksaan laivattuina olisi nostanut kyseisen reitin päästövähennysyödyn tämän tutkimuksen aineistolla laskettuna merkittävästi suuremmaksi lopullisiin julkaistuihin tuloksiin verrattuna. Edellä mainitun skenaarion toteutuessa tutkimuksen kaikkien reittien kokonaispäästöhyöty olisi noussut yli 30 % päästövähennystavoitteen. Tämä laskelma jätettiin kuitenkin lopullisista tuloksista pois siinä tällä hetkellä ilmenneiden epävarmuustekijöiden takia.

## Kuormakoon kasvattaminen

Niiden esikuljetusten sekä suorien multimodaaliasiakaskuljetusten, jotka eivät ole siirrettävissä rautateille, potentiaalisesti nopealla aikataululla toteutettavaksi vaihtoehdoksi jää mm. kuormakoon kasvattaminen. Kuormat suunnitellaan nykyään mahdollisimman painaviksi nykyiset vakioidut pakkauskoot huomioiden. Vaikka vanerin tiheys kuutiometriä kohden on verrattain korkea ja yleisesti ottaen vientitrailerikuormien potentiaalinen maksimikuormakoko on hyödynnetty melko tehokkaasti, voidaan kuormien täyttöasteen parantamisen arvioida silti tuovan päästövähennyshyötyjä. Tämä voisi tapahtua pakkauskokoja muokkaamalla siten, että lähetettävät kuormat saataisiin mahdollisimman lähelle suurinta sallittua maksimipainoa.

### 4.3 Jatkotutkimusehdotukset

#### 4.3.1 Kuormakoon kasvattamisen mahdollisuudet

Suorissa asiakaskuljetuksissa Saksaan UPM-Plywoodilla käytetään puoliperävaunuyhdistelmiä, joiden maksimikantavuus on 25 ja 30 tonnin välillä. Suorien asiakastilausten kuormakoon kasvattamisen rajoitteena ovat tällä hetkellä maakohtaiset painorajat sekä etenkin havuvanerilla tuotteiden pakkauskoot. Havuvanerilla kuormien kokonaispaino on joissain tapauksissa alle suurimman sallitun painorajan tarkoittaen sitä, että trailerin kantavuutta tonneissa ei hyödynnetä täysimääräisesti. Tuotteiden pakkauskokoja optimoimalla voisi olla mahdollista nostaa kuormien keskipainoa ja vähentää hiili-intensiteettiä. Myös kuormia siirtämällä mahdollisimman paljon 28,5tn maksimipainoisilla intermodaali traileritoimituksille, voitaisiin saavuttaa päästövähennyshyötyjä. Tämä on mahdollista sillä edellytyksellä, että trailerin Saksassa maanteitse kulkema matkaosuus on korkeintaan 150 kilometriä. Saksan varastoon toimitettavien tilausten Suomen tehtaiden ja lähtösatamien välillä tapahtuvien esikuljetusten siirtäminen kokonaisuudessaan suuryksikköajoneuvoilla kuljetettaviksi voisi nostaa esikuljetuskuormien keskipainoja ja vähentää päästöjä, tämän kaluston maksimihyötykuorman ollessa yli 50tn. Tällä hetkellä valtaosa kalustosta on maksimikantavuudeltaan 45tn tai sen alle.

Hyötykuorman kasvattamisen täyden päästövähennyspotentiaalin selvittämiseksi olisi oleellista käydä lävitse kaikki Saksan reittien toimitusten pakkaus- ja kuormakoot sekä arvioida erillisessä projektissa kuinka paljon kuormakokoja on mahdollista kasvattaa kullakin reitillä ottaen huomioon niin logistiset kuin tuotannolliset rajoitukset sekä asiakastarpeet. Tämä vaatii satojen reittien sekä asiakastoimitusten lävitse käymistä, mitä minnekin kuljetaan, millä kuorman hyötysuhteella sekä kuinka kuormien hyötysuhdetta voitaisiin paran-

taa pakkauskokoja optimoimalla asiakastarpeet huomioiden. HCV kaluston osuuden kasvattaminen mahdollisimman suureksi varastotilausten esikuljetuksissa on otettava myös lähempään tarkasteluun.

#### 4.3.2 Rautatieinfrastruktuurin sekä uudelleen reitityksen täyden potentiaalin selvittäminen

Rautateiden potentiaali arvioitiin tutkimuksen laskelmissa merkittäväksi, sillä oletuksella, että kuljetuksia kyetään tulevaisuudessa siirtämään rautateille myös tässä työssä arvioitu potentiaalinen määrä ja että rautateiden sähköistyminen vauhdittuu 2020- luvun edetessä. Rautatiekuljetusten osalta rautatieinfrastruktuurin ja vähäisten toimijoiden määrän voidaan olettaa asettavan rajoitteensa niiden maksimaaliselle hyödyntämiselle Suomessa. Rautateiden hyödyntämistä rajoittaa tällä hetkellä myös lastaustekniset puutteet tuottavilla tehtailta. Koska dieselin on kuitenkin arvioitu olevan vielä pitkään raskaan tieliikenteen yleisin käyttövoimamuoto, olisivat rautatiekuljetukset sekä rautateiden sähköistäminen olla ratkaisu toimitusten hiilijalanjäljen pienentämiseen. Tämä asia tuli ilmi niin tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa kuin laskelmissa. Alati kiristyvien päästövaatimusten takia on oleellista selvittää kuinka paljon ja mihin mennessä kuljetuksia voidaan siirtää maanteiltä rautateille ja millä intensiteetillä rautateitä pystytään sähköistämään. Tällä hetkellä ainoastaan Pelloksen vaneritehtailta junavaunut liikkuvat dieselvetureiden vetäminä ja Saksan maaperällä sinne laivatusta vanerista arviolta hieman yli kolmannes kuljetetaan asiakkaille junilla. Muilta Suomen tehtailta (pois lukien Pellos) sekä Chudovosta ja Otepäästä rautateitä ei käytetä kuljetuksissa lainkaan lähtömaissa. Esimerkiksi tämän opinnäytetyön lopullisissa laskelmissa ei Chudovon ja Otepään toimitusreiteille laskettu rautatiekuljetusten päästövähennyshyötyjä kuin ainoastaan kahdella Chudovon reittikokonaisuudella ja niilläkin ainoastaan Saksassa tapahtuvan kuljettamisen osalta.

Uudelleen reitityksen laskettiin tuottavan merkittävät päästövähennyshyödyt Chudovosta suoraan asiakkaille toimitettaessa ja myös Otepään tehtailta Saksan varastoon toimitettaessa. Otepään toimituksille arvioitiin teoreettisesti päästövähennyshyöty kaikkien toimitusten siirtyessä Liepajan kautta laivattaviksi, mutta skenaario jätettiin lopullisissa laskelmissa pois siinä tällä hetkellä ilmenneiden epävarmuustekijöiden takia. Lopullisiin tuloksiin laskettiin reitityshyöty ainoastaan Otepäästä Saksan varastoon toimitettavan vanerin osalta. Maailma ja tilanteet kuitenkin muuttuvat ja tämän reitityksen mahdollisuudet on syytä pitää esillä.

Ottaen huomioon rautateiden huomattavasti pienempi hiili-intensiteetti muihin kuljetusmuotoihin nähden voitaisiin selvittää missä määrin ja millä aikataululla Otepään ja Chudovon

toimituksia voisi olla mahdollista siirtää rautateitse kuljetettaviksi mahdollisimman lähelle asiakkaita. Esimerkiksi selvitykseen voitaisiin ottaa Keski-Eurooppaan perustettava terminaalijonnetta vaneria voitaisiin mahdollisesti toimittaa rautateitse joko irtolastina tai multimodaalikuljetuksin. Terminaalista toimitukset voisivat jatkaa autoilla asiakkaille saakka. Näin ollen uudelleen reitityksen ja toimitusten rautateille siirtämisen yhteinen päästövähennyspotentiaalin maksimaalinen hyöty voitaisiin saada selville. Rautateitse kuljetettavien tonnikilometrien määrän voidaan tällä keinoin olettaa kasvavan huomattavasti suhteessa muihin kuljetusmuotoihin. Rautatiekuljetusten ja reitityksen yhteisen täyden päästövähennyspotentiaalin selvittäminen etenkin Otepäästä ja Chudovosta toimitettaessa on syytä ottaa lähemmän tarkastelun kohteeksi.

#### 4.3.3 Päästölaskentatyökalun rakentaminen

Scope-3 soveltamisalan haasteellisen laskettavuuden kannalta tulisi luoda UPM-tiedonkeruujärjestelmään hiilidioksidipäästöjen laskentaa varten työkalu, joka huomioisi päästöläskennassa vaadittavat asiat mahdollisimman tarkasti. Näin toimexiantajalla olisi päästötojojen seurantatyökalu osana tiedonkeruujärjestelmäänsä josta päästötojoja ja niiden kehittymistä voitaisiin seurata reaaliajassa. UPM-Plywoodin tiedonkeruujärjestelmästä on saatavissa kaikkien reittien tonnit, kilometrit sekä kuormien laskennalliset hyötykuormat. Olemassa olevaa dataa olisi hyödyllistä ja tarkoituksenmukaista käyttää hyväksi päästöläskentatyökalun luomiseksi.

## 5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli arvioida UPM Plywood Oy:n toimeksiannosta sen lähtölogistisen ketjun hiilidioksidipäästöjen vähennyskeinojen vaikuttavuutta Saksan toimitusreiteillä sekä selvittää nykyisten reittikokonaisuuksien optimaalisuutta hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta. Lisäksi haluttiin tietää onko hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi olemassa nopeita keinoja. UPM Kymmene on aloittanut vuoden 2020 aikana hiilidioksidipäästöjen vähennysohjelman ja työn avulla haluttiin saada alustavasti tietoa päätöksenteon tueksi päästövähennystavoitteisiin tähdittäessä. Työssä käytettiin tapaustutkimuksen keinoja ja se koostui sekä laadullisista että laadullisista menetelmistä. Tavoitteena oli saada työn avulla arvio tutkimukseen valittujen päästövähennyskeinojen vaikuttavuudesta.

Opinnäytetyö sisältää johdannon ja teoriaosuuden lisäksi laadullisen sekä laskennallisen osuuden kuin myös tulos ja yhteenveto-osiot. Johdanto-osassa käytiin lävitse työn tavoitteet ja menetelmät, tietoa hiilidioksidipäästöjen vaikutuksesta ilmastonmuutokseen, kuljetuksen ja logistiikan osuutta päästöistä, keinoja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen raskaassa rahtiliikenteessä sekä kuljetusten hiilidioksidipäästöjen laskemisen perusteita.

Työn laadullinen osuus koostui toimeksiantajan edustajien kanssa käydyistä videopalaverista, joissa käsiteltiin opinnäytetyöprosessin edetessä Saksan toimitusreittien erityispiirteiden, päästövähennyskeinoja toimitusreiteillä sekä lisäksi itse opinnäytetyön tavoitteita ja keinoja. Tavoitteen ja keinot tarkentuivat laadullisissa keskusteluissa opinnäytetyöprosessin edetessä.

Työn laskennallisessa osuudessa laskettiin UPM Plywoodin Saksan toimitusreittien hiilidioksidipäästöt, sekä työn laadullisessa osuudessa ja teorian avulla määriteltyjen päästövähennyskeinojen laskennalliset hyödyt reiteillä. Laskenta suoritettiin toimeksiantajan tiedonkeruujärjestelmästä saatavien reittikohtaisten pituus- ja painotietojen avulla toimeksiantajan hyväksymiä tonnikilometrikohtaisia päästökertoimia käyttäen.

Työn tuloksista ilmeni Saksaan toimitettavien tilausten yksittäisten reittikokonaisuuksien, sekä kaikkien reittikokonaisuuksien yhteinen toteutettaviksi arvioiduin keinoin saavutettava hiilidioksidipäästövähennyspotentiaali. Työn perusteella toimeksiantaja sai alustavan arvion reittiensä hiilidioksidipäästötasoista sekä laadullisessa osuudessa arvioitujen päästövähennyskeinojen vaikuttavuudesta. Edellä mainituin osin työn avulla katsottiin päästyn sille asetettuihin tavoitteisiin.

## LÄHTEET

Acea. 2019. High Capacity Transport. Smarter policies for smart transport solutions. [viitattu 14.10.2020]. Saatavissa: [http://www.modularsystem.eu/download/facts\\_and\\_figures/acea\\_paper-high\\_capacity\\_transport.pdf](http://www.modularsystem.eu/download/facts_and_figures/acea_paper-high_capacity_transport.pdf)

Autoalan Tiedotuskeskus. 2020. Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta. Tieliikenteen päästövähennyspolku vuosille 2030 ja 2045. [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: [http://www.aut.fi/files/2196/Liikenteen\\_tiekartta\\_Tiivistelmaraportti\\_2020.pdf](http://www.aut.fi/files/2196/Liikenteen_tiekartta_Tiivistelmaraportti_2020.pdf)

Compareyourfootprint. 2018. What is the Difference Between Scope 1, 2 and 3 Emissions? [viitattu 20.9.2020]. Saatavissa: <https://compareyourfootprint.com/difference-scope-1-2-3-emissions/>

Comtois, C., Rodrigue, J., Slack, B. 2020. (Toim). Greenness and Logistics. Teoksessa: The Geography of Transport Systems. Viides painos. New York: Routledge. ISBN 978-0-367-36463-2. [viitattu 26.7.2020]. Saatavissa: [https://transportgeography.org/?page\\_id=6497](https://transportgeography.org/?page_id=6497)

Gilbert, P. 2018. Five ways the shipping industry can reduce its carbon emissions. [viitattu 16.7.2020]. Saatavissa: <https://theconversation.com/five-ways-the-shipping-industry-can-reduce-its-carbon-emissions-94883>

Greencarbon. 2020. Mikä ihmeen scope 1, 2, 3? [viitattu 30.8.2020]. Saatavissa: <https://greencarbon.fi/mika-ihmeen-scope-1-2-3/>

Greenhouse gas protocol. 2020a. About Us. [viitattu 28.7.2020]. Saatavissa: <https://ghgprotocol.org/about-us>

Greenhouse gas protocol. 2020b. Corporate Value Chain (Scope 3) Standard. [viitattu 30.8.2020] Saatavissa: <https://ghgprotocol.org/standards/scope-3-standard>

Ilmatieteen laitos. 2020a. Ihmiskunta aiheuttaa lämpenemistä. [viitattu 12.7.2020]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/a987fc09-b043-45de-a240-3010ea48e6d3/ihmiskunta-aiheuttaa-lampenemista.html>

Ilmatieteen laitos. 2020b. Ilmastonmuutos ilmiönä. [viitattu 12.7.2020]. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/962d9aa2-e7e3-4df5-89a2-9f1f653e0d4e/ilmastonmuutos-ilmiona.html>

IEA. 2020. Tracking Transport 2020. [viitattu 15.7.2020] Saatavissa: <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020#>

IPCC . 2014. Summary for Policymakers. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change [viitattu 4.7.2020]. Saatavissa: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf)

ITF. 2018. High Capacity Transport Towards Efficient, Safe and Sustainable Road Freight. [viitattu 5.10.2020]. Pariisi: International transport forum. Saatavissa: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/high-capacity-transport.pdf>

ITF. 2019a. Decarbonising Transport. An initiative to help decision makers establish pathways to carbon-neutral mobility. Pariisi: International transport forum. [viitattu 5.10.2020]. Saatavissa: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/decarbonising-transport-brochure.pdf>

ITF. 2019b. ITF Transport Outlook 2019 (Summary). Pariisi: OECD Publishing. [viitattu 30.8.2020]. [https://read.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2019\\_transp\\_outlook-en-2019-en](https://read.oecd-ilibrary.org/transport/itf-transport-outlook-2019_transp_outlook-en-2019-en)

Jyväskylän Yliopisto. 2015. Tapaustutkimus. [viitattu 31.7.2020]. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/tapaustutkimus>

Kananen, J. 2013. Case-tutkimus opinnäytetyönä. Jyväskylä: Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.

Logistiikan maailma. Vihreä logistiikka. [viitattu 23.7.2020]. Saatavissa: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/vihrea-logistiikka/>

McKinnon, A. 2015. Environmental sustainability. A new priority for logistics managers. Teoksessa: Browne, M., McKinnon, A., Piecyk M. & Whiteing, A. (toim.) Green Logistics. Improving the environmental sustainability of logistics. Lontoo: Kogan Page. 3-29.

McKinnon, A. 2018. Decarbonizing Logistics. Lontoo: Kogan Page.

Pekin, E. 2017. Transport and greenhouse gas emissions: challenges for 2030. [viitattu 20.9.2020]. Saatavissa: <https://www.globalrailwayreview.com/article/33986/transport-greenhouse-gas-emissions-challenges-2030/>

Piecyk, M. & Tavasszy L. 2018. Sustainable Freight Transport. Teoksessa: Sustainability. Basel: Mdpi. 1-4. [viitattu 20.8.2020]. Saatavissa: <https://doi.org/10.3390/books978-3-03897-436-9>



Piecyk, M. 2015. Carbon auditing of companies, supply chains and products. Teoksessa: Browne, M., McKinnon, A., Piecyk M. & Whiteing, A. (toim.) Green Logistics. Improving the environmental sustainability of logistics. Kogan page: Lontoo. 55–79.

Pöyry. 2020. Tie vähähiiliseen liikenteeseen – Liikenteen ja logistiikan tiekartta. Loppuraportti. [viitattu 20.6.2020] Saatavissa: [https://www.palta.fi/wp-content/uploads/2020/06/Tiev%C3%A4h%C3%A4hiiliseen-liikenteeseen\\_Liikenteen-ja-logistiikan-tiekartta\\_Loppuraportti.pdf](https://www.palta.fi/wp-content/uploads/2020/06/Tiev%C3%A4h%C3%A4hiiliseen-liikenteeseen_Liikenteen-ja-logistiikan-tiekartta_Loppuraportti.pdf)

Ritvanen. 2011. Logistiikka palvelee. Teoksessa: Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärvi. AT-Julkaisutoimisto Oy. 19–30.

Saaranen-Kauppinen, A., Puusniekka, A. 2006. Tapaustutkimus. [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: [https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L5\\_5.html](https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L5_5.html)

SBTi. 2020. What is a science based target? [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: <https://sciencebasedtargets.org/what-is-a-science-based-target/>

SLoCaT. 2018. Transport and Climate Change Global Status Report 2018. [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: [http://www.slocat.net/wp-content/uploads/legacy/slocat\\_transport-and-climate-change-2018-web.pdf](http://www.slocat.net/wp-content/uploads/legacy/slocat_transport-and-climate-change-2018-web.pdf)

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. [Viitattu 1.10.2020]. Saatavissa: [lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/)

UPM-Kymmene. 2015. UPM - metsäteollisuutta pitkällä perinteellä. [viitattu 30.8.2020] Saatavissa: <https://www.upm.com/fi/ajankohtaista/artikkelit/2015/09/upm---metsateollisuutta-pitkalla-perinteella/>

UPM-Kymmene. 2020a. Hiilijalanjälki on työkalu ilmastovaikutuksen kuvaamiseen. [viitattu 4.8.2020]. Saatavissa: <https://www.upm.com/fi/vastuullisuus/ymparisto/vahemman-co2-paastoja/hiilijalanjalki/>

UPM-Kymmene. 2020b. Climate actions. [viitattu 3.8.2020]. Saatavissa: <https://www.upm.com/responsibility/climate-actions/>

UPM-Kymmene. 2020c. CO2 emissions. [viitattu 20.7.2020]. Saatavissa: <https://www.upm.com/responsibility/environment/co2-emissions/>

WWF - World Wide Fund For Nature. 2020. SCIENCE BASED TARGETS INITIATIVE. [viitattu 14.7.2020]. Saatavissa: [https://wwf.panda.org/our\\_work/climate\\_and\\_energy/what\\_we\\_do/climatebusiness/science\\_based\\_targets\\_initiative/](https://wwf.panda.org/our_work/climate_and_energy/what_we_do/climatebusiness/science_based_targets_initiative/)

Ympäristöministeriö. 2018. IPCC: Ilmasto lämpenee hälyttävällä vauhdilla. [viitattu 3.7.2020]. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/IPCC\\_Ilmasto\\_lampenee\\_halyttavalla\\_vauhd\(48136\)](https://www.ymparisto.fi/FI/Ajankohtaista/IPCC_Ilmasto_lampenee_halyttavalla_vauhd(48136))