

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Liiketoiminnan logistiikan koulutusohjelma

Pekka Raninen

ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSIA KULJETUSLOGISTIIKKAAN – HAASTEITA JA
MAHDOLLISUUKSIA

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Liiketoiminnan logistiikan koulutusohjelma

RANINEN, PEKKA	Ilmastonmuutoksen vaikutuksia kuljetuslogistiikkaan – haasteita ja mahdollisuuksia
Opinnäytetyö	72 sivua ja 1 liite
Työn ohjaajat	lehtorit Maiju Hankia ja Harri Ala-Uotila
Toimeksiantaja	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy
Lokakuu 2009	
Avainsanat	logistiikka, ilmastonmuutos, kuljetusmuodot, eksploratiivinen tutkimus, vahvat ja heikot signaalit

Ilmastonmuutos on ollut viime vuosina yhä enemmän esillä julkisuudessa. Ilmiötä sivuavia irrallisia uutisia ja dokumentteja julkaistaan lähes päivittäin, mutta uutisoinnista puuttuu yleensä kokoava logistinen näkökulma. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selostaa koosteena ilmastonmuutokseen liittyviä kuljetuslogistiikan toimintaympäristön haasteita ja mahdollisuuksia tutkimusaineistossa.

Työssä tarkastellaan uutis- ja muista lähteistä yhdeksän kuukauden aikana kerättyä aineistoa. Tutkimusmenetelmäksi on valittu eksploratiivinen, kvalitatiivinen kirjoituspöytä tutkimus. Menetelmän ominaisuuksiin kuuluu, että sen lähtökohtana ei ole teoriaa eikä se tuota sellaista, vaan kyseessä on kartoittava, laadullinen aineistoanalyysi.

Tutkimusaineistossa esiintyy tutkimusongelman kannalta sekä vahvoja että heikkoja signaaleja. Vahvoja signaaleja eli megatrendejä ovat esimerkiksi lait, säädökset ja rajoitukset, energiansäästö ja ympäristöystävällisyys. Heikkoja signaaleja ja samalla tulevaisuuden mahdollisuuksia taas voivat olla esimerkiksi innovatiiviset ratkaisut käytännön ongelmiin, uudenlaisen tekniikan käyttöönotto, älykäs liikenne, vaihtoehtoiset polttoaineet, paikkatietosovellukset, telematiikka, reittioptimointi ja IT- sekä viestintäjärjestelmien kehittäminen.

Tutkimuksen tulosten mukaan logistiikka-alan olisi tulevaisuudessa kyettävä tuottamaan sama panos vähemmällä energiankäytöllä ja pienemmin päästoin. Olisi myös kierrätettävä enemmän ja vähennettävä kuljetusmääriä. Näihin haasteisiin voidaan löytää uudenlaisia ratkaisuja heikoista signaaleista saatavin innovatiivisin ideoin.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
University of Applied Sciences

Business Logistics

RANINEN, PEKKA	The Effects of Climate Change on Transport Logistics – Threats and Opportunities
Bachelor's Thesis	72 pages and 1 appendix
Supervisors	Maiju Hankia, Senior Lecturer and Harri Ala-Uotila, Senior Lecturer
Commissioned by	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu Oy
October 2009	
Keywords	logistics, climate change, methods of transportation, explorative research, megatrends and wild cards

In recent years, climate change has been increasingly present in publicity. News and documentaries touching the phenomenon are published on a daily basis, but they usually lack a connecting logistic standpoint. The purpose of this thesis was to summarize the climate-related challenges and opportunities of the operational environment of transport logistics in the research material.

The material of this thesis was collected from selected news and other sources during a nine month period. The chosen research method is an explorative, qualitative desk research. It is not based on any theory, nor will it produce any, which is specific to the chosen method: this is a qualitative, charting analysis of the research material.

The research material contains both megatrends and wild cards. The megatrends consist of eg laws, regulations, energy saving and environmental friendliness, while eg innovative solutions to practical problems, implementations of new kinds of technology, intelligent traffic, alternate fuels, geographic information systems, telematics, route optimizing and the development of IT and communication methods can be seen as wild cards.

The findings of the study show that in the future the logistics branch should be able to produce the same contribution but with less energy and smaller emissions. There should also be more recycling and a smaller amount of transport operations. These challenges can be met with innovative ideas obtained from the wild cards.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Tutkimusongelma.....	5
1.2 Tutkimusaineisto ja -menetelmä	6
1.3 Tutkimusote	7
2 LOGISTIIKKA JA ILMASTONMUUTOS – KÄSITTEIDEN NÄKÖKULMIA	10
2.1 Logistiikka.....	10
2.2 Logistiikan osa-alueet.....	11
2.3 Kuljetusmuodot.....	12
2.4 Ilmastonmuutos ilmiönä	12
2.5 Kritiikki ja vastaväitteet.....	17
3 ILMASTONMUUTOKSEN HEIJASTUMINEN KULJETUSLOGISTIIKKAAN	21
3.1 Maantiiliikenne	22
3.1.1 Lait, säädökset ja suositukset	22
3.1.2 Tekniikka	25
3.1.3 Vihreäksi profiloituminen	32
3.1.4 Muut näkökulmat.....	33
3.2 Raideliikenne.....	34
3.3 Vesiliikenne	37
3.3.1 Lait, säädökset ja suositukset	37
3.3.2 Tekniikka	38
3.3.3 Kustannukset.....	40
3.3.4 Muut näkökulmat.....	41
3.4 Lentoliikenne.....	43
3.4.1 Lait, säädökset ja suositukset	44
3.4.2 Tekniikka	44
3.4.3 Kustannukset.....	46
3.4.4 Muut näkökulmat.....	47
4 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	49
4.1 Havaintojen luokittelu.....	49
4.2 Vahvat ja heikot signaalit	53
4.3 Yhteenveto	55
LÄHTEET	58
LIITTEET	

Liite 1. Mahdollisia jatkotutkimusaiheita

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee ilmastonmuutoksen vaikutuksia kuljetuslogistiikkaan. Työssä tuodaan esille peruskäsitteiden lisäksi ilmiöstä johtuvia haasteita ja mahdollisuuksia sellaisina, kuin niitä on käsitelty aineistolähteiksi valikoiduissa tiedotusvälineissä. Opinnäytetutkimus on hankkeistettu, ja toimeksiantajana on Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Hankkeistussopimus allekirjoitettiin toukokuussa 2009. Työn ohjaajina ovat toimineet koulutusohjelmavastaava, lehtori Maiju Hankia ja lehtori Harri Ala-Uotila.

Ilmastonmuutos on ilmiönä julkisuudessa lähes päivittäin. Kuitenkaan ilmastonmuutosta esiin tuovien uutisten ja muun dokumentaarisen aineiston näkökulmat eivät usein koske logistiikkaa. Silloin kun ne koskevat, on asetelmana yleensä lähinnä syyllistää eri kuljetusmuotoja ilmastonmuutoksen aiheuttajiksi tai sitä voimistaviksi tekijöiksi. Tämän työn tarkoitus on laajentaa yhteenvetomaisesti näkökulmaa siitä, mitä julkisuudessa asiasta kerrotaan pintaa syvemmällä, ja erityisesti minkä asioiden aineiston perusteella ajatellaan olevan vallitsevia trendejä ja toisaalta tulevaisuuden uhkakuvia tai mahdollisuuksia.

Työn lopussa esitetään liitteenä johtopäätösosuuksista syntyneitä, mahdollisia jatkotutkimusten eli kurssi- tai opinnäytetöiden tarkemmin rajaamattomia aiheita. Osa näistä ehdotuksista on poimittu sinänsä mielenkiintoisista mutta varsinaisen analyysin ulkopuolelle rajautuneesta, muun muassa energia- ja tietotekniikka-aloja koskeneesta tutkimusaineistosta.

1.1 Tutkimusongelma

Tämä opinnäytetyö on eksploraatiivinen, kartoittava ja laadullinen tutkimus kuljetuslogistiikan ja ilmastonmuutoksen julkisuudessa esiintyneistä haasteista ja mahdollisuuksista. Tutkimus perustuu syyskuun 2008 ja heinäkuun 2009 välisenä

yhdeksän kuukauden ajanjaksona kerättyyn aineistoon. Tutkimusongelmana on selvittää, minkälaisia haasteita ja mahdollisuuksia ilmastonmuutos tutkimusaineiston mukaan kuljetuslogistiikan toimintaympäristössä aiheuttaa. Näitä tekijöitä etsitään muun muassa aineistossa havaittavien vahvojen ja heikkojen signaalien avulla.

1.2 Tutkimusaineisto ja -menetelmä

Tutkimusaineiston keruu on käynnistynyt syksyllä 2008. Aineistonkeruutapa on teoreettisessa mielessä dokumenttianalyysia. Kirjastoista julkisesti saatavilla olevien teosten ohella tutkimuksen tekijä on ajanjaksolla 1.9.2008–30.6.2009 lukenut päivittäin BBC News World UK Editionin, Helsingin Sanomien, Hufvudstadsbladetin ja Ilta-Sanomien sekä Taloussanomien RSS- uutissyötteen. Kaikki näin löytyneet ja asiaa sivuavat uutiset on kerätty hakukoneiden avulla talteen. Ajatustyön pohjana on lisäksi ollut muutamia tutkimusajanjaksolla televisiotarjonnasta valikoituneita dokumentteja, joita ei ole sisällytetty varsinaiseen aineistoon. Lisäksi sekä logistiikan että ilmastonmuutoksen peruskäsitteiden osalta käytössä ovat olleet kaikki ammattikorkeakoulun oppimateriaalit v. 2006–2009 kurssikirjoineen.

Kvalitatiivisille tutkimuksille sopii yleisohjeena, että aineistoa analysoidaan polveilevasti, osin jo keruuvaiheen aikana (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2008: 218–219). Tämän tutkimuksen analyysimetodiksi sopii ymmärtämiseen pyrkivä lähestymistapa. Diskurssi- tai keskustelunanalyysi eivät soveltuneet käytettäviksi menetelmiksi. Oli pyrittävä muodostamaan aineistomateriaalista laadullinen synteesi, ja se oli tehtävä jatkuvana prosessina sitä mukaa, kuin tutkimusraportin kirjallinen toteutus eteni lajitteluvaiheen jälkeen. Tässä yhteydessä tuli välttämättömäksi teemoitella ja eritellä sisältöä (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2008: 218–219) kuljetusmuodoittain. Osoittautui, että aineistolle ei juuri ollut mahdollista suorittaa triangulaatiota eli vertailla mahdollisuuksien mukaan useaa lähdettä (Anttila 2000: 171). Sähköisen tiedonvälityksen nykyisestä luonteesta ja ilmeisesti toimituksiin kohdistuneista säästö- ja yhdistämistoimenpiteistä johtuu, että silloin, kun jostakin uutisesta löytyi useampi kuin yksi lähde, oli uutinen lähes sanasta sanaan sama. Triangulaatiossa ei tästä syystä olisi ollut mieltä. Kokonaan oma

tutkimuskohteensa voisikin olla, kuinka väritynyttä tutkimuksen aihepiiriä käsittelevä uutisointi on ja kenen etuja se mahdollisesti palvelee.

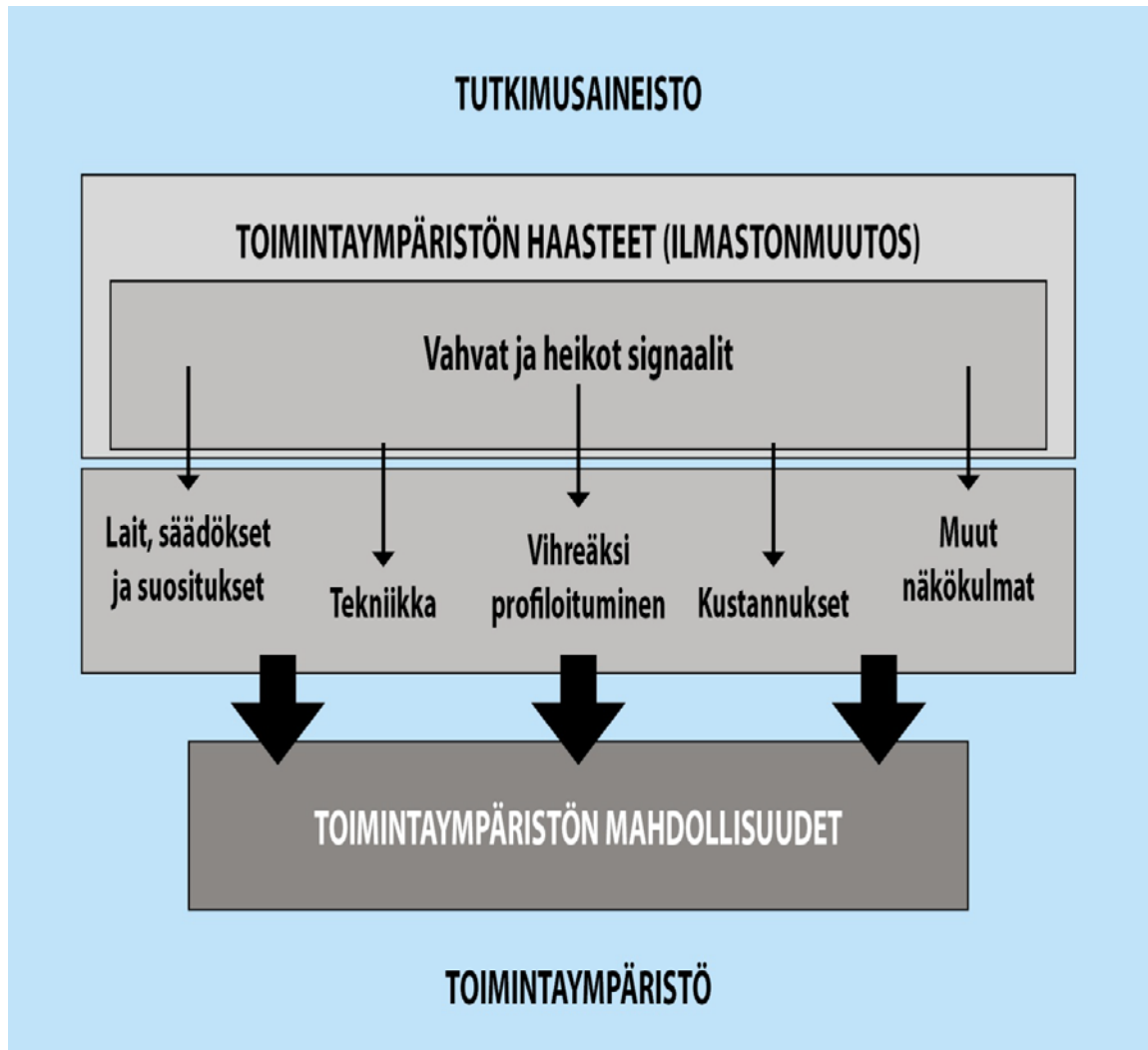
Eksploratiivisuus tarkoittaa kartoittavaa tutkimusta, jossa ei ole sen luonteesta johtuen teoreettista mallia. Aineistoa kerätään holistisesti, mikä johtaa usein siihen, että osaa aineistosta ei tarvita lopulta lainkaan. (Routio 2007.) Tässä tutkimuksessa aineisto on referoitu ja jäsennetty kuljetuslogistiikan päämuotojen mukaan. Näin aineiston koko tekstimassasta saatiin poimittua esille tutkimusongelman kannalta oleelliset asiat. Luokittelutapa määräsi samalla myös kirjallisen raportin rakenteen.

1.3 Tutkimusote

Tämän tutkimuksen tarkoitus on kartoittaa sitä, miten aineistolähteiksi valituissa tiedotusvälineissä on syksystä 2008 lähtien käsitelty ilmastonmuutoksen ja logistiikan vuorovaikutusta, ja tarkemmin sitä, minkälaisia haasteita ja mahdollisuuksia ilmastonmuutos kuljetuslogistiikan toimintaympäristölle tutkimusaineiston mukaan asettaa. Kyseessä on kartoittava (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007: 134), eksploratiivinen ja tutkimukselliselta strategialtaan soveltava kirjoituspöytä tutkimus. Tutkimuksen käsitteet, näkökulma ja aineiston populaatio (ks. esim. Anttila 2000: 113) määrittyvät toimeksiannon kautta, ja tutkimukseen soveltuu induktiivisen analyysin käsite (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007: 160). Tieteenfilosofisen metodinsa puolesta tämä opinnäytetyö kuuluu teleologiaa eli tarkoituspää tavoitteleviin tutkimuksiin (Anttila 2000: 34). Tarkemmin määriteltynä tutkimuksen tausta-ajatuksena on myös positivismin käsite – toisin sanoen tutkimuksen tehtävä on kuvailla havaittavia ilmiöitä ja niiden välisiä säännönmukaisia yhteyksiä. Metodologia ei varsinaisesti kuitenkaan ole kova, kausaalinen ja luonnontieteellinen. Sen sijaan aineisto on käsitelty viitekehysten läpi suodatettuna hermeneuttisesti, eli tutkimusote on tulkitseva ja analyttinen (Anttila 2000: 31–34.)

Teoriasuuntautuneisuudeltaan tämän tutkimuksen filosofinen viitekehys linkittyy teleologiseen lähtökohtaan siitä, miten tutkimustyö lisää tietoa tutkittavalla

alueella (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007: 126 & 136). Viitekehys muodostui, kun aineisto oli kerätty, luokiteltu ja sitten lopullisesti rajattu koskemaan ilmastonmuutoksen ja kuljetuslogistiikan haasteita ja mahdollisuuksia sekä aineistosta löytyviä heikkoja ja vahvoja signaaleja. Viitekehys on esitetty graafisessa muodossa kuvassa 1, ja siitä ilmenevät tämän tutkimuksen pääkäsitteet sekä niiden sijoittuminen toistensa vuorovaikutukseen.



Kuva 1. Tutkimuksen viitekehys

Tutkimusaineisto on luokiteltu viitekehysten osoittamalla tavalla. Pääkuljetusmuotojen (maantie-, rautatie-, vesi- ja lentoliikenne) toimintaympäristön osalta on aineiston esiintymät lajiteltu sen mukaan, koskevatko ne lakeja ja säädöksiä, teknisiä

ratkaisuja, vihreäksi (markkinoinnillisesti) profiloitumista, kustannusvaikutuksia, vai jotain muuta. Viime mainittuun kategoriaan kuuluu kaikki aineisto, joka ei sovi neljään ensimmäiseen kategoriaan. Tämä aineiston tapauskohtainen eli case-luokittelu on esitetty työn johtopäätösosuuksien taulukoissa 1–4, joista käy myös ilmi, että kaikista kuljetusmuodoista ei löytynyt aineistoa jokaiseen kategoriaan.

Viitekehysten mukaisesti aineiston suodattamisen mekanismina on käsite ”vahvat ja heikot signaalit”. Alun perin englanninkielinen ilmaisu ’megatrends and wild cards’ kuuluisi suomeksi nykykielelle suoraan käännettynä megatrendit ja villit kortit. Tulevaisuustutkija M. Mannermaa määrittelee käsitteen siten, että heikoista signaaleista eli villeistä korteista voi tulevaisuudessa muodostua aivan keskeistä teknologiaa, taloudellisia tai yhteiskunnallisia ilmiöitä. Tällaiset signaalit syntyvät normaalisti vallitsevien ajattelutapojen ja suuryritysten ulkopuolella – yksi esimerkki on piilaakso eli Silicon Valley, joka käynnistyi aikanaan autotalleissa. Megatrendit taas edustavat normaalia, vakiintunutta ajattelua ja vallitsevia voimia, joihin voidaan vaikuttaa vain hyvin vähän tai ei lainkaan. (Mannermaa 2003.)

Mannermaa on kauppatieteiden tohtori ja tulevaisuudentutkimuksen dosentti, joka on julkaissut noin 300 tieteellistä ja ammatillista raporttia, artikkelia ja kirjaa tulevaisuudentutkimuksen alalta. Hän täsmentää megatrendien voivan sisältää itsessään erilaisia ilmiöitä, vaihtoehtoisia suuntautumisia ja jopa yllätyksiä. Heikoilla signaaleilla taas ei ole selvästi tunnistettavaa menneisyyttä tai trendiä, mutta ne voivat muodostua tulevaisuudessa merkittäviksi ilmiöiksi ja vaikuttajiksi. (Mannermaa 2004.) Megatrendeistä Mannermaa käyttää esimerkkinä globalisaatiota, tietoyhteiskunnan syvenemistä ja väestön ikääntymistä, ja toinen esimerkki toteutuneesta heikosta signaalista taas on Internet sellaisena kuin se oli 1990-luvun alussa: *Nyt Internet ei ole heikko vaan vahva signaali. Samalla se on menettänyt arvonsa heikkona signaalina. Signaalin voi hyödyntää teknologisenä, taloudellisenä tai sosiaalisena innovaationa vain hetken! Nopeimmat sen tekevät, muut jäävät nuolemaan näppejään.* (Mannermaa 2003.)

Mannermaan mukaan heikkojen signaalien tunnistamiseen soveltuu toimintaympäristön tarkkailu – on pyrittävä hahmottamaan ajan ilmiöitä. Heikkojen signaalien hyödyntäminen edellyttää hänen mielestään radikaalia muutosta: suomalaista yrityskulttuuria leimaa epäonnistumisen pelko, ja monessa yrityksessä on riskialtista nostaa esiin tavanomaisesta ajattelusta ja johdon hyväksymistä linjauksista poikkeavia näkemyksiä. Niin yrityksissä kuin yhteiskunnassakin pitäisi Mannermaan mielestä hyväksyä se, että heikkoja signaaleja pohtimalla tehdään miltei varmasti virheitä. Se kuitenkin kannattaisi, *koska niiden joukosta löytyvät ne kultajyvät, innovaatiot, joiden avulla bisnes menestyy tulevaisuudessakin.* (Mannermaa 2001.)

2 LOGISTIIKKA JA ILMASTONMUUTOS – KÄSITTEIDEN NÄKÖKULMIA

2.1 Logistiikka

Logistiikka on käsitteenä osa satoja vuosia vanhaa sotatermistöä. Yritysmaailmassa termin sisältö on vielä vakiintumaton, mutta yleisesti ymmärretään, että erityisesti liiketoiminnan logistiikka pyrkii optimoimaan toimintaprosesseja ja kustannuksia. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 7.) J. Sakki määrittelee logistiikan tilaus-toimitusketjuna eli prosessina, joka kulkee yritysten läpi eri vastuualueiden kautta pitäen sisällään tavaran käsittelyä, markkinointia ja materiaalitoimintoja (Sakki 2003: 23).

Tänä päivänä katsotaan, että logistiikka mahdollistaa organisaatioiden virittämisen mahdollisimman tehokkaiksi ja tuottaviksi (Sakki 2003: 24–25). Asiakkaiden tarpeiden lisäksi pitäisi pystyä huomioimaan ulkomaailman ja ympäristönsuojelun sekä kestävä kehityksen vaatimukset. Hokkasen, Karhusen ja Luukkaisen (2004) esittämässä logistiikkakäsityksessä Pouri (1997) on todennut businesslogistiikan pitävän sisällään ne *toiminta- ja ohjaustavat, joilla toimitusketjuja toteutetaan ja hallitaan raaka-ainetoimittajilta, jalostuksen kautta asiakkaalle.* Materiaali- ja tuote- sekä logistiisiin prosesseihin sisältyvät tieto- ja rahavirrat ajatellaan tällöin logistiikan kohteiksi. Samassa lähteessä Sakki (1994) huomauttaa logistiikan käsittävän myös

sidosryhmät, joista logistisesti tärkeimpiä ovat tavaran toimittajat ja asiakkaat.
(Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 13)

Logistiikka ei siis ole mikään erillinen saareke, vaan liiketoimintojen ytimeistä löytyvä, käytännössä kaikkia toimialoja ja niiden sidosryhmiä yhdistävä tekijä. Täten myös siihen kohdistuvat nykyään samat ekotehokkuuden (Heiskanen 2004: 256–260) vaatimukset kuin toimialoihin itseensä.

Tässä opinnäytetyössä logistiikkaa tarkastellaan laaja-alaisena ilmiönä, joka pyörittää nykyaikaisten yhteiskuntien pyöriä. Logistiikan voi ajatella pitävän sisällään lähes kaiken yritystoimintaan liittyvän raaka-ainelähteistä markkinointiin saakka. Ellei logistiikka toimisi, ei missään talousjärjestelmissä olisi mahdollista saattaa tuotantopanosten asettamisesta alkavaa ja kierrätykseen päättyvää tilaus-toimitusketjua tuotteineen loppukäyttäjien saataville. Tässä työssä logistiikan laajalle ulottuva vaikutus on siis toimintaympäristön muodostavana taustatekijänä painotuksen ollessa pääkuljetusmuodoissa.

2.2 Logistiikan osa-alueet

Logistiikan osa-alueisiin luetaan nykyään kuuluvaksi liikennemuotojen ja puhtaan tulo- sekä lähtölogistiikan lisäksi myös esimerkiksi hankinta, huolinta, materiaalinkäsittely, varastointi ja varastonhallinta, terminaalitoiminnot, arvoketjut, saatavuus, toimitusvarmuus, tuotannonohjaus, pakkaus, simulaatiot, kustannusoptimointi, telematiikka, sähköinen kaupankäynti, asiakaspalvelu, jätehuolto ja kierrätys sekä erilaiset ohjaus- ja analyysimenetelmät. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 7–25.)

Yksi tärkeimmistä logistiikkaan liittyvistä kysymyksistä on liiketoimintaan sidotun pääoman pitäminen niin pienenä kuin mahdollista ilman, että asiakkaiden edellyttämä palvelutaso siitä kärsii. Logistiikka ja sen onnistunut johtaminen vaikuttavat toisin sanoen suoraan yrityksen kannattavuuteen sekä kilpailuasemaan

markkinoilla. Yhdeksi logistiikan keskeisistä tehtävistä katsotaan nykyään myös niin sanotun lisäarvon tuottaminen tuotteelle tai palvelulle. Ajan, paikan ja kuljetusten tarjoaminen, sekä erityisesti asiakkaan kannalta olennaisen, oikea-aikaisen saatavuuden toteuttaminen on yksi logistiikan tärkeimmistä osa-alueista ja samalla suurimmista haasteista. Kokonaisuus toimii kun sitä voidaan johtaa; johtamiseen taas tarvitaan reaaliaikaista tietoa ja siten kehittyneitä informaatiojärjestelmiä. (Karhunen, Pouri & Santala 2004: 23.)

2.3 Kuljetusmuodot

Kuljetusmuoto tarkoittaa sitä kuljetusvälinettä tai elementtiä, joka kuljetuksen suorittaa. Kuljetuslogistiikka kohdistuu pääkuljetusmuotoihin, joiksi lasketaan maantie- ja rautatiekuljetukset sekä vesi- ja lentoliikenne; muita kuljetusmuotoja ovat esimerkiksi putkikuljetukset (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 102) ja tietyssä mielessä myös elektroninen tiedon- ja rahansiirto. Tämä opinnäytetyö käsittelee vain mainittuja neljää pääkuljetusmuotoa.

Kuljetustapahtumat voidaan itsessään jakaa joko etäisyyden (kauko- ja lähikuljetukset) tai kuljetuspaikan (ulkoiset ja sisäiset kuljetukset) mukaan. Edelleen esimerkiksi sisäiset kuljetukset voidaan jakaa osastojen sisäisiin, niiden välisiin ja valmistuspaikkojen välisiin kuljetuksiin. Toisaalta kuljetuksia voidaan ajatella myös kuljetusajan mukaan. Tällöin verrataan kuljetuksen tapahtumahetkeä meneillään olevaan valmistusprosessiin ja käytetään käsitteitä pre-, inter- tai postproduktiiviset kuljetukset. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 100–101.)

2.4 Ilmastonmuutos ilmiönä

Ilmastonmuutos on ilmiö, johon on yleisesti herätty vasta 2000-luvulla, vaikka meteorologit ovat puhuneet siitä jo vuosikymmeniä. Hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC perustettiin vuonna 1998. IPCC sai jaetun Nobelin rauhanpalkinnon vuonna 2007, jona vuonna ilmestyi viimeisin sen neljästä raportista.

(Saukkonen 2008: 152.) Yleisesti uskotaan, että ilmaston lämpenemisen myötä ilmastovyöhykkeet siirtyvät pohjoista kohti vuosisadan loppuun mennessä jopa 500 kilometriä. Tällöin Suomessa luonnon monimuotoisuus voi lisääntyä, mutta muualla maailmassa se todennäköisesti vähenee. (Saukkonen 2008: 161.)

Tutkijat maailmalla eivät tosin ole täysin yksimielisiä siitä, onko ilmasto muuttumassa, mihin suuntaan se muuttuu, ja miten muutokset tulevat vaikuttamaan – eivätkä varsinkaan siitä, mikä osuus ihmisen toiminnalla on ilmastonmuutokseen ja globaaliin lämpenemiseen. Olipa miten tahansa, nämä asiat ovat alkaneet jo vaikuttaa käytännön elämäämme. Valtiot joutuvat huomioimaan päästöt politiikkaa tehdessään. Esimerkiksi EU:n jäsenmaiden tulee vähentää vuoteen 2020 mennessä hiilidioksidipäästöjään viidenneksen vuoden 1990 tasosta, ja uusiutuvan energian osuutta kaikesta energiantuotannosta nostetaan samalla viidennekseen (Pekkarinen: Ilmastopaketti suotuisa metsäteollisuudelle 2008).

Ilmasto tarkoittaa käsitteenä eri asiaa kuin sää. Kun päivittäin havaitaan ilmakehässä tapahtuvia lyhyen aikavälin muutoksia, puhutaan säästä [engl. weather] ja sen vaihteluista. Näihin kuuluvat muun muassa lämpötila, tuuli, pilvisuus, kosteus, ilmanpaine ja sade. Pitkän aikavälin eli yleensä 30 vuoden periodin ilmiöt taas tarkoittavat ilmastossa [engl. climate] tapahtuvia muutoksia tietyn alueen sääolojen yleisessä luonteessa eli tilastollisessa jakaumassa. Käytettäviä termejä ovat tällöin muun muassa sateisuus, tuulisuus, pilvisuus ja keskilämpötila. (Ilmastonmuutoksen viestintäohjelma 2007.)

Pidemmällä aikavälillä planeettamme ilmakehän koostumus muuttuu, ja ihmisen toiminta vaikuttaa tähän muutokseen (Ilmastonmuutos 2008). Muutoksesta suurin osa johtuu fossiilisten polttoaineiden käytöstä ja maankäytön muutoksista (Saukkonen 2008: 154). Maapallon keskilämpötila on tutkimusten mukaan noussut ja nousee edelleen. Ilmiöön ovat osallisena niin sanotut kasvihuonekaasut. (Ilmastonmuutos 2008).

Ilmakehän eri osista troposfääri tarkoittaa korkeuksia reilusti alle 10 000 m (Ilmakehä 2008). Lähes kaikki havaitut sääilmiöt rajoittuvat troposfääriin (Saukkonen 2008: 14). Ilmakehä itsessään on varsin ohut. Murphy (2008: 14) kuvaa tätä niin, että jos maapallo kuvitellaan sipuliksi, on ilmakehä vain sen uloimman paperimaisen kuoren paksuinen. Asiasta on esitetty myös toinen, havainnollistava vertaus:

Ilmakehän pystyprofiilin voi ajatella käännettyksi vaakasuoraan vaikkapa pitkin nelostietä niin, että Helsingin keskusta vastaa maanpintaa. Kun lähemme ajamaan kohti pohjoista, maailman korkeimmat vuorenhuiput jäävät taakse Kehä I:n paikkeilla. Saapuessamme Kehä III:lle olemme jo ohittaneet kaikki pilvet, sateet ja muut sääilmiöt. Keravan–Järvenpään välillä taaksemme katoaa uhanalainen otsonikerros. Lahden paikkeilla vastaan tulee satunnaisia tähdenlentoja ja revontulia, mutta muuten meitä ympäröi jo lähes täydellinen tyhjiö: olemme saapuneet ulkoavaruuteen. (Ilmakehä 2008.)

Kasvihuoneilmiö tarkoittaa sitä, että yläilmakehään kerääntyvät kaasut estävät maapallolta säteilevän auringon säteilyenergian karkaamisen avaruuteen. Ilman tätä ilmiötä maapallolla tuskin olisi elämää, sillä pallon pintalämpötila olisi yli 30 astetta kylmempi. (Kasvihuoneilmiö 2008.) Kasvihuoneilmiö on lämmittänyt maapallon pintaa jo miljardien vuosien ajan, ja sen olemassaolo havaittiin 1800-luvulla (Murphy, 2008: 14). Kasvihuonekaasuista tärkein on vesihöyry, jonka lämmitysvaikutus on 21 astetta siinä, missä hiilidioksidin vaikutus on 7 astetta. Muu lämpövaikutus muodostuu otsonista, metaanista, typen oksideista ja CFC-kaasuista (Saukkonen 2008: 152.) Kasvihuonekaasujen ansiosta maapallon pintalämpötila on noin +14 astetta, kun se ilman niitä olisi noin -18 astetta (Kasvihuoneilmiö 2008).

Ihmisen tuottamien kasvihuonekaasupäästöjen päälähteet ovat energiantuotanto ja liikenne, jotka synnyttävät 75 % hiilidioksidipäästöistä. Päästöjä syntyy erityisesti fossiilisten polttoaineiden, kuten hiilen, öljyn ja maakaasun polttamisesta, mutta myös metsäpalot, teolliset prosessit, kaatopaikat ja maatalous synnyttävät kasvihuonekaasuja. (AKE: 2008.) Hiilidioksidi on ilmakehässä hyvin pitkäikäistä. Arvioidaan, että kaikesta ihmisen fossiilisista polttoaineista vapauttamasta hiilidioksidista on edelleen ilmakehässä noin 56 prosenttia. (Flannery 2005: 44–45.)

Ihmiskunnan hiilibudjetti on mahdollista laskea. Vaarallisen muutoksen kynnyksenä pidetään yleensä hiilidioksidipäästöjen tasoa, joka on kaksinkertainen ennen vuotta 1800 eli teollisen vallankumouksen alkua. Laskutoimitusten tuloksena esitetään, että mikäli käyttäisimme fossiilisia polttoaineita enää vain sadan vuoden ajan, hiilidioksidin vuosibudjettimme olisi 6 gigatonnia. Kuitenkin 1990-luvulla fossiilisista polttoaineista kasautui ilmakehään hiilidioksidia 13,3 gigatonnia vuodessa. Pitkälläkin aikavälillä tarkastellen kasvu on ollut ennennäkemättömän suurta. (Flannery 2005: 44–45.)

Tulevaisuuden ilmastoennusteissa suurin yksittäinen epävarmuustekijä ovat pilvet. Pilvet muodostuvat vesihöyrystä. Ne pystyvät sekä pidättelemään lämpöä alapuolellaan että heijastamaan valoenergiaa takaisin. Ohuet yläpilvet pidättävät enemmän lämpöä kuin heijastavat valoa, ne siis lämmittävät planeettaamme. Alapilvien, erityisesti paksujen, vaikutus on päinvastainen. Vesihöyry ja hiilidioksidi liittyvät yhteen siten, että jälkimmäinen lämmittää ilmakehää juuri sen verran, että se sitoo enemmän kosteutta eli vesihöyryä, mikä taas lämmittää ilmakehää yhä enemmän. Tästä muodostuu maapallon lämpötilaa vääjäämättä nostava, itseään vahvistava takaisinkytkentäilmukka. (Flannery 2005: 44–45.)

Tämä takaisinkytkentäilmukka – niin sanotut palautteet – eli hiilidioksidilisan vaikutukset muihin lämpötilaa muuttaviin tekijöihin voivat aiheuttaa katastrofaalisia seurauksia. Se, että hiilidioksidi kaksinkertaistuisi ilmakehässä, aiheuttaisi yksinään vain vajaan 1 asteen lämpenemisen. Tämäkin lämpeneminen silti lisäisi veden haihtumista ilmakehään, ja juuri tämän ylimääräisen vesihöyryn uskotaan aiheuttavan vaarallisen, jopa 10 asteeseen nousevan kuumenemisen. Ilman vesihöyrypalautetta eli takaisinkytkentää ihminen voisi polttaa kaikki maailman fossiiliset polttoaineet loppuun ilman, että maapallo kuumenisi kohtalokkaasti. (Backman 2008.) IPCC:n ilmastomallit pohjaavat oletuksiin, että hiilidioksidin määrä lisääntyy vuoteen 2050 mennessä vuositasolla 1,1–2,4 %. Mielenkiintoista kyllä Saukkonen (2008: 171–172) kirjoittaa, että hiilidioksidin määrä lisääntyi ilmakehässä vuosina 2000–2006 maailmanlaajuisesti jopa 3,3 %:n vuosivauhdilla.

Otsonikato on jo pitkään ollut vahvasti esillä julkisuudessa. Otsoni on myrkyllinen kaasu, joka alailmakehässä on yksi pahimmista saasteista. Sen sijaan stratosfäärissä 15–25 kilometrin korkeudessa se suodattaa ultraviolettisäteitä pois auringonvalosta. 1970-luvulla havaittiin, että ihmisen ilmakehään päästämät kloorifluorihilivedyt eli CFC-yhdisteet ja halonit tuhoavat maata ympäröivää otsonikerrosta. Otsoniaukko havaittiin ensimmäisen kerran Etelämantereen yllä vuonna 1985. (Ympäristöministeriö 2008.)

Otsonikato vaikuttaa ihmiskuntaan eri tavoin. Liiallinen UV-säteily aiheuttaa ihosyöpää ja vähentää kasvien kasvua. (Ympäristöministeriö 2008.) Eri mantereista Australiassa vaikutukset näkyvät selvimmin: kesäaikaan Australia on lähempänä aurinkoa kuin Eurooppa oman kesänsä aikana. Kun tämä lasketaan yhteen kirkkaamman ilmaston kanssa, ovat australialaiset lopputuloksena UV-säteilylle 15 % enemmän alttiina kuin eurooppalaiset. (The Ozone Hole 2008.)

Ilmastonmuutos kokonaisuudessaan vaikuttaa eri tavoin myös Euroopan eri puolilla. IPCC:n laskelmien mukaan pohjoisessa lämpötilat kohoavat enemmän talvella, ja etelässä enemmän kesäaikaan. Pohjoisessa ei välttämättä nähdä enää pysyvää lumipeitettä, ja etelän kovat hellekaudet yleistyvät. Koko Euroopassa rankkasateiden määrä tai niiden osuus sadesummasta kasvaa. Sateet lisääntyvät pohjoisessa eniten talvella. Etelässä taas sateet vähenevät kesällä merkittävästi, mikä lisää Välimeren alueen aavikoitumista. (Saukkonen 2008: 155.)

Suomen osalta tilanne näyttää siltä, että tulevaisuudessa lumipeite vähenee – se saapuu myöhemmin ja poistuu aikaisemmin kuin ennen. Sademäärät kasvavat erityisesti talviaikaan, mutta sateet tulevat entistä useammin vetenä. Lumipeitteen ohuus merkitsee roudan lisääntymistä, koska pakkanen pääsee pureutumaan maankuoreen. Myös pilvisuus ja myrskytuulet tulevat luultavasti lisääntymään. Kasvukausien pituudet muuttuvat, mikä vaikuttaa lajikkeisiin ja maantieteellisiin viljelyaloihin. Kesähelteet voivat yleistyä, mutta niin myös rajuilmat ja trombit. Etelä-

Suomen kasvukauden odotetaan vuosisadan loppuun mennessä muuttuvan nykyisen Belgian kaltaiseksi. (Saukkonen 2008: 161–165.)

Ilmaston lämpeneminen näkyy Suomessa kasvukauden pidentymisenä jo nyt. Tehoisa lämpösumma tarkoittaa käsitteenä kesän ajalta yhteen laskettua kaikkien vuorokausien +5 asteen lämpötilan ylittävää osaa. Sen 30 vuoden laskennallinen keskiarvo laahaa jäljessä todellisista mittauksista, joiden mukaan Etelä- ja Keski-Suomen tehoisa lämpösumma on noussut selvästi. Myös terminen kasvukausi eli niin sanottu kesän pituus on maamme eteläosissa venynyt noin 6 kuukauteen. (Saukkonen 2008: 38–39.)

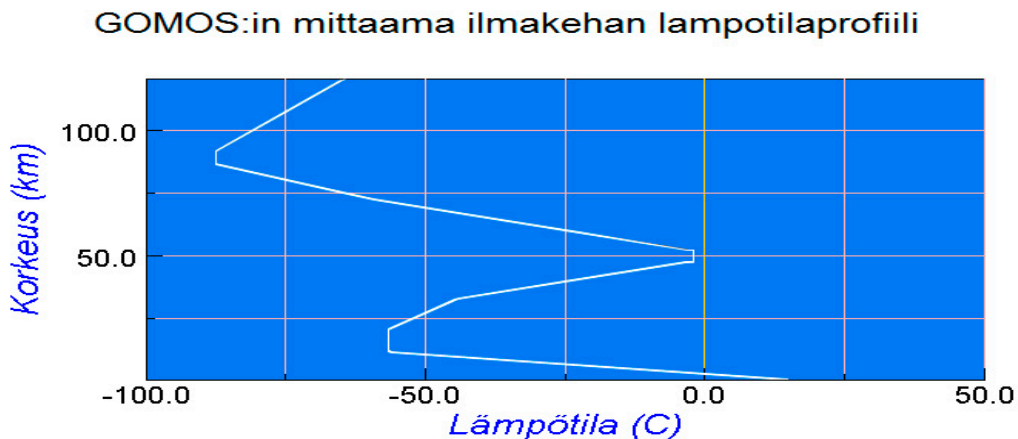
2.5 Kritiikki ja vastaväitteet

Ilmastonmuutosta vastaan on esitetty myös kritiikkiä ja skeptisismiä. Jotkut vastaväittäjät sanovat muun muassa, että ilmastonmuutos on anti-amerikkalaiseen ääri-vasemmistolaiseen ideologiaan perustuva ”globaali petos”, ja esimerkiksi Michael Chrichton on eräässä kirjassaan esittänyt, että maapallon lämpeneminen on ääri-ympäristöaktivistien suunnittelema juoni. Eräs Lontoossa toimiva ryhmä taas on sanonut, että D. King, joka on Britannian tärkeimpiä tiedeneuvonantajia, olisi persoonana häpeäpilkku, koska tämä uskoo ilmastonmuutoksen olevan suurempi uhka kuin terrorismi. (New Scientist 2005.)

Yleisradion MOT-ohjelma haastatteli syyskuun 2008 lopussa kahta skeptistä amerikkalaista ilmastotutkijaa. John Christy ja Roy Spencer ovat Alabaman yliopiston tutkijoita. John Christy on myös toiminut yhtenä IPCC:n johtavana kirjoittajana. Nämä kaksi tutkijaa ovat seuranneet ilmastonmuutosta NASA:n satelliitteihin sijoitetuilla instrumenteilla. (Backman 2008.)

Kuvassa 2 on Ilmatieteen laitoksen avaruustutkimuksen sivustolta löytyvä ilmakehän lämpöprofiili, joka on mitattu ENVISAT-satelliitin GOMOS-instrumentilla (GOMOS:in mittaama ilmakehän lämpötilaprofiili 2008). Kuvasta käy ilmi, että ilmakehä on

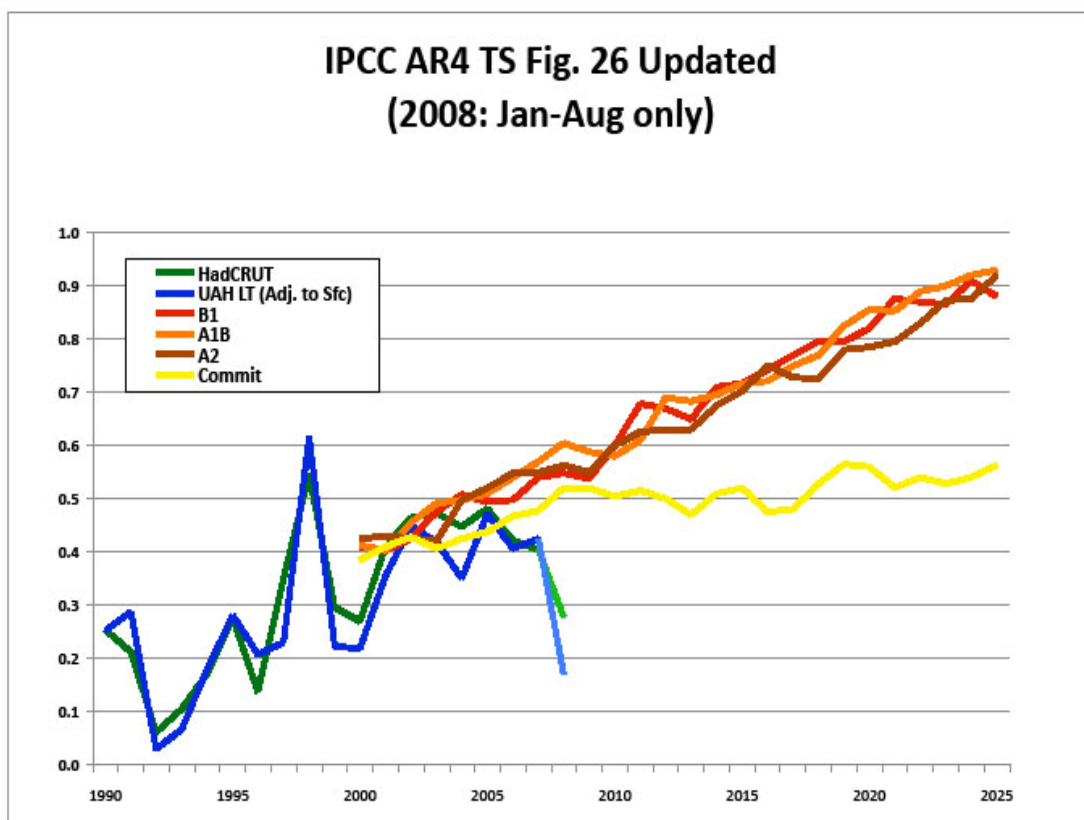
lämpötilojen suhteen kerrostunut pystysuuntaisesti. Näihin lämpötilavaihteluihin vaikuttaa erityisesti otsonin määrän kerroksittainen vaihtelu. (Kuvan värejä on selvennetty, jotta se näkyisi mustavalkotulosteessa.)



Kuva 2. ENVISAT/GOMOS:in mittaama ilmakehän lämpötilaprofiili (FMI 2008; kuvan värien selvennys P. Raninen 2009)

Huolimatta siitä, että kasviuonekaasut ovat lisääntyneet ihmisen toiminnasta johtuen, ei planeettamme ilmasto ole viimeksi kuluneen vuosikymmenen aikana lämmennyt odotettuun tahtiin. Teorioiden ja ilmastomallien mukaan kasviuonekaasujen aiheuttaman lämpenemisen tulisi olla voimakkainta 5–8 kilometrin korkeudessa. MOT-ohjelmassa esiintyneet tutkijat eivät löytäneet todisteita lämpenemiselle ilmastomallien mukaisesta korkeudesta alemmasta troposfääristä. Päinvastoin, Christyn ja Spencerin mielestä juuri nyt on meneillään yksi kylmimmistä heidän havaitsemistaan kausista, sillä sadan vuoden aikana mittareihin kertynyt 0,7 asteen lämmönousu on pyyhkäisty pois viimeksi kuluneissa 16 kuukaudessa. (Backman 2008.)

Seuraavana, kuvassa 3 puolestaan on Christyn ja Spencerin omilla tuloksillaan päivittävä IPCC:n lämpökäyräkuva.



Kuva 3. IPCC AR4 TS Fig. 26 Updated - 2008 Jan-Aug only (Backman 2008)

Kuvan 3 grafiikan seliteosassa mainittu HadCRUT tarkoittaa Ison-Britannian ilmatieteen laitoksen tietoja esimerkiksi sivulla *Climate change projections: Climate change results from the Met Office Hadley Centre* (Met Office 2008). Kuvasta ilmenee, että niin HadCRUTin kuin Christyn ja Spencerin edustaman Alabaman yliopiston (UAH) mittaustulosten perusteella maapallon lämpötila on viime vuosina laskenut eikä noussut. Tämä on IPCC:n ilmastomalleissa esitettyjen skenaarioiden eli kuvan 3 lämpötilakäyrien selitteiden B1, A1B, A2 ja Commit (ks. esim. IPCC Third Assessment Report – GRID-Arendal 2003) vastaista.

Christy ja Spencer ovat arvioineet, että vaikka ihmiskunta käyttäisi loppuun koko maapallon öljy- ja hiilivarat, ilmasto tulisi tästä johtuen lämpenemään vain alle 1 celsiusasteen verran. Samaiset tutkijat väittävät myös löytäneensä mittaustensa yhteydessä ennen tuntemattoman luonnon mekanismin, eräänlaisen maapallon oman ilmastointijärjestelmän. Heidän mukaansa yläilmakehän cirrus-pilvet eivät

trooppisen ilmakehän lämmitessä lisääntykään. Ne päinvastoin vähenevät, jolloin ylimääräinen lämpö pääsee purkautumaan näin avautuneesta aukosta avaruuteen. Tämä olisi täysin ilmastomallien vastaista. Pilvien käytös yläilmakehässä siis oikeastaan hillitsee kasvihuoneilmiötä sen sijaan, että lisäisi sitä. Mainittujen tutkijoiden teoriassa lämpeneminen ei aiheuttaisikaan muutosta pilvisyydessä, vaan pilvimuutos johtaisi lämpötilan muuttumiseen. (Backman 2008.)

Kun ajatellaan ilmastonmuutoksen ”puolesta ja vastaan” -tyyppistä julkista keskustelua, sijoittuu keskivaiheille Helsingin yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen ympäristömuutoksen professori A. Korhola. Häntä haastatteli OP-Pohjola-lehti numerossaan 3/09. Korhola toteaa, että tulevassa joulukuun 2009 ilmastokokouksessa Kööpenhaminassa tultaneen väentämään kättä päästöprosentteista sen sijaan, että keskityttäisiin kestäviin energiaratkaisuihin ja ympäristömielessä tehokkaamman tuotannon vaatimuksiin. Korholan mielestä pitäisi hiilipolitiikan sijasta käydä keskustelua ilmastopolitiikasta, joka on muutakin kuin kasvihuonekaasuja. (Ilmastonmuutosta voidaan torjua 2009: 6–8.)

Korhola toteaa, että ilmastonmuutos ei ole tähän mennessä aiheuttanut merkittäviä ympäristöongelmia. Väite kuulostaa hätkähdyttävältä, mutta professori Korholan mukaan yksikään ympäristötutkija ei suoraan rinnasta esimerkiksi Grönlannin tai Itämeren jääpeitteiden viime vuosina tapahtunutta voimakasta kutistumista suoranaisesti ihmisen aiheuttamaan ilmaston lämpenemiseen, vaikka se taustalla vaikuttavaksi tekijäksi myönnetäänkin. Korholasta on huono asia, että koko ympäristökeskustelu on jäänyt pyörimään ainoastaan ilmastonmuutoksen ympärille. Mitä tulee hallitustenvälisen ilmastopaneeli IPCC:n arvioihin, on niissä Korholan mukaan esimerkiksi vuonna 2007 todettu, että tietomäärä on monien tekijöiden kohdalla vielä alhainen. Tästä seuraa, että kaikki raporteissa esitetyt uhkakuvat perustuvat ennustuksiin, jotka sisältävät epävarmuutta – IPCC:n luettelemat uhkakuvat voivat joko toteutua tai yhtä hyvin jäädä toteutumatta. (Ilmastonmuutosta voidaan torjua 2009: 6–8)

3 ILMASTONMUUTOKSEN HEIJASTUMINEN KULJETUSLOGISTIIKKAAN

Tässä pääluvussa esitetään tutkimusaineisto jaettuna alalukuihin pääkuljetusmuodoittain. Kuljetusmuotojen sisällä on edelleen alaluvut viitekehyksen mukaisista kategorioista ja näkökulmista niissä tapauksissa, joissa tutkimusaineistossa on määrittelyn mukaista materiaalia esiintynyt.

Logistiikka kytkeytyy ympäristöön ja sitä kautta ilmastonmuutokseen; yhteiskuntien toimintaan taas vaikuttavat erityisesti liikennejärjestelmät ja niiden kehittyminen. Päästöjen lisäksi merkittävimmät materiaalitoiminnoista aiheutuvat ympäristöongelmat ovat melu, värinä ja ympäristömuutokset. Ympäristömuutoksilla tarkoitetaan yleensä nimenomaan ilmastonmuutosta, johon liittyvät olennaisesti sekä keskilämpötilojen että vedenkorkeuden nousu (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 297–309). Etenkin kaupunkiseuduilla ajoneuvoliikenteen kasvu on viime vuosina jatkunut. Yksilöiden valinnat eivät tue energian säästöä, minkä vuoksi henkilö- ja tavaraliikenteessä tarvitaan toimia päästöjen hillitsemiseksi. (KTM 2006: 88.) Päästöt kohdistuvat joko ilmaan, vesistöihin tai maaperään. Melu aiheuttaa epäviihtyvyyttä ja pitkäaikaisena altistumisena kuulovaurioita. Maantie- ja rautatieliikenteen aiheuttama värinä taas on ongelma erityisesti pehmeän maaperän alueilla. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 297–309.)

Vuorovaikutus toimii myös toiseen suuntaan: Saukkosen (2008) mukaan *nykyinen infrastruktuuri on tehty kestämään nykyistä ilmastoamme*. Tästä johtuen silloin, kun korjataan vanhaa ja rakennetaan uutta, on otettava huomioon uudenlaisia asioita. Säässä esiintyvät ääri-ilmiöt lisäävät liikenneverkoston huolto- ja korjaustarvetta. Pohjaveden nousu saattaa vahingoittaa tie- ja ratapenkereitä, ja myös siltojen ja rumpujen rakenteita on mitoitettava rankkasateiden vuoksi uudelleen. Ilmatieteen laitos on tutkinut, että maanteiden keskitalven kunnossapitokustannukset kasvavat, vaikka tieverkko talven alussa ja lopussa kuluukin vähemmän. Voimistuvat talvimyrskyt pahentavat merellä ahtojäätilannetta ja vaikeuttavat muutenkin laivaliikennettä. Sään ääri-ilmiöt lisäävät mahdollisesti vaurioita myös

energiantuotannon ja sähkönjakelujärjestelmien rakenteissa. (Saukkonen 2008: 168–170.)

3.1 Maantieliikenne

Kolme neljäsosaa maailman hiilidioksidipäästöistä tulee energiantuotannosta ja liikenteestä. Liikenteen osuus Suomen hiilidioksidipäästöistä on noin 20 prosenttia, mistä tieliikenne synnyttää 70 prosenttia. Autojen tekniikka on kehittynyt, ja ne kuluttavat vähemmän polttoainetta kuin ennen. Silti päästöjen määrä ei ole vähentynyt, koska liikennemäärät lisääntyvät. Edes uudesta tekniikasta ei ole aina apua, sillä vaikka katalysaattorit vähentävät muita auton pakokaasuista tulevia epäpuhtauksia, ne lisäävät hiilidioksidipäästöjä. Yhden bensiinilitran polttaminen auton moottorissa tuottaa noin 2,3 kiloa hiilidioksidia, litra dieseliä tuottaa vastaavasti noin 2,6 kiloa hiilidioksidia. (AKE 2008.)

3.1.1 Lait, säädökset ja suositukset

Yhdysvalloissa liikennesektori ja autoteollisuus ovat viime aikoina kohdanneet uudenlaisia haasteita. Kaliforniassa toimiva erityinen ilmastoresurssilautakunta julkaisi maaliskuussa 2009 raportin, jonka mukaan kiiltävän mustat autot ovat ongelma. Raportin mukaan musta väri vaikuttaa päästöihin, koska sen muita värejä tehokkaammin imemä auringonvalo lisää tarvetta käyttää kyseisten autojen ilmastointilaitetta. Lautakunta on vaatinut autonvalmistajia käyttämään heijastavampia maaleja ja materiaaleja. (Mustien autojen päästöt huolestuttavat Kaliforniassa 2009.)

Yhdysvaltain nykyinen presidentti B. Obama antoi tammikuussa 2009 Kalifornialle ja 13 muulle osavaltiolle luvan määrätä ajoneuvoille tiukkoja pakokaasurajoituksia. Tämä linja on vahvasti erilainen kuin G. W. Bushin kauden ympäristöpolitiikka, ja autoteollisuus asettui heti vastarintaan. (Obama panee autojen päästöt kuriin 2009.) Obama aloitti välittömästi virkakautensa alussa edeltäjänsä politiikan vauhdikkaan

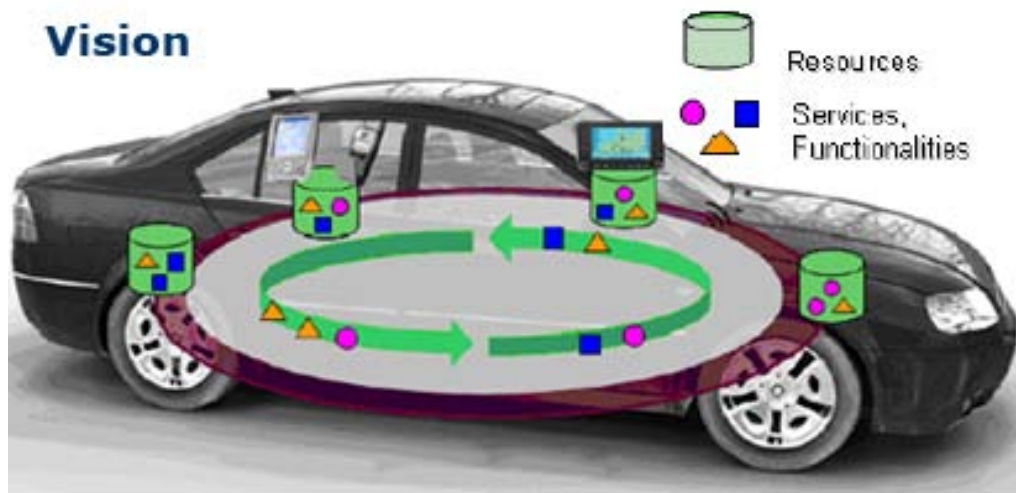
purkamisen puuttumalla tämän tekemiin ympäristöpäätöksiin. Center for American Progress -laitoksen ilmastonmuutospolitiikasta vastaava johtaja D. Weiss ylisti New York Times -lehden haastattelussa tätä täyskäännöstä Bushin politiikasta, joka aiemmin joko sensuroi tai jätti vain huomiotta kasvihuoneilmiöön liittyvän tieteen. Maan autoteollisuus vastustaa muutoksia voimakkaasti, sillä se rypee jo muutenkin talousongelmissa. Uusien, koko maata koskevien säädösten on määrä tulla voimaan jo vuonna 2011. (Downing 2009.)

Obama itse on sitä mieltä, että uudet säädökset eivät merkitse autoteollisuudelle kuoliniskua, vaan uutta alkua. Määräysten takana on se, että uusi presidentti haluaa lopettaa USA:n riippuvuuden tuontiöljystä. Hän on myös jo määrännyt ministeriöt ja virastot säästämään energiaa ja suojelemaan ympäristöä. Talous- ja elvytyspaketin olennainen osa ovat vaihtoehtoisen ja uusiutuvan energian tuotannon yhteyteen syntyvät uudet työpaikat, ja hallituksen ilmastopolitiikkaan kuuluu erityinen ilmastolähettiläs. (Downing 2009.) Tuore presidentti edellyttää autoteollisuudelta rakennemuutosta, jonka toteuduttua se olisi niin sanotussa *leaner and meaner* -tilassa ja siis jälleen kilpailukykyinen, mutta ympäristöystävällisin menetelmin. (Obama plans 'leaner' car industry 2009) *Lean, clean & mean* -filosofiaan viittasi toukokuussa 2009 myös Kymenlaakson kauppakamarin logistiikkapäivän pääpuhujana, Elinkeinoelämän valtuuskunta EVA:n Risto E. J. Penttilä. Hän kiteytti teknologian, markkinoiden ja niiden ohjauksen ratkaisevan ilmastonmuutoksen ja tulevaisuuden näin: *Sitä ei tee 196 ympäristöministeriä Köpiksessä, vaan kaikki ratkaisut tulevat yritysmailman puolelta.* (Kymenlaakson Kauppakamari 2009.)

Myös Euroopassa on julkistettu maantieliikennettä koskevia uusia säädöksiä. Tieliikenteessä kuoli vuonna 2006 EU:n alueella 38 600 ihmistä. Unioni aikoo vähentää vuoteen 2010 mennessä tiekuolemien määrää 25 000:een. Tähän liittyen Euroopan parlamentti hyväksyi 10.3.2009 esityksen, jonka mukaan käyttämiimme autoihin on tulossa lisää älyä. Esityksessä vaaditaan, että kaikista EU:n alueella myytävistä autoista on lähitulevaisuudessa löydyttävä jarruja ja moottoria ohjaavat tietokonejärjestelmät. Autot tulee lisäksi varustaa polttoainetta säästäväillä renkailla ja ohjelmilla, jotka tarkkailevat rengaspaineita. Komission mukaan nämä vaatimukset

maksavat autoa kohti noin 100–300 euroa, ja samalla niillä pyritään vähentämään myös hiilidioksidipäästöjä. Säännös tarkoittaa, että ajonvakautusjärjestelmät otetaan uusissa henkilöautoissa käyttöön vuosina 2011–2014 ja kuorma-autoissa sekä turistibusseissa vuoteen 2016 mennessä. Kuorma-autoissa on lisäksi oltava vuoden 2013 jälkeen edistyneet hätäjarrutusjärjestelmät sekä kaistavahdit. (Korhonen 2009.)

Toinen EU-hanke esittää, että autojen ohjelmistot voisivat olla etäpäivitettäviä. DySCAS-järjestelmä (Dynamically Self-Configuring Automotive Systems) mahdollistaisi sen, että auto voisi integroitua muihin laitteisiin ja että sen ohjelmistoja voitaisiin päivittää ilman käyntiä huoltamolla. Hankkeessa rakennettiin toimiva prototyyppi (kuva 4), mutta se ei tule tuotantoon vielä muutamaan vuoteen.



Kuva 4. DySCAS – Vision (DySCAS.org, 2009)

DySCAS-prototyyppi havaitsee esimerkiksi puhelimen tai GPS- eli satelliittipaikannuslaitteen ja kytkee niiden handsfree-toiminnot päälle. Se osaa myös päivittää auton ohjelmistot saadessaan tilaisuuden, minkä lisäksi se siirtää virhetilanteen sattuessa ohjelmia ajettavaksi toisella suorittimella. (Autojen ohjelmistoista voitaisiin tehdä etäpäivitettäviä 2009.)

3.1.2 Tekniikka

Ilmastonmuutos tuo todennäköisesti mukanaan maantieliikenteen olosuhteisiin vaikuttavia, poikkeuksellisia sääilmiöitä. Tienpinnan liukkaudesta johtuvia onnettomuuksia on mahdollista pyrkiä estämään eri menetelmin. Yksi tällainen tuore keksintö on käytössä valtatiellä 25 Tammisaaren puoleisella Pohjan sillalla. Destia eli entinen valtion Tieliikelaitos (Destia 2008) on kehittänyt AIS- eli automaattisen liukkaudentorjuntajärjestelmän (Anti-Ice System). Se voidaan asentaa hoidettavuudeltaan vaativiin kohteisiin, joissa on paljon liikennettä. Kysymykseen tulevat siltojen lisäksi moottoriteiden rampit, ostoskeskusten paikoitusalueet ja sisäänkäynnit, tunnelien suut ja lentokentät. Automatisoitu seuranta- ja ohjausjärjestelmä aktivoi joko päällysrakenteisiin kiinnitetyt tai kaideasennetut suuttimet levittämään oikean määrän liukkaudentorjuntaa käytettävää liuosta oikea-aikaisesti. Tällä menetelmällä liukkaudentorjunnassa saavutetaan lyhyt vasteaika, sillä AIS-järjestelmä seuraa käyttöpaikkansa pienilmastoa aktiivisesti ja reaaliajassa. (Suola suihkuu automaattisesti Tammisaaren sillalla 2009.)

Myös ruuhkat tulevat tulevaisuudessa aiheuttamaan yhä enemmän ongelmia. VTT:n eli Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT 2009) mukaan pääkaupunkiseudun kehäteiden ja sisääntuloväylien ruuhkat muuttuvat pysyviksi noin vuoteen 2017 mennessä. Matka-aika Kehä III:n ja keskustan välillä tulee samalla kaksinkertaistumaan 20:stä 40 minuuttiin. Myös päästöt kasvaisivat. (Pääkaupunkiseudulle ennakoitaan jatkuvaa ruuhkaa 2009.) Ennen Vuosaaren sataman käyttöönottoa pelättiin todella uuden sataman lisäävän kehäteiden ruuhkia. Valtaosa satamaan ajavista rekoista kuitenkin kääntyy kehätieltä pois jo Porvoon tai viimeistään Lahden suuntaan. (Huhta 2009.) Pääteillä taas on viime aikoina ollut nähtävissä taantuman niitä tyhjentävä vaikutus. Vuoden 2009 tammi- ja toukokuun välisenä aikana linja- ja kuorma-autoliikenne pääteillä väheni kuudenneksellä. Kaakkois-Suomen tiepiirissä pudotus oli lähes 25 prosenttia. (Taantuma tyhjentää pääteitä raskaasta liikenteestä 2009.)

Ruuhkien helpottamiseen voidaan löytää uudenlaisia ratkaisuja. VTT ja IBM kehittelevät parhaillaan ensimmäisiä älykkään liikenteen sovelluksia. Älykäs liikenne tarkoittaa liikennetiedon jatkuvaa keräämistä ja sen reaaliaikaista jakelua autoilijoille. Ensimmäiset sovellukset eli teiden varsille sijoitetut informaatiotaulut ovat jo käytössä. VTT:n tutkimusprofessori R. Kulmala ennustaa, että tulevaisuudessa myös autot voisivat kommunikoida keskenään ja varoittaa kuljettajia edessä olevista ongelmista. Myös liikenteen ennustaminen matemaattisten mallien avulla on mahdollista, ja siitä on saatu hyviä kokemuksia Singaporessa. (Pääkaupunkiseudulle ennakoitaan jatkuvaa ruuhkaa 2009.)

Taloussanomien 19.2.2009 päivätyn uutisen mukaan hybridautot voivat tulevaisuudessa optimoida sähkö- ja polttomoottoriensa käytön ja siten säästää entistä enemmän polttoainetta, mikäli ne osaavat nähdä ennalta minkälainen tieosuus niitä on seuraavaksi odottamassa, ja millainen liikennetilanne siellä tulee olemaan. Japanilainen autonvalmistaja Honda on lähtenyt tukemaan tällaisen, GPS-järjestelmään perustuvan sovelluksen kehitystyötä. (Honda innostui - Kulutus laskuun GPS:n ja liikenteen ennustamisen avulla 2009.)

Älykäs liikenne kiinnostaa myös liikenne- ja viestintäministeriötä. Digitoday kirjoitti maaliskuussa 2009 ministeriön ryhtyvän selvittämään asiaa. Ministeriö on asettanut älykkään liikenteen kansallisen strategian selvitysmieheksi kansliapäällikkö Harri Pursiaisen. Selvitysmiehen tehtävänä on laatia toimeenpanosuunnitelmia ja tavoitteita koskeva ehdotus vuosille 2010–2015. Ministeriö haluaisi myös kytkeä älykkään liikenteen tarjoamat mahdollisuudet kiinteästi liikennepolitiikan tavoitteisiin, ja sen mielestä älykkään liikenteen keinoin voitaisiin huomattavasti edistää liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta sekä hallita häiriötilanteita. Älykäs liikenne tehostaa myös tavaraliikennettä ja logistiikkaa erilaisin telemaattisin ohjaus- ja tietopalveluin, ja sitä hyödynnetään jo nyt joukkoliikenteen informaatiopalvelujen lisäksi sää- ja reittipalveluissa sekä vaihtuvissa nopeusrajoituksissa. (Kansallinen strategia valmisteilla 2009.)

Polttoaineet kuuluvat olennaisesti maantieliikenteen tekniikkaan. Neste Oilin uusiutuvien polttoaineiden kehitysyksikön johtajana toimiva H. Erämetsä kertoo Uuden Suomen ilmoitussivulla, että jo vuonna 2015 on mahdollista tankata puumassasta jalostettua biopolttoainetta. Yhtenä kumppanina Neste Oilin, Stora Enson ja VTT:n yhteisosaamisprojektissa on lisäksi Foster Wheeler, joka on erikoistunut voimaloiden kattiloiden teknologiaan. Tuotantoprosessissa käytetään Fischer-Tropsch -synteesiä, josta VTT:llä on prosessiosaamista jo 1980-luvulta lähtien. Stora Enson mukaan metsäyhtiöiden toimintaympäristö on muuttunut hyvin nopeasti, ja kilpailu vaatii uusia aluevaltauksia; jo yksin kiristyvät päästömääräykset ovat yksi potentiaalisia markkinoita kasvattava tekijä. (Risukasa puristuu biopolttoaineeksi 2009.) VTT itse taas tiedotti kesäkuun puolivälissä, että Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus Tekesin (Tekes 2009) tutkijat varoittavat uskomasta liikaa biopolttoaineisiin. Niiden ympäristövaikutukset tunnetaan toistaiseksi huonosti, ja vaikutuksia on hankala mitata. Riskinäkökulma on tutkijoiden mukaan se, että biopolttoaineille ei mahdollisesti pystytä luomaan sellaisia yksinkertaistettuja vaatimuksia, jotka takaisivat niiden kestävän tuotannon. Tähänastiset ilmastovaikutukset ovat tutkijoiden mukaan tulkinnanvaraisia, ja kyseisten polttoaineiden tuotannon lisääminen muodostaa tietyillä alueilla uhan biodiversiteetille vaikuttaen lisäksi maaperän, vesistöjen ja ilman laatuun. Tuotanto ei kuitenkaan sinänsä liene haitallisempaa kuin muukaan metsä- tai maataloustuotanto. (Koistinen 2009.)

Biopolttoainekeskustelussa otetaan harvemmin esille nykyisestä poikkeavan moottoriteknologian avaamia mahdollisuuksia. Turbodieselin vuonna 1975 keksinyt (Elsbett AG 2009) professori L. Elsbett kehitti vv. 1977–1980 omaa nimeään kantavan, niin kutsutun Elsbett-moottorin. Tämä moottori pystyy käyttämään energianlähteenään esteröimätöntä kasviöljyä hyvin tehokkaasti ja pienin päästöin. Elsbett-moottorilla varustetun ison Mercedes-henkilöauton kulutus maantieajossa oli jo 1970-luvulla tehdyissä kokeiluissa vain noin 2,5 l/100 km. Nykyään Elsbett AG myy konversiosarjoja, joilla normaalit dieselmoottorit saadaan käyttämään ajon aikana kasviöljyä. Tällöin jopa ravintoloista tähteeksi jäävät öljyt voidaan hyödyntää polttoaineena. Muunnossarjojen hinnat alkavat 1 000 dollarista, minkä päälle tulevat

asennuskulut. Lisäksi on hankittava ruoantähteiden poistamiseksi noin 700 dollarin hintainen suodatusjärjestelmä, ellei sellaista osaa rakentaa itse. (Lloyd 2007.)

Autotehtailla ei tällä hetkellä ole sarjavalmistuksessa Elsbett-moottoreita. Yksi syy tähän lienee se, että auto-, öljy- ja kemianteollisuudella on kulissien takaisia kytköksiä, eikä kemianteollisuus halua menettää nykyisten polttoaineiden jalostuksesta keräämiään tuloja. Kasvi- ja erityisesti rypsiöljyjen puolustajat taas sanovat aiemmin mainituista VTT:n siteeraamista Tekesin tutkijoista poiketen kestävän tuotannon ja energiataselaskelmien riippuvan siitä, kuka kulloinkin laskee. Eräiden mielipiteiden ja laskelmien mukaan rypsisadossa on jopa 20 kertaa enemmän energiaa kuin viljely sitä kuluttaa. (Isomäki 2005.)

MIT:n (Massachusetts Institute of Technology) tutkijat ovat ilmoittaneet kehittäneensä uudentyyppisen akun, joka on nykyisiä paljon pienempi ja ladattavissa huomattavan nopeasti. Uusi akkutyyppe on valmistettu litiumrautafosfaatista [LiFePO₄] ja se ladataan ionivirran avulla. Tällöin pienikokoinen matkapuhelinakku latautuu kymmenessä sekunnissa, ja teoreettisesti laskettuna hybridiauton sähköntarpeen lataaminen kestäisi nykyisen 6–8 tunnin sijaan vain noin viisi minuuttia. Kahdelle nimeltä mainitsemattomalle kaupalliselle yhtiölle lisensioitu keksintö tulee markkinoille jo parin vuoden kuluttua. (Hybridiauton lataaminen kestää viisi minuuttia 2009.)

Myös vaihdettavat akut saattavat olla mukana mahdollisessa sähköautojen läpimurrossa. Tanskalainen Better Place on sähköautovalmistaja, joka uskoo sähköautoista tulevan massatuotteen, mikäli niiden akuista tehdään vaihdettavia. Yritys tähtää markkinoille jo vuonna 2011 liikeideanaan myydä autot matkapuhelinliittymien tapaan kytkykaupalla. Kuluttaja ei siis osta akkua, vaan ajokilometrejä, ja tyhjän akun vaihtaminen uuteen kestää huoltoasemalla vain muutaman minuutin. Akkujen vaihdettavuus takaa sen, ettei kuluttajien käsiin jää vanhentuvaa tekniikkaa – mikäli markkinoille tulee tehokkaampia akkuja, vaihtaa yhtiö niihin itse auton jäädessä ennalleen. (Vaihdettavista akuista ase sähköauton läpimurtoon? 2009.)

Norjalainen Think Global AS ja kotimainen, Uudessakaupungissa toimiva Valmet Automotive ovat elokuussa 2008 julkistaneet allekirjoittaneet yhteistyösopimuksen, jonka myötä Think City -nimistä sähköistä kaupunkiautoa (kuva 5) aletaan valmistaa Suomessa jo vuoden 2009 aikana (Valmet Automotive 2009). Valmistus tulee työllistämään vuoden 2010 aikana yli sata henkilöä, ja aiottu valmistusmäärä tulee olemaan useita tuhansia autoja vuodessa (MTV3 2009).



Kuva 5. Think City-kaupunkisähköauto (Think AS, 2009)

Tällä hetkellä Valmet Automotive valmistaa Porsche AG:lle urheiluautoja. Se tulee Think Cityn lisäksi valmistamaan kahta muutakin sähköautoa, nimittäin Fisker Automotive Incin Fisker Karma -luksushybridiä sekä tanskalaisen Garia A/S:n Garia-nimistä golfautoa. (Valmet Automotive 2009.)

Japanilaisen autojätti Toyotan teknologiajohtaja M. Takimoto kertoi lokakuussa 2008 Pariisin autonäyttelyssä yrityksensä tutkivan jatkuvasti painoon liittyviä kysymyksiä. Autoista voidaan tietysti tehdä pienempiä, mutta Toyota tutkii myös lentokoneista tuttuja komposiittimateriaaleja, koska ne ovat nykyistä kevyempiä ja ohuempia. Komposiittien ongelma on kuitenkin Takimoton mukaan niiden korkea hinta. Toinen ongelma on niiden valmistamisen energia/päästötase. (Kasvua taltuttamassa 2009.)

Hiilikuituautoa on tutkittu jo 1990-luvun alussa. Yhdysvaltalainen voittoa tavoittelematon tutkijaryhmä Rocky Mountain Institute esitteli vuonna 1993 Hypercar-konseptin, joka oli sarjatuotantovalmis, alle tonnin painoinen kaupunkimaasturi. Auto kuluttaa bensiinihybridinä 3,6 l/100 km ja vetykäyttöisenä 2,2 l/100 km. Konsepti muotoiltiin citymaasturiksi, koska ympäristönsuojelijoille haluttiin osoittaa, ettei kritiikin tulisi kohdistua mihinkään erityiseen automalliin, vaan huonoon suunnitteluun. (RMI 2009.) Keveyden saavuttaminen on ratkaisevassa asemassa, koska se mahdollistaa pienemmän moottorin ja pienemmän kulutuksen. Samoin kaikki muut komponentit on mahdollista tehdä pienemmiksi, mikä lisää keveyttä entisestään. (Hypercar 2009.) Hypercar-konsepti (kuva 6) yhtiöitettiin vuonna 1999, jotta autoteollisuudelle saatiin luotua kilpailupainetta. Nimi muutettiin vuonna 2004, ja se on nyt Fiberforge, mikä kuvastaa paremmin yrityksen sitoutumista edullisten, massatuotantona valmistettävien hiilikuiturakenteiden toteuttamiseen. (RMI 2009.)



Kuva 6. Hypercar-konsepti (Autobloggreen 2003–2009)

Hypercar-konseptin isä A. Lovins kertoo auton turvallisuuden perustuvan vastaavaan hiilikuiturakenteeseen kuin mitä Formula 1-sarjan autoissa käytetään. F1-kuljettajat selviävät yleensä vammoitta vaarallisenkin näköisistä törmäyksistä. Myös Hypercarin turvallisuuden perusta on hiilikuidun ominaisuus sitoa itseensä kuudesta kahteentoista kertaan enemmän energiaa kuin teräs. Toinen tärkeä peruste keveyden tavoittelulle on se, että tyypillinen nykyauto tuhlaa 94 prosenttia käyttämästään energiasta. Vain 6 prosenttia polttoaineen sisältämästä energiasta kuljettaa autoa eteenpäin muun kadotessa moottorin, tyhjäkäynnin, vaihteiston, renkaiden ja ilmanvastuksen aiheuttamiin häviöihin. Kääntäen kuljettaja on vain 1/20-osa auton koko massasta lopun ollessa auton teräsrakennetta. Tästä johtuen polttoaineen energian 1 prosentista vain 3 kymmenesosaa käytetään kuljettajan liikuttamiseen, mikä ei ole kovin hyvä saavutus ottaen huomioon 120 vuotta kestäneen kehitystyön. (Lovins 2008.)

Myös raskaan kaluston kohdalla tutkitaan vastaavia mahdollisuuksia. VTT:n tutkimusinsinööri K. Erkkilän mukaan kotimainen bussivalmistaja Kabus on kehittänyt aiempaa kevyempää linja-autoa. Sen lisäksi, että rakenteet ovat kevyemmät, auto on niin sanottu hybridi, jossa on sekä sähkö- että polttomoottorit. Teknologiademonstraattori eli varsinainen auto saatiin koeliikenteeseen vuonna 2007. Kehitystyössä ovat VTT:n lisäksi olleet mukana Teknillinen korkeakoulu, Tampereen ammattikorkeakoulu ja joukko yrityksiä. (Erkkilä 2009.) Demonstraattorissa kondensaattorein – ei siis akuin – varustettu sähkömoottori avustaa bussia kiihdytyksissä yli 50 km/h:n nopeuteen saakka, minkä jälkeen liike-energia tulee dieselmoottorista (Kabus.fi, 2009). Polttoaineenkulutusta on saatu pienennettyä 30 prosenttia, samoin päästöjä. Kevyemmän rakenteen myötä voidaan odottaa Kabus-hybridin yltävän jopa 45 prosentin kulutus- ja päästövähennyksiin normaaleihin linja-autoihin verrattuna. (Erkkilä 2009.)

Ruotsissa Tukholman Kungsholmenissa on käynnissä mielenkiintoinen, tavallisuudesta poikkeava energiaratkaisu. Asukkaiden yhteistä sähköautoa ladataan kerrostalon katolla olevilla aurinkopaneeleilla. Kesäkuussa valmistunut kerrostalo on rakennusyhtiö Skanskan ja energiayhtiö Fortumin yhteinen kokeilu ja kestää kaksi

vuotta. Yhteiskäytössä olevan sähköauton lataamisen lisäksi aurinkoenergiaa käytetään talon porrashuoneiden valaistukseen. Skanskan mukaan yhtiö tutkii mahdollisuuksia vastaavan kokeilun toteuttamiseksi myös Suomessa. (Ruotsalainen kerrostalo saa yhteisen sähköauton 2009.)

Saksassa Harzin vuoristoalueella puolestaan aletaan kokeilla tuulivoiman varastointia vuoren sisään sekä sähköautoihin. Kokeilussa sähkön tuottajat yhdistetään kuluttajiin älyverkolla. Tuulivoimaloiden ylijäämäenergian avulla pumpataan vettä vuoren onkaloihin, mistä sitä tarpeen mukaan lasketaan sähköturbiinien pyörittämiseen. Toisessa vaiheessa alueella otetaan järjestelmään mukaan sähköautoja. Tällöin myös niiden akut toimivat tuulivoiman varastona. Autot liitetään pysäköintipaikalla kaksisuuntaiseen, älykkääseen sähköverkkoon. Verkko lataa ja purkaa autojen akkuja kysynnän ja tarjonnan perusteella. Kun sähköautoja on sata, niiden akut muodostavat 1 megawatin kapasiteetin, mikä vastaa noin tuhannen asukkaan sähköntarvetta. Älyverkko tietää joka hetki, missä sähköä tarvitaan ja mistä sitä on saatavilla. Lisäksi järjestelmään on mahdollista kytkeä myös esimerkiksi biokaasu- ja vesivoimalaitoksia. (Tässäkö ratkaisu tuulivoiman varastoimiseksi 2009.)

3.1.3 Vihreäksi profiloituminen

Vihreäksi profiloituminen ja muut markkinoinnilliset argumentit ovat nykyään kilpailuvaltteja. Asian ovat huomanneet myös rengasvalmistajat. Michelin perustelee kuluttajille Energy Saver -renkaansa oivallisuutta: *Jos kaikki henkilöautot Euroopassa olisi varustettu MICHELIN Energy Saver -renkailla, tästä aiheutuvan polttoaineen vuotuisen säästön ansiosta lähes 2,8 miljoonaa ajoneuvoa voisi ajaa ilman hiilidioksidipäästöjä* (Michelin 2009). Bridgestone puolestaan on laskenut, että Euroopassa tuhlataan liian alhaisten rengaspaineiden vuoksi yli 8 miljardia litraa bensiini- ja dieselpolttoainetta, mistä aiheutuu noin kymmenen miljardin euron kustannukset. Samalla ilmakehään vapautuu lähes 20 miljoonaa tonnia hiilidioksidia. (Virtanen 2006.)

3.1.4 Muut näkökulmat

Ympäristöhallinnon selvityksistä ilmenee, että ilmanlaatu Suomessa on parantunut. Vielä 20 vuotta sitten se oli merkittävästi heikompi etenkin voimaloiden ja teollisuuslaitosten lähetyvillä. Autoliikenteen lisääntymisen vuoksi puhdistuminen on tosin ollut kaupungeissa hitaampaa. Eniten kaupunki-ilmaa pilaavat hengitysilmassa olevat pienhiukkaset, jotka syntyvät pakokaasujen lisäksi renkaiden aiheuttamasta tienpinnan kulumispölystä. (Ilmanlaatu on parantunut Suomessa 20 vuodessa 2009.) Pelkästään Helsingissä ilmastonmuutosta kiihdyttävät hiilidioksidipäästöt vähentyivät vuonna 2008 selvästi ja olivat tammi–lokakuussa 4,3 prosenttia pienemmät kuin vastaavalla ajanjaksolla 2007. Vähennys johtui suurimmaksi osaksi polttoaineen hinnannoususta, joka vähensi autoilua. Toisekseen talvi oli edellistä lämpimämpi, joten lämmityspäästöt jäivät vähäisemmiksi. (Päästöt laskevat lujaa Helsingissä 2009.)

Energiayhtiö St1 Oy:n pääomistaja ja hallituksen puheenjohtaja M. Anttonen toivoisi, että energia-asioista päättävät ymmärtäisivät erilaisten energiaratkaisujen keskinäiset riippuvuussuhteet. Hänen mukaansa öljyn korvaaminen muilla energiamuodoilla on paljon monimutkaisempaa kuin yleisesti ajatellaan. Jos kulutus halutaan keskittää dieseliin, Anttosta askarruttaa mitä muille jalostuksessa syntyville jakeille tehdään. Hän kyseenalaistaa myös polttomoottorien totaalisen korvaamisen sähkömoottoreilla kysyen, mikä raskaan maantieliikenteen, lentokoneiden tai laivojen voimakoneistoratkaisu mahtaisi siinä tapauksessa olla. (Saastamoinen 2009.)

Kierrätysvaatimukset koskevat nykyään myös maantieliikenteen kalustoa. Jotta kierrätystoiminta olisi kannattavaa, on toimijoilla oltava ohjelmistot, jotka mahdollistavat tarkat materiaalitutkimukset. Tämä asettaa aiempaa suurempia vaatimuksia toiminnanohjausjärjestelmille. Tarvitaan yksityiskohtaiset tiedot varastosaldoista, jotta voidaan valmistaa kulloinkin kannattavimpia, markkinahintojen mukaisia metallivaluja. Romumetalli ja sen hyötyarvo on pystyttävä määrittelemään tarkoin. (Kierrätysbisnestä ei ohjata millä tahansa erpillä 2009.)

Yksi heikko signaali, joka voi enteillä merkittäviä tulevaisuudennäkymiä maantieliikenteessä ja siihen liittyvillä aloilla, on paikkatieto eri sovelluksineen. Emme vielä edes tiedä, mihin kaikkeen paikkatietoa voidaan käyttää. Sitä hyödynnetään jo nykyään muun muassa malminetsinnässä esiintymille soveltuvien alueiden paikantamisessa (Kullan etsintä paikkatietoanalyysillä toi väitöskirjapalkinnon 2009), mutta muutkin paikkaan sijoittuvat ilmiöt voivat hyötyä lähitulevaisuudessa paikkatiedon mallintamisesta tai ennustamisesta. Paikannuksella estetään jo nyt myös tautien leviämistä ja välitetään avunpyyntöjä sekä kontrolloidaan erilaisia reittejä jopa rakennusten sisätiloissa (Ekahaun wlan-paikannukselle avaus Kiinan sairaaloihin 2009). Paikannustekniikkaa käytetään myös esimerkiksi kumipyöräkonttinostureissa, jotka suomalainen Konecranes myi Norsunluurannikolle. Tilaaja on ranskalainen Bolloré Group, ja nämä paljon tietotekniikkaa sisällään pitävät nosturit toimitetaan asiakkaan terminaaliin Abidjaniin. RTG-nosturit ovat kahdeksanpyöräisiä, eikä niissä ole lainkaan hydraulikkaa, vaan ne toimivat täysin sähköisesti. Nosturit on varustettu Konecranesin automaattiohjausjärjestelmällä, jossa on sekä konttien paikannusohjelma että yhteys terminaalissa olevaan operatiiviseen järjestelmään. (Suomalaisnosturit rullaavat Norsunluurannikolle 2009.)

3.2 Raideliikenne

Raideliikenteen osalta ei kerätystä aineistosta löytynyt materiaalia jaettavaksi eri alalukuihin. Tästä syystä raideliikennettä koskeva ja lähinnä sen tekniikkaa käsittelevä aineisto on esitetty tässä yksinomaisessa luvussa.

Eri ympäristöjärjestöjen yhteisessä raportissa *Ilmastotavoite 2050 – Polkuja vähäpäästöiseen yhteiskuntaan* todetaan, että kehittämällä raidekuljetuksia ja siirtämällä kuljetuksia teiltä kiskoille voitaisiin maantiekuljetusten päästöjä pudottaa noin 30 prosenttia verrattuna valtioneuvoston energia- ja ilmastostrategiaan. Raportissa esitetään lisäksi, että tietotekniikan avulla voitaisiin myös vähentää kuljetuksia ja jopa purkaa vahvasti keskittyneet tukkujärjestelmät ympäri maata sijaitsevien varastojen verkostoksi. (WWF 2006: 9.)

VR toteaa rautatieliikenteen olevan ainoa välillisesti päästökauppaan osallistuva liikennemuoto, koska se käyttää kulkuenergiana sähköä. Ympäristöystävällisen junasta tekevät sen energiatehokkuus ja pienet hiilidioksidipäästöt. Maaliikenne-muodoista sähköjunat ovat VR:n mukaan energiatehokkaimpia, koska sekä niiden energiankulutus että CO₂-päästöt ovat noin viisi kertaa pienemmät kuin henkilöautoliikenteen vastaavat. (VR 2008.) Vuoden 2009 alusta VR on siirtynyt käyttämään vesivoimalla tuotettua sähköä (VR 2009).

Linjaliikenne kotimaan rautateillä hoidetaan nykypäivänä pääosin sähkövedolla. Kuitenkin junien muodostamisessa ja vaihtotyössä käytetään edelleen dieselvetureita. Lisäksi dieselmoottorit ovat käytössä sekä hiljaisten rataosuuksien vetokalustossa että kunnossapitokaluston voimanlähteinä. Ympäristökuormitus näiltä osin vastaa toisin sanoen maantieliikenteen aiheuttamaa kuormitusta. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004: 300.)

Helsingin Sanomat uutisoi alkutalvesta tavarajunien alkaneen kovalla pakkasella hyytyä Savion rautatietunneliin, joka johtaa uuteen Vuosaaren satamaan (Pakkanen hydyttää Vuosaaren tunnelin junaliikennettä 2009). Ratahallintokeskuksen liikennekeskus kertoo viitatussa artikkelissa tapauksia olleen yhteensä toistakymmentä, ja että pahimpina öinä ei yksikään sähköveturi ole päässyt omin voimin tunnelin (kuva 7) läpi.



Kuva 7. Vuosaaren satamasta lähtenyt juna tulee ulos tunnelista Saviolla (Niiranen, J. / HS 2009)

Liikenteen ongelmana on Savion tunnelissa ollut kosteus, joka on liikkunut 95 prosentin tuntumassa. Tunneli on notkon muotoinen, ja lämpötila siellä on kovillakin pakkasilla useita asteita plussan puolella. Vaikeudet ovat koskeneet nimenomaan venäläisvalmisteista Sr1-sähköveturikalustoa. (Pakkanen hydyttää Vuosaaren tunnelin junaliikennettä 2009.)

Raideliikenteellä on viime aikoina ollut muustakin kuin pakkasesta johtuvia teknisiä vaikeuksia. Ratojen turvalaitteiden sekä liikenteenohjaukseen käytettyjen järjestelmien viat aiheuttavat reilun kolmasosan lähijunien myöhästymisistä. Myöhästymiset ovat lisääntyneet vuosittain, ja vuonna 2008 yli 11 000 vuoroa lähti tai saapui aikataulustaan jäljessä. Ratahallintokeskuksen kunnossapitoyksikön päällikkö R. Heinonkosken mukaan palvelutason nostoa ei pystytä tekemään ilman resurssien lisäystä, sillä lähiliikenteen alueella on käytössä hyvin vanhaa tekniikkaa. Liikenne- ja viestintäministeriö on patistanut Ratahallintokeskusta vähentämään nimenomaan radasta johtuvia lähiliikenteen myöhästymisiä. (Ministeriö patistaa: Helsingin seudun rataviat saatava kuriin 2009.)

3.3 Vesiliikenne

Ihmisen toiminta vaikuttaa monilla tavoin merten eliöihin. Tästä yhtenä esimerkkinä on toukokuussa 2009 julkaistu uutinen, jonka mukaan *Sarpa salpa* eli niin sanottu "LSD-kala" on havaittu Britannian Cornwallin rannikolla, vaikka se elää tavallisesti Välimerellä. Kala on saanut lempinimensä siitä, että se aiheuttaa syöjälleen hallusinaatioita. Löytö näin pohjoisessa on harvinainen, ja asiantuntijat arvioivat kalan siirtymisen pohjoisemmaksi olevan seurasta ilmastonmuutoksesta. ("LSD-kala" bongattu erikoisilla leveyspiireillä 2009.)

Meidän suomalaisten ja lähiympäristömme kannalta Itämeri on erittäin herkkä ekosysteemi, jota pitäisi pyrkiä suojelemaan jo ennen kuin katastrofeja tapahtuu. Merenkululaitos, Baltic Sea Action Group ja tietoliikennejätti IBM ovat päättäneet yhteistyöstä alueen laivaliikenteen turvallisuuden parantamiseksi. Kehitystyötä tapahtuu erityisesti laivojen viestintäjärjestelmissä, jotka tulevat mahdollistamaan päällystön ja viranomaistahojen välisen nykyistä joustavamman kommunikoinnin. Järjestelmät tulevat tarjoamaan tietoa reiteistä, säästä ja vaarallisesta rahdistä. Tavoitteena on vähentää merenkulkijoiden kuormitusta kesken muiden, päivittäisten työtehtävien. Merenkululaitoksen tavoitteena on kerätä laivoilta tuleva, automatisoitu dataliikenne jo ennen kuin ne lähtevät merelle. IBM puolestaan näkee näissä järjestelmissä maailmanlaajuista myyntipotentiaalia. (IBM pelastaa Itämerta 2009.)

3.3.1 Lait, säädökset ja suositukset

Vuosittain kokoontuva, Itämeren rantavaltioista koostuva HELCOM (The Helsinki Commission) on antanut vuodesta 1980 lähtien jäsenmailleen suosituksia Itämeren suojelusta, joka on meille suomalaisille kenties keskeisin ja merkittävin ympäristökysymys. Myös EU on tiedostanut asian tärkeyden, ja syksyyn 2009 mennessä on tarkoitus saada aikaan unionin Itämeristrategia. Sen toteuttamiseen on varattu rahoitusta 30 miljoonaa euroa. Paljon on jo tehty, sillä teollisuuden päästöjen lisäksi myös kotitalouksien jätevesiä on ryhdytty puhdistamaan. Nykyään suurin

ongelma on maatalous. Tulisi keksiä keinot, joilla pysäyttää Itämereen jokien välityksellä valuvat lannoitteet. Itämeren valuma-alue kun ulottuu aina Valko-Venäjälle ja Ukrainaan saakka. Lähialueillamme erityisesti Pietarin kaupungin jätevedet ovat suuren väestömäärän ja huonon jätevesipuhdistuksen takia Suomenlahdelle valtava rasite. (Terho 2009.)

3.3.2 Tekniikka

Tekniikan osalta vesiliikenteessä on havaittavissa lähes yhtä mielenkiintoisia mahdollisuuksia kuin esimerkiksi maantieliikenteessä. Suomen ja Ruotsin välisessä liikenteessä saatetaan tulevaisuudessa nähdä suuria, purjeilla varustettuja laivoja. Ympäristöystävällisestä, purjeilla ja aurinkovoimalla liikkuvasta aluksesta ovat puhuneet julkisuudessa sekä varustamoyhtiö Viking Line että telakkayhtiö STX Finland. Jälkimmäisen mukaan myös kaasun käyttäminen matkustajalaivan polttoaineena alkaa olla mahdollista. (Voisiko tämä purjelaiva tulla Ruotsin-linjoille? 2009.)

Amerikkalaiset General Electric ja C-MAR Group puolestaan julkistivat hiljattain suunnitelmia hinaajien voimanlähdeteknologian kehittämiseksi. Tarkoituksena on alentaa asiakkailta laskutettavia kustannuksia vähentäen samalla hiilipäästöjä ja energian kulutusta. Tämä tapahtuisi kehittämällä nykyistä hybriditekniologiaa. Yritysten yhteishanke *Evolution Hybrid Locomotive* on tulossa saataville vuonna 2009. Tässä yhteydessä pidetään uuden teknologian demonstraatioita yhdessä Yhdysvaltojen energiaministeriön (DOE 2008) kanssa. (Samalla esitellään maantieliikenteeseen nollapäästöinen hybridi-polttokennobussi, jonka toteutuksessa yhteistyössä on Yhdysvaltain liittovaltion liikennevirasto FTA eli Federal Transit Administration.) (Alternative Energy 2008.)

Laivojen käyttöön aikaiset tapahtumat eivät ole ainoa tekijä, joka muodostaa meriliikenteeseen liittyviä ympäristöriskejä. Alusten elinkaaren loppupää eli purkamisen on ollut aineiston keruuvaiheen mittaan melko runsaasti esillä eri

tiedotusvälineissä. Tällöin uutiset ovat koskeneet usein Intian Alangia. Nimellä *Beach of doom* tunnettu Alang sijaitsee Gujaratin osavaltion rannikolla, ja siitä on tullut maailman suurin laivojen romuttamo, jossa puretaan tätä nykyä jopa puolet maailman merillä liikennöineistä aluksista. Alueen asukkaista nykyään jo joka viides on riippuvainen romutustoiminnasta. (Goldsmith 2009.) Työ Alangin romuttamoilla on vaarallista ja telakoilla kuolee keskimäärin yksi ihminen päivässä. Kuolinsyynä ovat joko hidas altistuminen kemikaaleille, PCB:lle, asbestille ja lyijymaalille tai nopea menehtyminen joko kaasuräjähdyksessä tai sortuvien teräsrakenteiden alla. Terveys- ja turvallisuusmääräyksistä ei ole tietoaakaan, ja useat työskentelevät laivanromuissa avojaloin. (Goldsmith 2009.)

Vuosikymmenen loppuun mennessä liikenteestä poistuu yli 2 200 yksirunkoista tankkeria, ja tästä syntyvät ympäristölliset ja terveydelliset kustannukset kaatuvat köyhien valtioiden niskaan. Esimerkiksi Alangin 60 000 työntekijästä osa on lapsia ja vanhuksia. Työolot ovat pahimmat, mitä kuvitella saattaa, ja päiväpalkka on usein alle yhden Yhdysvaltain dollarin. Asuinalueilla ei ole juuri minkäänlaisia hygieenisiä valmiuksia. Työt tehdään raskaiden työvälineiden puuttuessa yleensä ihmisvoimin. Laivat ajetaan kovalla vauhdilla kohti rantaa nousuveden aikaan. Joskus ne jäävät jumiin rantahiekkaan, jolloin ne joudutaan purkamaan osittain vedessä. Tällöin ei ole mitään estettä sille, ettei aluksista pääsisi tonneittain myrkyllisiä yhdisteitä suoraan mereen. (Martin 2009.)

Länsimaissa asiat on toistaiseksi pyritty hoitamaan toisin. Esimerkiksi Yhdysvaltain laivasto on arvioinut ydinkäyttöisten sukellusveneidensä käyttöiäksi noin 30 vuotta, ja se purkaa itse vanhat aluksensa Puget Sound Naval Shipyard -telakalla Washingtonin Bremertonissa. Suurin osa materiaaleista kierrätetään, ja ainoa ehjä yhtenäinen osa on ydinreaktori, josta polttoaine on poistettu. (American History 2009.) Käytetty ydinpoltoaine kuljetetaan rautateitse Idahoon, jossa INEEL eli Idaho National Engineering and Environmental Laboratory käsittelee sen uudestaan. Veneiden ohjusosastot puretaan START- eli strategisten aseiden vähentämissopimuksen edellyttämällä tavalla. Reaktoriosastot sinetöidään ja laivataan Hanfordiin, jossa ne odottavat hautaamistaan. Haudattujen reaktorien odotetaan kestävän 600 vuotta

ennen ensimmäistä pistemäistä rakennevikaa, ja tämän jälkeenkin kuluu vielä tuhansia vuosia ennen kuin varsinaiset vuodot tulevat mahdollisiksi. Yhden sukellusveneen kierrättäminen maksaa noin 25–50 miljoonaa dollaria. (Ship-Submarine Recycling Program 2009.)

Sukellusveneiden lisäksi Yhdysvalloilla on myös ydinkäyttöisiä lentotukialuksia, mutta vuoteen 2008 mennessä ei yhtään sellaista ole vielä poistettu käytöstä. Sen sijaan Ranska poisti hiljattain käytöstä lentotukialus Clemenceaun. Aluksen pyrkiessä Alangiin purettavaksi sillä oli tonneittain myrkyllisiä materiaaleja – muun muassa jopa 1 000 tonnia asbestia. Vuonna 1992 voimaan tullut Baselin sopimus kieltää vaarallisten jätteiden kuljettamisen maasta toiseen, ja sekä Ranskan että Intian ympäristöjärjestöt nousivat takajaloilleen. Intian korkein oikeus esti aluksen pääsyn perille. (Ahmed 2009.) Lopulta Ranskan tuolloinen presidentti J. Chirac joutui määräämään aluksen ajettavaksi takaisin Brestiin, Ranskaan. Pitkän jälkipyykin lopputuloksena Clemenceaun purkaa Able UK, jolla on maailman suurin kuivatelakka Englannin Hartlepoolissa. Aluksen siirto ja purkutyöt vaativat tarkat suunnitelmat, ja käytettävät menetelmät auditoi ja lisensoi Britannian terveys- ja turvallisuusviranomaisen HSE. (Guardian 2008.)

3.3.3 Kustannukset

Asiantuntijat arvioivat, että kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n asettamat uudet päästönormit tuovat Itämeren operaattoreille noin 2 miljardin euron lisälaskun. Tämä johtuu rikki- sekä hiilidioksidi- ja typpimääräysten tiukentamisesta. (Mölsä 2009.) Meriliikenteen rikkiraja on vielä nykyään 4,5 prosenttia, mutta koska sen osuus Euroopan rikki- ja pienhiukkaspäästöistä on suuri, halutaan nämä päästöt saada rajoituksilla kuriin. Vähärikkisellä polttoaineella on se etu, että se ympäristöön päästessään hajoaa nopeasti, mutta nykyistä puhtaampien polttoaineiden valmistukseen tarvittaisiin öljynjalostamoissa runsaasti investointeja. (Koponen 2009.)

Mikäli laivojen edellytetään siirtyvän lähes rikittömiin polttoaineisiin, saattaa lisälasku olla Suomen osalta jopa jättimäiset 800 miljoonaa euroa (Tukkimäki 2008). Tämän päälle tulisivat vielä typpi- ja hiilidioksidimääräysten tiukkenemisen aiheuttamat kustannukset (Mölsä 2009). Liikenne- ja viestintäministeriön liikennepoliittisen osaston päällikkö, ylijohdaja J. Tervala arvioi polttoainepäästöjen kustannusvaikutuksilla olevan suuren merkityksen Suomen ulkomaankaupan kustannuksille. (Koponen 2009.) Varustamojen ja työryhmien laskelmissa on tosin vielä aukkoja. Ne perustuvat rinnakkaistuotteeseen, koska 0,1-prosenttista laivapolttoainetta ja jalostamokapasiteettia sen tuottamiseen ei vielä ole (Tukkimäki 2008). Itämerellä käytetään vain noin 0,3 prosenttia maailman laivapolttonesteistä, mistä johtuen Suomen varustamot ry:n johtaja M. Nykänen vaatii Suomen pitävän asiaa esillä IMO:n keskuudessa (Mölsä 2009).

3.3.4 Muut näkökulmat

Itämerellä operoivat kotimaiset varustamot ovat eläneet tappiontäyteisiä aikoja. Esimerkiksi italialaisen varustamoyhtiö Grimaldin omistaman Finnlinesin kuljetusvolyymit putosivat vuoden 2009 ensimmäisellä kolmanneksella runsaat 25 prosenttia. Tästä syystä yhtiön liikevaihto supistui 37 prosenttia, ja se joutuu leikkaamaan kapasiteettiaan sekä vähentämään työvoimaa. (Finnlines ajoi pahasti tappiolle 2009.) Suomen varustamot ry haluaakin Suomen saavan loppuvuodesta 2009 valittavan, seuraavan EU:n komission liikennekomissaarin paikan. Komission linjaukset ovat varustamoyhdistyksen johtaja M. Nykäsen mukaan etäänntyneet jatkuvasti Suomen erityisolosuhteista, joita ovat hänen mukaansa talvi, pitkät etäisyydet ja Venäjän läheisyys. Nämä kaikki liittyvät ympäristöystävällisyyttä, kuten hiilidioksidipäästöjen vähentämistä parantaviin toimiin. Nykyisissä EU:n käyttämissä malleissa ei lainkaan huomioida jääolosuhteita tai laivojen jääluokituksia, toteaa Nykänen. (Suomen Varustamot haluaa liikennekomissaarin paikan Suomelle 2009.)

Maailmalla on vireillä uusia merenkulkualan hankkeita. Näistä kiinnostavimmat uutiset ovat hiljattain liittyneet Venäjän toimiin ja suunnitelmiin. Helsingin Sanomat kertoi joulukuussa 2008, että Venäjä olisi kiinnostunut rakentamaan Nicaraguaan

uuden, Atlantin ja Tyynenmeren yhdistävän kanavan. Asiasta kertoi Venäjän presidentti D. Medvedev Nicaraguan presidentti D. Ortegán vierailun yhteydessä Moskovassa. Kanavaa suunniteltiin ensimmäistä kertaa jo 1800-luvulla, ja nykyinen Yhdysvaltojen 1914 rakentama Panaman kanava on ruuhkainen. (Nicaraguan kanavahanke kiinnostaa venäläisiä 2008.)

Venäjän nykyinen pääministeri V. Putin puolestaan esitteli vuonna 2008 Leningradin alueelle nousevaa Ust-Lugan satamaprojektia. Hän kertoi Venäjän aikovan siirtää Suomenlahdella kulkevat ydinjätteen (tässä tapauksessa uraaniheksafluoridin) kuljetukset ja välivarastoinnin Pietarista Ust-Lugaan arviolta noin vuonna 2011. Kyseistä radioaktiivista metallijätettä käsittelevä terminaali on vain yksi osa satamakompleksia, joka valmistuttuaan tulee käsittämään 800 hehtaaria ja kymmenen terminaalia, mutta silti hanke on herättänyt runsaasti vastustusta alueen asukkaiden keskuudessa. Myös ympäristöjärjestöt uskovat, ettei paikallisella aluehallinnolla tule myöhemmin olemaan enää sananvaltaa sataman ympäristöasioihin. (Lisää uraania Suomenlahdelle? 2009.)

Uraanikuljetusten lisääntyminen Suomenlahdella on luonnollisesti huolestuttavaa myös Suomen kannalta huolimatta esimerkiksi Kauppalehden joulukuun 2008 puolivälissä julkaisemasta artikkelista. Artikkelissa kerrottiin uudeltaisesta 3D-mallinnusratkaisusta, jota käyttämällä voidaan entistä paremmin jo suunnittelupöydällä huomioida alusten toimintakyky onnettomuus- ja ongelmatilanteiden aikana. Mallinnusmenetelmän on kehittänyt Raisiossa toimiva suunnittelu- ja konsultointiyritys Deltamarin. Deltamarinin toimitusjohtaja M. Laurilehto toteaa, että varustamojen on tulevaisuudessa kyettävä osoittamaan alusten olevan turvallisia, vaikka tietyt osat niiden tiloista tai tekniikasta vaurioituisivat, ja että ilman digitaalista mallinnusta tämän todistaminen on hankalaa ja kallista. Suunnittelun ja mallinnuksen rooli korostuu laivateollisuudessa moneen muuhun teollisuudenalaan verrattuna, koska laivat ovat hyvin usein yksittäiskappaleita eikä niitä valmisteta pitkinä sarjoina kuten lentokoneita ja autoja. (3 D:llä turvallisia laivoja 2008.)

3.4 Lentoliikenne

Ilmailuhallinto, Finnair Oyj, Blue 1 Oyj, Air Finland ja Ilmailulaitos Finavia ovat yhteistyössä laatineet Lentoliikenne ja ilmasto -sivuston. Sivusto ei käsittele paikallisia vaikutuksia kuten ilmanlaatua tai melua, vaan lentoliikenteen aiheuttamia päästöjä ja niiden vaikutuksia ilmastomuutokseen. Sivuston mukaan lentoliikenteen hiilidioksidipäästöt ovat maailmanlaajuisesti noin kaksi prosenttia kaikista ihmisen toiminnan aiheuttamista päästöistä. On mahdollista arvioida eri kohteiden välisten lentojen synnyttämiä hiilidioksidipäästöjä esimerkiksi kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAO:n kehittämällä päästölaskurilla. Myös joillakin lentoyhtiöillä on päästölaskureita internet-sivuillaan. Näiden laskurien lähtötietoina käytetyt aineistot poikkeavat jonkin verran toisistaan, joten tuloksissakin on eroja. (Lentoliikenteen päästöt 2008.)

Lentokonemoottorit käyttävät polttoaineenaan pääasiassa kerosiinia eli lentopetrolia. Kun se palaa koneen moottorissa, on tuloksena samoja aineita kuin muistakin moottoreista: hiilidioksidia, typen oksideja, palamattomia hiilivetyjä, hiilimonoksidia eli häkää, vesihöyryä, rikin oksideja sekä pienhiukkasia. Kilo kerosiinia synnyttää palaessaan 3,2 kiloa hiilidioksidia ja 1,3 kiloa vesihöyryä. (Lentoliikenteen päästöt 2008.) Nykyisille lentopolttoaineille ei ole olemassa vaihtoehtoja, sillä kaikkien muiden mahdollisten polttoaineiden energiasältö on merkittävästi matalampi. Niitä käytettäessä polttoaineita tarvittaisiin nykyistä enemmän, mikä tekisi koneista painavampia. Tällöin matkustajamääriä jouduttaisiin pienentämään huomattavasti, mikä taas alentaisi tehokkuutta ja lisäisi päästöjä per matkustajakilometri. (Hoffrén 2008.)

Vetymoottoreita on tutkittu, mutta tekniikka on toistaiseksi hyvin tehotonta, ja kehitystyö vie hyvässäkin tapauksessa vielä vuosikymmeniä. Lentoliikenteessä joudutaan siis vielä pitkään pitäytymään fossiilisissa polttoaineissa. Tästä johtuen ainoa tapa vähentää päästöjä olisi rajoittaa liikennemääriä, mikä olisi poliittisesti hyvin jyrkkä toimenpide. Onkin arvioitu, että maailman viimeinen öljytippa tullaan aikanaan polttamaan lentokoneen moottorissa. (Hoffrén 2008.)

3.4.1 Lait, säädökset ja suositukset

EU:n päästökauppaan kuuluu noin 12 000 kiinteää laitosta, joiden hiilidioksidipäästöt vuodessa ovat noin 2 200 miljoonaa tonnia. Lentoliikenteen osalta taas koko Euroopan kaikkien sisäisten lentojen päästöt ovat 52 miljoonaa tonnia, toisin sanoen 2,4 prosenttia kaikista päästökauppaan kuuluvista päästöistä. Kaikkien EU:n ilmatilassa liikkuvien koneiden päästöt ovat jonkin verran enemmän, eli 162 miljoonaa tonnia, mikä silti on vain reilut 7 prosenttia kaikista päästöistä. Kotimaan lentoliikenne Suomessa synnyttää päästöjä noin 0,3 miljoonaa tonnia, ja kaikki Suomesta lähtevät tai tänne saapuvat lennot noin 2 miljoonaa tonnia eli yhden prosentin 25 EU-maan lentojen yhteispäästöistä. (Lentoliikenteen päästöt 2008.)

Lentokoneiden päästöille raja-arvot määrittää kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö ICAO. Energiatehokkaampia ja päästöiltään vähäisempiä koneita pyritään suunnittelemaan useissa teknologian kehittämisohjelmissa. Tehokkuuden parantaminen on hitaampaa kuin ennen – on huomattava, että polttoaineen käyttö matkustajaa ja matkakilometriä kohti on noin 70 prosenttia tehokkaampaa kuin vielä 40 vuotta sitten. (Lentoliikenteen päästöt 2008.)

3.4.2 Tekniikka

Maailmalla haudotaan jo suunnitelmia sähkölentokoneista. Sähköautoja valmistavan Tesla-yhtiön perustaja E. Musk kertoi toukokuussa 2009 haaveilevansa sähkölentokoneesta, joka ylittäisi ylitääninopeuteen. Hänen mukaansa suurin ongelma on paristoteknologian kehitysaste. Paristojen energiatiheiden tulisi kasvaa nykyisestä, jotta sähkölentokoneen toimintasäde olisi järkevä. Sinänsä teknologia on Muskin mukaan kuitenkin jo tarpeeksi kehittynyttä. (Elon Muskin haave – Sähköautojen jälkeen sähkölentokoneita? 2009.) Mainituksa Digitodayn uutisessa ei selosteta tarkemmin sähkölentokoneen toimintaperiaatetta.

Lentoyhtiöt ovat viime vuosikymmeninä investoineet miljardeja taloudellisempiin lentokoneisiin ja moottoreihin sekä teknologisiin edistysaskeliin. Tällaisia ovat muun muassa kehittyneet reittisuunnitteluohjelmistot ja matkustajakoneiden siipien päihin asennetut, kuvan 8 mukaiset niin sanotut *wingletit*. (Meenan 2008.)



Kuva 8. Winglet (Flugzeugbau.de 2009)

Winglet on lentokoneen siiven kärkeen asennettu uloke, joka vähentää ilmavyöryiden keskittymistä. Kun winglet on muotoiltu oikein, ilmanvastus on huomattavasti pienempi kuin perinteisessä, suorassa siivessä. (Aviation Partners Boeing 2009.)

Lentoliikenteen päästöjen vähentäminen vaatii tulevaisuudessa myös hallitusten panostusta. Lisäksi on kehitettävä maiden sisäisiä ja kansainvälisiä lennonjohtomenetelmiä siten, että reiteillä on mahdollista optimoida nopeus ja korkeus sekä vähentää esimerkiksi porteilla ja rullausteilla odottelun aiheuttamia ylimääräisiä polttoainekustannuksia ja -päästöjä. Yhtenä teknologisena askeleena tulisi lisäksi

ottaa maailmanlaajuisesti käyttöön ADS-B- eli niin sanottu Automatic Dependent Surveillance Broadcast -satelliittiseurantajärjestelmä. Sen avulla lentoreittien ei tarvitsisi enää kiertää ympyrää muistuttavina kuten nykyään, mikä johtuu entisistä ja nykyisistä, tutkaan perustuvista järjestelmistä. Myös rullaustiekäytännöissä, hubitoiminnoissa ja aikataulutuksissa olisi kehitettävää. Kaikille terminaalien lähtöporteille tulisi saada sähköjärjestelmät, joihin kone on mahdollista kytkeä siten, ettei sen tarvitse käyttää moottoreitaan tuottaakseen tarvitsemansa sähkön. Lentoyhtiöt itse voivat kohentaa polttoainetaloutta hyvinkin pienin askelin, kuten poistamalla koneista esimerkiksi ylimääräiset keittiötavarat ja lehdet sekä vaihtamalla istuimet kevyempiin ja jopa ohentamalla koneen maalikerroksia. (Meenan 2008.)

3.4.3 Kustannukset

Lentoyhtiöille syntyy tällä hetkellä ylimääräisiä kustannuksia muun muassa odottelusta eli moottoreiden käyttämisestä odotusaikana porteilla ja rullausteillä. USA:ssa ATA (Air Transport Association) -järjestöön kuuluvat yhtiöt (mm. Continental, Delta, FedEx, Southwest, UPS ja Virgin America) ovat sitoutuneet parantamaan polttoainetaloudellisuuttaan 30 % vuoteen 2025 mennessä, ja tähän tavoitteeseen päästään vain investoimalla uuteen kalustoon, uusiin moottoreihin, navigointijärjestelmiin ja operoinnin menettelytapaohjeisiin. Yhtiöt eivät voi kuitenkaan siirtää kaikkia tästä aiheutuvia kustannuksia lippujen hintoihin. Vuonna 2008 tilanne oli se, että USA:n sisäisten lentojen matkalippujen hinnat olivat vuoden 2000 tasolla, vaikka polttoaine oli kallistunut kolminkertaisesti. (Meenan 2008.)

Euroopan komission mukaan ilmailusta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt voisivat vähetä jopa 46 prosentilla vuoteen 2020 mennessä, mikäli kansainvälinen lentoliikenne saataisiin mukaan EU:n päästökauppajärjestelmään. Vallitseva tendenssi on, että kotimaan liikenteen päästöt vähenevät, mutta samalla kansainvälisen liikenteen päästöt kasvavat. Tämä johtuu siitä, että Kioton pöytäkirjaa sovelletaan vain kotimaan lentoihin. Ilmiön vuoksi lentoliikenne on Euroopan tasolla nopeimmin kasvavia kasvihuonekaasupäästöjen lähteitä. (Euroopan komissio 2006.) Yhden

hengen edestakainen lento välillä Lontoo–New York aiheuttaa likimain yhtä suuret päästöt kuin eurooppalaisen keskivertoperheen asunnon vuotuinen lämmittäminen.

EU:n ympäristökomissaari S. Dimas toteaa, että ilmailun sisällyttäminen päästökauppaan olisi ympäristön ja talouden kannalta tehokkain tapa rajoittaa lentoliikennepäästöjä (Euroopan komissio 2006). Samoilla linjoilla on myös YK:n ilmastosihteeristön johtaja R. Kinley, jonka mukaan lentoliikenteen maailmanlaajuinen kasvu on mitätöimässä muilla sektoreilla saavutetut päästövähennystavoitteet. Uusien matkustajakoneiden käyttöönoton uskotaan kuitenkin parantavan lentoliikenteen energiatehokkuutta. Airbusin ja Boeingin uusien mallien odotetaan säästävän polttoainetta 2 prosenttia matkustajakilometriä kohden vanhempiin koneisiin verrattuna. (Mero 2006.)

Finnair Oyj:n hiljattain eronnut toimitusjohtaja J. Hienonen laski tammikuussa 2008 päästökaupan kustannuksen 30 euron hiilidioksiditonnihinalla merkitsevän Finnairille 150 miljoonan euron menoerää. Luku vastaa kolmasosaa polttoaine- ja seitsemää prosenttia yhtiön kaikista kustannuksista. Rahat Finnairin olisi perittävä matkustajilta. Tämän Hienonen näki ”pussin perällä” olevan Suomen syrjinnäksi EU:n ministerineuvostossa, ja päästökauppa nostaisi hänen mukaansa yhtiön hintoja 10 prosentilla. (Päästökauppa nostaisi Finnairin hintoja kymmenyksellä 2008.) Mikäli lentoliikenne itsessään vähenisi oleellisesti, se vaikuttaisi vähintäänkin kymmenien miljoonien ihmisten toimeentuloon, sillä World Travel & Tourism Council arvioi lähes 80 miljoonan työntekijän saavan elantonsa suoraan matkailusta. Tämän lisäksi turismista elää epäsuorasti noin 150 miljoonaa ihmistä. (Mero 2006.)

3.4.4 Muut näkökulmat

Lontoon tunnetuimman lentokentän, Heathrow'n lähellä on paljon asutusta, ja asukkaat ovat valittaneet lentomelusta ja ilmansaasteista. Kolmas kiitorata nostaisi Heathrow'n vuotuisten lentojen määrän nykyisestä vajaasta puolesta miljoonasta jopa 720 000:een lisäten samalla hiilidioksidipäästöjä. Toteutuvista päästömääristä

on tosin kiistelty. Esimerkiksi British Airwaysin toimitusjohtaja W. Walsh on arvioinut, että kiitoradan valmistuttua vuonna 2020 lentokoneiden synnyttämät päästöt olisivat teknisen kehityksen myötä 55 prosenttia alhaisemmat kuin vuonna 2000. British Airways on tosin suurin yksittäinen laajennuksesta hyötyjä, mutta Heathrow sinänsä on kärsinyt jo vuosia vain kahden käytössä olevan kiitoradan aiheuttamasta tukkoisuudesta ja viivästyksistä. Britannian hallinto pääministeriä myöten piti taloudellisia syitä siksi painavina, että sen oli otettava kentän laajentamiseen myönteinen kanta. Laajentamiselle asetettiin kuitenkin ympäristörajoituksia. (Heathrow'sta tuli ilmastotaistelun näyttämö 2009.)

Jos ilmailun ja ympäristön kokonaisuutta tarkastellaan kääntäen, ei ympäristöystävällisen teknologian suhde lentoliikenteeseen ole sekään aivan ongelmaton. Tekniikka ja talous -lehden toukokuussa 2009 päivätty uutinen kertoo tuulivoimaloiden pyörivien lapojen häiritsevän erityisesti kevyttä lentoliikennettä seuraavia ensiötutkia. Ilmavalvontajärjestelmiin syntyy tästä syystä katvealueita, ja lennonjohto voi menettää tarkan tiedon koneiden sijainnista. RAF eli Britannian kuninkaalliset ilmavoimat on Times Onlinen mukaan huolestunut siitä, että näitä katvealueita voitaisiin hyödyntää sotilaallisesti. Suuria matkustajakoneita seurataan toisiotutkajärjestelmillä, jotka eivät FAS:n (Federation of American Scientists) raportin mukaan ole yhtä herkkiä häiriöille. National Air Traffic Services, joka vastaa Britannian lennonjohtopalveluista, on tilannut amerikkalaiselta Raytheonilta maailman ensimmäisen tutkajärjestelmän, jolla voi nähdä tuulivoimaloiden taakse. Tuulivoimalateollisuuden halutaan maksavan tästä aiheutuvan vajaan 6 miljoonan euron laskun. (Vanhala 2009.)

Myös aiemmin mainittu ADS-B eli satelliittipohjainen lennonjohtojärjestelmä on haavoittuvainen. Yhdysvaltain ilmailuviranomainen FAA kehittää järjestelmää tukeutuen ip- eli internet protocol -pohjaiseen teknologiaan ja kaupallisiin ohjelmistoihin. Järjestelmästä löytyi maan hallitukselle luovutetun turvallisuustutkimusraportin mukaan 763 vakavaa haavoittuvuutta, joiden kautta hyökkääjä voi joko ottaa järjestelmän hallintaansa tai esimerkiksi syöttää sinne tietokoneviruksia. (Mannila 2009.) T. Petri, joka on toinen tutkimusta vaatineista senaattoreista, totesi

tiedotteessaan uhan olevan todellinen. Hiljattain paljastui myös toinen vastaava, tällä kertaa 300 miljardin dollarin arvoiseen Joint Strike Fighter -projektiin kohdistunut tietomurto, jonka yhteydessä myös lennonjohtojärjestelmää oli peukaloitu. Kyseessä on aiemmin JSF-35 -nimellä tunnettu F-35 Lightning II Joint Strike Fighter (Lockheed Martin 2009), jonka kolmesta variantista jokin saattaa Ilmavoimien komentaja J. Lindbergin mukaan tulla kyseeseen, kun Suomen F-18 Hornet -kaluston uusiminen tulee ajankohtaiseksi. (Raivio 2008.)

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä tutkimus tuli ulkoisen reliabiliteetin osalta suoritetuksi oikein, kun se toteutettiin toimeksiantajan edellyttämällä ja hankkeistussopimukseen kirjoitetulla tavalla. Kerätty aineisto sinällään edustaa haluttua perusjoukkoa ennalta määritellysti ja ohjaajien kanssa sovitusti. Katoa ei tapahtunut, eikä yksittäisiin havaintoihin päässyt syntymään mittaus- tai muita virheitä. Validiteettia ajatellen tutkimusmenetelmän kyky mitata sitä, mitä sillä oli tarkoitus mitata, oli sataprosenttinen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2007: 226–227.)

4.1 Havaintojen luokittelu

Seuraavissa neljässä taulukossa on esitetty aineistossa esiintyneet olennaiset ilmiöt ja havainnot pääkuljetusmuodoittain. Taulukoissa on käytetty viitekehyksessä määriteltyjä otsikoita, eli havainnot on luokiteltu lakeihin, säädöksiin ja suosituksiin; tekniikkaan; vihreäksi profiloitumiseen; kustannuksiin; sekä muihin näkökulmiin.

Taulukko 1. Havaintojen luokittelu – maantieliikenne

Kuljetusmuoto	Lait, säädökset ja suositukset	Tekniikka	Vihreäksi profiloituminen	Kustannukset	Muut näkökulmat
Maantie	Ei mustia autoja Energiansäästö Ympäristöystävällisyys Ajonvakautusjärjestelmät CO2-päästöjen vähentäminen Hätäjarrutusjärjestelmät Kaistavahdit Etäpäivitettävyys	Automaattinen liukkaudentorjunta Älykäs liikenne Matemaattiset liikenne-ennusteet GPS-pohjaiset moottorinohjaussovellukset Telemaattiset ohjaus- ja tietopalvelut Biopolttoaineet Nykyisestä poikkeava moottoritekniikka Uusi akkutekniikka Vaihdettavat akut Komposiittirakenteet Raskaan liikenteen hybridit Kaksisuuntaiset energia-älyverkot	Energiaa säästävät renkaat	–	Pienhiukkasten haitallisuus Kierrätyksen materiaalinohjausjärjestelmät Mahdolliset paikannustekniikan uudenlaiset sovellukset (reittioptimointi, ennustaminen, kauko-ohjaus)

Taulukko 2. Havaintojen luokittelu – rautatieliikenne

Kuljetusmuoto	Lait, säädökset ja suositukset	Tekniikka	Vihreäksi profiloituminen	Kustannukset	Muut näkökulmat
Rautatie	–	Dieselvetureita edelleen vaihtotyössä - ympäristökuormitus Sähkökaluston kosteusongelmat Turvalaiteviat Liikenteenohjauksen ongelmat Lähiliikenteen vanha tekniikka	–	–	–

Taulukko 3. Havaintojen luokittelu – vesiliikenne

Kuljetusmuoto	Lait, säädökset ja suositukset	Tekniikka	Vihreäksi profiloituminen	Kustannukset	Muut näkökulmat
Vesiliikenne	EU:n Itämeri-strategia Valuma-alueet	Viestintäjärjestelmien kehittyminen Reitti-, sää- ja rahtitiedot Henkilökuormituksen vähentäminen Purje- ja aurinkovoiman käyttöönotto Hybriditekniikka	–	Rikkipäästörojien kiristyminen ja tästä aiheutuvat lisälaskut	Merten eliölajien muuttoliikkeet Laivojen elinkaarivaikutukset Suomen erityisolosuhteet - EU ei huomioi jääluokituksia Nicaraguaan uusi Atlantin ja Tyynenmeren yhdistävä kanava Ust-Luga ja uraaniheksafluoridi Alusturvallisuuden digitaalinen mallintaminen

Taulukko 4. Havaintojen luokittelu – lentoliikenne

Kuljetusmuoto	Lait, säädökset ja suositukset	Tekniikka	Vihreäksi profiloituminen	Kustannukset	Muut näkökulmat
Lentoliikenne	ICAO määrittää päästöjen raja-arvot Liikennemäärien mahdollinen rajoittaminen tulevaisuudessa	Vety- ja sähkömoottorit Reittisuunnitteluohjelmistot Wingletit Lennonjohtomenetelmien kehittäminen Reittien nopeus- ja korkeusoptimointi Odotusaikojen päästöt Satelliittiseuranta-järjestelmät Hubitoiminnot ja aikataulut Koneiden keventäminen	–	Kustannukset odottelusta porteilla ja rullausteilla Investoinnit kalustoon ja navigointijärjestelmiin Operoinnin uudet menettelyta-paohjeet Kustannusrasitus jää yhtiöille Epäsuora kustannusvai-kutus matkailualalle	Lentomelu ja ilmansaasteet Ympäristöystävällinen teknologia voi häiritä lentoliikennettä Uusien tietotekniikkajärjestelmien haavoittuvuus → kyberterrorismi

Lakeja, säädöksiä ja suosituksia löytyi maantieliikenteestä kahdeksan, vesiliikenteestä kaksi ja lentoliikenteestä kaksi kappaletta. Tekniikkaan liittyviä havaintoja oli maantieliikenteessä kaksitoista, rautateillä viisi, vesiliikenteessä samoin viisi, ja lentoliikenteessä yhdeksän kappaletta. Vihreäksi profiloitumisesta löytyi vain yksi esimerkki, liittyen maantieliikenteeseen. Kustannusvaikutuksista kerrottiin vesiliikenneaineistossa kerran ja lentoliikenteessä viidesti. Muita näkökulmia löytyi maantieliikenteen osalta kolme, vesiliikenteestä kuusi ja lentoliikenteestä kolme kappaletta.

Maantieliikenteessä huomio kiinnittyy tietotekniikan lisääntymiseen joko autoissa tai liikennettä ohjaavissa telematiikkaratkaisuisissa. Myös raskaan kaluston hybridisovellukset vaikuttavat olevan kehitteillä. Rautatieliikenteen osalta tutkimusaineistosta kumpusi hyvin selkeästi esiin se, että siitä uutisoidaan vain silloin kun se aiheuttaa ongelmia. Näiden ongelmien syiksi mainitaan vanhentunut kalusto ja muu tekniikka, mutta kuljetusmuodon ympäristöystävällisyydestä kertoo vain lähinnä VR itse. Jopa vesiliikenteestä löytyi enemmän positiivista ja tulevaisuuteen suuntautunutta materiaalia, ja merillä ollaankin tutkimusaineiston mukaan ottamassa käyttöön uutta tieto- ja muuta tekniikkaa lähes samassa määrin kuin maantieliikenteessä. Lentoliikennettä koskevassa aineistossa taas kerrottiin teknisten uudistusten ohella vaatimuksista sovittaa operaatiot kaikilla tavoin entistä kustannustehokkaammiksi.

Koska ilmastonmuutoksesta kerrotaan eri tiedotusvälineissä lähes päivittäin, haluavat monet yritykset profiloitua ainakin markkinoinnillisesti jollain tapaa vihreiksi. Esimerkkejä tämän tutkimuksen varsinaisen aineistoanalyysin ulkopuolelta olisi ollut useita erityisesti IT-sektorilla, jossa esimerkiksi aiempaa pienemmät tuotepakkaukset markkinoidaan ympäristöystävällisinä. Argumentti on tällöin se, että kuljetuslavat saadaan tehokkaampaan käyttöön ja hiilidioksidipäästöt tuotetta kohti vähenevät. (Apple 2009.) Tämän tutkimuksen varsinaisen aineistoanalyysin ainoaksi esimerkiksi profiloitumisesta rajautui kuitenkin nyt rengasvalmistaja Michelin, jonka ympäristöargumentteja ei voitane pitää varsinaisesti signaalina mistään erityisen mullistavasta tulevaisuuden ilmiöstä.

4.2 Vahvat ja heikot signaalit

Edellisen luvun kuljetusmuodoittain eriteltyjen taulukkojen 1–4 havainnoista voidaan nyt poimia taulukkoon 5 vahvoja ja heikkoja signaaleja. Niistä jälkimmäiset voivat tulevaisuudessa olla logistiikan mahdollisuuksia eli vastauksia ilmastonmuutoksesta johtuviin, toimintaympäristössä esiintyviin haasteisiin.

Taulukko 5. Aineiston vahvat ja heikot signaalit

	Vahva signaali	Heikko signaali
Maantie	Energiansäästö Ympäristöystävällisyys Vaihtoehtoiset polttoaineet	Älykäs liikenne Telematiikka Uusi moottori- ja akkutekniikka Paikannustiedon soveltaminen Komposiittirakenteet Kaksisuuntaiset energia- älyverkot
Rautatie	–	Kalusto-ongelmat Turvalaiteviat
Vesiliikenne	Lait ja säädökset Suomen erityisolosuhteet	Viestintäjärjestelmien kehittyminen Uudet liikenneväylät Alusturvallisuuden mallintaminen Purje- ja aurinkoenergia
Lentoliikenne	Päästörajoitukset Lentomelu Kasvaneet kustannukset	Tekniset muutokset nykyiseen kalustoon Uudet voimanlähteet Reittioptimointi Uudet operointiohjeet Uusien tietojärjestelmien haavoittuvuus

Tutkimusaineiston perusteella eri kuljetusmuotojen osalta löytyi kahdeksan vahvaa signaalia eli megatrendiä. Sellaisiksi voidaan laskea erilaiset lait, säädökset ja rajoitukset, jotka tähtäävät energian säästämiseen ja ympäristöystävällisyyteen ja liittyvät kasvaneeseen ympäristö- ja energiatietoisuuteen sekä nykyisiin haittavaikutuksiin kuten melu, päästöt ja kohonneet kustannukset. Maantieliikenteessä etsitään vaihtoehtoisia polttoaineita ja lentoliikenteessä yritetään hallita

kasvavia kustannuksia. Suomen vesiliikenteen osalta ongelma on maamme erityisolosuhteet, joita yritetään saada huomioiduksi EU:n tasolla.

Vastaavasti heikoiksi signaaleiksi suodattuu koko joukko erilaisia ongelmia tai mahdollisuuksia. Näitä mahdollisia villoja kortteja osoittautui aineistossa olevan seitsemäntoista kappaletta, joista uhkatekijöitä ovat selkeimmin toisaalta vanhanaikainen kalusto ja toisaalta uudenlaiset tietojärjestelmät erilaisine haavoittuvuuksineen. Käytännön ongelmat liittyvät pääasiassa joko teknisiin vaikeuksiin ja vikoihin tai esimerkiksi lentoreittien optimoinnin nykyisiin teknisiin esteisiin. Olisi kiinnitettävä huomiota vanhenevan kaluston ja infrastruktuurin ylläpitoon ja kunnostukseen, ennen kuin vaikkapa rautatieliikenteen kalusto-ongelmat ja turvalaiteviat alkavat tuottaa kyseiselle kuljetusmuodolle ylitsepääsemättömiä ongelmia.

Uhkien vastapainoksi mahdollisuuksia löytyy melko paljon. Monet niistä liittyvät uudenlaisen tiedon ja tekniikan käyttöönottoon. Mahdollisuuksia nähdään olevan uuden polttoaine- ja moottoritekniikan lisäksi erityisesti kaikenlaisessa nykyistä älykkäämmässä liikenteen hallinnassa, koskepa tämä sitten voimassa olevien operointimethodien uusimista, paikannussovelluksia tai jopa kokonaan uudenlaisia kulkuenergian käyttö- ja varastointiverkkoja. Myös täysin uusille valmistusmateriaaleille kuten komposiittirakenteille näyttäisi olevan tulevaisuudessa tilaa. Tekniset muutokset nykyiseen kalustoon ja infrastruktuuriin sekä uuden kaluston turvallisuuden simulointi ennen käyttöönottoa nähdään myös tärkeiksi asioiksi. Mekaniikkapuolella odotetaan kevyiden, mutta vahvojen komposiittirakenteiden laajemman käyttöönoton lisäksi sellaisia innovaatioita, jotka toisivat käyttöön uudenlaisia moottoreita ja polttoaineita.

Tietotekniikan ja erityisesti paikkatietosovellusten kehittymiseen asetetaan paljon toiveita. Paikkatiedolle saattaa jo lähitulevaisuudessa löytyä aivan uusia, kenties mullistaviakin käyttötarkoituksia. Uusilla IT-ratkaisuilla haluttaisiin reittien optimoinnin lisäksi helpottaa viestintää ja kaiken kaikkiaan operoida kuljetuskalustoa

tehokkaammin sekä esimerkiksi parantaa vesiliikenteen alusturvallisuutta muun muassa vähentämällä henkilöstön työn kuormittavuutta. Laajemmin ottaen informaatioteknologian katsotaan mahdollistavan niin sanotun älykkään liikenteen kaikkine siihen liittyvine telemaattisine ratkaisuineen.

4.3 Yhteenveto

Eri liikennemuotojen merkitys ei vähene, vaikka maailma muuttuukin yhä virtuaalisemmaksi. Tulevaisuustutkija M. Mannermaa arvioi vuonna 2000, että tietoyhteiskuntaan olennaisesti liittyvä sähköinen kaupankäynti tulee lisäämään tavaraliikennettä, vaikka se samalla vähentääkin liikennettä kaupungeissa ja haja-asutusalueilla (Mannermaa & Ahlqvist 2000). Maailman autokannan odotetaan kaksinkertaistuvan seuraavan 30 vuoden aikana. Tämän ilmiön aiheuttamaa kuormitusta on mahdollista pienentää sekä vähentämällä autojen ja lentokoneiden polttoaineenkulutusta että siirtymällä uudentyyppisiin polttoaineisiin. (Murphy 2008: 40–45.)

EU:n komissio on sitoutunut tiettyihin päästötavoitteisiin, joihin kuului muun muassa Suomen osalta uusien henkilöautojen kulutuksen vähentäminen jopa 30 prosentilla vuoteen 2008 mennessä (KTM 2006: 89). Täällä Suomessa valtioneuvosto hyväksyi marraskuun 2008 alussa uuden ilmasto- ja energiastrategian. Siinä käsitellään erilaisia toimenpiteitä yksityiskohtaisesti vuoteen 2020 saakka ja haarukoidaan asioita pidemmällekin. Uusia ilmasto- ja energiapolitiittisia toimenpiteitä tarvitaan, sillä muuten emme saavuta EU:n komission maallemme ehdottamia tavoitteita päästöjen vähentämiseksi, uusiutuvan energian edistämiseksi ja energiankäytön tehostamiseksi. (TEM 2008.)

Logistiikkatoimiala on jo nykyään hyvin riippuvainen tietojärjestelmistä ja niiden vakaudesta. Tietotekniikan käyttö alalla yleistyy samaa tai jopa nopeampaa vauhtia kuin muissakin yhteiskunnan toiminnoissa. Logistiikan toimintaympäristölle olisi katastrofaalista, mikäli jokin vihamielinen taho pääsisi tunkeutumaan kriittisiin

tietojärjestelmiin ja aiheuttamaan koko logistiselle infrastruktuurille peruuttamaton vahinkoa. Kenties alalla kannattaisi miettiä jopa kyberterrorismin uhkaa ja sen torjuntamahdollisuuksia.

BBC:n 7. syyskuuta 2009 päivätty uutinen kertoo, että huolimatta ilmastoskeptikoiden vastakkaisista mielipiteistä ovat rannikkoalueet, niiden väestö ja yhteiskunnan toimivuus todellisessa vaarassa. Esimerkki koskee Bangladeshia, jonka 20 miljoonaa alavilla alueilla elävää ihmistä ovat riskiryhmässä. Meren suolainen vesi tulee ennusteiden mukaan saavuttamaan sisämaan, mikä tekisi hyvin vaikeaksi viljellä siellä peruselintarvikkeita, kuten riisiä. Yksitoista käytössä olevaa mittausasemaa näyttävät meriveden tason nousseen 5 millimetriä vuodessa viimeisten 30 vuoden ajan, ja ilmastomallit ennustavat nousun jatkuvan edelleen. Maan hallintoa edustava ministeri M. A. Razzaque toivoo kansainvälisen yhteisön rahoittavan Hollannissa käytössä olevan kaltaista, merta vastaan puolustautumista koskevaa tekniikkahanketta 5 miljardin Yhdysvaltain dollarin korottomalla lahjoituksella seuraavien viiden vuoden aikana ja odottaa asiasta tehtävän päätöksiä jo Kööpenhaminan ilmastokokouksessa joulukuussa 2009. (Seas 'threaten 20m in Bangladesh' 2009.) Kööpenhaminassa on ratkaistava myös Intian, Kiinan ja muiden maailman uusien taloudellisten voimakeskusten vaatimukset saada tavoitella taloudellista menestystä ja hyvinvointia tavalla, josta länsimaat ovat saaneet nauttia jo sukupolvien ajan (Larsen 2008).

On selvää, että ilmastonmuutos aiheuttaa logistiikan toimintaympäristölle haasteita. Etsittäessä näihin haasteisiin vastaavia uusia ja innovatiivisia ratkaisuja on yleisesti ottaen lähdettävä ensin miettimään, minkälaista palvelua tai tuotetta ollaan synnyttämässä ja minkälaista asiantuntemusta tai hyväksymistä kehittämistyössä tarvitaan. On myös arvioitava eri osapuolten intressit osallistua kehittämiseen. (Heiskanen 2004: 269.) Innovaatioiden ainoa arvosteluperuste ei saisi olla tekninen edistyskellisyys, vaan onnistumista tulisi arvioida laajemmin huomioiden yhteiskunnalliset hyödyt ja seurausvaikutukset (mts. 271), koska yhteiskunnallinen laadukkuus lisää kaupallisen onnistumisen mahdollisuutta (mts. 272).

Helsingin yliopiston ympäristömuutoksen professori A. Korhola toteaa nykyisen päästökauppajärjestelmän ja koko siihen liittyvän ajattelun olevan epätarkoituksenmukaista. Hänen mukaansa kilpailuetua syntyy sellaisissa yrityksissä, jotka pystyvät tulevaisuudessa tuottamaan saman panoksen käyttäen vähemmän energiaa, aiheuttaen vähemmän päästöjä, kierrättämällä enemmän ja kaiken kaikkiaan vähentämään kuljetuksia sekä materiaalivirtoja. (Ilmastonmuutosta voidaan torjua 2009: 6–8.) Yksi keino etsiä vastauksia näihin Korholan luettelemiin avainhaasteisiin voisi olla tätä opinnäytetutkimusta yksityiskohtaisempi ja syvemmälle eri kuljetusmuotoihin menevä heikkojen signaalien etsiminen.

LÄHTEET

"LSD-kala" bongattu erikoisilla leveyspiireillä. 2009. Uusi Suomi. Saatavissa:
<http://www.uusisuomi.fi/ymparisto/60055-%25E2%2580%259Dlsd-kala%25E2%2580%259D-bongattu-erikoisilla-leveyspiireilla> [viitattu 15.6.2009]

3 D:llä turvallisia laivoja. 2008. Kauppalehti 2008. Saatavissa:
<http://www.kauppalehti.fi/5/i/yritykset/yritysuutiset/index.jsp?oid=2008/12/17351&ext=ltr> [viitattu 16.4.2009]

Ahmed, Z. 2009. Stay out, India tells toxic ship. Saatavissa:
http://news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/4588922.stm [viitattu 16.4.2009]

AKE. 2008. Ajoneuvohallintokeskus AKE. Ilmastonmuutos ja liikenne. Saatavissa:
<http://www.ake.fi/AKE/Ymp%C3%A4rist%C3%B6/Ilmastonmuutos+ja+liikenne/> [viitattu 18.11.2008]

Alternative Energy. 2008. GE To Develop Hybrid Tugboats. Saatavissa:
<http://www.alternative-energy-news.info/ge-hybrid-tugboats/> [viitattu 1.12.2008]

American History. 2009. FAST ATTACKS & BOOMERS Present & Future. Saatavissa:
<http://americanhistory.si.edu/subs/future/trimming/index.html> [viitattu 16.4.2009]

Apple. 2009. Kaikkien aikojen vihrein MacBook Pro. Saatavissa:
<http://www.apple.com/fi/macbookpro/environment.html?cid=AOS-EDM-B10000000377> [viitattu 16.4.2009]

Autojen ohjelmistoista voitaisiin tehdä etäpäivitettäviä. 2009. Digitoday. Saatavissa:
<http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/02/19/autojen-ohjelmistoista-voitaisiin-tehda-etapavitettavat/20094582/66> [viitattu 16.4.2009]

Aviation Partners Boeing. 2009. Technical Data Downloads. Saatavissa:
<http://www.aviationpartnersboeing.com/winglets/techdata.html> [viitattu 8.9.2009]

Backman, M. 2008. Kylmää vettä kasvihuoneeseen. TV-ohjelma. YLE | MOT.
Käsikirjoitus saatavissa:
http://ohjelmat.yle.fi/mot/arkisto/29_9_2008_mot_kylmaa_vetta_kasvihuoneeseen/kasikirjoitus [viitattu 4.11.2008]

Destia. 2008. Vahvan osaamisen juuret pitkässä kokemuksessa. Saatavissa:
<http://www.destia.fi/destia/historia.asp> [viitattu 8.9.2009]

DOE. 2008. U.S.Department Of Energy. Saatavissa: <http://www.energy.gov/> [viitattu 2.12.2008]

Downing, L. 2009. Obaman ympäristöohjelma sai autoteollisuuden takajaloilleen (STT). Saatavissa:
[http://www.hs.fi/ulkomaat/artikkeli/Obaman+ympäristöohjelma+sai+autoteollisuud+en+takajaloilleen/1135243052108](http://www.hs.fi/ulkomaat/artikkeli/Obaman+ymparistoohjelma+sai+autoteollisuud+en+takajaloilleen/1135243052108) [viitattu 15.4.2009]

Ekahaun wlan-paikannukselle avaus Kiinan sairaaloihin. 2009. Digitoday. Saatavissa:
<http://www.digitoday.fi/bisnes/2009/03/30/ekahaun-wlan-paikannukselle-avaus-kiinan-sairaaloihin/20098418/66> [viitattu 16.4.2009]

Elon Muskin haave – Sähköautojen jälkeen sähkölentokoneita? 2009. Digitoday.
Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/05/12/sahkoautojen-jalkeen-sahkolentokoneita/200911923/66> [viitattu 15.6.2009]

Elsbett AG. 2009. About us - History. Saatavissa: <http://www.elsbett.com/us/about-us/history.html> [viitattu 1.9.2009]

Erkkilä, K. 2009. Cleaner bus traffic by minimizing exhaust gases. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/references/kabus.jsp?lang=en> [viitattu 15.6.2009]

Euroopan komissio. 2006. Lentoliikenteen päästöt kuriin ilmaston suojelemiseksi. Saatavissa: http://ec.europa.eu/news/environment/061220_1_fi.htm [viitattu 16.6.2009]

Finnlines ajoi pahasti tappiolle. 2009. Taloussanomat. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/teollisuustuotteet/2009/05/07/finnlines-ajoi-pahasti-tappiolle/200911587/12> [viitattu 15.6.2009]

Flannery, T. 2005. Ilmaston muuttajat. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

Goldsmith, R. 2009. Feature: Where the ships go to die. Saatavissa: http://news.bbc.co.uk/2/hi/programmes/crossing_continents/317229.stm [viitattu 16.4.2009]

GOMOS:in mittaama ilmakehän lämpötilaprofiili. 2008. FMI. ENVISAT-SATELLIITTI ILMAKEHÄN TARKKAILIJANA. Saatavissa: <http://www.ava.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/graph/lamopotila/Lamopotila.html> [viitattu 2.12.2008]

Guardian 2008. Ship breakers win permission to dismantle French aircraft carrier. Saatavissa: <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jul/02/pollution.france> [viitattu 24.8.2009]

Heathrow'sta tuli ilmastotaistelun näyttämö. 2009. HS. Saatavissa
<http://www.hs.fi/ulkomaat/artikkeli/Heathrowsta+tuli+ilmastotaistelun+näyttämö/1135242734693> [viitattu 16.4.2009]

Heiskanen, E. 2004. Ympäristö ja liiketoiminta. Helsinki: Gaudeamus.

Hoffrén, J. 2008. Ilmastonmuutos haastaa lentoliikenteen. Saatavissa:
http://koti.mbnet.fi/~jukkan/TT_4_2008.pdf [viitattu 15.4.2009]

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2004. Logistisen ajattelun perusteet. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Honda innostui - Kulutus laskuun GPS:n ja liikenteen ennustamisen avulla. 2009. Taloussanomien. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/02/19/kulutus-laskuun-gpsn-ja-liikenteen-ennustamisen-avulla/20094584/66> [viitattu 16.4.2009]

Huhta, M. 2009. Kehä kolmonen ei tukkeutunut uuden sataman liikenteestä. Saatavissa:
<http://www.hs.fi/kaupunki/artikkeli/Kehä+kolmonen+ei+tukkeutunut+uuden+sataman+liikenteestä/1135242360435> [viitattu 16.4.2009]

Hybridiauton lataaminen kestää viisi minuuttia. 2009. Digitoday. Saatavissa:
<http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/03/12/tiedemiehet-pystyvat-lataamaan-uuden-puhelinakun-10-sekunnissa/20096718/66> [viitattu 16.4.2009]

Hypercar. 2009. Wikipedia-artikkeli. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Hypercar> [viitattu 31.8.2009]

IBM pelastaa Itämerta. 2009. IT-viikko 2009. Saatavissa:

<http://www.itviikko.fi/ratkaisut/2009/05/19/ibm-pelastaa-itamerta/200912645/7>
[viitattu 15.6.2009]

Ilmakehä. 2008. FMI. Finnish Meteorological Institute - Space Research Activities.

Saatavissa: <http://www.ava.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/tutkimus/ilmakeha.html>
[viitattu 2.12.2008]

Ilmanlaatu on parantunut Suomessa 20 vuodessa. 2009. STT. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/kotimaa/artikkeli/Ilmanlaatu+on+parantunut+Suomessa+20+vuode+ssa/1135243443012> [viitattu 16.4.2009]

Ilmastonmuutoksen viestintäohjelma. 2007. Ilmastonmuutoksen viestintäohjelma 2002–2007. Sanasto. Saatavissa:

<http://www.ilmastonmuutos.info/fi/cfm/docs/index.cfm?> [viitattu 3.12.2008]

Ilmastonmuutos. 2008. Ilmatieteen laitos 2008. Saatavissa:

<http://www.fmi.fi/ilmastonmuutos/> [viitattu 4.11.2008]

Ilmastonmuutosta voidaan torjua. 2009. OP-Pohjola-lehti 3/09, sivut 6–8.

IPCC Third Assessment Report – GRID-Arendal 2003. 2003. Climate Change 2001:

Working Group I: The Scientific Basis. F. The Projections of the Earth's Future Climate.

Saatavissa:

http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/CLIMATE/IPCC_TAR/WG1/029.htm [viitattu 13.10.2009]

Isomäki, R. 2005. Rypsi. Saatavissa:

<http://www.voima.fi/content/view/full/1447?PHPSESSID=> [viitattu 1.9.2009]

Kabus.fi. 2009. Kabus hybridilinja-auto. Saatavissa:

<http://www.kabus.fi/tuotteet/kabus-hybridilinja-auto> [viitattu 9.8.2009]

Kansallinen strategia valmisteilla. 2009. Digitoday. Saatavissa:

<http://www.digitoday.fi/yhteiskunta/2009/03/19/harri-pursiainen-selvittaa-alyliikenteen-kiemuroita/20097444/66> [viitattu 15.6.2009]

Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi – järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Helsinki: Suomen logistiikkayhdistys r.y.

Kasvihuoneilmiö. 2008. Ilmatieteen laitos 2008. Saatavissa:

http://www.fmi.fi/ilmastonmuutos/miksi_2.html [viitattu 18.11.2008]

Kasvua taltuttamassa. 2009. HS. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/autot/artikkeli/Kasvua+taltuttamassa/1135243000367> [viitattu 16.4.2009]

Kierrätysbisnestä ei ohjata millä tahansa erpillä. 2009. IT-viikko. Saatavissa:

<http://www.itviikko.fi/ratkaisut/2009/05/18/kierratysbisnesta-ei-ohjata-millatahansa-erpilla/200912514/7> [viitattu 15.6.2009]

Koistinen, O. 2009. Tutkijat varoittavat siitä, ettei biopolttoaineiden vaikutuksia tunneta. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/talous/artikkeli/Tutkijat+varoittavat+sitä+ettei+biopolttoaineiden+vaikutuksia+tunneta/1135246905414> [viitattu 15.6.2009]

Koponen, K. 2009. Laivojen puhdas polttoaine uhkaa käydä kalliiksi Suomelle (STT).

Saatavissa:

<http://www.hs.fi/kotimaa/artikkeli/Laivojen+puhdas+polttoaine+uhkaa+käydä+kallii+ksi+Suomelle/1135245076062> [viitattu 15.6.2009]

Korhonen, P. 2009. Uudet säännökset nostavat auton hintaa. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/uutiset/2009/03/10/uudet-saannokset-nostavat-auton-hintaa/20096509/12> [viitattu 16.4.2009]

KTM. 2006. Lähiajan energia- ja ilmastopolitiikan linjauksia – kansallinen strategia Kioton pöytäkirjan toimeenpanemiseksi. Taustaraportti. KTM Julkaisuja 4/2006. . Helsinki: Edita Publishing Oy.

Kullan etsintä paikkatietoanalyysillä toi väitöskirjapalkinnon. 2009. Digitoday. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/03/05/kullan-etsinta-paikkatietoanalyysilla-toi-vaitoskirjapalkinnon/20096043/66> [viitattu 16.4.2009]

Kymenlaakson Kauppakamari. 2009. Kriisin jälkeinen maailma (Risto E. J. Penttilä). Saatavissa: http://www.kymichamber.fi/export/sites/www.kymichamber.fi/liitetiedostot/LOGPV09_93PenttilaRisto.pdf [viitattu 8.8.2009]

Larsen, T. 2008. Kööpenhaminan ilmastokokous ja unelma uudesta ilmastopimuksesta. Saatavissa: <http://www.analysnorden.org/analysnorden/artikkel.asp?id=762> [viitattu 31.8.2009]

Lentoliikenteen päästöt. 2008. Lentoliikenne ja ilmasto. Saatavissa: <http://www.lentoliikennejailmasto.fi/paastot> [viitattu 4.11.2008]

Lisää uraania Suomenlahdelle? 2009. Uusi Suomi. Saatavissa:

<http://www.uusisuomi.fi/ulkomaat/55140-lisaa-uraania-suomenlahdelle> [viitattu 15.6.2009]

Lloyd, R. 2007. 'Grease cars' — the answer to high gas prices? Saatavissa:

<http://www.msnbc.msn.com/id/22452420/> [viitattu 1.9.2009]

Lockheed Martin. 2009. F-35 Lightning II. Saatavissa:

<http://www.lockheedmartin.com/products/f35/> [viitattu 30.8.2009]

Lovins, A. 2008. Supersize The Automobile. Light, strong materials can make a car efficient and safe without having to make it small and expensive. Saatavissa:

<http://www.newsweek.com/id/112733/output/print> [viitattu 31.8.2009]

Mannermaa, M. 2001. Heikot signaalit on In. Saatavissa:

http://mannermaa.onet.tehonetti.fi/artikkelitjalinkit/data/attachments/Heikoista_si_gnaaleista_Talouselamaan_-_2001.doc [viitattu 6.10.2009]

Mannermaa, M. 2003. MEGATRENDIT JA HEIKOT SIGNAALIT – TULEVAISUUS ON JÄNNITTÄVÄ PAKKO. Saatavissa:

http://mannermaa.onet.tehonetti.fi/artikkelitjalinkit/data/attachments/Heikoista_si_gnaaleista_ja_megoista_2003.doc [viitattu 6.10.2009]

Mannermaa, M. 2004. Sanasto. Saatavissa:

<http://mannermaa.onet.tehonetti.fi/artikkelitjalinkit/data/attachments/SANASTO.doc> [viitattu 6.10.2009]

Mannermaa, M. & Ahlqvist, T. 2000. LIIKENNE EI TIETOYHTEISKUNNASSA VÄHENE

(Ilmestynyt: Tulevaisuuden näkymiä 2/2000. Tielaitoksen julkaisu, Helsinki, s. 5-16.).

Saatavissa:

http://mannermaa.onet.tehonetti.fi/artikkelitjalinkit/data/attachments/Liikenne-TUBARO_artikkeli_-_2000.doc [viitattu 6.10.2009]

Mannila, M. 2009. Yhdysvaltain lennonjohto avoin verkkohyökkäyksille. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/tietoturva/2009/05/07/yhdysvaltain-lennonjohto-avoin-verkkohyokkayksille/200911527/66> [viitattu 15.6.2009]

Martin, A. 2009. Ship breaking on the 'beach of doom'. Saatavissa:

http://directaction.org.au/issue6/ship_breaking_on_the_beach_of_doom [viitattu 16.4.2009]

Meenan, J. 2008. Climate Change Impacts on the Transportation Sector: The Airlines' Climate Change Commitment Statement of John M. Meenan, Executive Vice President and Chief Operating Officer Air Transport Association of America, Inc. Saatavissa: <http://www.airlines.org/government/testimony/2008/ATA+Testimony+-+Climate+Change+Impacts+on+the+Transportation+Sector.htm> [viitattu 16.4.2009]

Mero, M. 2006. MITEN MATKAILU VAIKUTTAA ILMASTONMUUTOKSEEN? MITEN MATKAILIJA VOI HIDASTAA ILMASTONMUUTOKSEN ETENEMISTÄ? Saatavissa: http://www.reilumatkailu.fi/matkailu_ja_ilmastonmuutos.html [viitattu 15.4.2009]

Met Office. 2008. Met Office: Weather and climate change. Saatavissa:

<http://www.metoffice.gov.uk/index.html> [viitattu 1.12.2008]

Michelin. 2009. Michelin Energy Saver. Pieniin, keskisuuriin ja suuriin perheautoihin.

Saatavissa:

<http://www.michelin.fi/fi/front/affich.jsp?codeRubrique=20060301144421> [viitattu 15.4.2009]

Ministeriö patistaa: Helsingin seudun rataviat saatava kuriin. 2009. Saatavissa:
<http://www.hs.fi/kaupunki/artikkeli/Ministeriö+patistaa+Helsingin+seudun+rataviat+saatava+kuriin/1135245545093> [viitattu 15.6.2009]

MTV3. 2009. Think-sähköauton valmistus siirtymässä Uuteenkaupunkiin tänä vuonna. Saatavissa:
<http://www.mtv3.fi/uutiset/talous.shtml/arkistot/talous/2009/08/941061> [viitattu 8.9.2009]

Murphy, G. 2008. Ilmastonmuutos. Mitä minä voin tehdä? Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Mustien autojen päästöt huolestuttavat Kaliforniassa. 2009. Taloussanomat. Saatavissa: <http://www.taloussanomat.fi/ulkomaat/2009/03/27/mustien-autojen-paastot-huolestuttavat-kaliforniassa/20098144/12> [viitattu 15.6.2009]

Mölsä, J. 2009. Laivaliikenteen lisälasku saattaa nousta yli miljardin. Saatavissa:
<http://www.hs.fi/politiikka/artikkeli/Laivaliikenteen+lisälasku+saattaa+nousta+yli+miljardin/1135240081512> [viitattu 17.3.2009]

New Scientist. 2005. Climate change. Menace or myth. Saatavissa:
<http://www.newscientist.com/article/mg18524861.400> [viitattu 28.11.2009]

Nicaraguan kanavahanke kiinnostaa venäläisiä. 2008. HS (STT-SFP). Saatavissa:
<http://www.hs.fi/ulkomaat/artikkeli/Nicaraguan+kanavahanke+kiinnostaa+venäläisiä/1135242183563> [viitattu 16.4.2009]

Obama panee autojen päästöt kuriin. 2009. STT 2009. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/ulkomaat/artikkeli/Obama+pane+autojen+päästöt+kuriin/1135243035687> [viitattu 15.4.2009]

Obama plans 'leaner' car industry. 2009. BBC News 2009d. Saatavissa:

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8065760.stm> [viitattu 16.6.2009]

Pakkanen hyydyttää Vuosaaren tunnelin junaliikennettä. 2009. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/kaupunki/artikkeli/Pakkanen+hyydyttää+Vuosaaren+tunnelin+junaliikennettä/1135242527891> [viitattu 16.4.2009]

Pekkarinen: Ilmastopaketti suotuisa metsäteollisuudelle. 2008. Saatavissa:

<http://www.taloussanomat.fi/politiikka/2008/12/01/pekkarinen-ilmastopaketti-suotuisa-metsateollisuudelle/200831054/12> [viitattu 7.12.2008]

Pääkaupunkiseudulle ennakoidaan jatkuvaa ruuhkaa. 2009. STT. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/kaupunki/artikkeli/P%C3%A4%C3%A4kaupunkiseudulle+ennakoidaan+jatkuvaa+ruuhkaa/1135246059008> [viitattu 18.5.2009]

Päästökauppa nostaisi Finnairin hintoja kymmenyksellä. 2008. Saatavissa:

<http://www.taloussanomat.fi/liikenne/2008/01/14/paastokauppa-nostaisi-finnairin-hintoja-kymmenyksella/20081210/139> [viitattu 15.6.2009]

Päästöt laskevat lujaa Helsingissä. 2009. Uusi Suomi. Saatavissa:

<http://www.uusisuomi.fi/kotimaa/40877-paastot-laskevat-lujaa-helsingissa> [viitattu 15.4.2009]

Raivio, J. 2008. Ilmavoimat haluaisi päättää Hornetin seuraajasta jo seuraavalla vaalikaudella. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/talous/artikkeli/Ilmavoimat+haluasi+p%C3%A4%C3%A4tt%C3%A4%C3%A4+Hornetin+seuraajasta+jo+seuraavalla+vaalikaudella/1135241026365>
[viitattu 3.9.2009]

Risukasa puristuu biopolttoaineeksi. 2009. Uusi Suomi. Saatavissa:
<http://www.uusisuomi.fi/kumppanit/nesteoil/risukasa-puristuu-biopolttoaineeksi>
[viitattu 16.4.2009]

RMI. 2009. What is a Hypercar® Vehicle? Saatavissa:
<http://www.rmi.org/sitepages/pid191.php> [viitattu 31.8.2009]

Routio, P. 2007. Mallien käyttö tutkimushankkeessa - Uutta kartoittava tutkimus.
Saatavissa: <http://www2.uiah.fi/projekti/metodi/077.htm#explor> [viitattu 5.10.2009]

Ruotsalainen kerrostalo saa yhteisen sähköauton. 2009. Taloussanomien. Saatavissa:
<http://www.taloussanomien.fi/yhdyskuntapalvelut/2009/05/26/ruotsalainen-kerrostalo-saa-yhteisen-sahkoauton/200913157/12> [viitattu 15.6.2009]

Saastamoinen, J. 2009. Bensaparoni turhautui: Päätäjät kemian alkeisoppiin.
Saatavissa:
<http://www.kauppalehti.fi/5/i/talous/uutiset/etusivu/uutinen.jsp?oid=2009/06/23128&ext=ltr> [viitattu 15.6.2009]

Sakki, J. 2003. Tilaus-toimitusketjun hallinta – Logistinen B-to-B -prosessi (6. uudistettu painos p.). Espoo: Jouni Sakki Oy.

Saukkonen, L. 2008. Suomalainen sää. Ilmastonmuutos ja ääri-ilmiöt. Helsinki: Minerva Kustannus Oy.

Seas 'threaten 20m in Bangladesh'. 2009. BBC. Saatavissa:
http://news.bbc.co.uk/2/hi/south_asia/8240406.stm [viitattu 8.9.2009]

Ship-Submarine Recycling Program. 2009. Wikipedia-artikkeli. Haettu 16.4.2009
osoitteesta http://en.wikipedia.org/wiki/Ship-Submarine_recycling_program [viitattu
16.4.2009]

Suola suihkuua automaattisesti Tammisaaren sillalla. 2009. Digitoday. Saatavissa:
[http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/03/05/suola-suihkuua-
automattisesti-tammisaaren-sillalla/20096088/66](http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/03/05/suola-suihkuua-automattisesti-tammisaaren-sillalla/20096088/66) [viitattu 15.3.2009]

Suomalaisnosturit rullaavat Norsunluurannikolle. 2009. Digitoday. Saatavissa:
[http://www.digitoday.fi/bisnes/2009/03/30/suomalaisnosturit-rullaavat-
norsunluurannikolle/20098360/66](http://www.digitoday.fi/bisnes/2009/03/30/suomalaisnosturit-rullaavat-norsunluurannikolle/20098360/66) [viitattu 15.6.2009]

Suomen Varustamot haluaa liikennekomissaarin paikan Suomelle. 2009. HS.
Saatavissa:
[http://www.hs.fi/politiikka/artikkeli/Suomen+Varustamot+haluaa+liikennekomissaar
in+paikan+Suomelle/1135243985332](http://www.hs.fi/politiikka/artikkeli/Suomen+Varustamot+haluaa+liikennekomissaar+in+paikan+Suomelle/1135243985332) [viitattu 16.4.2009]

Taantuma tyhjentää pääteitä raskaasta liikenteestä. 2009. HS. Saatavissa:
[http://www.hs.fi/talous/artikkeli/Taantuma+tyhjentää+pääteitä+raskaasta+liikentee
stä/1135246801757](http://www.hs.fi/talous/artikkeli/Taantuma+tyhjentää+pääteitä+raskaasta+liikentee+stä/1135246801757) [viitattu 15.6.2009]

Tekes. 2009. Tekes kannustaa kehittymään. Saatavissa:
<http://www.tekes.fi/fi/community/Tekes/320/Tekes/626> [viitattu 8.9.2009]

TEM. 2008. Vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategia. Saatavissa:
<http://www.tem.fi/index.phtml?s=2658> [viitattu 7.12.2008]

Terho, S. 2009. Itämeren oltava EU:n keskeisimpiä suojelukohteita. Saatavissa: <http://samplerho.blogit.uusisuomi.fi/2009/04/28/itameren-oltava-eun-keskeisimpia-suojelukohteita/> [viitattu 15.6.2009]

The Ozone Hole. 2008. Ozone Hole Consequences. Australia exposed to more UV. Saatavissa: <http://www.theozonhole.com/consequences.htm> [viitattu 28.11.2008]

Tukkimäki, P. 2008. Laivojen päästörajoista rapsahdamassa jopa 800 miljoonan euron lasku. Helsingin Sanomat 6.10.2008. Saatavissa: <http://www.hs.fi/kotimaa/artikkeli/Laivojen+p%C3%A4st%C3%A4st%C3%B6rajoista+rapsahdamassa+jopa+800+miljoonan+euron+lasku/1135239989657> [viitattu 4.11.2008]

Tässäkö ratkaisu tuulivoiman varastoimiseksi. 2009. Uusi Suomi. Saatavissa: <http://www.uusisuomi.fi/raha/49411-tassako-ratkaisu-tuulivoiman-varastoimiseksi> [viitattu 16.4.2009]

Vaihdettavista akuista ase sähköauton läpimurtoon? 2009. Digitoday. Saatavissa: <http://www.digitoday.fi/tiede-ja-teknologia/2009/03/22/vaihdettavista-akuista-ase-sahkoauton-lapimurtoon/20097593/66> [viitattu 15.6.2009]

Valmet Automotive 2009. 2009. Valmet Automotive – autoteollisuuden palvelujen tuottaja. Saatavissa: <http://www.valmet-automotive.com/automotive/cms.nsf/pages/indexfin> [viitattu 8.9.2009]

Vanhala, L. 2009. Lentokone voi kadota tuulivoimalan takia. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/tk/article291014.ece?s=r&wtm=-25052009> [viitattu 15.6.2009]

Virtanen, P. 2006. Renkaiden huollon laiminlyönnin kallis hinta. Saatavissa:
<http://www.tuulilasi.fi/artikkelit/renkaiden-huollon-laiminlyönnin-kallis-hinta>
[viitattu 15.4.2009]

Voisiko tämä purjelaiva tulla Ruotsin-linjoille? 2009. Saatavissa:
<http://www.kauppalehti.fi/5/i/talous/uutiset/etusivu/uutinen.jsp?oid=2009/05/22311&ext=ltr> [viitattu 15.6.2009]

VR. 2009. VR:n ympäristölupaukset - VR puolittaa junaliikenteen hiilidioksidipäästöt. Saatavissa: <http://www.vr.fi/ymparisto/ymparisto.php?id=1> [viitattu 4.8.2009]

VTT. 2009. VTT. Saatavissa: http://www.vtt.fi/vtt/register_and_invoicing.jsp [viitattu 11.10.2009]

WWF. 2006. Ilmastotavoite 2050. Ympäristöjärjestöt tarjoavat polkuja vähäpäästöiseen yhteiskuntaan. Saatavissa:
http://www.wwf.fi/tiedotus/tiedotteet/tiedotteet_2006/ymparistojarjestot_tarjoavat_polkuja.html [viitattu 7.12.2008]

Ympäristöministeriö. 2008. Otsonikato. Saatavissa:
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=99&lan=fi> [viitattu 28.11.2008]

Mahdollisia jatkotutkimusaiheita

- Logistiikan ilmastonmuutokseen liittyvät riskianalyysit toimialoittain maakunnallisella tasolla
- Logistiikan toimintaympäristöä palvelevien, paikkatietoa hyödyntävien sovellusten käyttömahdollisuuksien alueellinen kartoittaminen
- Realistiset mahdollisuudet tietotekniikan avulla tapahtuvalle kuljetusmäärien ja keskittyneiden tukkujärjestelmien vähentämiselle
- Raideliikenteen uudet tekniset ratkaisut (esim. tukkeutumattomat vaihteet)
- Raskaan maantieliikenteen edistykselliset tekniset järjestelmät (esim. KERS)
- Paikallinen, reaaliaikainen lähiliikenteen aikatauluista ja myöhästymisistä tiedottaminen esim. matkapuhelimeen tilattavan palvelun avulla
- Maakunnalliset täsmäsääpalvelut logistiikan eri toimijoille
- Keskitetty, alueellinen reittioptimointipalvelu ja sen kustannusten analyysi
- Viestintäjärjestelmien kokonaisvaltainen kehittäminen vähentämään työntekijöiden henkistä kuormitusta eri liikennemuodoissa
- Menetelmät Itämeren ja muiden lähialueiden vesistöjen valuma-alueiden vahingollisten lannoite- ja muiden jäämien rajoittamiseksi
- Purje- ja aurinkovoiman sekä kaasun ja hybridiratkaisujen käyttömahdollisuudet sisävesiliikenteen kaupallisessa liikenteessä olevien alusten kulkuenergiana
- Kaupallisessa liikenteessä olevien kuljetusvälineiden kaikkien elinkaarivaikutusten analysointi kuljetusmuodoittain (mukaan lukien kierrätys)
- Suomen valtion ja EU:n mahdollisuudet avustaa, kehittää ja tarkkailla korjaus- ja purkutelakoita EU:n ulkopuolisilla alueilla