



VISIONA KESTÄVÄMPI TULEVAISUUS

Pelaamalla vähähiilisempi yhteiskunta
Riina Hämäläinen & Tiina Poikolainen (toim.)



Riina Hämäläinen & Tiina Poikolainen (toim.)

VISIONA KESTÄVÄMPI TULEVAISUUS

Pelaamalla vähähiilisempi yhteiskunta



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

KYMEN
LAAKSON
LIITTO

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

XAMK KEHITTÄÄ 190

KAAKKOIS-SUOMEN AMMATTIKORKEAKOULU
KOUVOLA 2022

© Tekijät ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

Etu- ja takakansi: Markus Myllylä & Tarita Karhulahti

Taitto: Grano Oy

ISBN: 978-952-344-424-9 (PDF)

ISSN: 2489-3102 (verkko)

julkaisut@xamk.fi

ESIPUHE

Pitelet kädessäsi artikkelikokoelmaa, joka kokoaa yhteen vihreään logistiikkaan ja vähähiilisyyteen liittyviä julkaisuja. Aihe on erityisen tärkeä ilmastonmuutoksen hillitsemisen näkökulmasta. Logistiikkasektori on yksi suurimmista hiilidioksidipäästöjen aiheuttajista. Sektoria tarvitaan nyt ja tulevaisuudessa, mutta sen on oltava vähähiilisempi, jotta ilmastonmuutosta voidaan hillitä riittävästi. EU:n tavoitteet ovat kunnianhimoisia, eikä niihin päästä ilman merkittäviä panostuksia innovaatioihin ja koulutukseen.

Teos on Zero CO₂ -hankkeen loppujulkaisu. Hankkeessa on kehitetty logistiikkasektorin päästöjä havainnoiva peli. Se on suunnattu peruskouluikäisille, mutta pelistä ja sen taustalla olevista päästötiedoista voi olla hyötyä myös kaikille muille aiheesta kiinnostuneille pelien ystäville. Peli on vapaasti käytettävissä osoitteessa <https://xamktkimeduusa.itch.io/zero-co2>.

Pelillisyyden avulla pyritään opettamaan, miten sektorin päästöjä voitaisiin vähentää niin, että kuljettaminen olisi edelleen kustannustehokasta ja riittävän nopeaa. Tämä on Xamkin Logistiikka ja merenkulku -vahvuusalan ensimmäinen pelihanke. Digitaalinen oppiminen ja pelillisuus ovat kiinnostaneet monia toimijoita erityisen paljon.

Teos on jaettu kahteen osaan. Ensimmäisessä osassa Zero CO₂ -hankkeen työntekijät kertovat pelin suunnittelusta ja toteuttamisesta. Toisessa osassa vieraskirjoittajat avaavat logistiikkasektorin vähähiilisyyteen liittyviä kulmia ja toimintoja. Teoksen tavoitteena on löytää kestäviä toimintamalleja logistiikka-alalle.

Tahdon kiittää pelin kehittäjiä, tämän teoksen kirjoittajia sekä kaikkia hankkeen sidosryhmiä!

22.2.2022 Tutkimusjohtaja, Ville Henttu

ERITYISKIITOS:

- **Hankkeen rahoittajat**
- **Toimenpiteissä mukana olleet yhteistyökoulut ja yhteistyöyritykset**
- **Ohjausryhmän jäsenet & muut yhteistyötahot**
- **Hankkeessa mukana olleet työntekijät ja harjoittelijat**



KIRJOITTAJAT

ELIAS ALTARRIBA, TkL, projektipäällikkö, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

MARKUS MYLLYLÄ, medianomi, projektityöntekijä, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

RIINA HÄMÄLÄINEN, YMT, projektipäällikkö, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

RONJA PÖLKKI, medianomi, projektityöntekijä, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

SUVI VÄHÄ-SIPILÄ, projektipäällikkö Forum Virium Helsinki, älyliikenne

TIINA POIKOLAINEN, DI, tutkimuspäällikkö, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

VILLE HENTTU, tekniikan tohtori, tutkimusjohtaja, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Logistiikka ja merenkulku

VESA TUOMALA, Master Mariner (B.Sc.), Henley MBA, Project Manager, South-Eastern Finland University of Applied Sciences, Logistics and seafaring

SISÄLTÖ

Esipuhe	4
Kirjoittajat.....	6
1 Johdanto	8

OSA I KOHTI VÄHÄHIILISYYTTÄ PELILLISILLÄ ELEMENTEILLÄ12

2 Zero CO2: grafiikka ja pelisuunnittelu.....	14
Markus Myllylä	
3 Oppimisen huomioiminen pelisuunnittelussa ja käyttöliittymäsuunnittelussa	22
Ronja Pölkki	
4 Kielenä koodi – ohjelmoijien haastattelu.....	39
Riina Hämäläinen Janne Raunila Tarita karhulahti	
5 Ympäristökasvatus pelillisenä menetelmänä	45
Riina Hämäläinen	

OSA II TAVOITTEENA HIILINEUTRAALIT KULJETUKSET51

6 Yhteenveto meriliikenteen ympäristövaikutuksista.....	53
Elias Altarriba	
7 Dronet vähähiilisyiden edistäjinä	64
Suvi Vähä-Sipilä	
8 The Shipping Industry Sails Towards Zero CO2!	72
Vesa Tuomala	
9 Kohti vähäpäästöisempää kuljettamista rautateillä	87
Tiina Poikolainen	

1 JOHDANTO

Kirjoittaessamme tätä maailman kateet ovat kääntyneet Glasgow'ssa pidettävään YK:n ilmastokokoukseen. Kokouksessa keskeistä on olemassa olevien ilmastotoimien arviointi mutta myös tulevien tavoitteiden määrittely. Kesällä 2021 astui voimaan eurooppalainen ilmastolaki, jonka mukaan Euroopan unioni tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2050 mennessä (Euroopan unionin ilmastopolitiikka s.a.). Suomen oma tavoite on Sanna Marinin vuoden 2019 hallitusohjelman mukaisesti olla hiilineutraali jo vuoteen 2035 mennessä (Suomen kansallinen ilmastopolitiikka s.a.). Keskustelu ilmastomuutoksen, sen teemojen ja tarvittavien toimenpiteiden ympärillä on kuohuvaa ja kanavoituu välillä aina mielenilmauksiin saakka. Suomen ja Euroopan unionin päästötavoitteet ovat kovia ja tulevat vaatimaan toteutuakseen vaikeita ja raskaita päätöksiä kaikilla sektoreilla. Taustalla on kuitenkin pysäyttävä todellisuus. Esimerkiksi erikoisraportissa *Global Warming of 1.5°C* (IPCC 2018) todettiin, että ilmaston lämpeneminen tulisi pysäyttää 1,5 asteeseen suhteutettuna esiteolliseen aikaan. Mikäli ilmaston lämpenemistä ei pystytä pysäyttämään, seuraukset voivat olla arvaamattomia. Ilmastomuutoksen hillitsemiseksi tarvitaan uusia toimintamalleja, rohkeita avauksia sekä vaativia poliittisia päätöksiä.

Suurten poliittisten päätösten ja laajojen yhteiskunnallisten ratkaisujen rinnalle tarvitaan työtä arjen tasolla. Siihen myös TKI-toiminta on oiva maaperä. *Visiona kestävämpi tulevaisuus – Pelaamalla vähähiilisempi yhteiskunta* -julkaisu on syntynyt, koska sen kirjoittajat haluavat kertoa toimenpiteistä, joilla TKI-toiminnassa voi edistää vähähiilisyttä. Julkaisussa avaamme esimerkein moninaisia kehitystyön askelia, joten toivoaksemme se toimii inspiraationa aihepiiristä kiinnostuneille.

Visiona kestävämpi tulevaisuus – Pelaamalla vähähiilisempi yhteiskunta - julkaisu on osa Euroopan aluekehitysrahaston rahoittamaa Zero CO₂ -hanketta (1.9.2019–31.12.2021). Zero CO₂ on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Logistiikan ja merenkulun TKI-yksikön hallinnoima hanke, jonka toteutuksessa hyödynnettiin myös Xamkin Luovien alojen yksikön pelialan osaamista. Lisäksi hankkeessa tehtiin yhteistyötä Itä-Suomen yliopiston soveltavan kasvatustieteen ja opettajankoulutuksen osaston kanssa perusopetukseen suunnattujen tutkimusten osalta.

Zero CO₂ -hankkeessa ilmastomuutokseen ja vähähiilisyteen liittyviä kysymyksiä on lähestytty erityisesti vihreän logistiikan ja pelillisyyden näkökulmista. Hankkeen keskeinen toimenpide on ollut digitaalisen oppimispelin kehittäminen. Zero CO₂ -peli visualisoi tietoa logistiikasta sekä havainnollistaa siihen liittyviä syy-seuraussuhteita. Pelissä pelaaja pystyy omien valintojensa kautta vaikuttamaan hiilijalanjälkeensä ja ympäristön hyvinvointiin. Siinä yhdistyvät siis kaksi aikakautemme keskeistä ilmiötä: pelillisuus ja ympäristökasvatus.

Logistiikan ja liikenteen näkökulma pelissä on perusteltu, sillä peräti 20 prosenttia Suomen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu liikenteestä, josta olemme toisaalta myös riippuvaisia. (Ilmasto-opas s.a.) Kaiken kaikkiaan suomenkielisten oppimispelien kehittäminen ilmiön ympärillä on toistaiseksi ollut varsin vähäistä. Niinpä Zero CO2 -peli on innovatiivinen ratkaisu, joka tukee ympäristökasvatusta erityisesti kouluympäristöissä. Havaintojemme ja saamamme palautteen perusteella vastaavia pelejä olisi hyvä kehittää myös tulevaisuudessa.

Zero CO2 -pelin ohella hankkeessa on toteutettu Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun taholta yritystutkimusta vihreästä logistiikasta. Lisäksi Itä-Suomen yliopiston opiskelijoiden toteuttamat pro gradu -tutkielmat tuottavat tietoa peliin liittyvästä oppimisesta niin opettajien kuin oppilaiden näkökulmista. Kun kipparoiimme hanketta kohti päätesatamaa, katsomme tyytyväisinä taaksepäin. Toteutettujen toimenpiteiden ohella olemme saaneet jakaa matkamme yhteistyökoulujen ja -yritysten kanssa, jotka ovat osallistuneet pelin testaukseen sekä tutkimuksiin. Olemme saaneet arvokasta palautetta, kokemusta ja tietoa, joita voi hyödyntää niin tulevissa kehityshankkeissa kuin päätöksenteon tukena.

Yhteinen taipaleemme kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa on siis alkanut. Vielä tässä vaiheessa emme kuitenkaan voi tietää tarkasti, millaisiksi käytännön toimintamalleiksi ja menetelmiksi asetetut tavoitteet jalostuvat. Selvää on, että tarvitsemme moninaisia ja luovia ratkaisuja, joilla pystymme vastaamaan muun muassa ilmastonmuutoksen hillinnän vaatimuksiin ja sopeuttamaan toimintaamme. Uhkakuvien rinnalla on erittäin tärkeää jakaa tietoa, ratkaisumalleja ja toimintatapoja, joiden avulla voimme rakentaa ja sopeuttaa yhteiskuntaa. Tässä julkaisussa tarjoamme kirjoittajien ajatuksia ja havaintoja pelinkehittämisen ja vähähiilisyiden ympäriltä sinulle, joka olet kiinnostunut monialaisten hyötypelien kehittämisestä, peleistä oppimisen tukena tai kuljettamiseen liittyvistä päästöistä ja vähähiilistä ratkaisuista.

Julkaisu koostuu kahdesta osa-alueesta. Ensimmäisessä osiossa *Kohti vähähiilisyttä pelillisillä elementeillä* kirjoittajat kertovat erityisesti kehitystyöstä Zero CO2 -pelin taustalla. Artikkeleissa kuvataan pelin kehitysprosessia ympäristökasvatuksen näkökulmat huomioiden. Markus Myllylän artikkeli *Zero CO2: Grafiikka ja pelisuunnittelu* kertoo pelisuunnittelusta aina hankkeen alkumetreiltä valmiiseen peliin saakka. Ronja Pölkki kirjoittaa artikkelissaan *Oppimisen huomioiminen pelisuunnittelussa ja käyttöliittymäsuunnittelussa*, kuinka tärkeitä pelimekaniikka ja käyttöliittymäsuunnittelu ovat, jotta pelistä saadaan rakennettua kokemuksellinen ja saavutettavissa oleva erilaisille pelaajille. *Kielenä koodi* -haastatteluartikkelissa avataan ohjelmoijien hanketyötä ja pelisuunnittelua, kun äänensä saavat kuuluviin Zero CO2 -hankkeen ohjelmoijat Janne Raunila ja Tarita Karhulahti. Osion päättävässä *Ympäristökasvatus pelillisenä menetelmänä* -artikkelissaan Riina Hämäläinen pohtii ympäristökasvatusta ja pelillisyyttä suhteessa Zero CO2 -hankkeen aikana toteutettuihin toimenpiteisiin.

Julkaisun toisessa osassa *Tavoitteena hiilineutraalit kuljetukset* TKI-toimijat kertovat rahtiliikenteestä aiheutuvista päästöistä, ilmastotavoitteista ja toimenpiteistä, joilla vähähiilisyyttä on tuettu. Artikkelit ovat itsenäisesti tärkeitä, mutta lisäksi ne taustoittavat tietoa, joka on tärkeää myös pelin kannalta – pelin taustalla on oikea maailma, josta ammennetaan tietoa peliin. Samalla artikkelit ovat tärkeitä avauksia siitä, millaisia ympäristövaikutuksia rahdinkuljettamisella on ja mitä päästöjen vähentämiseksi tehdään.

Elias Altarriba kirjoittaa aiheesta meriliikenteen näkökulmasta artikkelissaan *Yhteenvedo meriliikenteen ympäristövaikutuksista*. Suvi Vähä-Sipilä taas kertoo *Dronet vähähiilisyyden edistäjinä* -artikkelissaan dronejen mahdollisuuksista pientavaralogistiikassa. Vesa Tuomala kirjoittaa artikkelissaan *The Shipping Industry Sailing towards Zero CO2!* muun muassa meriliikenteen vaihtoehtoisista polttoaineista sekä siitä, mitä muita toimenpiteitä voitaisiin tehdä, jotta meriliikenne olisi vastuullisempaa. Julkaisun päättää Tiina Poikolaisen artikkeli *Kohdi vähäpäästöisempää kuljettamista rautateillä*, joka avaa ilmastopoliittikkaa ja kotimaan raskaan liikenteen päästöjä rautatieliikenteen näkökulmasta.

Rahdin kuljettamisen päästöjen vähentämiseen ei ole vain yhtä keinoa, vaan se koostuu monista eri osista. Päästötavoitteiden saavuttaminen ja lopulta fossiilittomaan liikenteeseen pyrkiminen vaativat tahtotilaa ja aktiivisia toimenpiteitä meiltä kaikilta.

Riina Hämäläinen ja Tiina Poikolainen

LÄHTEET

Euroopan unionin ilmastopoliittika s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopoliittika> [viitattu 1.11.2021].

Ilmasto-opas s.a. Liikenne on merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen tuottaja. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/cd3c06f0-ddc2-4984-840f-c35a98daf01e/liikenne-on-merkittava-kasvihuonekaasupaastojen-tuottaja.html> [viitattu 1.11.2021].

IPPC. 2018. Global Warming of 1.5°C. Special Report. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ipcc.ch/sr15/> [viitattu 1.11.2021].

Suomen kansallinen ilmastopoliittika s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/suomen-kansallinen-ilmastopoliittika> [viitattu 27.9.2021].

OSA I

KOHTI VÄHÄHIILISYYTTÄ
PELILLISILLÄ ELEMENTEILLÄ



Markus Myllylä kertoo artikkelissaan, miten Zero CO2 -peiliä suunniteltiin ja toteutettiin.

AVAINSANAT:

- pelisuunnittelu
- pelinkehitys
- peligrafiikka



2 ZERO CO2: GRAFIIKKA JA PELISUUNNITTELU

Markus Myllylä

Pelinkehitykseni alkoi jo ennen varsinaista hanketta, kun pelille suunniteltiin raamit tulevan hankkeen ideointivaiheessa. Pelin tehtävä olisi opettaa 9–13-vuotiaille logistiikasta ja siitä, miten erilaiset valinnat vaikuttavat hiilidioksidipäästöihin. Pelin tulisi myös pohjautua oikeaan päästödataan. Suunnitelmissa oli peli, jossa pelaaja ohjaisi logistiikka-alan yritystä ja tekisi valintoja, jotka vaikuttavat ympäristöön. Hanke sai vihreää valoa, ja kun se lopulta lähti käyntiin, aloitin varsinaisen pelisuunnittelun kartoittamalla muita vastaavia pelejä. Huomasin nopeasti, että suurin osa logistiikkapeleistä on simulaattoripelejä, joissa pelaaja pystyy ostamaan kulkuneuvoja ja suunnittelemaan niille reittejä. En kuitenkaan löytänyt yhtään peliä, jossa olisi otettu huomioon hiilidioksidipäästöjä, saati sellaisia, jotka perustuisivat oikeaan tilastodataan. Oltiin siis jonkin uuden äärellä. Kehityksen alkuvaiheessa mukaan astui kolme suurempaa ongelmaa: Miten pelistä tehdään tarpeeksi yksinkertainen kohderyhmän opetuskäyttöön? Miten oikean maailman data kääntyy pelimaailmaan? Mitä logistiikan osa-alueita peliin otetaan mukaan? Logistiikka-alan monimuotoisuus ja laajuus yllättivät minut, sillä en ollut aiemmin tiennyt alasta juuri mitään.



Kuva 1. Monille Transport Tycoon Deluxe voi tuntua aluksi liian monimutkaiselta.

Päädyin valitsemaan pelin genreksi simulaattorin. Valintaa tuki se, että pelaajat saisivat parhaan käsityksen logistiikka-alan toiminnasta, jos he pääsisivät itse suunnittelemaan reittejä. Yksi esimerkki tällaisesta logistiikkasimulaattoripelistä on Transport Tycoon Deluxe (kuva 1). Siinä pelaaja rakentaa teitä ja junaratoja sekä ostaa kulkuneuvoja. Kulkuneuvoille suunnitellaan kuljetusreittejä, jolloin pelaaja pystyy kuljettamaan raaka-aineita tehtaisiin ja kaupunkeihin. Transport Tycoon Deluxe on kuitenkin hyvin raskas peli. Erilaisia valikoita on paljon ja kulkuneuvojakin useita kymmeniä. Silti pelissä on hyviä ominaisuuksia, joita halusin tuoda mukaan myös Zero CO2 -peliin. Niitä pitäisi kuitenkin yksinkertaistaa, sillä kohderyhmänä ovat lapset ja peliä pitäisi pystyä pelaamaan myös oppitunneilla. Liian monimutkaisen pelin opettelu veisi liikaa oppilaiden ja opettajien aikaa.

Seuraavaksi lähdin kehittämään pelin ilmettä, pelimekaniikkoja ja prototyyppejä. Jo varhaisessa vaiheessa sain idean käyttää peliin pikselitaidetyyliä, sillä se on vahvuuteni. Pikselitaidede on tyylinä ajaton ja selkeä. Tässä vaiheessa mietittiin vielä, tulisiko pelistä 3D- vai 2D-peli. Myöhemmin päädyin projektin laajuuden takia kaksikulotteiseen grafiikkaan, jonka tekemisestä ja käyttämisestä peleissä minulla on eniten kokemusta. Halusin pelistä värikkään ja mahdollisimman selkeän, ja aloitin suunnittelemalla kaupunkiympäristöä (kuva 2).

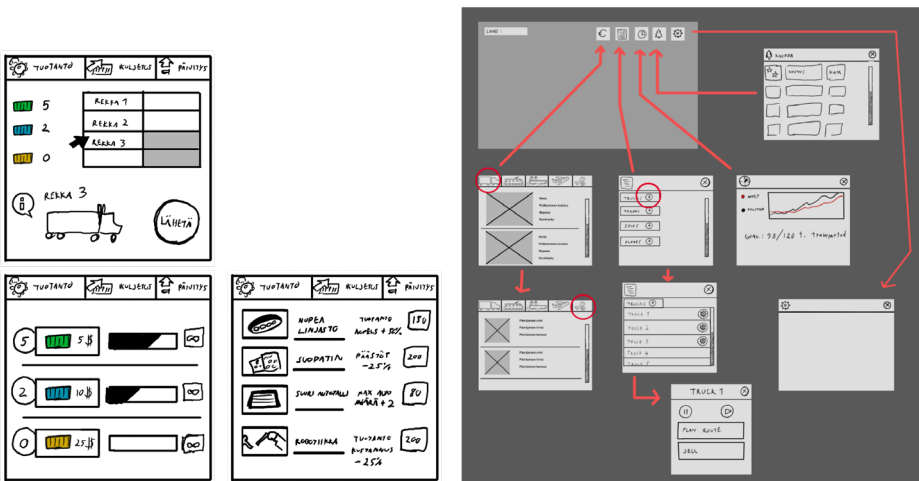


Kuva 2. Ensimmäinen valmis luonnos, joka kuvastaa pelin ilmettä.

Peli alkoi muotoutua myös pelimekaniikkojen osalta. Perusideana oli se, että pelaajan täytyisi kuljettaa tavaraa tehtaista kaupunkiin. Kaupungeissa tavara myytäisiin ja pelaaja saisi vastineeksi rahaa. Kaupungit maksaisivat tuotteista eri summia. Rahalla voitaisiin ostaa uusia kulkuneuvoja, rakentaa uusia reittejä tai parannella tehtaita ja kulkuneuvoja. Peli olisi jaettu erillisiin kenttiin, joista jokaisessa olisi erilainen kuljetustehtävä ratkaistavaksi. Peli vaikeutuisi asteittain, ja pelaajalle esiteltäisiin pikku hiljaa uusia ominaisuuksia, kuten päivityksiä ja uusia kulkuneuvoja. Myös päästöt täytyisi pitää koko ajan mielessä, sillä kentän lopussa pelaaja saisi arvosanan suorituksestaan. Peliin oli ideoitu myös neuvonantaja, joka toimisi pelaajan oppaana ja tarinan kuljettajana.

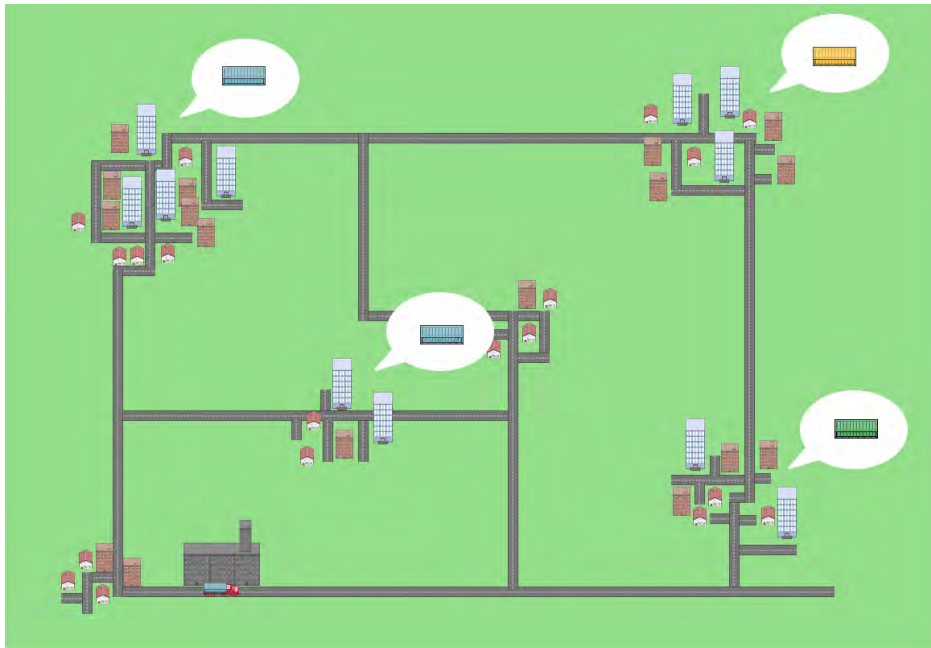
Näiden ideoiden pohjalta tein kevyen prototyypin, jossa havainnollistettiin pelin perusmekaniikkoja. Prototyyppi jäi kuitenkin kesken siirtyessämme nopeasti varsinaisen pelin tekemiseen. Pelissä oli paljon koodattavaa, joten minun oli luotettava idean toimivuuteen, vaikka sitä ei ollut vielä kunnolla testattu.

Samaan aikaan, kun ohjelmointi pyöri taustalla, kehitin grafiikkaa eteenpäin. Pelissä tulisi olemaan paljon käyttöliittymää, joten aloin luonnostella sitä (kuva 3).



Kuva 3. Luonnoksia käyttöliittymägraafikasta.

Tein valikoista karkeat rautalankamallit ja suunnittelin niiden graafista ilmettä. Saimme kuitenkin lisäapua pelinkehitykseen, kun Ronja Pölkki aloitti hankkeessa. Yksi hänen tehtävistään oli käyttöliittymien suunnittelu, joten minä pystyin keskittymään muun grafiikan tekemiseen (kuva 4).

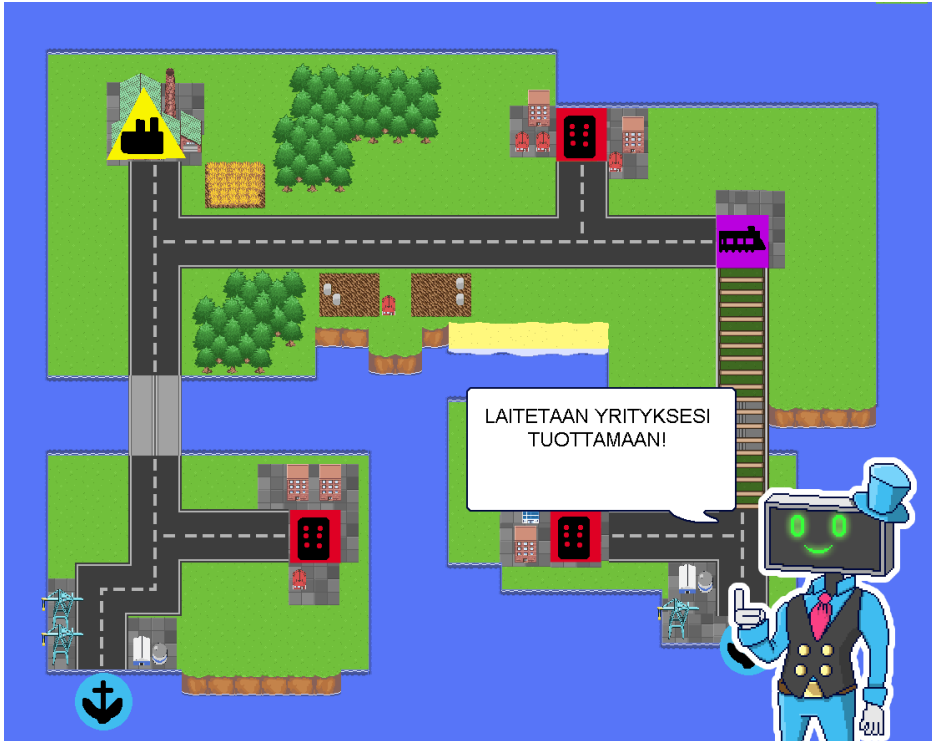


Kuva 4. Luonnos pelikentästä.

Saimme hyvää tietoa kokouksissa, joita pidettiin säännöllisesti logistiikkapuolen kanssa. Näissä keskusteluissa tuli ilmi paljon asioita, joita pelissä olisi hyvä ottaa huomioon. Opimme paljon uutta kulkuneuvoista ja erilaisista teknologioista, joilla niitä päivitetään vähäpäästöisemmiksi. Myös pelimekaniikat muuttuivat jonkin verran. Esimerkiksi uusien teiden rakentaminen olisi vääristänyt muuten oikeaan dataan pohjautuvaa peliä. Teiden rakentaminen on kannattavaa pitkällä aikavälillä, mutta pelin suhteellisen lyhyissä puitteissa se ei olisi ollut järkevää. Samalla oikean maailman datan sovittamisessa peliin ilmeni erilaisia ongelmia. Suuri konttialus pystyy kuljettamaan jopa 10 000 konttia, mutta pelissä sen purkaminen rekoilla kestäisi liian pitkään. Päätin yksinkertaistaa peliä vähentämällä isojen alusten kantamaa konttimäärää ja pienentämällä niiden päästöjä samassa suhteessa.

Erilaisia kulkuneuvovaihtoehtoja oli paljon, ja niiden päästöjä tutkittiin Lipaston (<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/>) sekä erilaisten artikkelien ja tutkimusten kautta. Haasteena oli myös päättää, mitä päästöjä peliin halutaan mukaan. Jossakin vaiheessa peliin olisi haluttu saada myös erilaisten sähköntuotantomenetelmien tuottamat päästöt, polttoaineen tuotannosta koituvat päästöt ja tehtaiden päästöt. Työmäärä olisi kuitenkin ollut valtava verrattuna tekijöiden määrään ja päästödata vaikeasti löydettävää. Lisäksi esimerkiksi tehtaiden päästöt olisivat vääristäneet pelin tasapainoa, joten päädyimme keskittymään vain kulkuneuvoihin.

Samaan aikaan pelin graafinen ilme oli kehittynyt eteenpäin. Peli koki suuria muutoksia, kun kuvakulmaa päädyttiin muuttamaan kauemmas sen sijaan, että kaupunkien jokainen katu olisi nähtävissä. Tämä yksinkertaisti peliä huomattavasti ja teki kokonaisuudesta selkeämmän (kuva 5). Pelin pohja alkoi jo olla valmiina, joten aloin tehdä koristeita, joilla pelikentistä saisi mielenkiintoisemman näköisiä (kuva 6).



Kuva 5. Ensimmäinen luonnos pelin uudesta, kauempaa kuvatusta tyylistä. Kuvassa myös neuvonantaja.



Kuva 6. Pelin uusi ilme koristeiden kanssa.

Kulkuneuvojen grafiikat tehtiin kolmiulotteisina, mutta ne teksturoitiin pikselitaidetyyliin peliin sopiviksi (kuva 7). Tämä tehtiin osittain helpottamaan kulkuneuvojen animointia ja osittain kokeilumielessä. Päädyin tekemään kenttägrafiikkaa vielä sen verran lisää, että peliin saatiin toisenlaiseksi maastotyyppiä tropiikki (kuva 8). Tällä peliin saatiin vaihtelua, ja samalla tuettiin tarinaa.



Kuva 7. Pelin alkuvalikko, jossa on näkyvillä myös 3D-mallinnettuja kulkuneuvoja.



Kuva 8. Luonnos trooppisesta ympäristöstä.

Pelinkehitys oli nyt loppusuoralla ja pelimekaniikat viimeistelyjä. Pelaajan eteneminen pelissä menee suurin piirtein näin: Selvitä, mitä pitää kuljettaa mihinkin. Osta kulkuneuvoja ja suunnittele niille reitit. Tarkkaile päästöjä ja osta päivityksiä.

Onnistuiko peli sitten täyttämään yhden lajityyppinsä tärkeimmistä tavoitteista eli olemaan viihdyttävä? Ensimmäisen kohderyhmällä tehdyn pelitestauksen perusteella pelistä pidettiin. Pelaajilla oli kuitenkin vielä ongelmia etenemisen kanssa, osittain pelin keskeneräisyyden takia ja osittain sen opasteista johtuen. Tärkeää onkin testauttaa peliä ulkopuolisilla testaajilla niin paljon kuin mahdollista.

Hanke oli minulle hyvin opettavainen kokemus. Valtava logistiikka-ala piti rutistaa pieneen, helposti lähestyttävään pakettiin. Pelin taustalle saatiin myös lopulta kerättyä järkevää dataa. Eri kulkuneuvotyypeille löytyi päästötietoja, jotka laitettiin peliin helposti pureskeltavaan muotoon. Grafiikkaa saatiin peliin sen verran, että kenttien rakentaminen onnistui helposti. Kehityksessä oli omat haasteensa eikä ongelmilta vältytty, mutta mielestäni saimme verrattain pienellä henkilömäärällä aikaan hyvän kokonaisuuden. Zero CO2 -pelin kaltaista opetuspelejä ei ollut tehty aiemmin, joten toivottavasti sitä voitaisiin kehittää vielä eteenpäin. On hienoa, että pelien ja pelillisyyden hyödyntämistä kokeillaan uusilla aloilla!

Projektityöntekijä Ronja Pölkki kertoo pelisuunnittelusta ja käyttöliittymäsuunnittelusta.

AVAINSANAT:

- pelillisuus
- opetus
- käyttöliittymä
- saavutettavuus



3 OPPIMISEN HUOMIOIMINEN PELISUUNNITTELUSSA JA KÄYTTÖLIITTYMÄSUUNNITTELUSSA

Ronja Pölkki

Tässä artikkelissa kerrotaan, miten oppiminen on huomioitu Zero CO₂ -pelin pelisuunnittelussa. Lisäksi kerrotaan pelin käyttöliittymäsuunnittelusta ja saavutettavuuden huomioimisesta.

Zero CO₂ -peli on uusi digitaalinen, älykäs oppimisalusta. Se on suunniteltu opettamaan logistiikkaan, biotalouteen ja kestävään kehitykseen liittyvää tietoa alakouluikäisille. Pelissä tehdään erilaisia valintoja, jotka vaikuttavat ympäristön hyvinvointiin ja hiilijalanjäljen muodostumiseen.

OPPIMINEN TAPAHTUU KENTTÄ KERRALLAAN

Opetuspelien tulisi tukea sisäistä, kokemuksellista oppimista. Siksi on järkevää olettaa, että tiedon hankkiminen ja taitoharjoittelu tulisi saada pelin kautta pelimekaniikoista eikä pelkästään erillisistä ohjeista. Hyviä pelimekaniikkoja ovat esimerkiksi tehtävät, tulosaulukset, selkeät tavoitteet, tasot, merkit ja roolipelaus. (Nadolny ym. 2017.) Näitä eri pelimekaniikkoja on hyödynnetty myös Zero CO₂ -pelissä.

Zero CO₂ -pelin tarina ja opetussisältö on jaettu useaan pieneen kenttään, joiden vaikeusaste kasvaa pelin edetessä. Kaikkia kenttiä ei voi pelata heti, vaan pelaajan pitää todistaa osaamisensa kenttä kerrallaan. Kenttävalikossa näkyvät kaikki kentät sekä niistä kertyneet pisteet (kuva 1). Pelin alussa on tärkeää keskittyä tarinan pohjustamiseen ja tärkeimpien pelisääntöjen opettamiseen. Pelin tarinan tärkeä rooli on asettaa pelaaja leikkisään mielen-tilaan, jotta pelikokemus pysyy hyvänä.

Tarina asettaa pelaajan uuden vihreän logistiikkayrityksen perustajan saappaisiin. Ensimmäisessä kentässä uusi yritys aloittaa toimintansa pienimuotoisesti mopolla, sillä ensimmäinen työtehtävä on kuljettaa kakkuja pienestä leipomosta paikalliseen kahvilaan. Tässä vaiheessa on tärkeää opettaa pelaajalle vain tärkeimmät pelimekaniikat, jotta opittavaa ei tule kerralla liikaa. Oppimisen näkökulmasta on tärkeää vaalia kiireetöntä ja leikkisää mielen-tilaa, jotta oppimisen ilo säilyy (Soanjärvi & Harviainen 2019). Tästä syystä ensimmäinen, tärkein pelimekaniikka, joka opetetaan ensimmäisessä kentässä, on reittien suunnittelu.

Reittien suunnittelulla tarkoitetaan eri kulkuneuvoille asetettavia polkuja, joita pitkin rahtia joko lastataan kyytiin tai puretaan pois. Ensimmäisen kentän pääsee läpi, kun reitti leipomosta kahvilaan on tehty onnistuneesti eli kun kakut on kuljetettu kahvilaan. Tällä tiedolla ja taidolla pelaaja on valmis kohtaamaan seuraavan kentän haasteen.



Kuva 1. Kuvakaappaus pelistä. Kenttävalikossa näkyvät kaikki kentät sekä niistä tienatut pisteet.

Pelin edetessä logistiikkayrityksen koko kasvaa ja pelaaja saa käyttöönsä mopon sijaan rekkoja, laivoja ja jopa lentokoneita. Uusien kulkuneuvojen myötä pelikenttien maastot muuttuvat monipuolisemmiksi ja kaupunkien välimatkat toisistaan kasvavat. Alussa opittu reittien suunnittelu saa rinnalleen muita pelimekaniikkoja, kuten kulkuneuvopäivityksiä ja kaupunkien varastoja, jotka lisäävät peliin jännitystä ja mielenkiintoa. Jokainen uusi opittu pelimekaniikka lisää haastetta peliin mutta myös opettaa pelaajalle uusia puolia logistiikasta, sillä pelimekaniikat on suunniteltu heijastamaan logistiikan suunnittelua todellisuudessa.

Lopulta kenttävalikko, jossa näkyvät pelin kaikki kentät vierekkäin helpoimmasta vaikeimpaan, toimii mittarina opitulle tiedolle: mitä pidemmälle pelaaja on päässyt, sitä enemmän hän on oppinut pelistä ja sitä kautta vihreästä logistiikasta. Oppiminen on jatkuvaa, ja virheistä oppii yrittämällä uudelleen ja kokeilemalla parempia ratkaisuja.

OHJAUKSELLA ETEENPÄIN

Pelin tarina kertoo uuden vihreän logistiikkayrityksen kasvusta, mutta pelaaja ei joudu kulkemaan polkua yksin. Oppimisen kannalta tärkeässä roolissa on neuvonantaja, joka

on pelaajan tukena ensimmäisestä työtehtävästä alkaen. Neuvonantaja on pelaajan kaveri ja mentori.

Neuvonantaja kertoo kenttien tavoitteet ja haasteet pelaajalle sekä antaa palautetta pelisuorituksen mukaan. Hartevelidin ja Sutherlandin (2015) mukaan pelaajat pystyvät arvioimaan omaa osaamistaan suhteessa oikeaan tietotasoonsa, jos he saavat jatkuvaa palautetta suorituksistaan. Tästä syystä neuvonantaja antaa kentän lopussa tilanneraportin pelaajan suoriutumisesta. Kuvassa 2 näkyy, miten neuvonantaja on loppuruudussa tyytyväinen pelaajan onnistuneeseen suoritukseen.



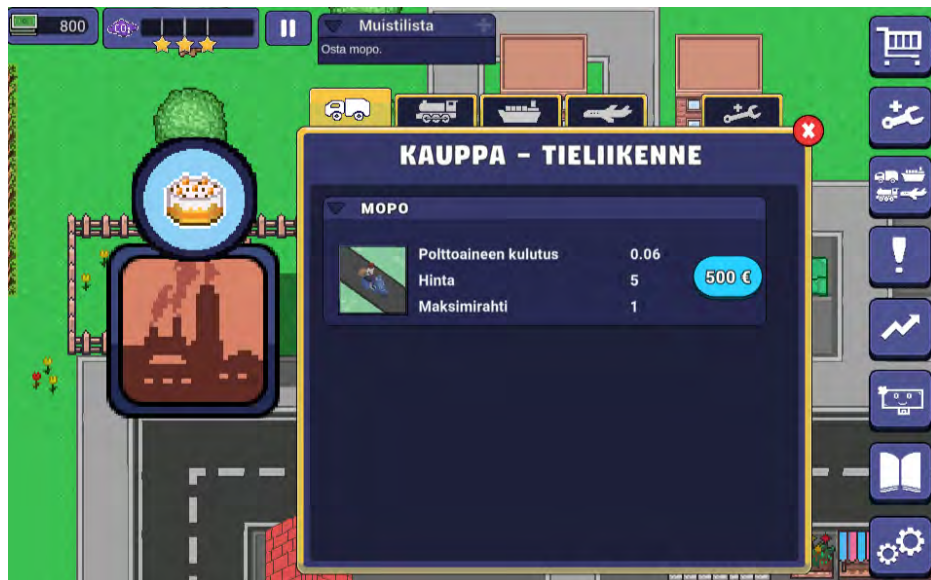
Kuva 2. Kuvakaappaus pelistä. Neuvonantaja kehuu pelaajan hyvää suoritusta.

Neuvonantajan lisäksi pelissä on sisäänrakennettuna kirjasto, joka sisältää pelin säännöt ja ohjeet (kuva 3). Kirjaston voi avata milloin vain. Vaikka neuvonantaja onkin aktiivisessa roolissa sääntöjen opettajana tarinallisuuden näkökulmasta, on tärkeää, että kaikki pelin säännöt ja ohjeet löytyvät koottuina omasta paikastaan. Kirjaston avulla pelaajan ei tarvitse sulkea peliä löytääkseen tietoa.



Kuva 3. Kuvakaappaus kirjastosta, johon on koottu pelin säännöt ja ohjeet.

Kirjaston lisäksi kentässä on visuaalinen muistilista, josta näkyy viimeisin neuvonantajan antama ohje. Muistilistan avulla pelaaja pystyy orientoitumaan takaisin meneillään olevaan tehtävänäntoon. Muistilista näkyy pelaajalle aina, mutta sen voi pienentää halutessaan. (Kuva 4.)



Kuva 4. Kuvakaappaus pelin käyttöliittymästä. Keskellä ylälaidassa on muistilista, jossa näkyy viimeisin neuvonantajan antama ohje.

VALINTOJEN MAAILMA

Zero CO₂ -pelissä tärkeitä teemoja ovat vähähiilisyys ja kestävä kehitys. Pelin nimen mukaisesti siinä on tärkeää vähentää yrityksen hiilidioksidipäästöjä. Pelaajan tekemät valinnat vaikuttavat päästöjen määrään.

Pelaajan pitää tuntea, että hän tekee valinnat vapaaehtoisesti. Valinnat, jotka ovat pelaajan arvojen ja uskomuksien mukaisia, koetaan motivoiviksi. Ilman valinnan vapautta peli menettää merkityksensä, pelaaja taas pahimmassa tapauksessa motivaationsa pelata. (Griffin & van der Meer 2020.)

Pelissä tehtäviä valintoja ovat esimerkiksi pelikentästä ostettavien päivitysten hyödyntäminen, kuten sijoittaminen vihreään polttoaineeseen. Päätös käyttää vihreää polttoainetta maksaa rahaa, mutta myös hyöty näkyy välittömästi, sillä kulkuneuvojen päästöt kertyvät silmin nähden hitaammin.

Vähähiilisyydellä on suora yhteys pelikentistä tienattaviin pisteisiin. Kentistä saa parhaimmat pisteet keskittymällä ekologisuuteen. Jos päästöt kasvavat liian suuriksi, kentästä saa huonot pisteet. Liian huonoilla pisteillä ei saa avattua seuraavaa kenttää, vaan silloin pelaajan pitää yrittää läpäistä sama kenttä uudestaan eri tavalla. Kertyneitä päästöjä mitataan pelinäköymän ylä laidassa sijaitsevalla CO₂-mittarilla. Mittari näkyy kuvassa 4. Kentän reunoille ilmestyy saastepilviä, jos päästöt nousevat liian suuriksi. Tämä toimii pelaajalle visuaalisena muistutuksena siitä, että päästöillä on seurauksia.

Valintoja tehdään myös kenttien loppuruudussa, sillä pelaajalla on vielä mahdollisuus neutralisoida kentästä kertyneitä päästöjä. Pelaaja voi käyttää kentästä tienaamiaan rahoja puiden istuttamiseen, mikä vähentää kertyneitä päästöjä. Tällä tavalla pelaaja voi parantaa pistemääränsä, jos kentän läpäisy on muutamasta pisteestä kiinni. Puiden istuttamisen vaihtoehtona on säästää osa rahoista seuraavaan kenttään, jolloin kertyneitä päästöjä ei hyvitetä.

Ekologisuuteen keskittyminen antaa pelaajalle aina optimaaliset pisteet, hyvien pisteiden kerääminen puolestaan uuden tavan tehdä valintoja. Kenttävalikosta pääsee tutkimaan logistiikkayrityksen taitopuuta (kuva 5), joka on täynnä erilaisia vaihtoehtoja logistiikkayrityksen kehittämiseen ja ekologisempaan tapaan pyörittää yritystä. Yrityksen päivityksiä voi lunastaa kentistä kertyneiden pisteiden avulla.



Kuva 5. Kuvakaappaus pelistä. Yrityksen taitopuu tarjoaa pelaajalle lisää vaihtoehtoja kehittää logistiikkayrityksen toimintaa eri osa-alueilla. Valittuna on ympäristöhaaran ensimmäinen päivitys, joka vähentää kulkuneuvojen päästöjä 10 prosenttia.

Päivitykset on jaettu kolmeen haaraan: yhteistyöhön, ympäristöön ja talouteen. Päivitykset parantavat yrityksen toimintaa pysyvästi näillä osa-alueilla. Pisteiden käyttäminen ympäristöhaaran kehittämiseen pienentää kertyviä päästöjä suoraan, kun taas taloushaara keskittyy taloudelliseen kehitykseen. Pelaajalla on valta päättää, mihin hän omat pisteensä käyttää. Yrityksen päivitykset toimivat myös kannustimena. Jos pelaaja haluaa ostaa kaikki päivitykset, hänen on saatava kaikista kentistä täydet pisteet. Toisin sanoen ekologisuuteen keskittyminen antaa pelaajalle mahdollisuuden kehittää yrityksensä parhaaksi mahdolliseksi.

KÄYTTÖLIITTYMÄ ON SILTA PELIN JA PELAAJAN VÄLILLÄ

”Hyvin suunniteltu käyttöliittymä on kuin kertoisi vitsin.
Jos vitsi pitää selittää, se ei ollut hyvä.” (Canziba 2018.)

Käyttöliittymällä tarkoitetaan pelin kaikkia elementtejä, joiden avulla pelaaja ohjaa peliä, kuten nappeja ja valikkoja. Käyttöliittymä mahdollistaa vuorovaikutuksen pelaajan ja pelin välille. (Myllylä & Pölkki 2021.) Kun ajatellaan pelin käyttöliittymää, ajatellaan yleensä HUDia (Heads-Up Display) eli heijastusnäyttöä, mutta oikeasti pelin käyttöliittymä koostuu useasta eri käyttöliittymätyypistä. Pelisuunnittelussa käyttöliittymätyypit voidaan määritellä kysymällä kaksi kysymystä:

- Ovatko käyttöliittymäelementit osa tarinaa?
- Ovatko käyttöliittymäelementit osa pelin sisäistä maailmaa?

Näiden kysymysten vastausyhdistelmät antavat meille neljä pelin käyttöliittymäluokkaa: diegeettinen (diegetic), ei-diegeettinen (non-diegetic), meta (meta) ja tilaa koskeva (spatial) käyttöliittymä. Fagerholt ja Lorentzon kuvasivat nämä neljä erilaista käyttöliittymätyyppiä ensimmäisen kerran vuoden 2009 *Beyond the HUD: User interfaces for increased player immersion in FPS games* -tutkimuksessaan. Siitä lähtien tätä terminologiaa on käytetty laajasti pelien käyttöliittymäsuunnittelussa. (Godbold 2018.)

Ei-diegeettinen on pelimaailman ulkopuolelle asetettu käyttöliittymä, joka näkyy vain pelaajille. Tästä syystä edellä mainittu HUD on ei-diegeettinen käyttöliittymätyyppi. Zero CO2 -pelissä ruudulla näkyvät isot napit, joista avataan kauppavalikko tai peliasetukset, ovat HUD-käyttöliittymää. Vaikka neuvonantaja ohjaa pelaajaa kaikessa, myös HUDin käytössä, se ei tarkoita sitä, että HUD olisi diegeettinen. Neuvonantaja rikkoo niin sanottua neljättä seinää ja on sen vuoksi tietoinen käyttöliittymästä. Kuvassa 6 näkyy Zero CO2 -pelin käyttöliittymäelementtejä, ja HUD on korostettu punaisella värillä.



Kuva 6. Erilaisia käyttöliittymätyppejä Zero CO2 -pelissä. Kuva: Ronja Pölkki.

Meta-käyttöliittymäelementit ovat osa pelin tarinaa ja pelihahmot ovat tietoisia niistä, mutta niitä ei esitetä suoraan pelimaailmassa. Zero CO2 -pelissä meta-käyttöliittymää on hyödynnetty, kun päästöt nousevat liian suuriksi ja pelinäkömänn reunoille ilmestyy saastepilviä. Saastepilvet kuvataan vain pelaajalle, mutta ne ovat meta-käyttöliittymää, koska pelihahmot ovat jatkuvasti tietoisia päästöistä. Kertyneet päästöt näkyvät myös CO2-mittarissa, joka on osa HUDia.

Myös neuvonantajan puhekuplat, jotka ilmestyvät ruudulle neuvonantajan puhuessa, ovat meta-käyttöliittymäelementtejä. Pelihahmot ja pelaaja ovat tietoisia siitä, mitä neuvonantaja kertoo, mutta puhekuplat eivät ole osa pelimaailmaa. Vain pelaaja näkee puhekuplan ja tekstin sen sisällä – sekä itse neuvonantajan.

Diegeettinen käyttöliittymä sisältyy pelimaailmaan ja sen tarinaan: pelihahmot voivat nähdä sen. Zero CO2 -pelissä diegeettiseksi käyttöliittymäksi voidaan laskea ne kulkuneuvot, jotka kantavat kontteja näkyvästi. Kun kulkuneuvojen, kuten kuorma-autojen ja rekkojen, kyytiin pakkaa kontteja, kontit näkyvät kulkuneuvon perässä. Tämän informaation avulla pelaaja näkee, onko kulkuneuvo kuljettamassa kontteja päämäärään vai palaamassa hakemaan uusia kontteja. Kontit ovat osa pelin maailmaa ja tarinaa, joten ne voidaan laskea diegeettiseksi käyttöliittymäksi.

Myös tilaa koskevat käyttöliittymäelementit ovat osa pelin luomaa maailmaa, mutta pelihahmot eivät ole tietoisia niiden olemassaolosta. Pelinäkyvässä kaupungeja ja tehtaita kuvaavat napit ovat tilaa koskevia käyttöliittymäelementtejä. Tehdas, kuten vehnämylly, on oikeasti olemassa pelimaailmassa, mutta pelaajalle sitä kuvataan napilla.

Raja eri käyttöliittymätyyppien välillä voi hämärtyä riippuen pelin tyylistä tai pelaajan suhteesta neljanteen seinään. Käyttöliittymä on moniselitteinen käsite, mutta sen pää-tarkoitus pelissä on aina vuorovaikutuksen luominen pelaajan ja pelin välille. Erilaisten käyttöliittymätyyppien hyödyntäminen tarjoaa pelaajalle monipuolisesti tietoa ilman, että kaikkea tarvitsee laittaa HUDiin.

ZERO CO2 -PELIN KÄYTTÖLIITTYMÄN SUUNNITTELU

Zero CO2 -pelin käyttöliittymän suunnittelu aloitettiin samoihin aikoihin, kun pelin visuaalinen ilme muodostui. Pelin visuaaliseksi tyyliksi valittiin värikäs, retro pikselitaide.

Ensimmäinen vaihe käyttöliittymän suunnittelussa oli taustatutkimus. Aluksi tutkittiin muita vastaavia pelejä ja niiden käyttöliittymiä. Tällä tavalla pystyttiin sekä hakemaan hyviä esimerkkejä että poissulkemaan huonoja vaihtoehtoja. Käyttöliittymää on turha lähteä luomaan täysin tyhjästä, sillä pelaajat ovat entuudestaan tottuneet tietynlaisiin käyttöliittymiin eri peleissä.

Hyvien malliesimerkkien ja pelin pelisuunnitelman pohjalta rakennettiin ensimmäiset luonnokset käyttöliittymästä. Niissä haetaan käyttöliittymän ulkoasua ja sitä, miten eri ikkunat ja napit toimivat keskenään. Kuvassa 7 näkyy varhainen luonnos kulkuneuvokauppaikkunan käyttöliittymästä. Tämän ikkunan tärkein ominaisuus on listata eri kulkuneuvot ja näyttää niiden tiedot, kuten hinta ja polttoaineen kulutus. Tässä vaiheessa ei ole tarkoitus miettiä värejä tai muotoja, vaan on aika testata käyttöliittymän toimivuutta sisällön kannalta.

Ensimmäisten luonnosten pohjalta käyttöliittymää voi testata myös pelimoottorin puolella. Zero CO2 -peli rakennettiin hyödyntäen Unity-pelimoottoria.



Kuva 7. Luonnos kulkuneuvokaupan ikkunasta. Kuva: Markus Myllylä.

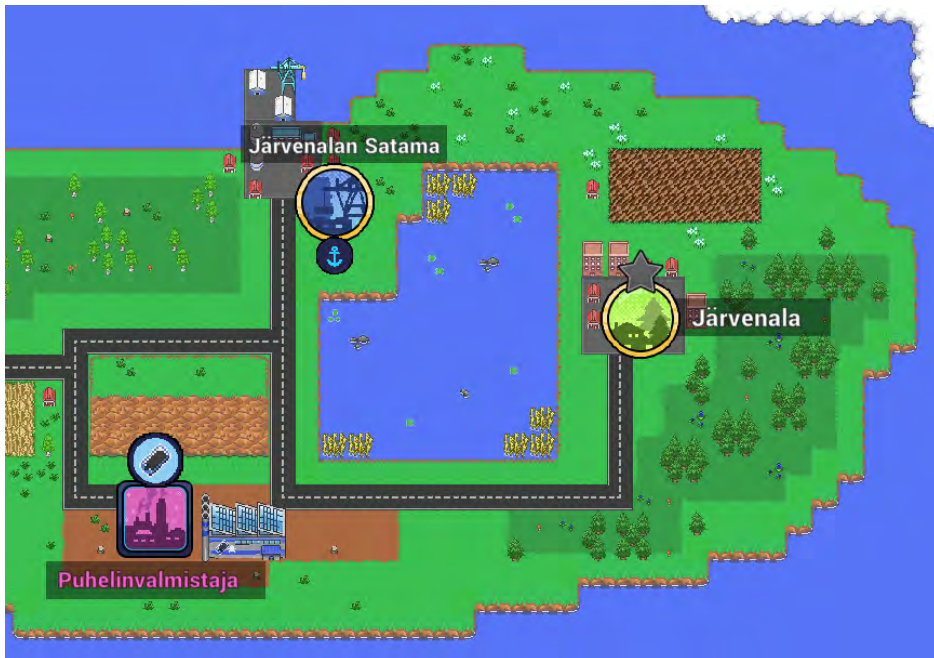
Zero CO2 -peli suunniteltiin käytettäväksi mobiililaitteilla, joten HUDin napit sijoitettiin pelinäkömään oikeaan laitaan ja yläreunaan. Tämä on järkevä ratkaisu, kun ottaa huomioon tavan, jolla pelilaitetta pidetään kädessä. Koska HUD on jatkuvasti esillä, se on järkevää sijoittaa reunoille, missä se ei estä pelikenttää (Godbold 2018). HUDin tärkeimmät napit sijoitettiin oikeaan reunaan, mutta nappien paikkaa voi vaihtaa pelin asetuksista vasemmalle reunalle. Tällä tavalla myös vasenkätiset pystyvät käyttämään nappeja tasavertaisesti.

HUDin lisäksi merkittävässä roolissa ovat napit, jotka visualisoivat eri sijainteja, joihin rahtia kuljetetaan. Näitä sijainteja ovat tehtaat, joissa valmistetaan erilaisia tavaroita, sekä kaupungit, jotka haluavat ostaa tehtaiden valmistamia tavaroita. Kaupungin tai tehtaan napista painamalla aukeaa ikkuna, josta näkee sijainnin tarkempia tietoja, kuten kaupan ja varaston.

Lähtökohtaisesti eri sijaintien välillä liikutaan maantietä pitkin, mutta kaupungissa voi olla myös rautatieasema, lentokenttä tai satama, mikä mahdollistaa tavarankuljettamisen junilla, laivoilla tai lentokoneilla. Esimerkiksi kaupunkiin, jossa on satama, pääsee maantien lisäksi vesistöjä pitkin.

Kaupungin napista näkee suoraan kaupungin tyyppin. Kuvassa 8 on esimerkki pienestä kylästä, johon pääsee vain maantietä pitkin, sekä satamakaupungista, johon pääsee myös

vesistöä pitkin laivoilla. Kaupunkinapin päälle ilmestyy lisäsymboli, jos siellä on satama, rautatieasema tai lentokenttä. Tämä auttaa pelaajaa erottamaan kaupungit toisistaan, mikä puolestaan nopeuttaa reittien suunnittelua. Lisäksi napin grafiikka muuttuu jokaisessa kaupunkityypissä omanlaisekseen.



Kuva 8. Esimerkkejä kaupunkien ja tehtaiden napeista ja niiden lisäsymboleista.

Kaupungissa voi olla myös tehtävä, jonka suorittaminen on edellytys pelikentän läpäisyyn. Tehtävä voi olla tavarankuljetus tehtaasta kaupunkiin. Jos kaupungissa on tehtävä, sen erottaa lisäsymbolista: tähdestä, joka ilmestyy kaupungin napin päälle. Kuvassa 8 näkyy Järvenalan kaupunki, jonka napin päällä on tehtävän lisäsymboli. Lisäsymboleilla on aina oma paikkansa napin ympärillä. Tehtävää visualisoiva tähti ilmestyy aina napin yläreunaan, sataman lisäsymboli taas aina alareunaan, rautatieaseman symboli on vasemmassa reunassa, lentokentän puolesta oikeassa reunassa.

Kaupunkien lisäksi pelikentässä voi olla tehtaita. Myös tehtaalla on oma nappinsa, joka avaa tehtaalle lisätiedot omaan ikkunaan. Tehtaan ikkunasta näkee muun muassa valmistettavien tuotteiden varaston. Koska kaupunkien napit ovat pyöreitä, tehtaiden napeista tehtiin nelikulmaisia. Näin kahdella erityyppisellä sijainnilla on visuaalisesti erilaiset napit. Tehtaan napissa on myös oma lisäsymbolinsa, josta näkee tehtaassa tuotettavan materiaalin.

Kun käyttöliittymän luonnoksen toimivuus on testattu pelimoottorissa, käyttöliittymään lisätään visuaalisen suunnittelun peruselementtejä, kuten värejä, muotoja ja typografia. Kuvassa 9 näkyy ensimmäinen iteraatio käyttöliittymän visuaalisesta tyylistä. Harmaa väripaletti todettiin liian tylsäksi pelin muuhun ilmeeseen verrattuna. Lisäksi vaaleanharmaa käyttöliittymä uppoaa pelikenttien reunoilla sijaitseviin pilviin, jotka rajaavat pelialueen. Toinen ongelma tässä iteraatiossa on sisällön muutos. Kauppaikkunan tiedot muutettiin tekstin sijaan pelkiksi symboleiksi. Vaikka lopputulos on visuaalisesti yksinkertainen ja tiivis, se ei ole yhtä ymmärrettävä kuin teksti. Symbolien käyttäminen on yleensä järkevää ja säästää tilaa näytöllä, mutta tässä tilanteessa käyttäjän ei pidä joutua arvailemaan, mistä on kyse (Godbold 2018).



Kuva 9. Luonnos ensimmäisestä visuaalisesta iteraatiosta.

Kuvassa 10 näkyy käyttöliittymän seuraava iteraatio, joka on väreiltään tummempi. Tummansininen väri toimii hyvin vastapainona kirkkaanvihreälle nurmikolle. Tässä iteraatiossa on myös parannettu sisällön luettavuutta lisäämällä symboleiden tueksi tekstiä ja numeroiden tueksi mittarit. Mittareiden avulla kulkuneuvojen välisiä eroja on helppo vertailla. Käyttöliittymä on myös pyöreämpi, mikä näkyy ikkunoiden reunoissa ja napeissa.

Zero CO2 -pelin käyttöliittymässä on hyödynnetty paljon symboleita, joiden merkitykset ovat yleisesti tunnettuja, kuten asetukset. Symbolit nopeuttavat sisällön tunnistamista eivätkä vie näytöllä yhtä paljon tilaa kuin teksti. (Godbold 2018.)



Kuva 10. Tummempi versio käyttöliittymästä.

Kun käyttöliittymän visuaalinen tyyli todettiin hyväksi, se rakennettiin peliin pelimoottorissa. Pelimoottorin puolella käyttöliittymän testaaminen oli jatkuvaa. Pientä hienosäätöä tehtiin aina, kun kehitettävää löytyi. Esimerkiksi nappien paikkaa tai kokoa saatettiin muuttaa pelitestauksien palautteen pohjalta.

SAAVUTETTAVUUS HUOMIOI ERILAISET KÄYTTÄJÄT

Käyttöliittymäsuunnittelussa saavutettavuuden huomioiminen tarkoittaa erilaisten käyttäjien huomioimista. Yleensä peleissä voi säätää asetuksista musiikkia, ääniä ja käyttöliittymää, kuten vaihtaa nappien paikkaa tai nostaa äänitehosteiden äänenvoimakkuutta. Asetusten monipuolisuus tukee hyvää saavutettavuutta, sillä se huomioi erilaisten käyttäjien tarpeet.

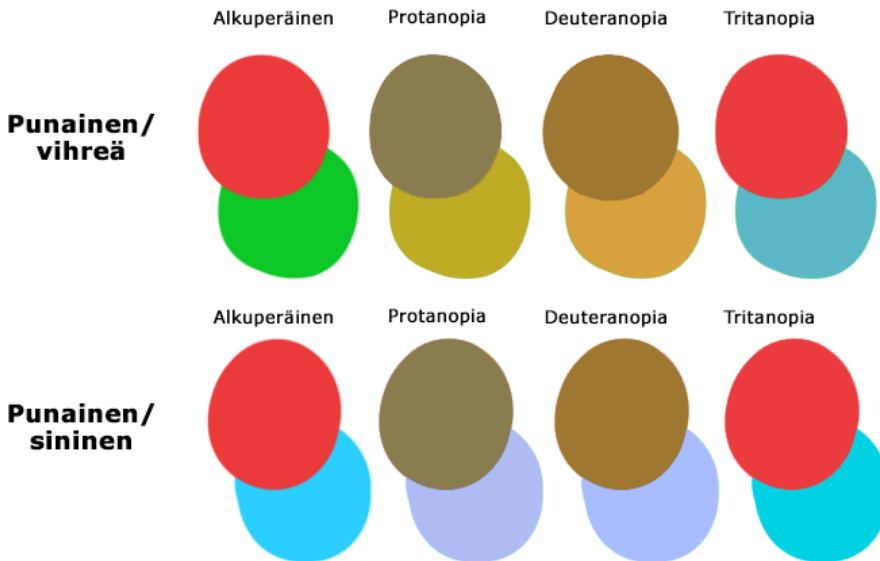
Peleissä voi ilmaista erilaisia tuloksia tai tilanteita värien avulla. Vihreää väriä käytetään usein kuvaamaan positiivista tulosta, punaista puolestaan negatiivista tulosta (Babich 2019). Punaisen ja vihreän käyttäminen näkyy myös oikeassa maailmassa esimerkiksi liikennevaloissa. Punaisen ja vihreän värin käyttäminen voi siis tuntua helpolta ratkaisulta.

On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että puna-vihersokeus on yleinen värinäön häiriö, jota esiintyy 8 prosentilla miehistä ja 0,5 prosentilla naisista (Saarelma 2021). Se hankaloittaa

punaisen ja vihreän erottamista toisistaan. Punaisen ja vihreän värin käyttäminen toimii kuitenkin yleensä hyvin, ja suurin osa ihmisistä erottaa värit toisistaan ilman ongelmia.

Zero CO2 -pelissä käyttöliittymän väripaletti suunniteltiin puna-vihersokeus huomioiden. Huomiovärit punainen ja vihreä muutettiin punaiseksi ja siniseksi. Varoittava huomioväriä eli punaista ei muokattu, koska punainen toimii hyvin kieltovärinä. Neurotieteellisestä näkökulmasta punaisen käyttäminen vaaran tai virheen värinä on järkevää. Aivoissamme suurin osa värinäöstä vastaavista soluista on suunnattu reagoimaan punaiseen väriin. Siksi punainen kiinnittää huomiomme tehokkaasti. Näin ollen voimme vastata punaiseen vihjeeseen nopeammin. (Vetter 2019.)

Vihreä puolestaan mielletään rauhoittavaksi väriksi, kuten myös sininen (Vetter 2019). Vihreä ja sininen ovat molemmat viileitä ja rauhoittavia, joten vihreän muuttaminen siniseksi ei vaikuta kontekstin ymmärtämiseen merkittävästi. Vihreän värin muuttaminen siniseksi vaikutti kuitenkin positiivisesti huomiovärien väliseen kontrastiin. Kun punaisen ja sinisen sekä punaisen ja vihreän väriyhdistelmiä tarkastellaan rinnakkain puna-vihersokeutta mittaavien suodattimien läpi, sininen erottuu luonnollisesti punaisen vierestä vihreää väriä paremmin (Wickline & HCIRN 2001). Kuvasta 11 näkee, kuinka punaisen ja sinisen värin kontrasti toimii hyvin, myös puna-vihersokeiden kohdalla, kun taas punainen ja vihreä sekoittuvat helposti keskenään.



Kuva 11. Miten eri väriyhdistelmät näkyvän puna-vihersokeutta mittaavan suodattimen läpi?

Typografian suunnittelussa on huomioitava myös fontin asetukset. Zero CO2 -pelissä on paljon luettavaa, sillä neuvonantaja ohjeistaa kirjallisesti. Lisäksi pelin kirjastossa on useita kappaleita tekstiä eri aiheista. Kirjastossa on hyödynnetty kuvia tukemaan tekstiä, mutta ohjesisältö on pääasiassa tekstin muodossa.

Peliin valittiin muutamia eri fontteja, jotka kaikki ovat päätteettömiä. Päätteettömät fontit ovat selkeitä, ja niitä kannattaa suosia (Papunet s.a.). Liian kiemuraiset tai epätasaiset kirjasinperheet vaikeuttavat tekstin luettavuutta varsinkin, jos käyttäjällä on lukihäiriö.

Saavutettavuus on tärkeä osa hyvää pelisuunnittelua – silloin erilaisten käyttäjien erilaiset tarpeet on otettu huomioon. Tässä artikkelissa oli muutamia esimerkkejä Zero CO2 -pelin käyttöliittymäsuunnittelusta sekä siitä, miten oppimisen menetelmät näkyvät pelisuunnittelussa. Zero CO2 -peli on suunniteltu toimimaan logistiikan opetuksen työvälineenä peruskouluissa.

LÄHTEET

Babich, N. 2019. Using red and green in UI design. Blogi. Päivitetty 17.1.2019. Saatavissa: <https://uxplanet.org/using-red-and-green-in-ui-design-66b39e13de91?gi=6631182a8ee6> [viitattu 15.11.2021].

Canziba, E. 2018. Hands-on UX design for developers: Design, prototype, and implement compelling user experiences from scratch. Birmingham: Packt Publishing. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 15.11.2021].

Fagerholt, E. & Lorentzon, M. 2009. Beyond the HUD: User interfaces for increased player immersion in FPS games. Chalmers University of Technology. Master of Science Thesis. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/111921.pdf> [viitattu 15.11.2021].

Godbold, A. 2018. Mastering UI development with unity: An in-depth guide to developing engaging user interfaces with Unity 5, Unity 2017, and Unity 2018. Birmingham: Packt Publishing. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 15.11.2021].

Griffin, D. & van der Meer, A. 2020. Press start: Using gamification to power-up your marketing. Lontoo: Bloomsbury Publishing. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 15.11.2021].

Harteveld, C. & Sutherland, S. 2015. The goal of scoring: Exploring the role of game performance in educational games. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://web.northeastern.edu/casperharteveld/pubs/Scoring_CHI2015.pdf [viitattu 15.11.2021].

Myllylä, M. & Pölkki, R. 2021. Miten käyttöliittymäsuunnittelulla voi vaikuttaa pelin saavutettavuuteen? *READ 2*. Verkkolehti. Saatavissa: <https://read.xamk.fi/2021/logistiikka-ja-merenkulku/miten-kayttoliittymasuunnittelulla-voi-vaikuttaa-pelin-saavutettavuuteen/> [viitattu 15.11.2021].

Nadolny, L. Alaswad, Z. Culver, D. & Wang, W. 2017. Designing with game-based learning: Game mechanics from middle school to higher education. *Simulation & Gaming* 6, 814–831. Verkkolehti. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 15.11.2021].

Papunet s.a. Tekstin koko ja kirjasintyyppi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://papunet.net/saavutettavuus/tekstin-koko-ja-kirjasintyyppi> [viitattu 15.11.2021].

Saarelma, O. 2021. Värisokeus ja poikkeava värinäkö. Lääkärikirja Duodecim. WWW-dokumentti. Päivitetty 14.6.2021. Saatavissa: <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00347> [viitattu 15.11.2021].

Soanjärvi, N. & Harviainen, T. 2019. Pelaamalla oppiminen ja pelien opetuskäyttö. Teoksessa Tossavainen, T., Harvola, A., Sohn, V., Marjomaa, H., Meriläinen, M., Tuominen, P., Korhonen, H. & Göös, P. (toim.) Pelikasvattajan käsikirja 2, 139. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://pelikasvatus.fi/pelikasvattajankasikirja2.pdf> [viitattu 15.11.2021].

Vetter, C. 2019. The effects of color on behavior. Blogi. Päivitetty 5.12.2019. Saatavissa: <https://neurofied.com/effects-of-color-on-behavior/> [viitattu 15.11.2021].

Wickline, M. & HCIRN. 2001. Coblis – Color Blindness Simulator. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.color-blindness.com/coblis-color-blindness-simulator/ [viitattu 15.11.2021].

Ohjelmoijat Janne Raunila ja Tarita Karhulahti kertovat haastattelussa ohjelmoinnista sekä työstään Zero CO2 -hankkeessa.

AVAINSANAT:

- TKI-toiminta
- ohjelmointi
- pelisuunnittelu



4 KIELENÄ KOODI – OHJELMOIJEN HAASTATTELU

Riina Hämäläinen

Ohjelmointi – kun kaikki toimii, helposti jopa ulospäin näkymätön osa kehitystyötä. Havaitsemme ohjelmointityön kriittisyyden kuitenkin heti, kun jokin, esimerkiksi pelin osa-alue tai ominaisuus, ei toimi haluamallamme tavalla. Ohjelmoijan päälle kaadetaan usein kuorma-autoittain visioita, toiveita ja tarpeita, joihin tulisi pystyä vastaamaan – mielellään vaikka heti. Ohjelmoijan tärkeä ominaisuus on pystyä rakentamaan dialogiin osana tiimiä. Hänen roolinaan on usein toimia realistisena järjen äänenä luovassa TKI-työssä: mikä oikeasti on mahdollista aikaresurssien puitteissa?

Zero CO2 -hankkeessa ohjelmointia ovat toteuttaneet pääohjelmoija Janne Raunila (kuva 1) sekä ohjelmoija Tarita Karhulahti (kuva 2). Nyt he avaavat lyhyesti haastattelussa, mitä ohjelmointi hanketyössä tarkoittaa ja miten se näkyy erityisesti Zero CO2 -pelissä.

Janne Raunila

”Palkitsevin tunne tulee siitä, kun löytää ratkaisun ongelmaan, johon ei ole aikaisemmin törmännyt.”



Kuva 1. Kuva ohjelmoijasta.

Kerro lyhyesti työtehtävistäsi Zero CO2 -hankkeessa.

Pääasiassa työtehtäviini ovat kuuluneet ohjelmointi ja koodin suunnittelu sekä pelitestausta. Lisäksi olen osallistunut pelisuunnitteluun pelisuunnittelijoiden apuna, jotta toteutuksessa on voitu ottaa huomioon myös tekninen näkökulma.

Mitä ohjelmointi mielestäsi on?

Ohjelmointi on ohjeiden kirjoittamista. Ilman ohjeita tietokone on älykkyydeltään kiven tasoa. Ohjelmoinnin avulla annat tietokoneelle ohjeet, miten toimia, ja tietokone tekee kaiken tasan niiden ohjeiden mukaan.

Mitä ominaisuuksia hyvältä ohjelmoijalta vaaditaan?

Yksi tärkeimmistä asioista on halu oppia uutta, sillä ei ole ollut kovinkaan montaa päivää, jolloin en olisi oppinut uutta ohjelmoinnista. Ohjelmoijan pitääkin olla valmis oppimaan asiat monta kertaa. Ohjelmoija tarvitsee hyvät tiedonhankintataidot, sillä esimerkiksi kaikkia metodeja ei voi oppia ulkoa. Tarvitaan myös ongelmanratkaisukykyä sekä kykyä pelkistää ajatukset yksinkertaisiksi ohjeiksi. Lisäksi työssä tarvitaan kärsivällisyyttä, koska ohjelmoinnissa tehdään koko ajan myös virheitä, joita sitten pitää korjata. Varsinainen koodin kirjoittaminen ei vie paljon aikaa, mutta esimerkiksi ajatustyö, ongelmien ratkaiseminen ja niiden kirjaaminen ylös ovat aikaa vieviä puuhia.

Miten mielestäsi luodaan onnistunut peli ohjelmoinnin näkökulmasta?

Riittävät resurssit ja huolellinen suunnittelu ovat keskeisiä asioita ohjelmoinnin näkökulmasta. Etukäteen resurssien tarve usein aliarvioidaan, mikä johtuu myös siitä, että pelit tahtovat kasvaa. Hankkeessa olisi siis tärkeää suunnitella peli tarkasti ja hyvin ennen toteutuksen aloitusta. Huolellisen suunnittelun jälkeen olisi hyvä pyrkiä välttämään suuria muutoksia, jotta työmäärä olisi paremmin suunniteltavissa etukäteen. Toisaalta on haastavaa suunnitella peliä valmiiksi ennen hankkeen aloitusta. Lisäksi ohjelmoinnin näkökulmasta tärkeä on hyvin rakennettu aikajana, jossa on mahdollisimman vähän katkoksia. Katkeamaton työ mahdollistaa flow-tilan.

Mitä haasteita pelisuunnittelussa ja pelin kehitystyössä on ohjelmoinnin näkökulmasta?

Ohjelmointityö on itsessään haasteiden ratkaisemista toisensa jälkeen. Sinulla on ongelma, joka pitää ratkaista. Vastauksia ongelmiin on aina monta, ja tavoitteena on löytää järkevä ratkaisu.

Paljon puhutut bugit: haasteita vai mahdollisuuksia?

Molempia. Bugit tulevat aina yllätyksinä, koska kukaan ei kirjoita niitä peliin tai ohjelmaan tarkoituksella. Bugin aiheuttajan löytäminen ja ratkaisun keksiminen ovat haasteita. Toisaalta bugi on mahdollisuus oppia jotakin uutta. Se on mahdollisuus oppia esimerkiksi, miten kirjoitetaan parempaa koodia tai missä tulee tehtyä helpommin virheitä.

Mitkä asiat ovat mielestäsi onnistuneet hyvin Zero CO2 -pelin kehitystyössä?

Peli on onnistunut kokonaisuudessaan hyvin, kun huomioidaan toteutuksen aikataulu. Mielestäni tiimi on siis onnistunut työssään. Aina voi toki parantaa, mutta kaiken kaikkiaan pelistä tuli sekä hyvännäköinen että hyvin toimiva. Oman työni kannalta olen erityisen tyytyväinen kirjoitettuihin järjestelmiin, jotka toimivat hyvin myös sisällöntuotannon näkökulmasta.

Jälkiviisaus: mitä Zero CO2 -pelin suunnittelun osalta olisi voitu tehdä vielä paremmin?

Panostaisin vielä enemmän pelin ja ohjelmoinnin suunnitteluun ja resursseihin jo heti hankkeen alussa. Oman työni eli ohjelmoinnin näkökulmasta tekisin paljon toisin, mutta hyvä lopputulos ratkaisee.

Kerro lopuksi vielä paras muistosi Zero CO2 -hankkeesta.

Työn palkitsevuus itsessään. Pidän ohjelmoinnista ja sen palkitsevuudesta, joten on vaikeaa nostaa esille yhtä parasta muistoa. Palkitsevin tunne tulee siitä, kun löytää ratkaisun ongelmaan, johon ei ole aikaisemmin törmännyt.

Tarita Karhulahti

”Peli näyttää visuaalisesti hyvältä. Grafiikka mukailee kauniisti koko peliä aina käyttöliittymästä pikseligrafiikkaan, ja koko paketin nivoo vielä hyvin yhteen peliin suunniteltu musiikkimaailma.”



Kuva 2. Kuva ohjelmoijasta.

Kerro lyhyesti työtehtävistäsi Zero CO2 -hankkeessa.

Omat ohjelmoinnin työtehtäväni ovat pääsääntöisesti liittyneet UI-elementteihin eli siihen, mitä käyttäjä näkee ruudussa. Zero CO2 -pelissä UI-elementtejä ovat esimerkiksi erilaiset nappulat ja aukeavat ikkunat, joihin olen tehnyt uusia elementtejä. Olen myös testauttanut ja testannut peliä itse ja kirjoittanut sen pohjalta raportteja pelin kehitystyötä varten. Lisäksi ylläpidän pelin uusinta versiota palvelimella sekä teen bugien korjausta ja graafista suunnittelua hankkeelle.

Mitä ohjelmointi mielestäsi on?

Ohjelmoijan tehtävänä on saada ulospäin näkyvät asiat toimimaan. Käyttäjät eivät useinkaan ajattele ohjelmointia, sillä hänelle näkyy lähinnä graafinen työ. Käyttäjän onkin usein vaikea havaita, kuinka paljon asioita ohjelmiston taakse on ohjelmoitu. Usein ohjelmoijan työpanos tulee näkyväksi vasta, kun asiat eivät toimi halutulla tavalla.

Mitä ominaisuuksia hyvältä ohjelmoijalta vaaditaan?

Kommunikaatiotaidot sekä kyky ja halu oppia uutta tekevät hyvän ohjelmoijan. Asiat kehittyvät koko ajan, ja projektit ovat erilaisia. Tässä työssä oppii ja pitää oppia joka päivä uutta. Olen itsekin oppinut todella paljon Zero CO2 -hankkeen aikana.

Tulit Zero CO2 -hankkeeseen sen jo ollessa käynnissä. Mitä asioita se vaati?

Samalla tavalla kuin me ihmiset olemme erilaisia myös jokainen ohjelmoija on erilainen. Ohjelmointia voi siis toteuttaa todella monella eri tavalla, ja tutustuminen toisen tapaan rakentaa asioita vie oman aikansa. Kun tulee mukaan jo aloitettuun projektiin, pitää myös osata mukautua olemassa olevaan toteutukseen. Toisaalta kukaan ei varmasti työskentele koko työuraansa samantyyllisen ohjelmoijan kanssa, joten oppimiskyky ja itsensä haastaminen ovat myös tästä kulmasta tärkeitä asioita.

Miten mielestäsi luodaan onnistunut peli ohjelmoinnin näkökulmasta?

Ohjelmoinnin näkökulmasta olisi tärkeää, että jo projektin suunnitteluvaiheessa pöydän ääressä istuisi visuaalisen osaajan lisäksi ohjelmointitaitoinen henkilö. Ohjelmoija saattaa välillä lyödä jarruakin hienon visuaalisen suunnitelman päälle. On siis tärkeää suunnitella yhdessä, mitä on mahdollista tehdä olemassa olevien resurssien puitteissa.

Lisäksi oman työn suunnittelun kannalta olisi tärkeää päästä jo suunnitteluvaiheessa tekemään täsmäntäviä kysymyksiä. Otetaan esimerkiksi peliin suunniteltu liikkuva objekti: pystyykö objekti klikkaamaan, ja mitä sitten tapahtuu? Nämäkin asiat vaikuttavat kokonaisuuteen.

Mitä haasteita pelisuunnittelussa ja pelin kehitystyössä on ohjelmoinnin näkökulmasta?

Myös ohjelmoijan työssä aika ja resurssit ovat isoja haasteita. Jos esimerkiksi pelihankkeessa on ainoastaan yksi ohjelmoija, toteutuksen aikaikkuna voi olla todella tiivis.

Paljon puhutut bugit: haasteita vai mahdollisuuksia?

Vähän molempia. Bugit voivat välillä olla todella vaikeita korjata. Kaikkia bugeja ei välttämättä edes pysty korjaamaan resurssien puitteissa, jolloin niitä pitää priorisoida. Useinhan bugit johtuvat siitä, että on itse tehnyt jonkin hassun virheen. Silloin onkin palkitsevaa, kun löytää bugin ja saa sen myös korjattua.

Mitkä asiat ovat mielestäsi onnistuneet hyvin Zero CO2 -pelin kehitystyössä?

Peli näyttää visuaalisesti hyvältä. Grafiikka mukailee kauniisti koko peliä aina käyttöliittymästä pikseligrafikkaan, ja koko paketin nivoo vielä hyvin yhteen peliin suunniteltu musiikkimaailma. Mielestäni toteutuksesta voi olla ylpeä. Se on näyttävä kokonaisuus. Oman työpanokseni osalta olen erityisen tyytyväinen siihen, että pääsin nopeasti sisälle hankkeen ohjelmointiin.

Jälkiviisaus: mitä Zero CO2 -pelisuunnittelun osalta olisi voitu tehdä vielä paremmin?

Jälkikäteen tarkasteltuna esimerkiksi joitakin peliin liittyviä toimintoja olisi voinut helpottaa tai automatisoida. Jos koko pelin tekeminen aloitettaisiin alusta, suunnitteluvaiheessa voisi selvittää vielä enemmän kohderyhmän pelitottumuksia eli mitä pelitrendejä on. Erityisesti nuorilla on aina pelitrendejä, joiden ympärille teeman voisi rakentaa.

Kerro lopuksi vielä paras muistosi Zero CO2 -hankkeesta.

Ei ole vain yhtä hyvää muistoa. Esimerkiksi omat onnistumisen kokemukseni ohjelmoinnissa antoivat todella hyvän fiiliksen. Lisäksi tapasin hankkeen aikana huikeita ja samanhenkisiä tyyppisiä.

Riina Hämäläinen pohtii artikkelissaan ympäristökasvatusta ja sen suhdetta pelillisyyteen. Lisäksi artikkelissa avataan Zero CO2 -pelistä saatuja testauspalautteeseen perustuvia kokemuksia.

AVAINSANAT:

- **ympäristökasvatus**
- **pelillisuus**
- **Zero CO2 -hanke**



5 YMPÄRISTÖKASVATUS PELILLISENÄ MENETELMÄNÄ

Riina Hämäläinen

Käsillä oleva ilmaston lämpeneminen sekä ympäristöuhat ovat tuoneet mukanaan tarpeen kehittää myös ympäristökasvatusta vastaamaan aikakautemme keskeisiin haasteisiin. Erityisesti lasten ja nuorten ympäristösuhteen näkökulmasta on erittäin tärkeää kehittää luovia, innovatiivisia opetusmenetelmiä, joiden kautta ympäristö- ja ilmastokysymyksiä voidaan käsitellä ikäryhmätasoisesti mutta myös kannustavasti, hauskasti ja ratkaisukeskeisesti. EAKR-rahoitteisessa Zero CO₂ -hankkeessa tematiikkaa lähestyttiin kehittämällä 9–13-vuotiaille koululaisille suunnattu digitaalinen oppimispeli vihreän logistiikan ja liikenteen ympärille. Zero CO₂ -pelissä tavoitteena on logistiikan pelillistämisen ja visualisoinnin kautta käsitellä ympäristöön ja ilmastonmuutokseen liittyviä riskejä ja ongelmia. Samalla myös haluttiin havainnollistaa pelaajalle syy-seuraussuhteita ja vaikutusmahdollisuuksia sekä kasvattaa ympäristötietoisuutta liikenteen ja logistiikan näkökulmasta. Tässä artikkelissa avaan lyhyesti ympäristökasvatusta, sen suhdetta pelillisyyteen sekä Zero CO₂ -pelistä saatuja kokemuksia kerätyn palautteen perusteella.

TAVOITTEENA YMPÄRISTÖTIETOISUUDEN VAHVISTAMINEN

Ympäristötietoisuuteen liittyvästä kasvatuksesta käytetään lukuisia eri termejä. Käytettyjä käsitteitä ovat esimerkiksi *ekososiaalinen sivistys*, *ympäristökasvatus*, *ympäristötietoisuus*, *kestävän kehityksen kasvatus* ja *kestävyykskasvatus*. Käsitteet operoivat saman tematiikan ympärillä, mutta niillä voidaan katsoa olevan erilaisia nyanssi- ja tulkintaeroja. Esimerkiksi käsitteitä *ympäristökasvatus* ja *kestävän kehityksen kasvatus* käytetään synonyymeinä, rinnakkaisina käsitteinä sekä toistensa osa-alueina (Cantell ym. 2020, 16). Ympäristöministeriön (2015) tuottaman raportin mukaan ympäristökasvatuksessa painotetaan kestävän kehityksen ekologista ulottuvuutta, mutta varsinaisen kestävän kehityksen kasvatuksen tavoite on vahvistaa elinikäistä oppimisprosessia, jossa tulevat huomioiduiksi ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys. Myös Suomen ilmastopaneelin raportti (Ratinen ym. 2019, 4) tiivistää kestävän kehityksen kasvatuksen elinikäisen oppimisprosessin tukemiseksi, jossa esimerkiksi arvot ja toimintatavat noudattavat kestävän kehityksen osa-alueita. Sen sijaan ilmastokasvatus määritellään spesifimmäksi osa-alueeksi, joka sijoittuu niin ympäristökasvatukseen, kestävän kehityksen kasvatukseen kuin ekososiaalisen sivistyksen kentälle. Sen ydin on ilmastonmuutosilmion ymmärtämisen ohella toiminnallisuuden, osallisuuden ja vaikuttamisen tukeminen (Open ilmasto-opas s.a.). Kaiken kaikkiaan

ympäristötietoisuustematiikan ympärillä oleva kasvatus on vielä käsitteviidakko, joka kaipaavaa tulevaisuudessa tarkempaa määrittelyä. Tässä artikkelissa käytän kuitenkin käsitettä *ympäristökasvatus*, sillä se kuvaa nähdäkseni parhaiten Zero CO₂ -pelin ympärillä tehtyä kehitystyötä ja sen taustaa.

Ympäristökasvatuksen kehityksen ja kehittämisen taustalla on vaikuttanut muun muassa huoli ympäristöstä ja sen tulevaisuudesta. Kansainvälisesti tarkasteltuna ympäristökasvatuksen juuret palautuvat 1960-luvulle, mutta esimerkiksi Suomessa ympäristökasvatus nousi ensimmäisen kerran opetussuunnitelmaan vasta 1980-luvulla. (Cantell ym. 2020, 10–16.) Tämä onkin ymmärrettävää, sillä myös ympäristöherätys rantautui Suomeen hieman kansainvälistä aaltoa myöhemmin. Varsinaisen ympäristöherätyksen katsotaan Suomessa alkaneen vuoden 1979 Kojjärven tapahtumista (Cantell ym. 2020, 11).

Vaikka ympäristökasvatus otettiin Suomessa osaksi opetussuunnitelmaa 1980-luvulla, varsinaiset ilmastomuutokseen liittyvät tavoitteet ja kysymykset ottivat paikkansa vasta huomattavasti myöhemmin. Ne otettiin perusopetuksen opetussuunnitelmaan vasta vuonna 2016 ekososiaalisen sivistyksen kautta. Tuolloin keskeisiksi nousivat muun muassa kestävä elämäntapa sekä ilmastomuutoksen ymmärtäminen ilmiönä ja sen hillitseminen. (Open ilmasto-opas s.a.) Käännettä voidaan pitää osana laajempaa yhteiskunnallista kehitystä, sillä muutos ajoittuu yhtenevästi esimerkiksi Suomessa vuonna 2015 hyväksytyyn ilmastolain sekä vuoden 2015 Pariisin ilmastokokouksen kanssa, jossa solmittiin kansainvälinen ilmastopimus. Pariisin ilmastopimuksen keskeisenä sisältönä oli tavoite, jonka mukaan maapallon keskilämpötilan nousua pitäisi pystyä hillitsemään siten, että se pysyy alle kahdessa asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan. Samassa yhteydessä määriteltiin muun muassa päästövähennystavoitteita. (Ympäristöministeriö s.a.)

PELILLISYYDEN MONET MAHDOLLISUUDET

Pelillisyyksensä on käsitteenä varsin laaja, ja digitaaliset pelit ovat vain yksi osa tätä kokonaisuutta. Toisaalta pelillisyyden tiedetään olevan oppimismenetelmänä vanha: ensimmäinen tunnistettu opetuskäyttöön suunniteltu peli on kehitetty jo yli 200 vuotta sitten (Harviainen ym. 2013, 8, 64). Ajatukset pelien roolista lasten ja nuorten elämässä ovat kuitenkin moninaisia ja jopa jakautuneita. Lasten ja nuorten pelikäyttäytyminen herättää osaltaan huolta, mutta samanaikaisesti tiedetään, että esimerkiksi opetuskäytössä olevat pelit ovat parhaimmillaan hyödyllisiä, oppimista tukevia menetelmiä. Esimerkiksi Harviainen ym. (2013, 8) toteavat: ”Digitaalinen pelikulttuuri on jatkumoa kaikille muulle leikille sekä peleille, jotka ovat osa lapsien ja nuorten kasvua yksilöksi sekä vertaisryhmän ja yhteiskunnan jäseneksi.” Lisäksi motivaation tiedetään olevan keskeinen osa oppimisprosessia. Mustosen ja Korhosen (2019, 4) mukaan laadukkaat digitaaliset pelit toimivat ympäristöinä, jotka nimenomaan kannustavat muun muassa oppimaan. Näin ollen on varsin perusteltua ja hyödyllistä kehittää digitaalisia pelejä tukemaan oppimista ja opetusta, kunhan niiden

toteutuksessa huomioidaan hyvä suunnittelu ja laadukas sisältö. Lisäksi motivoitunut opettaja on tärkeä osa kokonaisuutta oppimisprosessin näkökulmasta.

Tutkimuksissa on selvitetty, mitkä asiat tukevat kasvamista aktiiviseksi ympäristökansalaiseksi. Tulosten perusteella keskeinen osa prosessia on luonnollisesti omakohtainen luontokokemus. Silti myös sosiaalisesti koettu luonto, jossa luontokokemus jaetaan, sekä asenteet ympäristöön tukevat kasvua. (Cantell ym. 2020, 59–60.) Pelilliset elementit eivät ymmärrettävästi voi tarjota autenttista luontokokemusta, mutta nähdäkseni digitaaliset pelit voidaan rinnastaa fiktiivisiin ympäristöihin, joilla on tutkitusti vaikutusta ympäristösuhteeseen ja sen kehittymiseen. Fiktiiviset ympäristöt, kuten sadut ja elokuvat, voivat vaikuttaa ympäristökäsityksen kehitykseen erityisesti, jos niitä voidaan käsitellä suhteessa todellisiin ympäristöuhkiin (Cantell ym. 2020, 66–67). Näin ollen myös digitaaliset oppimispelit voivat osaltaan tarjota alustan lasten ja nuorten ympäristösuhteen kehitykselle sekä antaa välineen keskusteluihin teeman ympärillä esimerkiksi opetustilanteissa.

Kouluille suunnatuissa digitaalisissa oppimispeleissä ensisijaisen tärkeää on häiveoppimista tukeva laadukas, mielenkiintoinen sisältö. Esimerkiksi peliguru Peter Vesterbacka totesi Ylen haastattelussa vuonna 2016: ”Tällaisessa häiveoppimisessä nuori ei edes tajua oppivansa, vaan se tapahtuu salakavalasti. Se on tehokas ja hauska tapa oppia.” Samassa yhteydessä Vesterbacka kuitenkin muistutti, että oppimisen ytimessä on silti peli, joka on aidosti hyvä. (Laihonen 2016.) Hyvän pelin ohella myös opettajien rooli osana pelikokemusta ja oppimista on merkittävä. Koskinen ym. (2014, 33) tuovat artikkelissaan esille Watsonin ym. näkemykset, joiden mukaan opettaja on ikään kuin silta, joka yhdistää pelimaailman todellisuuteen. Esimerkiksi ympäristöongelmat ja ilmastonmuutos ovat hankalia ja monimutkaisia kokonaisuuksia, joiden hahmottaminen voi olla alakouluikäisille vaikeaa. Näin ollen ympäristökasvatuspeli on hyvä väline, jonka avulla opettaja voi avata keskustelua teeman ympärillä esimerkiksi refleктоimalla pelissä tapahtuneita asioita. Oppimispelit eivät ole vain välineoppia, vaan niiden yhtenä tarkoituksena on toimia keskustelun herättäjinä (Koskinen ym. 2014, 33).

Hankkeessa kehitetty Zero CO2 -peli on pelillinen menetelmä, jonka tarkoituksena on auttaa pelaajaa hahmottamaan logistiikkaa ja liikennettä sekä niihin liittyviä valintoja ympäristön näkökulmasta. Zero CO2 -pelissä on huomioitu 3.–6. luokille suunnatun opetussuunnitelman mukaisia tavoitteita, kuten kestävä kehityksen kysymyksiä sekä niihin liittyviä vaikuttamismahdollisuuksia omien valintojen kautta (Opetushallitus 2014, 158–159, 229). Zero CO2 -pelissä esimerkiksi syy-seuraussuhteet konkretisoituvat pelaajan tekemien valintojen perusteella. Tehdyt valinnat vaikuttavat pelin etenemiseen ja päästöjen hallintaan. Suomen ilmastopaneelin mukaan olennaista alakoulun ilmastokasvatuksessa onkin syy-seuraussuhteiden osoittaminen, mikä auttaa hahmottamaan ilmiötä syvemmin (Rätinen ym. 2019, 19). Liikenne ja logistiikka ovat perusteltu sisällöllinen valinta, sillä ne koskettavat vähintään välillisesti meitä kaikkia. Samalla on hyvä huomioida, että peräti

20 prosenttia Suomen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu liikenteestä, ja tästä osuudesta jopa 90 prosenttia tulee tieliikenteestä (Väylävirasto s.a.). Kyseessä on siis tärkeä osa päästöjen vähentämistä, mikä niin ikään perustelee tehtyjä sisällöllisiä valintoja.

KOKEMUKSIA ZERO CO2 -PELISTÄ

Kaiken kaikkiaan Zero CO2 -peliä testasi hankkeen aikana hieman alle 250 koululaista, opettajaa, opiskelijaa, yritysedustajaa sekä muuta alalla vaikuttavaa toimijaa. Testeistä vastasi pääosin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Zero CO2 -hanketiimi, mutta testauksia pelin kohderyhmän koululaisille toteutettiin myös Itä-Suomen yliopiston pro gradu -tutkimuksiin liittyen. Hankehenkilöstö keräsi palautetta pääasiallisesti anonyymien Webropol-kyselyiden kautta. Pelitestaukset antoivatkin arvokasta palautetta, jonka avulla peliä pystyttiin kehittämään ja viimeistelemään aina hankkeen loppuun saakka. Vaikka testaukset toteutettiin pitkäkööllä aikajänteellä, palautteista nousi kaiken kaikkiaan esille samankaltaisia havaintoja kaikista kohderyhmistä. Seuraavat palautteet ovat nousseet esille Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun organisoimien testausten pohjalta.

Arvioitaessa Zero CO2 -hankehenkilöstön keräämää palautetta kokonaisuutena esille tuli, että ympäristökasvatusta tukevalle digitaaliselle pelille on sekä tarvetta että tilausta. Pelin idea ja pelikokemus itsessään saivat paljon positiivista palautetta eri testausryhmissä. Myös pelin grafiikan ja ulkoisen ilmeen toteutuksen osalta oli onnistuttu hyvin, sillä esimerkiksi kohderyhmän koululaisista 70 prosenttia piti pelin grafiikasta. Hankehenkilöstön keräämän palautteen perusteella Zero CO2 -pelin keskeisimpiä kehityskohteita olivat peliohjeiden selkeys sekä ajoittain hidas tempo. Palautteisiin reagoitiin mahdollisuuksien puitteissa muun muassa toteuttamalla tutorial-video ja lisäämällä peliä nopeuttava toiminto. Näin ollen pelikokemusta parantavia tekijöitä hiottiin aivan hankkeen loppumetreille saakka.

Nähdäkseni ehkä tärkein yksittäinen havainto kuitenkin on, että Zero CO2 -hankkeen toteuttamien koulutestausten perusteella peräti 80 prosenttia kohderyhmän oppilaista piti peliä erittäin hauskana tai hauskana pelata. Palaute on tärkeää, kun digitaalista oppimispeliä ja oppimisprosessia tarkastellaan motivaation näkökulmasta. Kaiken kaikkiaan palautteen perusteella voidaan sanoa, että Zero CO2 -pelin kehitystyössä onnistuttiin hyvin. Lisäksi voidaan todeta, että tulevaisuudessa on hyvä jatkaa digitaalisten opetuspelien kehitystyötä myös ympäristökasvatuksen saralla, sillä pelit antavat mahdollisuuden käsitellä asioita uudesta kulmasta.

LOPUKSI

Zero CO2 -hankkeessa kehitettiin pelillinen toimintaympäristö, joka toimii myös inspiraationa siitä, miten moninaisia, motivoivia ja hauskoja menetelmiä ympäristöteeman ympärille voidaan kehittää opetuksen tueksi. Digitaaliset pelit eivät voi korvata autenttista luontokokemusta, mutta ne voivat tukea luontosuhteen kehittymistä opetuskäytössä. Opettaja pystyy hyödyntämään ympäristökasvatuksen ympärille kehitettyä peliä esimerkiksi reflektiokeskustelujen kautta, mutta hyvä peli tukee häiveoppimista myös itsessään. Toisaalta tiedetään, että kaiken kaikkiaan oppimispeleille on olemassa tarve. Sitä tuki myös hankkeen henkilöstön keräämä palaute. Pelillisyyden ja pelien hyödyntäminen kouluympäristössä onkin kasvanut (Koskinen ym. 2014, 23).

Digitaalisen pelin kehitystyössä on tärkeää jo varhaisessa vaiheessa tarkastella kohderyhmän oppimistarpeita ja pelitottumuksia sekä osallistaa opettajia ja muita alan asiantuntijoita pelinkehitystyöhön. Yhteistyöllä voidaan varmistaa laadukkaan pelisisällön kehittäminen mutta myös ennakoida haasteita. Koska ratkaisukeskeisten, havainnollistavien ja hauskojen menetelmien kehittäminen on ympäristökasvatuksen näkökulmasta tärkeää myös tulevaisuudessa, heitän lopuksi haastepallon yhteistyöstä kaikille alalla työskenteleville.

LÄHTEET

Cantell, H., Aarnio-Linnanvuori, E. & Tani, S. 2020. Ympäristökasvatus. Kestävän tulevaisuuden käsikirja. Jyväskylä: PS-kustannus.

Harviainen, J. T., Meriläinen, M. & Tossavainen, T. (toim.) 2013. Pelikasvattajan käsikirja. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://peliviikko.fi/pelikasvattajankasikirja.pdf> [viitattu 12.10.2021].

Koskinen, A., Kangas, M. & Krokfors, L. 2014. Oppimispelien tutkimus pedagogisesta näkökulmasta. Teoksessa Krokfors, L., Kangas, M. & Kopisto, K. (toim.) Oppiminen pelissä. Pelit, pelillisyyt ja leikillisyyt opetuksessa. Tampere: Vastapaino.

Laihonen, K. 2016. Peter Vesterbacka haluaa yhdistää maailman parhaan koulutuksen ja menestyspelit. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9208395> [viitattu 12.10.2021].

Mustonen, T. & Korhonen, H. 2019. Pelaamismotivaatiot: Miksi digitaalisia pelejä pelataan? Teoksessa Tossavainen, T., Harvola, A., Sohn, V., Marjomaa, H., Meriläinen, M., Tuominen, P., Korhonen, H. & Göös, P. (toim.) Pelikasvattajan käsikirja 2. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.pelikasvatus.fi/pelikasvattajankasikirja2.pdf> [viitattu 8.10.2021].

Open ilmasto-opas s.a. Mitä on ilmastokasvatus? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://openilmasto-opas.fi/ilmastokasvatus/> [viitattu 12.10.2021].

Opetushallitus. 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Määräykset ja ohjeet 2014:96. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf [viitattu 8.10.2021].

Ratinen, I., Kinno, A., Muotka, A. & Sarivaara, E. 2019. Kohti ratkaisukeskeistä ilmastokasvatusta. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 9/2019. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/11/Ilmastokasvatusraportti_fi-nal-1.pdf [viitattu 11.10.2021].

Väylävirasto s.a. Ilmastonmuutos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://vayla.fi/ymparisto/ilmastonmuutos> [viitattu 1.11.2021].

Ympäristöministeriö. 2015. Ympäristökasvatuksen ja ympäristötietoisuuden kehittäminen. Työryhmän ehdotukset. Ympäristöministeriön raportteja 18/2015. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/154138/YMra_18_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 1.11.2021].

Ympäristöministeriö s.a. Pariisin ilmastopimus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus> [viitattu 4.10.2021].

OSA II

TAVOITTEENA HIILINEUTRAALIT
KULJETUKSET



Elias Altarriba kertoo artikkelissaan meriliikenteen ympäristövaikutuksista.

AVAINSANAT:

- merenkulku
- merenkulun päästöt
- merenkulun ympäristövaikutukset



6 YHTEENVETO MERILIIKENTEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSISTA

Elias Altarriba

MERILIIKENTEEN GLOBAALI MERKITYS

Merikuljetukset mahdollistavat globaalın maailmankaupan (Levinson 2016). Erityisesti pitkien etäisyyksien osalta merikuljetukset ovat hallitseva kuljetusmuoto. Meret ja kansainväliset vesialueet mahdollistavat rahdin kuljettamisen maanosasta toiseen ilman kauttakulutarvetta kansallisvaltioiden ja niihin liittyvien maahantuonti- ja tullibyrokratiamuurien lävitse. Myös suurten alusten kapasiteetti on aivan omaa luokkaansa (Lian ym. 2019). Suurimpien konttialusten lastinkuljetuskyky voi olla suuruusluokkaa 20 000 TEU eli vastaava kappalemäärä 20 jalan ISO-kontteja. Tällöin pienempienkin konttialusten vetoisuus on helposti tuhansia TEU-lastiyksiköitä. Tämä on paljon, sillä junakuljetuksiin verrattaessa tavarajunan kapasiteetti jää yleensä muutamaa kymmeniä kontteihin – riippuen toki operointialueen ratapihojen mitoista ja muodostetun junan pituudesta (Yan ym. 2020). Maantiekuljetuksissa puhutaan enimmilläänkin vain yksittäisistä konteista kuljetusyksikköä kohden. Lisäksi kontit mahdollistavat kuljetusmuotojen vaihdon nopeasti ja tehokkaasti. Se onkin loppukäyttäjän kannalta käytännössä aina tarpeen siirrettäessä rahti konttisatamissa laivasta kumipyörille tai rautateille tai logistiikkaketjun alkupäässä toisin päin.

Konttien lisäksi meritse kuljetetaan merkittävästi monenlaista kuivarahtia, nesteitä (kuten öljytuotteita), kaasuja, ajoneuvoja ja monia muita massaltaan tai fyysiseltä kooltaan suuria tuotteita (Rodrigue 2020). Monien muiden valtioiden lisäksi myös Suomelle merikuljetukset ovat avainasemassa ulkomaankaupan osalta. Vuosittaista vaihtelua on luonnollisesti jonkin verran, mutta trendinä voidaan todeta noin 90 prosentin maamme viennistä ja 80 prosentin tuonnista tapahtuvan meritse (Suomen Varustamot s.a.). Mikäli tämän volyymin kuljetustarve siirrettäisiin vaikkapa maanteille, suorat vaikutukset alan toimijoille ja lopulta meille kaikille olisivat merkittävät.

Matkustajaliikenteen osalta merenkulkusektorilla on huomattavaa alueellista vaihtelua. Lentokoneet ovat käytännössä korvanneet kokonaan valtameriä ennen kyntäneet matkustajalinjalaivat, mutta matkustajaliikenne meritse voi olla merkittävää myös alueellisesti. Näin on esimerkiksi Itämerellä monien satamien välillä. Näitä linjoja operoivat matkustaja-autolautat ovat kuitenkin varsin erityyppisiä aluksia verrattuna loistoristeilijöihin, joiden tarkoitus on yksinomaan tarjota asiakkailleen merellisiä lomapalveluita.

Meriliikenne aiheuttaa väistämättä monenlaisia ympäristövaikutuksia (IMO 2020a). Kuitenkin meriliikenteen ympäristövaikutuksista puhuttaessa on aina huomioitava kokonaisuus.

Rahtialus voi kuluttaa polttoainetta helposti kymmeniä tonneja vuorokaudessa, suuremman kokoluokan alukset vielä selvästi enemmänkin. Absoluuttisesti nämä määrät ovat luonnollisesti suuria verrattuna vaikkapa maantieliikenteessä ilmeneviin kulutuslukemiin. Toisaalta suuren kapasiteetin ansiosta kulutus rahtitonnia kohden vertailumatalla jää vähäiseksi. Alustyypistä, kulkunopeudesta ja monista muista muuttujista seuraavaa vaihtelua luonnollisesti ilmenee, mutta jokainen voi halutessaan tarkastella EU:n MRV-tietokannasta (EU-MRV s.a.) EU:lle raportoituja vuosittaisia, aluskohtaisia kulutuslukemia. Erityisesti rahtitonnikilometriä kohden kulutus jää monilla alustyypeillä suorastaan hämmästyttävän vähäiseksi.

Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, etteikö merenkulun tuottamista päästöistä tulisi olla huolissaan. On selvää, että hiilidioksidipäästöjä tulisi kyetä rajoittamaan kaikilla sektoreilla ilmastonmuutoksen hidastamiseksi (kuva 1). Merenkulkualalla vaihtoehtoisten energianlähteiden löytyminen on kuitenkin haasteellista verrattuna vaikkapa energiateollisuuteen. Polttoöljyn energiasisältö tilavuuteen nähden on moniin muihin polttoainevaihtoehtoihin verrattuna huippuluokkaa. Lisäksi nestemäisten polttoaineiden siirto aluksen tankkeihin, varastointi, kuljetukset ja monet muut ominaisuudet tekevät niistä käsiteltävyydeltään melko helposti hallittavissa olevia tuotteita. Historian saatossa erityisesti raskaan polttoöljyn hinta on ollut suhteellisen alhainen johtuen sen vähäisestä kysynnästä muilla toimialoilla. Tämä on myös osaltaan ohjannut varustamoja investoimaan raskasta polttoöljyä hyödyntäviin aluksiin. Erityisesti valtamerillä liikkuvat alukset joutuvat toimimaan pitkän aikaa itsenäisesti ilman mahdollisuutta polttoainetäydennyksiin. Tällä on luonnollisesti vaikutusta voimanlähdevalintoja tehtäessä. Polttoaineen viemä tila alukselta on aina pois lastinotto-kyvystä, minkä lisäksi polttoaineen on ylipäättään riitettävä valittuun määräsattamaan asti.



Kuva 1. Merenkulun päästöjä on vähennettävä – lähestymistavasta ei kuitenkaan olla vielä yhtä mieltä.

MERILIIKENTEEN MONINAISET YMPÄRISTÖ- VAIKUTUKSET

Meriliikenne aiheuttaa monentyyppisiä ympäristövaikutuksia, joista kasvihuonekaasupäästöt ovat vain yksi ilmenemismuoto. Keskeisiä laivaliikenteen tuottamia ilmapäästökomponentteja ovat (IMO 2020a)

- hiilidioksidipäästöt (CO₂-päästöt)
- typen oksidien päästöt (NOX-päästöt)
- hiukkaspäästöt
- rikkidioksidipäästöt (SO₂-päästöt)
- mustahiilipäästöt
- metaanipäästöt (LNG-alukset).

Näiden lisäksi palamisessa syntyy muita kaasumaisia komponentteja, kuten häkää ja palamattomia hiilivety-yhdisteitä. Lisäksi erityyppiset päästövähennystekniikat, kuten SCR-katalysaattorit, voivat tuottaa menetelmästä riippuvia sivuvirtauspäästöjä. Ilmapäästöjen vähentämiseen on vuosien varrella kiinnitetty huomiota yhä enenevässä määrin: Aiemmin alusten tuottamia ilmapäästöjä ei juurikaan rajoitettu. Vuodesta 2015 alkaen Itämeri on kuulunut rikkirajoitusalueeseen, mikä tarkoittaa, että alusten käyttämä polttoaine saa sisältää rikkiä ainoastaan 0,1 prosenttia (HELCOM 2016a). Vaihtoehtoisesti alukseen on asennettava rikkipesurit, joiden avulla pakokaasuista poistetaan pääosa rikkiyhdisteistä. Rikkidirektiivin voimaantulon jälkeen osa varustamoista onkin siirtynyt käyttämään vähärikkisiä polttoaineita. Osa taas on investoinut rikkipesureihin ja voinut niiden avulla hyödyntää edullista, korkearikkistä raskasta polttoöljyä.

Typen oksidit ovat dieselmoottoreille ominainen päästökomponentti, ja myös niiden määrää rajoitetaan meriliikenteessä (HELCOM 2016b). IMO-rajoitukset perustuvat Tier I–III -päästöluokkiin, jotka asettavat kierrosluvusta ja tehosta riippuvat NOX-päästöjen enimmäismäärät määrättyinä vuosina asennetuille moottoreille. Käytännössä näiden valvominen on kuitenkin haasteellista. Esimerkiksi rannikkoväylien läheisyyteen asennettujen snifferien tai vastaavien hyödyntäminen yksistään on käytännössä mahdotonta, koska moottorin käyntiolosuhteet havainnointitilanteissa pitäisi tuntea joka tapauksessa.

Typen oksideja syntyy, kun kovan kuormituksen alaisuudessa tapahtuva palaminen saa ilman typen reagoimaan hapen kanssa. Raskas polttoöljy sisältää myös typpeä, mikä selittää osan typen oksidien muodostumisesta. Typen oksidit luokitellaan myrkkypäästöiksi, ja niiden vähentäminen on ollut agendalla jo pidemmän aikaa erityisesti toimittaessa satamaympäristössä tai rannikoiden läheisyydessä. Typen oksidien vähentämiseen on olemassa useampia lähestymistapoja (Karvonen ym. 2010). Yksi menetelmä on palamislämpötilan

alentaminen. Se voidaan toteuttaa kostuttamalla moottorin imuilmaa muodostaen siitä vesihöyryseosta, jolloin sylinteriin imeytyvä vesihöyry kykenee sitomaan itseensä lämpöenergiaa ja näin alentamaan palotapahtuman lämpötilaa. Vastaavaa lähestymistapaa voidaan soveltaa tehokkaammin ruiskuttamalla vettä suoraan sylinteriin – tosin suoran vesiruiskutuksen ongelmana on komponenttien riittävä kestävyys. Lisäksi moottorin ohjausta parantamalla, Miller-sykliä ja muuttuvaa venttiilien ajoitusta hyödyntämällä sekä turboahtimien toimintaa optimoimalla voidaan vaikuttaa moottorin toimintaan monipuolisesti, mikä muun muassa vähentää typen oksidien kehittymistä.

Katalyysaattorit ovat tehokas keino vähentää typen oksidipäästöjä (Karvonen ym. 2010). SCR-katalyysaattoreissa pakokaasujen sekaan ruiskutetaan ureaa, mikä tehostaa pakokaasujen sisältämien typen oksidien pelkistysreaktioita katalyysaattoreiden kennostoissa. Vanhemmissa laivoissa katalyysaattorit ovat yleensä jälkiasenteisia, mutta uusiin aluksiin niitä asennetaan yleisesti jo rakennusvaiheessa, jotta alukset täyttäisivät Tier III -vaatimukset. Raskas polttoöljy sisältää itsessään jonkin verran tyyppiä, joten typen oksidien vähenemiseen voidaan vaikuttaa vaihtamalla polttoaine tisetuotteisiin. Kuitenkin pääosa typen oksidipäästöistä muodostuu palamislämpötilan noustessa kovan kuormituksen seurauksena, minkä vuoksi asiaa ei voida ratkaista yksin polttoainevalinnoilla.

Hiukkaspäästöjen osalta tilanne on monimutkaisempi (Ilmatieteen laitos 2016). Hiukkasten koko voi vaihdella suhteellisen paljon, ja niiden haitallisuuteen vaikuttaa ratkaisevasti maantieteellinen sijainti eli se, missä hiukkaspäästöt tapahtuvat. Avomerellä hiukkaset laimenevat ilmassaan tehokkaasti merellä puhaltavien tuulien ansiosta, mutta satamien ja kaupunkien läheisyydessä operoitaessa hiukkaspäästöjen haitallisuus kasvaa merkittävästi. Hiukkasten muodostumiseen voidaan vaikuttaa polttoaineratkaisuilla ja moottorin optimoinnilla. Ajoneuvopuolelta tutut hiukkasloukut ovat teknisesti mahdollinen mutta tois- taiseksi varsin vähän käytetty teknologia myös laivoissa. Loukkujen asentaminen vähentää hiukkasia tehokkaasti loukun läpi virtaavasta pakokaasusta, mutta ajan kuluessa loukku on tavalla tai toisella puhdistettava tukkeutumisen estämiseksi. Ajoneuvoissa hiukkasloukkujen regenerointi tapahtuu automaattisesti maantieajo-olosuhteissa, mutta regeneroinnin aikana vapautuvat päästöt ovat jääneet hämmästyttävän vähälle huomiolle.

Musta hiili on hiukkaspäästökomponentti, joka vaikuttaa ilmaston lämpenemiseen erityisesti arktisilla alueilla (Suomen ympäristökeskus 2017a). Toisin kuin orgaaninen hiili tämä hienojakoinen noki vaikuttaa lämpenemiseen kahdella tavalla: ilmassa oleva pöly lämmittää ilmakehää sitoen auringon säteilyä, ja erityisesti arktisen lumi- ja jääkerroksen pinnalle laskeutuneena se kiihdyttää lumipeitteen vähenemistä, minkä seurauksena auringonsäteilyn heijastuminen vähenee. Pääosa mustan hiilen päästöistä on peräisin lähialueella olevasta päästölähteestä, minkä seurauksena mustan hiilen päästöihin on kiinnitettävä enenevässä määrin huomiota arktisen merenkulun määrän kasvaessa. Tällä hetkellä mustan hiilen päästöjä ei käytännössä rajoiteta meriliikenteessä.

Vedenalainen melu on päästötyyppi, jonka haitallisuuteen ja moninaisiin ympäristövaikutuksiin ollaan vasta havahtumassa (Suomen ympäristökeskus 2017b). Vaikka monet alustyyppit eivät juurikaan tuota melua ilmaan, veden alle suuntautuva meluhaitta on usein merkittävä. Tähän vaikuttavat alustyyppi, moottoriratkaisut, potkureiden hydrodynamikka ja monet muut alustekniset seikat. Melun etenemiseen vedessä vaikuttavat paitsi veden tiheys ja lämpötila myös merenpohjan profiili ja pohjanlaatu. Eri alueilla melusaaste voi vaihdella huomattavasti. Avomerellä alukset liikkuvat yleensä vakionopeudella, kun taas rannikkoväylillä nopeusvaihtelua käännöksineen on enemmän. Satamissa operointi tuottaa täysin poikkeavan meluprofiilin jatkuvine koneiden kuormitusmuutoksineen.

Erityisesti painolastivesien mukana tapahtuvan leviämisen osalta merenkulkuun vahvasti leimautuva ympäristövaikutus ovat vieraslajit (COMPLETE s.a.). Etenkin aggressiivisesti leviävät lajit voivat aiheuttaa ekosysteemeille suurta tuhoa. Arvioidaan, että jopa 40 prosenttia maailman eliölajien sukupuutoista liittyy tavalla tai toisella vieraslajien leviämiseen. Aggressiivinen laji voi syrjäyttää alueen muut lajit joko saalistamalla niitä suoraan ja näin vaikuttamalla alueen ravintoketjuihin, valtaamalla elintilan muutoin tai monilla muilla, epäsuorilla tavoilla. Painolastivesien kautta tapahtuvaa vieraslajien leviämistä pyritään suitsimaan IMO:n painolastivesiyleissopimuksella, joka asettaa useita rajoituksia painolastivesien vaihdolle ja käsittelylle. Sopimus on ollut voimassa vuodesta 2017 alkaen.

Meriliikenteen maankäytölliset muutokset rajoittuvat satamatoimintoihin, saaristoväyliin ja satamien sisääntuloväyliin. Vesitie ei kulu, eikä avomerialueilla tarvita väyläratkaisuja. Erityisesti suuret satamat voivat kuitenkin olla varsin massiivisia kokonaisuuksia, jolloin alueelliset muutokset maankäytössä ovat usein merkittäviä. Konttiliikenteen yleistyttyä 1970-luvulta alkaen satamarakentamisen trendinä on ollut siirtää satamat kaupunkien keskustojen tuntumasta kaupunkeja ympäröiville alueille. Siellä maan hinta on halvempaa, eivätkä logistiikkajärjestetyt sataman maakuljetusten osalta ruuhkauta kaupunkien keskustoja. Myös varastointitilaa on näillä alueilla tarjolla selvästi enemmän keskustoihin verrattuna, eivätkä monetkaan tietoyhteiskunnan satamatoiminnot tarvitse entisaikojen tapaan keskustan tuottamia lähipalveluita.

Satamien ympäristövaikutukset voivat kuitenkin olla moninaisia ja ulottua yllättävän laajalle. Niistä puhuttaessa on aina huomioitava, käsitelläänkö varsinaisen sataman ympäristövaikutuksia vai tarkastellaanko satamakokonaisuutta siihen liittyvät erilaiset tukitoiminnot huomioiden. Tavallista on, että sataman ympärille rakennetaan uutta tiestöä, muuta infrastruktuuria ja mahdollisesti muutakin sataman olemassaolosta hyötyvää toimintaa. Näin tarkasteltuna sataman olemassaolon välilliset ympäristövaikutukset kasvavat huomattavasti.

Alusonnottomuuksilla on moninaisia ympäristövaikutuksia. Ensimmäisenä noteerataan usein öljytankkerionnottomuudet, jotka ovat luonnollisesti ympäristövaikutuksiltaan omissa luokassaan (Halonen 2021). Esimerkiksi Suomenlahdella liikkuu yli 100 000 tonnia öljyä

kuljettavia tankkereita, jolloin tankkerionnettomuus aiheuttaisi massiivisen öljyvahingon. Vaikka tuon kokoluokan tankkerista pääsisikin mereen ”vain” noin kolmannes lastina olevan öljyn määrästä, katastrofi olisi kokoluokaltaan massiivinen. Lisäksi vallitsevat sääolosuhteet tai talvisaika saattaisivat monimutkaistaa torjuntaoperaatiota entisestään. Mikäli öljy pääsisi vahingon seurauksena sotkemaan rantoja, varsinaisten torjuntatoimien jälkeen alkaisi kuukausia kestävä puhdistusoperaatio, jossa sotkeutuneet rannat pyrittäisiin puhdistamaan ja ainakin paikoitellen myös ennallistamaan. Eliöiden elinympäristöjä tuhoutuisi joka tapauksessa paljon, eikä niiden kaikkien ennallistaminen olisi mitenkään mahdollista. Vakavia öljyvahinkoja voi kuitenkin sattua myös muiden alustyyppien onnettomuuksista, mikäli polttoainetta pääsee onnettomuuden seurauksena vuotamaan mereen.

Öljyn aiheuttamat ympäristövahingot onnettomuuden seurauksena ovat usein ensimmäisenä mieleen tulevia, mutta myös aluksen upotessa ilmenee monia ympäristövaikutuksia. Aluksesta veteen joutuva hylkytavara muuttuu meriroskaksi, ja jätevesitankkien sisällön, pilssivesien ja monien kemikaalien joutuminen meriympäristöön niin ikään pilaa ympäristöä. Lisäksi uponnut hylky muuttuu käytännössä jätteeksi.

Jätevesien laskeminen veteen on nykyään rajoitettua (Liikenne- ja viestintäministeriö 2016). Monet Itämeren satamat sisällyttävät jätevesien vastaanottamisen satamamaksuun, mikä lisää laivahenkilöstön motivaatiota pumpata jätevedet sataman jätteenkäsittelyverkostoon meren sijaan. Rajoitukset eivät kuitenkaan täysin estä jätevesien laskemista mereen – se on edelleen sallittua riittävän etäällä rannikosta. Rajoitukset ovat kuitenkin vähentäneet erityisesti rannikkoalueiden jätevesikuormitusta.

MITEN MERILIIKENTEESTÄ SAADAAN NYKYISTÄ PUHTAAMPI TOIMIALASEKTORI?

Ilmastonmuutoksen rajoittamiseksi ja ympäristön pilaantumisen pysäyttämiseksi tarvitaan toimia kaikilta sektoreilta. Tämä merkitsee, että myös meriliikenteessä on tehtävä päästöjä vähentäviä muutoksia, vaikka se onkin suhteellisen vähäpäästöinen rahdinkuljetusmuoto arvioitaessa päästöjen muodostumista kuljetussuoritetta eli rahtitonmailia kohden (IMO 2020a). Yksi meriliikenteeseen liittyvä erityispiirre on laivojen pitkä elinkaari: alus on operatiivisessa käytössä usein 30–40 vuotta, ja monet rakennettaessa toteutetut rakenneratkaisut ovat käytännössä hyvin pysyviä. Elinkaaren aikana alukseen voidaan toki tehdä (ja usein tehdäänkin) teknisiä muutoksia, mutta alustyyppistä riippuu, miten helposti kulloisetkin muutokset on mahdollista toteuttaa. Lisäksi näin pitkien elinkaarien aikana myös käsitys eri päästötyyppien haitallisuudesta ehtii muuttua monta kertaa. Säädökset muuttuvat ja teknisiä ratkaisuja tulee markkinoille lisää. Tämä tekee pitkän linjan ympäristöinvestointipäätöksistä entistä vaikeampia, vaikka halua tarkoituksenmukaisten ratkaisujen tekemiseen olisikin.

Monenlaisia toimia on kuitenkin tehty. Vuonna 2015 IMO:n käyttöönotettava EEDI-indeksi on matemaattinen työkalu, jonka avulla alusten suunnittelua pyritään ohjaamaan energiatehokkaampaan suuntaan (IMO 2018). Aluksen dimensioiden ja muiden määritelyjen lähtötietojen avulla lasketaan kyseiselle alustyyppille vaadittava EEDI-indeksi. Tämän jälkeen suunniteltavan aluksen aluskohtaisen EEDI-indeksin on alitettava tämä arvo. EEDI:n avulla energiatehokkaammat alukset yleistyvät hiljalleen, mutta muutos on alusten pitkältä käyttöiästään johtuen hidasta. Suomen kaltaisessa maassa, jossa jääolosuhteet voivat olla talvisin vaikeita, EEDI yksinomaan ei tuo ratkaisuja. Jäissä toimimiseen soveltuvat alukset tarvitsevat käytännössä aina enemmän konetehoa, ja rungon on muutoinkin sovelluttava jäissä operointiin. Näitä vaatimuksia EEDI-alukset eivät sellaisinaan yksin täytä. EEDI on siis tarkoitettu suunnitteluvaiheeseen, mutta sen sijaan 1.11.2023 käyttöön otettava EEXI-indeksi on sovellettavissa olemassa oleviin aluksiin (IMO 2020b). Sen on tarkoitus ohjata varustamoiden toimintaa energiatehokkaampaan suuntaan ja parantaa näin olemassa olevien alusten energiatehokkuutta. Idea EEXI-indeksissä on samankaltainen kuin EEDI:ssä: alustyyppille lasketaan vertailuarvo, joka aluksen oman EEXI-indeksin on alitettava.

Erillisten päästörajoitusalueiden tarkoituksena on vähentää tietyn tyyppisten päästöjen muodostumista alueellisesti. SECA-alueella tarkoitetaan rikkipäästörajoitusalueita (HELCOM 2016a). Itämeri on ollut SECA-alueena vuodesta 2015 alkaen, mikä tarkoittaa, että siellä polttoaineen rikkipitoisuuden on alitettava 0,1 prosenttia tai vaihtoehtoisesti alus on varustettava rikkipisurilla. Maailmanlaajuisesti polttoaineen rikkipitoisuusrajat tiukkenivat huomattavasti vuonna 2020, mutta koko maailmaa ei tästä huolimatta kutsuta SECA-alueeksi. Typen oksidien erillisrajoitusalueen eli NECA-alueen tarkoituksena on vähentää typen oksidien päästöjä alueellisesti (HELCOM 2016b). Itämeri on määritelty NECA-alueeksi vuodesta 2021 alkaen Tier III -rajoitusten tultua voimaan, tosin nämä rajoitukset koskevat uusia moottoreita. Ajan kanssa tämän luokan moottorit kuitenkin yleistyvät, jolloin päästöt laskevat asteittain. Todennäköistä kuitenkin on, että tulevaisuudessa niin SECA- kuin NECA-alueiden globaalia laajuutta kasvatetaan erityisesti tiheästi asutetuilla rannikkoalueilla.

Aluksen hiili-intensiteetti-indeksi eli CII koskee kaikkia yli 5 000 GT:n aluksia. Tämä indeksi astuu voimaan 1.11.2022, joten vuosi 2023 on ensimmäinen varustamoiden raportointivelvoitevuosi (IMO 2020c). Kerättyjen polttoainetietojen perusteella kullekin alukselle lasketaan CII-arvo, jonka perusteella alus saa luokituksen A:sta E:hen. Mikäli alus saa kerran luokituksen E tai kolmena perättäisenä vuonna luokituksen D, se joutuu laatimaan ja toteuttamaan toimenpiteet aluksen pääsemiseksi vähintään luokkaan C.

Euroopan unionin sisällä päästökauppaa ollaan laajentamassa myös meriliikenteeseen, mikäli Euroopan komission 14.7.2021 lanseeraama Fit for 55 -toimenpidepaketti saa tältä osin parlamentin hyväksynnän (Euroopan komissio 2021). Ehdotuksessa yli 5 000 GT:n alukset sisällytetään päästökaupan piiriin ja päästökaupan perustana toimii vuodesta 2018 tehty aluskohtainen polttoaineen kulutuksen raportointi. Päästöoikeuksien ilmaisjakoa ei

ole, ja vuosien saatossa huutokaupattavien päästöoikeuksien määrä vähenee. Päästökaupan on tarkoitus olla avoin ja sisältää kaikki EU:n sisäiset kuljetukset ja 50 prosenttia kolmansiin maihin suuntautuvasta meriliikenteestä. Näillä näkymin päästökaupan olisi tarkoitus astua voimaan portaittain vuosina 2023–2026.

On myös monenlaisia muita tapoja kiinnittää huomiota merenkulun päästöihin. Esimerkiksi Clean Shipping Index -mallin avulla rahdinantajat tai muut toimijat voivat arvioida toimintansa ekologista jalanjälkeä merikuljetusten osalta (IVL Swedish Environmental Research Institute 2021). Indeksissä energiatehokkaat alukset saavat suuremmat pisteet, mikä tukee puhtaampien alusten lanseeraamista. Tämä ei kuitenkaan ole varsinainen viranomaismääräys vaan vapaaehtoinen tapa arvioida omaa toimintaansa. Ohjaavaa vaikutusta tällaisella luonnollisesti kuitenkin on.

Lopullisen ratkaisun etsiminen on joka tapauksessa haasteellista. Käytännössä ratkaisuja – niin vapaaehtoisia kuin veloitettujakin toimenpiteitä – tultaneen hakemaan useaa kautta. Lainsäädäntöön perustuvien määräysten tehokkuus on suuri, mutta yhteisymmärryksen pääsy niiden sisällöstä vie usein aikaa. Yksittäisiin päästökomponentteihin vaikuttaminen on joissakin tapauksissa perusteltua, mutta kokonaisratkaisut on silti etsittävä muualta.

Paljon tapahtuu kuitenkin myös teollisuussektorilla. Polttoaineiden ja niiden tuotannon kehitys mahdollistaa entistä puhtaampien polttoaineiden tuottamisen markkinoille, ja biokomponenttien lisääminen niihin edesauttaa suljetun hiilikierron muodostumista. Toisaalta biojärteen tuotantomäärät ovat toistaiseksi aivan liian alhaisia kattamaan esimerkiksi biokaasun markkinavolyymit. On mahdollista, että tulevaisuudessa nähdään enenevässä määrin myös synteettisiä polttoaineita, mikäli puhdasta sähköä saadaan tuotettua kannattavaan hintaan tuotannon tarvitsemia määriä. EU:n päästökauppa tukee osaltaan tämänkaltaista kehitystä asettamalla hiilipäästöille euromääräisen hinnan. Selvää kuitenkin on, että muutos vaatii aina aikansa.

LÄHTEET

COMPLETE s.a. Completing management options in the Baltic Sea region to reduce risk of invasive species introduction by shipping. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.researchgate.net/project/COMPLETE-Completing-management-options-in-the-Baltic-Sea-Region-to-reduce-risk-of-invasive-species-introduction-by-shipping> [viitattu 2.11.2021].

EU-MRV s.a. CO2 emission report. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report> [viitattu 1.11.2021].

Euroopan komissio. 2021. Ehdotus: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi kasvi-huonekaasujen päästöoikeuksien kaupan järjestelmän toteuttamisesta unionissa annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2003/87/EY, markkinavakaussuunnitelman perustamisesta unionin kasvihuonekaasupäästöjen kauppajärjestelmään ja sen toiminnasta annetun päätöksen (EU) 2015/1814 sekä asetuksen (EU) 2015/757 muuttamisesta. COM(2021)551 final.

Halonen, J. (toim.) 2021. Öljyntorjuntavalmiuden kehittäminen Suomenlahden rannikon pelastuslaitoksissa. SÖKÖSuomenlahti-hankkeen taustaselvitykset ja loppuraportti. Xamk Kehittää 134. Kotka: Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

HELCOM. 2016a. Emissions from Baltic Sea shipping in 2015. HELCOM Baltic Marine Environment Protection Commission, Maritime working group, Tallinna, Viro, 6.–8.9.2016.

HELCOM. 2016b. Baltic Sea NECA application. HELCOM Baltic Marine Environment Protection Commission, Heads of delegation, Laulasmaa, Viro, 15.–16.6.2016.

Ilmatieteen laitos. 2016. Alusten rikkipäästöt kääntyneet huimaan laskuun Itämerellä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tiedote/236462540> [viitattu 2.11.2021].

IMO. 2018. Energy efficiency measures. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx> [viitattu 2.11.2021].

IMO. 2020a. Fourth greenhouse gas study 2020. Lontoo: International Maritime Organization.

IMO. 2020b. IMO working group agrees further measures to cut ship emissions. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/36-ISWG-GHG-7.aspx> [viitattu 2.11.2021].

IMO. 2020c. Marine environment protection committee (MEPC) 75, 16-20 November (virtual session). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-75th-session.aspx> [viitattu 2.11.2021].

IVL Swedish Environmental Research Institute. 2021. Clean Shipping Index. WWW-dokumentti. Saatavissa: cleanshippingindex.com [viitattu 2.11.2021].

Karvonen, T., Kalli, J. & Holma, E. 2010. Laivojen typenoksidipäästöjen rajoittaminen. Selvitys MARPOL-yleissopimuksen VI-liitteen Tier III -määräysten aiheuttamista kustannusvaikutuksista Suomen kauppamerenkululle. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 42/2010. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö.

Levinson, M. 2016. The box: How the shipping container made the world smaller and the world economy bigger. 2. painos. Princeton, Oxford: Princeton University.

Lian, F., Jin, J. & Yang, Z. 2019. Optimal container ship size: A global cost minimization approach. *Maritime Policy & Management* 7, 802–817.

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2016. Risteilyalusten jätevesien päästökielto voimaan Itämerellä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lvm.fi/-/risteilyalusten-jatevesien-paastokielto-voimaan-itamerella> [viitattu 2.11.2021].

Rodrigue, J.-P. 2020. The geography of transport systems. 5. painos. Lontoo: Routledge.

Suomen Varustamot s.a. Merenkulun avainluvut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://shipowners.fi/kilpailukyky/merenkulun-avainluvut/> [viitattu 1.11.2021].

Suomen ympäristökeskus. 2017a. Mustan hiilen päästöjä vähentämällä jarrutetaan arktista lämpenemistä. Näkökulmia ympäristöpolitiikkaan 6.11.2017. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/228323/PB_mustahiili_FI_20171219.pdf?sequence=5&isAllowed=y [viitattu 2.11.2021].

Suomen ympäristökeskus. 2017b. Itämeren vedenalainen melu riski kaloille ja merinisäkkäille. Saatavissa: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Itameren_vedenalainen_melu_riski_kaloill\(41549\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Itameren_vedenalainen_melu_riski_kaloill(41549)) [viitattu 2.11.2021].

Yan, B., Jin, J. G., Zhu, X., Lee, D.-H., Wang, L. & Wang, H. 2020. Integrated planning of train schedule template and container transshipment operation in seaport railway terminals. *Transportation Research, Part E: Logistics and transportation review* 142, artikkeli 102061.

Projektipäällikkö Suvi Vähä-Sipilä Forum Virium Helsingistä kertoo vähähiilisyyttä tukevista dronepalveluista.

AVAINSANAT:

- dronet
- liiketoiminta
- vähäpäästöisyys



7 DRONET VÄHÄHIILISYYDEN EDISTÄJINÄ

Suvi Vähä-Sipilä

Dronet voivat olla luomassa vähähiilistä liiketoimintaa ja vähäpäästöistä yhteiskuntaa. Pääasiassa sähköllä toimivat dronet voivat korvata polttomoottorikäyttöisiä ajoneuvoja tai esimerkiksi olla havaitsemassa päästöjä aiheuttavia metsäpaloja tai lämpövuotoja. Miehitettömät ilmakuljetukset soveltuvat hyvin pieniin kuljetuksiin vaikeakulkuisiin paikkoihin, kuten saariin tai haja-asutusalueille, kun taas painavamman rahdin kuljetuksissa sähköautot tai sähkörekat ovat kulutukseltaan ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja per kuljetettu kilo.

MITEN DRONET VOIVAT RAKENTAA VÄHÄHIILISTÄ YHTEISKUNTA?

Ilmastonmuutoksen torjunnassa liikenteen päästöjen tarkastelu on keskeinen osa päästöjä hillitsevien toimenpiteiden suunnittelua. Liikenteen osuus Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2019 oli 21 prosenttia (Traficom 2021). Helsingin kaupunki on ilmoittanut pyrkivänsä aikaistamaan vuoteen 2035 asetettua hiilineutraaliustavoitettaan vuodeksi 2030. Uudessa ehdotuksessa kaupunkistrategiaksi tavoitteena on niin ikään vähentää polttomoottorikäyttöisten kulkuneuvojen määrää kaupungissa (Helsingin kaupunki 2021). Kunnianhimoisiin tavoitteisiin vastaamiseen tarvitaan uusia innovaatioita ja liiketoimintamalleja sekä laaja-alaista yhteistyötä eri toimijoiden kanssa. Voisiko miehitettömän ilmailun ratkaisuista olla apua hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamisessa?

Vähähiilisyttä tukevat dronepalveluratkaisut Etelä-Suomessa -hankkeessa pilotoitiin ja edistettiin vähäpäästöisiä dronepalveluita eri alojen tarpeisiin. Hankkeessa toteutettiin useita dronelentokokeiluja, joiden avulla testattiin uusia sovelluskohteita droneliiketoiminnalle. Myös dronejen hiilidioksidipäästöjä ja ympäristövaikutuksia arvioitiin ja verrattiin muihin kulkuvälineisiin. Dronet soveltuvat erityisen hyvin esimerkiksi terveydenhuollon ja pienlogistiikan tarpeisiin, kun matkat ovat pitkiä tai vaikeakulkuisia tai kun avun saaminen perille on aikakriittistä (kuva 1).

Droneista voisi olla hyötyä päästöjen vähentämiseksi etenkin pienrahtikuljetusten yksittäisjakelussa. Jos tehtävän voi suorittaa pienellä, sähkökäyttöisellä dronella, kulutuskin on pientä. Dronejen hyödyntäminen esimerkiksi liikennehuuhkien, lämpövuotojen tai metsäpalojen havaitsemisessa voi vähentää päästöjä myös välillisesti. Droneilla on pystytty hankkimaan

onnistuneesti tietoa muun muassa rakennusten lämpövuodoista ja kaukolämpöputkistojen vuodoista. Kartoittamalla vikatilanteet ajoissa on mahdollista puuttua ongelmiin oikea-aikaisesti ja säästää näin merkittävästi energiankulutuksessa.

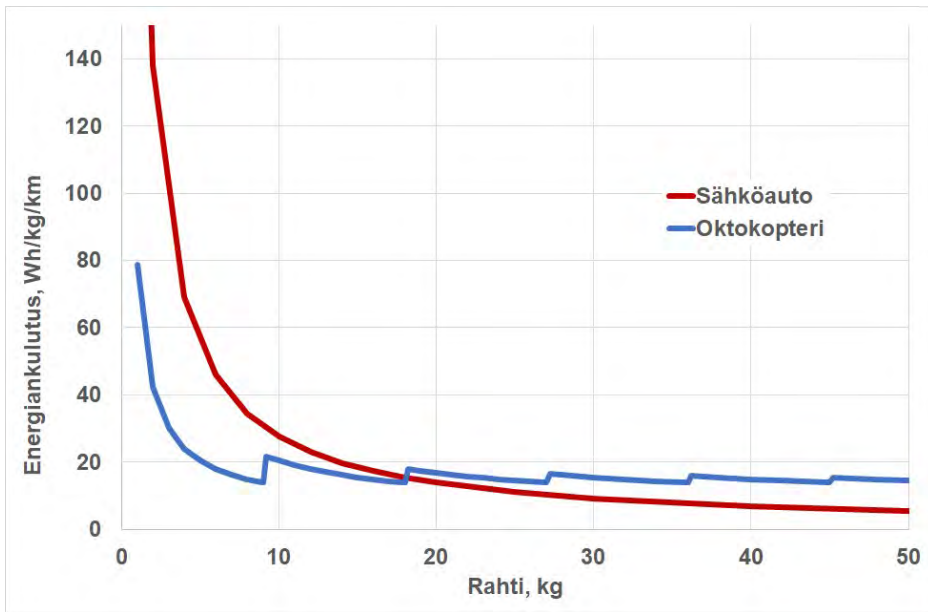


Kuva 1. Vähähiilisyttä tukevat dronepalveluratkaisut Etelä-Suomessa -hankkeessa kokeiltiin automaattisen sydäniskurin kuljettamista dronella yhdessä ruotsalaisen Everdrone AB:n kanssa. Kuva: Vesa Laitinen.

VÄHÄHIILISYSLASKELMIA DRONEJEN VAIKUTUKSISTA PÄÄSTÖIHIN

Hankkeen osana tehtiin laskelmia ja vertailtiin erilaisten dronejen päästöjä polttomoottori-käyttöisiin kulkuneuvoihin. Miehittämättömät ilmakuljetukset soveltuvat erityisen hyvin pieniin toimitusmääriin, kun taas suuremmilla kuljetusmäärillä sähköauto on alhaisemman sähkönkulutuksen perusteella ympäristöystävällisempi vaihtoehto. (Infograafi 1; Jukka 2021.)

Muiden kulkuneuvojen tapaan dronejen aiheuttamat päästöt riippuvat käytetyn laitteen ominaisuuksista: dronejen alhaisen painon ja kevyen rakenteen vuoksi niiden hiilidioksidipäästöt ovat vähäisiä. Pienten, sähkökäyttöisten dronejen kulutus on pientä ja suurten, varsinkin polttomoottorikäyttöisten dronejen kulutus vastaavasti suurempaa. Nykytilanteessa dronejen suhteellisen vähäinen käyttö tarkoittaa myös vähäistä vaikutusta liikenteen kokonaispäästöihin. Parhaimmillaan dron kuljetusten yleistyminen voisi kuitenkin tarkoittaa kuljetuksista ja liikenteestä aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen vähentymistä (kuva 2).



Infograafi 1. Sähköauton ja multikopterin energiankulutuksen vertailu 50 kg:n kuljetuksessa. Sähköauton päästöt ovat pienemmät per kuljetettu kilo, kun kuljetettava määrä ylittää 18 kiloa. (Jukka 2021.)



Kuva 2. Kevyet, sähkökäyttöiset dronet ovat hiilidioksidipäästöiltään vähäisiä. Vertical Hobby'n ja Elisa Oyj:n toteuttamassa pilotissa tehtiin lentoja pienellä, sähkökäyttöisellä dronella 5G-verkossa. Kuva: Juho-Pekka Virtanen.

Toisaalta tulevaisuuden dronetoiminnan tosiasiallista vaikutusta liikenteen ja liikkumisen kokonaispäästöihin on haastavaa arvioida. Suuren päästövähennysvaikutuksen aikaansaaminen vaatisi nimittäin merkittäviä teknologisia innovaatioita, uusien palvelujen laajaa käyttöönottoa sekä sähkökäyttöisten dronejen merkittävää hyödyntämistä osana liikenteen kokonaiskuvaa. Tulevaisuuden skenaarioiden laskeminen tai arvioiminen ei ollut osa tämän hankkeen päästölaskelmia, ja se on siten puhtaasti spekulatiivista.

AIKAKRIITTISIÄ KULJETUKSIA VAIKEAKULKUISIIN KOHTEISIIN

Ilmakuljetusten merkittäviä kilpailuetuja muihin kulkuneuvoihin verrattuna ovat nopeus, joustavat reittivalinnat ja alhaisen energiankulutuksen aikaansaama vähäpäästöisyys. Taloudellisesti kannattavat ilmakuljetukset palvelisivat erityisesti maaseudun, saariston ja haja-asutusalueiden asukkaita pienten perustarvikkeiden lähetyksissä.

Myös terveydenhuollon logistiikka tarjoaa useita mahdollisuuksia dronetoimialalle: avun saaminen perille hätätilanteeseen voi usein olla dronella nopeampaa kuin maanteitse. Esimerkiksi automaattisen sydäniskurin kuljettaminen dronella (kuva 3) ennen ambulanssin saapumista, verituotteiden kuljettaminen hätätilanteeseen tai rokotteiden, lääkkeiden tai laboratorionäytteiden kuljettaminen dronella toisi terveydenhuollon logistiikkaan nopeutta, joustavuutta ja mahdollisesti myös kustannussäästöjä. Tosin kriittisissä kuljetuksissa olisi kiinnitettävä erityistä huomiota toimintavarmuuteen kaikissa sääolosuhteissa.



Kuva 3. Ilmakuljetusten etuina ovat nopeus ja joustavat reittivalinnat. Niillä voi olla henkiä pelastava vaikutus esimerkiksi hätätilanteissa. Kuvassa Everdrone AB:n drone kuljettaa automaattista sydäniskuria. Kuva: Vesa Laitinen.

TOIMINTAVARMUUS JA TURVALLISUUS DRONEKULJETUKSISSA

Dronejen lisääntyminen kaupunkiympäristössä herättää tiettyjä turvallisuuteen ja meluun liittyviä huolenaiheita kaupunkisuunnittelussa ja ilmatilan hallinnassa (kuva 4). Vaikka kaupungeissa on jo nyt käynnissä aktiivista dronetoimintaa, toiminnan määrän lisääntyessä dronejen vaikutus ihmisten elinympäristöön kasvaisi merkittävästi. Forum Virium Helsingin laatimassa kyselyssä huolenaiheita lisääntyvien dronepalveluiden suhteen olivat erityisesti dronejen turvallisuus (ml. kyberturvallisuus), melusaaste ja huoli yksityisyyden loukkaamisesta droneilla, joissa on kamera.



Kuva 4. Dronetoiminnan kasvu vaikuttaa kaupunkiympäristöön ja sen suunnitteluun. Kuvassa Vertical Hobbyn ja Elisa Oyj:n lennot sähkökäyttöisellä dronella 5G-verkossa Viikissä. Kuva: Juho-Pekka Virtanen.

Kaupunkisuunnittelun näkökulmasta dronejen ilmatilan hallintaa ja turvallista käyttöä on tärkeää harkita huolella muiden ilmailijoiden ja viranomaistoimijoiden kanssa. Rakennetussa ympäristössä esteettömät lentoreitit, matkaviestinverkon kattavuuden ja saavutettavuuden varmistaminen sekä turvallisten laskeutumis- ja latauspaikkojen luominen kaupunkeihin vaativat tarkkaa suunnittelua ja harkintaa. On tärkeää, että yksityinen dronetoiminta ei aiheuta vaaratilanteita tai häiriöitä esimerkiksi viranomaisten pelastustoiminnalle.

Nykyisellään dronet ovat herkkiä kosteudelle. Lentoja ei useinkaan voida tehdä sateessa, kovassa tuulessa, pakkasessa tai lumituiskussa. Toimintavarmojen liiketoimintamallien ja

palveluiden luominen kaikkiin olosuhteisiin on tulevaisuuden tarve, jota nopea teknologinen kehitys osaltaan vauhdittanee.

LOPUKSI

Droneala tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia tulevaisuuden kuljetusten nopeuttamiseksi ja uusien palveluiden mahdollistamiseksi erityisesti haja-asutusalueilla ja vaikeakulkuisilla reiteillä mutta myös tulevaisuuden kaupunkiympäristössä. Jatkossa on tärkeää löytää yhteiset keinot sopia ilmatilan yhteiskäytöstä eri viranomaistoimijoiden ja droneoperaattoreiden kanssa nopeasti muuttuvissa tilanteissa sekä löytää droneille parhaat käyttötarkoitukset niin urbaanissa ympäristössä kuin haja-asutusalueillakin.

Dronetoimialan kehittymistä on kiinnostavaa seurata myös jatkossa. Toivon mukaan uudet teknologiset ratkaisut tarjoavat vastauksia alan haasteisiin ja ovat mahdollistamassa uutta, vähähiilistä liiketoimintaa Suomessa ja muuallakin.

Vähähiilisyyttä tukevat dronepalveluratkaisut Etelä-Suomessa -yhteishankkeeseen osallistuvat Forum Virium Helsinki, Posintra Oy ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk. Uudenmaan liiton ja Euroopan aluekehitysrahaston EAKR:n rahoittamassa projektissa pilotoidaan hiilineutraaleja dronepalveluita ja kehitetään uusia liiketoimintamalleja.

LÄHTEET

Helsingin kaupunki. 2021. Kasvun paikka – Helsingin kaupunkistrategia 2021–2025. Kaupunginhallituksen esitys kaupunginvaltuustolle 4.10.2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hel.fi/static/helsinki/Kaupunkistrategiaesitys29092021.pdf> [viitattu 11.10.2021].

Jukka, M. 2021. Miehitämättömät ilmakuljetukset – tieteisfantasiaa vai todellisuutta? *READ 1*. Verkkojlehti. Saatavissa: <https://read.xamk.fi/2021/logistiikka-ja-merenkulku/miehitamattomat-ilmakuljetukset-tieteisfantasiaa-vai-todellisuutta/> [viitattu 11.10.2021].

Traficom. 2021. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://liikennefakta.fi/fi/ymparisto/liikenteen-kasvihuonekaasupaas-tot-ja-energiankulutus> [viitattu 11.10.2021].

Logot:

Hankkeen logo:



Hankekumppanit:

**FORUM
VIRIUM
HELSINKI**

**Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020**

Posintra

Rahoittajat:

**Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020**



The GET READY project started in May 2019 and it is funded by the joint European Union, Finland, and Russia ENICBC program. The aim of the project is to pursue UN sustainable environmental measures and environmental training for ports and their stakeholders in the region. We investigate the digitalization of ports, specifically areas that focus on climate change mitigation and decision-making, as well as identifying best practices that affect them. The greater focus is on the whole maritime industry. Vesa Tuomala works as the Project Manager of Xamk for the GET READY project.

KEY WORDS:

- alternative fuels
- maritime
- sustainability
- seafaring



8 THE SHIPPING INDUSTRY SAILS TOWARDS ZERO CO2!

Vesa Tuomala

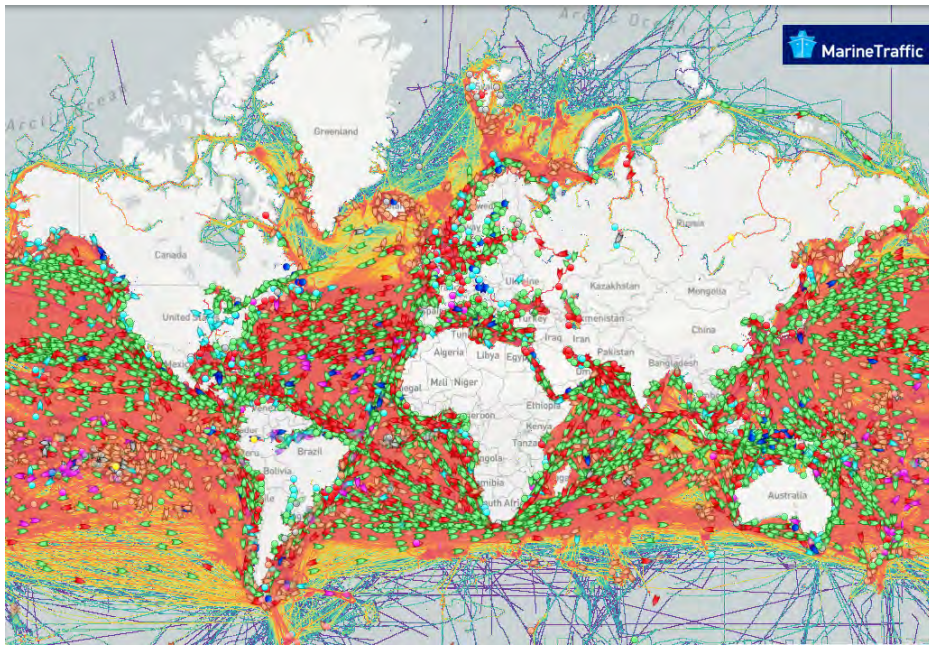


Cover Picture: The cruise ship Celebrity Edge is operated by Celebrity Cruises. The ship's bow has a parabolic shape providing a sheath for the bulbous bow and the propellers to reduce drag to maximize fuel efficiency. Photo taken in St. Maarten, Philipsburg by Vesa Tuomala.

SHIPPING COMMERCE IS THE BACKBONE OF INTERNATIONAL TRADE

The International Chamber of Shipping (ICS) oversees 50,000 registered merchant vessels which transport all kinds of cargo internationally, and accounts for 90 per cent of world trade. ICS predicts large growth for both the global economy Gross Domestic Product (GDP) and global seaborne trade until 2030. (ICS 2021).

According to the logistics study conducted by the University of Turku, world trade has increased uninterrupted since the second world war. However, during the financial crises in the summer of 2008 and between 2015-2016, the world economy significantly slowed down. Most recently the CoVID-19 pandemic disrupted total world trade. According to the World Trade Organization (WTO), shipping activity (vessels port calls) declined by around 10 percent in 2020 and the Bank of England states that global trade fell by 8.9 percent and services declined more than 20 percent. The pandemic increased shipping costs by 350 percent due to the shortage of shipping containers, which remained in the US and Europe, instead of returning to Asia. The Bank of England speculates that shipping costs will remain high in the near future. WTO predicts global GDP grows 5.3 percent and world merchandise trade volume grows 10.8 percent in 2021. (Solakivi, T. et. al. 2020, Bank of England 2021, CCSA 2021, WTO 2021).



Picture 1. Marinetrtraffic's density map 2020 illustrates global sea transportation routes

The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) agreement recognizes the importance of the transport sector, which has an important role in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). A quarter of energy-related global greenhouse gas emissions (GHG) come from transportation. The International Maritime Organizations (IMO) fourth GHG study shows, that greenhouse gases have increased 9.6 percent from 2012 to 2018. Currently, the share of shipping emissions is 2.89 percent of the total GHG emissions. (UN 2021, IMO 2021).

TOWARDS BETTER SUSTAINABILITY

In 2015, all the member states of the United Nations adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development, comprising of seventeen (17) SDGs. The agreed plan is to strengthen peace, decrease poverty, and generally improve prosperity for people and the planet.. Achieving these goals and meeting these targets are critical for both humanity and the planet. (United Nations, 2015).

On the 26th October 2021, the United Nations tweeted: “The Heat Is On. To stand a chance of limiting global warming to 1.5°C, we have just 8 years to almost halve greenhouse gas emissions. Unless there are immediate, rapid and large-scale reductions in greenhouse gas emissions, the #EmissionsGap will continue to increase”.



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Picture 2. Sustainable Development Goals by United Nations

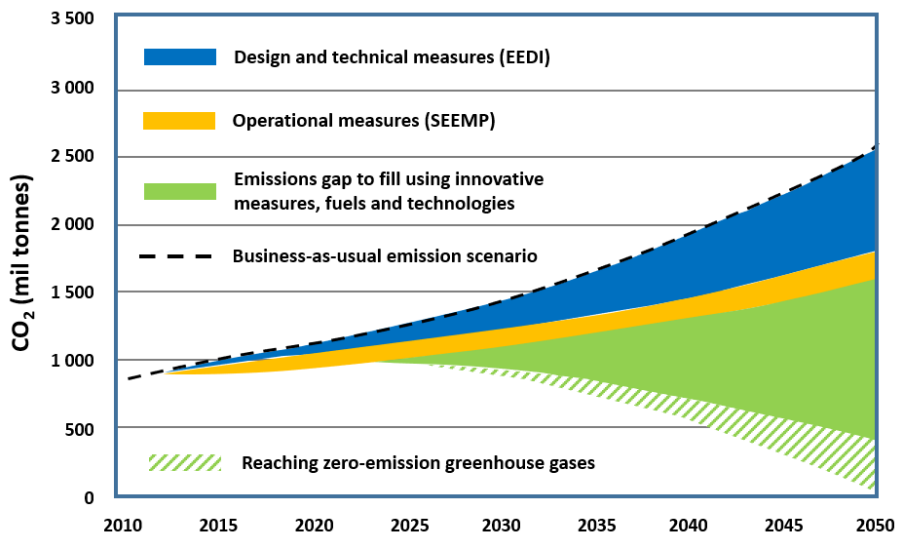
Emissions Gap Report 2021 was published on the same day and unfortunately demonstrates that climate action remains more weak promises than concrete action. The report states that if sustainable measures are not taken by the end of this century, the result of global warming will be 2.7° Celsius degrees. This will cause more extreme weather events such as floods, droughts, wildfires, hurricanes, and heatwaves than we have now. To limit warming to only 1.5° Celsius degrees in 2050, we need a 55 percent reduction of greenhouse gases (GHG) by 2030. The most well-known greenhouse that warms the climate is carbon dioxide (CO₂), other major gases are methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O). There are also very harmful gases for the climate, such as hydrofluorocarbons (HFCs), perfluorocarbons (PFCs), and sulfur hexafluoride (SF₆). Global GHG emissions need to be net-zero in the year 2050 to limit warming to only 1.5° Celsius degrees (UN 2021).

MARITIME INDUSTRY IS A GLOBAL BUSINESS WITH RULES AND REGULATIONS

The maritime sector is under public pressure to decrease emissions. International Maritime Organization (IMO) has decided on a strategy to achieve the Sustainable Development Goal 13 against climate change for achieving zero-emissions on shipping after 2050. Today, IMO's strategy is to reduce greenhouse gas emissions by 50 percent by 2050, from levels in 2008.

IMO has set several tools to achieve targets with the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL, for the new ships Energy Efficiency Design Index, EEDI, and the Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP for all current

ships. IMO is committed to zero-emission ships with the path of decreasing emissions with short-term, mid-term, and long-term strategies. Ships are also collecting detailed records of used fuel consumption and report the information to flag State, which reports consumption, type of oil, and additional specified data to the organization. The future GHG strategy bases by improvement of EEDI, SEEMP, National Action Plans, technological innovations, port operations and activities, research and development, low-carbon and zero-carbon fuels, and emission reduction mechanisms. The European Commission (EC) strategy consists of 3 steps for reducing GHG emissions: monitoring, reporting and verification (MRV) of CO₂ emissions, GHG reduction targets and further medium to long term measures. (IMO no date, EC nodate).



Picture 3. IMO's chart for GHG reduction of at least 50 percent to zero-emission by 2050. Edited from IMO's material, by Vesa Tuomala

For example, a group of industry leaders formed The Call to Action for Shipping Decarbonization group that tries to influence governments to achieve the decarbonization of international shipping by 2050. The Getting to Zero Coalition is a partnership between this group, the Global Maritime Forum, the World Economic Forum, and Friends of Ocean Action. International Chamber of Shipping (ICS) focuses on revising IMO's GHG strategy on zero-carbon and phasing out other GHG emissions by 2050. The organization prefers to accelerate research and development for zero-carbon technologies and deployment. The Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping from Denmark states that there are five critical stages to zero-carbon shipping: energy and fuel advancements on shore, technological advancements on ship, customer demand/pull, finance sector mobilization, and policy and regulation. World Economic Forum estimates that global investments

required from private and public finance organizations is approximately \$20 - \$40 billion USD between 2020 – 2030. By 2030, emissions would reduce by 5 – 10 percent, and by 2050 there would be a reduction of up to 100 percent. According to the World Bank, decarbonisation may cost up to \$1.9 trillion USD to achieve net-zero carbon dioxide shipping emissions. (World Bank Group Volume2 2021, World Economic Forum 2021, ICS 2021, The Mærsk... 2021).

The Finnish Ministry of Environment announced to join Glasgow's Climate Change Conference transport declarations in November 2021 to reduce maritime emissions to zero. According to the Ministry, this could be achieved through ship routing and developing innovative model solutions for the emission reductions. (Ministry of Environment 2021).

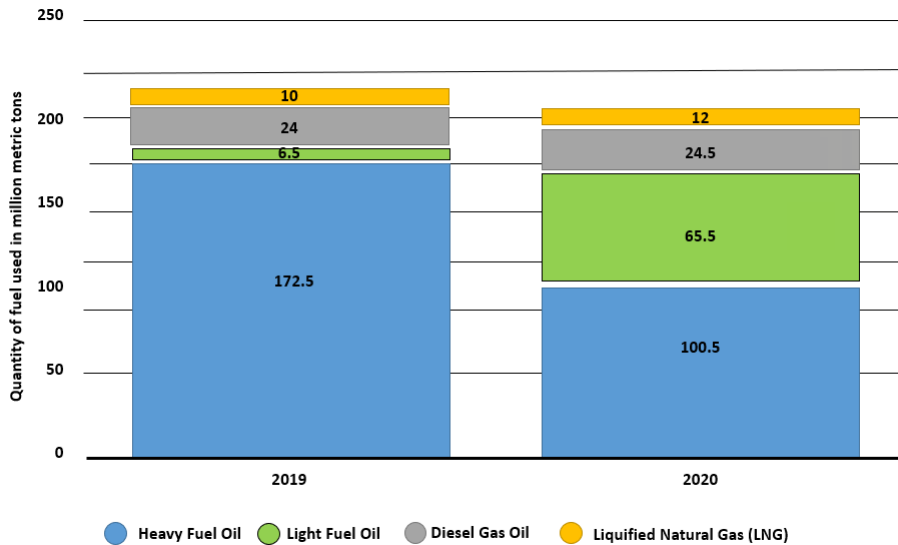
The private transport and shipping industry seem to have a common vision and targets for a zero-carbon future. I believe that some reasons for this public pressure are to increase attention for governments funding for the new technology and ensure that investments and R&D costs are sufficient.

Public opinion supporting a better future and addressing the concern of the condition of global climate has grown stronger over the past fifteen years. United Nations SDGs are the goals we should achieve to keep warming less than 1.5° Celsius degrees in the next thirty years. According to the latest studies, during the CoVID-19 pandemic time, this target has slipped from the upon agreed decisions. We need to use a lot of energy, resources, and hard work to get back on the sustainable track. As temperature rises, the planet changes and to prevent extreme weather changes – the time to act is now!

THE GLOBAL MARITIME INDUSTRY DECARBONIZES TO SUSTAINABLE BUSINESS

From the 1st January 2020, the IMO limited the sulfur content used from 3.5 percent to 0.5 percent in ships. Inside designated emission control areas (Sulfur Emission Control Area, SECA) the limitation is 0.1 percent sulfur content. This rule improves air quality, the environment and protects human health near coastlines and ports. Sulfur oxides (SO_x) are harmful to people and the environment. Before the sulfur limitation, most ships used heavy fuel oil, and since the beginning of January 2020 majority of ships use very low sulfur fuel oil (VLFOS). The limitation of sulfur emissions generates less harmful particles and cleaner air with a 77 percent decrease of sulfur oxide. The yearly reduction of sulfur oxides is approximately 8.5 million metric tons. Cleaner air has a positive impact on human health and the environment. Some vessels use Exhaust Gas Cleaning Systems (EGCS), so-called scrubbers, to clean particles and sulfur from the exhaust. Flag states have informed IMO of 2,359 scrubber installations on ships by July 2020. DNV have stated that there are 4,688 scrubbers in operation and ordered by 2024. (DNV Af 2021, IMO 2021).

Statista collects consumption information on worldwide shipping. The graph below illustrates the consumption of fuel oil in ships in 2019 and 2020. The decrease of heavy fuel oil figures is a result of IMO's restriction and ships consume even lower sulfur fossil fuels in 2020. (Statista 2021).



Picture 4. Annual fuel consumption of ships worldwide from 2019-2020, by fuel type (in million metric tons). Edited from Statista's illustration by Vesa Tuomala

The shipping industry has many solutions to decrease sulfur oxide emissions, by using scrubbers or cleaner low sulfur fuel oil such as, diesel (Marine Diesel Oil, MDO) or gas oil (Marine Gas Oil, MGO) or other substitute fuels like liquefied natural gas (LNG). The share of Light Fuel Oil has increased due to the recent IMO restrictions.

Liquefied Natural Gas (LNG) is fossil-based fuel. LNG has its boiling point at -162C at atmospheric pressure and needs to be stored in insulated tanks. DNV reports that there are 226 LNG fueled ships in operation and 409 ships are on order as of November 2021 (DNV Afi 2021). A total of 635 ships will use LNG as their fuel in the near future.

Many new-built vessels have chosen LNG as propellant fuel as it is readily available in major shipping hubs, and it meeting IMO regulations and competitive pricing. Modern engine technology reduces GHG emissions by 23 percent, minimizing sulfur oxide and other emissions. LNG improves air quality and reduces GHG emissions. LNG has a positive side for air quality, though it is expected to be a financial risk and temporary solution in the shipping business. LNG-vessels EEDI rating decreases by 20 percent. IMO's EEDI focuses

on LNG combustion on board CO₂ emission (downstream) and does not mind extraction (upstream) and distribution (midstream) CO₂ emissions. (Balcombe, P. et.al 2019, DNV 2021, World Bank Group Volume 2 2021).

Shipping produces GHG emissions all over the world. Maritime industry consumed 12 percent and 13 million TJ of total transport energy 2015. Shipping emissions are approximately 1.1. Gt of CO₂, 2.3 Gt sulfur dioxide and 3.2 Gt nitrogen oxides annually (2018). Sulfur oxide (SO_x), nitrogen (NO_x), particulate matter (PM), and carbon dioxide (CO₂) emissions are significantly lower than in heavy fuel oil. LNG eliminates almost all sulfur oxide and particulate matter and reduces nitrogen by 80 percent. Burning HFO or MDO produce particulate matter called black carbon (PM2.5), the atmospheric lifespan is a one week as a solid particle. Black carbon creates 5-8 percent of annual emissions on a 100-year timescale. The reverse side of LNG is that it is liquefied methane, which is a more potential GHG than CO₂. Unburnt methane leakage, slip is 36 times worse than CO₂ for the atmosphere. Methane has a 31 percent share of net warming in GHG emissions. Reducing methane emissions lowers global temperature rapidly, as it has a shorter lifetime in the atmosphere than carbon dioxide. Methane slip varies with different engine types. (Balcombe, P. et.al 2019, DNV 2021, UNEP DTU 2021, World Bank Group Volume 2 2021).



Picture 5. TOTE Maritime shipping company received the world's first LNG-powered container ship M/s Perla Del Caribe 2015. Photo of sistership M/s Isla Bella in October 2015 by Vesa Tuomala

HOW CAN WE ACHIEVE ZERO-CARBON SHIPPING AND LOWER GHG EMISSIONS WITH FUELS?

Currently, GHG emissions from shipping represent approximately 3 percent of the total global emissions. However, public pressure and concern of future climate conditions are the main drivers for the shipping industry to transform into zero-carbon operations

There are many options for alternative fuel for vessels, including methanol, biofuels, hydrogen, electric batteries and nuclear fuel with different decarbonization and economic costs.

The World Bank Group defines zero-carbon as those fuels which are produced zero-carbon electricity, for example solar or wind power. Net-zero fuels are defined as fuels, which remove carbon dioxide from the atmosphere in production as much as those emitted during composition, such as with biofuels. The World Bank Group sees zero-carbon bunker fuels as ammonia, biofuels, hydrogen, and synthetic carbon-based fuels. (World Bank Volume 1 2021).

Liquefied Petroleum Gas (LPG) is any mixture of propane (C_3H_8) and butane (C_4H_{10}), one of the possible alternative engine fuels. Gas is used widely in transport; it is also very well-known in households for cooking, and for barbeque grills. According to the study made DNV GL, LPG can compete financially with vessel's newbuilds, as well as with large network of import and export terminals all over the world. LPG has relatively small share of maritime fuel today. LPG provides zero sulfur emissions and nitrogen emissions reduces 10-20 percent compared to HFO. Overall GHG reduction in the life cycle is 17 percent compared to HFO or MGO. A total of 97 ships will use LPG in near future. (DNV 2017)

Methanol (CH_3OH) is alcohol-based fuel and can be stored as a liquid between $-93^{\circ}C$ to $+65^{\circ}C$ at atmospheric pressure. Methanol has the highest hydrogen and lowest carbon content. It is used as a fuel and in hydrogen fuel cells, and in building, packaging, paints, and coatings, for example. Methanol is produced from natural gas and coal, and black liquor from the pulp and paper industry, agricultural and forest waste. Power plants capture CO_2 , which can be used in methanol production. Producing methanol from coal emits greenhouse gases twice as high as natural gas. Methanol fuel tanks are 2.5 times larger than oil tanks for the same energy content. 97 ships are currently sailing with methanol.

Dimethyl ether (DME) can be produced from methanol and is able to burn in diesel engines. DNV states that the total number of methanol-operated ships will be 39 worldwide in the near future. (DNV 2021).

Biofuels are called as biomethane, bioethanol and biomethanol by World Bank Group. Biofuel can be produced from biomass with different conversions; first-generation is made from sugar, starch, or plants lipid. Second-generation biofuels are produced from wastes,

non-food feedstock, or woody crops. Third-generation biofuels produce from aquatic autotrophic organisms. National Geographic says an autotroph is an organism that can produce its own food using light, water, carbon dioxide, or other chemicals. For example, algae is an autotroph living in water and forming seaweed. Third-generation sustainable biofuels are biodiesel and biogas. Biofuel's GHG emissions are approximately 50 percent lower than diesel. NO_x and particulate matter (PM) emissions are lower without any sulfur emissions. **Biodiesel** replaces MDO and MGO. Liquefied biomass methane, **liquefied biogas** (LBG), can be used as fossil LNG and **straight vegetable oil** (SVO) substitutes HFO. (DNV 2021, World Bank Volume 1 2021).

Ammonia is toxic to humans and aquatic life. Ammonia could be one solution to tackle greenhouse gases, this fuel does not emit any carbon dioxide when burning in combustion engines or fuel cells. Ammonia has ten times more energy than lithium-ion batteries, and can be stored without high-pressure tanks. Ammonia is the lowest-cost zero-emission fuel that we could find, according to researcher Tristan Smith from University College London's Energy Institute. There are not any vessels currently sailing with ammonium fuel. However, the American Bureau of Shipping predicts that in 2050, there will be approximately 40 percent ammonia and hydrogen-operated vessels in operation.. Conventional oil-based fuel shall be used in 40 percent of ships. The last 20 percent will be divided into biofuels, methanol, LPG, and LNG ships. (IEEE 2021, World Bank Volume 1 2021).

Hydrogen (H₂) is an odorless non-toxic gas, with no color. It can be stored as liquid, gas, or bounded chemically. Hydrogen is stored at -235°C to keep in a liquid state. Energy density is approximately three times of HFO. Stored HFO takes five times more volumetric density than hydrogen with the same energy. At the moment, hydrogen is produced mostly from natural gas. Using renewable energy, nuclear power, or natural gas with capturing carbon and storage to generate hydrogen could result in zero-emission shipping. Hydrogen can be produced also using renewable energy like wind and solar power. Hydrogen can be perhaps be produced also from natural gas through capturing and storing the resulting CO₂ and it does not produce CO₂ emissions using ship's engines in the future. NO_x emissions depend on the technology used on ships, whether hydrogen is used in fuel cells or in combustion engines. **Synthetic carbon-based fuels**, such as synthetic methanol and synthetic methane, are very similar to fossil bunker fuels chemically. Those can be produced by combining hydrogen with carbon from the atmosphere, but it is expected to be very high costs with poor energy efficiency. (DNV 2021, World Bank Volume 1 2021).

Batteries represent the transformation of energy on ships. According to the Maritime Battery Forum, there are currently 337 battery-operated ships in use and 195 on order, a total of 532 ships as of November 2021. Fully electric ships are limited by the size of the required battery system, cost, or technology used. One question that needs to be answers, is that of the harbor infrastructure and power supply to load batteries through the local electrical

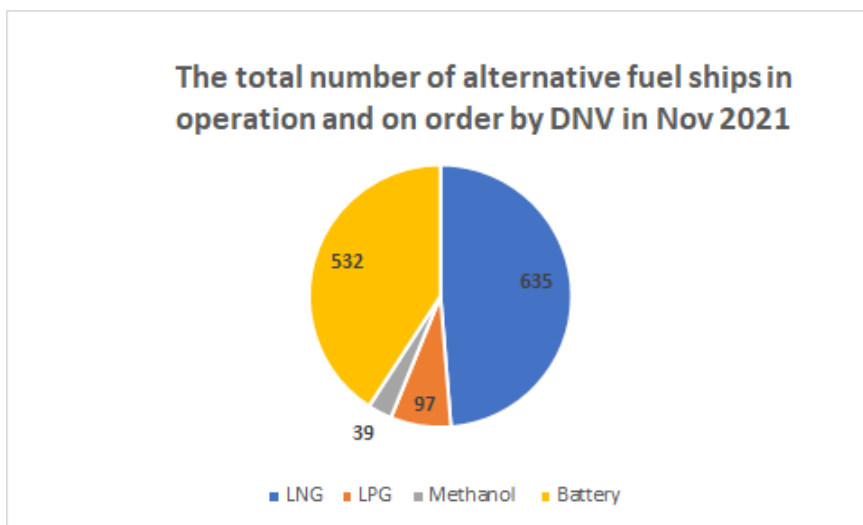
network. Battery technology is used on ferries and short-sea shipping today. (DNV 2021, DNV Afi 2021).

WHAT SHOULD BE BUNKERED ON SHIPS IN THE FUTURE?

At present, there is no correct answer to this question. However, the reality is known, that greenhouse gases should be minimized as soon as possible to decrease the temperature in the atmosphere.

Currently, a very small amount of ships use alternative fuels of over 50,000 vessels. Scrubbers only limit sulfur emissions and particles from the exhaust of ships, and do not have an impact on the CO₂ produced. The consumption of Heavy Fuel oil has decreased over 40 percent in a one-year period after the limitation of emission control areas at the beginning of 2020.

LNG is understood as the first step in the transition to more environmentally friendly bunker fuels. LNG has good availability in major ports. However, LNG is challenging due to the methane slip issue, which is unburnt methane leakage to the atmosphere from the engines, extraction, and distribution.



Picture 6. DNV informs the number of ships currently using and on order for the alternative fuels in their AFI platform (DNV Afi 2021)

The next steps for lowering emissions in commercial shipping could be ammonia, biofuels, or hydrogen. These alternative fuels have their limitations in production. Additionally, electric vessels are one option for a better climate in the future.

HOWEVER, IT IS NOT ONLY ALL ABOUT FUEL...

The material from IMO shows that there are many other options to lower emissions and costs in shipping than just alternative fuels.



Picture 7. IMO GHG strategy requires technical, operational, and innovative solution to ships. Photo by Vesa Tuomala, information edited from IMO's material

The hull and superstructure can be designed for better efficiency and improved capacity utilization. The vessel can be optimized to be lighter with composite materials and decreasing the ballast water. Even new technology, such as hull coating paints, energy management with waste heat recovery and propulsion system can better performance. Solar and wind power can assist vessels on the sea. Speed, trim, depth, and route optimization are some of the known efficient ways to improve sustainability.

The time to act for a better future for our children is now.

GET READY TO THE BETTER SUSTAINABILITY

GET READY project (Getting Ready for the Cross-Border Challenges: Capacity Building in Sustainable Shore Use) aims to promote the sustainable use of the sensitive coastal areas of the Eastern Gulf of Finland. The project is coordinated and managed by the Russian company Eco-Express-Service LLC and Russian partners are the State Hydrological Institute (SHI) and St. Petersburg State University (SPbSU). In addition to the South-eastern Finland University of Applied Sciences (Xamk), the Finnish partners in the project are the Kotka Maritime Research Centre, the Finnish Environment Institute (SYKE), and the University of Turku, Centre for Maritime Studies (CMS).

REFERENCES

- Balcombe, P., Brierley, J., Lewis, C., Skatvedt, L., Speirs, J., Hawkes, A. & Staffell, I. (2019). How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies. *Energy Conversion and Management*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.080> [Accessed 3rd November 2021]
- Bank of England. 2021. How has Covid affected global trade? Available at: <https://www.bankofengland.co.uk/bank-overground/2021/how-has-covid-affected-global-trade> [Accessed 2nd November 2021]
- The Committee for the Coordination of Statistical Activities (CCSA). 2021. How COVID-19 is changing the world: a statistical perspective. Available at: https://www.wto.org/english/tratop_e/covid19_e/ccsa_publication_vol3_e.pdf. [Accessed 2nd November 2021]
- DNV. 2017. LPG as marine fuel. Available at: <https://www.dnv.com/Publications/lpg-as-marine-fuel-95190> . [Accessed 3rd November 2021]
- DNV. 2021. LNG as marine fuel. Available at: <https://www.dnv.com/maritime/insights/topics/lng-as-marine-fuel/index.html> . [Accessed 3rd November 2021]
- DNV. 2021. Alternative Fuels Insight for the shipping industry – AFI platform (needs registration). Available at: <https://afi.dnvgl.com/Users/Add> . [Accessed 4th November 2021]
- European Commission. 2021. 2020 Annual Report from the European Commission on CO2 Emissions from Maritime Transport. Available at: https://ec.europa.eu/clima/system/files/2021-08/swd_2021_228_en.pdf . [Accessed 1st November 2021]
- European Commission. No date. Reducing emissions from the shipping sector. Available at: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-shipping-sector_en . [Accessed 1st November 2021]
- IEEE. 2021. Why the Shipping Industry Is Betting Big on Ammonia. Available at: <https://spectrum.ieee.org/why-the-shipping-industry-is-betting-big-on-ammonia> . [Accessed 6th November 2021]
- ICS, International Chamber of Shipping. 2021. The content in web sites. Available at: <https://www.ics-shipping.org/> . [Accessed 1st November 2021]
- International Maritime Organization (IMO). No date. Initial IMO GHG Strategy. Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx> [Accessed 2nd November 2021]

International Maritime Organization (IMO). No date. Energy Efficiency Measures. Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Reducing-greenhouse-gas-emissions-from-ships.aspx> . [Accessed 2nd November 2021]

International Maritime Organization (IMO). 2021. Fourth Greenhouse Gas Study 2020. Available at: <https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20-%20Full%20report%20and%20annexes.pdf> . [Accessed 1st November 2021]

International Maritime Organization (IMO). 2021. IMO 2020 – cutting sulphur oxide emissions. Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx> [Accessed 2nd November 2021]

International Chamber of Shipping (ICS). 2021. Shipping industry sets out bold plan to global regulator to deliver net zero by 2050. Available at: <https://www.ics-shipping.org/press-release/shipping-industry-sets-out-bold-plan-to-global-regulator-to-deliver-net-zero-by-2050/> . [Accessed 1st November 2021]

The Mærsk Mc-Kinney Møller Center for Zero Carbon Shipping. 2021. Decarbonizing the global maritime industry. Available at: <https://www.zerocarbonshipping.com/> . [Accessed 2nd November 2021]

Ministry of Environment in Finland. 2021. Finland joins several transport declarations in Glasgow – commitments spur countries towards decarbonised road transport, shipping and aviation. Available at: <https://www.lvm.fi/en/-/finland-joins-several-transport-declarations-in-glasgow-commitments-spur-countries-towards-decarbonised-road-transport-shipping-and-aviation-1573549> . [Accessed 18th November 2021]

Solakivi, T. et. al. 2020. Logistiikkaselvitys 2020. University of Turku. Available at: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-249-601-0>. [Accessed 1st November 2021]

Statista. 2021. Annual fuel consumption by ships worldwide from 2019 to 2020, by fuel type. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1266963/amount-of-fuel-consumed-by-ships-worldwide-by-fuel-type/> . [Accessed 2nd November 2021]

UNEP DTU. 2021. The Huge Climate Potential of Methane Reductions. Available at: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/37000/EGR21_MREN.pdf [Accessed 3rd November 2021]

United Nations (UN). 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Available at: <https://sdgs.un.org/2030agenda> [Accessed 1st November 2021]

United Nations (UN). 2021. Department of Economic and Social Affairs Sustainable Development webpages. Available at: <https://sdgs.un.org/> . [Accessed 1st November 2021]

United Nations (UN). 2021. Emissions Gap Report 2021. Available at: <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021> . [Accessed 2nd November 2021]

World Bank Group. 2021. Volume 1: The Potential of Zero-Carbon Bunker Fuels in Developing Countries. Available at: <http://hdl.handle.net/10986/35435> [Accessed 22nd November 2021]

World Bank Group. 2021. Volume 2: The Role of LNG in the Transition Toward Low- and Zero-Carbon Shipping. Available at: <http://hdl.handle.net/10986/35437> [Accessed 3rd November 2021]

World Economic Forum. 2021. Getting to Zero Coalition. Available at: <https://www.weforum.org/projects/getting-to-zero-coalition> . [Accessed 2nd November 2021]

World Economic Forum. 2021. Shaping an Equitable, Inclusive and Sustainable Recovery: Acting Now for a Better Future. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_an_Equitable_Inclusive_and_Resilient_Recovery_2021.pdf . [Accessed 2nd November 2021]

The World Trade Organization (WTO). 2021. Global trade rebound beats expectations but marked by regional divergences. Available at: https://www.wto.org/english/news_e/pres21_e/pr889_e.htm . [Accessed 2nd November 2021]

Tiina Poikolainen kertoo artikkelissaan ilmastopolitiikasta ja raskaan liikenteen aiheuttamista päästöistä. Kirjoituksessa pohditaan, voiko rautatiekuljetuksia lisäämällä alentaa kasvihuonekaasupäästöjä.

AVAINSANAT:

- rautatiekuljetukset
- liikenteen päästöt
- ilmastopolitiikka
- ilmastokokoukset



9 KOHTI VÄHÄPÄÄSTÖISEMPÄÄ KULJETTAMISTA RAUTATEILLÄ

Tiina Poikolainen

ILMASTOPOLITIIKKA JA ILMASTOKOKOUKSET

Euroopan unionin ilmastopolitiikka pohjautuu YK:n ilmastopöytäkirjaan ja sitä täydentävään Kioton pöytäkirjaan sekä Pariisin vuoden 2016 ilmastopöytäkirjaan. EU:n ilmastopolitiikalla ohjataan toimia, joilla jäsenmaat voivat hillitä ilmastonmuutosta. (Euroopan unionin ilmastopolitiikka s.a.) Ilmastopolitiikan ytimessä ovat päästökauppa, kansalliset tavoitteet päästökaupan ulkopuolisille aloille (ns. taakanjako) ja EU:n sopeutumisstrategia. EU on sitoutunut kasvihuonekaasupäästöjen vähintään 55 prosentin vähentämiseen vuoteen 2030 mennessä vuoden 1990 tasosta. Lisätavoitteena Euroopan unionilla on olla ensimmäinen ilmastoneutraali maanosa vuoteen 2050 mennessä. (Pariisin ilmastopöytäkirja s.a.)

Viimeisin ilmastokokous järjestettiin marraskuussa 2021 Glasgow'ssa. Kokoukselle asetettiin suuria toiveita. Sen raportointiin vahvistaneen sitoutumista Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteisiin, mutta paljon keskeisten kysymysten ratkomista jätettiin tuleville vuosille. Jatkossa etenemistä kohti Pariisin sopimuksen 1,5 asteen tavoitetta tarkastellaan vuosittain. Kokouksessa saatiin myös valmiiksi Pariisin sopimuksen sääntökirja yli viiden vuoden työn jälkeen. (Valtioneuvosto 2021.) EU:n liikenne- ja ilmastopolitiikalla on monia haasteita vastattavana, koska tavoitteiden saavuttamisesta ollaan vielä kaukana. Liikenteen päästöt muodostavat kuitenkin noin neljänneksen Euroopan unionin ihmisten toiminnan aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä. (Pernice 2021.)

KOTIMAAN LIIKENTEEN PÄÄSTÖT

Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti (Liikenne- ja viestintäministeriö 2020) kertoo Suomen kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen olleen vuonna 2019 yhteensä noin 11,1 miljoonaa tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Liikenteen päästöt vastasivat noin viidennestä Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Liikenne kuuluu taakanjakosektorin päästöihin, ja se onkin suurin yksittäinen päästölähte: se muodostaa noin 40 prosenttia koko taakanjakosektorin päästöistä. Kotimaan liikenteen päästöiksi lasketaan tieliikenteen, dieselkäyttöisen raideliikenteen ja vesiliikenteen päästöt (tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta). Sähkökäyttöisen raide-, tie- ja vesiliikenteen päästöt lasketaan päästökauppasektorilla mukaan sähköntuotannon päästöihin. Kotimaan lentoliikenteen päästöt käsitellään omana erillisenä päästölähteenään. Vuonna 2019 noin 94 prosenttia kotimaan liikenteen päästöistä syntyi tieliikenteessä.

Suomessa tavoitellaan vuoteen 2030 mennessä vähintään 50 prosentin päästövähennystä. Vuoteen 2045 mennessä liikenteen kasvihuonekaasupäästöt tulisi poistaa kokonaan. Raportin mukaan kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt laskevat nykyisillä toimenpiteillä vuoteen 2030 mennessä yhteensä noin 37 prosenttia verrattuna vuoteen 2005. Päästöjen vähentyminen tapahtuu suurelta osin tieliikenteessä. Päästövähennysten tekijöinä ovat biopolttoaineiden käytön lisääntyminen, muiden vaihtoehtoisten käyttövoimien osuuden kasvattaminen sekä autokannan energiatehokkuuden parantuminen. Olemassa olevien keinojen lisäksi tarvitaan myös kokonaan uusia toimenpiteitä, jotta pidemmän aikavälin tavoitteisiin voidaan päästä. Muiden liikennemuotojen osalta päästöjen arvioidaan pysyvän suurin piirtein samalla tasolla kuin tällä hetkellä tai vähenevän korkeintaan maltillisesti. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2020, 17–18.)

RAUTATIELIIKENNE SEKÄ SIIHEN LIITTYVÄT PÄÄSTÖT

Suomen kotimaan tavaraliikenteessä kuljetettiin vuonna 2019 yhteensä noin 315 miljoonaa tonnia tavaraa. Tieliikenteen osuus kaikista tavarakuljetuksista oli suurin, noin 85 prosenttia (266,0 miljoonaa tonnia). Rautatieliikenteen osuus oli noin 12 prosenttia (38,5 miljoonaa tonnia) ja vesiliikenteen pienin, noin 3 prosenttia (10,5 miljoonaa tonnia). (Tilastokeskus 2020.) Suomen kuljetus ja logistiikka ry:n julkaiseman toimialakatsauksen mukaan teillämme ajetaan 1,8 miljardia kilometriä ja keskimääräinen kuljetusmatka on 80 kilometriä (SKAL 2021). Vastaavasti Suomen rautateillä tavaraliikenteessä keskimääräinen kuljetusmatkan pituus oli 267 kilometriä (Tilastokeskus 2020).

Rautateillä kuljetetaan etenkin metsä-, metalli- ja kemianteollisuuden raaka-aineita ja tuotteita. Suomen rataverkolla liikkuva tavaraliikenne voidaan jakaa kotimaan sisäiseen liikenteeseen, itäiseen yhdysliikenteeseen, läntiseen yhdysliikenteeseen ja transitoliikenteeseen. (Liikennevirasto 2018.) Suomen liikennöidyn rataverkon pituus on noin 6 000 kilometriä, josta 3 330 kilometriä on sähköistetty. Yksiraiteista rataa on 5 234 kilometriä, kaksi- tai useampiraiteista puolestaan 692 kilometriä (Rataverkko s.a.). Raideliikenteen osuus kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöistä on alle prosentti, koska raideliikenteen päästöistä liikenteen päästöiksi lasketaan vain dieselkäyttöisen raideliikenteen päästöt. Sähkökäyttöisen raideliikenteen käyttämän energian päästöt lasketaan osaksi päästökauppaa. Suurin osa henkilöliikenteessä käytettävästä kalustosta kulkee sähkövedolla, joten valtaosa raideliikenteen päästöistä, yhteensä noin 85 prosenttia, aiheutuu tavaraliikenteestä. Raideliikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2018 olivat yhteensä noin 0,06 miljoonaa tonnia. Ne olivat laskeneet noin 50 prosenttia vuoteen 2005 verrattuna. Jos tavoitellaan päästötöntä kotimaan liikennettä vuoteen 2045 mennessä, myös dieselvetoisen raideliikenteen kasvihuonekaasupäästöt tulee poistaa. Keinoja päästä tavoitteisiin ovat muun muassa rataverkon sähköistyksen lisääminen, tulevaisuuden vaihtoehtoiset käyttövoimat, uusiutuvan dieselin käyttö sekä rataverkon tehokkaampi hyödyntäminen akselipainoja ja junakokoja kasvattamalla (Liikenne- ja viestintäministeriö 2020, 81).

KEINOJA LISÄTÄ RAIDELIIKENTEN OSUUTTA KULJETUKSISTA SEKÄ KULJETUSTEN TEHOSTAMINEN

Kuljetukset raiteilla mielletään usein jäykiksi ja hitaiksi sekä soveltuviksi vain suurille massoille ja pitkille etäisyyksille. Kuitenkin muutokset toimintaympäristössä, ympäristölainsäädäntö sekä ympäristönäkökulmat asiakkaiden ja kuluttajien käyttäytymisen ohjureina voivat siirtää tulevaisuuden kuljetuksia enemmän raiteille. Rataverkon kokonaiskuvan selvityksessä (Liikennevirasto 2018) on pohdittu rautatieliikenteen kehitystä edistäviä ja hidastavia voimia. Muun muassa uudenlaiset tarjonnan konseptit, liikenteen sähköistyminen ja ICT sekä yritysten välinen yhteistyö voivat mahdollistaa uutta markkinaosuutta rautatieliikenteelle niin henkilö- kuin tavaraliikenteessä. Vihreä logistiikka yritysten kilpailuetuna nähdään edistävänä voimana. Se tarkoittaa kuljetusketjun muuttamista mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittavaksi, ekotehokkuuden lisäämistä laajemmin tilaus- ja toimitusketjussa sekä materiaalien kierrätykseen liittyvää logistiikkaa. Tulevaisuudessa logistiikka-alan yritysten tulee ottaa entistä paremmin huomioon toimitusketjunsä ympäristöystävällisyys. Älykäs reititys, rahtitilan optimointi, paluurahditus ja mahdollisuus vaihtaa kuljetusmuodosta toiseen ovat vihreän logistiikan keinoja myös rautatieliikenteelle. Ympäristön kannalta ekologiset kuljetukset hillitsevät ilmastonmuutosta ja ovat yksi askel kohti valtakunnallisia päästövähennystavoitteita.

Turvallisuus, toimiva liikennejärjestelmä sekä infrastruktuuri ovat rautatieliikenteen kulmakiviä. Ratahankkeet ovat kalliita mutta välttämättömiä, jotta palvelutaso pysyy korkealla ja kuljetuksia voidaan tehostaa. Suurimmalla osalla Suomen rataverkosta sallitaan 22,5 tonnin akselipaino. Osalla rataverkkoa on käytössä 25 tonnin akselipaino (Rataverkko s.a.), ja esimerkiksi vuonna 2022 se on tarkoitus saada käyttöön myös Kouvola–Kotka/Hamina-ratahankkeen tuloksena. Tällä halutaan osaltaan parantaa tavaraliikenteen toimintaedellytyksiä. Tavaraliikenteelle akselipainon nosto on niin tärkeä asia, että sen saavuttamista on nopeutettu kahdella vuodella alkuperäisestä hankeaikataulusta. (Kouvola–Kotka/Hamina: Tuhannen palan palapeli eli ison ratahankkeen suunnittelu s.a.)

Yksi Euroopan unionin tavoitteista on, että yli 300 kilometrin pituiset maanteiden tavarankuljetukset siirrettäisiin muihin liikennemuotoihin, kuten rautateille tai vesiliikenteeseen. Tavoitteena on 30 prosentin siirtymä vuoteen 2030 mennessä ja yli 50 prosentin siirtymä vuoteen 2050 mennessä. Jos rahtia siirtyisi enemmän raiteille, liikenteen hiilidioksidipäästöjä pystyttäisiin vähentämään ja näin vastaamaan ilmastotavoitteisiin, mutta tämä vaatisi lisäksi panostuksia infrastruktuurin kehittämiseen. (Euroopan komissio 2011.)

Kouvola on yksi niistä kaupungeista, jotka ovat investoineet logistiikka-alueiden infrastruktuurin kehittämiseen. Teholan alueelle rakennetaan parhaillaan eri kuljetusmuotoja yhdistävää rautatie- ja maantierminaalia (Kouvola RRT), joka on tarkoitus ottaa käyttöön vuonna 2023 (kuva 1). Kouvola on myös ainoa liikenteen ydinverkon (TEN-T eli Trans European Network – Transport) rautatie- ja maantierminaalipaikkakunta Suomessa. (Kouvolan kaupunki 2021.)



Kuva 1. Kouvolaan valmistuu vuonna 2023 maantie- ja rautatieterminaali (Kouvola RRT), joka mahdollistaa 1 100 metriä pitkien junien purkamisen ja lastaamisen sekä yhdistetyt kuljetukset. Kuva: Tiina Poikolainen.

YHDISTETYT KULJETUKSET JA NIIDEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖVÄHENNYPOTENTIAALI

Fossiilittoman liikenteen tiekartan yksi raskaan kaluston tieliikenteen päästöjen vähentämiseksi tunnistama keino on yhdistettyjen kuljetusten lisääminen. Asiaa selvitettiin lisää liikenne- ja viestintäministeriön toimesta, ja siitä julkaistiin selvitys *Yhdistettyjen kuljetusten hiilidioksidipäästöjen vähennyspotentiaali Suomessa* (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021). Selvityksessä yhdistetyillä kuljetuksilla tarkoitetaan juna-kuorma-auto- ja juna-traileri/konttikuljetuksia yhdistettyjen kuljetusten terminaalien välillä. Tällä hetkellä Suomessa ei käytetä yhdistettyjä kuljetuksia, mutta muualla Euroopassa niitä käytetään paljon. Esimerkiksi Ruotsissa yhdistetyt kuljetukset ovat vakiinnuttaneet asemansa ja niitä tuetaan johdonmukaisesti. Ruotsin tärkeimmät yhdistettyjen kuljetusten välit ovat Göteborg–Tukholma ja Malmö–Tukholma. Yhdistettyjen kuljetusten vaikutusta kasvihuonekaasupäästöihin arvioitiin nykytilaan pohjautuvin tilastollisin perustein. Yhdistetyt kuljetukset vähentäisivät liikenteen hiilidioksidipäästöjä tilastollisen kuljetuspotentiaalnin perusteella arvioituna 18 000 – 30 000 tonnia vuonna 2030. Arvioon vaikuttavat muun muassa tavaralajien määrä ja kuljetusten koontialueiden laajuus. Selvityksen mukaan toiminta olisi käynnissä

kuudella yhteysväylillä. Yhdistetyt kuljetukset vähentäisivät fossiilittoman liikenteen tiekartan 1,65 miljoonan tonnin tavoiteltua hiilidioksidipäästövähennystä 1,1–1,8 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021.)

Liikenteen päästöjen vähentämiseen ei ole vain yhtä keinoa, vaan se koostuu monista eri osista. Päästötavoitteiden saavuttaminen ja lopulta fossiilittomaan liikenteeseen pyrkiminen vaativat tahtotilaa ja aktiivisia toimenpiteitä – niin yrityksiltä kuin myös kuluttajilta, joiden ostokäyttäytyminen ohjaa esimerkiksi verkkokaupan kotiinkuljetuksia. Valtion tulee tukea tätä siirtymää kohti fossiilitonta liikennettä kaikilla käytettävissä olevilla keinoilla.

LÄHTEET

Euroopan komissio. 2011. Valkoinen kirja: Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://op.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/f92333f7-da0d-4fd6-9e62-389b0526e2ac/language-fi> [viitattu 23.11.2021].

Euroopan unionin ilmastopolitiikka s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka> [viitattu 10.11.2021].

Kouvola–Kotka/Hamina: Tuhannen palan palapeli eli ison ratahankkeen suunnittelu s.a. Väylävirasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://vayla.fi/-/kouvola-kotka-hamina-rahankkeen-suunnittelu> [viitattu 10.11.2021].

Kouvolan kaupunki. 2021. Kouvola RTT rautatie- ja maantieterminaali. WWW-dokumentti. Päivitetty 15.9.2021. Saatavissa: <https://www.kouvola.fi/kouvolankaupunki/strategia/karkihankkeet/rautatie-ja-maantieterminaali-kouvola-rrt/F> [viitattu 16.10.2021].

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2020. Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:18. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162516/LVM_2020_18.pdf?sequence=1 [viitattu 10.11.2021].

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2021. Yhdistettyjen kuljetusten hiilidioksidipäästöjen vähennyspotentiaali Suomessa. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:24. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163411/LVM_2021_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 10.12.2021].

Liikennevirasto. 2018. Rataverkon kokonaiskuva. Lähtökohtia ja näkökulmia. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 37/2018. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/1ts_2018-37_rataverkon_kokonaiskuva_web.pdf [viitattu 10.11.2021].

Pariisin ilmastopimus s.a. Ympäristöministeriö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus> [viitattu 10.11.2021].

Pernice, D. 2021. Yhteinen liikennepolitiikka: yleistä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fi/sheet/123/yhteinen-liikennepolitiikka-yleista> [viitattu 16.10.2021].

Rataverkko s.a. Väylävirasto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://vayla.fi/vaylista/rataverkko> [viitattu 10.11.2021].

SKAL. 2021. Maanteiden tavaraliikenne Suomessa. Toimialakatsaus 2021. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.skal.fi/sites/default/files/sisaltosivujen_tiedostot/skal_toimialakatsaus_a5_141221.pdf [viitattu 10.11.2021].

Tilastokeskus. 2020. Vuonna 2019 Suomen rautateiden henkilöliikenteen kasvu jatkui. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/rtie/2019/rtie_2019_2020-08-27_tie_001_fi.html [viitattu 15.12.2021].

Valtioneuvosto. 2021. Glasgow'n ilmastokokous toi uusia välineitä 1,5 asteen tavoitteen saavuttamiseksi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/glasgow-n-ilmastokokous-vahvisti-toimia-1-5-asteen-tavoitteen-saavuttamiseksi> [viitattu 23.11.2021].

