

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK), ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2023

Aleksi Vahtera

# Päästölaskuri maansiirtotoiminnan kuljetuksille



Opinnäytetyö | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2023 | 30 sivua

Aleksi Vahtera

## Päästölaskuri maansiirtotoiminnan kuljetuksille

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda selkeä Excel-pohjainen päästölaskuri maansiirtotoiminnan kuljetuksille. Laskuri tulisi olla liitettävissä yrityksen tarjouslaskelmiin. Kerätyn aineiston pohjalta on tarkoitus ideoida työkalu, jonka avulla toimeksiantaja voi laatia nopeasti ja selkeästi urakkakohtaisen päästölaskelman kuljetuksistaan. Työssä on pohdittu myös hyötykuorman kasvatusta, sekä paluukuorman merkitystä päästöjen kannalta. Pohdittavana on myös, voisiko kaasukäyttöinen kuorma-auto toimia maansiirto tehtävissä.

Laskurissa ilmoitetut lukemat tullaan rajaamaan yleisesti käytettyihin pakokaasupäästöihin. Laskelmat laaditaan selkeästi, jotta näiden esitys myös asiakkaille olisi mahdollista. Näin ollen laskuri auttaa vastaamaan ympäristökysymyksiin ja antaa kilpailuetua markkinoilla.

On tärkeää kuitenkin huomata, että opinnäytetyön tarkoitus ei ole kehittää päästöjen ehkäisemiskeinoja, eikä ottaa kantaa niiden muodostumiseen kuljetuksissa.

Asiasanat:

hiilidioksidi, logistiikka, päästölaskuri, päästöt

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Automotive and Transportation Engineering

2023 | 30 pages

Aleksi Vahtera

## Emission calculator for earthmoving operations

The purpose of this thesis is to create simple Excel-based emission calculator for earthmoving operations. The counter should be connectable to company's tender calculations. Based on the collected material, the idea is to create a tool that allows the commissioning company to prepare a contract specific emission calculation quickly and clearly for transportation. The work has also considered the increase of the payload, as well as the importance of the return load in terms of emissions. Also, to be considered is whether a gas-powered truck could be used in earthmoving operations.

The reading indicated in the calculator will be limited to commonly used exhaust emissions. The calculations are presented clearly so that they can be presented to customers. Therefore, the emissions calculator helps to answer environmental questions and should give a competitive advantage in hauling market.

However, it is important to note that the purpose of this thesis is not to develop means of preventing emissions, nor to take a position on their formation in transportation.

Keywords:

calculator, carbon dioxide, emission, logistics

# Sisältö

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 Johdanto</b>                         | <b>6</b>  |
| <b>2 Kuljetus Mäkivaara Oy</b>            | <b>7</b>  |
| <b>3 Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus</b>  | <b>9</b>  |
| 3.1 Tutkimuskysymykset                    | 9         |
| 3.2 Tutkimusmenetelmät ja aineistot       | 10        |
| 3.3 Tapaustutkimus                        | 11        |
| 3.4 Aineiston ja tiedon keräys            | 12        |
| 3.5 LIPASTO                               | 12        |
| <b>4 Maantiekuljetusten päästöt</b>       | <b>13</b> |
| 4.1 Päästöluokitukset                     | 13        |
| 4.2 Hiilidioksidi CO <sub>2</sub>         | 15        |
| 4.3 Muut päästöt                          | 15        |
| 4.3.1 HC, hiilivedyt                      | 15        |
| 4.3.2 CO, hiilimonoksidi                  | 15        |
| 4.3.3 NO <sub>x</sub> , typen oksidit     | 16        |
| 4.3.4 PM, hiukkaspäästöt                  | 16        |
| 4.4 Päästöjen määrittäminen kuljetuksista | 16        |
| 4.5 CountEmissions EU                     | 16        |
| <b>5 Kaasukäyttöinen kuorma-auto</b>      | <b>18</b> |
| 5.1 Ympäristöystävällisyys                | 18        |
| 5.2 Tekniikka ja hankintaetu              | 18        |
| <b>6 Laskuri</b>                          | <b>20</b> |
| 6.1 Päästökertoimen määrittäminen         | 20        |
| 6.2 Laskenta                              | 20        |
| 6.3 Esimerkitapaukset                     | 22        |
| 6.3.1 Esimerkki 1.                        | 23        |
| 6.3.2 Esimerkki 2.                        | 23        |

|  |           |
|--|-----------|
| 6.4 Muuttajat                              | 23        |
| 6.5 Esimerkkilaskujen tulokset ja vertailu | 23        |
| 6.6 Paluukuorma                            | 24        |
| <b>7 Johtopäätökset</b>                    | <b>26</b> |
| <b>8 Jatkojalostus</b>                     | <b>27</b> |
| 8.1 Teknologia                             | 27        |
| 8.2 Laskuri                                | 27        |
| 8.3 Viestintä                              | 28        |
| <b>Lähteet</b>                             | <b>29</b> |

## **Kuvat**

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1. Puutavara kuorma-auto 60-luvulta. (Kuljetus Mäkivaara Oy 2023.).....  | 7  |
| Kuva 2. Sisu Polar Rock -kasettiryhdistelmä. (Kuljetus Mäkivaara Oy 2023.).....   | 8  |
| Kuva 3. Euroopan unionin ehdotus uusista tavoitteista verrattuna vuonna 2019 asetettuihin päästöarvoihin. (Euroopa 2023.) ..... | 14 |
| Kuva 4. Euro VI päästö raja-arvot (Euroopan unioni 2011.).....  | 20 |
| Kuva 5. Kuvakaappaus laskuriin syötetyistä tiedoista. ....  | 21 |
| Kuva 6. Kuvakaappaus laskurin tuloksista. ....  | 22 |
| Kuva 7. Kuvakaappaus esimerkkien tuloksista. ....   | 24 |

## **Taulukot**

|  |    |
|--|----|
| Taulukko 1. Määrällinen ja laadullinen tutkimus (Tutkijan ABC 2015.) | 11 |
| Taulukko 2. Täysperävaunuryhdistelmien päästökerroin.                | 21 |

# 1 Johdanto

Työn tavoitteena on luoda selkeä päästölaskuri porilaiselle Kuljetus Mäkivaara Oy:lle. Päästölaskurin tulisi olla liitettävissä tarjouslaskelmiin, näin ollen saaden kilpailuetua vastuullisuuden näkökulmasta. Työssä tullaan tutkimaan myös; hyötykuorman kasvatuksen etuja sekä paluukuorman vaikutuksesta päästöjen kannalta. Pintapuoliseen pohdiskeluun valikoitui myös kaasukuorma-auton käytettävyys maansiirtoajoneuvona.

Opinnäytetyöhön on kerätty tietoa erilaisista päästöistä, sekä niitä käsittelevistä aiheista. Työssä kerrotaan myös laskurissa esiintyvistä päästöistä. Käsitellään myös hyötykuorman kasvatusta esimerkkien avulla, sekä pohditaan kysymyksiä kaasukuorma-autoista.

Opinnäytetyön tarkoituksena ei ole kehittää keinoja ehkäistä päästöjä, eikä ottaa kantaa niiden muodostumiseen kuljetuksissa. Tämä työ ei myöskään ota kantaa kuormien lastauksessa tai vastaanotossa syntyneisiin päästöihin, samalla jättäen ne pois myös päästölaskennasta.

Opinnäytetyön toteutus toimeksiantajalle suoritetaan syksyn 2023 aikana. Työ on ajankohtainen, koska käytössä ei ole vielä menetelmää laskea kuljetuksista aiheutuneita päästöjä. Laskuri tulisi vauhdittamaan yrityksen omaa ympäristöstrategiaa kohti vihreämpää huomista. Laskuri tulisi mahdollistamaan päästöjen raportoinnin myös kolmannelle osapuolelle.

## 2 Kuljetus Mäkivaara Oy

Kuljetus Mäkivaara Oy on kuljetusalan ammattilainen, jonka päätoimialana on maa-aineskuljetukset, sekä maanrakennus. Kokemusta alalta löytyy jo seitsemältä vuosikymmeneltä. Yrityksen toimialaan kuuluu infrarakennushankkeet, maanrakennustyöt, sekä monenlaiset kuljetukset nykyaikaisella kalustolla. Maa- ja kiviaineksia he tuottavat Satakunnan alueella Ahlaisissa sekä Kankaanpäässä. (Kuljetus Mäkivaara Oy; henkilökohtainen tiedonanto 27.10.2023.)

Kuljetustoiminta aloitettiin vuonna 1963 Altti Mäkivaaran toimesta. Tuolloin sana kalusto käsitti vain yhden puutavarakuorma-auton. Toiminnan alussa toimenkuvaan kuului vain puutavaran ajo talvisin sekä soranajo kesäisin paikallisille tienrakennustyömaille. Vasta myöhemmin kuljetustoiminta alkoi siirtymään jo alusta asti mukana olleeseen maa- ja kiviainesten myyntiin. (Kuljetus Mäkivaara Oy 2023.)



Kuva 1. Puutavarakuorma-auto 60-luvulta. (Kuljetus Mäkivaara Oy 2023.)

Tänä päivänä yrityksen toiminta perustuu kestävään kehitykseen, nykyaikaiseen kalustoon sekä sertifioituihin työskentelytapoihin. Nykyiseen kokoonpanoon kuuluu noin 30 työntekijää. Yritys painottaa ympäristöystävällisyyttä tarjoamalla kuljettajilleen taloudellisen ajotavan

koulutusta aina säännöllisin väliajoin, sekä käyttämällä nykyaikaista vähäpäästöistä kalustoa. (Kuljetus Mäkivaara Oy; henkilökohtainen tiedonanto 27.10.2023.)

Nykyiseltään kalustoon kuuluu 11 täysperävaunuyhdistelmää, 10 puoliperävaunuyhdistelmää. Pääsääntöisesti maantiekuljetukset suoritetaan kokonaispainoltaan 60–76 tonnin Euro 6-luokituksen omaavilla täysiperävaunuyhdistelmillä. Kalustoon kuuluu myös 4 nuppiautoa, jotka on varusteltu koukku- tai vaijerilaitteilla eli käyttötarkoitus on nopeasti muokattavissa. Varustukseen kuuluu myös lavetti-, ja nostokalustoa, sekä monenlaisia maanrakennus työkoneita. Toisin sanoen maanrakennushankkeet onnistuvat täysin käyttäen omaa kalustoaan. (Kuljetus Mäkivaara Oy; henkilökohtainen tiedonanto 27.10.2023.)



Kuva 2. Sisu Polar Rock -kasettiyhdistelmä. (Kuljetus Mäkivaara Oy 2023.)



### 3 Tutkimuksen tarkoitus ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on luoda selkä Excel-pohjainen päästölaskuri maansiirtotoiminnan kuljetuksille. Kerätyn aineiston pohjalta on tarkoitus ideoida laskuri, jonka avulla toimeksiantaja yritys voi laatia nopeasti ja selkeästi urakkakohtaisen päästölaskelman kuljetuksista. Laskurissa ilmoitetut lukemat tullaan rajaamaan yleisesti käytettyihin pakokaasupäästöihin, joihin kuuluvat muun muassa; hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), hiilivedyt (HC), hiilimonoksidi (CO), typen oksidit (NO<sub>x</sub>), sekä hiukkaspäästöt (PM). Laskelmat tulee olla selkeästi ymmärrettävissä, jotta näiden esitys myös asiakkaille olisi mahdollista. Näin ollen laskelma auttaisi vastaamaan kolmannen osapuolen esittämiin ympäristökysymyksiin ja tulisi antamaan kilpailuetua markkinoilla sekä samalla mahdollistaen yrityksen omaa siirtymää kohti vihreämpää huomista.

Tämän työn tarkoitus ei ole kehittää keinoja ehkäistä päästöjä, eikä ottaa kantaa niiden muodostumiseen kuljetuksissa. Opinnäytetyö ei myöskään ota kantaa kuormien lastauksessa ja vastaanotossa syntyneisiin päästöihin, samalla jättäen ne myös ulos päästölaskurista. Laskuri ei tule kattamaan nuppi tai puoliperävaunuyhdistelmiä, vaan työssä tullaan keskittymään täysperävaunuyhdistelmien aiheuttaneisiin päästöihin.

Työssä tullaan käsittelemään päästölaskentaa käyttäen 30 ja 46 tonnin hyötykuormia. Esimerkissä kuljetetaan 300 tonnia maa-ainesta Ahlaisten louhokselta Meri-Poriin. Näiden pisteiden etäisyys on noin 15 kilometriä ja taajamassa kuljetaan noin 30 % matkasta. Esimerkissä vertaillaan hyötykuorman kasvatuksen merkitystä.

#### 3.1 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkimuksessa kysymykset muodostuvat pääkysymyksestä, sekä muutamasta alakysymyksestä aiheen tiimoilta.

Kuinka lasketaan Kuljetus Mäkivaaran Oy:n urakka kohtaiset kuljetuksista aiheutuneet päästöt?

a) Kuinka paljon saadaan hyötyä päästöjen kannalta, kun urakassa on paluukuorma?

b) Kuinka paljon eroa päästöjen kannalta saadaan, kun hyötykuorma kasvatettaisiin 30 tonnista 46 tonniin?

c) Voisiko maansiirtokuljetuksia hoitaa kaasukuorma-autolla?

Tutkimalla aineistoa, sekä pohjatietoja voimme vastata näihin kysymyksiin, ja lopputulemana kehittää päästölaskuri laskemaan kuljetuksien päästöt.

### 3.2 Tutkimusmenetelmät ja aineistot

Lähtökohtaisesti tutkimussuuntaukset voidaan jakaa kvantitatiiviseen ja kvalitatiivisiin tutkimuksiin. Näiden eroavaisuus löytyy lähestymistavasta tutkimukseen sekä aineistoon. Kvalitatiivisen tutkimuksen tehtävä on perehtyä tarkasti käsiteltyyn aiheeseen ja syventyä määrättyyn tutkittavaan ilmiöön.

Tutkimuskohteen merkitys ja tarkoitus selvitetään perinpohjaisesti, jotta asiasta voidaan tehdä laadullinen tutkimus. Yleisesti tutkittava aihe on tarkasti rajattu ja kohderyhmittymä hyvin pieni. Aineisto voidaan poimia esimerkiksi käytännön kokemuksista, havainnoista ja haastatteluista. Laadullisella tutkimuksella ei lähtökohtaisesti pyritä mittaamaan tarkasteltua ilmiötä. Pääasiassa tarkoituksena on aiheen syvemmän tason ymmärtäminen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 131–135)

Kvantitatiivisen tutkimuksen avulla selvitetään lukumääriin sekä prosenttiosuuksiin sidoksissa oleviin kysymyksiin. Tämä tutkimusmenetelmä edellyttää tarpeeksi suurta ja laadukasta otosta. Aineiston keräys vaiheessa käytetään lähtökohtaisesti standardoituja tutkimuslomakkeita, joissa on valmiita vastausvaihtoehtoja. Aihetta havainnollistetaan numeraalisten suureiden voimin ja yleisesti selvitetään myös tapahtuneita muutoksia tai riippuvuuksia tutkittavan aiheen tiimoilta. Kvantitatiivisen tutkimuksen avustuksella kartoitetaan jo

olemassa oleva tilanne, mutta asioiden syitä ei riittävästi pystytä selvittämään tämän avulla. (Heikkilä 2014, 8) Taulukko 1. pitää sisällään merkittävimmät eroavaisuudet määrällisen ja laadullisen tutkimuksen välillä.

Taulukko 1. Määrällinen ja laadullinen tutkimus (Tutkijan ABC 2015.)

| Määrällinen tutkimus<br>(Quantitative research) | Laadullinen tutkimus<br>(Qualitative research) |
|---|--|
| Laajat määrälliset aineistot (esim. tilastot)   | Pienempi aineisto, aineiston laadun merkitys   |
| Mittaaminen ja testaaminen                      | Havainnointi ja tulkitseminen                  |
| Tutkija aineistostaan ulkopuolinen              | Tutkija aineiston tulkitsijana                 |
| Vastaa kysymykseen 'kuinka suuri', 'montako'    | Vastaa kysymykseen 'miksi', 'millainen'        |
| Yleistettävyyys                                 | Joustavuus                                     |

Yhdistäessä laadullista, että määrällistä tutkimusta saadaan kattava tilastollinen tutkimus. Näiden tutkimussuuntien erottelu toisistaan saattaa olla hankalaa, yleensä ne kulkevatkin käsikädessä. Yleisesti tutkimus aloitetaan laadullisella tutkimuksella, jolloin tarkisteltavasta tutkimuksesta saadaan entistä syvempi mielikuva. Voidaksemme siirtyä määrälliseen tutkimukseen, on ymmärrettävä tutkittava aihe. Ilmiön ymmärrettyämme voimme siirtyä luomaan yleiskuvaa ja johtopäätöksiä aiheesta. (Hirsjärvi ym. 1997. 126–127)

Laadukkaan tutkimuksen varmistamiseksi tulemme tarvitsemaan molempia tutkimusmenetelmiä. Aineiston perustuessa keskiarvoihin ja lukuisiin tilastoihin, saadaan aikaiseksi kattava, mutta kuitenkin luotettava laskuri maansiirtotoiminnan kuljetuksien päästöjen laskentaan.

### 3.3 Tapaustutkimus

Nimensä mukaisesti tapauskohtaisessa tutkimuksessa keskitytään ja syvennytään tiettyyn valittuun aiheeseen. Päämääränä on laatia yksilöity

tutkimusstrategia tutkittavasta aiheesta. Tapaustutkimus ei kuitenkaan ole tutkimusmenetelmä, vaan mahdollistaja monien eri aineistojen ja metodien avuin. (Spoken 2020.) Tässä tapauksessa se kuitenkin mahdollistaa sekä kvantitatiivista- että kvalitatiivista tutkimusta. Suurin osa käytetyistä aineistoista on tilastoja ja keskiarvoja. Kuitenkin tutkittava tapaus on päätetty rajata koskemaan vain tiettyjä tapauksia.

### 3.4 Aineiston ja tiedon keräys

Aineisto keräämään erilaisista kirjallisuuslähteistä ja valtion tilastoista. Voidaksemme laskea kuljetuksissa aiheutuneita päästöjä on edellytyksenä tutustua erilaisiin standardeihin sekä laskentatyyppien tiedon keräykseen eri kirjallisuuksista. Valtion tutkimuslaitoksen VTT:n ylläpitämä LIPASTO-sivusto tulee olemaan yksi suurimmista tietolähteistä. Toinen mainittava tietokanta on Suomen valtion ylläpitämä co2data-sivusto, sieltä saamme oikeanlaista tietoa aiheen ympäriltä, sekä osan päästökertoimista laskurille.

### 3.5 LIPASTO

Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy on luonut ja ylläpitää LIPASTO-nimistä sivustoa, jossa kerrotaan Suomen liikenteen energiakulutuksen ja pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmistä. Sivusto pitää sisällään tie-, vesi-, raide-, ja ilmaliikenteen sisään lukien myös työkoneet.

LIPASTO:n rahoittamiseen ovat osallistuneet Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, Liikennevirasto, Liikenne- ja viestintäministeriö, Ympäristöministeriö sekä Tilastokeskus vuosina 2013–2017. Nykyisellä hetkellä sivustolla ei ole rahoitusta, vaikka sitä paljon kaivattaisiinkin. Sivustolla on kuitenkin paljon tärkeää vanhentumatonta sisältöä työn kannalta. (Lipasto n.d.)

## 4 Maantiekuljetusten päästöt

Vuosina 2010–2020 kotimaassa kuljetusmäärät vaihtelivat 260–280 miljoonan tonnin välillä. Kolmannes kaikesta kuljetetusta määrästä on ollut maa-ainesta, kuten maata, mursketta ja multaa. Tavanomaiset kuljetusmatkat jäävät varsin lyhyiksi, noin 20 kilometrin siirroiksi. Lähivuosina massojen kasvatus on mahdollistanut keskimääräisen kuljetusmatkan pidentymisen noin 20 prosentilla. (Traficom 2023.)

Tämänlaiset kuljetusmäärät ja työmaatoimintojen on arvioitu aiheuttavan noin 1,1 MT CO<sub>2e</sub> päästöjä, joka vastaa neljännessä kaikesta alan aiheuttamista päästöistä. Infrarakentamisen puolella päästöistä neljä viidestä syntyy väylien rakentamisesta ja nimenomaan kivi ja maa-ainesten liikuttelusta. (Raivio 2020.)

### 4.1 Päästöluokitukset

Raskaan kaluston haitallisten pakokaasupäästöjen sallittua määrää EU:ssa säädellään niin sanotulla EURO-luokituksella. Nämä säädökset ovat ajoneuvolajikohtaisia. Ajoneuvojen tyyppihyväksyntä vaiheessa mitataan laboratorio-olosuhteissa ajoneuvosta niiden aiheuttamat päästöt ja varmistetaan, että tarkkaan säädetyt arvoja noudatetaan oikeaoppisesti.

Näissä laboratorioissa tehtävissä WHTC-mittauksissa selvitetään raskaiden ajoneuvojen todelliset päästöt valvotussa ympäristössä. Testin tarkoituksena on jäljitellä oikean maailman ajoa mahdollisimman tarkasti näin saaden oikeanlaisen tuloksen päästöarvoille.

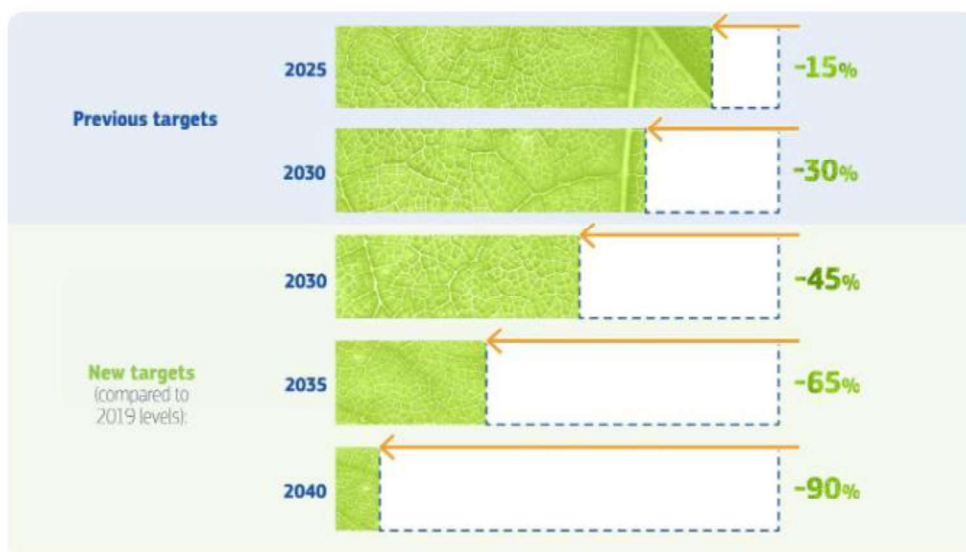
Euroopan komissio on vahvistanut näkemyksensä Euro 7-asetuksesta, joka tulisi kattamaan moottoriajoneuvojen päästöt, ajoneuvojen ajoakkujen kulutuksen kestävyys ja samalla pyrkien realistisiin päästönormeihin. Uusilla päätöksillä halutaan ottaa huomioon myös, ettei ajoneuvoteollisuudelle aiheudu mittavia investointeja. Kuitenkin henkilö- ja kevyenliikenteen päästörajat ja

testausolosuhteet halutaan pitää ennallaan, kun taas raskaiden ajoneuvojen päästörajoja hieman kevennettäisiin. (Euroopan neuvosto 2023.)

Raskaskalusto yksinään on vastuussa lähes neljäkseen kaikesta tieliikenteessä aiheutuneesta kasvihuonepäästöistä EU:ssa ja jopa yli 6 % kokonaismäärästä. Kaikista ehkäisevistä tekijöistä huolimatta kasvihuonepäästöt kuitenkin vain lisääntyvät. Tämä johtuu pääasiassa jatkuvasti lisääntyvistä tavaraliikenteistä. (Europa.eu 2023.)

Taistelu ilmanmuutosta vastaan tulee jatkumaan vielä pitkään. Meidän on pystyttävä vähentämään hiilidioksidipäästöjä tällä kasvavalla alalla. Tätä varten EU:n komissio ehdottaa uusia kunnianhimoisia tavoitteita ilmaston suojaksi ja päästöttömyyden saavuttamiseksi. Samalla ajaen alas fossiilisten polttoaineiden jakeluvivoitteita.

Vuonna 2023 Euroopan komissio ehdotti uutta tarkastelua raskaskaluston hiilidioksidipäästöjen standardeja koskevaa asetusta. Mikäli ehdotus hyväksytään, ottaisi se käyttöön tiukemmat CO<sub>2</sub>-standardit raskaille hyötyajoneuvoille vuodesta 2030 alkaen. Uudet pakotteet koskisivat laajalti koko kuljetusalaa. (Europa 2023.)



Kuva 3. Euroopan unionin ehdotus uusista tavoitteista verrattuna vuonna 2019 asetettuihin päästöarvoihin. (Europa 2023.)

## 4.2 Hiilidioksidi CO<sub>2</sub>

Hiilidioksidi on lämpöä vangitseva kaasu, joka kulkee myös nimellä kasvihuonekaasu. Sitä syntyy, kun fossiilisia polttoaineita kuten öljy, hiili ja maakaasua otetaan talteen ja poltetaan energiaksi. Hiilidioksidia syntyy myös maastopaloista ja luonnollisista katastrofeista eli muun muassa vulkaanisista purkauksista. (NASA 2023.)

## 4.3 Muut päästöt

Työssä tarkasteltavat muut päästöt hiilidioksidin rinnalla ovat Hiilivedyt HC, hiilimonoksidi CO eli tuttavallisemmin häkä, typen oksidit NO<sub>x</sub>, ja diesel moottoreissa esiintyvät hiukkaspäästöt PM.

### 4.3.1 HC, hiilivedyt

Hiilivedyt ovat nimensä mukaan yhteisnimitys sadoille eri hiilivedyille. Toiselta nimeltään kokonaishiilivety. Koostumukseltaan se on pääasiassa palamatonta polttoainetta, joka jää loukkuun polttoaineen epätäydellisestä palamisesta. Erityisesti paljon sitä syntyy, kun ajotapa on nykivää ja epätasaista niin kuin kaupunkiliikenteessä. (Lipasto n.d.)

### 4.3.2 CO, hiilimonoksidi

Häkä muodostuu, kun polttoaineen hiili palaa epätäydellisesti heikossa palamisympäristössä. Sen määrä pakokaasujen joukossa vaihtelee suuresti ajotilanteen mukaan. Erityisesti ajaessa hyvin kovaa, hiljaa tai nykivässä kaupunki liikenteessä. Häkä on erityisesti bensiinikäyttöisten ajoneuvojen ongelma. Muutaman tunnin kuluttua vapautumisesta se kuitenkin muuttuu hiilidioksidiksi CO<sub>2</sub>. (Lipasto n.d.)

#### 4.3.3 NO<sub>x</sub>, typen oksidit

Typen oksidit ovat ryhmä herkkiä sekä myrkyllisiä kaasuja. Näitä kaasuja syntyy, kun polttoainetta poltetaan korkeissa lämpötiloissa. NO<sub>x</sub> esiintyy yleensä ruskehtavana kaasuna. Se on voimakkaasti hapettava aine ja sillä on tärkeä rooli ilmakehän reaktioissa haihtuvien orgaanisten yhdistelmien (VOC) kanssa, jotka tuottavan otsonia eli savusumua kuumina kesäpäivinä. (EPA 2023.)

#### 4.3.4 PM, hiukkaspäästöt

Pakokaasujen hiukkaspäästöt PM ovat monimutkaisempia pakokaasupäästöjä. Ne koostuvat suodatetuista materiaaleista, jossa näytteeksi otetuissa laimennetuista ja jäähdetyistä pakokaasuista. Hiukkaspäästöt sisältävät erilaisia kiinteitä ja nestemäisiä myrkyjä sekä kaasuja. Hiukkaspäästöt pitävät myös sisällään pieniä kiinteitä nokipartikkeleita, joiden halkaisija on alle 40 nm. Hiukkaspäästöt ovat äärimmäisen vaarallisia. (DieselNet 2019.)

#### 4.4 Päästöjen määrittäminen kuljetuksista

Yksi suuremmista ongelmista on datan puuttuminen. Lähtöarvot ovat epätarkkoja eikä reaaliaikaisia kerätä. Tänä päivänä ei ole yleisesti standardisoitua päästödatan keräystapoja. Datan keräystapana voisi toimia anturi, joka mittaisi päästöt reaaliaikaisesti. Mikäli dataa kerättäisiin, voisimme laskea päästöjä tarkemmin, sekä nähdä kuorman ja reitityksen vaikutukset aina kuljetuskohtaisesti. Toistaiseksi joudumme tyytymään vain arvioihin.

#### 4.5 CountEmissions EU

Onneksi päästöjen laskentaan ja datan keräykseen on tulossa muutos, joka koskisi kaikkia kuljetusmuotoja: maantie-, meri-, lento- ja raideliikennettä. CountEmissions EU -aloite pyrki kehittämään yhtenäisen laskenta- ja taltiointikehyksen tavaraliikenteelle. Yksi suurimmista tavoitteista olisi



läpinäkyvyys kuljetusliikkeiden ja asiakkaiden välillä. Näin ollen osapuolet voisivat seurata päästöjen kehitystä ja oppia valitsemaan kestävimmän vaihtoehdon päästöjen vähentämisen kannalta. (Huolintaliitto 2023.)

Kyseinen suunnittelussa oleva EU-asetus ei kuitenkaan suoranaisesti vaatisi osapuolia raportoimaan tai laskemaan kuljetuksiensa päästöjä. Kuitenkin jos kasvihuonepäästöjä raportoidaan tai lasketaan kolmannelle osapuolelle, olisi asetus velvoittava. Kuitenkin monet kuljetuspalveluiden tarjoajat jo nyt seuraavat tiukasti päästöjään, koska asiakkaiden vaatimukset päästöjen kannalta ovat suuressa kasvussa. Lopulta kuitenkin suurin osa kuljetus- ja logistiikkapalveluiden tarjoajista joutuu lopulta noudattamaan CountEmissions -sääntelyä laskennassa sekä raportoinnissa. Euroopan komissio esittää EN ISO 14083:2023-standardia uudeksi laskentatavaksi (Huolintaliitto 2023.)

## 5 Kaasukäyttöinen kuorma-auto

Kaasukäyttöinen kuorma-auto on ajoneuvo, joka käyttää polttoaineena maakaasua tai biokaasua. Toimintaperiaatteeltaan ja huollettavuudeltaan se vastaa diesel sisaruksiaan. Kaasukäyttöinen kuorma-auto olisi varsin harkinnan arvoinen vaihtoehto dieselmoottorille useista syistä.

### 5.1 Ympäristöystävällisyys

Liikenneala Euroopassa on ainoa, jonka päästöt ovat päässet kasvamaan lukuisista rajoitteista huolimatta edellisen vuosikymmenen aikana. Tämä johtuu kasvaneesta liikennöinti määrästä. Sillä edelleen yli 90 % raskaista maantiekuljetuksista hoidetaan diesel käyttöisillä kuorma-autoilla. (Gasum. 2023a.)

Uusiutuvan biokaasun käyttäminen vähentäisi polttoaineen aiheuttamia well to wheel hiilidioksidipäästöjä lähes 90 prosenttia kun puhutaan vertailusta perinteisiin diesel kuorma-autoista. Kyseisen well to wheel -päästöihin lasketaan kaikki mukana olleet tuotannon, jalostuksen, jakelun sekä unohtamatta käytössä syntyvää päästöä. Yleisesti ottaen puhutaan vain pakokaasupäästöistä eli käytöstä aiheutuneesta päästöstä. (Gasum 2023a.)

### 5.2 Tekniikka ja hankintaetu

Puhuttaessa kaasu käyttöisestä ajoneuvosta monesti luullaan, että kyseessä on täysin erilainen moottori kuin vastaava dieselmoottori. Todellisuudessa moottorit voivat olla hyvinkin samanlaisia. Otetaan esimerkiksi Volvon kehittänyt LNG-moottori, joka on kasattu lähes 90 % samoista komponenteista kuin vastaava 13 litran diesel moottori. Näin ollen myös huollettavuudeltaan ne vastaavatkin paljon toisiaan. (VolvoTrucks 2023.)

Volvon uusimmat kaasumoottorit hyödyntävät uusinta tekniikkaa ja nämä moottorit ovat yhtä tehokkaita kuin vastaavat dieselmoottorit.

Kokonaispainoltaan päästään jopa 68 tonnin yhdistelmäpainoihin. Käytettävyydeltään ne vastaavat hyvin pitkälti samaa kuin diesel kuorma-autot. (VolvoTrucks 2023.)

Yksi kaasun suurimmista eduista verrattuna esimerkiksi sähkökuorma-autoon on, ettei tankkaukset kestä tunteja ja Suomen valtio tarjoaa hankintatukea uuden kaasukuorma-auton hankintaan. LNG-moottorin polttoainetehokkuus on varsin vertailukelpoinen dieselkäyttöisen kuorma-auton kanssa. Monessa tapauksessa kaasukäyttöisen ajoneuvon ylläpito ja hankinta on kuitenkin edullisempaa, johtuen halvemmasta tankkaus hinnasta sekä valtion tarjoamasta 14000 euron hankintaedusta (Gasum 2023b.)

## 6 Laskuri

Käyttäen Excelin-laskentaohjelmaa on pystytty toteuttamaan toimiva päästölaskuri. Laskurin on oltava mahdollisimman selkeä ja helppokäyttöinen, jotta yritys kykenee laatimaan asiakkailleen hyvin selkeän päästöraportin.

### 6.1 Päästökertoimen määrittäminen

Päästökertoimen määrittäminen tapahtuu käyttäen InfraDB:n laatimaa hiilidioksidipäästö taulukkoa maansiirtoajoneuvoille. Muille pienpäästöille annettiin kerroin käyttämällä Euroopan unionin määrittämää Euro 6 raja-arvoa. Näin ollen on oletuksena, että maansiirtoajoneuvoyhdistelmä päästää sallitun maksimiarvon.

#### ANNEX 1

#### Euro VI Emission Limits

|           | Limit values   |                 |                  |                             |                                 |                          |                     |                             |
|-----------|----------------|-----------------|------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|
|           | CO<br>(mg/kWh) | THC<br>(mg/kWh) | NMHC<br>(mg/kWh) | CH <sub>4</sub><br>(mg/kWh) | NO <sub>x</sub> (*)<br>(mg/kWh) | NH <sub>3</sub><br>(ppm) | PM mass<br>(mg/kWh) | PM (†)<br>number<br>(#/kWh) |
| WHSC (CI) | 1 500          | 130             |                  |                             | 400                             | 10                       | 10                  | 8,0 × 10 <sup>11</sup>      |
| WHTC (CI) | 4 000          | 160             |                  |                             | 460                             | 10                       | 10                  | 6,0 × 10 <sup>11</sup>      |
| WHTC (PI) | 4 000          |                 | 160              | 500                         | 460                             | 10                       | 10                  | (‡)                         |

PI = Positive Ignition.

CI = Compression Ignition.

(\*) The admissible level of NO<sub>2</sub> component in the NO<sub>x</sub> limit value may be defined at a later stage.

(†) A new measurement procedure shall be introduced before 31 December 2012.

(‡) A particle number limit shall be introduced before 31 December 2012.

Kuva 4. Euro VI päästö raja-arvot (Euroopan unioni 2011.)

### 6.2 Laskenta

Esimerkkinä, jos 100 km kuljetus suoritetaan 76 tonnisella täysperävaunuyhdistelmällä, jossa on taajama osuutta 20 %. Ei paluukuormaa. Lasketaan se seuraavasti:

Laskuriin ilmoitetaan muutamat pohjatiedot; kuljetettava määrä, hyötykuorma ja matkan pituus maantiellä sekä taajamassa.

**Kuljetuksen tiedot:** (käyttäjä syöttää\*)

|                     |                |           |
|---------------------|----------------|-----------|
| Mistä:              | Isokorventie   | Ahlainen  |
| Minne:              | Parkanontie 62 | Parkano   |
| Määrä:*             |                | 46 tonnia |
| Hyötykuorma:*       |                | 46 tonnia |
| Kuormien lukumäärä: |                | 1 kpl     |

**Yhdensuuntainen kuljetusmatka:**

|              |       |
|--------------|-------|
| Maantiellä:* | 80 km |
| Taajamassa:* | 20 km |

Kuva 5. Kuvakaappaus laskuriin syötetyistä tiedoista.

Ensimmäisen kohdan tietojen avulla laskuri saa määritettyä kertojan eli vaadittavat edes takaisin matkat. Tässä tapauksessa kertoja on yksi.

Ennakkotietojen perusteella laskuri laskee kuljetuksen aiheuttamat päästöt. Otetaan esimerkiksi hiilidioksidin laskenta. Taulukossa 2 nähdään InfraDB:n laatima täysperävaunuyhdistelmän päästökerroin. Taulukossa näkyvä prosentti osuus tarkoittaa lastausastetta. Lastausasteeksi valitaan 50 %, jolla saadaan oletukseksi, että kasettiyhdistelmä palaa takaisin lähtöpisteeseen tyhjänä.

Taulukko 2. Täysperävaunuyhdistelmien päästökerroin.

| Täysperävaunuyhdistelmät (76 t) |                          |               |
|---------------------------------|--------------------------|---------------|
| Selite                          | Yksikkö                  | Päästökerroin |
| 20 % kuorma, maantieajo         | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 124,3         |
| 20 % kuorma, kaupunkiajo        | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 202,12        |
| 37,5 % kuorma, maantieajo       | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 72,9          |
| 37,5 % kuorma, kaupunkiajo      | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 121,85        |
| 40 % kuorma, maantieajo         | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 69,23         |
| 40 % kuorma, kaupunkiajo        | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 116,12        |
| 50 % kuorma, maantieajo         | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 58,22         |
| 50 % kuorma, kaupunkiajo        | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 98,92         |
| 80 % kuorma, maantieajo         | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 41,69         |
| 80 % kuorma, kaupunkiajo        | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 73,12         |
| 100 % kuorma, maantieajo        | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 36,19         |
| 100 % kuorma, kaupunkiajo       | g CO <sub>2</sub> e /tkm | 64,52         |

Maantieosuus 80 km

$$58,22 \frac{g}{km} \times 80 km = 4657,6 g$$

Taajamassa 20 km

$$98,92 \frac{g}{km} \times 20 km = 1978,4 g$$

Laskennallisesti 100 km kuljetus suorite tuottaa 6636 g hiilidioksidipäästöjä.

Käyttämällä Euro 6 asettamia raja-arvoja laskuri laskee loput pyydetyistä päästöarvoista. Tulokset ilmoitetaan grammoina annetulle matkalle.

Esimerkilaskun tulokset näkyvät kuvassa 6.

|                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| <b>Hiilidioksidi, CO<sub>2</sub>e</b> | <b>6636,0 g</b> |
| <b>Häkä, CO</b>                       | <b>456,0 g</b>  |
| <b>Typen oksidit, NO<sub>x</sub></b>  | <b>26,2 g</b>   |
| <b>Hiilivedyt, HC</b>                 | <b>18,2 g</b>   |
| <b>Pienhiukkaset, PM</b>              | <b>1,1 g</b>    |
| <b>Energia</b>                        | <b>615,6 MJ</b> |

Kuva 6. Kuvakaappaus laskurin tuloksista.

### 6.3 Esimerkitapaukset

Käytämme kahta esimerkitapausta, jotka ovat hyvin tyypillisiä maansiirtotoiminnassa. Molemmille esimerkeille halutaan määrittää tapauskohtaiset päästöt. Tapaukset auttavat ymmärtämään paremmin hyötykuorman kasvatuksen vaikutusta päästöjen kannalta.

### 6.3.1 Esimerkki 1.

Paikasta A siirretään 322 tonnia mursketta paikkaan B, joka sijaitsee 15 km päässä louhokselta. 30 % matkasta kuljetaan taajamanopeuksilla ja 70 % maantiellä. Hyötykuorman keskipaino yhdistelmälle 30 tonnia.

### 6.3.2 Esimerkki 2.

Paikasta A siirretään 322 tonnia mursketta paikkaan B, joka sijaitsee 15 km päässä louhoksesta. 30 % matkasta kuljetaan taajamanopeuksilla ja 70 % maantiellä. Hyötykuorman keskipaino yhdistelmälle 46 tonnia.

## 6.4 Muuttujat

Suurin vaikuttava tekijä raskaankaluston päästöihin on kuljettava matka.

Tasaisen maantieajon saastuttaessa vähemmän on vastaavasti nykyvä taajama ajo erittäin päästörikasta. Monessa tapauksessa on taloudellisesti ja päästöjen kannalta kannattavampaa ajaa pidempi reitti kiertäen taajama alueet.

Maatavaran lastaus ja vastaanotto tuottaa päästöjä, mutta vaikutus voidaan kuitenkin todeta pieneksi, sekä monimutkaisiksi sisällyttää laskimeen. Näiden syitten takia ovat ne päätetty jättää laskennasta pois. Maansiirto toiminnassa eurot tehdään painon mukaan, joten vajailla kuormilla ei juurikaan ajeta.

Saatavilla oleva päästödata on epätarkkaa, eikä nykyisillään ole olemassa reaaliaikaista päästöjen mittausta. Näiden seurauksena käytetty data ja lukemat ovat vain arvio hyötyajoneuvojen päästöistä. Laskurin tuloksia tulisi siis tarkastella vain suhdeluvun antajana.

## 6.5 Esimerkkilaskujen tulokset ja vertailu

Kun esimerkkien 1 ja 2 tiedot syötetään laskuriin, saadaan vertailukykyistä dataa urakoiden suorituksesta.

|                                  | E1 (30t) | E2 (46t) | Erotus | Yksikkö |
|----------------------------------|----------|----------|--------|---------|
| Hiilidioksidi, CO <sub>2</sub> e | 23928,2  | 15605,4  | 8322,8 | g       |
| Häkä, CO                         | 1644,3   | 1072,4   | 571,9  | g       |
| Typen oksidit, NO <sub>x</sub>   | 94,5     | 61,7     | 32,8   | g       |
| Hiilivedyt, HC                   | 65,8     | 42,9     | 22,9   | g       |
| Pienhiukkaset, PM                | 4,1      | 2,7      | 1,4    | g       |
| Energia                          | 2219,9   | 1447,7   | 8951,8 | MJ      |

Kuva 7. Kuvakaappaus esimerkkien tuloksista.

Vertailemalla tuloksia voidaan huomata, että ajamalla 46 tonnin hyötykuormalla saadaan aikaan arviolta 8322,8 g säästöt hiilidioksidissa ja kun tarkasteluun otetaan muut päästöt, saadaan aikaan arviolta 8951,8 g arvosta ilmaston säästöä. Käyttämällä optimoitua kalustoa ja mahdollisimman suurta hyötykuormaa saadaan aikaan näkyviä ilmastotekoja. Kuitenkin on hyvä muistaa, että esimerkissä yhdensuuntainen siirtymä on vain 15 km. Maansiirtotoiminnassa nämä ovat hyvin tavanomaisia siirtymiä. Kuitenkin kun matka kasvatettaisiin useiden satojen kilometrien siirtoon, voitaisiin huomata jo todella merkittäviä säästöjä päästöissä.

Tuloksista tarkastelemalla voidaan huomata, että esimerkki 1 kohdassa edestakaisin matkoja tulisi 10 + 1 vajaa noin 22 tonnin kuorma. Kasvattamalla hyötykuormaa 16 tonnilla voidaan huomata, että kyseinen 11 kuorman urakka vaihtuu vain 7 täyteen kasettikuormaan. On helposti havaittavissa, että tämä johtaa merkittäviin taloudellisiin hyötyihin.

## 6.6 Paluukuorma

Paluukuorman merkitys liittyy kuljetuskaluston tehokkaaseen hyödyntämiseen sekä kuormamäärien optimointiin. Puhuttaessa ympäristövaikutuksista tarkoitetaan paluukuorma termillä tilannetta, jossa ajoneuvoyhdistelmä ei palaa lähtöpisteeseen tyhjänä. Purkupaikalla kuorma-autoon lastataankin takaisin tuleva kuorma, joka on matkalla samaan suuntaan tai parhaassa tilanteessa takaisin lähtöpaikkaan.



Mikäli kuljetuksessa olisi paluukuorma, ympäristöä kuormittavien päästöjen määrä olisi huomattavasti pienempi. Lähes samalla ympäristön kuormituksella voitaisiin saada kaksin kertaisten määrän tavaraa liikkeelle. Yhteenvetona paluukuorman vaikutus päästöjen kannalta on siis merkittävä.

Toimeksiantajan tapauksessa paluukuorman saanti ei kuitenkaan aina ole niin helppoa, vaikka sellaisen hankinnalla olisi lisäarvo. Suurimpana tekijänä on käytetty maansiirtokalusto ja aika. Lavan ollessa likainen kuorman kippaamisen jälkeen, ei lavalle voi lastata aivan mitä tahansa. Lavalle sopii vain tietynlaatuinen tavara, eikä sinne voi lastata samalla tavalla kuin kappaletavara autossa. Toisena hankaloittajana on kuljetuskohtainen aika.

Maansiirtotoiminnassa kuljetusetäisyydet ovat keskiarvoa lyhyemmät. Mikäli paluukuormaa jäätäisiin odottamaan tai hakemaan muualta, olisi samassa ajassa haettu jo toinen maakuorma.

## 7 Johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Excel-pohjainen päästölaskuri maansiirtotoiminnan kuljetuksille. Tavoitteena oli kartoittaa Euro 6 päästönormin omaavan kuorma-auton aiheuttamat päästöt. Kartoitusta suoritettiin käyttämällä lukuisia kirjallisuuden lähteitä sekä omaa osaamista ja näkökulmaa hyödyntäen.

Työ toteutettiin syksyn 2023 aikana ja tulokseksi saatiin toimiva päästölaskuri maansiirtotoimintaan. Laskuria tullaan käyttämään yrityksen tulevissa urakkatarjouksissa liitteenä. Laskuri mahdollistaa myös laskennan jo suoritetuille kuljetuksille, kunhan tallessa on muutamat pohjatiedot.

Tuloksia tarkastelemalla voidaan todeta, että saimme vastauksen toimeksiantajan pääkysymykseen. Samalla saimme myös hankittua vastaukset alakysymyksille ja voimme todeta, että kaasukäyttöinen kuorma-auto toimisi maansiirtokuorma autonä. Pohdiskeltuani hyötykuorman kasvatusta ja paluukuorman vaikutusta päästöihin, löysin vaikutuksen olevan tarpeeksi merkittävä ja myös huomioon otettava.

Haastavaa työssä oli päästödatan vertailu. Monessa lähteessä laskentayksiköksi ilmoitettiin ajoneuvonkulutus tuntia tai kilometriä kohden. Tämä johti työn tarkkuuden heikentymiseen, kun jouduttiin turvautumaan vain arvioihin päästöistä. Toiseksi haasteeksi nousi datatyöliien yhdistely sekä kaavojen rakentaminen Exceliin. Kolmanneksi haasteeksi muodostui paluukuorman huomioon ottaminen laskurissa. On myös hyvä ottaa huomioon työtä tarkastellessa, että päästölaskenta perustuu vain arvioon aiheutuneista päästöistä eikä toistaiseksi ole olemassa keinoa mitata päästöjen tuottoa reaaliajassa.

Yrityksen oman ilmastostrategioiden noudattamisen ja ilmastomuutoksen torjunnan aikaansaamiseksi voidaan huomata, että kuljetuskohtaiselle maansiirtotoiminnan päästölaskurille on aito tarve. Päästölaskemisen merkitys tulee kasvamaan, kunhan aikaansaadaan yhteiset laskentastandardit.

## 8 Jatkojalostus

Jatkojalostuksen keskiöön valitsin teknologian, laskurin ja viestinnän kehityksen. Oikeanlaisen teknologian puute ja erityisesti reaali-data puuttuminen rajoittaa laskurin toimintaa. Itse laskurin osalta voisi olla harkittavaa koodata täysin uusi sovellus, jonka avulla pääsisimme eroon Excelistä. Viestinnän merkitys kasvaa vuosittain suurella vauhdilla, eikä sen huomiotta jättäminen tässäkään tilanteessa olisi järkevää.

### 8.1 Teknologia

Ensimmäisenä mieleen tulee kuitenkin teknologia. Yhtenä pulmana on reaali-datan puuttuminen kokonaisuudessaan sekä lähtöarvojen epätarkkuus. Tänä päivänä ei ole käytössä reaaliaikaista päästödataa, jonka avulla kuljetuksista aiheutuneita päästöjä voitaisiin mitata ja määritellä tarkemmin. Mikäli tämä olisi mahdollista, voisimme havainnoida kuormausasteen, reitti valinnan sekä eri kuljettajien vaikutukset päästöarvoihin. Laadukkaammat alkuperäisarvot tarkentaisivat laskurin tulosta huomattavasti. Tällaisen teknologian puutteen takia joudumme tyytymään vain suuntaa antaviin päästöarvoihin.

### 8.2 Laskuri

Toinen jatkojalostuksen kohde olisi itse laskuri. Mikäli laskurista haluttaisiin entistä monipuolisempi ja tarkempi, voisi vaihtoehtona olla kokonaan uusi päästölaskuri-sovellus taikka erillinen ohjelmisto. Kunnollisen softan avulla pääsisimme eroon Excelin kömpelyydestä ja aikaansaataisiin tarkempaa laskentaa. Uudenlaisella ohjelmalla, sekä tarkemmalla datalla voitaisiin mahdollistaa entistä tarkempi laskenta, kun kyseisessä urakassa olisi esimerkiksi olisikin paluukuorma. Kuitenkin toistaiseksi joudumme tyytymään laskuriin, jonka oletuksena paluukuorma olisi aina tyhjä.

### 8.3 Viestintä

Kolmanneksi jatkojalostuksen kohteeksi valikoitui viestinnän merkitys, joka liittyy vahvasti jo edellä mainittuun teknologiaan ja sen kehitykseen. Mikäli päästöjen mittausta tapahtuisi reaaliajassa, olisi mahdollista jakaa päästötietoja digitaalisesti kuljetusten kaikille osapuolille. Tällöin olisi mahdollista välttää ylimääräiseltä viestittelyltä.

On hyvinkin mahdollista, että tulevaisuudessa Euroopan unioni tulee tiukentamaan päästöjen lainsäädäntöä sekä direktiivejä. Tällöin myös kuljetusten päästöjen seuranta muuttuisi välttämättömäksi. Tämä onkin vain ajan kysymys, milloin päästöjen laskennasta saadaan aidosti läpinäkyvää.

## Lähteet

Dieselnet. 2019. Exhaust Particulate Matter. Viitattu 25.8.2023

<https://dieselnet.com/tech/dpm.php>

Europa. 2023. Reducing CO<sub>2</sub> emissions from heavy-duty vehicles. Viitattu 20.8.2023 [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions-heavy-duty-vehicles\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/road-transport-reducing-co2-emissions-vehicles/reducing-co2-emissions-heavy-duty-vehicles_en)

Euroopan Neuvosto. 2023. Euro 7: neuvostolta kanta henkilö-, paketti-, linja- ja kuorma-autojen päästöihin. Viitattu 30.10.2023

<https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2023/09/25/euro-7-council-adopts-position-on-emissions-from-cars-vans-buses-and-trucks/>

Euroopan unioni 2011. Commission regulation. 7.11.2023. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:167:0001:0168:EN:PDF>

EPA. 2023. Nitrogen Oxides (NO<sub>x</sub>) Control Regulations. Viitattu 26.9.2023

<https://www3.epa.gov/region1/airquality/nox.html>

Gasum. 2023b. Hankintatuki kaasukäyttöisen kuorma-auton hankintaan. Viitattu 25.10.2023. <https://www.gasum.com/Yrityksille/puhdas-liikenne/kuljeta-kaasulla/hankintatuki/>

Gasum. 2023a. Kaasukäyttöiset kuorma-autot. Viitattu 25.10.2023

<https://www.gasum.com/ajassa/puhdas-liikenne/2022/kaasukayttoiset-kuorma-autot-vahentavat-liikenteen-paastoja-euroopan-suurimmissa-maissa/>

Heikkilä, T. 2014. Kvantitatiivinen tutkimus Edita Publishing Oy

<http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUSTUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf>

Hirsjärvi, S; Remes, P. & Sajavaara P. 1997. Tutki ja kirjoita Helsinki: Tammi

Huolintaliitto. 2023. Toimitus- ja kuljetusketjun kasvihuonekaasupäästöjen laskeminen ja raportointi – ajankohtaiswebinaarin tallenne ja materiaalit. Viitattu 17.10.2023 <https://www.huolintaliitto.fi/ajankohtaista/uutiset-ja-tiedotteet/uutisarkisto/2023/toimitus-ja-kuljetusketjun->

[kasvihuonekaasupaastojen-laskeminen-ja-raportointi-ajankohtaiswebinaarin-tallenne-ja-materiaalit](#)

Kuljetus Mäkivaara Oy. 2023. Viitattu 25.9.2023

<https://kuljetusmakivaara.fi>

LIPASTO. n.d. Hiilimonoksidi CO. Viitattu 28.8.2023

<http://lipasto.vtt.fi/liisa/cos.htm>

LIPASTO. n.d. Hiilivedyt HC. Viitattu 28.8.2023

<http://lipasto.vtt.fi/liisa/hcs.htm>

LIPASTO. 2017. Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energia kulutuksen laskentajärjestelmä. Viitattu 26.9.2023

<http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

NASA. 2023. Carbon Dioxide. Viitattu 5.10.2023 <https://climate.nasa.gov/vital-signs/carbon-dioxide/>

Rakennusteollisuus. 2020. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Viitattu 15.8.2023 [https://www.rt.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyys\\_uudet/rt\\_4.-raportti\\_vahahiilisyden-tiekartta\\_lopullinen-versio\\_clean.pdf](https://www.rt.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyys_uudet/rt_4.-raportti_vahahiilisyden-tiekartta_lopullinen-versio_clean.pdf)

Spoken. 2020. Tapaustutkimus – tutkimus tapauksesta. Viitattu 27.9.2023

<https://spoken.fi/tapaustutkimus/>

Traficom. 2021. Tiekuljetusten kuljetusmäärät. Viitattu 2.9.2023

<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/tiekuljetusten-kuljetusmaarat>

VolvoTrucks 2023. Volvo kaasukuorma-auto – LNG tai CNG. Viitattu

26.10.2023. <https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/trucks/kampanjat/kaasukuorma-auton-hankintatuki.html#viisi-syyta>