



# Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt

Laura Sokka | Suvisanna Correia | Tiina Koljonen



# Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt

---

Laura Sokka, Suvisanna Correia, Tiina Koljonen  
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy



ISBN 978-951-38-8664-6 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)

VTT Technology 336

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu)

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8664-6>

Copyright © VTT 2018

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

PL 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

02044 VTT

Puh. 020 722 111, faksi 020 722 7001

Teknologiska forskningscentralen VTT Ab

PB 1000 (Teknikvägen 4 A, Esbo)

FI-02044 VTT

Tfn +358 20 722 111, telefax +358 20 722 7001

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd

P.O. Box 1000 (Tekniikantie 4 A, Espoo)

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7001

# Sisällys

<b>1. Johdanto</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Lämmitysenergiantuotanto ja -kulutus Suomessa</b> .....	<b>9</b>
2.1 Lämmityspolttoaineiden alkuperä .....	10
2.1.1 Kivihiili .....	10
2.1.2 Raakaöljy ja muut öljytuotteet .....	11
2.1.3 Raskas polttoöljy .....	13
2.1.4 Maakaasu, nesteytetty maakaasu ja nestekaasu .....	13
2.1.5 Turpeen tuonti ja kulutus .....	15
2.2 Lämmityspolttoaineita koskevaa lainsäädäntöä .....	16
2.2.1 Lämmityspolttoaineiden verotus .....	16
2.2.2 Muu lämmityspolttoaineiden kasvihuonekaasupäästöihin liittyvä lainsäädäntö .....	17
<b>3. Materiaali ja menetelmät (LCA)</b> .....	<b>19</b>
3.1 Elinkaariarviointi (LCA) .....	19
3.2 Käytetyt lähteet .....	19
<b>4. Tulokset</b> .....	<b>22</b>
4.1 Maakaasu- ja nestekaasu .....	22
4.2 Kevyen- ja raskaan polttoöljyn tuotannon päästöt .....	27
4.3 Kivihiili ja turve .....	30
4.4 Päästöjen vertailu eri polttoaineiden välillä .....	33
4.5 Lämmityspolttoaineiden tuotannon päästöjen vertailu polton päästöihin .....	37
<b>5. Arvioita polttoaine- ja lämpömarkkinoiden kehityksestä Suomen näkökulmasta</b> .....	<b>39</b>
5.1 Strategiset linjaukset ja päätökset liittyen polttoaineiden käyttöön vuoteen 2030 mennessä Suomessa .....	39
5.2 Polttoainemarkkinat .....	40
5.2.1 Maakaasu .....	40
5.2.2 Nesteytetty maakaasu (LNG) .....	41

6. Yhteenveto ja johtopäätökset .....	43
7. Lähteet.....	46

## Tiivistelmä

Tämän raportin tavoitteena on selvittää lämmityspolttoaineiden verotuksen kehittämiseksi, millaiset elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt voitaisiin määrittää kevyen ja raskaan polttoöljyn, nestekaasun, kivihillen, maakaasun sekä turpeen tuotannolle, käsittäen polttoaineiden tuotannon ja jalostuksen louhinnasta voimalaitokselle asti. Liikenteessä käytettävien biopolttoaineiden ja bionesteiden tulee EU:n uusiutuvan energian direktiivin mukaan täyttää niin sanotut kestävyyskriteerit. Kriteerit sisältävät elinkaariarviointiin perustuvan laskentaohjeistuksen, jolla pyritään varmistamaan biopolttoaineiden ja bionesteiden tuotannon ympäristöllinen kestävyys. Liikennepolttoaineiden hiilidioksidiveron laskentaperusteissa myös fossiilisen moottoribensiinin ja dieselöljyn hiilidioksidipäästöissä otetaan huomioon polttoaineen elinkaarenaikainen keskimääräinen kasvihuonepäästö EU:n komission vaatimusten mukaisesti. Tällä fossiilisten ja bioperäisten liikennepolttoaineiden veroperusteet on saatettu yhdenmukaiseksi, jotta vältetään verotukseen liittyvät valtiontukiongelmien.

Tällä hetkellä kevyestä ja raskaasta polttoöljystä sekä kivihillestä, nestekaasusta ja maakaasusta kannetaan niiden lämpöarvon perusteella määräytyvää energiasäiltöveroa sekä poltosta syntyvän hiilidioksidipäästön perusteella määräytyvää hiilidioksidiveroa. Yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa verotetaan vain hyötylämmön tuottamiseen käytettyjä polttoaineita, minkä lisäksi lämmön tuotantoon käytettyjen polttoaineiden hiilidioksidivero on puolitetty. Lämmityksessä käytettyjen polttoaineiden tuotannon elinkaarisia kasvihuonekaasuja ei huomioida verotuksessa ja lämmityspolttoaineiden verokohtelu poikkeaa siis liikenteessä käytettyjen polttoaineiden verokohtelusta.

Polttoaineiden tuotantoketjujen päästöissä esiintyy hyvin paljon vaihtelua riippuen esimerkiksi energian tuotannossa käytetyistä polttoaineista ja teknologioista, sekä kuljetusmatkoista ja -tavoista. Yhden kattavan päästöluvun määrittäminen onkin siksi lähes mahdotonta. Jotta päästöluvuista saataisiin mahdollisimman edustavia juuri suomalaisille polttoaineille, olisi tehtävä laaja elinkaariarviointi, jossa tarkasteltaisiin useita eri alkuperäisiä sekä erilaisia polttoaineiden tuotantoteknologioita ja näiden epävarmuuksia.

Jos yksittäiset päästöluvut edellä mainituista ongelmista huolimatta halutaan tai joudutaan valitsemaan, on suositeltavaa käyttää lähdeä, joka on mahdollisimman kattava sekä ennen kaikkea edustaa tieteellisesti tehtyä, läpinäkyvää, ja ulkopuolisen arvioimaan tietoa. Tämän raportin kirjoittajat ovat arvioineet nämä kriteerit *riittävällä* tasolla täyttäväksi EU:n yhteisen tutkimuslaitoksen (Joint Research Centre, JRC) toimeksiannosta tehdyn Well-to-Tank -tutkimuksen, joka on laaja-alainen ja tieteellisesti tehty, kattaa turvetta lukuun ottamatta kaikki tässä työssä tarkastellut polttoaineet ja jota on myös käytetty EU:n energia- ja ympäristöpolitiikan pohjana. On kuitenkin syytä huomata, että erityisesti maakaasun ja raskaan polttoöljyn kohdalla Well-to-Tank-tutkimuksen luvut ovat alhaisempia, ja dieselin osalta korkeampia suhteessa muihin kirjallisuudessa esitettyihin arvoihin. Koska turve ei sisälly JRC:n tutkimukseen, suositellaan turpeen tuotannon päästöjen osalta viittaamaan Kirkinen ym. (2007) työhön, joka on laajasti siteerattu ja muissa tutkimuksissa kriittisesti arvioitu.

## Alkusanat

Vuonna 2012 täsmennettiin lailla 256/2012 liikennepolttoaineiden hiilidioksidiveron laskentaperustetta siten, että myös fossiilisen moottoribensiinin ja dieselöljyn hiilidioksidipäästöissä otetaan huomioon polttoaineen elinkaarenaikainen keskimääräinen kasvihuonepäästö Euroopan unionin (EU) komission vaatimusten mukaisesti. Muutoksella saatettiin fossiilisten ja bioperäisten liikennepolttoaineiden verusteet yhdenmukaiseksi (kumpienkin polttoaineiden hiilidioksidiverotuksessa huomioidaan elinkaari-päästöt), jotta voitiin välttää verotukseen liittyvät valtioneuvoston ongelmat.

Tällä hetkellä kevyestä ja raskaasta polttoöljystä sekä kivihilestä, nestekaasusta ja maakaasusta kannetaan niiden lämpöarvon perusteella määräytyvää energiasäiltöveroa sekä poltosta syntyvän hiilidioksidipäästön perusteella määräytyvää hiilidioksidiveroa. Lisäksi lämmityspolttoaineista kannetaan valmisteverotuksen yhteydessä huoltovarmuusmaksua. Yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa verotetaan vain hyötylämmön tuottamiseen käytettyjä polttoaineita, minkä lisäksi siinä on käytettyjen polttoaineiden hiilidioksidivero puolitetty. Toisin kuin liikennepolttoaineiden osalta, lämmityksessä käytettyjen polttoaineiden tuotannon elinkaarisia kasvihuonekaasuja ei huomioida verotuksessa ja lämmityspolttoaineiden verokohtelu poikkeaa siis liikenteessä käytettyjen polttoaineiden verokohtelusta.

Valtiovarainministeriö tilasi VTT:ltä keväällä 2018 selvityksen siitä millaiset elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt voitaisiin määrittää kevyen ja raskaan polttoöljyn, nestekaasun, kivihilen, maakaasun sekä turpeen tuotannolle. Hankkeen tueksi asetettiin ohjausryhmä, jonka puheenjohtajana toimi lainsäädäntöneuvos Leo Parkkonen valtiovarainministeriöstä, ja jäsenenä valtiovarainministeriöstä hallitusneuvos Merja Sandell, finanssisihteeri Jenni Oksanen sekä veroasiantuntija Jussi Kiviluoto, työ- ja elinkeinoministeriöstä ylitarkastaja Bettina Lemström sekä ympäristöministeriöstä erityisasiantuntija Outi Vilen. Kiitämme ohjausryhmän jäseniä arvokkaista kommentteista.

Espoo 12.9.2018

Tekijät

# 1. Johdanto

Elinkaariarviointi on menetelmä tuotteen tai järjestelmän aiheuttamien ympäristövaikutusten laskentaan koko niiden elinkaaren ajalta. Lämmityspolttoaineiden osalta tällä tarkoitetaan yleensä päästöjä koko polttoaineiden hankintaketjun ajalta ulottuen lämmön- tai sähköntuotantoon verkkoon asti.

EU:n uusiutuvan energian direktiiviä ollaan parhaillaan päivittämässä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY, 2009; European Commission 2016). Päivityksessä kestävyyskriteereitä on tarkoitus laajentaa koskemaan myös kiinteällä biomassalla (uusissa laitoksissa, joiden polttoaineteho vähintään 20 MW) sekä biokaasulla (uusissa laitoksissa, joiden sähköteho vähintään 0,5 MW) tuotettua energiaa.

Liikennepolttoaineiden hiilidioksidiveron laskentaperusteissa myös fossiilisen moottoribensiinin ja dieselöljyn hiilidioksidipäästöissä otetaan huomioon polttoaineen elinkaarenaikainen keskimääräinen kasvihuonepäästö EU:n komission vaatimusten mukaisesti. Tällä fossiilisten ja bioperäisten liikennepolttoaineiden veroperusteet on saatettu yhdenmukaiseksi, jotta vältetään verotukseen liittyvät valtiontukiongelmien.

Tällä hetkellä kevyestä ja raskaasta polttoöljystä sekä kivihielestä, nestekaasusta ja maakaasusta kannetaan niiden lämpöarvon perusteella määräytyvää energiasäiltöveroa sekä poltosta syntyvän hiilidioksidipäästön perusteella määräytyvää hiilidioksidiveroa. Lisäksi lämmityspolttoaineista kannetaan valmisteverotuksen yhteydessä huoltovarmuusmaksua. Kaasumaiset ja kiinteät biopolttoaineet ovat verottomia eikä niistä peritä myöskään huoltovarmuusmaksua. Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa verotetaan vain hyötylämmön tuottamiseen käytettyjä polttoaineita, minkä lisäksi lämmöntuotantoon käytettyjen polttoaineiden hiilidioksidivero puolitetty.

Toisin kuin liikennepolttoaineiden osalta, lämmityksessä käytettyjen polttoaineiden tuotannon elinkaarisia kasvihuonekaasuja ei huomioida verotuksessa ja lämmityspolttoaineiden verokohtelu poikkeaa siis liikenteessä käytettyjen polttoaineiden verokohtelusta.

Tämän raportin tavoitteena on selvittää, millaiset polttoaineen tuotannon, mukaan lukien kuljetus, aikaiset kasvihuonekaasupäästöt voitaisiin määrittää kevyelle ja raskaalle polttoöljylle, nestekaasulle, kivihieille, maakaasulle sekä turpeelle lämmöntuotannossa käytettäväksi lämmityspolttoaineiden verotuksen kehittämiseksi täyttämään paremmin EU-oikeuden asettamat vaatimukset sekä samalla tehostamaan ympäristöohjaavuutta Raportin aluksi kerrotaan lämmitysenergian käytöstä Suomessa, käytettyjen polttoaineiden alkuperästä sekä lämmöntuotannosta aiheutuvista kasvihuonekaasupäästöistä (luku 2). Lisäksi käydään lyhyesti läpi lämmitysenergian tuotannon kasvihuonekaasupäästöihin liittyvä lainsäädäntö. Luvussa kolme esitellään elinkaariarviointi (*life cycle assessment, LCA*) menetelmänä sekä kerrotaan tässä tarkastelussa käytetyistä lähteistä. Luvussa neljä esitetään tarkas-



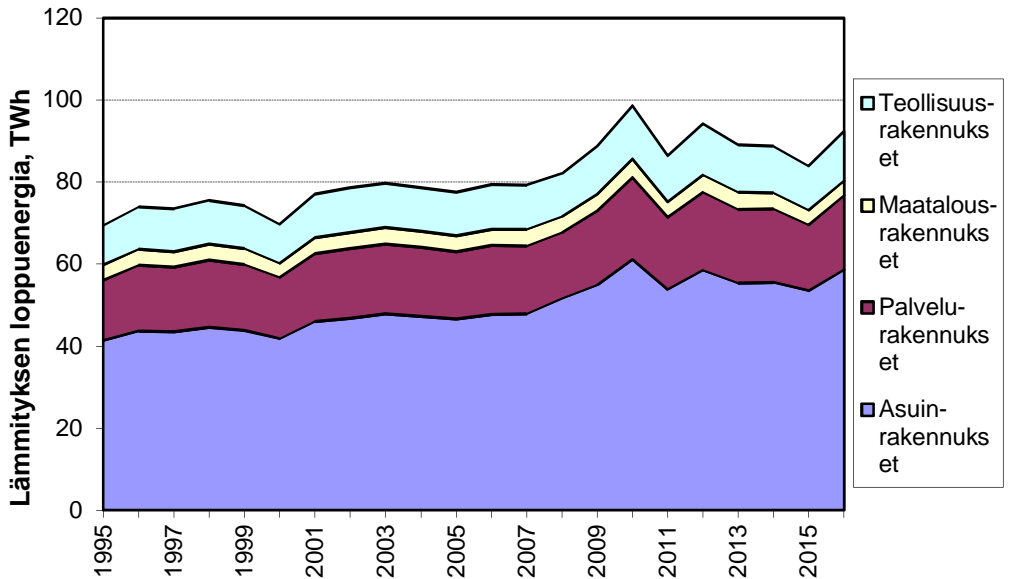
teltujen polttoaineiden elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt ja verrataan niitä poltosta aiheutuviin päästöihin. Lopuksi arvioidaan tuloksia sekä tarkastellaan lämmityspolttoaineiden käytön tulevaa kehitystä (luku 5).

Selvitys on tehty valtiovarainministeriön toimeksiannosta. Sen työtä on avustanut epävirallinen ohjausryhmä, jonka jäseninä ovat olleet Bettina Lemström työ- ja elinkeinoministeriöstä, Outi Vilen ympäristöministeriöstä sekä Jussi Kiviluoto ja Leo Parkkonen valtiovarainministeriöstä.

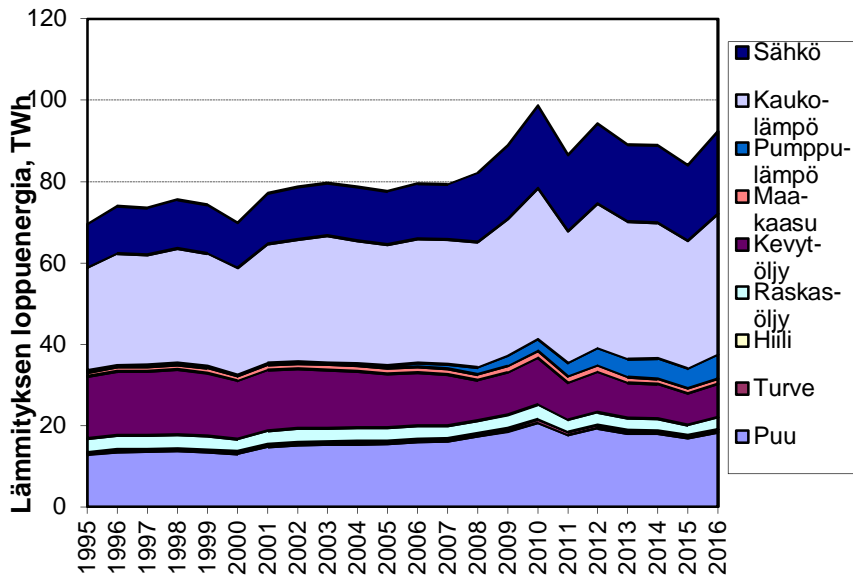
## 2. Lämmitysenergiantuotanto ja -kulutus Suomessa

Lämmitysenergian kulutus Suomessa on kokonaisuudessaan kasvanut vuosien 1995 ja 2016 välillä yli 30 %. Asuinrakennusten lämmitykseen kuluu yli puolet vuosittain lämmitykseen käytetystä loppuenergiasta (Kuva 1). Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto, puun pienpoltto seuraa toisena ja sähkölämmitys on kolmannella sijalla. Puun pienpoltolla tarkoitetaan polttopuun käyttöä kotitalouksissa sekä maatalojen ja palvelurakennusten lämmityksessä. Se voi sisältää puupolttoaineen lisäksi mm. purku- ja rakennustoiminnan puutähdettä (Tilastokeskus, 2018b).

Lämmitysenergian tarve katetaan useilla energialähteillä (Kuva 2). Rakennusten lämmityksen energialähteitä ovat puu, turve, kivihiili, raskas ja kevyt polttoöljy, maakaasu sekä lämpöpumppujen tuottama lämpöenergia. Vuosittaisesta lämmitysenergiasta yli puolet hankitaan kaukolämpönä tai tuotetaan sähköllä.



Kuva 1. Lämmityksen loppuenergia sektoreittain 1995-2016 (Lehtilä, 2018).



Kuva 2. Lämmityksen loppuenergia polttoaineittain 1995-2016. Aikasarja kattaa lämmityspolttoaineiden kulutuksen kaikilla toimialoilla. (Lehtilä, 2018)

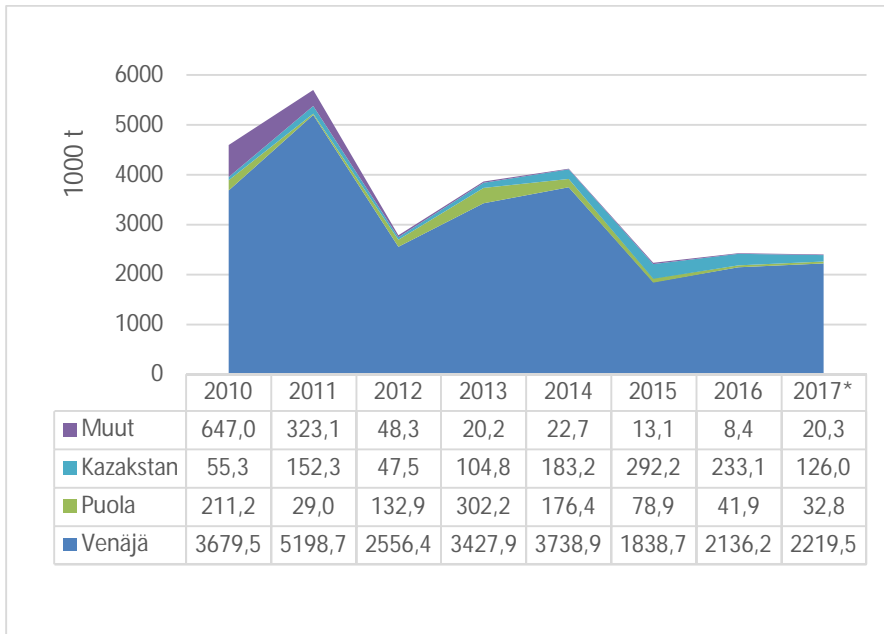
## 2.1 Lämmityspolttoaineiden alkuperä

Suomessa käytetyt fossiiliset polttoaineet tuodaan turvetta lukuun ottamatta ulkomailta. Koska polttoaineiden alkuperä vaikuttaa niiden tuotannosta ja kuljetuksista aiheutuviin päästöihin, on seuraavassa tarkasteltu Suomessa käytettyjen polttoaineiden alkuperämaita. Lämmityspolttoaineiden tuonti esitetään tässä kaaviona vuosilta 2010-2017.<sup>1</sup>

### 2.1.1 Kivihiili

Kivihiilen tuonti on vähentynyt tasaisesti vuoden 2011 jälkeen. Vuosikymmenen alun tuonti oli noin 4 miljoonaa tonnia ja vuonna 2015 se oli liki puolittunut tästä. Suurin osa kivihiilestä tuodaan Venäjältä. Lisäksi kivihiiltä on tuotu muun muassa Puolasta ja Kazakstanista, mutta se on ollut huomattavasti vähäisempää. Vuonna 2016 kivihiiltä käytettiin kahdessakymmenessä kaukolämpöä käyttävässä laitoksessa. Niistä yhdessätoista kivihiiltä käytettiin ainoastaan tukipolttoaineena kysyntähuippujen aikana ja huoltovarmuuspoltoaineena (Pöyry Management Consulting, 2018).

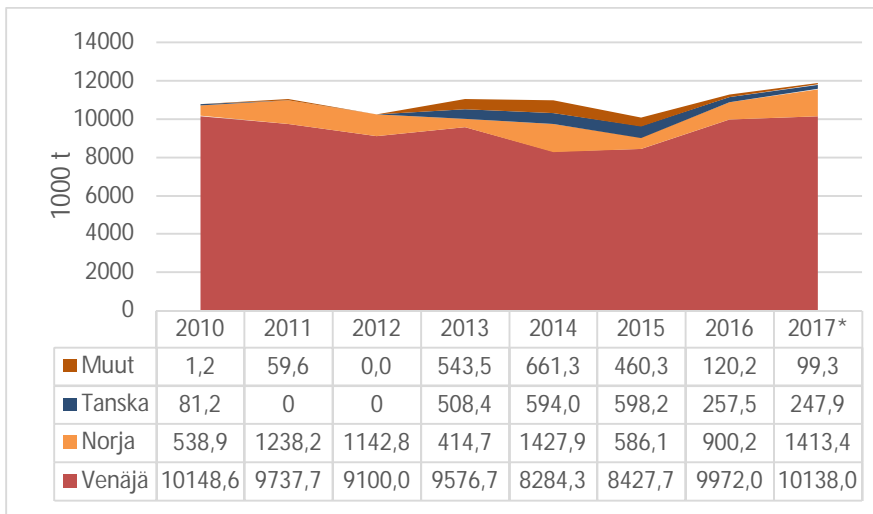
<sup>1</sup> Vuoden 2017 tilastot tuonnin osalta ovat tätä raporttia kirjoitettaessa vahvistamattomia.



Kuva 3. Kivihiilen tuonti maittain 2010-2017. \* Ennakkotieto. (Tilastokeskus, 2018f)

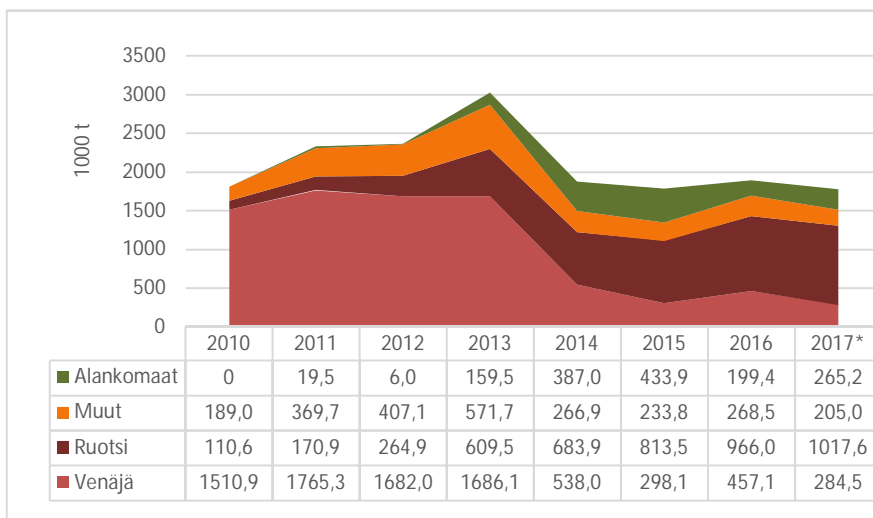
### 2.1.2 Raakaöljy ja muut öljytuotteet

Suurin osa Suomessa käytettävistä öljypolttoaineista jalostetaan kotimaassa lähinnä Venäjältä tuodusta raakaöljystä. Täältä myös viedään paljon öljyjalosteita, ja ne muodostavatkin merkittävän osan Suomen viennistä. Vuonna 2016 kemianteollisuuden osuus koko viennistä oli 20 prosenttia, ja siitä kolmannes muodostui polttoaineiden viennistä (Öljyalan palvelukeskus Oy, 2018). Raakaöljyn tuonti on noussut 10 prosenttia vuodesta 2010 vuoteen 2017 (Kuva 4).



Kuva 4. Raakaöljyn tuonti maittain 2010-2017. \*Ennakkotieto. (Tilastokeskus, 2018f)

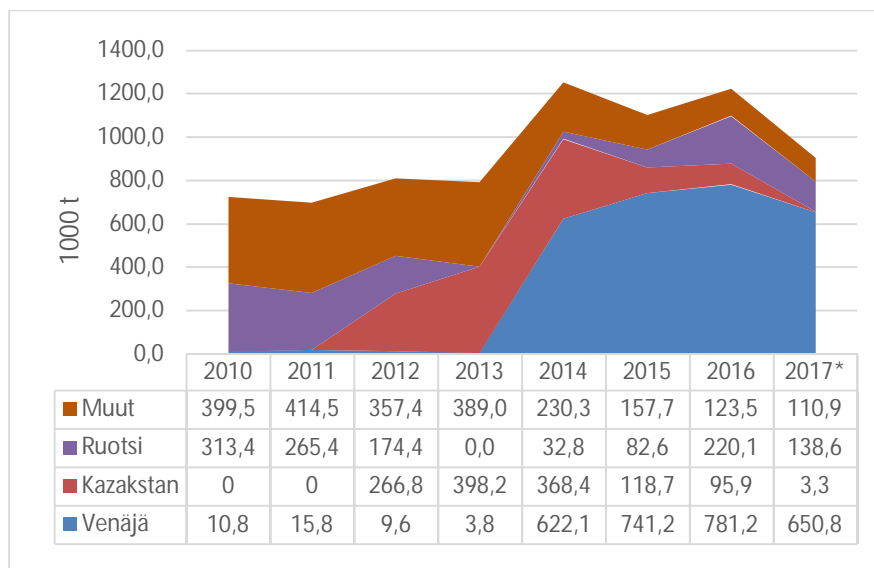
Kevyen polttoöljyn tuonti tilastoidaan osana öljynjalostuksen keskiraskaita jakeita eli keskitisleistä. Keskitisleistä ovat dieselpolttoaineet, kevyt polttoöljy ja lentopetroli. Keskitisleiden tuonti on viimeisen kolmen vuoden ajan pysynyt melko samana, mutta tuonti Ruotsista on kasvanut samalla kun tuonti Venäjältä on vähentynyt.



Kuva 5. Keskitisleiden tuonti 2010-2017. \* Ennakkotieto. (Tilastokeskus, 2018f)

### 2.1.3 Raskas polttoöljy

Raskasta polttoöljyä tuodaan Suomeen eniten Venäjältä. Myös Ruotsi ja Kazakstan ovat merkittäviä raskaan polttoöljyn tuontimaita. Tuontimäärien suhteet näiden maiden välillä ovat vaihdelleet kuluvalle vuosikymmenellä.

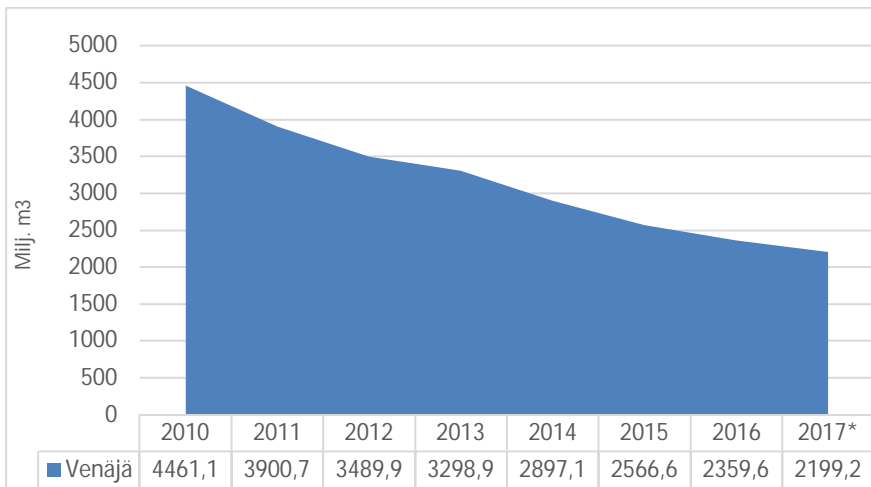


Kuva 6. Raskaan polttoöljyn tuonti 2010-2017. \*Ennakkotieto. (Tilastokeskus, 2018f)

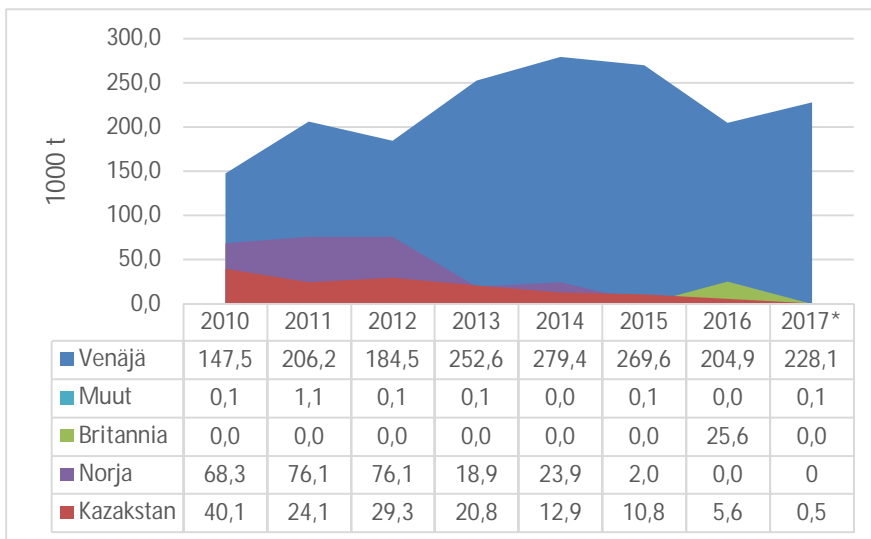
### 2.1.4 Maakaasu, nesteytetty maakaasu ja nestekaasu

Maakaasua tuodaan Suomeen yksinomaan Venäjältä (Kuva 7). Kaasuntuonnin määrä on puolittunut 2010-luvulla 4460 miljoonasta m<sup>3</sup> (4,5 bcm) 2200 miljoonaan m<sup>3</sup> (2,2 bcm)<sup>2</sup>. Nesteytettyä maakaasua tuotiin hyvin pieniä määriä Venäjältä: viimeksi vuosina 2010 0,5 t ja 2011 0,1 t (Tilastokeskus, 2018f). Tilanne maakaasun maahantuonnissa on kuitenkin muuttumassa. Vuoden 2017 lopussa aloitettiin Torniossa uuden, Pohjoismaiden suurimman LNG-terminaalin käyttöönotto. Myös Poriin on aloitettu LNG:n tuonti (vrt. kappale 5.2.2). Nestekaasua tuodaan Suomeen Venäjältä, Norjasta, Kazakstanista ja Britanniaista (Kuva 8).

<sup>2</sup> Lyhenne bcm viittaa miljardiin kuutiometriin maakaasua (*Billion cubic metres of natural gas*) (abbreviated: **bcm**), joka on maakaasun tuotannon ja kaupan suure. IEA:n standardimääritelmän mukaan yksi bcm vastaa noin 38.2 petajoulea ( $1.06 \times 10^{10}$  kWh) venäläistä maakaasua ja 41.4 petajoulea ( $1.15 \times 10^{10}$  kWh) Qatarin maakaasua (IEA, 2011).



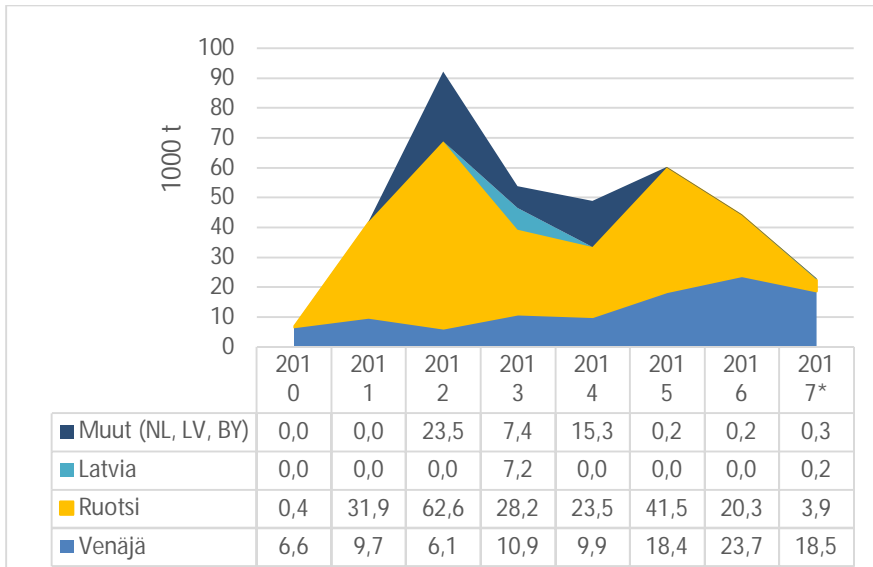
Kuva 7. Maakaasun tuonti 2010-2017\*. \*Ennakkotieto. (Tilastokeskus, 2018f)



Kuva 8. Nestekaasun tuonti vuosina 2012-2017\*. \*Ennakkotieto. (Tilastokeskus, 2018f)

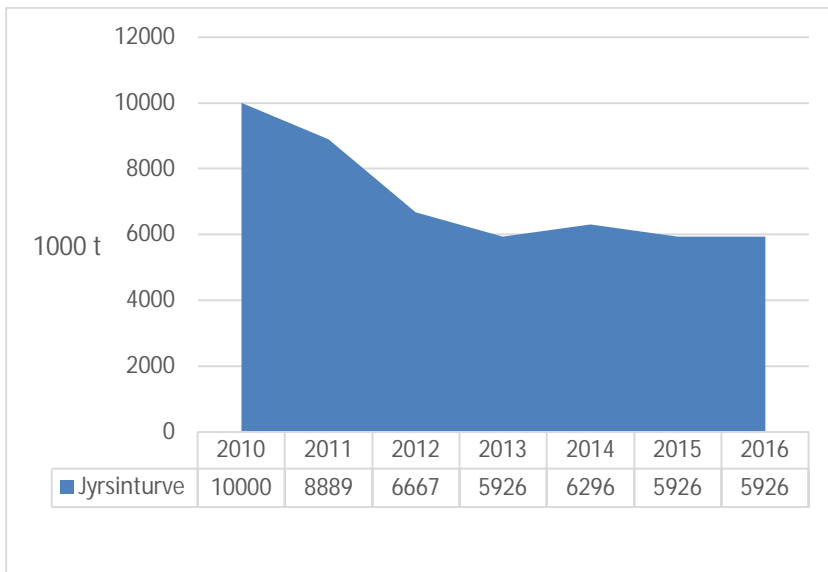
### 2.1.5 Turpeen tuonti ja kulutus

Kuten kuvat 7 ja 8 näyttävät, myös turvetta tuodaan maahan jonkin verran, mutta tuodun turpeen määrä on vähäinen, 0-1 % Suomessa vuosittain energiantuotantoon käytetyn turpeen määrään verrattuna. Esimerkiksi vuonna 2016 turvetta tuotiin 46 000 t, kun energiaksi sitä kulutettiin kaikkiaan 5 926 000 t jyrsinturpeen lämpöarvolla arvioituna (Tilastokeskus 2018f, Tilastokeskus 2018g, Motiva).



Kuva 9. Turpeen tuonti 2010-2017\*. \*Ennakkotieto. (Tilastokeskus, 2018f)





Kuva 10. Turpeen energiakäyttö Suomessa. \*Kulutus arvioitu jyrsinturpeena, kosteus% 48,5. (Tilastokeskus 2018f, Motiva).

## 2.2 Lämmityspolttoaineita koskevaa lainsäädäntöä

### 2.2.1 Lämmityspolttoaineiden verotus

Lämmityspolttoaineiden, kuten kevyen ja raskaan polttoöljyn sekä kivihiilen ja maakaasun, verotuksesta säädetään nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta annetussa laissa (1472/1994) sekä sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta annetussa laissa (1260/1996). Lämmityspolttoaineiden valmistevero muutettiin lailla 1399/2010 polttoaineen energiasisältöön perustuvaksi energiasisältöveroksi ja poltosta syntyvään hiilidioksidin ominaispäästöön perustuvaksi hiilidioksidiveroksi. Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa käytettävien lämmityspolttoaineiden hiilidioksidivero on lisäksi puolitetty päästökaupan ja verotuksen päällekkäisten vaikutusten vähentämiseksi.

Kevyestä ja raskaasta polttoöljystä, kivihiilestä sekä maakaasusta kannetaan niiden lämpöarvon perusteella määräytyvää energiasisältöveroa ja poltosta syntyvän hiilidioksidipäästön perusteella määräytyvää hiilidioksidiveroa. Tämän lisäksi lämmityspolttoaineista kannetaan valmisteverotuksen yhteydessä lisäksi huoltovarmuusmaksua. Kaasumaiset ja kiinteät biopolttoaineet ovat sen sijaan verottomia ja huoltovarmuusmaksuttomia.

## **2.2.2 Muu lämmityspolttoaineiden kasvihuonekaasupäästöihin liittyvä lainsäädäntö**

### **Uusiutuvan energian direktiivi (2009/28/EY)**

Uusiutuvan energian direktiivi edellyttää, että biopolttoaineiden ja bionesteiden tulee täyttää niin sanotut kestävyyskriteerit. Kriteerit sisältävät elinkaariarviointiin perustuvan laskentaohjeistuksen, jolla pyritään varmistamaan biopolttoaineiden ja bionesteiden tuotannon ympäristöllinen kestävyys. Näistä kestävyyskriteereistä ja niiden täyttymisen osoittamisesta noudattavista menettelyistä säädetään biopolttoaineista ja bionesteistä annetussa laissa (393/2013). Kestävyyskriteerit sisältävät elinkaariarviointiin perustuvan laskentaohjeistuksen, jolla pyritään varmistamaan biopolttoaineiden ja bionesteiden tuotannon ympäristöllinen kestävyys.

Direktiiviä ollaan parhaillaan päivittämässä ja osana vuoden 2016 ns. Talvipaketin (European Commission, 2016). Euroopan komissio antoi ehdotuksen uudeksi uusiutuvan energian direktiiviksi. Direktiiviehdotuksessa annetaan uudet bioenergian koskevat kestävyyskriteerit, joita on nestemäisten biopolttoaineiden ja – nesteiden lisäksi laajennettu koskemaan myös kiinteällä biomassalla sekä biokaasulla tuotettua energiaa (yli 20MW:n ja 0.5MW:n laitoksissa). Direktiivin käsittely on vielä kesken, ja sitä käsitellään parhaillaan komission, parlamentin ja neuvoston muodostamissa niin sanotuissa trilogeissa.

### **Polttoaineiden laadudirektiivi**

Euroopan parlamentin direktiivi 2009/30/EY käsittelee bensiinin, dieselin ja kaasuöljyn laatuvaatimuksia sekä kasvihuonekaasupäästöjen seurantaan ja vähentämiseen tarkoitettua mekanismin käyttöönottoa. Se täydentää uusiutuvan energian direktiivin vaatimuksia muun muassa vaatimalla, että jäsenvaltioiden on edellytettävä, että toimittajat vähentävät toimitettujen polttoaineiden ja energian energiayksikköä kohti laskettuja elinkaarenaikaisia kasvihuonekaasupäästöjä vaihteittain jopa 10 prosentilla vuoden 2020 loppuun mennessä. Direktiivi asettaa muun muassa tavoitteet moottoripolttonesteiden elinkaarenaikaisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiselle.

Jäsenvaltioiden on varmistettava, että niiden alueella saatetaan markkinoille ai-noastaan sellaista bensiiniä ja dieselpolttoaineita, jotka ovat direktiivin liitteissä esitettyjen ympäristöperusteisten laatuvaatimusten mukaisia.

Direktiiviin kuuluu biopolttoaineiden kestävyyskriteereitä ja elinkaarenaikaisten päästöjen laskentaa käsittelevä yksityiskohtainen säännöstö, joka perustuu uusiutuvan energian kestävyyskriteereihin. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/30/EY, 2009)

### **Päästökauppalaki**

EU:n sisäisen päästökauppajärjestelmän sekä Kioton pöytäkirjan mukaisen kansainvälisen päästökaupan tavoitteena on kasvihuonekaasupäästöjen seuraaminen ja hiilidioksidin päästövähennystavoitteiden saavuttaminen mahdollisimman kustannustehokkaasti. Suomessa päästökaupasta säädetään päästökauppalalla

(311/2011) ja asetuksilla. Lain tarkoituksena on edistää kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä kustannustehokkaasti ja taloudellisesti.

Päästökauppalakia sovelletaan muun muassa polttoaineiden polttoon laitoksissa, joiden nimellinen kokonaislämpöteho on yli 20 megawattia ja niiden kanssa samaan kaukolämpöverkkoon liitettyjen pienempien polttolaitosten sekä määriteltujen jalostuslaitosten polttoprosessien hiilidioksidipäästöihin. Suomessa päästökauppa koskee noin 600 laitosta (Energiavirasto). Energiantuotanto pieniä laitoksia lukuun ottamatta on päästökauppalain alaista ja näin ollen suuri osa lämmitysenergian tuottamiseen käytettävistä polttoaineista käytetään päästökauppasektorin laitoksissa.

## 3. Materiaali ja menetelmät (LCA)

### 3.1 Elinkaariarviointi (LCA)

Elinkaariarviointi (LCA) on menetelmä tuotteen tai järjestelmän potentiaalisten ympäristövaikutusten kvantitatiiviseen ja systemaattiseen arviointiin läpi koko tuotteen tai järjestelmän elinkaaren. Elinkaariarvioinnissa tietyn tuotteen tuotannossa tarvittavat materiaali- ja energiavirrat, sekä eri prosesseista aiheutuvat päästöt kartoitetaan tuotteen koko elinkaaren ajalta. Tarkastelu voidaan myös rajata tiettyihin elinkaaren vaiheisiin tai vain tiettyihin päästöihin, esimerkiksi kasviuonekaasupäästöihin. LCA tukee päätöksentekoa ja sen avulla ympäristöongelmia voidaan tarkastella kokonaisvaltaisesti. Menetelmä toimii siten tehokkaan päätöksenteon tukena ja auttaa varmistamaan, etteivät esimerkiksi ympäristönsuojelutoimenpiteet johda ongelmien siirtoon systeemin osasta toiseen, eli ettei esimerkiksi päästöjen vähentäminen yhdessä elinkaaren vaiheessa kasvata niitä jossain toisessa.

Tämän työn tavoitteena on muodostaa käsitys lämmityksessä käytettävien fossiilisten polttoaineiden tuotannon aiheuttamista kasviuonekaasupäästöistä energiaverotuksen kehittämistarpeita varten. Tarkastelussa huomioitiin elinkaarivaiheet polttoaineen louhinnasta ja jalostuksesta voimalaitokselle, eli niin sanotusti ”kehdestä portille” (*cradle to gate*). Polton päästöjä ei tarkastella. Tarkastelussa ei myöskään huomioida tuotantolaitosten rakentamisesta tai muusta infrastruktuurista aiheutuvia päästöjä.

### 3.2 Käytetyt lähteet

Energiantuotanto muodostaa pohjan muiden tuotteiden tuotannolle, ja siksi todella monet elinkaariarvioinnit ovat tarkastelleet polttoaineiden tuotannon kasviuonekaasupäästöjä. Tässä työssä päätettiin kuitenkin keskittyä hyödyntämään erityisen kattavaksi tiedettyjä, vapaasti saatavilla olevia elinkaariarviointitietokantoja tai -laskelmia. Lisäksi tehtiin kirjallisuushaku Google Scholar- ja Scopus-tietokannoista käyttäen seuraavia hakusanoja: ”life cycle assessment” / ”carbon footprint” / ”greenhouse gas emissions” ja yhtä seuraavista termeistä ”heavy fuel oil”, ”light fuel oil”, ”diesel<sup>3</sup>”, ”natural gas”, ”liquefied petroleum gas”, ”hard coal”, ”peat”.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella työssä päädyttiin käyttämään seuraavia lähteitä:

- **European Reference Life Cycle Database:** Tietokanta on Euroopan yhteisen tutkimuskeskuksen (*European Joint Research Centre, JRC*) ylläpitämä avoin LCA-tietokanta. Tietokanta sisältää ulkopuolisen arvioimaa elinkaari-

---

<sup>3</sup> Diesel ja kevyt polttoöljy ovat ominaisuuksiltaan hyvin lähellä toisiaan ja siksi dieselin tuotantoa koskevia lukuja on käytetty tässä osittain vastaamaan kevyen polttoöljyn tuotantoa.

inventaaritietoa useilta eurooppalaisilta toimialajärjestöiltä sekä muilta alalla toimivilta yhteisöiltä. Tietokanta on kattava, mutta toisaalta sen tuotama tieto on melko yleisluontoista. (JRC, 2018a-d)

- **Well-to-Wheels -analyysit:** Well-to-Wheels-tutkimukset ovat Euroopan yhteisen tutkimuskeskuksen (JRC) alaisen Institute for Energy and Transport:n julkaisemia tutkimuksia, joissa arvioidaan Euroopan keskeisimpien energialähteiden tuotannon ja käytön kasvihuonekaasupäästöjä, energiatehokkuutta ja kustannuksia. Analyysistä on julkaistu useita päivityksiä, joista viimeisin on keväältä 2014. Analyysit ovat kaksiosaisia: polttoaineiden tuotanto (**Well-to-Tank - WTT**) sekä ajoneuvon käyttö (**Tank-to-Wheel – TTW**). Tässä työssä on hyödynnetty polttoaineiden tuotantoa koskevia tietoja (JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION, 2014). [https://eu.about-jec/files/documents/report\\_2014/wtt\\_appendix\\_4\\_v4a.pdf](https://eu.about-jec/files/documents/report_2014/wtt_appendix_4_v4a.pdf)
- **Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas:** EU:n komission energian pääosaston toimeksiannosta tehty selvitys dieselin, bensiinin ja maakaasun tuotannon elinkaarisista kasvihuonekaasupäästöistä. Selvityksen tavoitteena oli tuottaa biopolttoaineiden tuotannolle vertailukelpoista tietoa. Selvitys on hyvin kattava, ja käsittää laajan joukon maita ja tuotantotapoja (EXERGIA S.A. – E3M-Lab – COWI A/S, Members of COWI Consortium, 2015).
- **Kirkinen ym. 2007. Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus: maankäyttöskenaario.** Julkaisu tarkastelee turpeen tuotannon kasvihuonekaasupäästöjä ulottuen turpeen tuotannosta polttoon ja alueen jälkikäsitteilyyn asti. Tähän työhön on otettu mukaan tuotantoalueen muokkauksen, aumojen ja työkoneiden kasvihuonekaasupäästöt. (Kirkinen ym., 2007)
- **Seppälä ym. 2010. Climate impacts of peat fuel utilization chains – a critical review of the Finnish and Swedish life cycle assessments.** Työssä esitetään kriittinen arviointi kahdesta ruotsalaisesta ja yhdestä suomalaisesta (em. Kirkinen et al.) turpeentuotannon elinkaariarvioinnista. Tavoitteena oli selvittää mistä näiden tutkimusten tulosten erot johtuvat ja tuottaa siten pohja energiapolitiiselle päätöksenteolle (Seppälä ym., 2018).
- **Moro ja Lonza 2018. Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles.** Tutkimuksessa esitetään päivitetetyt laskelmat WTW-tutkimuksen luvuista. Julkaisu käsittelee koko sähköntuotantoketjua, mutta tähän selvitykseen on otettu siinä vain polttoaineiden tuotantoa koskevat luvut. (Moro & Lonza, 2017).
- **Bauer, C. 2008. Life Cycle Assessment of Fossil and Biomass Power Generation Chains.** Bauerin työ on Alstom Power Services:lle tehty elinkaariarviointi kivihillen, ligniitin ja maakaasun tuotannon ympäristövaikutuksista. (Bauer, 2008).
- **O’Born, R. 2012. From Ground to Gate: A life cycle assessment of petroleum processing activities in the United Kingdom.** Maisterintyönä tehty elinkaariarviointi polttoaineiden tuotannosta Iso-Britanniassa (O’Born, 2012)

Turpeen tuotannon kasvihuonekaasupäästöistä löytyy vain vähän tutkimuksia. Monet tutkimukset ovat tarkastelleet turpeentuotannon vaikutuksia maaperän päästöihin, turpeenpolton päästöjä tai turpeentuotantoa tietynlaisilla mailla (esim. Väisänen, 2013), mutta turpeentuotantoketjun päästöistä on julkaistu vain vähän tutkimuksia. Kirkinen ym. (2007) on yleinen lähde muissa turpeentuotannon elinkaarta tarkastelevissa tutkimuksissa (Grönroos, 2013).

Kuljetuksen päästöjen laskennassa on käytetty Lipasto-tietokannan antamia kasvihuonekaasupäästöjä (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2017).

## 4. Tulokset

Seuraavassa esitellään tarkasteltujen polttoaineiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöjä polttoaineittain.

### 4.1 Maakaasu- ja nestekaasu

Maakaasun päästöt vaihtelivat jopa kymmeniä prosentteja samankin lähteen sisällä, riippuen erityisesti kuljetusmatkan pituudesta (JEC - Joint Research Centre EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014).

Suomeen tuotava maakaasu on kokonaan peräisin Venäjältä (luku 2.1.4). Suurin osa Venäjän maakaasun tuotantoalueista sijaitsee Länsi-Siperiassa, Yamalissa sekä Urengoyssa ja Yamburgissa, joten tässä työssä on oletettu myös Suomeen tuotavan maakaasun olevan peräisin noilta alueilta. Matkaa Suomen rajalle kyseisiltä kaasukentiltä on noin 3300 km (Gasum, 2017). Siirtoverkon pituus Suomen puolella on yhteensä noin 1300 km.

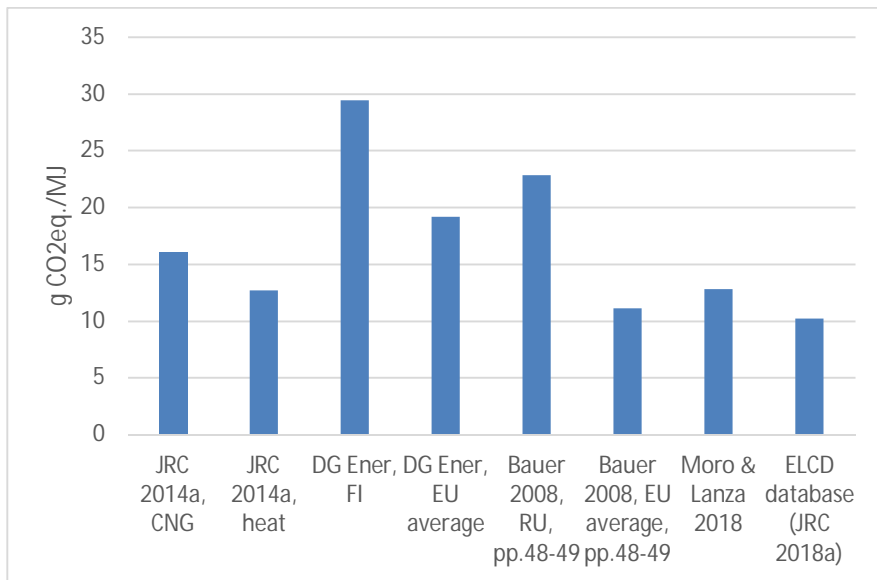
Alla on esitetty kaksi lukua Well-to-Tank-tutkimuksesta (JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION, 2014) (Kuva 11). Molemmissa on käytetty venäläistä maakaasua 4000 kilometrin kuljetusmatkalla, jonka on katsottu edustavan Suomessa käytettävää maakaasua, joka siis on kokonaisuudessaan peräisin Venäjältä. Ketjuista toinen edustaa sähkön- ja lämmöntuotannossa käytettyä maakaasua<sup>4</sup>. Toinen taas kuvaa paineistettua maakaasua (compressed natural gas, CNG), joka vastaa liikenteessä käytettävää maakaasua<sup>5</sup>. Well-to-Tank -tutkimuksen lämmöntuotannossa käytettäviä polttoaineita kuvaavissa luvuissa ei huomioida maakaasun paikallisjakelusta aiheutuvia päästöjä, ja jakelun päästöissä onkin huomioitu vain korkeapaineisten jakeluputkien päästöt (Kuva 15).

DG Enerin toimeksiannosta tehdyssä tutkimuksesta (EXERGIA S.A. – E3M-Lab – COWI A/S, Members of COWI Consortium, 2015) löytyy Suomea koskevat luvut erikseen. Näiden lisäksi alle on otettu vertailukohdaksi saman raportin eurooppalainen keskimääräinen maakaasu (EXERGIA S.A. – E3M-Lab – COWI A/S, Members of COWI Consortium, 2015). DG Enerin raportin mukaan Suomea koskeva maakaasudata on peräisin kansallisesta kasvihuonekaasuinventaarista. ELCD-tietokannan luvut edustavat keskimääräistä eurooppalaista kaasua, eikä niitä siksi voida pitää edustavina Suomessa käytettävälle kaasulle (Kuva 11).

---

<sup>4</sup> JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION, 2014, tuotantoketju GPEL1b.

<sup>5</sup> JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION, 2014, tuotantoketju GPCG1b.

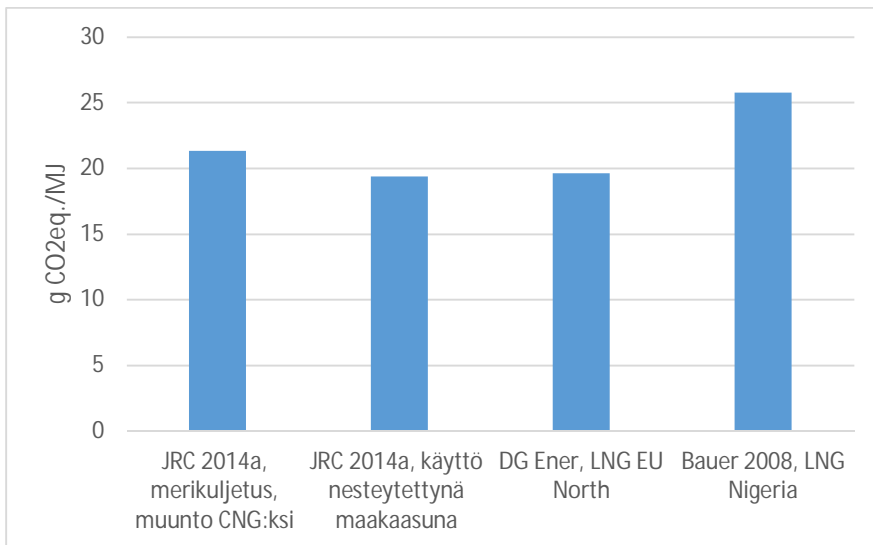


Kuva 11. Maakaasun tuotannon kasviuonekaasupäästöt tarkasteltujen lähteiden perusteella.

Suomessa käytettävä nesteytetty maakaasu on toistaiseksi ollut peräisin pääasiassa Qatarista ja pienessä määrin myös Venäjältä. Kaasu tuodaan tänne laivakuljetuksena Porin ja Tornion terminaalien kautta. Toistaiseksi nesteytetyn maakaasun tuonti on ollut hyvin vähäistä, mutta sen odotetaan kasvavan Suomeen valmistuneen uuden infrastruktuurin myötä.

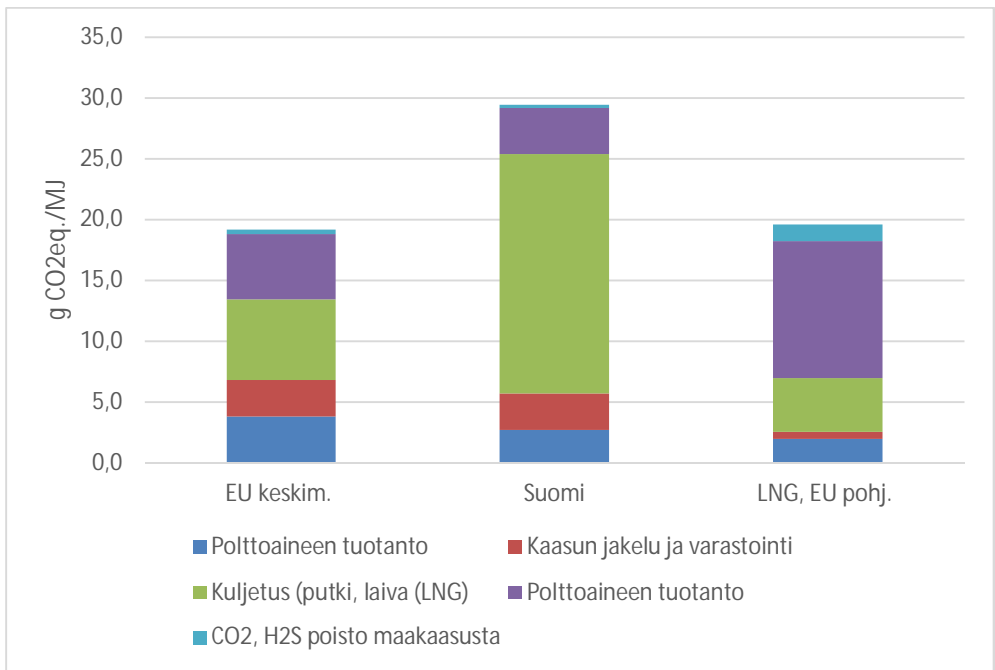
EU edellyttää maakaasumarkkinoiden avaamista vuoteen 2020 mennessä (TEM 2018) ja on tämän vuoksi tukenut Suomen ja Baltian alueen maakaasumarkkinoiden yhdentymistä ja integroitumista muun Euroopan maakaasumarkkinoihin. Onkin odotettavissa, että maakaasun hankinnan riippuvuus Venäjältä pienenee vuoden 2020 jälkeen, mutta toisaalta maakaasun kysynnän kehityksen arviointi on haastavaa. Qatar säilynee merkittävänä LNG:n tuojamaana jatkossakin ja toisaalta Venäjä vahvistaa markkina-asemaansa investoinneilla uusiin putkiyhteyksiin EU:n alueelle (kts. myös luku 5.2).



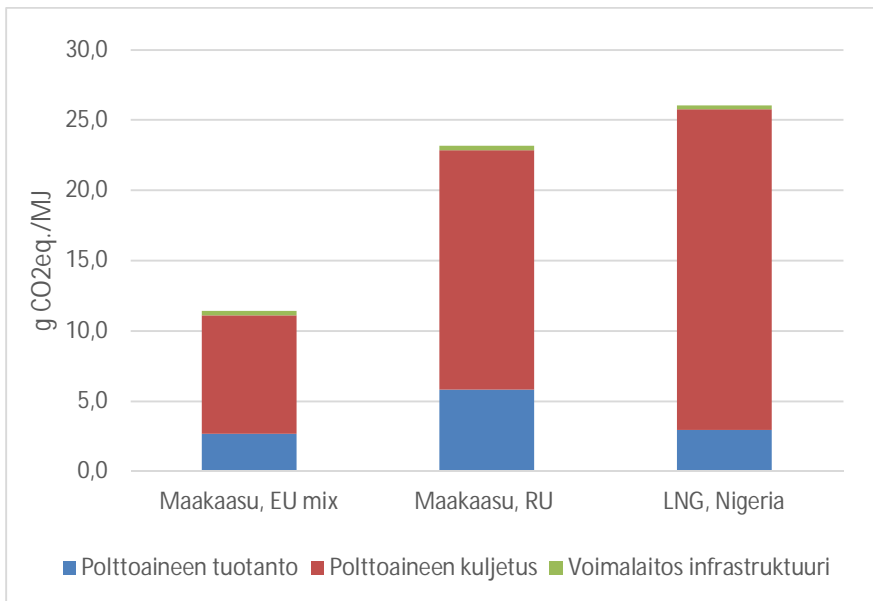


Kuva 12 Nesteytetyn maakaasun tuotannon päästöt.

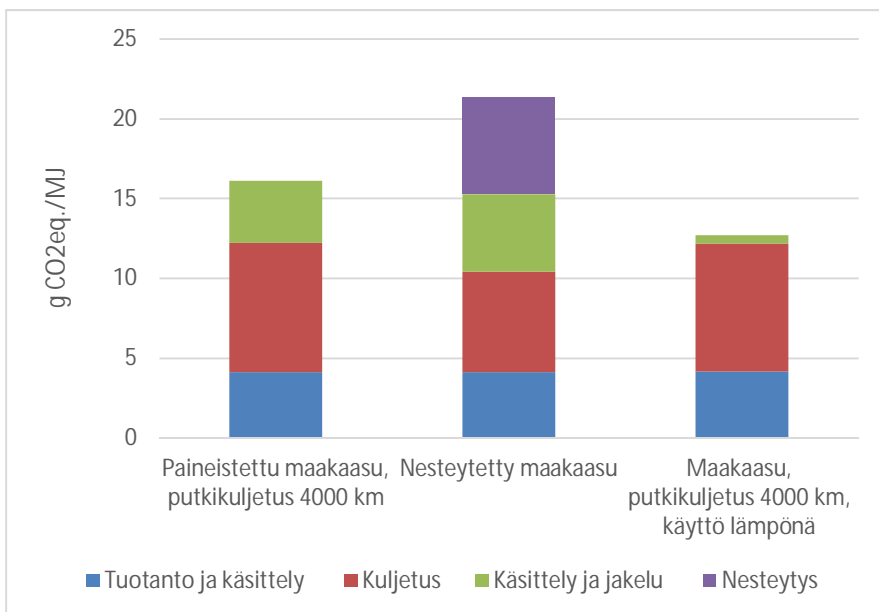
Osassa lähteistä tuotantopäästöt on annettu elinkaarivaiheittain kun taas osassa on ilmoitettu pelkästään kokonaispäästöt. Seuraavassa esitetään päästöt elinkaarivaiheittain niiden lähteiden osalta, joissa päästöt on ilmoitettu elinkaarivaiheittain (Kuva 13 - Kuva 15). Koska elinkaarivaiheiden määritelmät vaihtelevat eri lähteissä, on kunkin julkaisun tiedot esitetty omina kuvinaan. ELCD tietokannassa ja Moro ja Lonza (2018) -tutkimuksessa päästöjä ei valitettavasti ole jaoteltu elinkaarivaiheittain, eikä niitä siksi esitetä tässääkään erikseen.



Kuva 13. Maakaasun tuotannon päästöjen jakautuminen tuotantovaiheittain DG Ener (2015) mukaan.

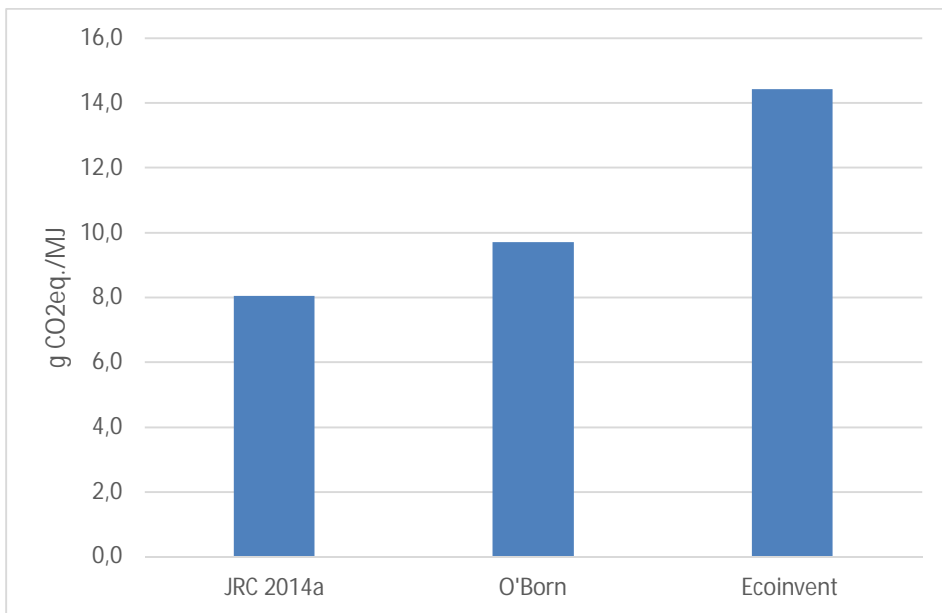


Kuva 14. Maakaasun tuotannon päästöjen jakautuminen tuotantovaiheittain Bauer (2008) mukaan.



Kuva 15. Maakaasun tuotannon päästöjen jakautuminen tuotantovaiheittain JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION (2014) perusteella.

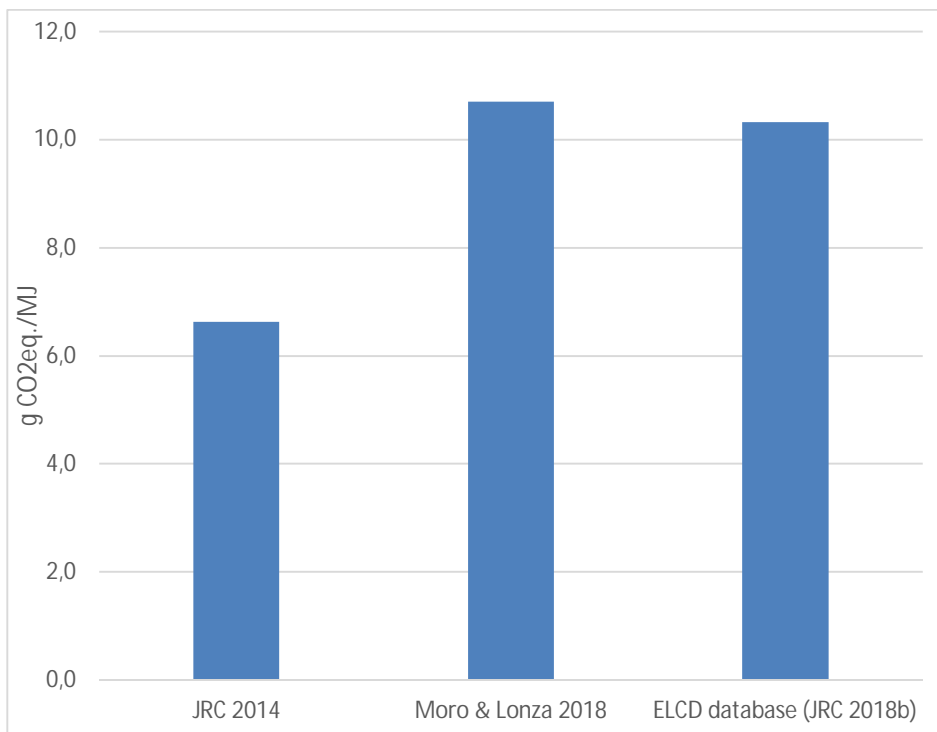
Nestekaasua käytetään Suomessa melko vähän. Sen tuotannosta löytyi myös melko vähän tietoja (Kuva 16). Päästöt vaihtelivat välillä 8-14,4 g CO<sub>2</sub>eq/MJ.



Kuva 16 Nestekaasun tuotannon päästöjä. O'Bornin luvut käsittävät sekä propaanin että butaanin.

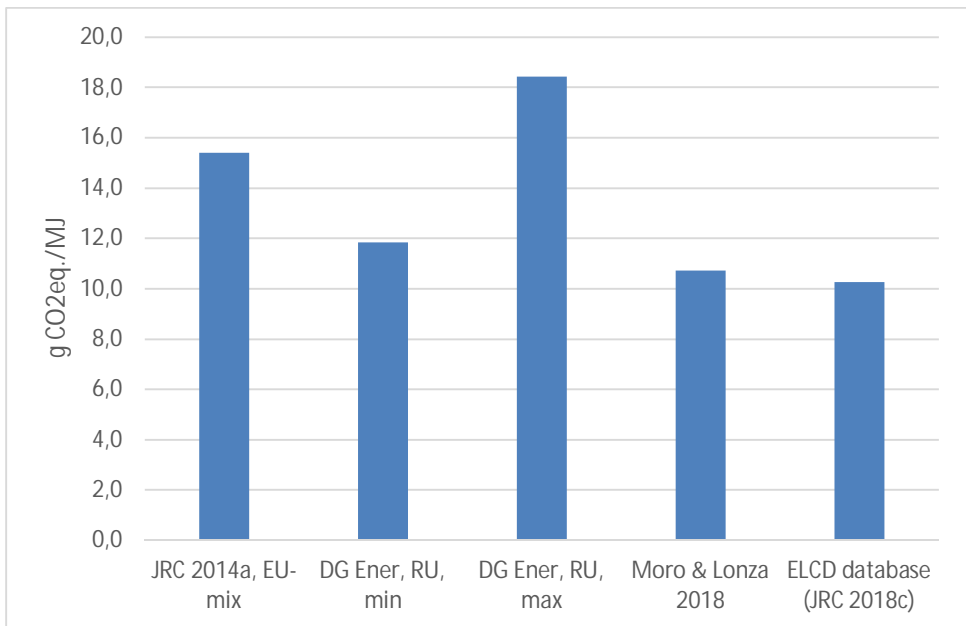
## 4.2 Kevyen- ja raskaan polttoöljyn tuotannon päästöt

Suurin osa Suomeen jalostettavaksi tuotavasta raakaöljystä tulee Venäjältä Primorskin öljyterminaalista säiliöaluksilla. Venäjän öljyntuotantoalueista lähes 90 % sijaitsee Länsi-Siperian ja Volgan alueella sekä arktisella alueella (Komin tasavalta, Nenetsien autonominen piirikunta, Jamalin Nenetsien autonominen piirikunta ja Krasnojarskin alue) (Simola & Solanko, 2017). Koska öljypolttoaineista suurin osa jalostetaan Suomessa, on tässä työssä yksinkertaisuuden vuoksi oletettu sekä raskaan että kevyen polttoöljyn olevan kokonaisuudessaan peräisin venäläisestä raakaöljystä, joka on jalostettu Suomessa. Raakaöljyn tuotannon päästöjen lähteenä on käytetty Well-to-Tank-tutkimuksen ilmoittamia lukuja lukuja (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014).

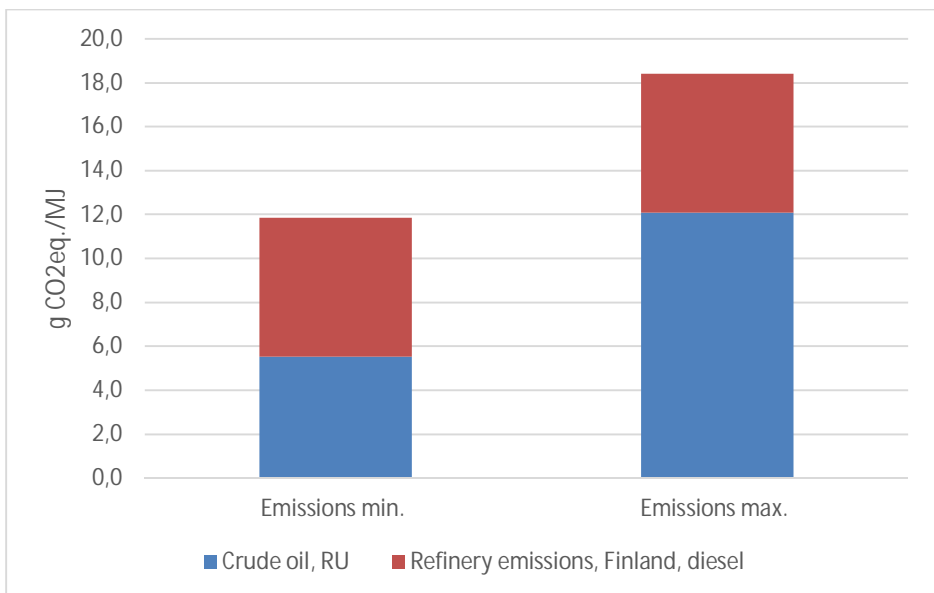


Kuva 17. Raskaan polttoöljyn tuotannon päästöt. Moro ja Lonza (2018) ilmoittavat päästöt tuoter ryhmälle "petroleum products", eivätkä luvut siksi täysin ole vertailukelpoisia kahden muun lähteen kanssa.

Keven polttoöljyn tuotannon päästöjen arvioinnissa on käytetty dieselin päästöjä, koska tietoja sille on ollut kattavammin saatavilla, ja dieselin ja keven polttoöljyn on katsottu vastaavan ominaisuuksiltaan ja tuotannoltaan käytännössä toisi-  
aan.

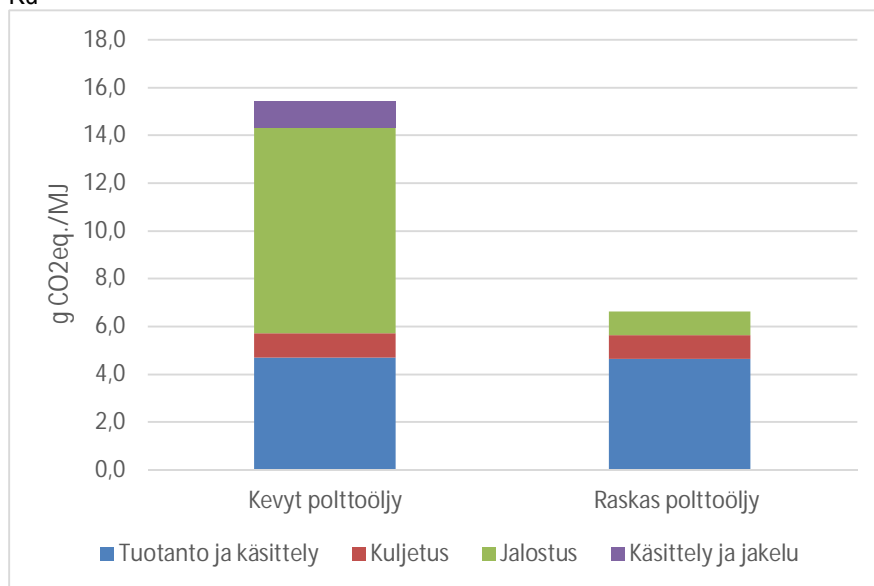


Kuva 18. Kevyen polttoöljyn tuotannon päästöjä.



Kuva 19. Kevyen polttoöljyn tuotannon päästöt DG Enerin selvityksen mukaan (EXERGIA S.A. – E3M-Lab – COWI A/S, Members of COWI Consortium 2015).

Ku

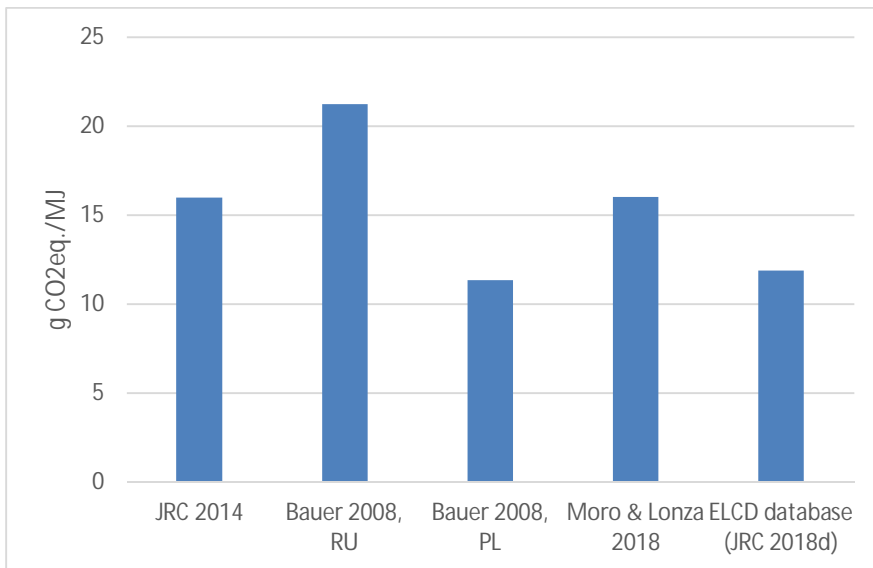


Kuva 20. Kevyen ja raskaan polttoöljyn tuotannon päästöt Well-to-Tank-tutkimuksen mukaan (JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION, 2014).

WTT-tutkimuksen päästöt raskaan polttoöljyn tuotannolle ovat selvästi alhaisemmat kuin ELCD-tietokannan (JRC 2018b) ja Moro ja Lonzan (2018) ilmoittamat päästöt (Kuva 17). Myös Ecoinvent-tietokannan antamat päästöt ovat noin 10 g CO<sub>2</sub>eq./MJ (Wernet ym. 2016). Vastaavasti kevyen polttoöljyn tuotannon päästöt ovat WTT-tutkimuksessa korkeammat kuin useimmissa muissa lähteissä (Kuva 18). Tämä johtunee ennen kaikkea tavasta, jolla öljynjalostuksen päästöt on allokoitu eri öljytuotteiden välillä (Edwards 2018). Useat tutkimukset jakavat päästöt käyttäen energiaperusteista allokointia, jolloin öljynjalostuksen päästöt jakautuvat tasaisemmin eri tuotteiden välillä, kun taas WTT-tutkimuksessa käytetään CONCAWE:n (European Petroleum Refiners Association:n alainen tutkimusyksikkö) öljynjalostamomallia (Edwards 2018). Käytännössä tässä menetelmässä suurin osa öljynjalostuksen päästöistä allokoituu dieselille ja moottoribensiinille. Energiaperusteisella allokoinnilla taas päästöt jakautuvat tasaisemmin eri öljytuotteiden välillä.

### 4.3 Kivihili ja turve

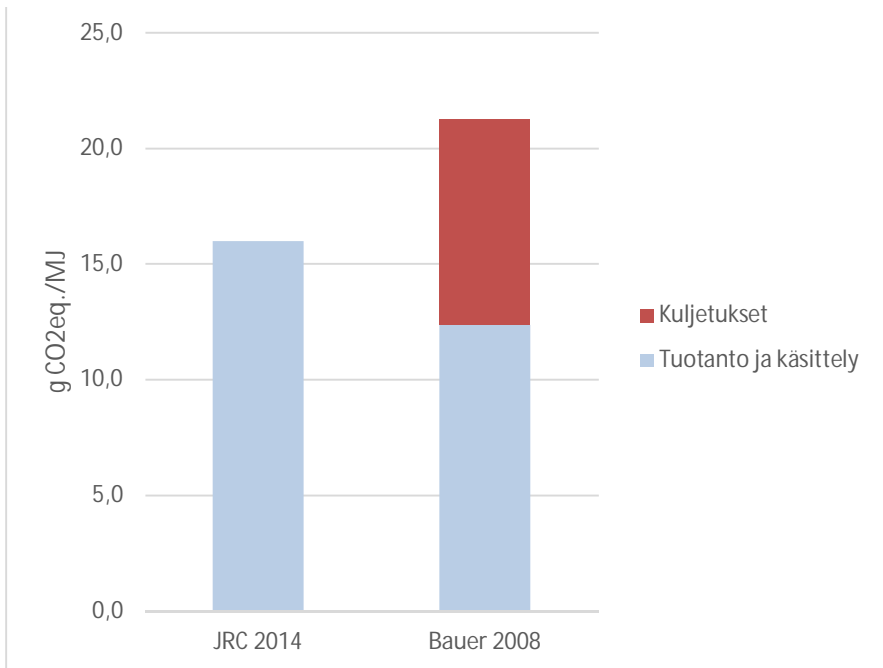
Kivihilen tuotannon päästöt vaihtelivat välillä 11-21 g CO<sub>2</sub>eq./MJ (Kuva 21). Suomessa käytettävän kivihilen on tässä oletettu olevan peräisin Venäjältä.



Kuva 21 Kivihiilen tuotannon päästöt.

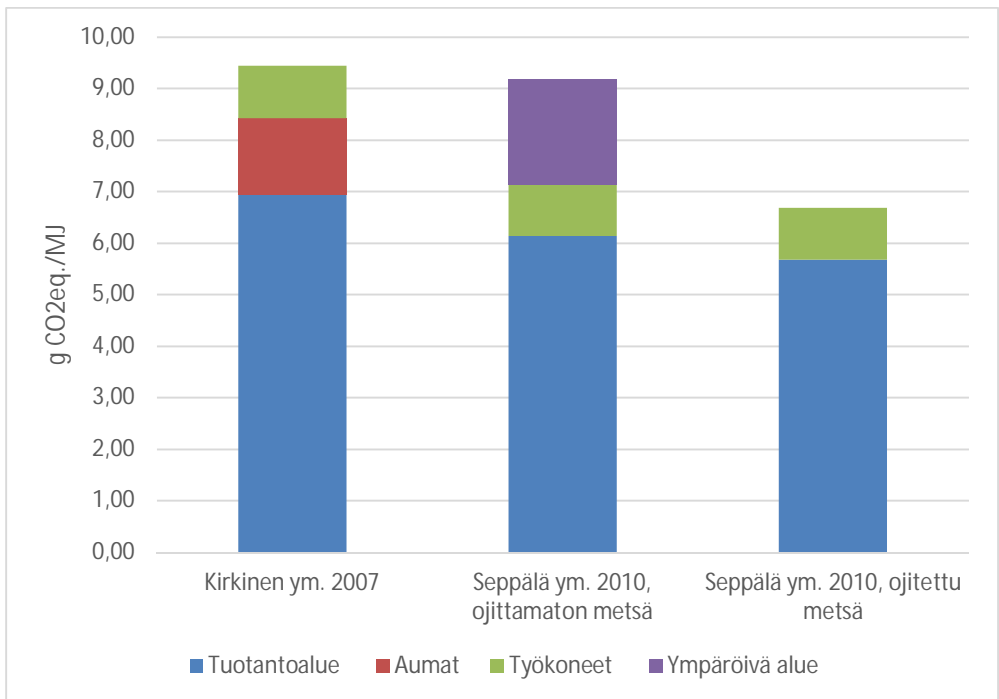
JRC 2014 -lukuja on täydennetty kuljetuksen päästöillä. Niiden laskennassa tehdyt oletukset ja käytetyt lähteet on selitetty edellä. Kuvassa 22 esitetään vertailu kivihiilen päästöt elinkaarivaiheittain Well-to-Tank-tutkimuksen (JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION, 2014) sekä Bauer (2008) perusteella. Bauerin tutkimuksessa Venäjältä peräisin olevaa kivihiiltä on oletettu kuljetettavan 4000 km junalla, ja 3000 km laivalla. WTT-tutkimuksessa kivihiilen päästöjä ei ole annettu elinkaarivaiheittain, vaan tuotannon päästöt on ilmoitettu yhtenä lukuna, johon sisältyvät kaikki elinkaarivaiheet louhinnasta voimalaitoksen portille.





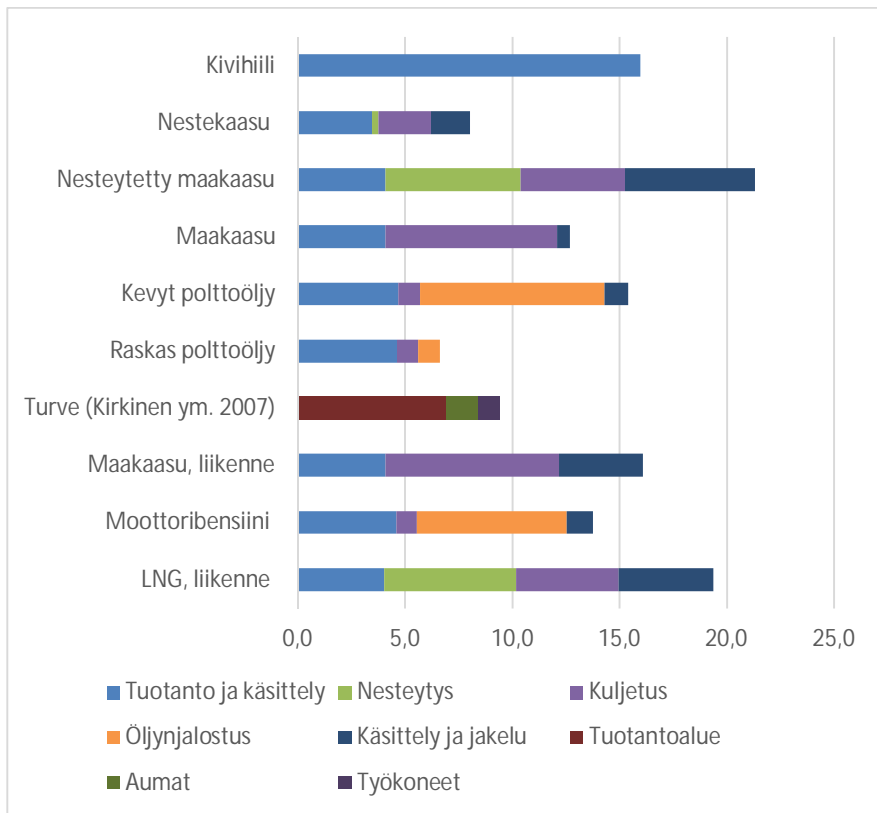
Kuva 22. Kivihiilen päästöjen vertailu WTT-tutkimuksen (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014) ja Bauer (2008) välillä (g CO<sub>2</sub>eq./MJ). WTT-tutkimus sisältää myös kuljetuksen, mutta niitä ei eroteltu tuotannon ja käsittelyn päästöistä.

Turpeen tuotannon päästöt elinkaarivaiheittain esitetään kuvassa 23. Seppälä (2010) sisältää kriittisen arvion Kirkinen ym. (2007) tutkimuksesta, ja lisäksi siinä vertaillaan muita turpeen elinkaariarviointeja. Päästöt on molempien tutkimusten osalta jaettu elinkaarivaiheittain. On kuitenkin syytä huomata, että koska kyseessä on kaksi eri tutkimusta, eivät niiden käyttämät jaot eri elinkaarivaiheisiin ole identtisiä. Esitettyyn jaotteluun tulee siksi suhtautua varauksella. Tarkasteltuihin elinkaarivaiheisiin on sisällytetty tuotanto- ja kuljetuskoneiden, tuotantokentän sekä turpeen varastoisesta aiheutuvat päästöt (Kirkinen ym. 2007). Seppälä ym. (2010) sisällyttää ojittamattomille soille perustetuille tuotantoalueille myös päästöt ympäröivältä alueelta. Ympäröivällä alueella tarkoitetaan suota ympäröivää aluetta, johon ojitus vaikuttaa. Seppälä ym. (2010) arvioivat ojittamattoman suon tapauksessa tuon alueen suuruudeksi puolet turpeenottoalueen suuruudesta. Jo ojitetuilla alueilla noita päästöjä ei huomoida, mutta on syytä huomata, että metsän ojitusvaiheessa vastaavat päästöt ovat aiheutuneet niiltäkin.

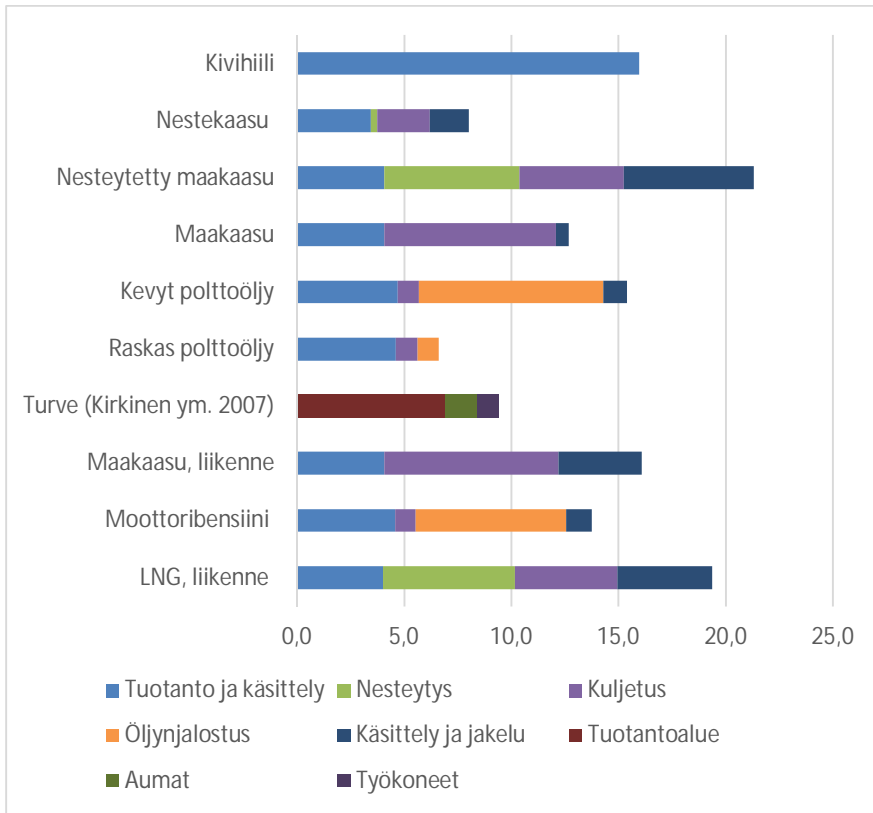


Kuva 22. Turpeen tuotannon kasvihuonekaasupäästöt.

#### 4.4 Päästöjen vertailu eri polttoaineiden välillä



Kuva 23 ja Taulukko 1 vertailevat eri polttoaineiden päästöjä toisiinsa. Koska WTT-tutkimus on kattava, käsittää turvetta lukuun ottamatta kaikki tässä työssä tarkastellut polttoaineet ja sitä on käytetty EU:n politiikan pohjana, on se valittu vertailuun. Koska turvetta ei JRC:n raportista löydy, on sen osalta käytetty lähteenä Kirkinen ym. (2007), joka on laajasti siteerattu ja Seppälä ym. (2010) kriittisesti arvioima. Koska turpeen tuotantoketju on hyvin erilainen kuin muiden tarkasteltujen polttoaineiden ja käytetyt lähtötiedot poikkeavat WTT-tutkimuksen käyttämisestä, on sen vertailu WTT-tutkimuksen lukuihin hankalaa. Aiempien laskelmien päivittäminen olisikin suositeltavaa turvetta koskevan tiedon ajantasaistamiseksi ja vertailukelpoisuuden parantamiseksi.



Kuva 23. Eri polttoaineiden tuotannon päästöjen vertailua Well-to-Tank-tutkimuksen tietojen perusteella (JEC - JOINT RESEARCH CENTRE-EUCAR-CONCAWE COLLABORATION, 2014) (päästöt g CO<sub>2</sub>eq./MJ polttoainetta).

Maakaasun päästöistä esitetään Well-to-Tank-tutkimuksessa useita tuotantoketjuja. Maakaasun tuotannon päästöt vaihtelevat huomattavasti riippuen kuljetuksen ja jakelun päästöistä. Vertailuun valittiin tähän kaksi Venäjällä tuotettua maakaasua, kuljetusmatkalla 4000 km. Näistä toinen edustaa sähkön- ja lämmöntuotannossa käytettävää maakaasua ja toinen liikenteessä käytettävää paineistettua maakaasua. On syytä huomata, että sähkön- ja lämmöntuotannossa käytettävää maakaasua edustavassa ketjussa on huomioitu vain osa maakaasun jakelusta aiheutuvista päästöistä (kuva 24 ja taulukko 1). Maakaasun siirtoverkostossa aiheutuu metaanipäästöjä itse siirtoverkostosta ja kompressoriasemilla. Myös putkiston muutos-, korjaus- ja huoltotöistä aiheutuu päästöjä. Lisäksi kompressor- ja paineenvähennysasemilla syntyy hiilidioksidipäästöjä. Paikallisjakelun päästöistä on kirjallisuudessa esitetty useita eri lukuja. Tässä työssä tarkastellun DG Enerin toimeksiantosta tehdyn tutkimuksen mukaan maakaasun paikallisjakelun päästöt Suomessa ovat noin 0,6% siirretystä kaasusta eli noin 3 g CO<sub>2</sub>eq./MJ (EXERGIA S.A. – E3M-Lab – COWI A/S, Members of COWI Consortium 2015, s. 243 & 320). Euroopan

maakaasuteollisuuden yhdistys Marcogaz<sup>6</sup> arvioi EU:n keskimääräiseksi häviöiksi paikallisjakelusta noin 0,1-0,2 % myydyistä kaasusta (Marcogaz 2017). Toisaalta Gasum Oy:n oman raportoinnin mukaan paikallisjakelusta aiheutuvat päästöt olivat vuonna 2015 vain 0,3 g CO<sub>2</sub>eq./MJ tuotettua maakaasua (Gasum Oy 2016, s. 32-35). Myös monet yhdysvaltalaiset julkaisut ovat esittäneet vaihtelevia arvioita maakaasun paikallisjakelun päästöistä (kts. esim. Tong ym. 2015; Littlefield ym. 2017).

Kuten edellä on kerrottu, raskaan polttoöljyn kohdalla WTT-tutkimuksen antamat päästöt ovat melko matalia, ja dieselin osalta taas hiukan korkeampia kuin useimmat muut kirjallisuudessa esitetyt arvot. Tämä johtuu tutkimuksessa käytetystä allokointimenetelmästä (kts. luku 4.2).

Taulukko 1. Tarkasteltujen polttoaineiden tuotannon päästöt (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014) (g CO<sub>2</sub>eq./MJ). Turpeen päästöt Kirkinen ym (2007).

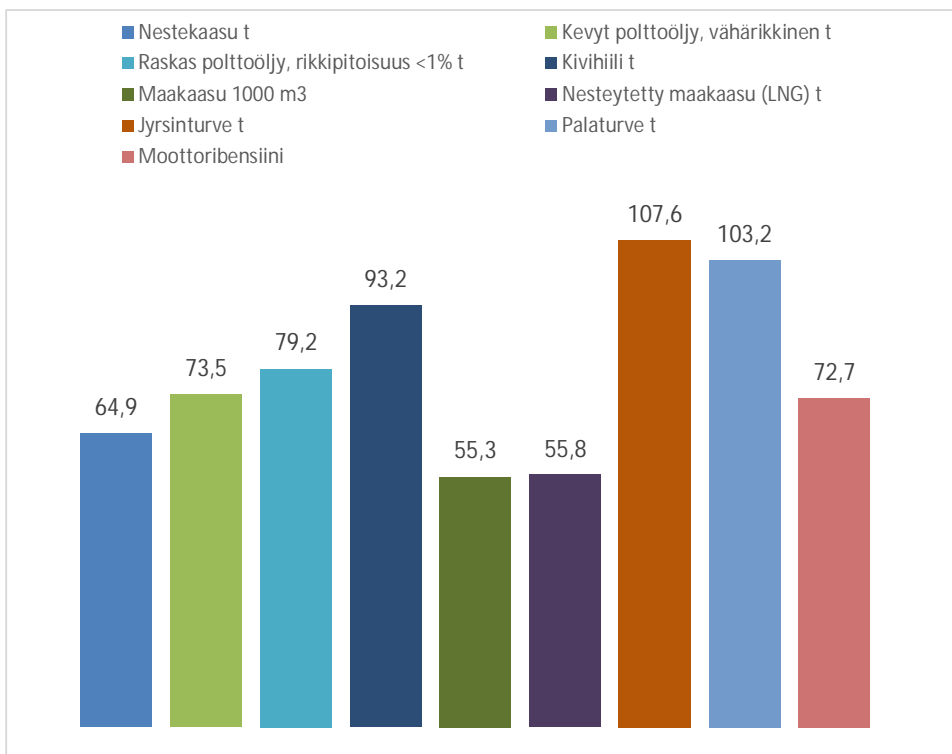
	Yhteensä	Tuotanto ja käsittely	Nesteytys	Kuljetus	Öljynjalostus	Käsittely ja jakelu
<b>Kevyt polttoöljy</b>	15,4	4,7		1,0	8,6	1,1
<b>Maakaasu, putkikuljetus 4000 km</b>	12,7	4,1		8,1		0,5
<b>LNG</b>	21,3	4,1	6,3	4,9		6,1
<b>Nestekaasu</b>	8,1	3,5	0,3	2,5		1,8
<b>Kivihiili</b>	16,0	16,0				
<b>Raskas polttoöljy</b>	6,6	4,6		1,0	1,0	
<b>Turpe (Kirkinen et al. 2007)</b>	9,4	8,4*)			1,0	
<b>Maakaasu, liikennekäyttö</b>	16,1	4,1		8,1		3,9
<b>Moottoribensiini</b>	13,8	4,6		1,0	7,0	1,2
<b>LNG, liikennekäyttö</b>	19,4	4,0	6,2	4,8		4,4

\*) Turpeen tuotantoalue ja aumat

<sup>6</sup> Technical Association of the European Natural Gas Industry

## 4.5 Lämmityspolttoaineiden tuotannon päästöjen vertailu polton päästöihin

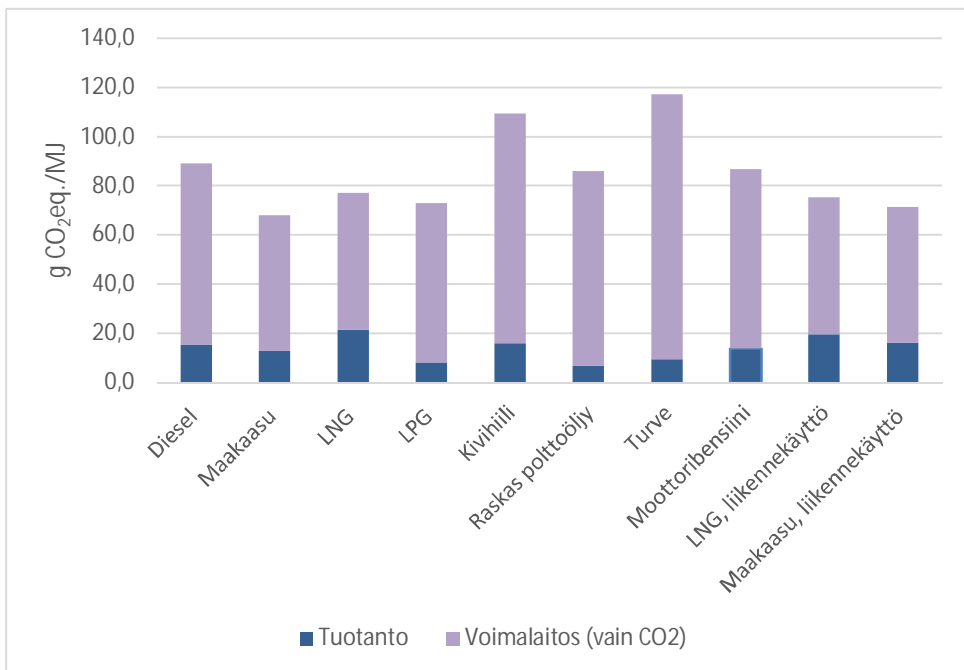
Jotta saadaan käsitys polttoaineiden tuotannon päästöistä suhteessa niiden käytön päästöihin, esitetään tässä luvussa vertailu näiden kahden elinkaarivaiheen välillä. Polton päästöjen laskennassa on käytetty Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen 2018 CO<sub>2</sub>-päästökertoimia (Kuva 24). Muiden kasvihuonekaasujen päästöjä ei ole huomioitu.



Kuva 24. Tarkasteltujen lämmityspolttoaineiden polton CO<sub>2</sub>-päästökertoimet (g CO<sub>2</sub>eq./MJ (Tilastokeskus, 2018h). Vertailun vuoksi kuvaan on lisätty myös moottoribensiinin päästökerroin.

Tuotannon osalta suurimmat päästöt aiheutuvat maakaasun, erityisesti nesteytetyn maakaasun, sekä kivihiilen tuotannosta. Matalimmat taas turpeen ja nestekaasun tuotannosta. Kun tarkasteluun otetaan mukaan myös polttovaiheen päästöt, onkin tilanne toisenlainen. Maakaasun polton päästöt ovat tarkastelluista polttoaineista matalimmat, kun taas turpeen korkeimmat, nostaten turpeen energiakäytön

päästöt kokonaisuudessaan korkeimmiksi. Kivihiilen polton päästöt ovat myös melko korkeat, ja sen kokonaispäästöt ovatkin lähellä turpeen päästöjä.



Kuva 25. Tarkasteltujen polttoaineiden tuotannon ja polton päästöt. Polton päästöissä on huomioitu vain hiilidioksidipäästöt. Tuotannon päästöjen laskennassa käytetyistä lähteistä kts.

## 5. Arvioita polttoaine- ja lämpömarkkinoiden kehityksestä Suomen näkökulmasta

Energia- ja ilmastostrategiassa (TEM, 2016) sekä Keskipitkän aikavälin ilmasto-suunnitelmassa (YM, 2018) on useita linjauksia, jotka vaikuttavat lämmityspolttoaineiden käyttöön joko suoraan kieltojen ja lisäysveloitteiden kautta tai epäsuorasti lämmityspolttoaineiden ja -muotojen kilpailuaseman muuttuessa. Toisaalta EU:n puhtaan energian paketti (European Commission, 2016) sisältää useita lämmitys-markkinoihin ja erityisesti uusiutuvien energialähteiden käyttöön liittyviä direktiiviehdotuksia. Kolmanneksi, erityisesti maakaasumarkkinat ovat hajautumassa sitä mukaa, kun rakennetaan uutta putki- ja nesteytetyn maakaasun (LNG) infrastruktuuria. Alla on esitetty lyhyt yhteenveto merkittävimmistä Suomea koskevista päätöksistä ja kehitysarvioista.

### 5.1 Strategiset linjaukset ja päätökset liittyen polttoaineiden käyttöön vuoteen 2030 mennessä Suomessa

Vuoden 2016 lopulla valmistunut ja eduskunnassa syksyllä 2017 hyväksytty energia- ja ilmastostrategia linjaa useita toimia vuoteen 2030 mennessä, jotka vaikuttavat lämmityssektoriin ja erityisesti lämmityspolttoaineiden käyttöön:

- Päästöttömän, uusiutuvan energian käyttöä lisätään kestävästi niin, että sen osuus 2020-luvulla nousee yli 50 prosenttiin, ja omavaraisuus yli 55 prosenttiin sisältäen mm. turpeen.
- Luovutaan hiilen käytöstä energiantuotannossa.
- Puolitetaan tuontiöljyn käyttö kotimaan tarpeisiin.
- Nostetaan liikenteen uusiutuvien polttoaineiden osuus vuoteen 2030 mennessä 40 prosenttiin.

Näistä kaksi ensimmäistä vaikuttaa suoraan erityisesti kaukolämmöntuotannon polttoainevalikoimaan, koska kivihiltä käytetään pääosin kaupunkien CHP-tuotannossa, joka tulisi siis ainakin osittain korvata uusiutuville energialähteillä. Kahden alimmaisen kohdan linjaukset koskevat lähinnä liikennesektoria, jossa tuontiöljyä korvataan kehittyneillä biojalosteilla. Strategiassa arvioitiin, että puolet tarvittavista biojalosteista tuotettaisiin kotimaisesta puuraaka-aineesta, jolloin sitä ohjautuisi enenemässä määrin lämmöntuotannosta liikenteen polttoaineeiksi.

Valtioneuvoston 10.4. antaman tiedotteen mukaan hallitus on päättänyt, että kivihiihen käyttö energiantuotannossa kielletään lailla vuonna 2029. Lisäksi tarjotaan 90 miljoonan euron kannustepaketti niille kaupunkien kaukolämpöyhtiöille, jotka sitoutuvat luopumaan kivihiihen käytöstä jo vuonna 2025 (Valtioneuvosto, 2018). Tielastokeskuksen tiedot näyttävät, että kivihiihen maahantuonti on karkeasti arvioiden puolittunut vuosien 2010-2017 välillä. VTT:n arvioiden mukaan kivihiihen käyttö olisi jatkanut laskuaan myös jatkossa, kun vanhat CHP-laitokset poistuvat käytöstä,



mutta kivihiilen kielto nopeuttaa jonkin verran aikataulua. Pöyryn tuoreen arvion mukaan kivihiili korvautuisi lähinnä puupolttoaineella (biomassa, pelletti), mutta mahdollisesti myös maakaasulla (Pöyry Management Consulting, 2018).

Energia- ja ilmastostrategian kanssa rinnan valmisteltiin keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaa (KAISU), joka julkaistiin kesällä 2017. KAISU:n toimet ja linjaukset kohdistuivat taakanjakosektoriin, eli päästökaupan ulkopuolisiin kasvihuonekaasupäästöihin. Taakanjakosektoriin sisältyvät rakennusten erillislämmityksen kasvihuonekaasupäästöt ovat käytännössä peräisin öljylämmityksestä. Öljylämmityksen päästöihin voidaan vaikuttaa vähentämällä öljynkulutusta, lisäämällä biopolttoöljyn käyttöä tai vaihtamalla lämmitysmuotoa (Koljonen, 2017). KAISU:ssa on linjattu, että rakennusten erillislämmitykselle asetetaan 10 % kehittyneiden biojalosteiden sekoitevelvoite vuoteen 2030 mennessä.

## **5.2 Polttoainemarkkinat**

### **5.2.1 Maakaasu**

Kuten kappaleessa 2.1.4 esitettiin, maakaasua on pitkään tuotu Suomeen ainoastaan Venäjältä putkikaasuna. Toisaalta EU edellyttää maakaasumarkkinoiden avaamista vuoteen 2020 mennessä ja tämän tukemiseksi EU rahoittaa 75 prosenttisesti uuden maakaasuputken rakentamista Suomen ja Viron välille. Saman aikaisesti Balticconnector-meriputkihankkeen kanssa vahvistetaan myös Viro-Latvia- ja Puola-Liettua-kaasunsiirtoyhteyksiä, jotka luovat yhdessä edellytykset Suomen ja Baltian kaasumarkkinat yhdistymiselle ja integroitumiselle osaksi EU:n yhteisiä energiamarkkinoita vuoden 2020 alkuun mennessä (ks. Kuva 26). Toisaalta Nordstream 1 ja Nord Stream 2-hankkeiden myötä kaasun siirtoyhteydet Venäjältä EU-alueelle vahvistuvat. Nord Stream 1 valmistui vuonna 2011 ja lupakäsittelyt Nordstream 2-siirtoyhteyden rakentamiseksi ovat paraillaan meneillä. Molemmat käsittelevät kaksi rinnakkaista putkikyhteyttä.

Venäjä-Suomi siirtoyhteyden kapasiteetti on 8 milj. m<sup>3</sup> vuodessa (l. 8 bcm/a) ja vastaavasti tulevan Balticconnector-siirtoyhteyden kapasiteetti on 2,6 milj. m<sup>3</sup> vuodessa (l. 2,6 bcm/a). Vaikka maakaasun käyttö Suomessa on laskenut reilusti 2010-luvulla ja on nykyään tasolla 2,2 bcm, kaasun kysyntää 2020-luvulla on hyvin haastava arvioida. Vertailun vuoksi mainittakoon, että Nord Stream 1 saavutti 93 % käyttöasteen vuonna 2017, jolloin kaasun vienti Venäjältä Keski-Eurooppaan ylsi 51 bcm:in.

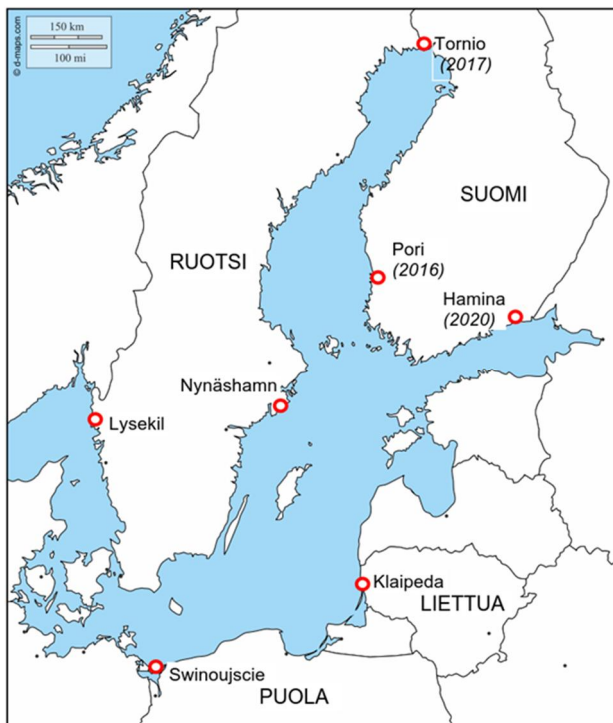


Kuva 26. Suomen ja Baltian maiden kaasun siirtoyhteydet (Baltic Connector Oy).

### 5.2.2 Nesteytetty maakaasu (LNG)

Uuden putkisiirtoyhteyden lisäksi Suomeen on juuri valmistunut ja lisäksi rakenteilla nesteytetyn maakaasun terminaaleja. Ensimmäinen kooltaan 30 000 m<sup>3</sup> LNG-terminaali valmistui Porin Tahkoluotoon vuonna 2016. Tämä palvelee lähinnä länsirannikon teollisuutta (erit. SSAB:n Raahan terästehdas) sekä meri- ja maaliikennettä. Vuoden 2017 lopussa valmistui Pohjoismaiden suurin 50 000 m<sup>3</sup> LNG-terminaali Tornion Röyttään ja varsinaisen kaupallisen käytön oletetaan alkavan kesällä 2018. Tämä Manga LNG-terminaali palvelee alueen teollisuutta (erit. Outokummun Tornion terästehdas), maa- ja merikuljetusliikennettä sekä kaivoksia. Kolmas LNG-terminaali on rakenteilla Haminan satamaan ja sen varastointikapasiteetti on 30 000 m<sup>3</sup>. Haminaan on valmius rakentaa myös toinen, 20 000 m<sup>3</sup>:n varastosäiliö (Kuva 27).

Haminan LNG-terminaalin valmistuttua Suomen yhteenlaskettu LNG-varastointi-kapasiteetti kasvaa 110 000 kuution. Paikalliselle teollisuudelle, liikenteelle sekä mahdollisesti myös energiantuotannolle terminaalit ovat tärkeitä ja tuovat Suomea myös lähemmäksi avoimia kaasumarkkinoita. Vertailun vuoksi kuitenkin mainittakoon, että Liettuan Klaipedan LNG-terminaalin varastointikapasiteetti on 170 000 m<sup>3</sup> vuorokaudessa (OSW, 2012).



Kuva 27. Käytössä olevat ja suunnitellut LNG-terminaalit. Kartan lähde: [http://d-maps.com/carte.php?num\\_car=13454&lang=en](http://d-maps.com/carte.php?num_car=13454&lang=en). Muokattu lähteestä HS 2018.

## 6. Yhteenveto ja johtopäätökset

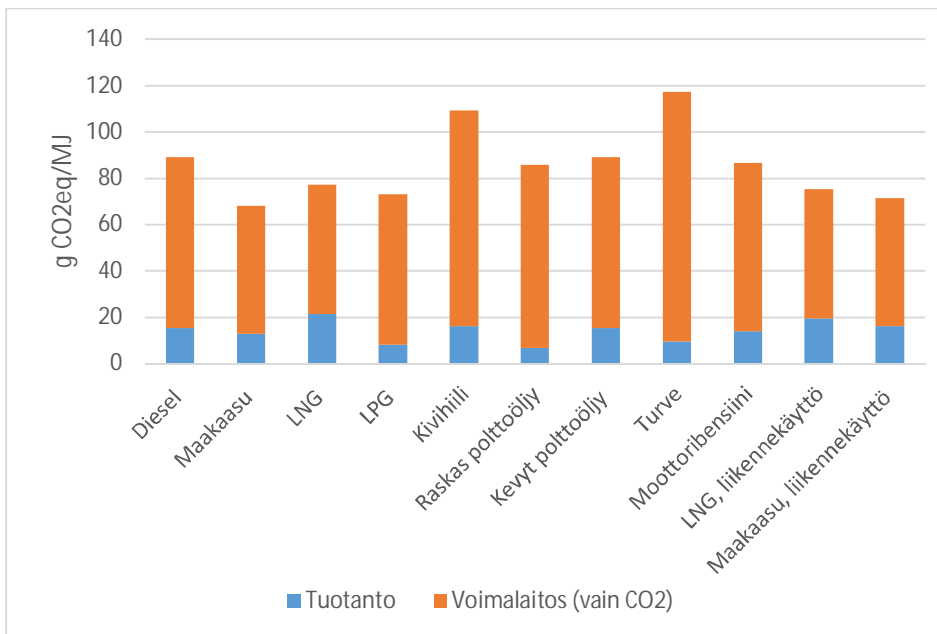
Lämmityspolttoaineiden tuotantoketjujen aiheuttamissa päästöissä esiintyy hyvin paljon vaihtelua riippuen esimerkiksi tuotannossa käytetyistä teknologioista ja polttoaineista sekä kuljetusmatkoista ja -tavoista. Yhden kattavan päästöluvun määrittäminen onkin siksi lähes mahdotonta. Jotta luvuista saataisiin mahdollisimman edustavia juuri Suomessa kulutetuille polttoaineille, olisi tehtävä laaja elinkaariarviointi, jossa tarkasteltaisiin polttoaineiden hankinnan osalta useita eri alkuperämaita sekä erilaisia teknologioita, samaan tapaan kuin DG Ener:n toimeksiannosta vuonna 2015 tehdyssä työssä on tehty muutamille liikennepolttoaineille (EXERGIA S.A. – E3M-Lab – COWI A/S, Members of COWI Consortium, 2015). Uusiutuvan energian direktiivissä, jossa kestävyyskriteerien täyttämisen osoittaminen pohjautuu elinkaariarviointiin, on ratkaisuksi valittu se, että kunkin toimijan on tehtävä yksityiskohtainen, todennettu laskelma jokaisen käytettävän polttoaine-erän tuotannon päästöistä. Vaihtoehtoisesti on tietyn edellytyksin mahdollista käyttää oletusarvoja, jotka edustavat yläkanttiin laskettuja päästöarvoja. Luonnollisesti tällaisen toimintamallin toteuttaminen verotuksen pohjana olisi kuitenkin haasteellista ja toimijoita kuormittavaa.

Mikäli yksittäiset päästöluvut edellä mainituista ongelmista huolimatta halutaan valita polttoaineiden tuotannolle, on suositeltavaa käyttää lähdeä, joka on mahdollisimman kattava ja ennen kaikkea edustaa mahdollisimman asiantuntevasti ja perusteellisesti tehtyä, läpinäkyvää sekä ulkopuolisen arvioimaan tietoa. Kuten luvussa neljä todettiin, JRC:n julkaisema Well-to-Tank -tutkimus on laaja-alainen ja tieteellisesti tehty, käsittää turvetta lukuun ottamatta kaikki tässä työssä tarkastellut polttoaineet ja sitä on myös käytetty EU:n energia- ja ympäristöpolitiikan pohjana (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014). On kuitenkin huomattava, että näistä luvuista puuttuu maakaasun osalta paikallisjakelun päästöt, joiden suuruus tarkastellun kirjallisuuden mukaan vaihtelee alle puolesta grammasta muutamaan grammaan hiilidioksidiekvivalenttia per megajoulea. Lisäksi raskaan polttoöljyn päästöt ovat muuta tarkasteltua kirjallisuutta matalammat, ja kevyen polttoöljyn taas melko korkeat johtuen WTT-tutkimuksessa käytetystä allokointimenetelmästä.

Koska turve ei sisälly tuohon tutkimukseen, suosittelevat tämän raportin kirjoittajat viittaamaan turpeen tuotannon päästöissä Kirkinen ym. (2007) työhön, joka on laajasti siteerattu ja Seppälä ym. (2010). kriittisesti arvioima. Aiempien laskelmien päivittäminen olisi kuitenkin suositeltavaa turvetta koskevan tiedon ajantasaistamiseksi ja vertailukelpoisuuden parantamiseksi.

Liikennepolttoaineiden verotuksessa polttoaineiden tuotannon päästöt huomioidaan jo nyt. Päästökertoimien yhdenmukaistamiseksi olisi siinä käytettyjen kertoimien ajantasaisuus syytä tarkistaa ja tarvittaessa päivittää.

Edellä mainittujen suositusten mukaiset päästöt esitetään kuvassa 25 sekä elinkaarivaiheittain taulukossa 2. Vertailun vuoksi niihin on lisätty myös moottoribensiinin sekä liikenteessä käytetyn nesteytetyn maakaasun tuotannon päästökertoimet.



Kuva 28. Tarkasteltujen polttoaineiden tuotannon päästöt JRC:n julkaisun mukaan (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014). Turpeen päästöt (Kirkinen ym. 2007).

Taulukko 2. Tarkasteltujen polttoaineiden tuotannon päästöt (g CO2eq/MJ) (JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration, 2014). Turpeen päästöt Kirkinen ym (2007).

	Yhteensä	Tuotanto ja käsittely	Nes-teytys	Kuljetus	Öljynjalostus	Käsittely ja jakelu
<b>Kevyt polttoöljy</b>	<b>15,4</b>	4,7		1,0	8,6	1,1
<b>Maakaasu</b>	<b>12,7</b>	4,1		8,1		0,5
<b>LNG</b>	<b>21,3</b>	4,1	6,3	4,9		6,1
<b>LPG</b>	<b>8,1</b>	3,5	0,3	2,5		1,8
<b>Kivihilli</b>	<b>16,0</b>	16,0				
<b>Raskas polttoöljy</b>	<b>6,6</b>	4,6		1,0	1,0	

<b>Turve (Kirkinen et al. 2007)</b>	<b>9,4</b>	<b>8,4*</b>			<b>1,0</b>
<b>Maakaasu (CNG), liikennekäyttö</b>	<b>16,1</b>	<b>4,1</b>		<b>8,1</b>	<b>3,9</b>
<b>Moottoribensiini</b>	<b>13,8</b>	<b>4,6</b>		<b>1,0</b>	<b>7,0</b> <b>1,2</b>
<b>LNG, liikennekäyttö</b>	<b>19,4</b>	<b>4,0</b>	<b>6,2</b>	<b>4,8</b>	<b>4,4</b>

\*) Tuotantoalue ja -aumat

## 7. Lähteet

- Baltic Connector Oy. (ei pvm). Balticconnector. Helsinki: Baltic Connector. Haettu 2018 osoitteesta <http://balticconnector.fi/fi/projekti/>
- Bauer, C. (2008). Life Cycle Assessment of Fossil and and Biomass Power Chains. Villigen, Switzerland: Paul Scherrer Institut.
- Edwards, Robert 2018. Joint Research Centre, EU. Henkilökohtainen tiedonanto 6.6.2018.
- Energiavirasto. (ei pvm). Yleistä päästökaupasta. Helsinki: Energiavirasto. Haettu 2018
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY. (23.Huhtikuu 2009). Euroopan unionin virallinen lehti(140), s. L140/16. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=FI>
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/30/EY. (5.. Kesäkuu 2009). Euroopan unionin virallinen lehti(140), s. L140/88. Noudettu osoitteesta [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2009.140.01.0088.01.FIN&toc=OJ:L:2009:140:TOC#document1](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2009.140.01.0088.01.FIN&toc=OJ:L:2009:140:TOC#document1)
- Euroopan komissio 2017. Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi (uudelleenlaadittu toisinto). COM(2016) 767 final. Bryssel 23.2.2017. Noudettu osoitteesta [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0767R\(01\)&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0767R(01)&from=EN)
- Euroopan komissio. (2016). Clean Energy for All Europeans. Brussels: European Commission. Noudettu osoitteesta <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

- EXERGIA S.A. – E3M-Lab – COWI A/S, Members of COWI Consortium. (2015). Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas. Brussels, Belgium: DG Ener Work order: ENER/C2/2013-643, European Commission.
- Gasum, (2017). Vastuullisuutta koko toimitusketju huomioiden. Noudettu osoitteesta: <https://www.gasum.com/gasum-yrityksena/vastuullisuus/ymparisto/>
- Gasum Oy (2016). Gasum Yritysvastuu 2015. Noudettu osoitteesta: [https://www.gasum.com/globalassets/vastuullisuusraportointi/gasum\\_yvr15\\_fi\\_final\\_2015\\_aukeamat.pdf](https://www.gasum.com/globalassets/vastuullisuusraportointi/gasum_yvr15_fi_final_2015_aukeamat.pdf)
- Grönroos, J. S. (2013). Life-cycle climate impacts of peat fuel: calculation methods and methodological challenges. The International journal of life cycle assessment , 567-576.
- HS. (2018) Torniossa on ”iso termospullo”, johon säilötty –163-asteinen nesteytetty kaasu muuttaa koko energia-alaa <https://www.hs.fi/talous/art-2000005614474.html>
- IEA. (2011). World Energy Outlook 2011. Paris, France.: International Energy Agency.
- JEC - Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration. (2014). Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Well-to-Tank report, Version 4a. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport. Saatavissa: [https://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report\\_2014/wtt\\_appendix\\_4\\_v4a.pdf](https://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/files/documents/report_2014/wtt_appendix_4_v4a.pdf)
- JRC 2018a. Natural gas Mix. European Reference Database. European Joint Research Centre. Brussels: European Joint Research Centre. Haettu 2018 osoitteesta: <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/datasetdetail/process.xhtml?uuid=7eb4828f-3191-4a18-ae67-313c2052bea8&version=00.00.000&stock=default>
- JRC. 2018b. Heavy fuel oil at refinery. European Reference Database. European Joint Research Centre. Brussels: European Joint Research Centre. Haettu 2018 osoitteesta <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/datasetdetail/process.xhtml?uuid=cac750e6-f577-4e8b-af43-ae0000a55493&version=00.00.000&stock=default>
- JRC. 2018c. Light fuel oil at refinery. European Reference Database. European Joint Research Centre. Brussels: European Joint Research Centre. Haettu



2018 osoitteesta <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/datasetdetail/process.xhtml?uuid=5214312b-3726-4af4-b804-2b1556b94d54&version=00.00.000&stock=default>

JRC 2018d. Hard coal mix; technology mix; consumption mix, at consumer. European Reference Database. European Joint Research Centre. Brussels: European Joint Research Centre. Haettu 2018 osoitteesta <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/datasetdetail/process.xhtml?uuid=dff13196-75d9-4179-8b45-7b35891ac38e&version=00.00.000&stock=default>

Kirkinen, J. (2007). Climate impact of the use of peatland for energy - Land use scenario | Turvemaan energiakäytön ilmastovaikutus - Maankäyttö skenaario. Espoo: VTT Tiedotteita - Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. S. 23-24.

Koljonen, T. e. (2017). Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan vaikutusarviot. Helsinki: Valtion selvitys- ja tutkimustoiminta.

Lehtilä, A. (2018). Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Julkaisematon, laskennan pohjana käytetty Tilastokeskuksen tilastoja.

Lindroos, T.;& Ekholm, T. (2016). Taakanjakosektorin päästökehitys ja päästövähennystoimet vuoteen 2030. . Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy.

Littlefield, J.A., Marriott, J., Schivley, G.A. and Skone, T.J., 2017. Synthesis of recent ground-level methane emission measurements from the US natural gas supply chain. *Journal of cleaner production*, 148: 118-126.

Marcogaz 2018. Survey methane emissions for gas distribution in Europe. Marcogaz Technical Association of the European Natural Gas Industry. Update 2017. WG-ME-17-25. Technical Association of the European Natural Gas Producers. Saatavilla osoitteesta: <https://www.marcogaz.org/publications-1/>

Moro, A.;& Lonza, L. (2017). Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles. Transportation Research Part D: Transport and Environment. doi:10.1016/j.trd.2017.07.012

Motiva. (2010). Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet. . Helsinki: Motiva. Noudettu osoitteesta [https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden\\_lampoarvot\\_hyotysuhteet\\_ja\\_hiilidioksidin\\_ominaispaastokertoimet\\_seka\\_energianhinnat\\_19042010.pdf](https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf)

- O'Born, R. (2012). From Ground to Gate: A lifecycle assessment of petroleum processing activities in the United Kingdom. Trondheim: Norwegian University of Science and Technology. Noudettu osoitteesta <https://daim.idi.ntnu.no/masteroppgaver/007/7614/masteroppgave.pdf>
- OSW. (2012). The Lithuanian LNG terminal in Klaipeda is to be operational in 2014. Warszawa: The Centre for Eastern Studies (OSW).
- Pöyry Management Consulting. (2018). Kivihiilen käytön kieltämisen arviointi. Helsinki: TEM. Noudettu osoitteesta [http://tem.fi/documents/1410877/2132296/Selvitys\\_++Kivihiilen+kielt%C3%A4misen+vaikutukset/8fb510b4-cfa3-4d9f-a787-0a8a4ba23b5f/Selvitys\\_++Kivihiilen+kielt%C3%A4misen+vaikutukset.pdf](http://tem.fi/documents/1410877/2132296/Selvitys_++Kivihiilen+kielt%C3%A4misen+vaikutukset/8fb510b4-cfa3-4d9f-a787-0a8a4ba23b5f/Selvitys_++Kivihiilen+kielt%C3%A4misen+vaikutukset.pdf)
- Seppälä, J. G. (2010). Climate impacts of peat fuel utilization chains—a critical review of the Finnish and Swedish life cycle assessments. Helsinki : Suomen ympäristö 789, Suomen ympäristökeskus. S. 45-47.
- Simola, H.;& Solanko, L. (2017). Overview of Russia's oil and gas sector. Siirtymätalouksien tutkimuslaitos (BOFIT). Helsinki: Suomen Pankki. Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/bof/handle/123456789/14701>
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. (2017). LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. Espoo.
- TEM. (2016). Uusi energia- ja ilmastostrategia julkaistiin 24.11.2016. Noudettu osoitteesta : <http://tem.fi/strategia2016>.
- TEM. (2017). Lakiesitys: maakaasumarkkinat avataan kilpailulle vuonna 2020. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö.
- Tilastokeskus . (2018a). Energian loppukäyttö sektoreittain ehk\_010\_201700. Helsinki: Tilastokeskus. Haettu 2018 osoitteesta <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/>
- Tilastokeskus. (2018). Asumisen energiankulutus. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta <https://www.stat.fi/til/asen/kas.html>
- Tilastokeskus. (2018b). Energian hankinta ja kulutus. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta <https://www.stat.fi/til/ehk/kas.html>
- Tilastokeskus. (2018c). Kaukolämmön tuotanto ja kulutus. ehk\_012\_201600. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta

[http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ene\\_\\_ehk/stat-fin\\_ene\\_012\\_fi.px/?rxid=be93df7c-bc87-42c2-8bd5-c4da3920f12d](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/stat-fin_ene_012_fi.px/?rxid=be93df7c-bc87-42c2-8bd5-c4da3920f12d)

Tilastokeskus. (2018d). Tilojen lämmitysenergian kulutus asen\_001\_201600. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/>

Tilastokeskus. (2018f). Energian tuonti ja vienti alkuperämittain. ehk\_004\_201704. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ene\\_\\_ehk/stat-fin\\_ene\\_004\\_fi.px/?rxid=6805eca8-2348-4fc8-9c62-f80385fa83ed](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/stat-fin_ene_004_fi.px/?rxid=6805eca8-2348-4fc8-9c62-f80385fa83ed)

Tilastokeskus. (2018g). Energian kokonaiskulutus lähteittäin (yksityiskohtaisesti). ehk\_002\_201700. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ene\\_\\_ehk/stat-fin\\_ene\\_002.px/?rxid=6805eca8-2348-4fc8-9c62-f80385fa83ed](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__ehk/stat-fin_ene_002.px/?rxid=6805eca8-2348-4fc8-9c62-f80385fa83ed)

Tilastokeskus. (2018h). Polttoaineluokitus 2018. Helsinki: Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta [https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus.html](https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html)

Tong, F., Jaramillo, P. and Azevedo, I.M., 2015. Comparison of life cycle greenhouse gases from natural gas pathways for medium and heavy-duty vehicles. *Environmental science & technology*, 49(12): 7123-7133, supporting information.

Valtioneuvosto. (2018). Ministeri Tiilikainen: Kivihiilen kieltäminen 2029 – kannustepaketti nopeille luopujille. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö.

Väisänen, S. E. (2013). Peat Production in High-Emission Level Peatlands—A Key to Reducing Climatic Impacts?. *Energy & Environment*, 24(5): 757-778.

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230. Available at: <<http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>>

YLE. (2017). Pohjois-Suomi siirtyi maakaasu-aikaan – Pohjoismaiden suurinta LNG-termiinaalia on ryhdytty täyttämään Torniossa. Helsinki: YLE. Noudettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-9938693>

YLE. (2018). KHO hylkäsi kansalaisten valituksen: Rauman satamaan saa rakentaa LNG-termiinaalin. Helsinki: YLE. Noudettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-10158418>

YM. (2018). Kohti ilmastoviisasta arkea - keskipitkän aikavälin ilmastopoliitiikan suunnitelma vuoteen 2030. <http://www.ym.fi/Ilmastosuunnitelma2030>

Öljyalan palvelukeskus Oy. (26. 04 2018). Noudettu osoitteesta Öljytuotteiden vienti: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-3-suomen-oljymarkkinat/33-oljytuotteiden-vienti>

Nimeke	<b>Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt</b>
Tekijä(t)	Laura Sokka Suvisanna Correia & Tiina Koljonen
Tiivistelmä	<p>Tämän raportin tavoitteena on selvittää lämmityspolttoaineiden verotuksen kehittämiseksi, millaiset elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt voitaisiin määrittää kevyen ja raskaan polttoöljyn, nestekaasun, kivihiilen, maakaasun sekä turpeen tuotannolle, käsittäen polttoaineiden tuotannon ja jalostuksen louhinnasta voimalaitokselle asti. Liikenteessä käytettävien biopolttoaineiden ja bionesteiden tulee EU:n uusiutuvan energian direktiivin mukaan täyttää niin sanotut kestävyyskriteerit. Liikennepolttoaineiden hiilidioksidiveron laskentaperusteissa myös fossiilisen moottoribensiinin ja dieselöljyn hiilidioksidipäästöissä otetaan huomioon polttoaineen elinkaarenaikainen keskimääräinen kasvihuonekaasupäästö EU:n komission vaatimusten mukaisesti. Tällä fossiilisten ja bioperäisten liikennepolttoaineiden veroperusteet on saatettu yhdenmukaiseksi, jotta vältetään verotukseen liittyvät valtiontukiongelmat.</p> <p>Tällä hetkellä kevyestä ja raskaasta polttoöljystä sekä kivihiilestä, nestekaasusta ja maakaasusta kannetaan niiden lämpöarvon perusteella määräytyvää energiasäätöveroä sekä poltosta syntyvän hiilidioksidipäästön perusteella määräytyvää hiilidioksidiveroa. Yhdistetyssä sähkön ja lämmön tuotannossa verotetaan vain hyötylämmön tuottamiseen käytettyjä polttoaineita, minkä lisäksi lämmön tuotantoon käytettyjen polttoaineiden hiilidioksidivero on puolitettu. Lämmityksessä käytettyjen polttoaineiden tuotannon elinkaarisia kasvihuonekaasuja ei huomioida verotuksessa ja lämmityspolttoaineiden verokohtelu poikkeaa siis liikenteessä käytettyjen polttoaineiden verokohtelusta.</p> <p>Polttoaineiden tuotantoketjujen päästöissä esiintyy hyvin paljon vaihtelua riippuen esimerkiksi energian tuotannossa käytetyistä polttoaineista ja teknologioista, sekä kuljetusmatkoista ja -tavoista. Yhden kattavan päästöluvun määrittäminen onkin siksi lähes mahdotonta. Jotta päästöluvuista saataisiin mahdollisimman edustavia juuri suomalaisille polttoaineille, olisi tehtävä laaja elinkaariarviointi, jossa tarkasteltaisiin useita eri alkuperäisiä ja erilaisia polttoaineiden tuotantoteknologioita ja näiden epävarmuuksia.</p> <p>Jos yksittäiset päästöluvut edellä mainituista ongelmista huolimatta halutaan tai joudutaan valitsemaan, on suositeltavaa käyttää lähdeä, joka on mahdollisimman kattava sekä ennen kaikkea edustaa tieteellisesti tehtyä, läpinäkyvää, ja ulkopuolisen arvioimaan tietoa. Tämän raportin kirjoittajat ovat arvioineet nämä kriteerit riittävällä tasolla täyttäväksi EU:n yhteisen tutkimuslaitoksen (Joint Research Centre, JRC) toimeksiannosta tehdyn Well-to-Tank -tutkimuksen, joka on laaja-alainen ja tieteellisesti tehty, kattaa turvetta lukuun ottamatta kaikki tässä työssä tarkastellut polttoaineet ja jota on myös käytetty EU:n energia- ja ympäris-töpolitiikan pohjana. On kuitenkin syytä huomata, että erityisesti maakaasun ja raskaan polttoöljyn kohdalla Well-to-Tank-tutkimuksen luvut ovat alhaisempia, ja dieselin osalta korkeampia suhteessa muihin kirjallisuudessa esitettyihin arvoihin. Koska turve ei sisälly JRC:n tutkimukseen, suositellaan turpeen tuotannon päästöjen osalta viittaamaan Kirkinen ym. (2007) työhön, joka on laajasti siteerattu ja muissa tutkimuksissa kriittisesti arvioitu.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8664-6 (URL: <a href="http://www.vtt.fi/julkaisut">http://www.vtt.fi/julkaisut</a> ) ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu) <a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8664-6">http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8664-6</a>
Julkaisu aika	Syyskuu 2018
Kieli	Suomi
Sivumäärä	50 s. + liitt. 0 s.
Projektin nimi	
Rahoittajat	
Avainsanat	Elinkaariarviointi, lämmityspolttoaineet, kasvihuonekaasupäästöt
Julkaisija	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111



## Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt

Tämän raportin tavoitteena on selvittää lämmityspolttoaineiden verotuksen kehittämiseksi, millaiset elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt voitaisiin määrittää kevyen ja raskaan polttoöljyn, nestekaasun, kivihiilen, maakaasun sekä turpeen tuotannolle, käsittäen polttoaineiden tuotannon ja jalostuksen louhinnasta voimalaitokselle asti. Raportissa esitetään tarkasteltujen polttoaineiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöt käytettyjen lähteiden perusteella sekä verrataan niitä poltosta aiheutuviin päästöihin. Lisäksi raportissa käsitellään lämmitysenergian käyttöä Suomessa, käytettyjen polttoaineiden alkuperää sekä lämmöntuotannosta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä ja tarkastellaan myös lämmityspolttoaineiden käytön tulevaa kehitystä.

ISBN 978-951-38-8664-6 (URL: <http://www.vtt.fi/julkaisut>)  
ISSN-L 2242-1211  
ISSN 2242-122X (Verkkójulkaisu)  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8664-6>