



Metaanipäästöt

Suomen Kaasuyhdistys ry

2020

Sisällys

1. Metaani kasvihuonekaasuna
2. Mittaus
3. Maakaasun tuotanto ja siirto
4. Biokaasu
5. Meri- ja tieliikenne
6. EU:n metaanistrategia

1. Metaani kasvihuonekaasuna

Metaani kasvihuonekaasuna

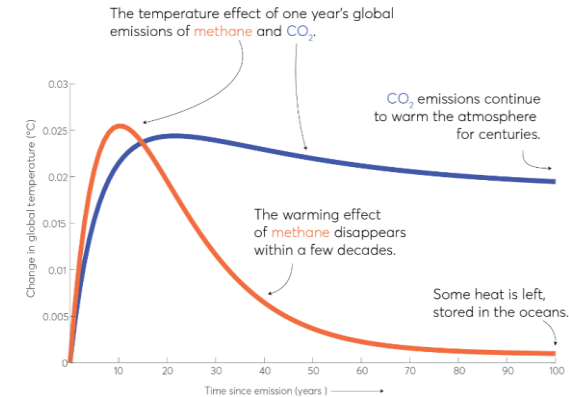
Metaani on voimakas kasvihuonekaasu lyhyellä aikavälillä (0-30 vuotta), mutta vaikutus pienenee pitkällä aikavälillä. Tätä vaikutusta kuvataan antamalla metaanille lämmityskertoimet 20 (GWP20) ja 100 (GWP100) vuoden aikaväleillä (GWP, global warming potential).

Metaani on 28 (GWP100) tai 84 (GWP20) kertaa hiilidioksidia voimakkaampi kasvihuonekaasu.

Nyt regulaatio ja yritysten raportointi perustuu GWP100 – kertoimeen. Uutisointia seurattaessa tulee huomata kumpaa kerrointa on käytetty.

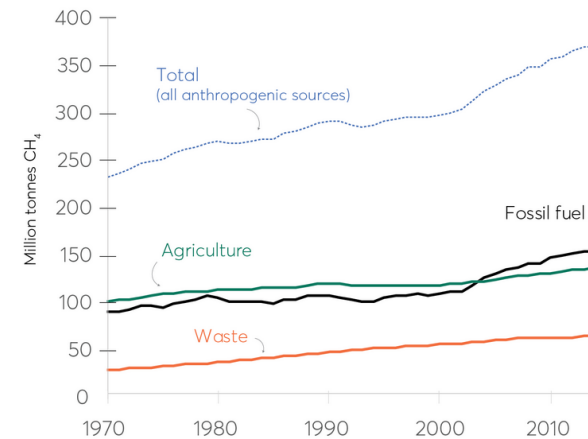
Metaanin määrä ilmakehässä on kasvanut tasaisesti, lukuun ottamatta 2000-luvun ensimmäistä vuosikymmentä.

Warming from methane decreases sharply after ten years.



Source: Community Emissions Data System (CEDs) / Bongar Aamaas, CICERO www.cicero.oslo.no

Annual anthropogenic methane emissions 1970-2014



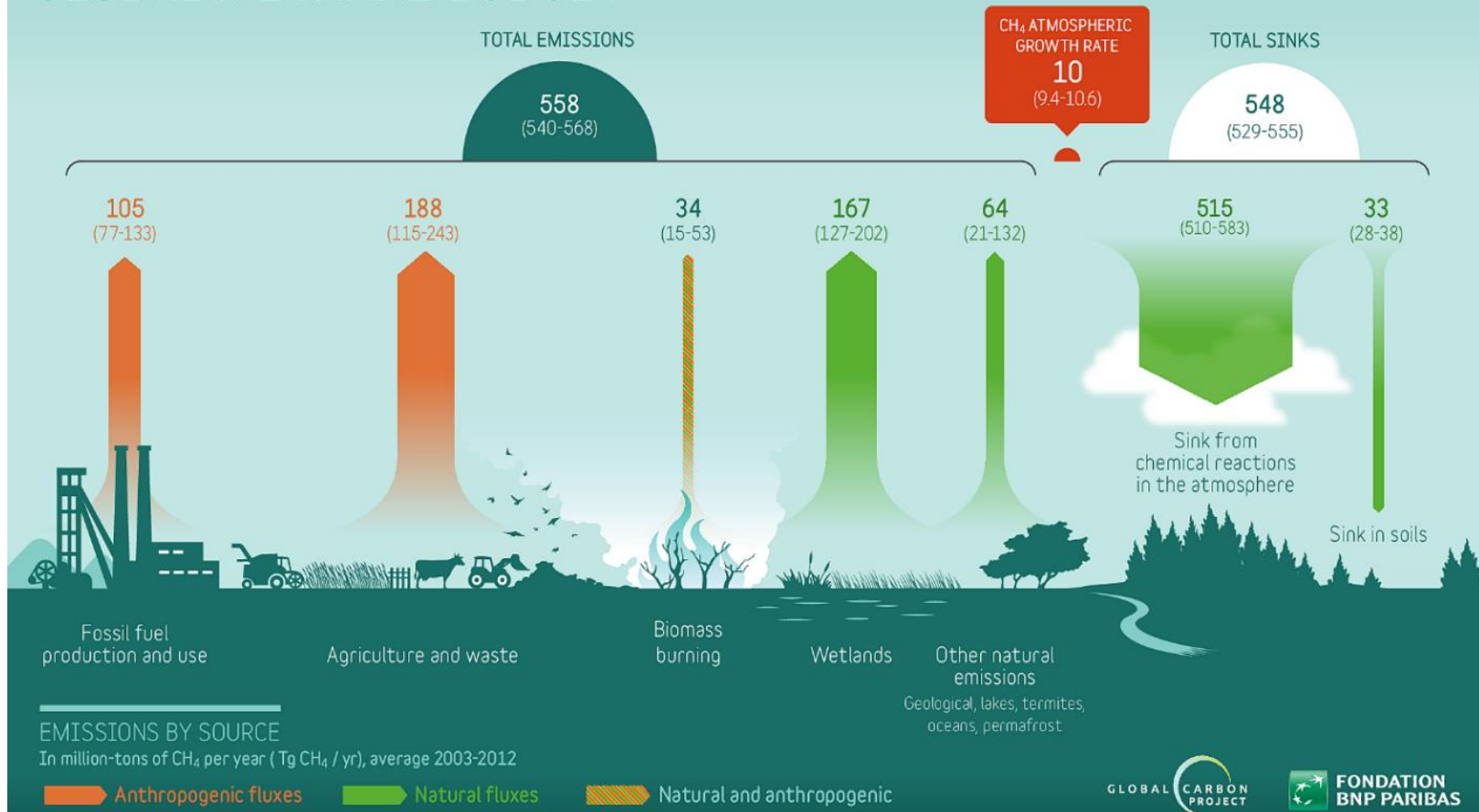
Source: Community Emissions Data System (CEDs) / Ragnhild Bieltvedt Skeie, CICERO

www.cicero.oslo.no

GLOBAL METHANE BUDGET



Global Carbon Project



Metaani on peräisin biologisista tai fossiilisista lähteistä. Osa metaanipäästöistä on peräisin luonnosta ja osa on ihmisen toiminnasta johtuvaa.

Sekä biologisperäinen että fossiilinen metaani lisääntyy ilmakehässä.¹

Pääasiallisia biologisia metaanilähteitä ovat maatalous, orgaaniset jätteet, maankäytön muutokset ja maastopalot, biomassan poltto, suoalueet sekä arktisille alueille sitoutunut metaani.

Fossiilinen metaani on peräisin hiilen-, öljyn- ja kaasunsektoreilta, noin kolmasosa kultakin.² Tärkeimpiä fossiilisen metaanin metaanipäästölähteitä ovat hiilikaivokset, puutteellisesti suljetut käytöstä poistetut maakaasun porauskaivot sekä huonokuntoiset maakaasun jakeluverkot.

Metaanipäästöt Euroopassa

EU:ssa metaanipäästöjä syntyy pääasiassa maataloudessa ja jätteiden käsittelyssä.

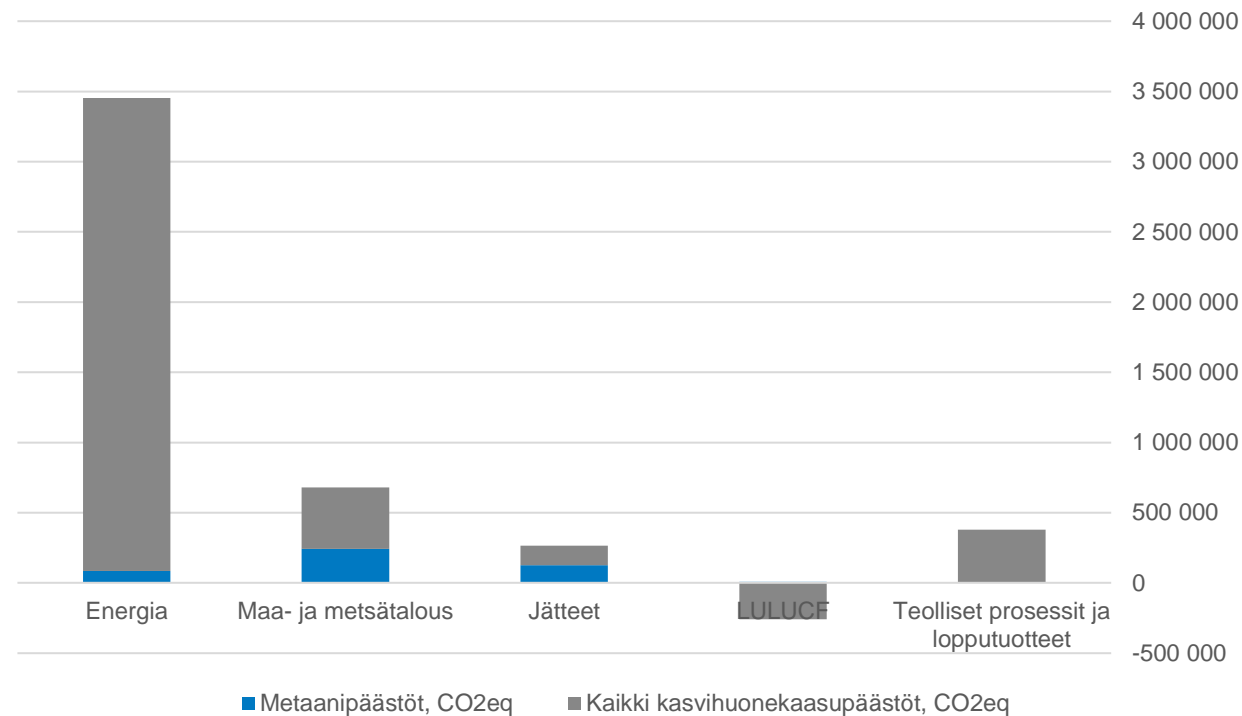
Maataloudessa (52 % EU:n metaanipäästöistä) päästöjä syntyy karjan ruuansulatuksessa ja orgaanisen jätteen käsittelyssä. Biokaasu on avainteknologia maatalouden metaanipäästöjen torjunnassa.

Jätteiden käsittelyssä (27 %) syntyvä metaani on peräisin orgaanisen jätteen hajoamisesta käytössä olevilla tai käytöstä poistetuilla kaatopaikoilla. Metaanipäästöjä voidaan vähentää keräämällä kaatopaikkakaasua jätepenkkaan asennetuilla imuputkistoilla.

Energiasektorin (18 %) metaanipäästöt muodostavat 2,5 % energiasektorin kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Metaanipäästöissä huomioidaan koko tuotantoketjun päästöt, myös Euroopan ulkopuolelta.

Maankäyttösektorilla muodostuu 1,7 % metaanipäästöistä, mutta sektori toimii myös nieluna.

Teollisuudessa (0,3 %) metaanipäästöjä tapahtuu erittäin vähän.



Euroopan Unioni EU-28 2017	Kaikki GHG-päästöt CO ₂ eq	Metaanipäästöt CO ₂ eq	Metaanipäästöt CH ₄
Yhteensä	4 066 794	461 437	18 457
Energia	3 367 824	85 009	3 400
Maa- ja metsätalous	438 994	241 592	9 664
Jätteet	138 866	125 236	5 010
LULUCF	-258 074	8 015	321
Teolliset prosessit ja lopputuotteet	377 478	1 585	63

2. Mittaus

Operated by
Lawson
Environmental
Health Division

Air Quality
Monitoring
Station

Department of the Environment

Rendel
Health Division & Environment
Lawson Environmental Health Division



Mittaus

Metaanipäästöjä mitataan maan pinnalta pistemittauksena (bottom-up), tai lentokoneesta tai muulta korkealta paikalta otettuna mittauksena (top-down).

Pistemittauksen heikkoutena ovat päästölähteet, jotka sijaitsevat kaukana mittauspisteistä, ja jäävät näin huomioimatta.

Korkealta paikalta otetussa mittauksessa saadaan metaanin alueellinen määrä, mutta päästölähde saattaa jäädä epäselväksi (kaatopaikka, jätevedenpuhdistamo, ym.).

Näitä täydentämään on tullut viime aikoina satelliittimittaus.

Yhdysvaltain avaruushallinto NASA:lla on tarkka Kalifornian kattava [metaanikartoitustyökalu](#), joka yhdistää eri mittaustapoja.



Mittaustekniikan merkitys

Kehittyvä mittaus lisää tietoa vuodoista. Metaanivuotojen korjaus alkaa niiden havainnoinnista.

Samalla avoimuus lisääntyy. Avoin satelliittidata tarjoaa tietoa metaanipäästöistä myös maissa, joissa regulaatio on heikkoa, ja ympäristöön ja turvallisuuteen liittyvät käytännöt löyhiä.

Satelliittidatan avulla voidaan jo nykyään selvittää todelliset päästömäärät tietystä tuotantolähteestä tai logistiikkaketjusta.

Satelliittien resoluution parantuessa pystytään tunnistamaan yhä pienempiä päästölähteitä.

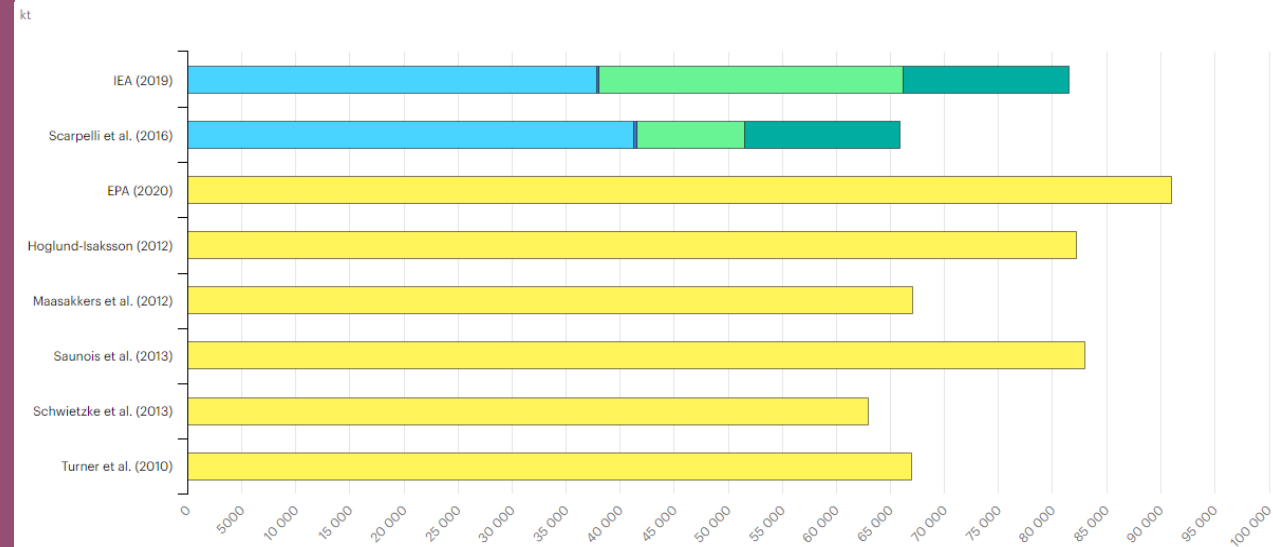
Globaalit metaanipäästöt öljy- ja kaasusektorilta

Maakaasu

upstream (tuotanto ja prosessointi)
downstream (siirto ja käyttö)

Öljy (upstream)

Öljy- ja kaasu yhteensä



Super-emitters

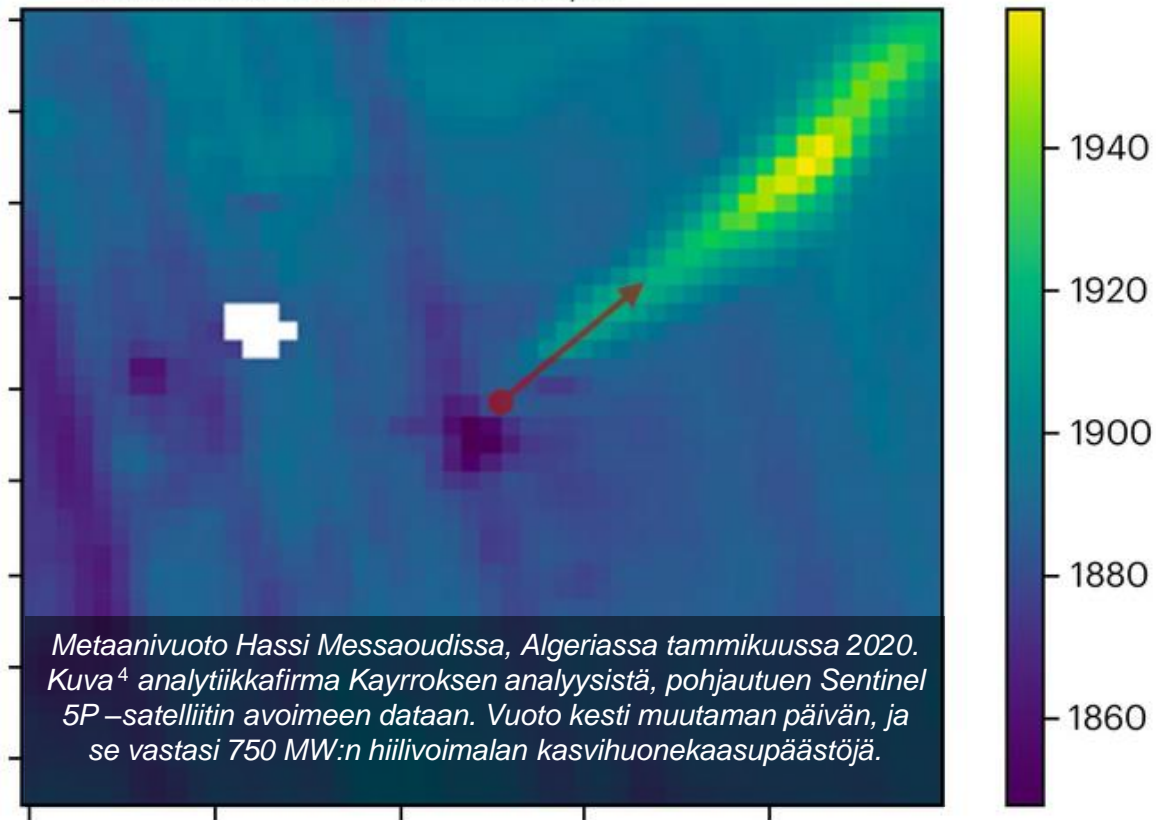
Satelliittimittaus on avainasemassa ns. superpäästäjien (engl. super-emitter) tunnistamisessa.

5 / 50 sääntö: 5 % päästölähteistä aiheuttaa 50 % vuodoista

Massiiviset päästöt ovat yleensä jaksoittaisia. Ne voivat johtua vikatilanteesta tai rikkoutumisesta, joka korjataan kun se havaitaan.

Maailmalla on joka hetki noin sata super-emitteriä. Euroopassa näitä ei ole tunnistettu.⁵

4 Jan 2020 - Estimated rate 91/th



3. Maakaasun tuotanto ja siirto



Eurooppaan tuotava maakaasu

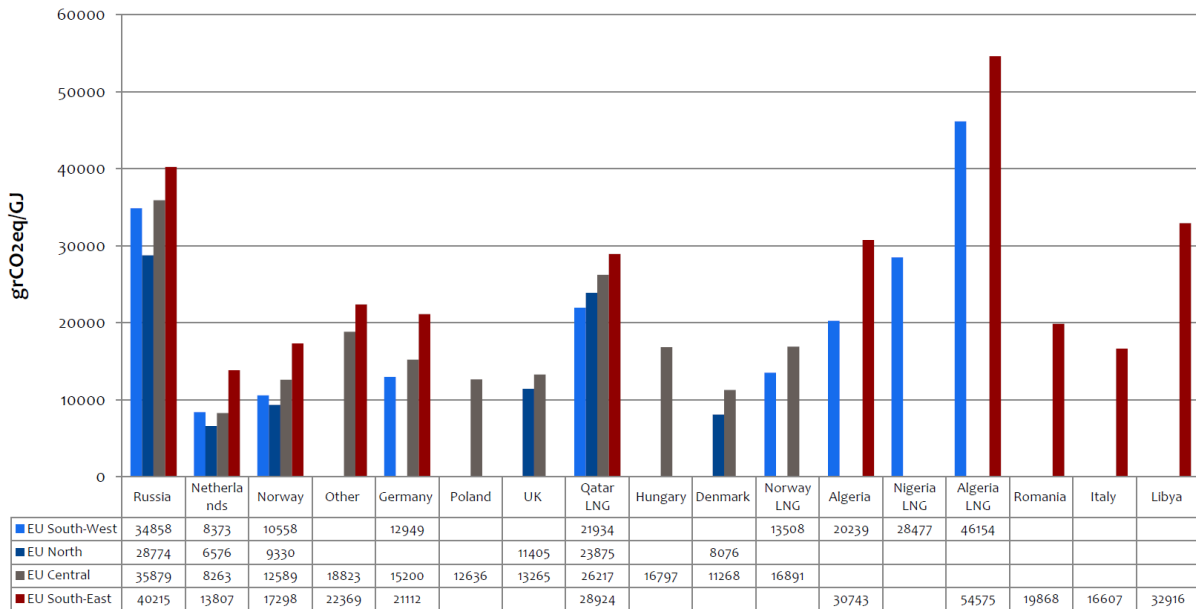
Maakaasun elinkaaripäästöissä alkuperällä ja logistiikalla on suuri osuus.

Alkuperämaiden regulaatiossa ja käytännöissä on merkittäviä eroja. Euroopassa regulaatio on vahvaa, ja se näkyy Euroopassa tuotetun maakaasun alhaisina elinkaaripäästöinä. Myös lyhyet siirtoyhteydet vaikuttavat.

Oheinen kaavio kuvaa Eurooppaan tuotavan maakaasun tuotannon ja siirtologistiikan päästöjä. Huomionarvoista kaaviossa on Qatarin suhteellisen matalat ja Algerian korkeat päästöt. Qatarissa kaasua siirretään putkessa vain lyhyen matkaa tuotantoalueilta nesteytyslaitoksille, ja käytäntöjä valvotaan tarkasti. Algeriassa regulaatio on heikkoa, maan kaasuinfra on huonossa kunnossa, ja siksi maasta tuotavalla nesteytetyllä maakaasulla on suurimmat elinkaaripäästöt EU:ssa.

Venäjän päästöt ovat odotetulla tasolla huomioiden pitkät siirtoyhteydet Siperiasta.

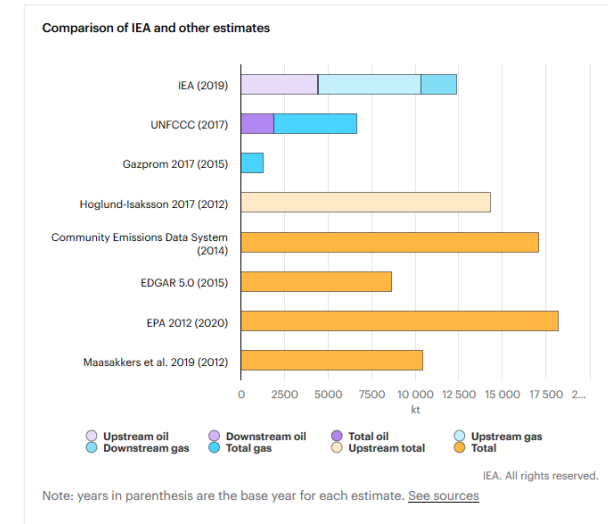
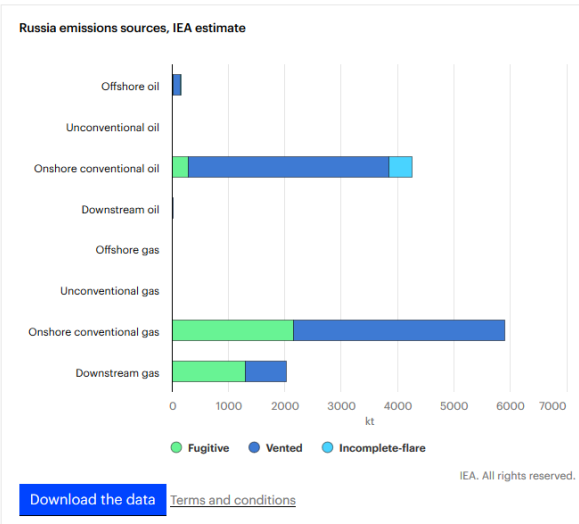
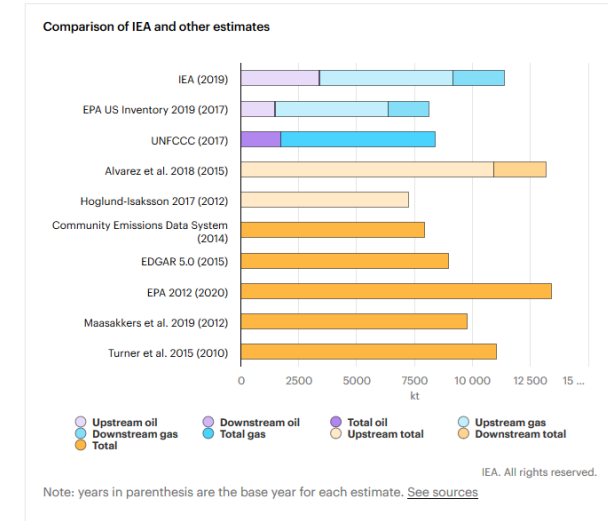
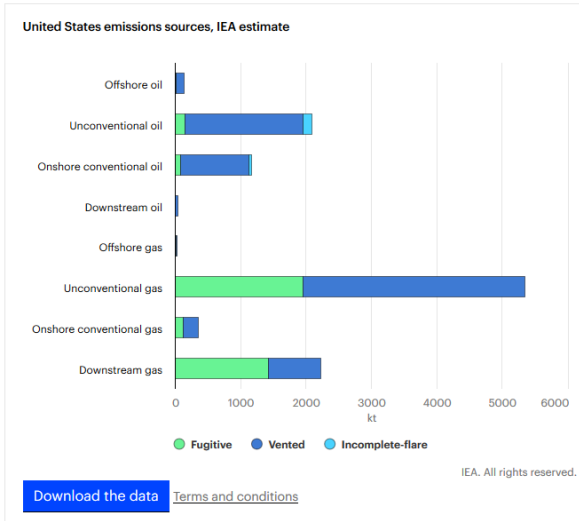
CNG Streams



USA ja Venäjä

Maailman kahdella suurimmalla kaasuntuottajalla on parantamisen varaa. Uusimmissa arvioissa on havaittu, että näiden maiden metaanipäästöt ovat aiempaa raportoitua korkeammat.

Huomionarvoista molemmissa maissa on ulospuhalletun/soihdutetun metaanin määrä sekä kaasun että öljyn tuotannossa. Maat voisivat laskea päästöistään suurimman osan, jos tämä kaasu kerättäisiin talteen ja hyödynnettäisiin.



Jakeluverkot

Kaupunkiin alettiin rakentaa kaasuverkkoja 1800-luvulla, jolloin kaasu oli vety- ja häkäpitoista kaupunkikaasua (town gas, producer gas, manufactured gas). Putkien materiaaleina käytettiin valurautaputkea ja tiivisteinä hamppuköyttä. Kaupunkikaasun sisältämä kosteus tiivistyi putket. Osa kaupunkien jakeluputkistoista on yhä tätä vanhaa rauta- tai teräsputkea.

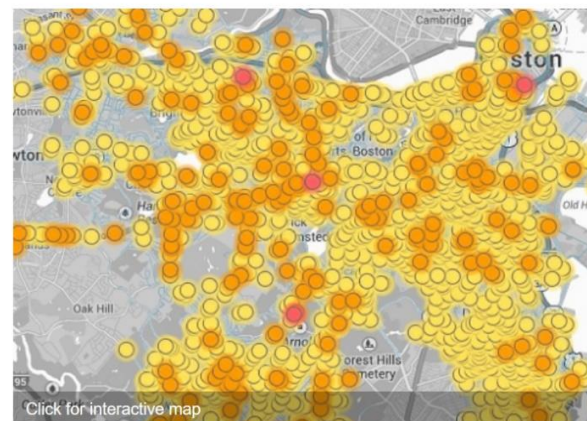
1960-luvulta lähtien putkia on alettu valmistaa polyeteenistä (PE), joiden liitokset voidaan tehdä huomattavasti tiiviimmiksi.

Jakeluputkistoja ja niiden uusimista on tehty eri tahtiin eri maissa ja kaupungeissa, jonka vuoksi metaanivuodoissa on eroja.

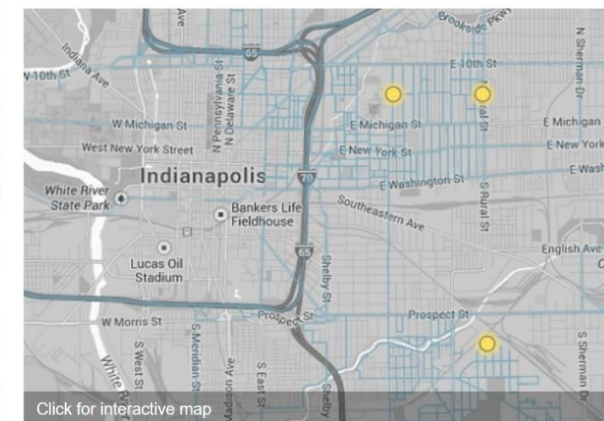
Oikealla on kaksi kuvaa metaanihavainnoista kaupunki-infrassa. Metaani on mitattu Googlen kuvantamisauton asennetulla mittarilla.

Suomen 2000 km jakeluputkistosta vanhaa valurauta- ja teräsputkistoa on jäljellä yhteensä alle 20 km.

Boston: Older pipes, more leaks



Indianapolis: Newer pipes, fewer leaks



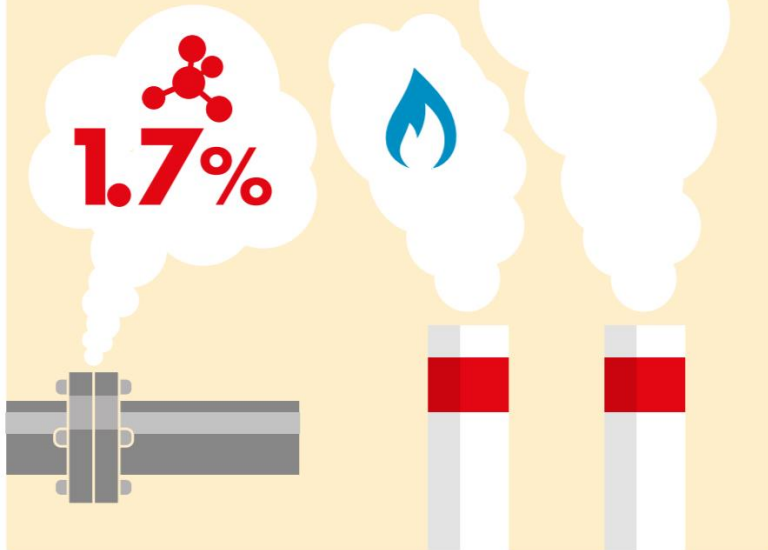
IMPACT ON GLOBAL WARMING

Greenhouse gas emissions from natural gas are lower than coal in electricity generation up to a methane leakage rate of 3.5% when measured over 20 years. This jumps to 7.5% over 100 years.



Today, the IEA estimates that natural gas operations have an average **methane leakage rate of 1.7%**

At this rate, natural gas emits between 45% and 55% lower greenhouse gas emissions than coal.



SHELL TARGET **0.2 BY 2025**

Shell has announced a target to maintain methane emissions intensity **below 0.2% by 2025**. This target covers all oil and gas assets for which Shell is the operator.

Kuinka vähän on riittävän vähän?

Nykyinen maakaasun arvoketjujen metaanivuotojen globaali keskiarvo on 1,7 %. Erot eri maiden ja yritysten välillä ovat kuitenkin suuria.

Yritykset jotka ovat aktiivisesti lähteneet rajoittamaan metaanipäästöjä, ovat asettaneet raja-arvoksi 0,2 % vuoteen 2025 mennessä, kattaen upstream-metaanipäästöt (tuotanto ja siirto).

4. Biokaasu



Biokaasusektori

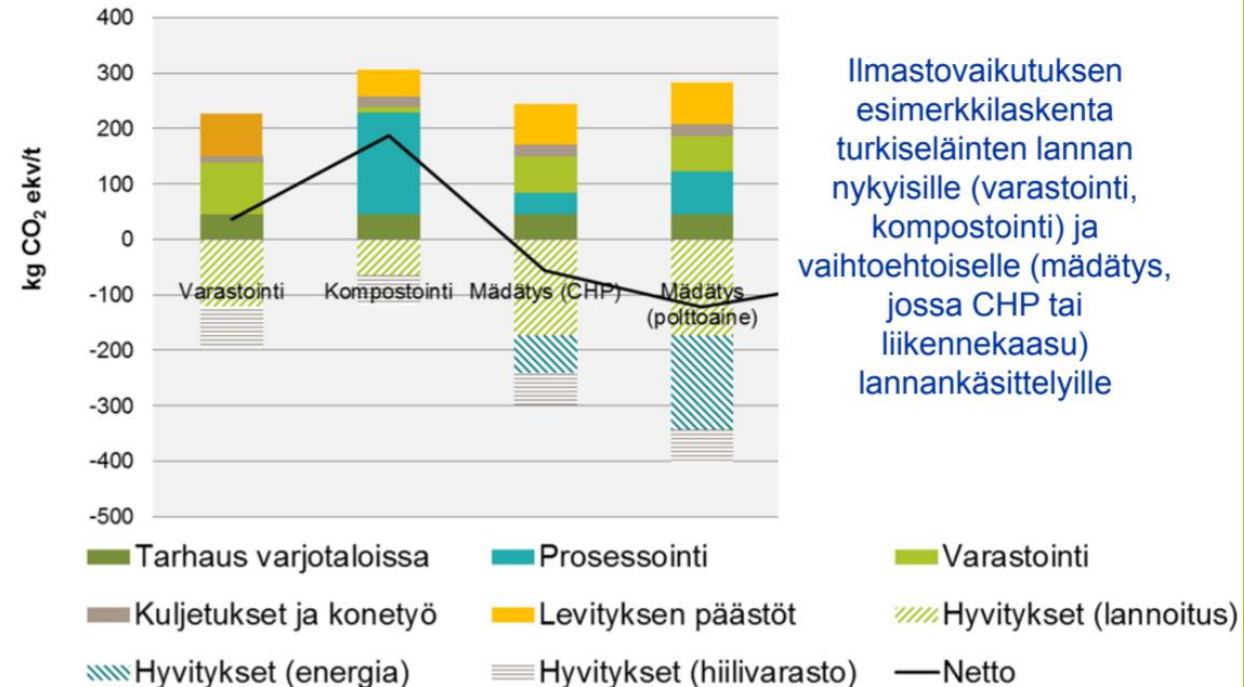
Biokaasun pääkomponentti on metaani. Puhdistamalla biokaasusta saadaan maakaasua vastaavaa biometaanina.

Biokaasulaitoksilla metaanipäästöjä voi tapahtua:

- Syötteen varastoinnissa
- Mädätteen jatkokäsittelyssä
- Laitosprosesseissa, kuten puhdistuksessa ja jalostuksessa tai soihduttamisessa

Biokaasun päästörajaus on kuitenkin hankalaa; huomioidaanko päästötaseeseen korvattu energia, korvatut lannoitteet, tai toiseelta biokaasun syötteen kasvattamiseen tarkoitettu lannoite.

Oheisessa kuvassa on tarkasteltu ilmastopäästöjä eri vaihtoehdoille turkiseläinten lannan käsittelylle.



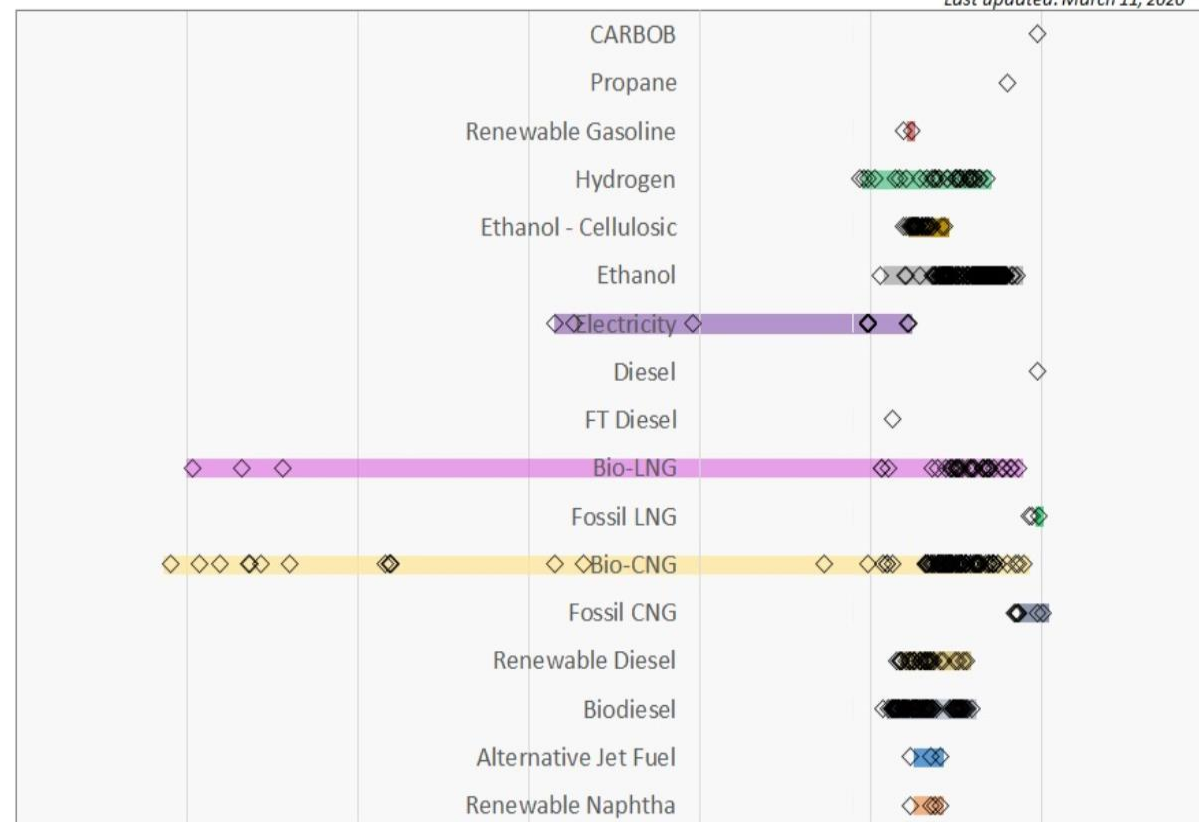
Biokaasusektori

Biokaasun elinkaaripäästöissä on suurta hajontaa. Viljelykasveista tehty biokaasu on usein vain hieman parempi ilmastomielessä kuin fossiilinen vaihtoehto. Toisaalta esimerkiksi kaatopaikalta kerätty biokaasu, jolla korvataan fossiilisia, on erittäin ilmastoystävällinen ratkaisu.

Oheisessa kuvassa vertaillaan erilaisia puhtaita käyttövoimia liikenteessä, perustuen Kaliforniassa käytössä oleviin laskentatapoihin.

Carbon Intensity Values of Current Certified Pathways (2020)

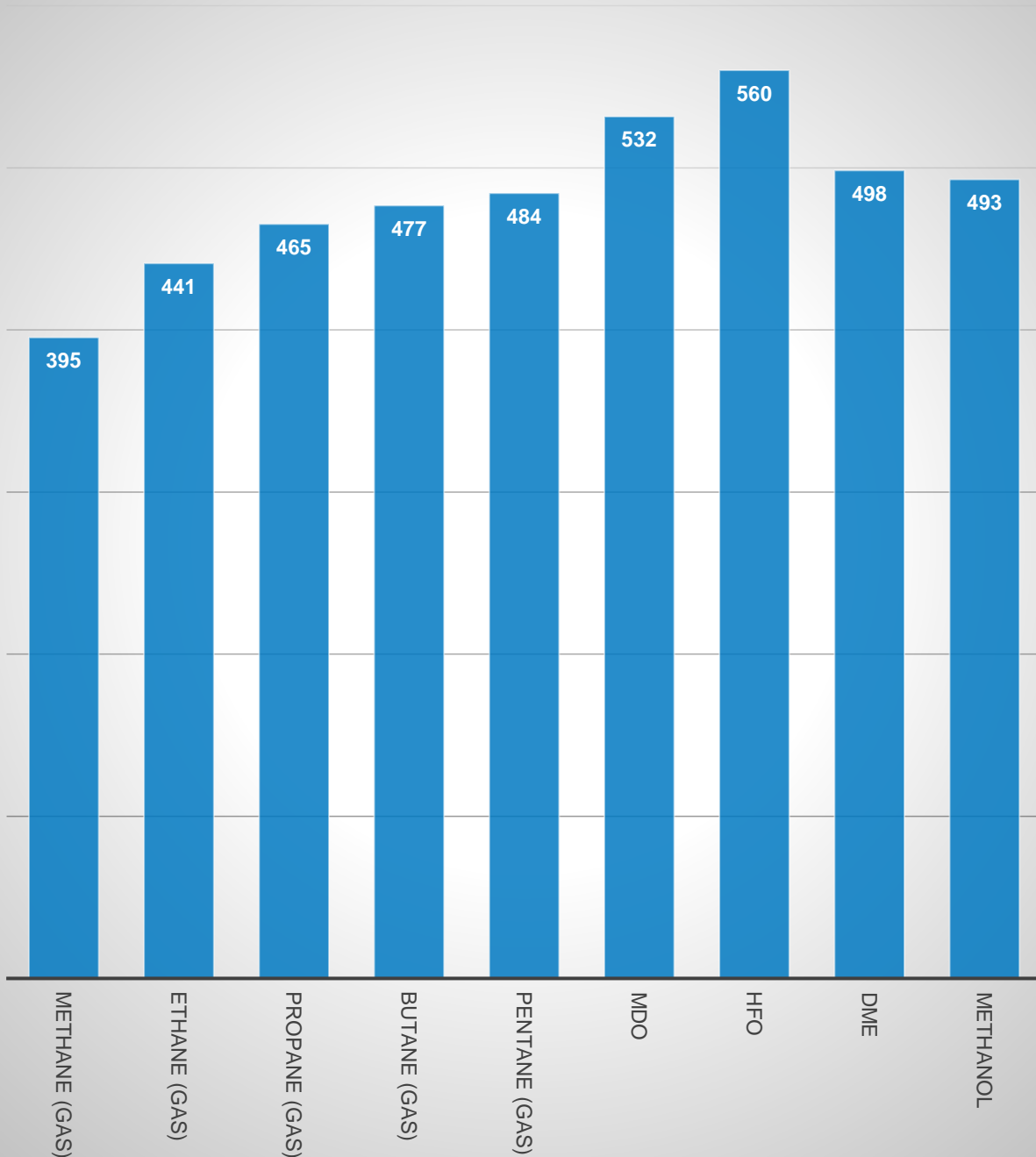
Last updated: March 11, 2020



An aerial, high-angle photograph of a port at night. The scene is dominated by a massive stack of colorful shipping containers in shades of red, blue, green, and white, arranged in neat rows. Several large cargo ships are docked at the pier, their decks illuminated by bright lights. The water is dark, and the sky is a deep blue. The overall atmosphere is one of intense industrial activity.

5. Meri- ja tieliikenne

CO2 emissions @ 50% efficiency

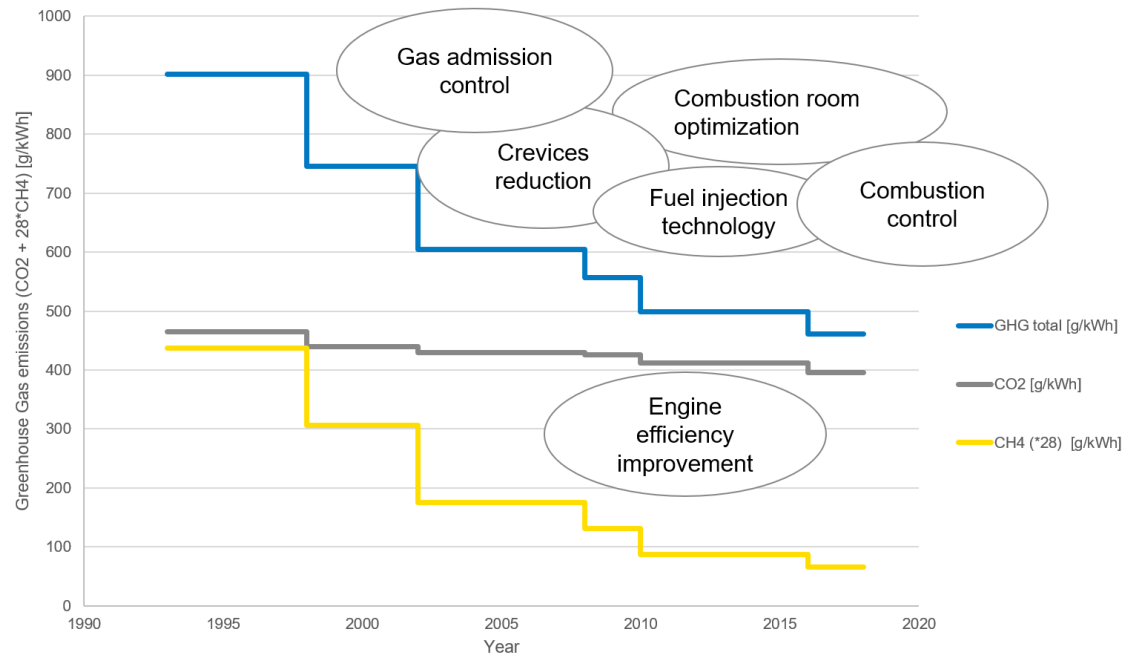


Meriliikennepolttoaineet

Metaani aiheuttaa selvästi vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin muut meriliikennepolttoaineet. Jos metaanipäästöt pystytään pitämään samalla kurissa, maakaasua käyttävällä moottorilla on potentiaalia matalampiin päästöihin.

GHG emissions development 1993-2018

Example on Greenhouse Gas emissions 1993-2018



Moottoreiden kehitys

Laivamoottoreissa on tapahtunut kehitystä sekä metaanipäästöjen, että energiatehokkuuden osalta. Nykyään Wärtsilän kaasukäyttöinen laivamoottori aiheuttaa noin puolet ilmastopäästöjä verrattuna 90-luvun puolivälissä valmistettuun moottoriin.

Metaanin vähentämisessä on otettu käyttöön useita teknologioita, jotka ovat vähentäneet metaanipäästöjä huomattavasti.

Samalla moottoreiden energiatehokkuus on parantunut.

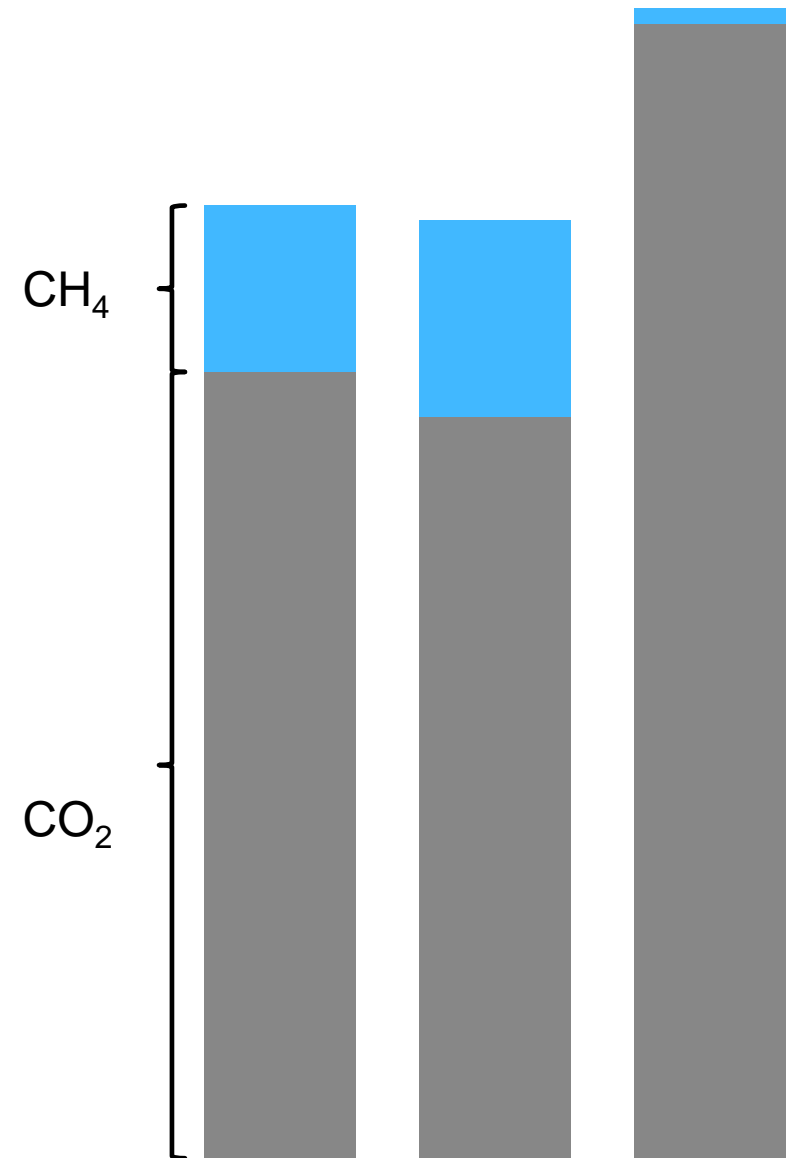
Kannattaako moottorien metaanipäästöjä säännellä?

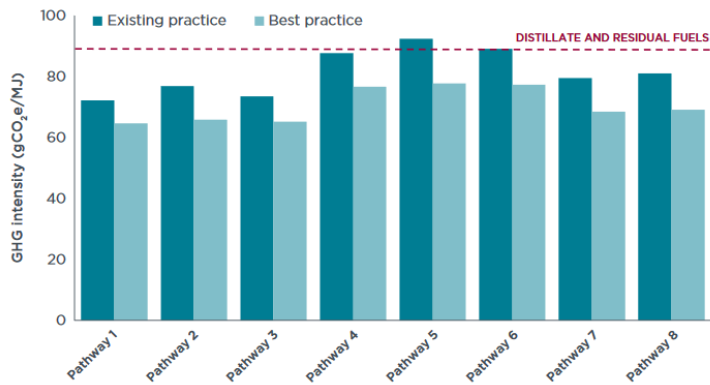
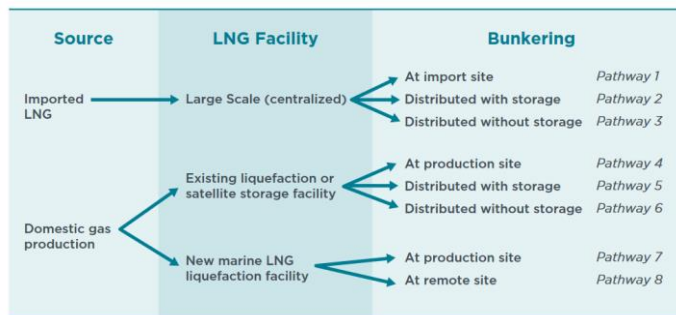
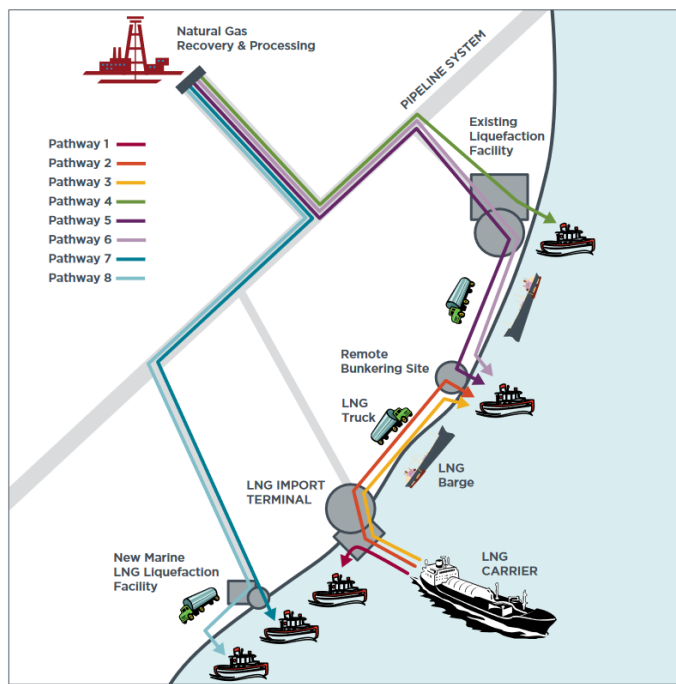
Metaania tärkeämpää on pyrkiä vähentämään ilmastopäästöjä kokonaisuudessaan. Viereisessä kuvaajassa on kolme esimerkkiä:

Vasemmanpuolisessa palkissa moottorista pääsee tietty määrä metaania. Suurin osa päästöistä on hiilidioksidia.

Keskimmäisessä palkissa moottoria on kehitetty; energiatehokkuus on parantunut, mutta samalla metaanipäästö on hieman lisääntynyt. Kokonaispäästöt ovat kuitenkin laskeneet.

Oikeanpuoleisessa palkissa metaanipäästön määrä on erittäin matala, mutta kokonaispäästöt ovat huomattavasti korkeammat.





Meriliikenteen päästöt

LNG:n käyttö meriliikenteessä kasvaa kiihtyvällä tahdilla. Tässä on taustalla IMO:n päästörajat rikille (SECA) ja typelle (NECA), sekä kaasun parantunut kilpailukyky polttonesteisiin verrattuna.

Nesteytetyllä maakaasulla kulkevia laivoja rakennetaan niiden alhaisempien lähi- ja ilmastopäästöjen vuoksi. Kaasuun perustuvan meriliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen osalta keskeistä on, kuinka metaanivuotoja hallitaan.

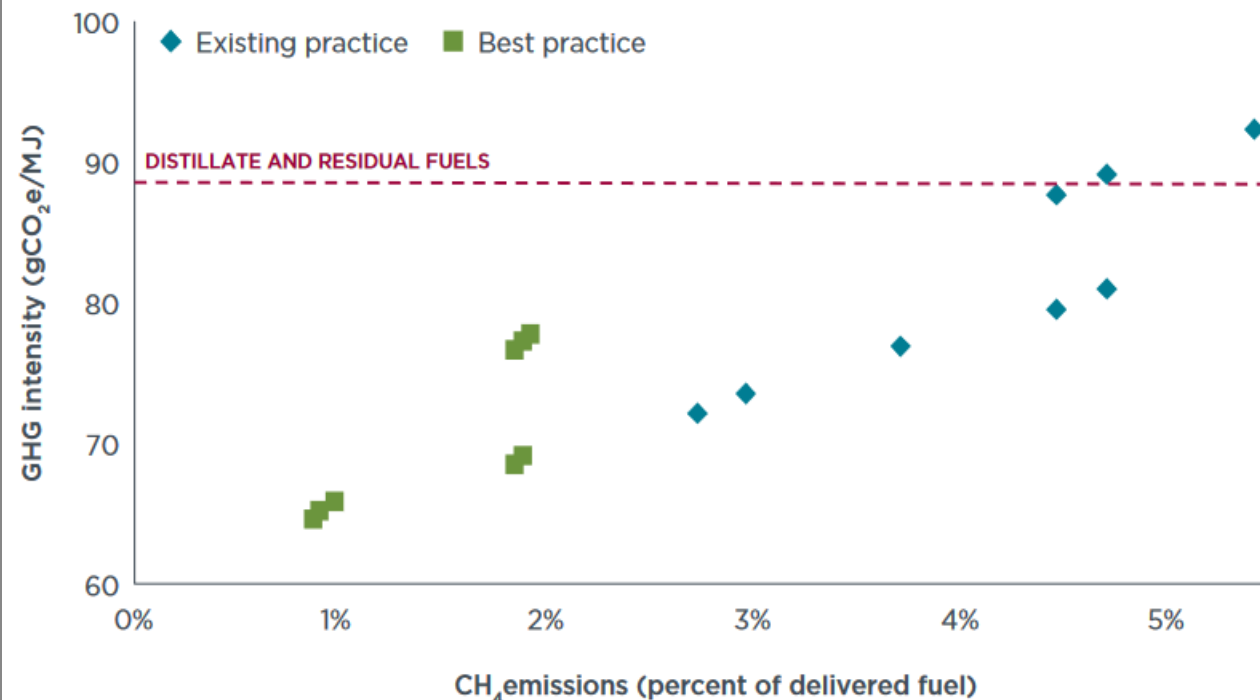
Oheisessa kuvassa vertaillaan eri LNG:n arvoketjujen kasvihuonekaasupäästöjä. Huomataan että vain huonoimmat arvoketjut aiheuttavat suuremmat kasvihuonekaasupäästöt kuin polttonesteet.

LNG:n erilaiset arvoketjut

Meriliikenteessä metaanipäästöjä syntyy erityisesti laivamoottoreista, jossa voi pakokaasun mukana päästä palamatonta metaania. Moottorin palamatonta metaania syntyy moottorin tehon vaihdellessa. LNG:stä saa siis paremman ilmastohyödyn tasaisella, moottorin optimaalisella tehoalueella tapahtuvassa käytössä (valtamerialukset) kuin aluksissa, missä tehoa vaihdellaan usein (esim. rannikkoalukset, kuten lossit ja hinaajat). Muut meriliikenteen arvoketjun päästöt tapahtuvat tuotannon ja siirron aikana.

Toinen mahdollinen päästökohde on bunkraus, riippuen sen toteuttamistavasta.

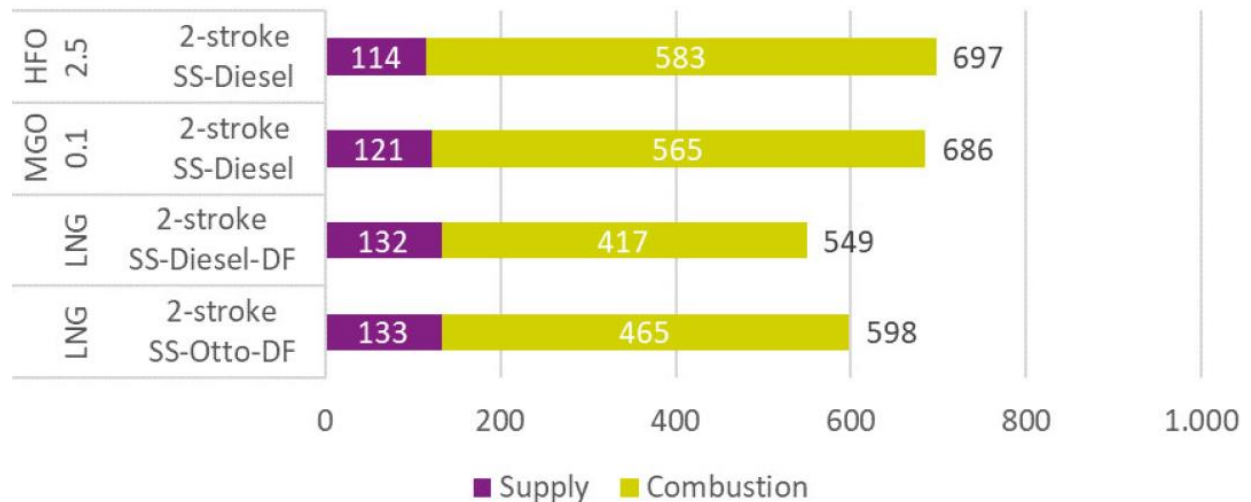
Parhailla käytännöllä LNG:n elinkaaripäästöt ovat matalampia kuin polttonesteillä.



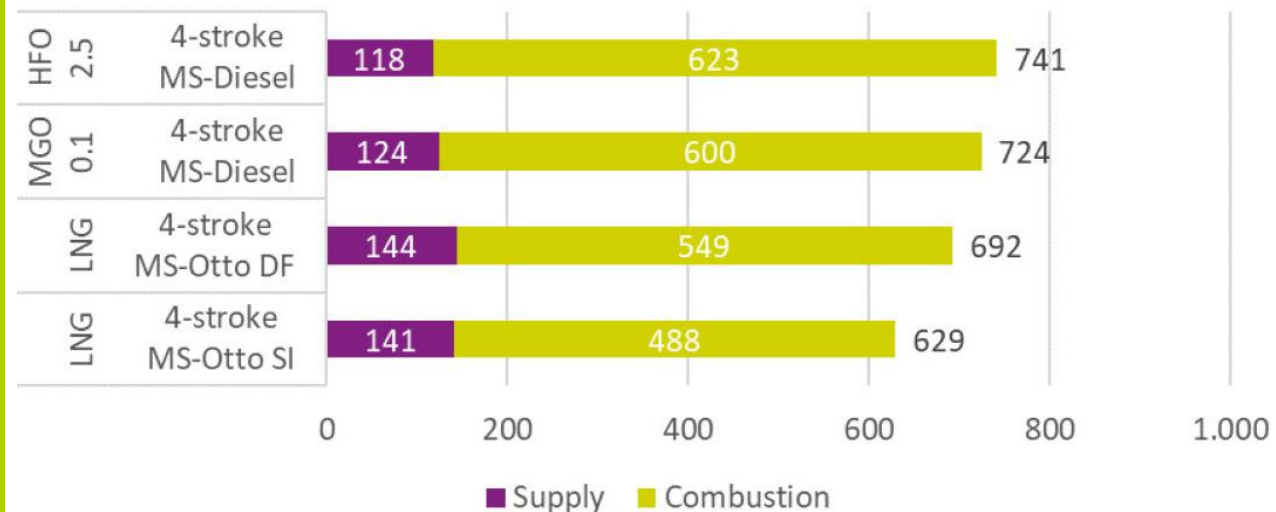
LNG:n erilaiset arvoketjut

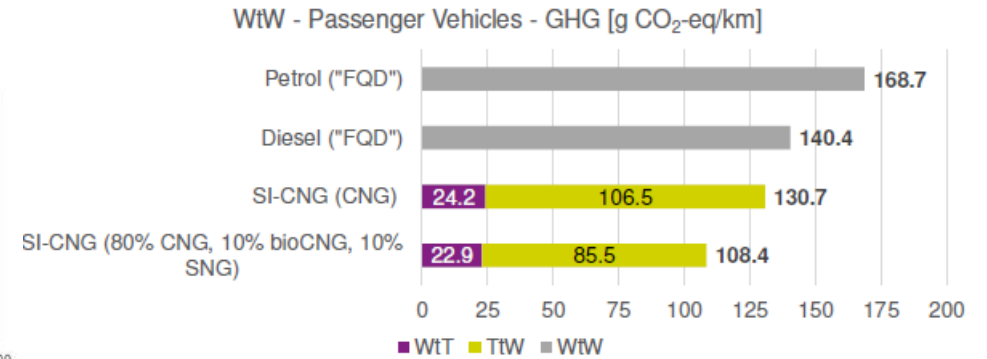
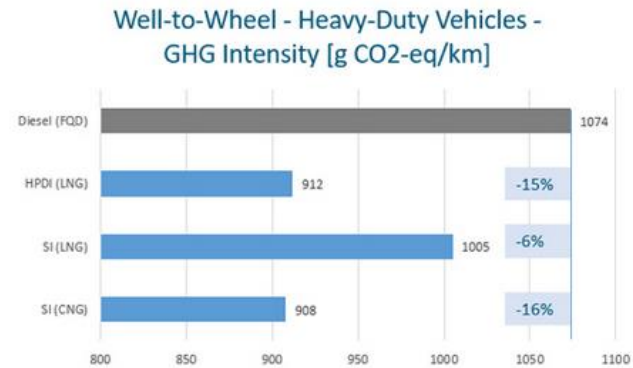
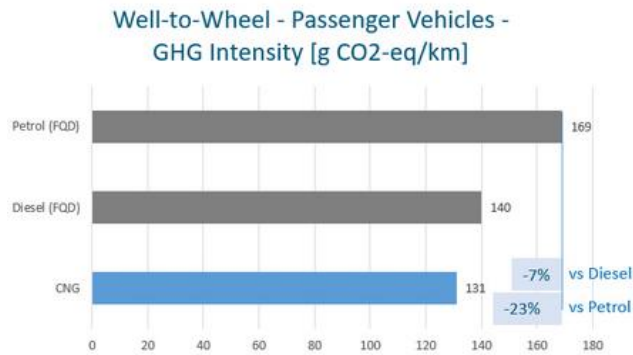
LNG:llä on suuremmat upstream –päästöt kuin nykyisin käytössä olevilla polttoaineilla. LNG:llä on kuitenkin merkittävästi alhaisemmat käytön päästöt. Ilmastopäästöt koko elinkaaren aikana ovat 4 ... 21 % alhaisemmat.

2-stroke slow speed engines: WtW - GHG IPCC -AR5
[g CO₂-eq/kWh engine output]



4-stroke medium speed engines: WtW - GHG IPCC -AR5
[g CO₂-eq/kWh engine output]





Tieliikenteen päästöt ja metaanin vaikutus

Tieliikenteessä maakaasu itsessään tuo etuja verrattuna polttonesteisiin, tuoden 6 ... 23 % kasviuonekaasupäästövähennykset. Biokaasun (kuvassa bioCNG) tai synteettisen maakaasun (SNG) käyttäminen tuo merkittäviä päästöhyötyjä pienissäkin sekoitussuhteissa.

Liikenteessä käytetyn maakaasun elinkaaripäästöistä noin viidennes on tuotannon, siirron ja jakelun (well-to-tank) aikaisia kasviuonekaasupäästöjä, josta osa on metaania.

Maakaasun lähteestä-tankkiin (well-to-tank) metaanipäästöt ovat EU:ssa keskimäärin 0,651 massa-% CNG:llä, ja 1,228 massa-% LNG:llä. (Thinkstep 2017, s. 110)

The image shows an industrial site with two workers in blue uniforms and hard hats working on a large green pipeline. The pipeline is supported by a metal structure and runs across a field of red soil. In the background, there are trees and a clear sky. The text '6. EU:n metaanistrategia' is overlaid in white on the pipeline.

6. EU:n metaanistrategia



EU:n strategia metaanipäästöjen vähentämiseksi

- Otetaan käyttöön tarkempia menetelmiä mittaukseen ja raportointiin (ml. satelliittimittaus).
- Komissio ehdottaa vuoden 2021 aikana lainsäädäntöä kaikkien energia-alan metaanipäästöjen mittaamiseen, raportointiin ja todentamiseen Oil and Gas Methane Partnershipin (OGMP) pohjalta. Lisäksi mahdollinen rutiininomainen ulospuhallus- ja soihdutuskielto. OGMP-sääntely pyritään laajentamaan myös hiilialalle.
- Perustetaan kansainvälinen elin metaanipäästöjen seurantaan, EU:n, UNEP:in IEA:n ja CCAC:n yhteistyönä.
- Kehitetään päästökauppa- ja taakanjakosektoreita, REDII -direktiiviä, IED:tä (teollisuuden päästädirektiivi) metaanipäästöjen vähentämiseksi kaikilla sektoreilla.
- Edistetään biokaasuteknologiaa ja mädätteen hyödyntämistä metaanipäästöjen välttämiseksi ja hiilen sidonnan edistämiseksi. Lisäksi vähennetään eläintuotannon metaanipäästöjä muiden keinojen avulla, joita tutkitaan asiantuntijatyöryhmässä vuoden 2021 aikana. Edistetään hiiltä sitovaa viljelyä.
- Vältetään biojätteen pääytymistä kaatopaikalle. Edistetään kaatopaikkakaasun hyödyntämistä. Puututaan laittomiin kaatopaikkoihin.
- Edistetään kansainvälistä yhteistyötä eri foorumeilla.

Lähteet

- 1 CICERO. Dejonckheere, S.; Mørtvedt, M. A.; Reed, E. U.: *Methane: a climate blind spot?* Center for International Climate Research. Oslo, Norja. 25.3.2019. Saatavilla: <https://cicero.oslo.no/en/posts/klima/methane-a-climate-blind-spot>
- 2 GLOBAL CARBON PROJECT METHANE BUDGET 2019. Saunio, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Raymond, P. A., Dlugokencky, E. J., Houweling, S., Patra, P. K., Ciais, P., Arora, V. K., Bastviken, D., Bergamaschi, P., Blake, D. R., Brailsford, G., Bruhwiler, L., Carlson, K. M., Carrol, M., ... Zhuang, Q. (2020). *Supplemental data of the Global Carbon Project Methane Budget 2019* (Version 2.0) [Data set]. Global Carbon Project. <https://doi.org/10.18160/GCP-CH4-2019> . Saatavilla: <https://www.icos-cp.eu/GCP-CH4/2019>
- 3 Eurostat data explorer: *Greenhouse gas emissions by source sector (source: EEA)*. Päivitetty 24.2.2020 (irjoittaessa viimeisin kasvihuonekaasudata vuodelta 2017). Saatavilla: https://ec.europa.eu/eurostat/product?code=ilc_li22&mode=view
- 4 IEA (2020), Global methane emissions from oil and gas, IEA, Paris. Kaikki oikeudet pidätetään. Saatavilla: <https://www.iea.org/articles/global-methane-emissions-from-oil-and-gas>
- 5 Gas Infrastructure Europe; Marcogaz. *Potential ways the gas industry can contribute to the reduction of methane emissions*. Report for the Madrid Forum (5 - 6 June 2019). Saatavilla: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/gie-marcogaz_-_report_-_reduction_of_methane_emissions.pdf
- 6 DG Energy; Cowi-konsortio, Euroopan Komissio: *Study On Actual GHG Data For Diesel, Petrol, Kerosene And Natural Gas*. European Commission. Brysseli, Heinäkuu 2015. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Study%20on%20Actual%20GHG%20Data%20Oil%20Gas%20Final%20Report.pdf>
- 7 IEA 2020: *Methane Tracker 2020. Interactive country and regional estimates*. Elokuu 2020. Kaikki oikeudet pidätetään. Saatavilla: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/interactive-country-and-regional-estimates#sources>
- 8 *Environmental Defense Fund: Local leaks impact global climate*. Environmental Defense Fund. New York. Saatavilla: <https://www.edf.org/climate/methanemaps>
- 9 Shell: *Tackling methane emissions*. Saatavilla: https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/methane-emissions/_jcr_content/par/textimage_438437728.stream/1587995196996/53beef2f8ba2e90560c074f56552e2acfe30582b/shell-methane-case-study.pdf
- 10 Luostarinen, Sari; Rasi, Saija; Tampio, Elina: *Biokaasun tuotantopotentialia, biokaasun ympäristö- ja talousvaikutukset*. Saatavilla: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/4b8c9229-1966-4f0e-85e3-17b8e6b7b5d4/MUISTIO_20200304145319.pdf
- 11 California Air Resources Board: *LCFS Pathway Certified Carbon Intensities*. Sacramento, 2020. Saatavilla: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/lcfs-pathway-certified-carbon-intensities>
- 12 ICCT. *Assessment Of The Fuel Cycle Impact Of Liquefied Natural Gas As Used In International Shipping*. International Council on Clean Transportation. 5/2013. Saatavilla: https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTwhitepaper_MarineLNG_130513.pdf
- 13 Thinkstep: *Life Cycle GHG Emission Study on the Use of LNG as Marine Fuel*. SEA\LNG & Society for Gas as Marine Fuel. 10.4.2019. Saatavilla: <https://www.thinkstep.com/content/liife-cycle-ghg-emission-study-use-lng-marine-fuel-1>
- 14 Thinkstep: *Greenhouse Gas Intensity if Natural Gas. Final Report. On behalf of NGVA Europe*. 5.5.2017. Saatavilla: <http://ngvemissionsstudy.eu/>
- 15 Euroopan komissio: *KOMISSIO TIEDONANTO EUROOPAN PARLAMENTILLE, NEUVOSTOLLE, EUROOPAN TALOUS- JA SOSIAALIKOMITEALLE JA ALUEIDEN KOMITEALLE. Bryssel, Belgia. EU:n strategia metaanipäästöjen vähentämiseksi*. COM/2020/663 final 14.10.2020. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2020%3A663%3AFIN>

Metaanipäästöt energiasektorilta Suomessa ja EU:ssa

Heikki Lindfors
Suomen Kaasuyhdistys ry
syyskuu 2020

Sisällysluettelo

1. Esipuhe	3
2. Metaani kasvihuonekaasuna	4
3. Metaanipäästöjen mittausta	6
4. Metaanipäästöjen lähteet	8
5. Energiasektorin metaanipäästöt	10
5.1 Maakaasun tuotanto	12
6. Kaasun siirto ja jakelu	14
6.1 Kaasun jakeluputkisto.....	17
7. Biokaasusektori.....	18
7.1 Metaanivuodot biokaasusektorilta	21
7. Kaasun käyttö	22
8.1 Teolliset prosessit	22
8.2 Meriliikenne ja moottorit	23
8.3 Tieliikenne.....	26
9. Päästöjen kontrollointi: poliittiset ohjaukset ja teollisuuden hankkeet	28
10. Suositukset	29
Lähteet.....	32

1. Esipuhe

Metaanivuodot voivat pahimmillaan tehdä maakaasusta ilmastonäkökulmasta yhtä huonon vaikutuksen kuin raskaammat fossiiliset polttoaineet, jota sen tulisi korvata, kuten hiilen ja raskaan polttoöljyn. Kaasu- ja öljyalaa on viime vuosina kritisoitu metaanivuodoista. Tämän tutkimuksen tavoite on luoda yleiskuva metaanipäästöistä ja niiden hillitsemisestä.

Metaanivuotojen hillintä ei ole uusi asia. Sitä on tehty jo vuosikymmenten ajan, koska vuodot ovat paitsi ympäristöongelma, ne ovat myös turvallisuusriski, sekä taloudellinen kysymys.

Energiasektorin metaanipäästöt ovat korjattavissa kaikissa kohteissa, ja usein niiden korjaaminen on kustannustehokasta. Ilmastopolitiikassa metaanivuotojen korjaus nähdään nykyään melko helppona keinona vähentää kasvihuonekaasupäästöjä merkittävästi, ja siksi aihe on ajankohtainen poliittisesti. EU:n komission on tarkoitus tehdä aloite asetuksesta metaanipäästöjen sääntelystä vuoden 2020 aikana, ja koska ilmastoasia on johtavassa roolissa nykyisen komission ohjelmassa, on odotettavissa, että lainsäädäntöprosessista ja toimeenpanoajasta tulee lyhyitä, ja EU:ssa on metaanipäästöjä sääntelevä lainsäädäntö voimassa jo vuonna 2025.

Metaanivuotoja tapahtuu tuotannossa, toimitusketjussa ja loppukäytössä, ja tämän julkaisun on tarkoitus luoda yleiskuva mitä tiedämme metaanista kasvihuonekaasuna, missä sitä syntyy ja millaisissa mittakaavoissa, ja määritellä mahdollisia vuotokohteita. Tietolähteenä tässä raportissa on käytetty pääasiassa EU:n, IEA:n, sekä yliopistojen tutkimuksia aiheista. Metaanipäästöjä koskevassa uutisoinnissa puolestaan vaikuttaa olevan vaihtelevasti epätarkkuuksia ja alkuperäistä tutkimusta pidemmälle meneviä johtopäätöksiä, joten verkosta löytyviä uutisia ei ole käytetty tässä suoraan lähteenä, vaan tieto on haettu alkuperäisestä tutkimuksesta.

Tämä kirjallisuuskatsaus tarkastelee metaanin päästöjä ilmakehään ihmisperäisistä lähteistä. Katsauksen keskiössä on Suomessa ja EU:ssa käytettävä maakaasuun ja Suomessa tuotettuun biokaasuun. Katsauksen tavoite on luoda yleiskuva metaanipäästöistä energiasektorilla, tunnistaa ongelmakohtat sekä aihealueet, jossa tietoa on puutteellisesti, sekä antaa suosituksia metaanipäästöjen eliminoimiseksi.

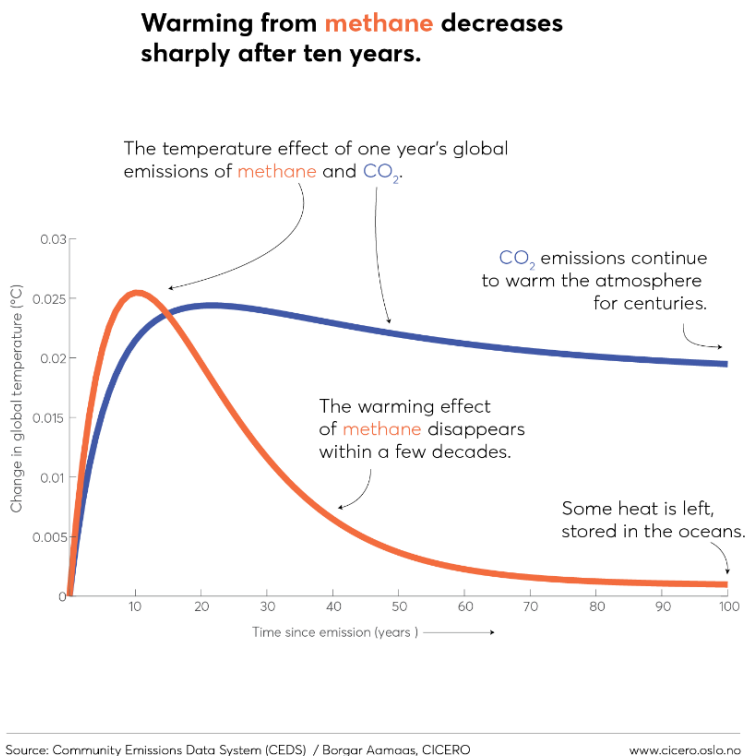
Helsingissä, toukokuu 2020

Suomen Kaasuyhdistys

2. Metaani kasvihuonekaasuna

Metaani on voimakas kasvihuonekaasu. Metaanin ilmastovaikutusta kuvataan hiilidioksidiekvivalenttiluvulla, jonka arvo voi perustua joko 20 tai 100 vuoden lämmitysvaikutukseen. Yleensä raportoinnissa käytetään 100 vuoden arvoa. Pääasia on huomioida, että metaani käyttäytyy kasvihuonekaasuna eri tavalla kuin hiilidioksidi, lämmittäen ilmakehää voimakkaasti ensimmäisinä vuosikymmeninä, mutta lämmitysvaikutus on pieni 50 vuoden jälkeen.

Metaani on voimakas kasvihuonekaasu, joka hajoaa ilmakehässä hiilidioksidiksi ja vedeksi muutamassa vuodessa. Siten metaanin ilmastovaikutus on korkea lyhyellä aikavälillä ja matalampi pitkällä aikavälillä, toisin kuin hiilidioksidilla, jonka lämmitysvaikutus jatkuu satoja vuosia. Näiden kahden kasvihuonekaasun lämmitysvaikutusta yli ajan esitetään kuvassa 1.



Kuva 1: Metaanin ja hiilidioksidin ilmastovaikutusten muutos ajan kuluessa (Dejonckheere, et al., 2019)

Lämmitysvaikutusta esitetään käyttämällä CO₂-ekvivalenttikerrointa (CO₂eq) GWP100 (global warming potential over 100 years) sekä GWP20 (global warming potential over 20 years). Metaanin GWP100 -kerroin on 28 ja GWP20 -kerroin on 84. Yritysten pakollinen päästöraportointi tehdään käyttäen GWP100 -kerrointa, samoin kuin IPCC:n ilmastotyössä tehdään. Käyttämällä GWP20 -arvoa metaanin ilmastovaikutus saadaan näyttämään erittäin huolestuttavalta, mutta se ei kuvaa metaaniin pitkäaikaista ilmastopakotetta, ellei metaanipäästö ole jatkuva tila. Metaanipäästöuutisointia luettaessa pitää aina huomioida, kumpaa päästökerrointa on käytetty.

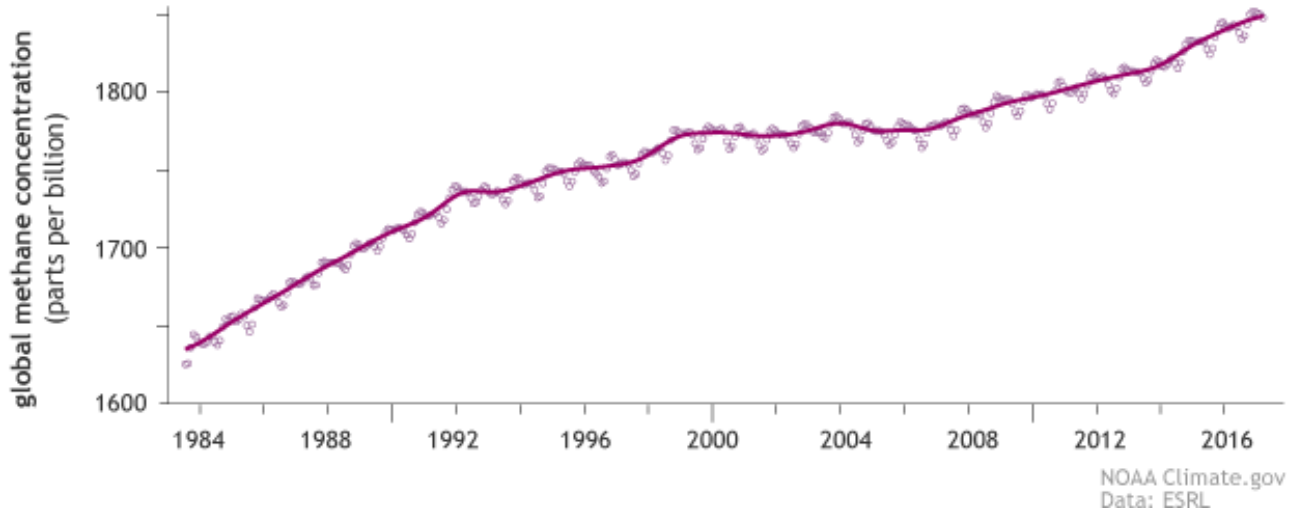
Metaania päätyy ilmakehään sekä luonnollisista lähteistä että ihmistoiminnasta.

Metaanipäästöt voidaan luokitella fossiilisiin ja biologisiin lähteisiin. Biologisperäisiä metaanilähteistä merkittävimpiä ovat maatalous, jätteet, maankäytön muutokset ja maastopalot, biomassan poltto, suoalueet sekä arktisille alueille sitoutunut metaani.

Toinen jaottelutapa on luonnolliset ja ihmisten toiminnasta johtuvat metaanipäästöt. Noin 60 % metaanipäästöistä johtuu ihmistoiminnasta. Ihmisperäisistä metaanipäästöistä maatalous- ja energiasektorit ovat merkittävimmät lähteet.

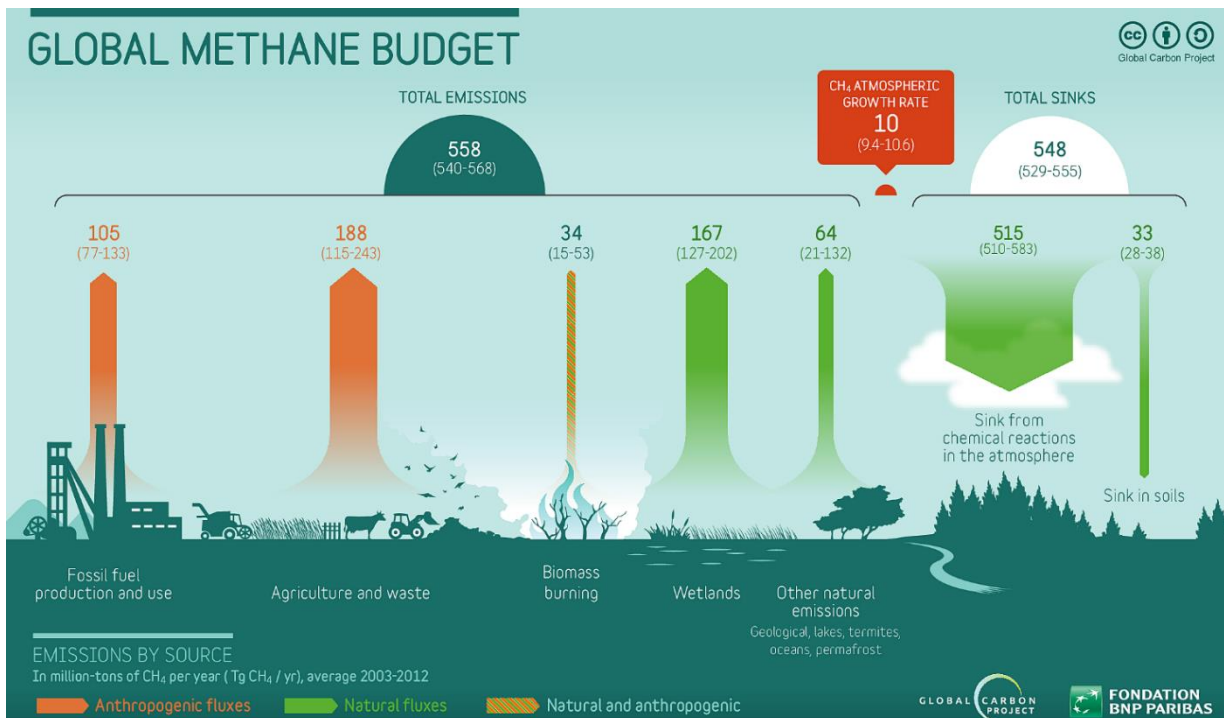
Metaanin pitoisuus ilmakehässä on nousussa. Vuosina 1997-2007 pitoisuus ilmakehässä pysytteli kuitenkin samalla tasolla, jonka jälkeen se on taas alkanut kasvamaan. Tämä pitoisuuden kasvu on tuonut metaanipäästöt osaksi ilmastokeskustelua. Tätä kasvua kuvataan kuvassa 2.

Trends in global methane since 1983



Kuva 2: metaanin pitoisuus ilmakehässä.

NASA (Rasmussen 2018) tutki metaanipäästöjen lisääntymistä yhdistelemällä tutkimusmetodeja. Metaanimolekyylin hiilen isotooppirofiilit ovat erilaisia eri päästölähteillä. Fossiilisten polttoaineiden tuotannossa syntyy etaania, joten sen pitoisuutta seuraamalla saa lisätietoa myös metaanilähteistä. Epätäydellisessä palamisessa syntyy hiilimonoksidia. Näitä vihjeitä yhdistelemällä NASA päätteli miltä sektoreilta viime vuosina tapahtunut lisäys on peräisin; ilmakehän pitoisuus lisääntyy noin 25 teragrammaa (Tg) vuodessa, josta 17 Tg on peräisin fossiilisten polttoaineiden tuotannosta, 12 Tg on soilta ja riisin viljelystä, kun taas metsä- ja maastopalojen parantunut hallinta on lisännyt vuosittaista metaaninielua 4 Tg.



Kuva 3: globaali metaanibudjetti. Lähteet, poistumat ja nielut. (Saunois et al. 2016)

Metaania myös poistuu ilmakehästä luontaisesti. Metaani hajoo fotokemiallisesti hiilidioksidiksi, ja elinkunta käyttää sitä suoraan jonkin verran. Kuva 3 esittää metaanin kiertoa, missä sitä syntyy ja mihin se häviää, sekä nykyisen metaanipitoisuuden lisääntymisen mittakaavan punaisella.

3. Metaanipäästöjen mittaus

Jotta metaanivuotoja voidaan säännellä ja korjata, ne täytyy havaita mittaamalla. Metaanivuotojen mittaus on kehittynyt nopeasti viime vuosina lentokoneilla ja satelliiteilla tehtävien mittausten yleistyttyä. Näin läpinäkyvyys metaanivuotojen suhteen paranee. Tähän asti mittausdatassa on ollut rajoitteensa maan pinnalta (bottom-up) ja ilmasta (top-down) otettavissa mittauksissa on omat rajoitteensa, jotka voivat vääristää tuloksia.

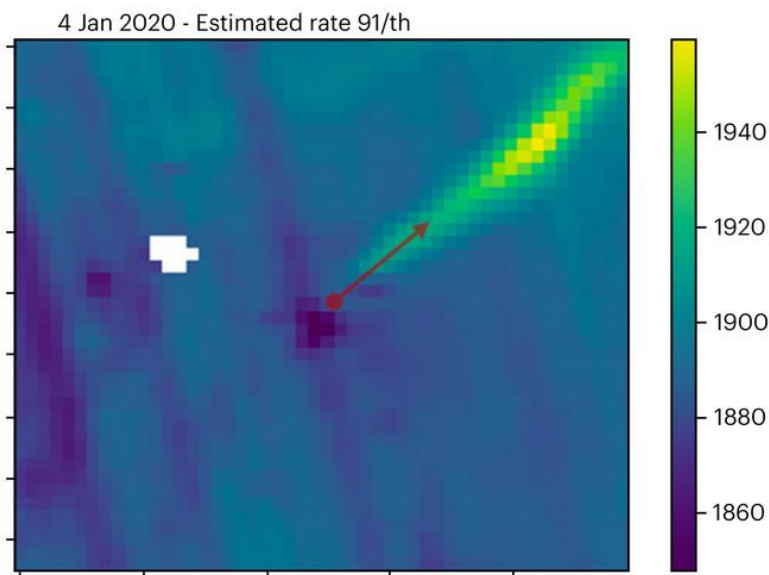
Viime aikoina näiden rinnalle on otettu satelliittimittaus, joka täydentää mittausdataa erityisesti suurien, väliaikaisten päästölähteiden osalta. Kun lähitulevaisuudessa otetaan käyttöön uusia ja paremmalla resoluutiolla varustettuja satelliitteja, läpinäkyvyys päästöjen suhteen paranee, ja ostajat voivat vaatia tuottajilta parempaa päästökонтроllia.

Metaanipäästöjen mittaamiseen on kaksi tapaa. Ensimmäistä tapaa kutsutaan yleisesti sanalla bottom-up, eli maanpinnalla tehtävä pistemittaus. Mittauspiste voi olla esimerkiksi kaasulähde, putkisto, kompressoriasema tai loppukäyttökohde. Tämän tavan heikkous on, ettei se mittaa koko fyysisen toimitusketjun päästöjä, vaan tutkijan täytyy tehdä yleistyksiä muuhun toimitusketjuun. Tällöin voi jäädä huomiotta vuotokohta kauempana mittauskohteesta, tai vaihtoehtoisesti mittaus otetaan erityisen paljon vuotavan lähteen lähistöltä, jolloin yleistys johtaa todellista tilannetta korkeampaan kokonaisarvioon vuodoista. (Hope 2014)

Toinen tapa on mitata vuodot ovat korkealta, lentokoneesta, satelliitista tai korkea rakennuksen katolta. Sitä kutsutaan yleisesti top-down, eli ilmasta otettavaksi mittaukseksi. Tällöin mitataan metaanipitoisuuksia ilmasta, ja näin voidaan arvioida koko alueen päästöt. Heikkous tässä mittaustavassa on, että varsinaista päästölähdettä on vaikea tunnistaa. Metaania pääsee ilmakehään myös muista päästölähteistä kuin maakaasun toimitusketjusta, kuten kaatopaikoilta ja suoalueilta. (Hope 2014)

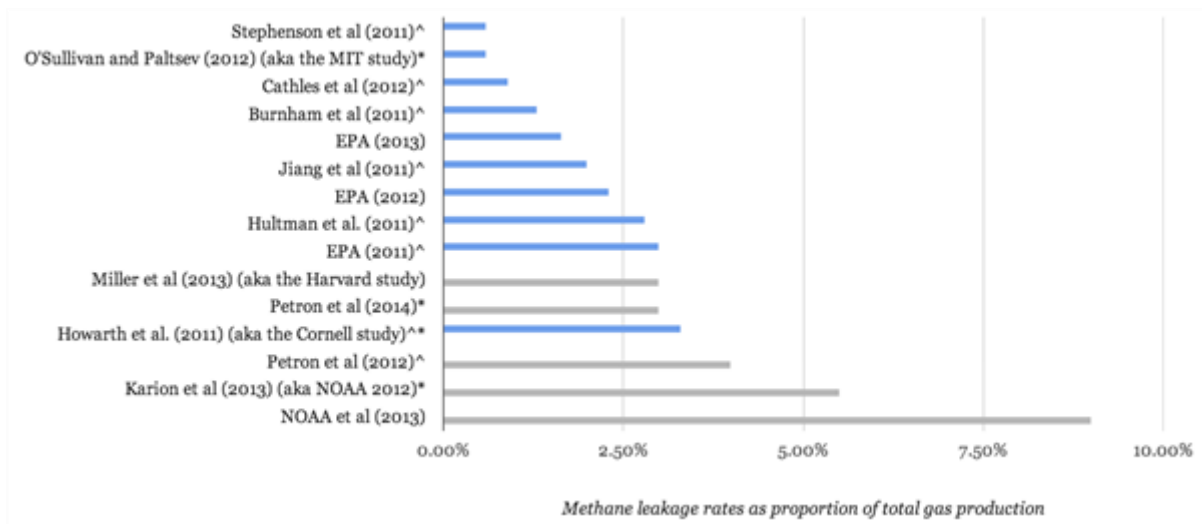
IEA:n (2020 1.) mukaan satelliiteilla voidaan havaita suuret pistemäiset metaanivuotolähteet. Satelliittimittaus otti merkittävän askeleen eteenpäin, kun Sentinel 5P -satelliitti otettiin käyttöön. Sentinel 5P mittaa metaanipäästöjä globaalisti, mitaten koko maapallon noin neljän tunnin välein. Satelliitin resoluutio on melko karkea, eli sillä voidaan havaita vain suurimmat päästölähteet. Lisää satelliitteja on kuitenkin tarkoitus ottaa käyttöön. Environmental Defence Fundin tuleva MethaneSAT (2020) tulee olemaan Sentinel 5P:tä tarkempi, ja molempien näiden satelliittien data on julkisesti saatavilla. Näin läpinäkyvyys paranee metaanipäästöjen suhteen.

Näitä on ennen kaikkea öljyn ja kaasun tuotannossa. Kuva 4 esittää vuototilannetta Algerian Hassi Messaoudin kaasukentällä, josta operaattori Sonatrach raportoi. Satelliiteilla voidaan havaita näin suuria päästölähteitä, ja IEA:n mukaan niitä on havaittavissa kaikkina hetkinä noin satakunta.



Kuva 4: Sentinel 5P -satelliitin ottama kuva metaanivuodosta Hassi Messaoudissa Algeriassa. (Kuva: IEA 2020)

Carbon Brief (Hope 2014) vertaili erilaisia tutkimuksia, joissa esitettiin arvioita maakaasuntuotannon päästöistä, pääasiassa Yhdysvalloissa. Tuloksia on esitelty Kuva 5, jossa pistemittaukset ovat sinisellä ja korkealta mitatut harmaalla. Korkealta ilmasta olevat mittaukset ovat harmaalla, ja nämä ovat korkeampia edellä mainituista syistä. Tässä Carbon Briefin vertailussa on vertailtu Yhdysvalloissa tapahtuvaa kaasuntuotantoa, ja suurin osa mittauspaikoista on liuskekaasun tuotantoalueilla.



Kuva 5: eri tutkimusten tuloksia maakaasuntuotannon päästöistä Yhdysvalloissa.

IEA on viime vuosina tuonut energiasektorin metaanipäästötietoa saataville. IEA:n *Methane Tracker* julkaistiin 2017. Methane Trackerissa on globaalia ja maatason tietoa metaanipäästöistä. Järjestö suunnittelee lisäävänsä lähitulevaisuudessa oppaan, kuinka metaanipäästöjä mitataan ja vähennetään. Gas Infrastructure Europe ja Marcogaz (2019) ovat jo tällaisen teknisen BAT-tyyppisen dokumentin laatineet. Methane Trackerissa raportoidaan metaanipäästöt tuotannon ja siirron osalta, mutta loppukäytössä tapahtuvia päästöjä siihen ei ole otettu, koska loppukäyttöpäästödataa on heikosti saatavilla julkisesti. IEA Methane Tracker on osoitteessa: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/>

NASA on julkaissut Methane Source Finder -palvelun, joka seuraa metaanipäästöjä reaaliajassa Kalifornian alueella. Palvelu yhdistää kaikkia mittaustapoja. Se löytyy osoitteesta <http://methane.jpl.nasa.gov/>.



Kuva 6: Tekniset keinot metaanipäästöjen mittaukseen. (NASA Jet Propulsion Laboratory)

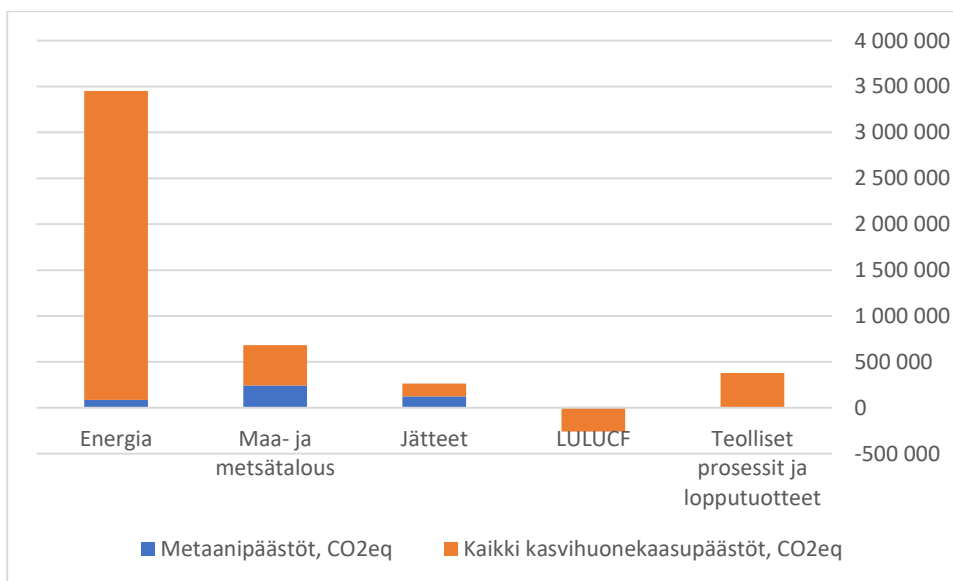
4. Metaanipäästöjen lähteet

Metaania pääsee ilmakehään sekä biologisista että fossiilisista lähteistä. Ihmisperäisistä metaanilähteistä suurin on maatalous, energia ja jätteet. Noin puolet ihmisperäisistä metaanipäästöistä on peräisin maataloudesta.

Taulukko 1 selviää, että metaanipäästöt vastaavat noin 11 % EU:n kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Suurimmat metaanipäästöjen lähteet EU:n alueella ovat maatalous (52% metaanipäästöistä), jätteet (27 %) ja energiasektori (18 %). Energiasektorin metaanipäästöt vastaavat 2 % kaikista EU:n kasvihuonekaasupäästöistä.

Taulukko 1: Kaikki kasvihuonekaasupäästöt ja metaanipäästöt CO₂-ekvivalenttina, sekä absoluuttisina metaanimäärinä koko EU:n (ml. Iso-Britannia) alueella 2017, tuhansia tonneja. (Eurostat 2020)

EU 28	Kaikki GHG-päästöt, CO ₂ eq	Metaanipäästöt, CO ₂ eq	Metaanipäästöt, CH ₄
Yhteensä	4 066 794,04	461 436,8	18 457,47
Energia	3 367 824,37	85 009,15	3 400,37
Maa- ja metsätalous	438 994,2	241 592,05	9 663,68
Jätteet	138 866,16	125 235,89	5 009,44
LULUCF	-258 074,4	8 014,96	320,6
Teolliset prosessit ja lopputuotteet	377 478,43	1 584,74	63,39



Taulukko 2: Kasvihuonekaasu- ja metaanipäästöt sektoreittain EU:ssa vuonna 2017, tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. (Eurostat 2017)

Taulukko 2 esittää asian visuaalisesti; sekä maa- ja metsätaloussektorin että jätesektorin päästöt ovat sekä absoluuttisesti että suhteellisesti korkeat EU:ssa. Energiasektorilla metaanipäästöt ovat hyvin alhaiset verrattuna kaikkiin kasvihuonekaasupäästöihin.

Taulukko kuvaa vastaavia lukuja Suomesta. Metaani vastaa 16 % kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Suurimmat metaanipäästöjen lähteet Suomessa ovat maatalous (46% metaanipäästöistä), jätteet (32 %) ja energiasektori (5 %). Energiasektorin metaanipäästöt vastaavat 0,8 % kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä.

Taulukko 3: Kaikki kasvihuonekaasupäästöt ja metaanipäästöt CO₂-ekvivalenttina, sekä absoluuttisina Suomessa 2017, tuhansia tonneja. (Eurostat 2020)

Suomi	Kaikki GHG-päästöt, CO ₂ eq	Metaanipäästöt, CO ₂ eq	Metaanipäästöt, CH ₄
Yhteensä	35 009,53	5 526	221,04
Energia	41 022,58	287,18	11,49
Maa- ja metsätalous	6 500,9	2 552,40	102,1
Jätteet	1 888,27	1 766,33	70,65
LULUCF	-20 377,72	919,94	36,8
Teolliset prosessit ja lopputuotteet	5 922,38	0,15	0,01

Näistä luvuista voidaan päätellä, että metaanipäästöt ovat alhaiset EU:ssa, ja valtaosa metaanista on peräisin jäte- ja maa- ja metsätalousssektorilta. Kappaleessa 4 tarkastellaan kaasusektorin metaanipäästöjä globaalisti.

Sektori ”teolliset prosessit ja lopputuotteet” tässä taulukossa tarkoittaa tuotteiden niin sanottuja Scope 2 -päästöjä, eli teollisuudessa valmistettujen tuotteiden tuotannossa syntyneitä kasvihuonekaasupäästöjä.

5. Energiasektorin metaanipäästöt

Maailmanlaajuisesti, energiasektori on toiseksi suurin metaanipäästöjen lähde maatalouden jälkeen, EU:ssa energiasektorin päästöjen osuus on pienempi. Energiasektorin metaanipäästöt ovat peräisin fossiilisten polttoaineiden käytöstä, öljy-, kaasu- ja hiiliteollisuudesta noin kolmannes kustakin. Lukuun ottamatta huoltotilanteiden ulospuhalluksia, energiasektorin metaanipäästöt ovat lähes aina korjattavissa.

Energiasektorin kasvihuonekaasupäästöjä tapahtuu kolmella tavalla:

Energiakäyttö. Fossiilisen maakaasun käyttö energiantuotannossa ja liikenteessä. Kattaa polton päästöt, kuljetuksen ja kaasun puhdistuksen. Helposti todennettavissa.

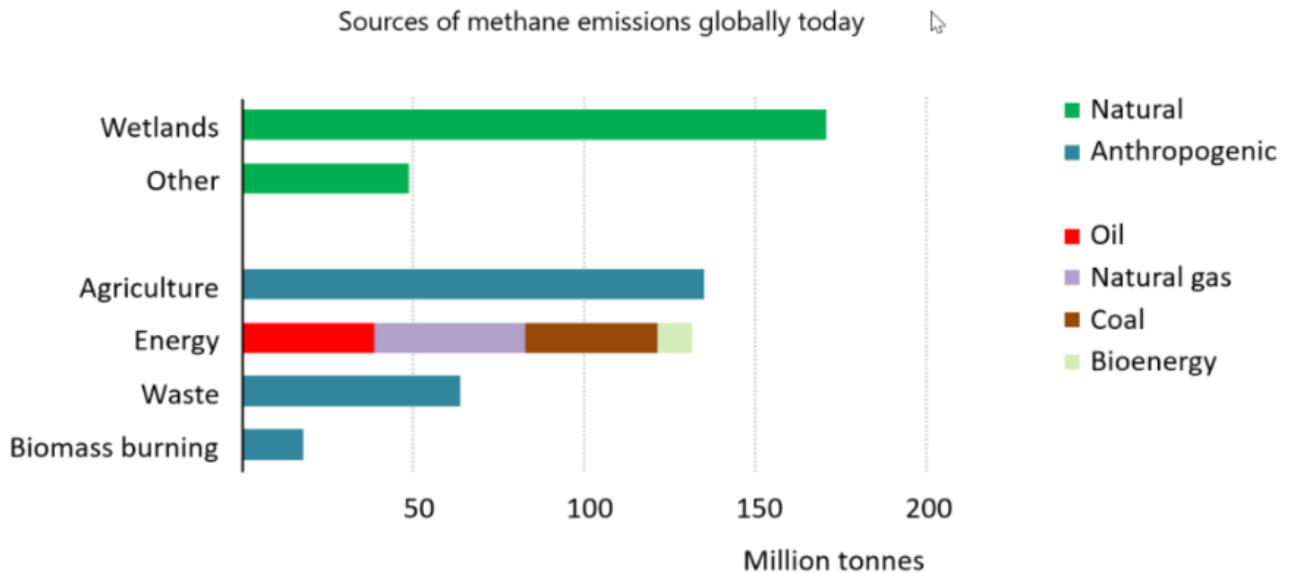
Ilmakehään tapahtuvat tarkoitukselliset päästöt. Huoltotarkoituksissa tai turvallisuussyistä ilmaan päästetty metaani. Helposti todennettavissa.

Metaanivuodot. Metaanin päästöt ilmakehään tuotannossa, siirrossa tai loppukäytössä. Haastavia todentaa, erityisesti Euroopan ulkopuolella ja tietyissä loppukäyttökohteissa (mm. liikenteen todelliset päästöt).

Kaikissa metaanipäästöissä on huomioitava, onko päästö väliaikainen vai jatkuva, onko se tarkoituksellinen (kuten putkien tyhjennys huoltoa varten), ja onko se eliminoitavissa.

Pääasiallisia fossiiliperäisiä metaanilähteitä ovat hiilen, öljyn ja maakaasun tuotanto, sekä vuodot liuskekaasun tuotannossa ja kaupunkien vanhentuneissa jakeluverkoissa. IEA (2019) arvioi, että energiasektorin metaanipäästöt vastasivat 6 % energiasektorin kokonaisilmastopäästöistä vuonna 2017. Pääosa energiasektorin kokonaismetaanipäästöistä (130 Mt) on öljyn- ja kaasun tuotannosta (80 Mt). Loput ovat pääasiassa peräisin hiilen- ja biopolttoaineiden tuotannosta (IEA 2019). IEA:n arvio globaaleista metaanipäästöistä esitetään kuvassa 7. Kuten huomataan, hiili-, öljy- ja kaasuala on kukin vastuussa noin kolmanneksestä fossiilisista metaanipäästöistä. Samoin *Globaali metaanibudjetti 2000-2017* -tutkimuksen

mukaan öljy- ja maakaasuteollisuudessa syntyy noin 65 % fossiiliperäisistä metaanipäästöistä (Saunois et al. 2016). Gas Infrastructure Europe ja Marcogaz (2019 s.4) arvioivat että kaasusektorin metaanipäästöt aiheuttavat 0,6 % kaikista EU:n kasvihuonekaasupäästöistä.



Kuva 7: Globaalit metaanipäästöt sektoreittain (McGlade 2020).

Öljy- ja kaasualalla metaanipäästöjä syntyy, kun kaasua ei saada hyödynnettyä (soihdutus ja ulospuhallukset), sen siirrossa (vuodot putkistoista, venttiilit), tuotantolähteellä (erityisesti käytöstä poistetut, huonosti suljetut vanhat lähteet) sekä huoltotilanteissa (ulospuhallukset). Välttämättömiä ulospuhalluksia lukuun ottamatta, useimmat näistä vuotokohdista on korjattavissa.

Hiilisektorilta tulee vastaava määrä metaanipäästöjä kuin öljy- tai kaasuteollisuudesta. Tämä johtuu siitä, että hiilisuonissa on pieniä metaanitaskuja, jotka vapautuvat kun hiiltä kaivetaan (engl. coalbed methane). Tämä metaani on tunnettu jo pitkään, koska se aiheuttaa leimahdusriskin kaivoksissa, ja on siten merkittävä turvallisuusriski. Kun verrataan fossiilisia energianlähteitä per energiayksikkö, vuotaneen metaanin määrä on kivihiilellä yli kaksinkertainen (0,385 g/MJ) verrattuna maakaasuun (0,17 g/MJ) (Edwards et al. 2017). Kehittyneissä kivihiilen tuottajamaissa (esim. Australia, Kanada, USA) hiilisuonien metaania hyödynnetään energianlähteenä, mutta sen vaatima teknologia ei ole käytössä kaikkialla. Muualla siis hiilisuonten metaani tuuletetaan usein ilmakehään, joka selittää hiilisektorin suuren osuuden koko energiasektorin metaanipäästöistä.

Kaasuala Suomessa kehittää jatkuvasti toimintaansa päästöjen välttämiseksi. Taulukosta 4 selviää, että energiasektorin metaanipäästöt ovat reilun neljänneksen pienemmät vuoteen 1990 verrattuna.

Sektori	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
	Milj. tonnia CO ₂ -ekv.												
Energiasektori yhteensä	53,6	55,3	53,7	53,7	60,2	52,7	47,6	48,1	44,3	40,6	43,4	41,0	42,4
Polttoaineiden käytön päästöt	53,4	55,2	53,6	53,6	60,1	52,6	47,4	48,0	44,2	40,5	43,2	40,8	42,3
CO ₂	52,5	54,3	52,8	52,7	59,1	51,7	46,6	47,2	43,4	39,7	42,4	40,0	41,4
CH ₄	0,37	0,33	0,28	0,26	0,30	0,26	0,27	0,26	0,26	0,24	0,26	0,26	0,27
N ₂ O	0,54	0,58	0,59	0,59	0,65	0,61	0,58	0,58	0,56	0,54	0,57	0,56	0,58
Haihtumapäästöt	0,12	0,17	0,12	0,14	0,14	0,13	0,14	0,12	0,12	0,15	0,14	0,18	0,12
CO ₂	0,11	0,07	0,06	0,07	0,10	0,09	0,10	0,08	0,08	0,11	0,10	0,15	0,09
CH ₄	0,01	0,09	0,06	0,07	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03
N ₂ O	0,0007	0,0004	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0009	0,0009	0,0007	0,0007	0,0011	0,0016	0,0016

Taulukko 4: Suomen energiasektorin kasvihuonekaasupäästöt 1990-2018. (Tilastokeskus 2019)

Euroopan kaasuteollisuuden tekninen asiantuntijajärjestöt Gas Infrastructure Europe ja Marcogaz julkaisivat kesäkuussa 2019 raportin, jossa luodaan katsaus metaanipäästöasiaan maakaasuinfratruktuurissa, ja suositellaan keinoja metaanivuotojen vähentämiseksi. Kyseinen raportti on toistaiseksi laajin ja ajantasaisin katsaus energiasektorin metaanipäästöihin Euroopassa. Tässä tekstissä viitataan Marcogazin/GIE:n raporttiin soveltuviin kohdissa.

IEA:n Methane Tracker (2020b) huomauttaa, että merkittävä päästöjen lähde on suuret yksittäiset vuotokohteet, joita yleisesti kutsutaan ”superpäästölähteiksi” (”super-emitter”). IEA:n mukaan näitä on tunnistettu Yhdysvalloissa ja niitä on luultavasti muuallakin. Superpäästölähteet ovat väliaikaisia, mutta Sentinel 5-P -satelliitilla mitatusta datasta niitä voidaan tunnistaa globaalisti noin 50 joka hetki.

GIE & Marcogaz (2019) ei tunnistanut superpäästölähteitä Euroopasta. Stanfordin yliopistossa vuonna 2016 tehty tutkimuksessa yleistetään, että 5 % päästölähteistä aiheuttaa 50 % vuodoista metaanin määrässä mitattuna. Näiden superpäästölähteiden korjaaminen olisi siis yksinkertainen tapa vähentää merkittävästi globaaleja metaanipäästöjä.

EU:n komissio velvoittaa asetuksen 601/2012 artiklassa 20 toimijat raportoimaan kasvihuonekaasupäästöt käytöstä, toimitusketjusta, laitosten ylös- ja alasajoista, häiriötilanteista ja varastoinnista. (EU 2012) EU:ssa raportoidut kasvihuonekaasuluvut kattavat siis myös upstream -metaanipäästöt.

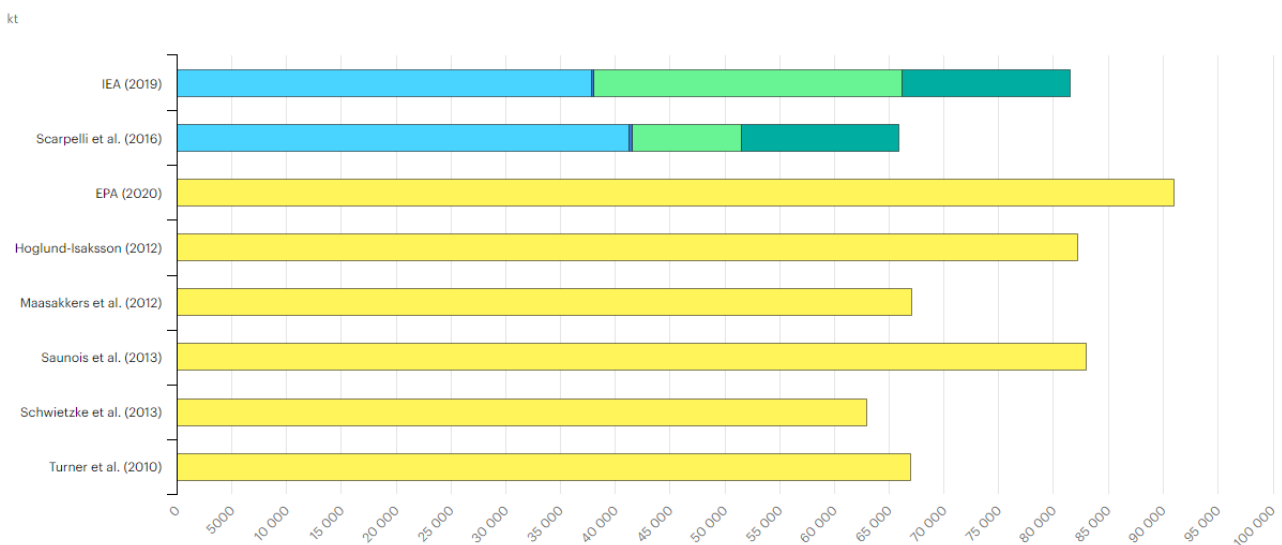
5.1 Maakaasun tuotanto

Vaihtelu metaanipäästöissä tuotantoalueiden välillä voi olla suurta. Tuotannossa tapahtuvat metaanipäästöt voivat olla hyvin suuria, kuten mittaamiskappaleessa esimerkkinä käytetyssä Algerian Hassi Messaoudin tapauksessa (kuva 4). EU:ssa regulaatio on vahvaa, ja Euroopassa tuotetun kaasun päästöt tunnetaan tarkkaan. Euroopan ulkopuolisella kaasulla on suurta vaihtelua elinkaaripäästöjen määrässä.

Yleisesti maakaasun tuotannon metaanipäästöt ovat matalia siellä, missä ympäristösääntely ja -valvonta on tiukkaa, ja korkeita siellä missä sääntely ja valvonta on löyhää. Suuri osa maailmalla tuotetusta maakaasusta on valtio-omisteisten yhtiöiden hallinnassa, joten yksittäisillä valtioilla on merkittävä rooli kaasu- ja öljysektorien päästöjen vähentämisessä. Täten myös merkittävät loppukäyttäjämaat, kuten EU,

voivat poliittisesti vaikuttaa tuotantoon ja siirtoon liittyvien päästöjen vähentämiseen myös Euroopan ulkopuolella.

IEA (2020 2.) raportoi, että metaanipäästöjen vaihtelu on suurta tuotantoalueesta riippuen. Alankomaiden ja Norjan kaasukentillä tehdyt mittauskampanjat ovat osoittaneet, kuinka parhailta yhtiöillä vuodot ovat vähäisempiä kuin aiemmin oletettu, samalla kun välinpitämättömillä yrityksillä ja/tai alueilla, jossa viranomaisvalvonta ja sääntely on heikkoa, vuotoja voi olla aiemmin oletettua enemmän. Vastakkaisesti esimerkiksi Algeriassa on satelliittimittauksissa todettu hyvin merkittäviä metaanivuotoja tuotantoalueilla. IEA:n mukaan öljy- ja kaasusektorin metaanipäästöistä voidaan välttää kolmannes kustannusneutraalisti, ja kohtuullisella hiilipäästöjen hinnoittelulla suurin osa investoinneista on kannattavia (IEA 2020 3.). Näin öljy- ja kaasusektorilla tarvitaan mittaus- ja raportointitapojen kehitystä, ja toisaalta edelläkävijäyritykset ovat osoittaneet, että metaanipäästöjen vähentäminen on järkevää ja taloudellista, ja ala voi tällä tavoin vähentää merkittävästi hiilijalanjälkeään.



Kuva 8: Öljy- ja kaasusektorin metaanipäästöt globaalisti. (IEA 2020)

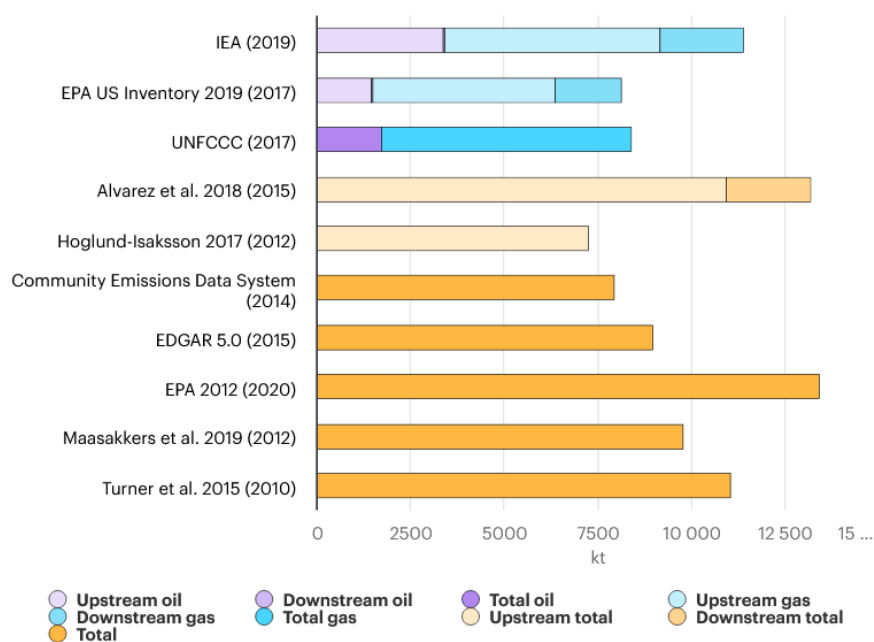
Kuva 10 vertailee eri arvioita globaaleista öljy- ja kaasusektorin metaanipäästöistä (IEA 2020 3.). Kokonaispäästöjen arviot vaihtelevat 63 ja 91 miljoonan tonnin välillä. Kuvassa on esitetty sinisellä öljy- ja vihreällä kaasusektorin päästöt, upstream päästöt vaaleammalla ja downstream tummemmalla sävyllä. Erityisesti kaasusektorin arviot vaihtelevat suuresti, ja tämä arvioiden epävarmuus saattaa osiltaan selittää miksi kaasusektorin päästöistä keskustellaan julkisuudessa tällä hetkellä.

Liuskekaasun tuotanto eroaa perinteisestä kaasuntuotannosta. Siinä kaasua tuotetaan poraamalla vaakatasossa, ja tuotanto stimuloidaan vedellä, kemikaaleilla ja kiinteillä partikkeleilla (hiekkä). Poraustapa on uusi, ja se kehittyy edelleen. Poraustapaan saattaa liittyä perinteistä porausta korkeampia riskejä. European Geosciences Union julkaisi vuonna 2019 tutkimuksen, jonka mukaan ilmakehän metaanin hiili-isotooppien suhde viittaa siihen, että viime vuosina ilmakehän kohonnut metaanipitoisuus on peräisin liuskekaasun tuotannosta (European Geosciences Union, 2019).

Yhdysvalloissa metaanipäästöt on viimeaikaisissa tutkimuksissa arvioitu suuremmiksi kuin virallisesti on raportoitu. Yhdysvaltain kaasua tuotetaan suuria määriä liuskekaasuesiintymistä vesisärötystekniikalla, ja kaasuinfra on osin vanhaa ja huonolaatuista, jotka selittävät epävarmuuksia päästöjen todellisissa määrissä (Alvarez et al., 2018). Liuskekaasun tuotannosta voi aiheutua suuria metaanipäästöjä, esimerkiksi Uinta Basinin esiintymästä Yhdysvaltain Utahissa on arvioitu, että metaanista vuotaa jopa 9% ilmakehään.

(Nature 2013) Uinta Basinissa on sekä liuskekaasun että tyypillisen maakaasuesiintymän tuotantoa. Myös Permian basinin kaasukentiltä on saatu satelliittimittauksilla tietoa, että päästöt ovat merkittävästi raportoituja korkeampia, ja korkeampia kuin maassa keskimäärin (Zhang et al. 2020). Yhdysvalloissa myös lainsäädäntö on yleisesti Eurooppaa löyhempää. Esimerkiksi kaikkialla ei tarvitse raportoida viranomaisille ilmaan päästetyn tai soihdutetun kaasun määrää, jolloin näitä tapahtuu, kun porattua kaasua ei saada hyödynnettyä, kuten Permian Basinissa (Zhang et al. 2020). Epävarmuus päästöjen määrästä kaasun tuotannossa liittyy vaihtelevaan regulaatioon osavaltioiden välillä; esimerkiksi useimmissa osavaltioissa ei tarvitse raportoida ympäristöviranomaisille soihdutetun kaasun määrää (US Department of Energy 2019 s. 55).

Comparison of IEA and other estimates



IEA. All rights reserved.

Note: years in parenthesis are the base year for each estimate. [See sources](#)

Kuva 11: Arvioita Yhdysvalloissa tapahtuvista metaanipäästöistä öljy- ja kaasusektorilta (IEA 2020c).

IEA:n methane trackerissa (IEA 2020c) arvioidaan, että Yhdysvalloissa syntyvät metaanipäästöt öljy- ja kaasusektorilla ovat noin neljänneksen korkeammat kuin kansallisen ympäristövirasto EPA:n sekä UNFCCC:n arvioissa on esitetty. Arvioita maan öljy- ja kaasusektorin metaanipäästöistä on kuvattu kuvassa 11. Yhdysvallat on noussut 2010-luvulla maailman suurimmaksi maakaasun tuottajaksi.

6. Kaasun siirto ja jakelu

Kaasun siirtoputkisto on mahdollinen lähde merkittäville metaanipäästöille; huoltotöissä tehdään ulospuhalluksia, kaasu voi vuotaa kompressoriasemilla, ym. Nämä vuodot ovat löydettävissä ja korjattavissa. Yleisesti ottaen, kaasuvuotojen määrä on verrannollinen siirtoputken pituuteen. Samoin päästöt ohjaava regulaatio on määräävä tekijä, esimerkiksi eri maissa on erilaisia käytäntöjä pitääkö maassa raportoida ulospuhallusten päästöjä. Nämä tekijät määrittelevät pitkälti paljonko kaasun siirrossa

vapautuu metaanipäästöjä; EU-tuottajamaista peräisin olevalla kaasulla on pienet kokonaispäästöt, kun taas EU:n ulkopuolisella kaasulla on suurta vaihtelua päästömäärissä.

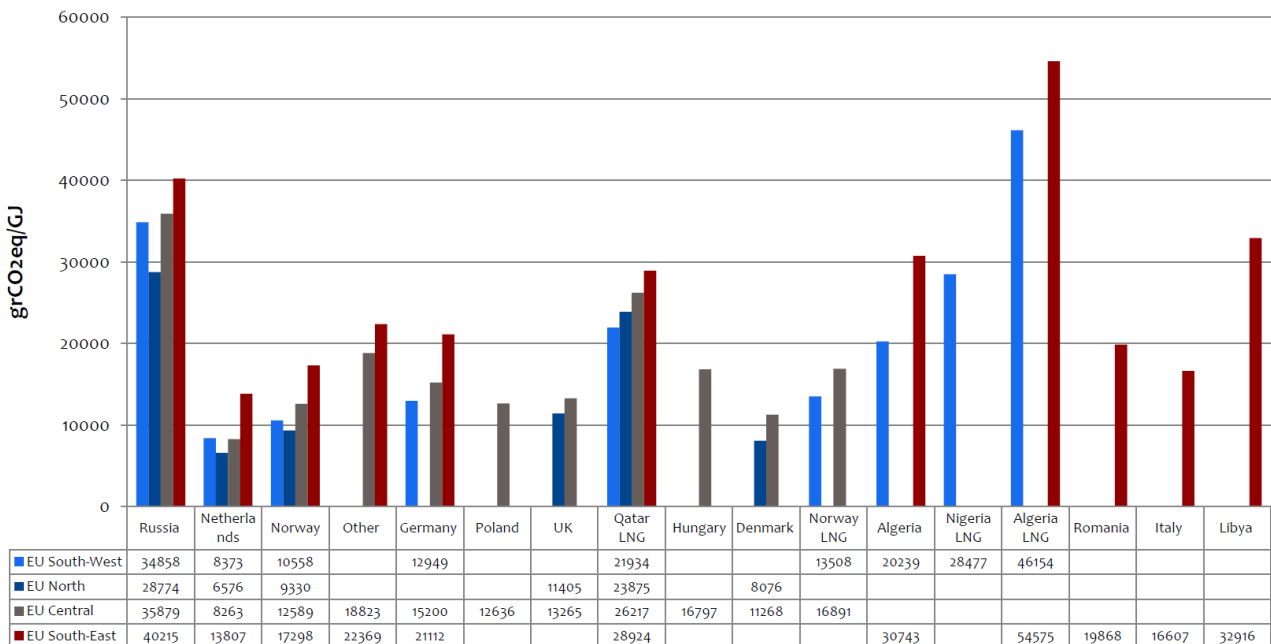
LNG vaikuttaa vuotavan vähemmän. LNG-tekniikka on kehittynyt nopeasti, ja vanhemmista aluksista ja laitoksista saattaa syntyä merkittäviä metaanipäästöjä. Uusi LNG-infra ja kalusto aiheuttaa vähän päästöjä.

Kaasua siirretään putkistoa pitkin, paineistamalla se kaasupulloihin, tai se voidaan nesteyttää LNG/LBG:ksi. Kaasuputkistoa alettiin maailmalla rakentaa kaupunkeihin jo 1800-luvun alkupuolella katuvalaistukseen. Tuolloin kaasu oli kaupunkikaasua, kaasuttamalla valmistettua hiilimonoksidi- ja vetytipoista kaasua. Helsingissä varhaisimmat kaasuputkistot tehtiin 1860-luvulla. Sitten kaasua on vaihtunut metaaniksi, maakaasun ja pienissä määrin biometaanin muodossa.

Kaasua kuljetetaan pitkiä matkoja siirtoverkkoa pitkin ja LNG:nä. Suomeen maakaasua tuotiin 2020 vuodenvaihteeseen asti lähes yksinomaan länsi-Siperian kaasukentiltä, usean tuhannen kilometrin matkan päästä. Suuri osa Euroopan maakaasusta on peräisin samoilta lähteiltä. Kaasuputkisto länsi-Siperiasta Eurooppaan on maailman pisin. Viime aikoina kaasua tuodaan Eurooppaan (ml. Suomi) LNG:nä yhä enemmän, ja alkuvuonna 2020 kaasua tuotiin enemmän Eurooppaan LNG-terminaalien kuin siirtoputkiston kautta.

Suomen kaasumarkkina avautui 2020 alussa, ja Balticconnector -siirtoyhteys Baltiaan avattiin. Tämä yhdistää Suomen Euroopan kaasumarkkinaan. Suomessa on kolme LNG-terminaalia, ja Liettuan Klaipedassa on erittäin suuren vastaanottokapasiteetin omaava LNG FSRU-terminaali. Latvian Inčukalnsissa on suurikapasiteettinen kaasuväestö, johon voidaan varastoida kaasua vuodenaikojen yli. Nämä tekijät yhdessä monipuolistavat Suomessa käytettävän maakaasun alkuperää.

CNG Streams



Kuva 12: hiili-intensiteettejä eri alkuperää olevien maakaasutuotteiden upstream-päästöille. (DG Ener 2015 s.465)

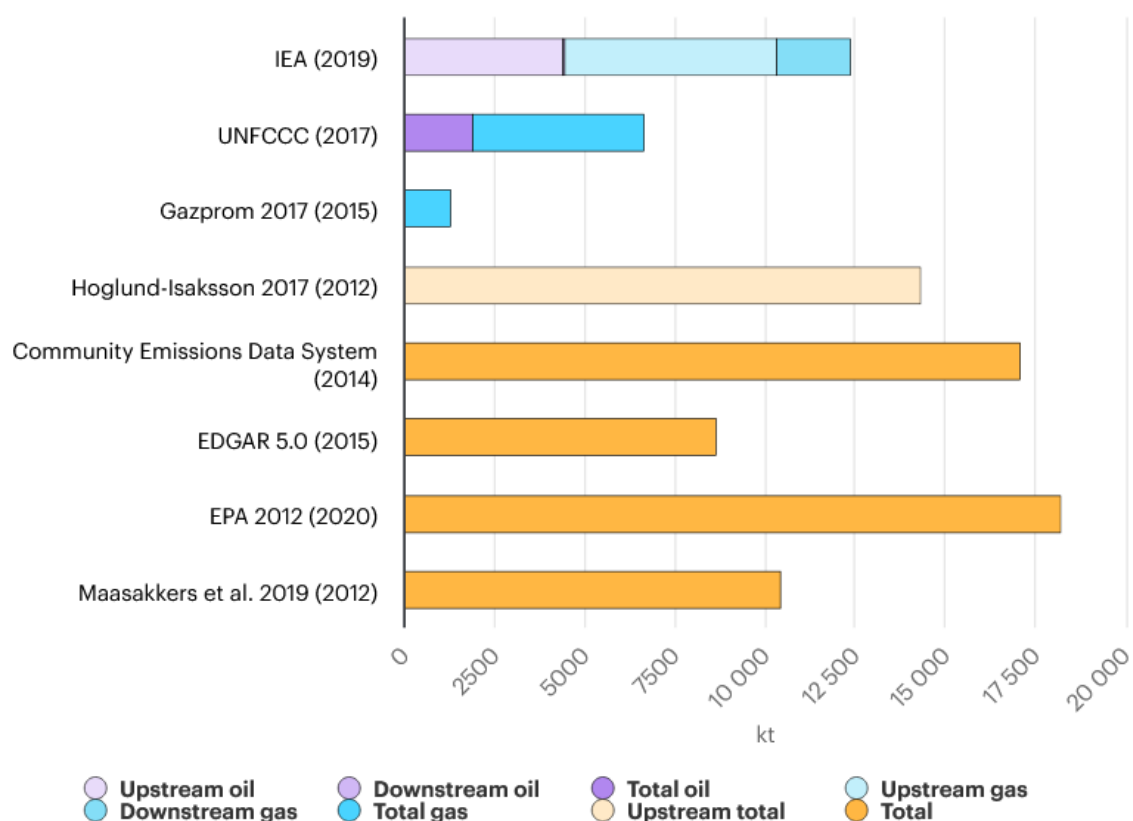
Kuva 12 esittää eri alkuperää olevien kaasujen tuotannon ja siirron päästöt, kun niitä käytetään eri puolilla Eurooppaa. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että pitempi siirto maanalaista putkea pitkin aiheuttaa enemmän ilmastopäästöjä. Tällöin Euroopassa lähellä käyttökohdetta tuotetusta maakaasusta tulee muita lähteitä vähemmän elinkaari-päästöjä. Kiinnostavaa on huomata Qatarista peräisin olevan LNG:n matalat

päästöt, jotka johtuvat lyhyestä siirtomatkasta tuotannosta nesteytyslaitokselle, sekä qatarilaisen raakamaakaasun matalasta hiilidioksidipitoisuudesta. (DG Ener 2015) Kaasun upstream -päästöt riippuvat toki myös tuotantoalueesta ja kaasua tuottavasta yrityksestä. Kappaleessa 5 tarkastellaan maakaasun tuotantoa.

Venäjä on maailman toiseksi suurin maakaasun tuottaja Yhdysvaltojen jälkeen. Maakaasun siirrosta Venäjältä on vuoden 2019 loppuun asti vastannut Gasum Oy. Vuoden 2020 alussa Suomeen syntyi kaasun siirtoverkosta vastaava yhtiö Gasgrid Finland Oy. Gasum on julkaissut lokakuussa 2019 Pöyryn tekemän tutkimuksen maakaasun elinkaaripäästöistä. Tutkimus kattaa päästöt kaasun tuotannosta Siperiassa, siirron Siperiasta Suomeen sekä Suomen siirtoverkon päästöt, sekä arvion jakelun ja loppukäytön päästöistä. Pöyryn mukaan Siperiassa tuotetun ja Suomessa käytetyn maakaasun elinkaaripäästöt ovat yhteensä 68,76 g CO₂/MJ, josta 13,25 CO₂/MJ (19%) on peräisin tuotannosta ja siirrosta Venäjällä, 0,21 CO₂/MJ (alle 1%) siirrosta ja jakelusta Suomessa, ja 55,30 CO₂/MJ (80 %) käytössä Suomessa (ml. liikenne, CHP, teollisuus). Metaanivuotojen osuus elinkaaripäästöistä oli vain 3 %. (Pöyry 2019 s.23)

Gazprom (2018) raportoi metaanipäästönsä ympäristöraportissaan. Gazpromin kasvihuonekaasupäästöraportointi on KPMG:n varmistama. (Gazprom 2018, 79) IEA:n Methane Tracker kuitenkin kyseenalaistaa Gazpromin raportoinnin. Methane Trackerissa vertaillaan eri arvioita maan kokonaismetaanipäästöistä öljy- ja kaasuteollisuudesta. IEA:n oma arvio (IEA 2020c) on noin moninkertainen Gazpromin arvioon verrattuna. Arvioita vertaillaan kuvassa 14. Taulukkoa tulkittaessa on huomattava että Gazprom raportoi vain kaasusektorin päästöt, kun IEA:n arviossa on sekä kaasu- että öljysektorit.

Comparison of IEA and other estimates



IEA. All rights reserved.

Note: years in parenthesis are the base year for each estimate. [See sources](#)

Kuva 14: Arvioita Venäjällä tapahtuvista metaanipäästöistä öljy- ja kaasusektorilta (IEA 2020c).

(On huomattava, että Pöyry käyttää uudempaa raportointia kuin tässä IEA:n taulukossa esitetty 2015. Nämä eri tutkimukset eivät ole siis yksiselitteisesti vertailukelpoisia.)

6.1 Kaasun jakeluputkisto

Kaasun jakeluputkistot ovat maailmanlaajuisesti merkittävä metaanivuotokohde. Jakeluputkistot sijaitsevat kaupungeissa, jossa niiden huolto ja korjaus voi olla kallista ja vaikeaa. Voluomit jakeluputkistoissa ovat pieniä, jolloin vuotojen korjaaminen ei välttämättä ole kustannustehokasta. Vuodot jakeluputkistoissa aiheuttavat kuitenkin turvallisuusriskin kaupungeissa, jonka vuoksi vuotoja on korjattu aktiivisesti maissa joissa päästöregulaatio on tiukkaa, esimerkiksi Suomessa ja Euroopassa. Yhdysvalloissa taas on kaupunkeja, joissa jakeluputkistojen päästöt ovat suuria. Vastaava on mahdollista myös muualla maailmassa. Lisätutkimusta tarvitaan, ja toivottavasti satelliittimittauksen kehittyminen tuo läpinäkyvyyttä jakeluverkoston päästöihin.

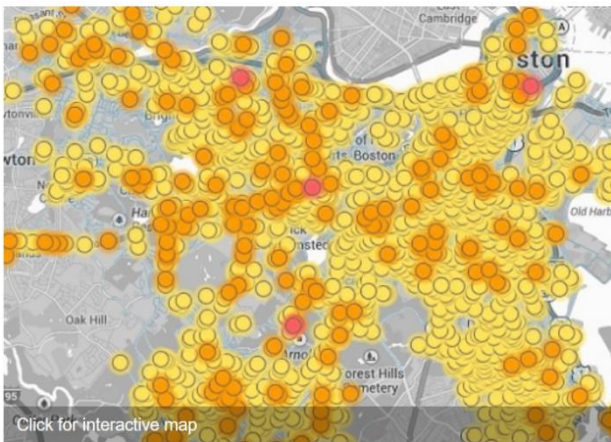
Kuten kappaleen 5 alussa mainittiin, kaupunkien jakeluputkisto on osittain erittäin vanhaa, joskus satavuotiasta. Nämä vanhat valurautaputkistot vuotavat sen vuoksi, että putkistot on alun perin tarkoitettu

kaupunkikaasulle, joka on vety- ja häkäpitoista kaasua, joka on valmistettu puusta, kivihiilestä tai muusta kiinteästä polttoaineesta. Putkistot olivat valurautaa, ja niiden saumakohtia oli vahvistettu hammppukuidulla. Kaupunkikaasussa oli kosteutta, joka turvotti hammppukuidun tiiviiksi. Maakaasussa sen sijaan ei ole kosteutta, joten se vuotaa näistä vanhoista saumakohdista. Voidaan olettaa, että muualla maailmassa vuotoa tapahtuu ainakin osittain samasta syystä; kaupunkikaasuverkostoa syntyi Euroopan suurkaupunkeihin 1800-luvun puolenvälin paikkeilla, kun taas maakaasu otettiin käyttöön monin paikoin vasta toisen maailmansodan jälkeen. Nykyään käytetään polyeteenistä valmistattua jakeluputkistoa, jonka tiiveys todennetaan paine- ja tiiveyskokein. Suomessa vanha valurautaputkisto on lähes kokonaan korvattu, sitä on kirjoittaessa (2020) jäljellä vain Helsingissä, alle 20 kilometriä. Saksalainen kaasun jakeluyhtiöiden yhteisyritys Thüga kertoo, että Saksassa metaanipäästöjä on vähennetty 90 % viimeisen 30 vuoden aikana (Hennig 2020). Pääasiallinen motivaatio tähän on aiemmin ollut turvallisuus, nykyään myös ilmastonmuutos.

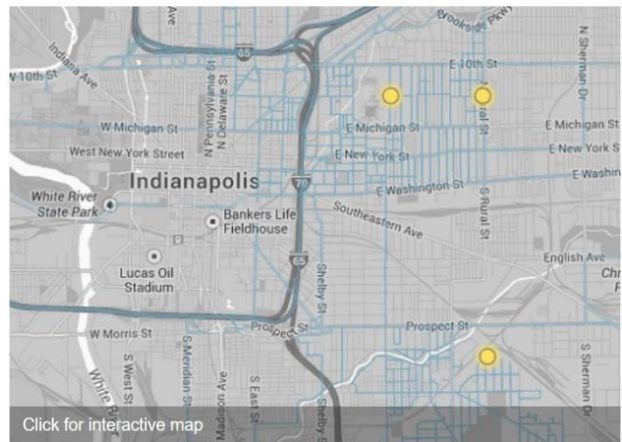
Auris Kaasunjakelu raportoi, että heidän jakeluputkistostaan vuosi 1,42 GWh vuonna 2019, joka on 0,16 % yrityksen jakelemasta 887 GWh:sta kaasua. Vuodot tapahtuvat vanhojen valurauta- ja teräsputkien alueella. Suomen Kaasuenergia on uusinnut putkistoaan jatkuvasti alue kerrallaan, ja jakeluputkiston päästöt ovat laskeneet noin 20 % vuodessa 2015 lähtien. Yritys on Suomen suurin kaasunjakelija, joka operoi yhteensä 759 km jakeluputkistoa (jakeluputkistoa koko Suomessa 2011 km, luvut vuodelta 2018).

Maailmalla jakeluputkisto on paikoin yhä erityinen huolenaihe. Alla olevat kartat (Environmental Defense Fund) kuvaavat eroa vanhojen ja uusien putkistojen eroja metaanivuotojen lähteinä.

Boston: Older pipes, more leaks



Indianapolis: Newer pipes, fewer leaks



Kuva 15: metaanipäästöt jakeluverkosta Bostonissa ja Indianapolisissa (Environmental Defense Fund)

7. Biokaasusektori

Biokaasu on päästömielessä erityistapaus; maakaasun tapaan biokaasu on suurimmaksi osaksi metaania, ja ilmakehään päästessään sillä on samanlaisia ilmastovaikutuksia kuin fossiilisella metaanilla. Biokaasun tuotannolla kuitenkin voidaan alentaa jäte- ja maatalossektorien metaanipäästöjä, jolloin päästötase on huomattavasti parempi, jopa hiilinegatiivinen.

Biokaasun tuotannossa merkittäviä metaanivuotoja voi tapahtua syötteen varastoinnissa sekä mädätteen jatkokäsittelyssä. Biokaasun jalostus biometaaniksi tapahtuu eri tekniikoin, ja joillain puhdistustekniikoilla metaanivuotoja tapahtuu, kun biometaanista erotettu sivutuotekaasu (off gas) päästetään ilmaan. Kiintoaineksen ja sivutuotekaasun päästöt ovat merkittävimmät metaanipäästölähteet biokaasusektorilta. Muita pienempiä päästöjä voi tapahtua laitoksen soihdussa, kaasumoottorissa ja varoventtiilissä.

Biokaasu on orgaanisesta aineksesta anaerobisella käymisellä tuotettua metaanipitoista kaasua. Se voidaan jatkojalostaa maakaasua vastaavaksi biometaaniksi poistamalla siitä muut yhdisteet, kuten hiilidioksidi, typpi ja rikkiyhdisteet.

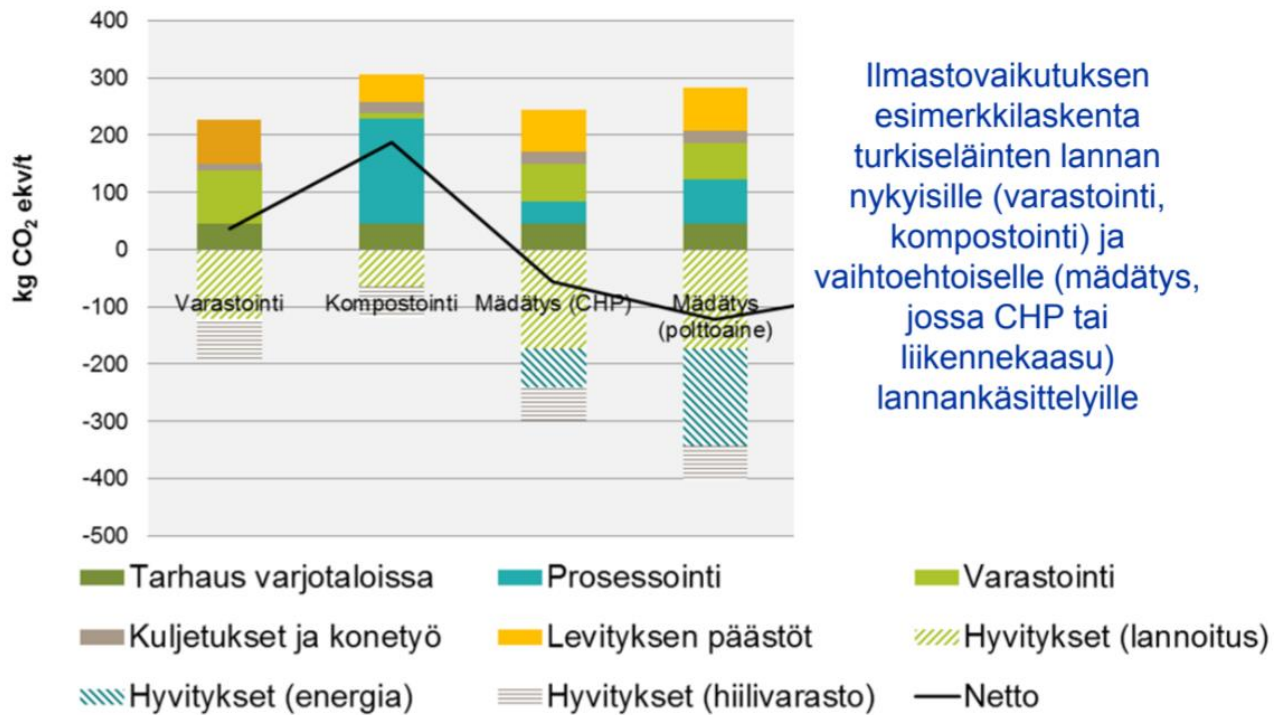
Biokaasua syntyy biokaasureaktoreissa, mutta myös kaatopaikoilla ja jätekasosissa. Kaatopaikalla syntyneet metaani on merkittävä kasvihuonekaasu, joka vastasi 5 % kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2017 (Eurostat 2020).

Metaania syntyy myös maataloudessa, pääasiassa märehitijöiden ruuansulatuksessa. Yksi lehmä tuottaa vuodessa noin 100 kiloa metaania, joka vastaa ilmastovaikutuksiltaan henkilöautoa, jolla ajetaan vuodessa 10 000 kilometriä. Maatalous on selvästi suurin metaanipäästölähde Suomessa, vastaten 46 % Suomen metaanipäästöistä, ja maataloudessa syntyneet metaani vastaa 7 % kaikista Suomen ilmastopäästöistä. EU:n alueella maatalous vastaa 52 % metaanipäästöistä ja maatalouden metaanipäästöt 6 % kaikista EU:n kasvihuonekaasupäästöistä (Eurostat 2020).

Jäte- ja maataloussektorin metaanipäästöt ovat siis merkittäviä, ja niitä voidaan ehkäistä kompostoinnilla, soihdutuksella tai biokaasureaktorissa, joissa metaani muunnetaan vähemmän ilmastohaitalliseksi hiilidioksidiksi. Biokaasun tuotanto on ihanteellinen ratkaisu, koska se mahdollistaa metaanin energiasisällön hyödyntämisen, ja maataloudessa myös kiinteän aineksen ravinteiden hyödyntämisen ruuantuotannossa.

Biokaasun tuotannossa voidaan kuitenkin hyödyntää myös biomassoja, joilla olisi muuta käyttöä, tai pahimmillaan ruoka-aineita kasvatetaan biokaasun tuotantoon, jolloin syötteen tuotanto kilpailee ruuantuotannon kanssa. Kun tämän lisäksi huomioidaan prosessissa mahdollisesti ilmakehään pääsevä metaani, biokaasun ilmastovaikutus on tapauskohtainen, eivätkä rajaukset ole selviä; huomioidaanko esimerkiksi laitoksen oma energiankäyttö, polttoaineet joita biokaasu korvaa, lannoitteet joita mädäte korvaa, tai lannoitteet joita on käytetty syötteen kasvatukseen. EU:n RED II -direktiivi puuttuu tähän. Direktiivin mukaan biokaasu ei saa korvata ruuantuotantoa, ja lisäksi muutokset maaperän hiilitaseessa on huomioitava.

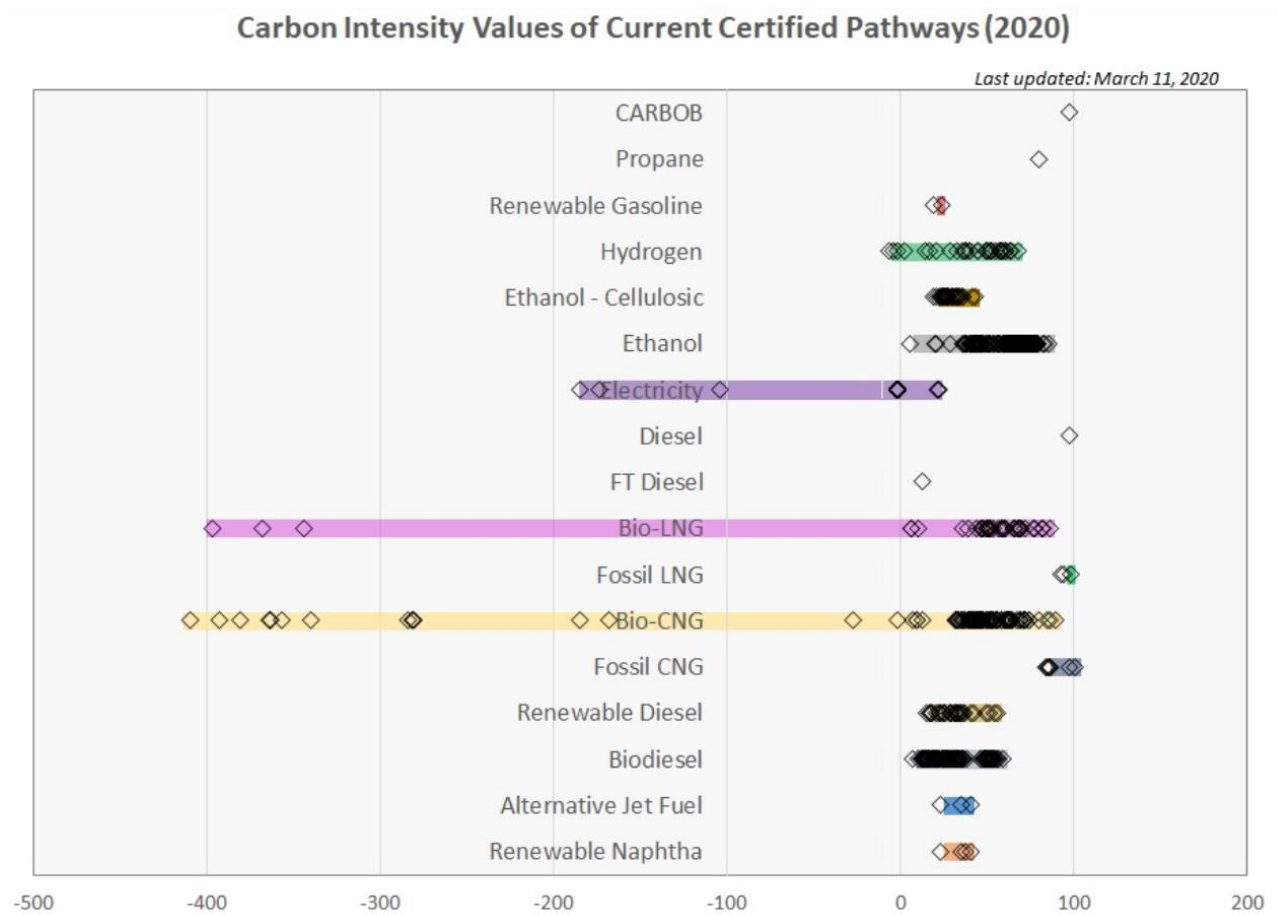
Kuvassa 16 on Luonnonvarakeskuksen esimerkkilaskelma turkistarhan lantojen jätteenkäsittelyvaihtoehdoista, ja biokaasun hyödyntämistavoista. Se kuvaa, kuinka biokaasun tuotanto on hiilinegatiivista, kun huomioidaan energiakäytön vaihtoehdot polttoaineet. Biokaasusektoria kannattaa siis kehittää, jotta sillä voidaan korvata mahdollisimman laajasti fossiilisia energianlähteitä sekä kaivannaisiin perustuvia lannoitteita.



Kuva 16: Esimerkki turkiseläinten lannasta valmistetun biokaasun hiilitase. Taulukko Lehtoranta et al. Turkisteho -hankkeen raporttiluonnoksesta. (Luostarinen 2020)

Kuvassa 17 on Kaliforniassa tehty koontatutkimus, jossa vertaillaan erilaisten vaihtoehtoisten liikenteen käyttövoimien elinkaaren ilmastovaikutuksia. Kuten kuvasta huomataan, biometaanilla (Bio-LNG ja Bio-CNG) on suuri vaihteluväli, ollen pahimmillaan lähes fossiilista dieseliä vastaava, ja parhimmillaan moninkertaisesti hiilnegatiivinen. On huomioitava, että Kaliforniassa ei ole vastaavia kestävyyskriteerejä kuin EU:ssa, ja ruuantuotantoon sopivien syötteiden käyttö on mahdollista, joka selittää huonoimmat

tulokset. Lisäksi, nesteytetyllä biometaanilla (Bio-LNG) voidaan korvata energiäkäyttöä joka on vaikeaa tai mahdotonta sähköistää, kuten raskas tieliikenne, meriliikenne, ilmailu ja teollisten prosessien polttoaineet.



Kuva 17: Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien hiili-intensiteetti verrattuna fossiiliseen bensiiniin ja dieseliin. (California Air Resources Board 2020).

7.1 Metaanivuodot biokaasusektorilta

Biokaasun tuotantolaitoksilla voi syntyä metaanipäästöjä. Nämä ovat hyvin tapauskohtaisia, liittyen laitoksen kokoonpanoon, tekniikoihin, materiaaleihin ja operointiin. IEA:n bioenergy task 37 tutkii biokaasua, ja tehtäväpaketissa on myös raportti (Agostini, et al. 2017) biokaasun tuotannon metaanipäästöistä.

Raportti nostaa keskeisiksi ongelmakohtiksi seuraavat:

- **Mädätysjäännöksen varastoinnista tai kompostoinnista syntyvät päästöt.** Tähän suositellaan torjuntakeinoksi suljettua jälkivarastointia, josta metaani otetaan talteen, tai monivaiheista mädätystä. Syötteiden varastointi pitäisi olla mahdollisimman lyhytaikaista, koska metaania alkaa muodostua syötekasoissa.
- CHP-käytössä olevan **kaasumoottorin** metaanipäästöt, sekä **soihdutus**. Näitä voidaan minimoida seuraamalla ja optimoimalla moottorin ja soihdun toimintaa.
- Raportin mukaan biokaasulaitosten **varoventtiili** on altis vuodoille. Varoventtiilin käyttöä tulisi välttää, eli ensisijaisesti kaasu tulisi hyödyntää, toissijaisesti soihduttaa, ja varoventtiili tulisi olla vain viimeinen hätävaihtoehto.

- **Syötteitä** ei pitäisi varastoida, vaan ne pitäisi syöttää reaktoriin suoraan.

Raportissa on tuloksia raja-arvoista kuinka paljon metaania voi päästä ilmakehään, että biokaasu on yhä ympäristöystävällistä. Tulokset ovat monitahoisia, riippuen syötteistä ja energian hyödyntämisestä. Koska tiettyjen syötteiden kohdalla vaihtoehto biokaasureaktorille on että metaani vuotaa hallitsemattomasti ilmakehään, vuodot voivat olla merkittäviäkin ja biokaasun tuotanto on yhä edullista ilmastomielessä; lannan mädätyksessä jopa yli 7 % metaanivuoto ei ole huonompi kuin lannan varastointi (Agostini et al. 2017 s. 44).

Kun biokaasua jalostetaan biometaaniksi, puhdistusprosessissa voi syntyä metaanipäästöjä epätoivottujen kaasujen mukana (engl. off gas). Hoyer et al. (2016) vertaili eri puhdistustekniikoita, ja niissä voi päästä parhaimmillaan seuraavanlaisiin metaanipäästömääriin:

- Pressure swing adsorption (PSA) 1-1.5%
- Vesipesuri 1%
- Amiinipesuri <0.1%
- Membraanierottelu 0.5%
- Organic physical scrubber 0.5-2%
- Kryogeeninen puhistus (ei dataa)

7. Kaasun käyttö

Kaasun teollisuuskäyttö saa yleisesti ottaen puhtaat paperit. Kaasuvuodot ovat aina olleet turvallisuusriski, joten niiden kanssa ollaan tarkkana. Teollisuudessa kaasuvuodot aiheuttavat lisäksi prosessihäiriöitä, eli niiden huoltamiseen suhtaudutaan erityisellä tarkkuudella.

EU:ssa teollisuuden ja lopputuotteiden päästöt ovat erittäin matalat. Eurostatin mukaan koko EU:n energiasektorin metaanipäästöt ovat 11,79 Mt, joka vastaa 5 % ihmisperäisistä metaanipäästöistä (Eurostat 2017).

Maissa, joissa turvallisuus- ja ympäristösääntely on leppompaa, metaanivuotoja voi tapahtua enemmän. IEA suosii yleisesti prosessien ja käyttölaitteiden sähköistämistä.

8.1 Teolliset prosessit

Teollisissa prosesseissa metaanivuodot ovat erityisen epätoivottavia. Metaanipäästöt teollisuusympäristössä aiheuttaa ilmastopäästöjen lisäksi riskejä prosessiturvallisuudessa syttymisvaaran vuoksi, painehäviöitä, jotka johtavat prosessihäiriöihin, sekä taloudellista hävikkiä kaasun volyymien ollessa teollisuudessa yleensä suuria. Näistä syistä teollisuuslaitoksissa ei metaanivuotoja tapahdu juurikaan. Taulukosta 5 selviää, ettei Suomen teollisuussektorilta tule metaanipäästöjä, vaikka yli puolet suomessa käytettävästä maakaasusta käytetään teollisuudessa. Sama selviää EU:n metaanipäästöistä (taulukko 1); EU:n sektoriluokittelussa vain 0,3 % metaanipäästöistä tapahtuu teolliset prosessit ja lopputuotteet - sektorilla.

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018*
	Milj. tonnia CO ₂ -ekv.												
CO ₂	3,7	3,4	3,9	4,0	4,6	4,6	4,4	4,2	4,0	4,2	4,5	4,3	4,4
CH ₄	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N ₂ O	1,7	1,5	1,4	1,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
F-kaasut yhteensä ²	0,1	0,2	0,7	1,2	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3
Yhteensä	5,4	5,1	6,0	6,8	6,2	6,1	6,0	5,9	5,7	5,9	6,1	5,9	5,9

Taulukko 5: Teollisuusprosessien ja tuotteiden kasvihuonekaasupäästöt 1990-2018 (Tilastokeskus 2019)

Teollisessa ympäristössä venttiileissä voi olla vuotoriski. Siksi venttiilien tulee olla käyttötarkoitukseen sopivia, standardisoituja, ja täyttää ympäristönsä määrittelemät kriteerit (paine, lämpötila, ATEX, ym.). Venttiileitä ja niiden vuotomääriä ohjaa standardit TA – Luft VDI 2440 sekä EN ISO 15848-1. Näissä kerrotaan tarkemmin venttiilien ominaisuuksista, mukaan lukien vuotoherkkyys.

8.2 Meriliikenne ja moottorit

Meriliikenteen kaasumoottoreissa metaania vuotaa pakokaasun seassa moottorin tehon vaihdellessa. Moottorit on optimoitu toimimaan tietyllä teholla. Moottorin optimaalisella tehoalueella vuotoa ei tapahdu. Kun taas tehoa lasketaan tai nostetaan jatkuvasti, esimerkiksi satamissa, metaania vuotaa. Samantapaisella käyttöprofiililla myös dieselmootoreiden lähipäästöt ovat suurimpia.

Tällä perusteella voi päätellä, että LNG:tä tulee suosia ennen kaikkea suurissa valtamerialuksissa, joiden matkasta suurin osa tapahtuu avomerellä täydellä moottoriteholla. Metaanivuotoriskiä on enemmän pienissä rannikkoaluksissa joilla on hyvin vaihteleva tehoprofiili, kuten hinaajissa tai losseissa.

Matkustaja-alukset ovat näiden kahden välimaastosta – riippuu paljonko alus pysähtele, moniko sillä matkustaa ja paljonko rahtia kulkee, jne. Periaate on kuitenkin sama; Pitkiä matkoja tekevä suuren kapasiteetin moderni risteilijä pystyy käyttämään moottoreitaan optimaalisemmin ja vähäpäästöisemmin kuin pienemmät ja useita pysähdyksiä tekevät alukset.

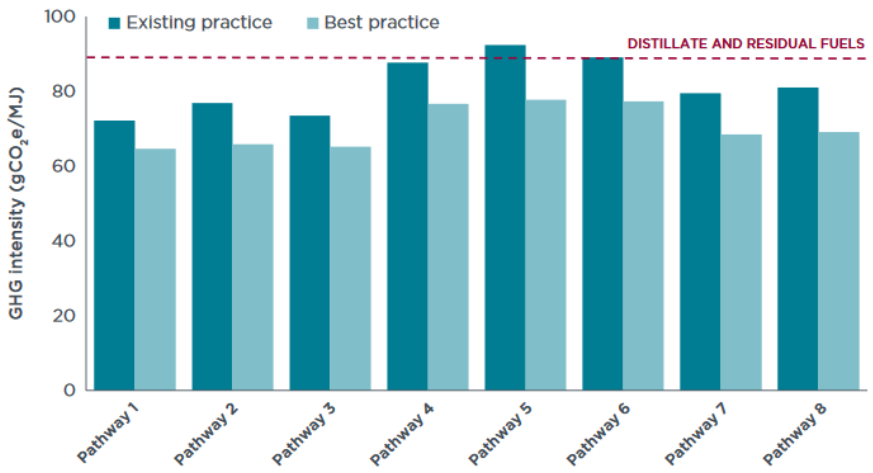
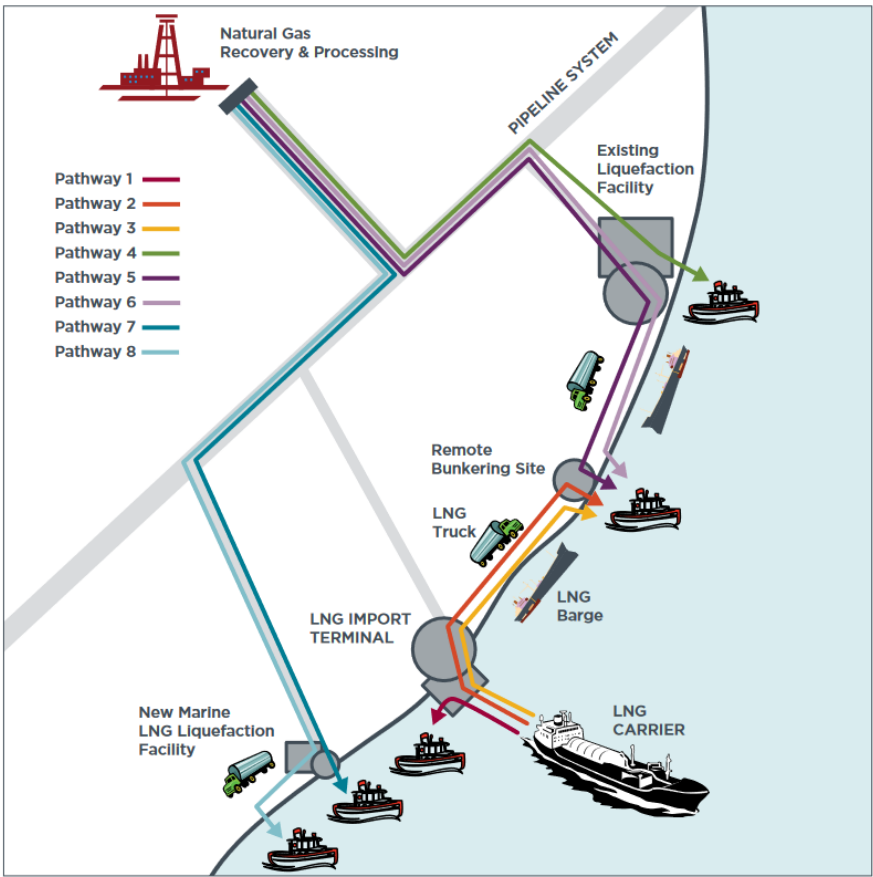
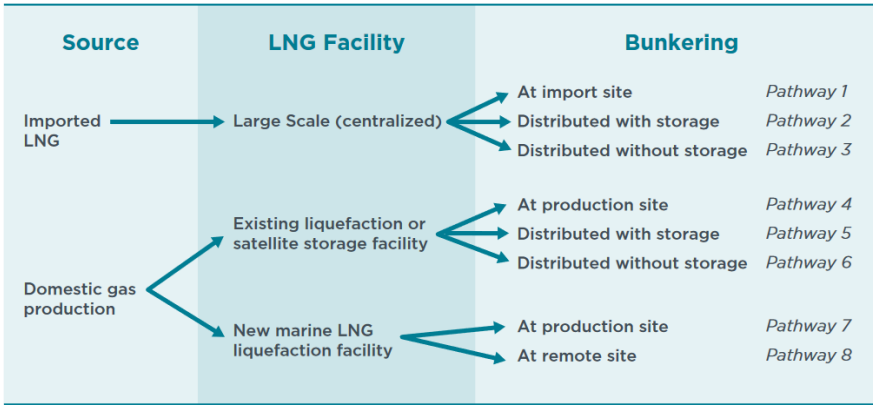
Kansainvälisen meriliikenteen ilmastopäästöjä kontrolloidaan IMO:n MARPOL -sopimuksen kautta. Sen 4. litteen 4. kappale määrittelee mekanismit, joilla päästöjä kontrolloidaan; *Energy Efficiency Design Index (EEDI)* joka koskee uusia aluksia, sekä *Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)* joka koskee kaikkia aluksia. Nämä sopimukset koskevat yli 400 tonnisia aluksia, ja ne ovat tulleet voimaan vuoden 2013 alusta. Vuonna 2018 IMO asetti tavoitteen laskea meriliikenteen kasvihuonekaasupäästöjä 50 % vuoden 2008 tasosta vuoteen 2050. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi kiristetään EEDI:n kriteerejä, sekä muita tapoja vähentää päästöjä, kuten energiatehokkuutta, matalampia nopeuksia, metaanin ja VOC-päästöjen rajoituksia, vaihtoehtoisia käyttövoimia sekä markkinaehtoisia mekanismeja. Tavoitteet kiristyvät ajan myötä; esimerkiksi vuonna 2025 rakennettujen laivojen tulee olla 30 % energiatehokkaampia kuin vuonna 2014 rakennetut. (IMO 2020)

Thinkstep (2019) julkaisi kattavan katsauksen LNG:n ilmastovaikutuksista. Katsauksen keskeinen johtopäätös on, että polttoaineen vaihto raskaasta polttoöljystä LNG:lle laskee yleensä elinkaaripäästöjä (well to wake) 14 ... 21 % kaksitahtimoottoreilla ja 7 ... 15 % nelitahtimoottoreilla. Metaanivuodot pienentävät ilmastohyötyä. Niitä tapahtuu erityisesti matalapaineisissa ottomoottoreissa (metaanivuodon osuus 10 ... 17 % elinkaaripäästöistä), kun taas korkeapaineisissa dieselmootoreissa metaanivuoto on marginaalista (alle 1 % elinkaaripäästöistä). Moottoreissa tapahtuva metaanivuotoa tapahtuu, kun

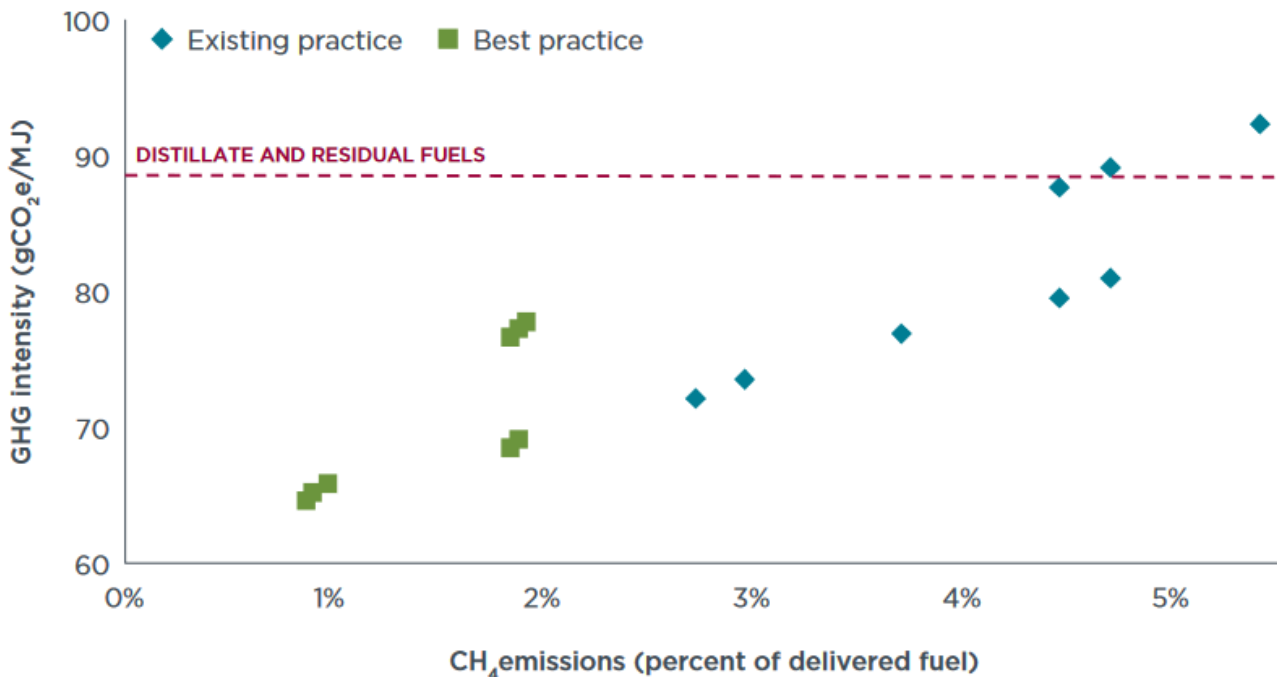
palotilassa on taskuja, jossa kaasu ei syty. Metaanivuotoa on onnistuttu vähentämään viime vuosina merkittävästi kehittämällä moottorin palotilan suunnittelua.

Ushakov, Stenersen ja Einang (2018) sekä Stenersen ja Thonstad (2017 s. 37) vertailivat eri kaasumoottorityyppejä, sekä testioloissa että normaalissa käytössä. Moottorityyppien välillä oli eroja, samoin kuin niiden valmistusajankohdan; vuoden 2010 jälkeen valmistetut kaasumoottorit päästivät lävitseen vähemmän metaania. Moottoreiden käydessä vajeatoholla tapahtui enemmän metaanivuotoa. Tutkimuksessa myös havaittiin, että tietyissä moottorityypeissä (erityisesti LBSI) tapahtuu metaanivuotoa, kun NO_x-päästöjä kontrolloidaan; LBSI-moottoreissa voidaan saavuttaa matalat metaani- tai NO_x-päästöt, mutta ei molempia samaan aikaan. Tällöin moottorin tulisi suunnitella niin, että palossa syntyy mahdollisimman vähän metaanipäästöjä, ja typen oksidien päästöjä kontrolloidaan neutraloimalla niitä savukaasusta.

Lowell, Wang & Lutsey (2013) tutkivat LNG:n elinkaaripäästöjä verrattuna meriliikenteessä käytettäviin polttonesteisiin. Seuraavalla sivulla (kuva 9) kuvaillaan metaanipäästöjen eroja erilaisissa LNG:n arvoketjuissa.



Kuva 98: LNG:n erilaisia arvoketjuja. (Lowell, Wang, Lutsey 2013)



Kuva 19: LNG:n päästövähennykset Lowell, Wang & Lutsey (2013) mukaan.

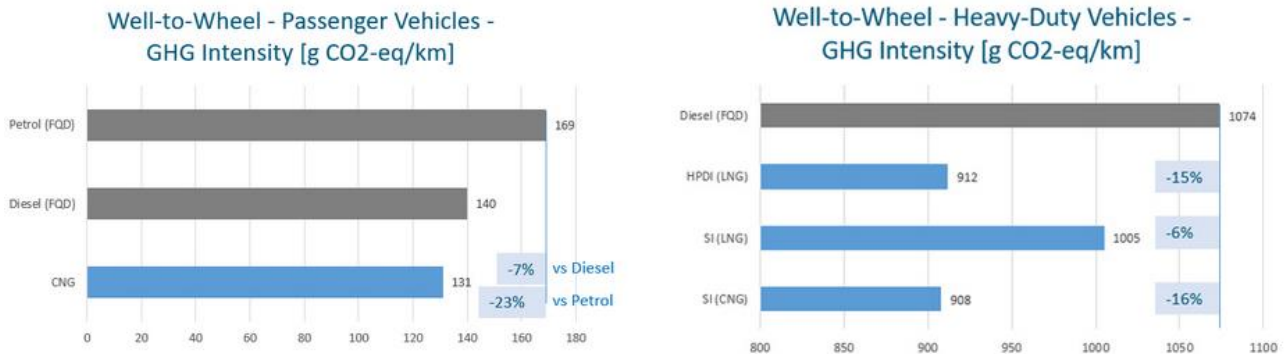
Tuloksista (kuvat 18 ja 19) nähdään, kuinka LNG saattaa tietyissä arvoketjuissa aiheuttaa polttonesteitä suurempia päästöjä. Kuvasta 19 selviää, kuinka parhaiden käytäntöjen käyttöönotolla LNG-arvoketjussa saadaan merkittävää päästöjen vähenemistä kun metaanivuodot minimoidaan myös niissä arvoketjuissa, missä metaanipäästöjä esiintyy merkittävässä määrin.

Suosittelavaa on siis huomioida metaani päästörajoituksissa, ja edelleen kehittää kaasumoottoreita, esimerkiksi moottorin palotilan suunnittelulla ja metaanin hapettumista edistävillä katalyyteillä. (IMO 2016, s. 66, Ushakov, Stenersen ja Einang 2018)

Meriliikenteen metaanivuotoja tarkastellessa, on erityisen tärkeää huomioida parametrit; käytetäänkö GWP20 vai GWP100 -arvoa, huomioidaanko toimitusketjun päästöt, ja huomioidaanko ne yhteneväisesti verrokipolttoaineella (HFO), sekä mitä toimitusketjua tarkastellaan; Pohjois-Euroopassa, Pohjois-Afrikassa, Qatarissa ja Amerikoissa tuotetulla LNG:llä on suuria eroja, kuten kappaleessa 5 kuvailtiin.

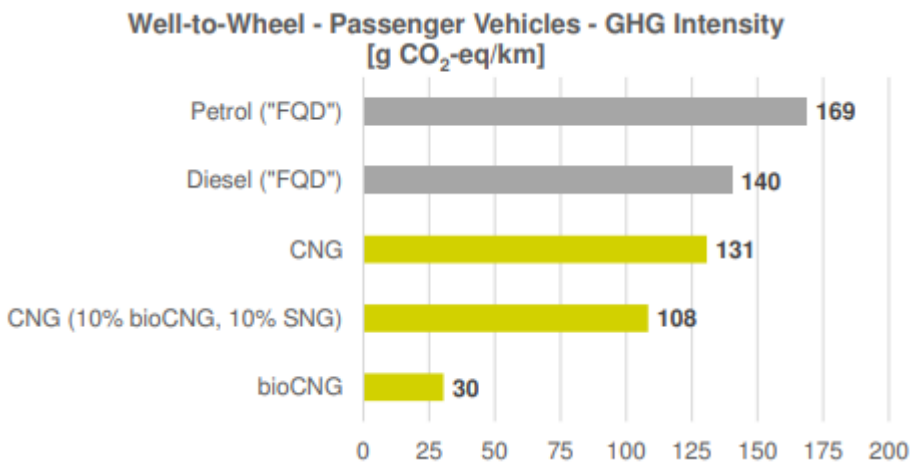
8.3 Tieliikenne

Thinkstep (2017) tutki kaasuaajoneuvojen elinkaaripäästöjä, ja vertaili näiden päästöjä vastaaviin bensiini- tai dieselmoottorilla varustettujen automallien päästöihin. Tutkimus kattoi kaikki elinkaaripäästöt. Maakaasukäyttöisten henkilöautojen kasvihuonekaasupäästöt todettiin 23 % alhaisemmiksi kuin bensiinikäyttöisellä autolla, ja 7 % alhaisemmaksi kuin dieselautolla. CNG-käyttöisen raskaan kaluston päästöt todettiin 16 % alhaisemmiksi kuin dieselillä, ja LNG-käyttöisen raskaan kaluston päästöt 6 ... 15 % pienemmäksi. Tuloksia esitellään kuvassa 20.



Kuva 20: vertailu maakaasun ja polttonesteiden ilmastopäästöissä. (Thinkstep 2017)

Kun maakaasuun sekoitetaan uusiutuvia kaasuja, ilmastohyödyt ovat vielä selkeämpiä, kuten nähdään kuvasta 21.



Kuva 10: vertailua henkilöauton polttoaineiden elinkaari päästöjen välillä (Thinkstep 2017).

Thinkstepin tutkimuksessa esitettiin arvio kokonaismetaanipäästöille maakaasun arvoketjussa. Kokonaispäästöiksi arvioitiin 0,782 tilavuus-% CNG:lle ja 1,228 tilavuus-% LNG:lle, kuten nähdään taulukosta 6.

	CNG Vehicles (SI) [wt.%]	LNG Vehicles (HPDI) [wt.%]
Vehicle	0.131 wt. %	0.155 wt. %
Fuel dispensing	0.051 wt. %	0.210 wt. %
Gas transmission, storage and distribution	0.209 wt. %	0.002 wt. %
Feedstock transport (Pipeline, LNG-carrier)	0.100 wt. %	0.021 wt. %
Gas production, processing and liquefaction	0.291 wt. %	0.840 wt. %
TOTAL	0.782 wt. %	1.228 wt. %

Taulukko 6: metaanivuodot maakaasun arvoketjun eri vaiheissa (Thinkstep 2017).

9. Päästöjen kontrollointi: poliittiset ohjaukset ja teollisuuden hankkeet

Metaanipäästöjä kontrolloidaan poliittisin ohjauksin, tai öljy- ja kaasuteollisuuden omilla, vapaaehtoisilla hankkeilla. IEA arvioi, että noin kolmannes metaanivuotojen hallintatoimista laskee kustannuksia.

Kuten aiemmissa kappaleissa on kuvattu, metaanivuodot voidaan nykytekniikalla havaita ja paikata. Joskus taloudellinen kannuste ei kuitenkaan riitä; esimerkiksi kaasuverkon omistaja ei välttämättä omista siirtämänsä kaasua, ja siten ei välitä hävikistä. Toisessa tapauksessa, korjaus saattaisi olla kannattava, mutta takaisinmaksuaika on yksinkertaisesti liian pitkä. Kun vielä huomioidaan, että suurin osa korjauksista aiheuttaa nettokustannuksia, metaanipäästöjen vähentämiseen tarvitaan regulaatiota.

Teollisuudella on erilaisia metaanipäästöihin liittyviä hankkeita. *Methane Guiding Principlesin* tavoitteena on lisätä ymmärrystä ja löytää parhaita toimintatapoja sekä antaa suosituksia metaanipäästöjen poliittisistä rajoituskeinoista. Oil and Gas Climate Initiative (OGCI) tavoitteena on parantaa tiedonkeruuta metaanipäästöistä ja kehittää teknologioita päästöjen rajoittamiseksi. OGCI:n tavoitteena on vähentää tuotannon ja siirron yhteenlasketut päästöt 0,25 % 2025 mennessä nykyisestä 0,32 %:sta, ja myöhemmin alentaa ne 0,2 %:iin. *Oil & Gas Methane Partnership* tarjoaa käytäntöjä päästöjen tunnistamiseen ja niiden korjaamiseen sekä foorumin, jossa nämä voivat esitellä tuloksia. (IEA 2019)

Global Methane Initiative on yritysten ja julkisen sektorin yhteistyöhanke, joka edistää metaanipäästöjen kontrollointia kaikilla sektoreilla (öljy ja kaasu, hiili, jäte ja jätevesi, maatalous). GMI toimii yhteistyössä UNFCCC:n ja EU:n kanssa. GMI ja UNECE (2019) julkaisivat elokuussa 2019 suosituksia parhaista käytännöistä öljy- ja kaasusektorille.

Teollisuuden omissa hankkeissa edelläkävijäyritykset ja -maat ovat löytäneet hyviä käytäntöjä metaanipäästöjen hillitsemiseksi. Ne ovat kuitenkin luonteeltaan vapaaehtoisia, ja yritykset jotka eivät osallistu hankkeisiin ja korjaa ongelmaa omassa toiminnassaan ovat toistaiseksi vapaamatkustajia. Siksi tarvitaan regulaatiota.

EU:n Green Deal tunnistaa energiasektorin metaanipäästöjen vähentämisen tärkeäksi aiheeksi ilmastopäästöjen vähentämisessä. EU:n komissio on aloittanut strategisen suunnitelman fossiilisista lähteistä peräisin olevan metaanin vähentämiseksi. Hankkeessa on tarkoitus julkistaa suosituksia elokuussa 2020.

Poliittisia ohjauksia on jo käytössä Kanadassa, jossa metaanipäästöjä rajoitetaan 40 ... 45 % vuoden 2012 tasosta vuoteen 2025 mennessä. Yhdysvalloissa on vastaava lainsäädäntö. Lisäksi tietyt Yhdysvaltain

osavaltiot ja Kanadan territoriot säätelevät metaanipäästöjä sekä maakaasun soihdutusta tiukemmin (IEA 2019). EU reguloi ja antaa suosituksia liuskekaasun tuotantoon (EU 2019). Eri EU-mailla on hyvin erilainen suhtautuminen liuskekaasun tuotantoon, ja joissain EU-maissa se on kielletty lailla.

10. EU:n metaanistrategia

EU:n komissio julkaisi lokakuussa 2020 metaanistrategiansa (EU 2020). Strategia on monialainen, eli se kattaa energia-, maatalous- ja jätealat. Monialaisia toimia strategiassa ovat mittauksen ja raportoinnin parantaminen, riippumattoman kansainvälisen metaanipäästöjen seurantakeskuksen perustaminen, satelliittiseurannan parantaminen, lainsäädännön kehittäminen sekä biokaasun edistäminen.

Energia-alalla strategia koskee koko toimitusketjua, sekä kaasun, öljyn että hiilen osalta. Strategia alleviivaa, että vähintään kolmannes päästöistä voidaan vähentää ilman, että teollisuudelle aiheutuu nettokustannuksia. Oil and Gas Methane Partnership -menetelmää tuetaan ja kehitetään, niin että kaikki energiasektorin metaanipäästöt mitataan, raportoidaan ja todennetaan menetelmän pohjalta, ja vuodot tunnistetaan ja korjataan koko maakaasun arvoketjussa, ja menetelmää laajennetaan myös hiilialalle sekä suljettuihin tuotantolaitoksiin. Strategia linjaa, että ulospuhalluksia ja soihdutusta käytettäisiin vain, kun se on pakollista esim. turvallisuussyistä, ja rutiininomainen ulospuhallus ja soihdutus kielletään.

Maatalouden metaanipäästöjen vähentämiseen tähtäävän metodologian kehittämiseen perustetaan asiantuntijaryhmä, joka tarkastelee mm. karjaa, lannan käsittelyä, rehun hallintaa ja ominaisuuksia sekä uusia tekniikoita ja käytäntöjä. Komissio laatii asiantuntijoiden ja jäsenvaltioiden kanssa katsauksen parhaista käytännöistä ja tekniikoista päästöjen vähentämiseksi, ennen kaikkea karjan ruuansulatuksessa muodostuvaan metaaniin. Vuoden 2022 loppuun mennessä julkaistaan digitaalinen mallipohja hiilen seurantaan ja päästöjen ja poistumien laskentaa varten. Komissio alkaa edistämään hiiltä sitovien viljelytekniikoiden käyttöönottoa jäsenvaltioiden maatalouspolitiikassa. Lisäksi teknologiaan, luontopohjaisiin ratkaisuihin ja ruokavaliomuutoksiin liittyvää tutkimusta edistetään.

Jätealalla komission toimet keskittyvät laittomiin kaatopaikkoihin puuttumiseen ja biohajoavan jätteen päästöjen vähentämiseen mm. biokaasuprosessia hyödyntämällä, biopohjaisten materiaalien ja kemikaalien tuotantoon ja kiertotalouden edistämiseen. Kaatopaikkakaasun hallintaa parannetaan kaatopaikkadirektiivin päivityksen yhteydessä vuonna 2024. Lisäksi edistetään tutkimusta biometaanin tuotantoteknologioiden edistämiseksi.

Lopuksi strategia painottaa kansainvälisiä toimia kumppanimaiden, rajanaapurien, tuottajamaiden, YK:n, sekä relevanttien kansainvälisten järjestöjen kanssa. Keinoina mainitaan satelliittivalvonta, sekä Maailmanpankin Global Gas Flaring Reduction- ja Zero Routine Flaring by 2030 -aloitteiden edistäminen, joka viittaa siihen, että EU tulee aktiivisesti puuttumaan tuottajamaiden metaanipäästöihin.

11. Suositukset

Seuraavassa luetellaan yleisiä suosituksia metaanipäästöjen vähentämiseksi. Näitä keinoja tulisi ottaa käyttöön kansainvälisesti, sekä julkisen vallan että teollisuusyritysten välisen yhteistyöfoorumien kautta.

Asetetaan metaanivuodoille 0,2 % tavoite arvoketjun osalta

Edelläkävijäyritykset, kuten Shell ja BP, ovat asettaneet tavoitteekseen saavuttaa enintään 0,2 % päästötaso maakaasun arvoketjussa vuoteen 2025 mennessä. Muiden öljy- ja kaasualan yritysten sekä tuottajamaiden tulisi pyrkiä vastaavaan kunnianhimoon.

Parannetaan mittaustapoja, yhtenäistetään raportointia ja metodologiaa ja lisätään raportoinnin avoimuutta

Tällä hetkellä metaanipäästöjen mittaamiseen liittyy epävarmuutta. Tämä epävarmuus liittyy sekä mittaustapojen eroavaisuuksiin että maantieteelliseen kattavuuteen. Julkisen hallinnon ja teollisuuden tulee tehdä yhteistyötä soveltuvien ja varmennettavien mittaus- ja raportointitapojen kehittämiseksi koko kaasun arvoketjun osalta.

Nykyään maan pinnalta tehtävät mittaukset ovat vakiintunut mittaustapa teollisuudessa. Ilmasta tai satelliiteista tehtävä mittaus voi täydentää sitä ja näiden yhdistelmällä voidaan parantaa nykyisten mittausten luotettavuutta.

EU:hun tuodulle kaasulle tulisi olla yhteneväiset mittaustavat ja elinkaaripäästökriteerit, jotta parhailla käytännöillä ja minimaalisilla ympäristövaikutuksilla tuotettua kaasua suositaan.

Päästöraportointiin on olemassa soveltuvia standardeja (esim. GHG protocol, EN 15446, ISO 14064, ISO 14001).

Yleistetään parhaiden käytäntöjen laajaa käyttöönottoa

Kaasun arvoketjulle on jo olemassa useita parhaita käytäntöjä (best available technologies, BAT), joilla teollisuus voi vapaaehtoisesti vähentää päästöjään.

Tuotannon osalta, on tärkeää saada yhtenäinen ja todenmukainen päästöraportointikäytäntö sekä perinteiselle että liuskekaasun tuotannolle. Käytännön täytyy olla verrannollinen eri lähteistä peräisin olevien kaasulaatujen välille.

Maakaasun siirrossa ja jakelussa on pantava erityistä huomiota putkiston kuntoon ja sen kunnossapitoon. Huonokuntoisesta jakeluputkistosta voi vuotaa merkittäviä määriä metaania, kun taas uusitusta jakeluputkistosta ei metaania vuoda normaalitilanteessa.

Näiden ongelmakohtien tunnistamisessa ja korjaamisessa on suuria eroavaisuuksia eri yhtiöiden ja tuotantoalueiden välillä. Teollisuuden omissa hankkeissa edistetään parhaita käytäntöjä, mutta myös pakottavan lainsäädännön ja sitovien tavoitteiden käyttöä on syytä harkita.

Jatkuva parantaminen ja uusien teknologioiden kehitys tulee olla avointa, ja uusia keinoja päästöjen välttämiseksi olisi suositeltavaa jakaa teollisuusyritysten välillä.

Otetaan käyttöön päästömaksu vuotaneelle metaanille

Environmental Defence Fund on ehdottanut, että EU:ssa otetaan käyttöön ”metaanimaksu”, joka on päästökauppahintaa korkeampi. EDF:n ehdotuksessa metaanimaksu asetetaan alkuperämaan keskimääräisten päästöjen mukaan (koska suurin osa maailmassa tuotetusta kaasusta on kansallisten öljy- ja kaasuyhtiöiden omistuksessa), ja yksittäinen kyseisessä maassa toimiva yritys voi hakea tälle keskimääräiselle tasolle poikkeusta, jos se pystyy osoittamaan, että oma toiminta on yleisiä käytäntöjä parempaa. Järjestö katsoo, että tällä tavalla saadaan oikea taloudellinen kannuste päästöjen korjaamiseksi.

Luodaan yhteneväisiä käytäntöjä energianlähteiden välillä

Metaanipäästöjä syntyy kaasuntuotannon lisäksi öljyn- ja hiilentuotannossa. Metaanipäästöjen raportoinnin tulee olla yhteneväisiä polttoaineesta riippumatta, ja öljyn- ja hiilentuotannon metaanipäästöt tulee allokoida soveltuvaan arvoketjuun ja lopputuotteeseen.

Otetaan mukaan muut sektorit ja EU:n ulkopuoliset toimijat

2/3 ihmisperäisistä metaanipäästöistä on peräisin muualta kuin energiasektorilta, pääasiassa maa- ja metsätaloudesta ja jätteistä. Sektoreiden välisellä yhteistyöllä on mahdollista vähentää kokonaispäästöjä, kuten biokaasun tuotanto vähentää jättesektorin päästöjä.

EU:hun tuotavalla kaasulla tulee olla samat kriteerit ja raportointitavat kuin täällä tuotetulla kaasulla. Näin vältetään asiasta piittaamattomien yritysten suosimista ja edistetään parhaita käytäntöjä globaalisti.

Otetaan metaanipäästöt mukaan laivamoottorien lähipäästövaatimukseen

Huomioimalla metaani laivamoottorien päästömittauksissa kannustetaan kehittämään moottoreita, joissa syntyy mahdollisimman pieniä metaanipäästöjä samalla kun pidetään pienhiukkas-, rikki- ja typpipäästöt matalana.

Lähteet

- Agostini, Alessandro; Liebetrau, Jan; Linke, Bernd; Murphy, Jerry D.; Reinelt, Torsten. *Methane emissions from biogas plants. Methods for measurement, results and effect on greenhouse gas balance of electricity produced*. IEA Bioenergy: Task 37. Joulukuu 2017. Saatavilla: https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Methane%20Emission_web_end.pdf [haettu 20.3.2020]
- Alvarez, Ramón A.; Zavala-Araiza, Daniel; Lyon, David R.; Allen, David T.; Barkley, Zachary R. ; Brandt, Adam R.; Davis, Kenneth J.; Herndon, Scott C.; Jacob, Daniel J.; Karion, Anna; Kort, Eric A.; Lamb, Brian K.; Lauvaux, Thomas; Maasackers, Joannes D.; Marchese, Anthony J.; Omara, Mark; Pacala, Stephen W.; Peischl, Jeff; Robinson, Allen L.; Shepson, Paul B.; Sweeney, Colm; Townsend-Small, Amy; Wofsy, Steven C.; Hamburg, Steven P.: *Assessment of Methane Emissions from the U.S. Oil and Gas Supply Chain*. 13.7.2018. Science vol. 361, issue 6398, sivut 186-188. DOI: 10.1126/science.aar7204. Saatavilla: <https://science.sciencemag.org/content/361/6398/186.long> [haettu 6.3.2020]
- California Air Resources Board: LCFS Pathway Certified Carbon Intensities. Sacramento, 2020. Saatavilla: <https://ww2.arb.ca.gov/resources/documents/lcfs-pathway-certified-carbon-intensities> [haettu: 26.3.2020]
- Dejonckheere, S.; Mørtvedt, M. A.; Reed, E. U.: *Methane: a climate blind spot?* Center for International Climate Research. Oslo, Norja. 25.3.2019. Saatavilla: <https://cicero.oslo.no/en/posts/klima/methane-a-climate-blind-spot> [haettu 28.2.2020]
- DG Ener; Cowi-konsortio, Euroopan Komissio: *Study On Actual GHG Data For Diesel, Petrol, Kerosene And Natural Gas*. European Commission. Brysseli, Heinäkuu 2015. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Study%20on%20Actual%20GHG%20Data%20Oil%20Gas%20Final%20Report.pdf> [haettu 29.3.2020]
- Edwards, R.; Padella, M.; Giuntoli, J.; Koeble, R.; O'Connell, A.; Bulgheroni, C.; Marelli, L.: JRC Science for Policy Report. Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation. Version 1c – July 2017. European Union, 2017. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/euro-scientific-and-technical-research-reports/definition-input-data-assess-ghg-default-emissions-biofuels-eu-legislation-version-1c-july> [haettu: 7.7.2020]
- Environmental Defense Fund: *Local leaks impact global climate*. Environmental Defense Fund. New York. Ei julkaisupäivämäärää. Saatavilla: <https://www.edf.org/climate/methanemaps> [haettu 6.3.2020]
- EEA: *Greenhouse gas emissions by source sector*. Päivitetty 24.2.2020. Eurostat, European Commission, Luxemburg. Saatavilla: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/> [haettu 10.3.2020]
- EU: KOMMISSION ASETUS (EU) N:o 601/2012 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2003/87/EY tarkoitettusta kasvihuonekaasupäästöjen tarkkailusta ja raportoinnista. Euroopan Unioni, 2012. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A02012R0601-20190101> [haettu 11.3.2020]
- EU: *Energy and Environment. Environmental Aspects on Unconventional Fossil Fuels*. 8.7.2019. Saatavilla: https://ec.europa.eu/environment/integration/energy/unconventional_en.htm [haettu 13.3.2020]
- EU: KOMMISSION TIEDONANTO EUROOPAN PARLAMENTILLE, NEUVOSTOLLE, EUROOPAN TALOUS- JA SOSIAALIKOMITEALLE JA ALUEIDEN KOMITEALLE. EU:n strategia metaanipäästöjen vähentämiseksi. COM(2020) 663 final. Bryssel, 14.10.2020. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX:52020DC0663> [haettu 11.12.2020]

European Geosciences Union: *Fracking prompts global spike in atmospheric methane, study suggests*. ScienceDaily. ScienceDaily, 14 August 2019. Saatavilla: www.sciencedaily.com/releases/2019/08/190814090610.htm [haettu 28.4.2020]

Eurostat data explorer: *Greenhouse gas emissions by source sector (source: EEA)*. Päivitetty 24.2.2020 (irjoittaessa viimeisin kasvihuonekaasudata vuodelta 2017). Saatavilla: https://ec.europa.eu/eurostat/product?code=ilc_li22&mode=view [haettu 23.3.2020]

Gas Infrastructure Europe; Marcogaz. *Potential ways the gas industry can contribute to the reduction of methane emissions*. Report for the Madrid Forum (5 - 6 June 2019). Saatavilla: <https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/gie-marcogaz - report - reduction of methane emissions.pdf> [haettu 5.4.2020]

Gazprom: *PJSC Gazprom Environmental Report 2018*. Gazprom, Moskova. 2018. Saatavilla: <https://www.gazprom.com/f/posts/67/776998/gazprom-environmental-report-2018-en.pdf> [haettu 13.3.2020]

Hennig, Eva: *Let's Meet! – Pathways to methane emissions reduction*. Eurogas webinar. Thüga, Brysseli. 26.5.2020.

Hope, M.: *Explained: Fugitive methane emissions from natural gas production*. 3.6.2014. Carbon Brief. Lontoo. Saatavilla: <https://www.carbonbrief.org/explained-fugitive-methane-emissions-from-natural-gas-production> [haettu 11.3.2020]

Hoyer, Kerstin; Hulteberg, Christian; Svensson, Mattias; Jernberg, Josefina; Nørregård, Øyvind: *Biogas upgrading - Technical Review. Report 2016:275*. Energiforsk AB. ISBN 978-91-7673-275-5. Saatavilla: http://vav.griffel.net/filer/C_Energiforsk2016-275.pdf [haettu 30.6.2020]

IEA 2019: *Tracking Fuel Supply. Methane emissions from oil and gas*. Marraskuu 2019. Kaikki oikeudet pidätetään. Saatavilla: <https://www.iea.org/reports/tracking-fuel-supply-2019/methane-emissions-from-oil-and-gas> [haettu 13.3.2020]

IEA 2020: *Global methane emissions from oil and gas. Insights from the updated IEA Methane Tracker*. 31.3.2020. Kaikki oikeudet pidätetään. Saatavilla: https://www.iea.org/articles/global-methane-emissions-from-oil-and-gas?utm_campaign=IEA%20newsletters&utm_source=SendGrid&utm_medium=Email [haettu 8.4.2020]

IEA 2020 b: *Methane Tracker 2020. Reducing the environmental impact of oil and gas supply is a pivotal element of global energy transitions*. Maaliskuu 2020. Kaikki oikeudet pidätetään. Saatavilla: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/improving-methane-data> [haettu 8.4.2020]

IEA 2020 c: *Methane Tracker 2020. Interactive country and regional estimates*. Elokuu 2020. Kaikki oikeudet pidätetään. Saatavilla: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/interactive-country-and-regional-estimates#sources>

[haettu 14.8.2020]

Reducing the environmental impact of oil and gas supply is a pivotal element of global energy transitions. Maaliskuu 2020. Saatavilla: <https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/improving-methane-data> [haettu 8.4.2020]

IMO: *Studies on the feasibility and use of LNG as a fuel for shipping*. Lontoo, 2016. Saatavilla: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/LNG%20Study.pdf> [haettu 25.3.2020]

IMO: *Low carbon shipping and air pollution control*. International Maritime Organization. 2020. Saatavilla: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/GHG/Pages/default.aspx> [haettu 25.3.2020]

Lowell, Dana; Wang, Halfeng; Lutsey, Nic: *Assessment Of The Fuel Cycle Impact Of Liquefied Natural Gas As Used In International Shipping*. International Council on Clean Transportation. 5/2013. Saatavilla: https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTwhitepaper_MarineLNG_130513.pdf [haettu 25.3.2020]

Luostarinen, Sari; Rasi, Saija; Tampio, Elina: Biokaasun tuotantopotentiaali, biokaasun ympäristö- ja talousvaikutukset. Saatavilla: https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/4b8c9229-1966-4f0e-85e3-17b8e6b7b5d4/MUISTIO_20200304145319.pdf [haettu 15.4.2020]

MethaneSAT LLC: *Solving a crucial climate challenge*. 2020. Saatavilla: <https://www.methanesat.org/> [haettu 2.6.2020]

McGlade, Christoph: *Let's Meet! – Pathways to methane emissions reduction*. Eurogas webinar. IEA, Brysseli. 26.5.2020.

NASA Jet Propulsion Laboratory: *Methane Source Finder*. Ei päivämäärää. Yhteyshenkilö Duren, Ridley. Saatavilla: <http://methane.jpl.nasa.gov/> [haettu 24.4.2020]

Pöyry Finland Oy: *Gasum Oy. Environmental impacts of natural gas lifecycle from Russia to Finland*. Lokakuu 2019. Saatavissa: <https://www.gasum.com/en/About-gasum/for-the-media/News/2019/fresh-report-identifies-environmental-impacts-of-lifecycle-of-natural-gas-imported-into-finland/> [haettu 28.2.2020]

Rasmussen, Carol: *NASA-led Study Solves a Methane Puzzle*. NASA. 2.1.2018. Saatavilla: <https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-led-study-solves-a-methane-puzzle> [haettu 1.6.2020]

Saunio, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Raymond, P. A., Dlugokencky, E. J., Houweling, S., Patra, P. K., Ciais, P., Arora, V. K., Bastviken, D., Bergamaschi, P., Blake, D. R., Brailsford, G., Bruhwiler, L., Carlson, K. M., Carrol, M., ... Zhuang, Q. (2020). *Supplemental data of the Global Carbon Project Methane Budget 2019* (Version 2.0) [Data set]. Global Carbon Project. <https://doi.org/10.18160/GCP-CH4-2019> . Saatavilla: <https://www.icos-cp.eu/GCP-CH4/2019> [haettu 23.3.2020]

Stanford News/Than, Ker. *Stanford study finds that 'super emitters' are responsible for more than half of U.S. methane emissions*. 26.10.2016. Saatavilla: <https://news.stanford.edu/2016/10/26/super-emitters-responsible-bulk-u-s-methane-emissions/> [haettu 9.4.2020]

Stenersen, Dag; Thonstad, Ole: *GHG and NOx emissions from gas fuelled engines. Mapping, verification, reduction technologies*. 13.6.2017. Sintef Ocean, Oslo. Saatavilla: <https://midc.be/wp-content/uploads/2018/06/methane-slip-from-gas-engines-mainreport-1492296.pdf> [haettu 17.4.2020]

Thinkstep: *Greenhouse Gas Intensity if Natural Gas. Final Report. On behalf of NGVA Europe*. 5.5.2017. Saatavilla: <http://ngvemissionsstudy.eu/> (haettu 18.8.2020)

Thinkstep: *Life Cycle GHG Emission Study on the Use of LNG as Marine Fuel*. SEA\LNG & Society for Gas as Marine Fuel. 10.4.2019. Saatavilla: <https://www.thinkstep.com/content/life-cycle-ghg-emission-study-use-lng-marine-fuel-1> [haettu 10.2.2020]

Tilastokeskus. *Suomen Kasvihuonekaasupäästöt 1990-2018*. Helsinki. 2019. ISBN 978–952–244–648–0 (pdf)
Saatavilla: http://tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2018_2019_19740_net.pdf [haettu 20.3.2020]

Tollefson, Jeff. 2013. *Methane leaks erode green credentials of natural gas*. Nature. 2.1.2013. Saatavilla: <https://www.nature.com/news/methane-leaks-erode-green-credentials-of-natural-gas-1.12123#/references> [haettu 11.3.2020]

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). *Best Practice Guidance for Effective Methane Management in the Oil and Gas Sector Monitoring, Reporting and Verification (MRV) and Mitigation*. Elokuu 2019. Saatavilla: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/images/CMM/CMM_CE/BPG_Methane_final_draft_19091_2.pdf [haettu: 9.4.2020]

US Department of Energy. *Natural Gas Flaring and Venting: State and Federal Regulatory Overview, Trends, and Impacts*. Kesäkuu 2019. US Department of Energy, Office of Oil and Natural Gas, Office of Fossil Energy. Saatavilla: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2019/08/f65/Natural%20Gas%20Flaring%20and%20Venting%20Report.pdf> [haettu 6.8.2020]

Ushakov, Sergey; Stenersen, Dag; Einang, Per Magne: *Methane slip from gas fuelled ships: a comprehensive summary based on measurement data*. The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers (JASNAOE) 2019. Saatavilla: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00773-018-00622-z> [haettu 25.3.2020]

Zhang, Yuzhong; Gautam, Ritesh; Pandey, Sudhanshu; Omara, Mark; Maasackers, Joannes D.; Sadavarte, Pankaj; David Lyon, Hannah Nesser, Melissa P. Sulprizio, Daniel J. Varon; Ruixiong Zhang; Sander Houweling ;Daniel Zavala-Araiza ; Ramon A. Alvarez; Alba Lorente; Steven P. Hamburg; Ilse Aben; Daniel J. Jacob: *Quantifying methane emissions from the largest oil-producing basin in the United States from space*. Science Advances. 22.4.2020. Saatavilla: <https://advances.sciencemag.org/content/6/17/eaaz5120> [haettu 6.7.2020]