

## Masalan ekoölykylän keskitetyn ICHP-laitoksen ilmastohyödyt

### Säteilypakote arviointimenetelmä ja mallinnus

Työssä lasketaan ICHP-laitoksen ilmastohyödyt säteilypakotelaskelmalla. Säteilypakotelaskelmat perustuvat kansainvälisen ilmastopaneelin, IPCC:n, esittämään menetelmään. Menetelmää käytetään tieteellisissä selvityksissä erilaisten vaihtoehtojen välisten ilmastovaikutusten tarkasteluun, kun tarkoituksena on tarkastella eroja ajan suhteen. Menetelmästä on olemassa hieman erilaisia versioita, lähinnä mallin parametrisoinnin näkökulmasta. Tässä käytetty menetelmä perustuu kansainvälisen ilmastopaneelin viimeisimpään mallikokonaisuuteen kokonaisuuteen, joka on julkaistu vuonna 2013 [1].

Säteilypakotemallin lähtökohtana on se, että eri kasvihuonekaasuilla on erilainen poistumisnopeus ja lämmittävä vaikutus ilmakehässä. Tässä yhteydessä seurataan hiilidioksidi- ja metaanipäästöjen vaikutusta ilmakehän ko. kaasujen pitoisuuteen ja edelleen pitoisuuslisän aiheuttamaa säteilypakotetta aina kolmensadan vuoden aikana.

Laskennassa on käytetty ns. marginaalimallia. Siinä oletetaan, että tarkasteltavan kohteen päästön aiheuttama pitoisuusmuutos on niin pieni, että se ei vaikuta globaaliin taustapitoisuuteen. Tämä oletus pätee hyvin ekokylän tapaisten kohteiden tarkasteluun.

Marginaalilaskennan lopputulokseen vaikuttaa jonkin verran ilmakehän kulloinenkin taustapitoisuus, joka pitää antaa mallille erikseen valmiiksi annettuna. Tässä laskennassa on käytetty RCP4.5 -skenaariota eli pitoisuuksien kehityskulun skenaariota [2]. RCP4.5 -skenaario johtaa tilanteeseen, jossa globaali lämpötila nousee vuosisadan lopussa noin 3 astetta. Skenaarioitten nimitykset perustuvat kutakin skenaariota vastaavaan säteilypakotteen voimakkuuteen vuonna 2100 (vertailukohtana v. 1750): RCP2.6-skenaarion mukainen säteilypakote on tuolloin noin 2.6 W/m<sup>2</sup>, RCP4.5-skenaarion 4.5 W/m<sup>2</sup>, RCP6.0:n 6.0 W/m<sup>2</sup> ja RCP8.5:n 8.5 W/m<sup>2</sup> [3].

Säteilypakote ilmaistaan kunakin vuonna yksikössä watteina neliometriä kohti (W/m<sup>2</sup>). Laskemalla eri vaihtoehdon kunkin vuoden säteilypakotemäärät yhteen saadaan eri vaihtoehtojen ero ilmaston lämmittämisessä. Mitä suurempi kumulatiivinen säteilypakotemäärä (eli mitä suurempi pinta-ala säteilypakotekuvissa), sitä suurempi lämmittävä vaikutus ilmastoon. Koska lukuarvot eivät puhuttele tavallista päättäjää, on lukemien ymmärrettävyyttä pyritty parantamaan vertaamalla tuloksia samanlaisen ilmastovasteen aiheuttamaan automäärään, jossa kunkin auton ajatellaan päästävän 130 g CO<sub>2</sub>/km ja sen vuosittainen ajokilometrimäärä on 18 000 km.

### Vertailtavat energiatuotantovaihtoehdot ja niiden lähtötiedot

Lähtökohtana on, että CHP-laitos tuottaa lämmön ja sähkön biokaasulla, jonka raaka-ainepohja on jätettä. Selvityksessä on laskettu CHP-laitoksen vuosituotto (1500 MWh/v lämpöä ja 850 MWh/v sähköä) neljällä erilaisella vaihtoehtoisella energiatuotantomuodolla. Ensimmäisenä vaihtoehtona polttoaineena olisi nesteytetty maakaasu (LNG) biokaasun sijaan. Toisena vaihtoehtona on, että lämpö tuotetaan kevyellä öljyllä ja sähkö tulee valtakunnan verkostosta. Kolmantena vaihtoehtona on, että lämpö tuotetaan kaukolämmöllä ja sähkö tulee valtakunnan verkostosta. Neljäntenä vaihtoehtona on, että lämpö ja sähkö tulevat valtakunnan verkostosta.

Laskelmissa käytetyt vaihtoehtoisten polttoaineiden ominaispäästöt ja tietolähteet ovat:

*Taulukko 1. Polttoaineiden ominaispäästöt ja tietolähteet*

| Energiamuoto                | Päästökerroin<br>(g CO <sub>2</sub> e/kWh) | Lähde   |
|-----------------------------|--|---|
| Biokaasu                    | 0  |   |
| Maakaasu                    | 199,1                                      | Tilastokeskus<br>www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus_2018.xlsx  |
| Nesteytetty maakaasu (LNG)  | 200,9                                      | Tilastokeskus<br>www.stat.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus_2018.xlsx  |
| Kevyt polttoöljy            | 264,6                                      | Tilastokeskus. 2017. Polttoaineluokitus   |
| Kaukolämpö - yhteistuotanto | 188  | 26.4.2018<br>laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet<br><a href="https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet">https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet</a> |
| Sähkö (keskimääräinen)      | 164  | 26.4.2018<br>laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet<br><a href="https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet">https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet</a> |

Biokaasun päästöjen on oletettu olevan nolla, koska ne ovat luonteeltaan biogeenisiä [4]. Toisin sanoen biokaasu muuttaa orgaanisen aineksen energiaksi, joka vapautuisi muuten jätteenä ilmakehään. Tässä yhteydessä ei oteta huomioon eri vaihtoehtojen elinkaarisia kasviuonekaasupäästöjä, koska niiden merkitys kokonaiskuvan muodostamisessa on vähäinen.

Tässä yhteydessä on oletettu, että vuonna 2045 Suomi on hiilineutraali (Keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma 2017 [5]) ja silloin kaikkien keskitettyjen energiatuotantolaitosten päästöjen tulee olla nolla. Tämän takia maakaasun tuotantovaihtoehdossa, jossa siis ekokylän ICHP-laitoksen polttoaineena olisi fossiilispohjainen metaani biokaasun sijaan, päästöjä aiheutuu vain vuoteen 2045 asti. Sen jälkeen joka tapauksessa metaani korvataan päästöttömällä vaihtoehdolla. Tällöin biokaasuvaihto ei saisi enää vältettyjä päästöjä edukseen.

Hiilineutraaliuden tavoitteen perusteella öljylämmitysvaihtoehdossa käytetään öljyä myös vain vuoteen 2045. Sähkön päästökerroin vähenee kaikissa vaihtoehdoissa nykytilanteesta nolnaan vuoteen 2045 mennessä. Sama koskee kaukolämpöä.

### Vältetyt metaanipäästöt

Biokaasun käyttö aiheuttaa myös ilmastohyötyjä, jos raaka-ainepohjana on eläinten lantaa. Käsittelemättömästä lannasta aiheutuu metaanipäästöjä, jotka vältetään pääsemästä ilmakehään käyttämällä biokaasua.

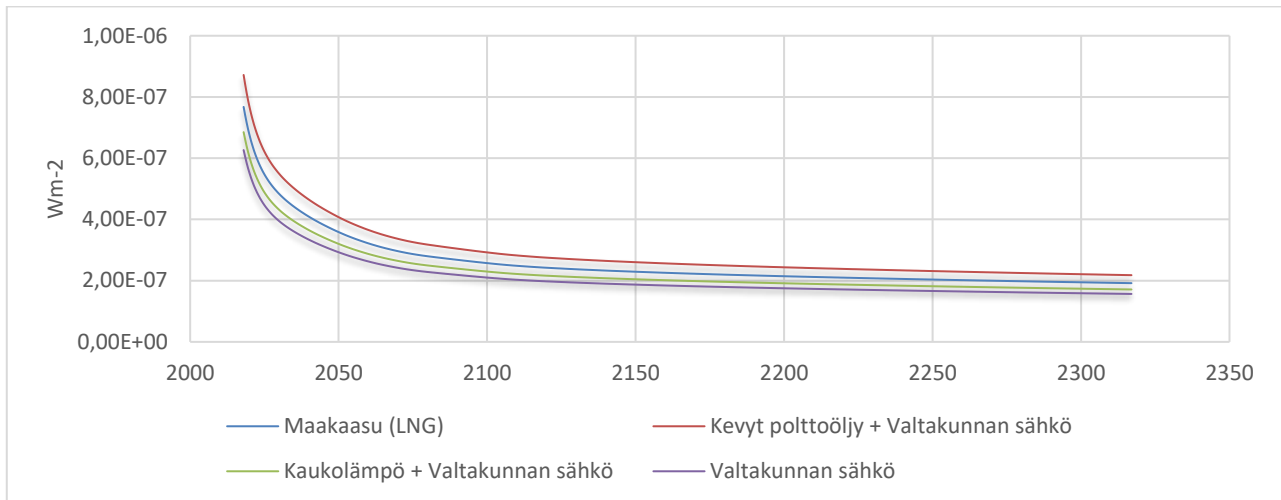
Laskelmissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Biokaasu valmistetaan suhteessa 50 % eläinperäinen lanta ja 50 % kasvispohjainen lanta.
- Lannan päästökerroin on laskettu lihasian ja lehmän lietelannan keskiarvona [6]. Se on 2,18 kg CH<sub>4</sub>/ kg lietelantaa
- Ekokylän ICHP-laitoksen käyttämä lantamäärä on arvioitu julkaisun [4] tietojen perusteella. Määrä on 4862 lietelantatonnia vuodessa.
- Lietelannan aiheuttamat metaanipäästöt alentuvat lineaarisesti nolnaan vuoteen 2045 mennessä, samalla tavalla kuin laskelmissa on oletettu tapahtuvan esimerkiksi sähkön päästökertoimelle. Oletus perustuu mm. lannan mädätteen (engl. digestate) varastoinnin oletetulle kehitykselle [4].

Edellä olevat karkeat oletukset on tehty, jotta saataisiin käsitys lannan metaanipäästön välttämisen merkityksen suuruusluokasta. Todellisuudessa tulokset voivat olla hyvin erilaiset biokaasun alkuperästä johtuen.

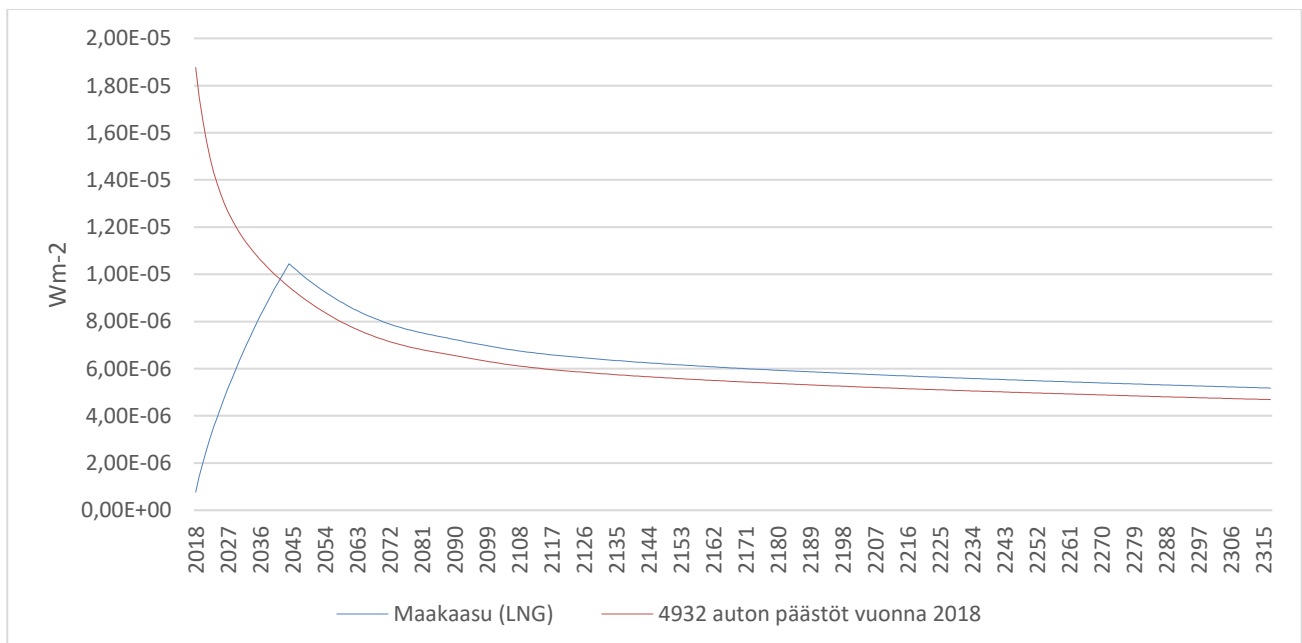
## Tulokset ja niiden tulkinat

Kuvassa 1 esitetään yhden vuoden päästön aiheuttama säteilypakotevaste 300 vuoden aikana eli päästön kuvitellaan tapahtuvan vuonna 2018 ja sen lämmittävää vaikutusta seurataan 300 vuoden aikana. Maakaasun (LNG) säteilypakotevaste vastaa noin 202 henkilöauton vuonna 2018 tapahtuvan vuotuisen ajon (jokaisessa 130 g CO<sub>2</sub>/km ja ajoa 18000 km/vuosi) säteilypakotevastetta.



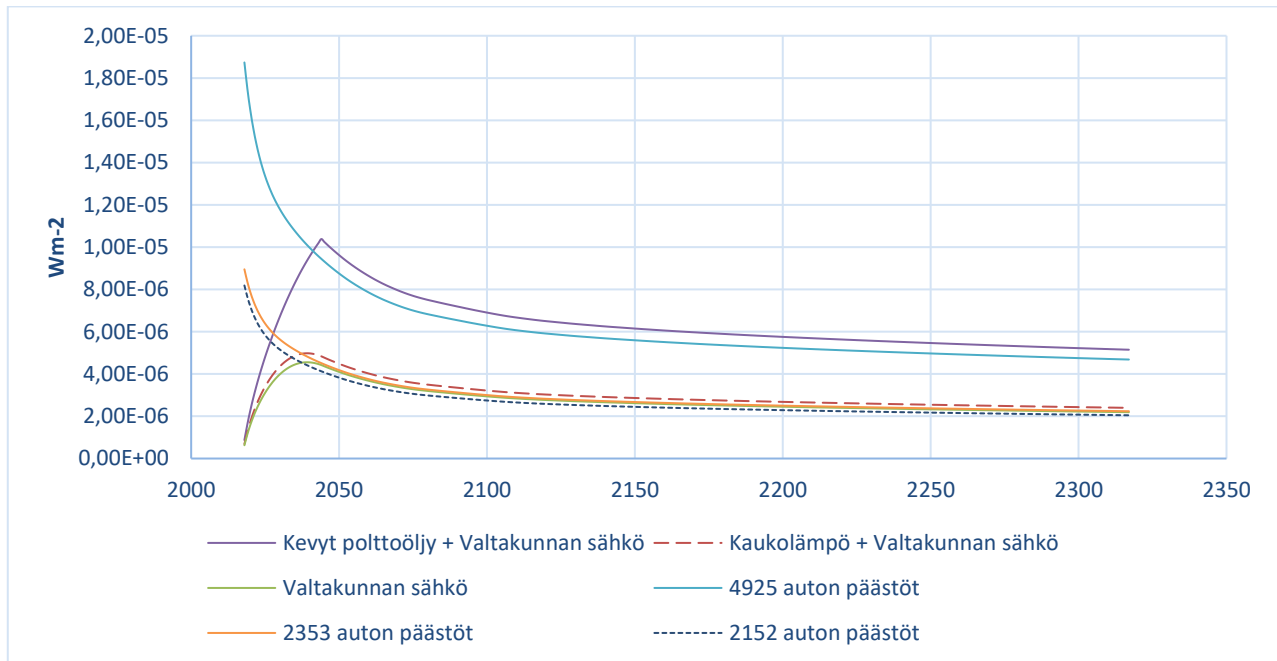
Kuva 1. Masalan ekoälykylän ICHP-laitoksen **yhden vuoden päästön aiheuttama säteilypakotevaste 300 vuoden aikana.**

Kuvassa 2 on esitetty säteilypakotevaste, joka syntyy, jos ICHP-laitoksen tuotto tehtäisiin vuodesta 2018 vuoteen 2045 maakaasulla. 300 vuoden aikana syntyy säteilypakotevaste, joka vastaa samaa kuin 4932 autolla vuonna 2018 ajettuja vuotuisia päästöjä. Tämä säteilypakotevaste säästetään siis käyttämällä biokaasua maakaasun sijaan.



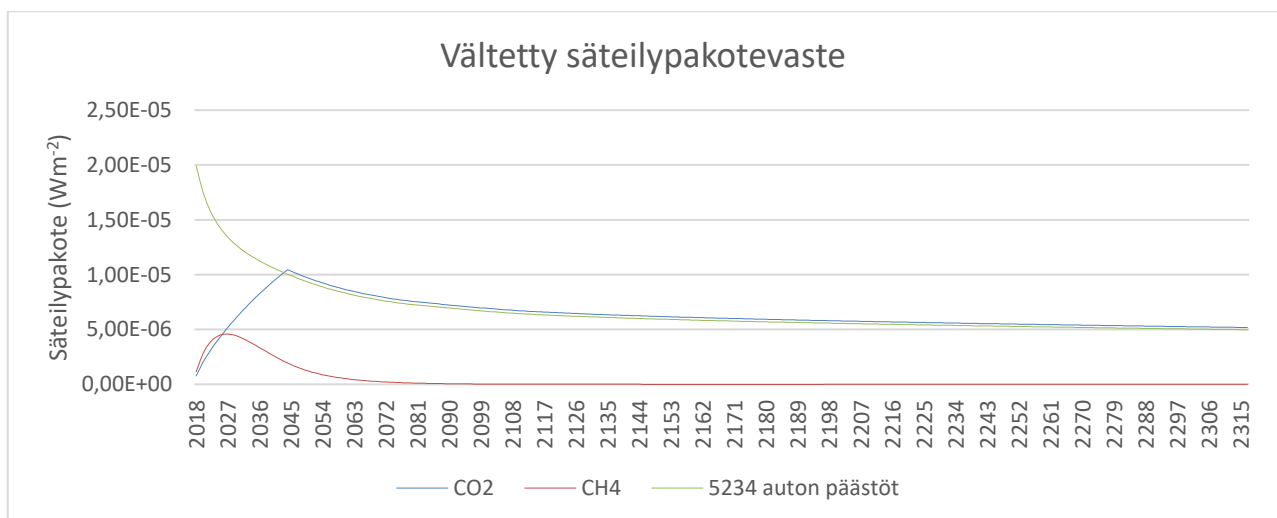
Kuva 2. Masalan ekoälykylän maakaasulla toimivan ICHP-laitoksen **27 vuoden päästön aiheuttama säteilypakotevaste 300 vuoden aikana, joka on verrattavissa siihen, että vuonna 2018 ajettaisiin 4932 autolla (päästö 130g CO<sub>2</sub>/km) kullakin 18000 kilometriä. Biokaasuvaihtoehdossa siis vältetään siis tämän suuruinen ilmastovaikutus verrattuna tilanteeseen, jossa ICHP-laitoksen polttoaine olisi maakaasu.**

Kuvassa 3 on esitetty kolmen vaihtoehdoisen energiatuotantotavan säteilypakotekehitys, kun niiden päästöt nollautuvat vuonna 2045. Sähkön päästökerroin vähenee kaikissa vaihtoehdoissa nykytilanteesta nolnaan vuoteen 2045 mennessä. Sama koskee kaukolämpöä. Öljyn käyttö loppuu 2045. Laskelman perusteella öljylämmityksen ja sähkön säteilypakote vastaa 300 vuoden aikana samaa säteilypakotetta kuin 4925 autoa aiheuttaa vuonna 2018. Kaukolämmön ja sähkölämmön tapauksessa autojen määrä on 2353 ja pelkän sähkön tapauksessa 2152 autoa.



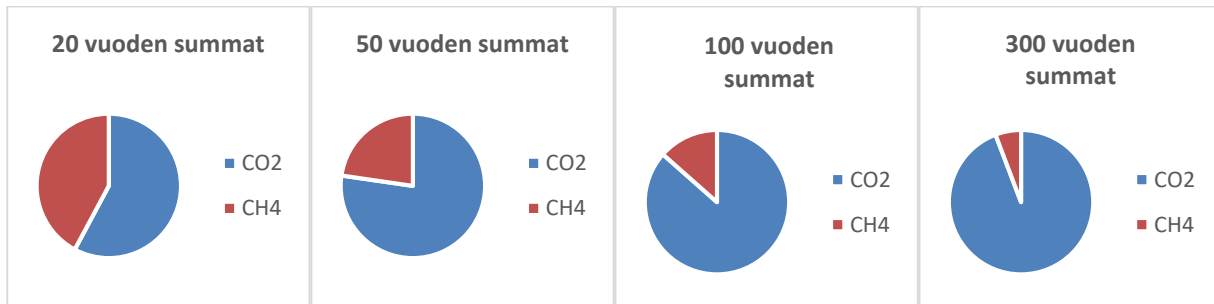
Kuva 3. Kuvan skenaariossa sähkön päästökerroin vähenee kaikissa vaihtoehdoissa nykytilanteesta nolnaan vuoteen 2045 mennessä. Sama koskee kaukolämpöä. Öljyn käyttö loppuu 2045. Laskelman perusteella öljylämmityksen ja sähkön säteilypakote vastaa 300 vuoden aikana samaa säteilypakotetta kuin 4925 autoa aiheuttaa vuonna 2018. Kaukolämmön ja sähkölämmön tapauksessa autojen määrä on 2353 ja pelkän sähkön tapauksessa 2152 autoa.

Kuvassa 4 on esitetty vältetty säteilypakotevaste, joka syntyy, kun ICHP-laitoksen tuotto tehdään vuodesta 2018 vuoteen 2045 biokaasulla (ks. oletukset kappaleesta vältetyt metaanipäästöt) maakaasun sijaan. Kuvaan 2 verrattuna päästöhyötyjä tulee myös vältetyistä lannan käsittelyn metaanipäästöistä. Maakaasun hiilidioksidipäästöjä eikä lannan käsittelyn metaanipäästöjä siis pääse syntymään. Näiden yhteenlaskettu säteilypakote vastaa 5234 auton päästöä vuonna 2018.



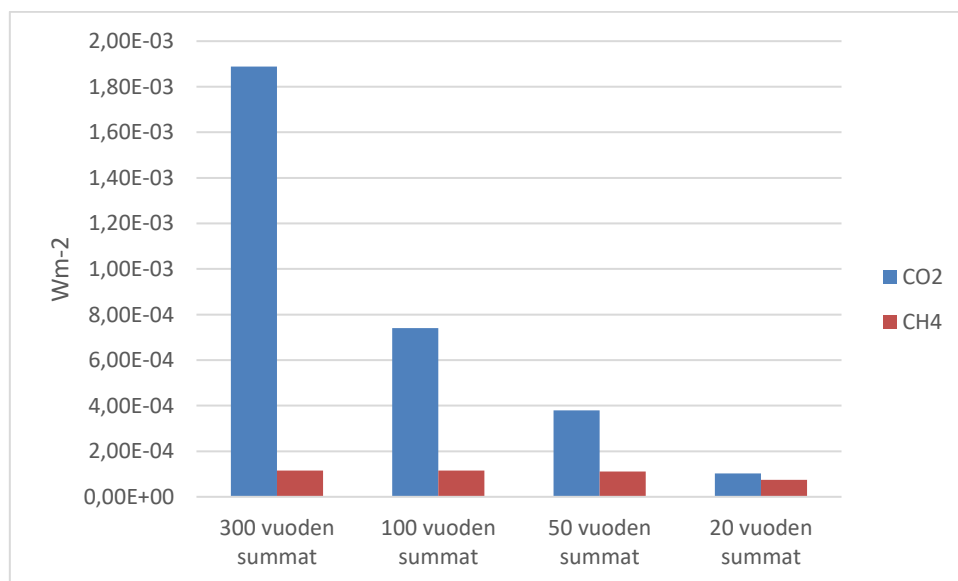
Kuva 4. Vältetty säteilypakotevaste, joka syntyy, kun ICHP-laitoksen tuotto tehdään vuodesta 2018 vuoteen 2045 biokaasulla (ks. oletukset kappaleesta "Vältetyt metaanipäästöt") maakaasun sijaan.

Kuvassa 5 on esitetty tilanne, jossa kuvan 4 säteilypakotemäärä kuvataan 20, 50, 100 ja 300 vuoden tilanteissa. Kuvasta nähdään hyvin metaanipäästön suhteellisen suuri merkitys päästöjen ilmastovaikutuksissa lyhyellä aikavälillä. Lähivuosikymmeninä on tärkeää estää myös päästöjen säteilypakotemäärää lyhyellä aikavälillä, jotta maapallon lämpötilanousu ei etenisi kriittisen rajan yli. Kriittisenä rajana on yleisesti pidetty 2 asteen lämpötilanousua maapallolla. Tämä korostaa metaanipäästöjen hallinnan merkitystä ilmastotoimissa.



Kuva 5. Vältettyjen säteilypakoteiden kumulatiivinen kertymä ja jakaantuminen hiilidioksidi- ja metaanipäästöjen kesken vuosien 20, 50, 100 ja 300 tilanteissa.

Kuvassa 6 on esitetty kuvan 5 tilanne pylväsdiagrammeihin. Kuvasta nähdään metaanipäästöjen suhteellisen merkityksen väheneminen ja kumulatiivisen säteilypakotemäärän kehittyminen eri aikaväleillä.



Kuva 6. Vältettyjen säteilypakoteiden kumulatiivinen kertymä ja jakaantuminen hiilidioksidi- ja metaanipäästöjen kesken vuosien 20, 50, 100 ja 300 tilanteissa.

**Kirjallisuus**

1. Persson U.M 2015, Supporting Online Material to: Climate metrics and the carbon footprint of livestock products: where's the beef?, Physical Resource Theory, Chalmers University of Technology, 412 96 Göteborg, Sweden, <http://iopscience.iop.org/1748-9326/10/3/034005/media/erl509948suppdata1.pdf>
2. M. Meinshausen, S. Smith et al. (2011) "The RCP GHG concentrations and their extension from 1765 to 2300", DOI 10.1007/s10584-011-0156-z, Climatic Change. <http://www.pik-potsdam.de/~mmalte/rcps/index.htm#Download>
3. Suomennus Ruosteenoja K. "Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution of to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers" on saatavissa IPCC:n verkkosivustolta (<http://www.ipcc.ch>). <https://ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/42362/ipcc5-yhteenveto-suomennos.pdf/4332dffb-da72-41c9-a23d-24215c5cbbac>
4. Whiting A. & Azapagic A. 2014, Life cycle environmental impacts of generating electricity and heat from biogas produced by anaerobic digestion, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.03.103>
5. Valtioneuvosto 2017, Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030, [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/VNS\\_7+2017.pdf](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/VNS_7+2017.pdf)
6. Luke 2016, Suomen normilanta -järjestelmä. <https://www.luke.fi/projektit/normilanta-suomen-normilanta/>