

SYNTEETTINEN METAANI OSANA FOSSIILITONTA LIIKENNETTÄ 2045

Q Power Oy

30.4.2020

Eero Paunonen, toimitusjohtaja, eero@qpowers.fi, 044 425 2260

Anni Alitalo, tutkimus- ja tuotekehitysjohtaja, anni@qpowers.fi, 050 320 6286

Heikki Koponen, viestintä- ja yhteiskuntasuhdejohtaja, heikki.koponen@qpowers.fi, 050 517 2674

SISÄLTÖ

Tiivistelmä	2
Power-to-Gas ja synteettinen metaani liikenteen päästöratkaisuna	3
Synteettisen metaanin tuotantoteknologia	4
Elektrolyysivety	4
Hiilidioksidilähde	5
Metanointi	5
Katalyyttinen metanointi	5
Mikrobiologinen metanointi	6
Jakelu ja käyttö	6
Synteettisen metaanin tuotantokustannus ja tuotantokapasiteetin skaalaaminen	7

TIIVISTELMÄ

Liikenteen päästöt on puolitettava vuoteen 2030 mennessä ja vähennettävä nollaan vuoteen 2045 mennessä¹. **Täyssähköautot eivät tule yksin mahdollistamaan päästötöntä liikennejärjestelmää.** Synteettinen metaani on avainasemassa seuraavissa tarkoituksissa:

1. Uusiutuvan energian varastona
2. Raskaan liikenteen polttoaineena
3. Henkilöautojen polttoaineena vähintään 10-20 vuoden teknologiasiirtymäkauden yli

Energiajärjestelmämme tulee jatkossa nojaamaan nykyistä merkittävästi voimakkaammin sääriippuvaiseen tuulivoimaan. Sähköisen liikenteen lisääntyessä on ratkaistava vaikea uusiutuvan energian varastointiongelma. Akkuteknologia ei ole tarvittavassa mittakaavassa realistinen ratkaisu kustannuksiltaan eikä raaka-ainepohjaltaan. Kestävämpi ratkaisu on hoitaa **energian varastointi synteettisenä metaanina Power-to-Gas-teknologiaa** hyödyntäen.

Raskaan liikenteen kannalta täyssähkö ei näytä teknisesti realistiselta vaihtoehdolta fossiilille polttoaineille^{2 3 4}. Henkilöliikenteessä sähköautokannan kasvu vaatii puolestaan suuria yksityisiä investointeja siinä, missä bensiiniauton muuttaminen kaasukäyttöiseksi maksaa tyypillisesti vain 2 000 – 4 000 euroa⁵. Autokanta uusiutuu Suomessa hitaasti⁶, ja jos merkittäviä henkilöautoliikenteen päästövähennyksiä halutaan saavuttaa vuoteen 2030 mennessä, on tarpeen päivittää myös nykyistä autokantaa käyttövoimien osalta **vähäpäästöisen kaasun suuntaan**.

Mitä laajemmin siirrytään sähköautoihin, sitä suurempia investointeja on tehtävä sähköverkkoon ja latausjärjestelmään. Kaasun siirtoinfran rakentaminen on monissa tapauksissa huomattavasti sähköverkon rakentamista kustannustehokkaampaa^{7 8}.

Suomessa arvioidaan olevan 10 TWh nettopäästöttömän biokaasun tuotantopotentiaali. Laitoksissa syntyvää hiilidioksidivirtaa on mahdollista jalostaa edelleen metaaniksi, millä voidaan jopa tuplata liikennepolttoaineen saanto. Päästöttömän metaanin tuotantoa voidaan skaalata 2020-luvulla huomattavasti nykyistä suurempaan mittakaavaan. **Synteettisen metaanin tuotantokustannus on suuruusluokassa 60 – 100 €/MWh** (sähkön hinnasta ja hiilidioksidisyötteen hinnasta riippuen), ja sekä Suomessa että muualla on lupaavia teollisen mittakaavan hankkeita vireillä.

Julkisella tuella voidaan kiihdyttää tuotantokapasiteetin lisääntymistä. Keskipitkällä aikavälillä päästökaupan laajeneminen ja päästöjen hinnan nouseminen kuitenkin ohjaa markkinoita vähäpäästöiseen suuntaan, mikä lisää päästöttömän metaanin tarjontaa ja kysyntää myös **ilman julkista tukea**.

Vuoteen 2045 katsovaa liikenneratkaisua on ensiarvoisen tärkeää **kehittää tasapainoisesti sekä toisen sukupolven synteettisten polttoaineiden että henkilöliikenteessä käytettävien täyssähköautojen varaan**.

¹ Sanna Marinin hallitusohjelma

² [Energiateollisuus \(2020\)](#)

³ [Väylävirasto \(2020\)](#)

⁴ [Aalto-yliopisto \(2020\)](#)

⁵ [Gasum](#)

⁶ [Liikennefakta \(2020\)](#)

⁷ [Hydrogen Europe \(2019\)](#), s. 7

⁸ [Bothe & Janssen \(2019\)](#), s. 40 alkaen

POWER-TO-GAS JA SYNTEETTINEN METAANI LIIKENTEEN PÄÄSTÖRATKAISUNA

Synteettisellä metaanilla tarkoitetaan päästöttömän sähköenergian avulla tuotettua polttoainetta, joka on kemiallisesti identtistä maakaasun pääkomponentin, eli metaanin kanssa. Synteettisen metaanin tuotantoteknologioihin viitataan nimityksellä **Power-to-Gas (P2G)**, joka on **Power-to-X:n (P2X)** osajoukko. Power-to-X:ssä tuotetaan hiilidioksidista ja vedystä aurinko- tai tuulienergiaa hyödyntäen kaasu- ja nestemäisiä polttoaineita, joita voidaan tyyppillisesti käyttää nykyisten polttomoottoriajoneuvojen polttoaineina. Tällaisille polttoaineille on olemassa jakelujärjestelmät ja käyttökohteet, mikä nopeuttaa päästövähennystavoitteiden toteuttamista.

Hiilineutraalissa liikennejärjestelmässä on otettava nopeasti käyttöön useita teknologisia ratkaisuja. Samalla kun sähköautokantaa kasvatetaan, on syytä muuntaa mahdollisimman suuri osa nykyisistä polttomoottoriautoista kaasukäyttöisiksi niiden käyttöiän vielä jatkuessa. Raskaan liikenteen kohdalla sähköistäminen näyttää teknisesti ja taloudellisesti hyvin haastavalta, kun taas siirtyminen kaasukäyttöön olisi jo nyt mahdollista. Keskeistä on varmistaa päästöttömän liikennekaasun kysynnän ja tarjonnan samanaikainen syntyminen, esimerkiksi [Vaasan mallia](#) noudattaen.

P2G-ratkaisujen keskeiset hyödyt liittyvät metaanin korkeaan energiatiheyteen sekä olemassaolevaan jakelu- ja loppukäyttöinfrastruktuuriin. Hyvin korkeaenergistä metaania voidaan varastoida yksinkertaisissa säiliöissä, siirtää ja jaella kaasuverkossa sekä käyttää nykyisissä kaasumoottoreissa, -generaattoreissa ja -polttimissa. Siirtymävaiheessa jopa maakaasun hyödyntäminen mahdollistaa nopeat päästövähennykset bio- ja synteettisen kaasun tuotantokapasiteetin kasvaessa. Maakaasun CO₂-päästöt ovat noin 25% bensiiniä ja dieseliä alhaisemmat⁹ tuotettua energiayksikköä kohti metaanin yksinkertaisen hiilivetyrakenteen ansiosta. Synteettisen ja biometaanin päästöt ovat samasta syystä vähäisemmät myös verrattuna muihin nestemäisiin biopolttoaineisiin (esimerkiksi etanoli tai metanoli), eikä sen käyttö tuota lähipäästöjä. Kaasulle on jo olemassa laaja jakelun ja käytön infrastruktuuri, joka on syytä valjastaa täysimääräisesti liikenteen päästövähennystarkoituksiin.

Metaanin avulla voidaan ratkaista niitä päästöttömän liikennejärjestelmän ongelmia, joihin sähköautokannan kasvattaminen ei vastaa. Liikenteen sähköistämiseen liittyvä keskeinen haaste on uusiutuvan sähköntuotantotekniikan vaihtelevuus. P2G:llä kaasuun voidaan varastoida päästötöntä sähköenergiaa joustavasti erilaisilla aikajännteillä. Näin ollen metaanin suoran polttoainekäytön lisäksi P2G-ratkaisu tukee parhaimmillaan sähköautojen latausjärjestelmän rakentumista. Alhaisemman sähköntuotannon tunteina ja päivinä metaanista voidaan kaasugeneraattorilla tuottaa sähköä takaisin latausjärjestelmään. Kaasuinfrastruktuuri voi lisäksi joissain tapauksissa olla jopa moninkertaisesti sähköverkkoa kustannustehokkaampi tapa päästöttömän energian siirtämiseen¹⁰
¹¹.

Fossiilitonta metaania voidaan tuottaa joko biokaasu- tai P2G-laitoksessa. P2G-ratkaisuja on pidetty joissain yhteyksissä toistaiseksi teknologisesti epäkypsinä. Tämä on vanhentunutta tietoa. Suomalainen Q Power on kehittänyt menestyksekkäästi pilotoidun teknologian synteettisen metaanin tuotantoon, joka mahdollistaa esimerkiksi biokaasulaitosten metaanisaannon tuplaamisen, jos raakabiokaasun hiilidioksidi metanoidaan. Lisäksi Suomessa testataan tällä hetkellä teknologiaa, jolla voidaan metanoida aiemmin P2G-teknologioiden ulkopuolelle jääneitä sivuvirtoja – erityisesti

⁹ [Kaasuautoilijat \(2020\)](#)

¹⁰ [Hydrogen Europe \(2019\)](#), s. 7

¹¹ [Bothe & Janssen \(2019\)](#), s. 40 alkaen

kaatopaikkakaasua ja ligniiniä. Parhailaan on käynnissä useita neuvotteluja kotimaisten demomittakaavan laitosten rakentamisesta.

Synteettisten polttoaineiden tuotantoteknologioita on ympäri maailman kehitetty muuallakin, ja kehitystyö on tällä hetkellä erittäin intensiivistä. Seuraavien parin vuoden aikana nähtäen merkittäviä kaupallisen mittakaavan läpimurtoja ¹².

Fossiiliton käyttövoima	Tuotanto	Jakelu	Käyttö	Varastointi
Synteettinen metaani	Kapasiteettia rajoittaa lähinnä päästöttömän sähkön tarjonta.	Olemassaoleva jakeluinfraa. Tankkausverkostoa laajennettava.	Polttomoottorissa. Käyttöinfraa on olemassa. Bensiiniajoneuvot voidaan muuntaa kaasukäyttöisiksi.	Varastointi kaasuinfraan. Soveltuu lyhyt- tai pitkäaikaiseksi varastoksi.
Biometaani	Raaka-ainepohjaa riittää noin 10 TWh/a asti. Nykyisin noin 1 TWh/a tuotantokapasiteettia.	Olemassaolevaa jakeluinfraa. Tankkausverkostoa laajennettava.	Polttomoottorissa. Käyttöinfraa on olemassa. Bensiiniajoneuvot voi muuntaa kaasukäyttöisiksi.	Varastointi kaasuinfraan. Soveltuu lyhyt- tai pitkäaikaiseksi varastoksi.
Sähkö	Kapasiteettia rajoittaa lähinnä päästöttömän sähkön tarjonta.	Jakelu sähköverkossa. Haasteita latauspisteiden rakentamisessa Autojen lataus aiheuttaa rajujakin kysyntäpiikkejä. Verkkoa vahvistettava voimakkein investoinnein.	Sähkömoottorissa. Ei sovellu raskaaseen liikenteeseen.	Varastointi akkuihin. Akkuteknologia keskeinen pullonkaula. Soveltuu lyhytaikaiseksi varastoksi.

SYNTEETTISEN METAANIN TUOTANTOTEKNOLOGIA

Synteettisen metaanin tuotantoon tarvitaan seuraavat teknologiset komponentit:

1. Vetylähde
2. CO₂-lähde
3. Metanointiprosessi
4. Metaanin käytön ja jakelun infrastruktuuri



ELEKTROLYYSIVETY

Vetyä käytetään yleisesti erilaisissa teollisuuden prosesseissa. Vuonna 2018 vedyn globaali kysyntä oli yli 70 Mt, josta lähes kaikki tuotettiin maakaasua tai hiiltä jalostamalla. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä on energijärjestelmässä pyrittävä eroon, ja myös vedyntuotannon on jatkossa perustuttava enenevissä määrin päästöttömiin elektrolyysiteknologioihin.

¹² [Q Power](#), [SoCalGas](#), [Electrochaea](#), [Hydrogenics](#), [Uniper](#), yms.

Elektrolyysiteknologioita on nykyisellään olemassa useita. Nykyiset ratkaisut muuntavat tyypillisesti sähköenergian vedyn kemialliseksi energiaksi 60-65 % hyötysuhteella, parhaimmillaan 70 % hyötysuhteella. Saksalaisen Agora Energiewenden arvion¹³ mukaan elektrolyysikapasiteetin investointikustannus voisi pudota vuoteen 2030 mennessä jopa USD 100:aan per kW, ja aurinkosähköllä tuotetun elektrolyysivedyn hinta voisi vuonna 2030 olla jopa USD 1,3 per kg, joka olisi verrattavissa maakaasureformoinnilla hiilidioksidin talteenoton kanssa tuotetun vedyn hintaan.

On arvioitu, että lähivuosina voidaan teknologian kehittymisen myötä päästä jopa 80 – 90 % hyötysuhteisiin elektrolyysissä, erityisesti höyryelektrolyysiteknologian kehittyessä. Höyryelektrolyysissä vetyä tuotetaan korkeassa lämpötilassa huomattavasti tavallista elektrolyysiä pienemmällä sähköenergiapanoksella. Esimerkiksi Neste osti vastikään¹⁴ saksalaisen höyryelektrolyysiteknologiaa kehittäneen Sunfire GmbH:n.

HIILIDIOKSIDILÄHDE

Hiilidioksidia voidaan ottaa P2X-prosessiin erilaisista lähteistä, jotka voivat olla fossiilista tai biologista alkuperää. Biopohjaisia hiilidioksidilähteitä ovat mm. etanolintuotannon hiilidioksidisivuvirta ja biokaasu, sekä toisaalta esimerkiksi sellutehtaiden päästöt.

Metanoinnissa hyödynnettävän hiilidioksidin hinta riippuu voimakkaasti siitä, mistä se on otettu käyttöön. Esimerkiksi etanolin tuotantoprosessista hiilidioksidi saadaan käyttöön lähes lisäkustannuksitta, kun taas savukaasuista erotettuna hiilidioksiditonnin hinnassa voidaan puhua jo suuruusluokasta 30 - 50 €/t^{15 16}.

Metanoinnissa voidaan myös hyödyntää periaatteessa mistä tahansa orgaanisesta sivuvirrasta tuotettua hiilidioksidia. Esimerkiksi Suomessa olisi teknis-taloudellisesti hyödyntämiskelpoista pienpuuta ja metsänkorjuutähdettä arviolta 17 TWh vuodessa nykyistä käyttöä enemmän¹⁷.

Teknologiaa, jossa hiilidioksidi otetaan talteen suoraan ilmasta, kutsutaan Direct Air Captureksi (DAC). DAC-teknologioista on olemassa jo useita teollista mittakaavaa lähestyviä sovelluksia, ja DAC:n hinnan arvioidaan laskevan vuoteen 2030 mennessä 40 dollariin hiilidioksiditonnilta¹⁸.

METANOINTI

Metanoinnin lähtöaineina ovat siis hiilidioksidi ja vety. Metaania voidaan tuottaa Sabatieren reaktiossa, jossa hiilidioksidista ja vedystä muodostuu metaania ja vettä: $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Reaktio voidaan toteuttaa joko kemiallisesti katalyytin avulla korkeassa lämpötilassa ja paineessa tai mikrobiologisesti matalassa lämpötilassa ja alhaisessa paineessa.

KATALYTTINEN METANOINTI

Katalyyttiset prosessit toimivat yleensä 200 - 550 °C lämpötilassa, ja jopa 100 bar paineessa. Oinaista näille teknologioille on korkea metaanin muodostumisnopeus (MFR), joka kuvaa metaanin tuottoa reaktorin tilavuutta kohden laskettuna. Vaadittu korkea lämpötila kuluttaa kuitenkin energiaa vähentäen siten järjestelmän nettohyötysuhdetta. Lisäksi prosessiolosuhteet (korkea paine ja lämpötila) tekevät tekniikasta vaativan ja huonosti skaalautuvan hajautettuun mittakaavaan. Termokemiallinen katalyyttinen teknologia vaatii hyvin puhdasta syöttökaasua. Pienetkin

¹³ [Agora Energiewende \(2019\)](#)

¹⁴ [Neste \(2020\)](#)

¹⁵ [Pettinau et al. \(2017\)](#)

¹⁶ [Maas et al. \(2016\)](#)

¹⁷ [Pöyry \(2019\)](#)

¹⁸ [Fasihi et al. \(2019\)](#)

epäpuhtauksien pitoisuudet ovat ongelmallisia. Rikki ja rikkipitoiset yhdisteet ovat tunnettuja haitta-aineita, jotka deaktivoivat katalyytin toimintaa joko kokonaan tai osittain. Katalyyttinen teknologia vaatii panostuksia oheisteknologioihin liittyen sekä kaasunpuhdistukseen että jäähtymiseen. Nämä vaatimukset lisäävät huomattavasti kustannuksia ja tekevät teknologiasta heikosti skaalautuvan.

MIKROBIOLOGINEN METANOINTI

Mikrobiologinen metanointi toimii huomattavasti matalammassa lämpötilassa ja alhaisemmassa paineessa kuin katalyyttinen metanointi. Tyypillisesti lämpötila vaihtelee 40 - 70 ° C välillä ja paine 0 - 20 bar välillä. Mikrobiologinen metanointi sietää katalyyttistä teknologiaa paremmin epäpuhtauksia. Mikrobit voivat jopa hyödyntää ravintonaan osan syöttökaasuissa esiintyvistä epäpuhtauksista (esim. rikkivety). Lisäksi mikrobiologinen metanointi sietää katalyyttistä paremmin syöttökaasujen epäsuhtaa.

Mikrobiologisen metanoinnin haaste on syötekaasujen, erityisesti vedyn, niukkaliukoisuus veteen. Kaasujen liukoisuuden parantamiseksi käytetään erilaisia menetelmiä (mm. sekoitus, paine), jotka kuitenkin alentavat teknologian kokonaishyötysuhdetta.

Mikrobiologiseen metanointiin liittyvät rajoitteet ovat todistetusti ratkaistavissa. Q Power on esimerkiksi kehittänyt reaktorirakenteen, jolla ratkaistaan kaasujen liukoisuusongelma, jolloin päästään tavanomaisia mikrobiologisia metanointiteknologioita huomattavasti korkeampaan hyötysuhteeseen.

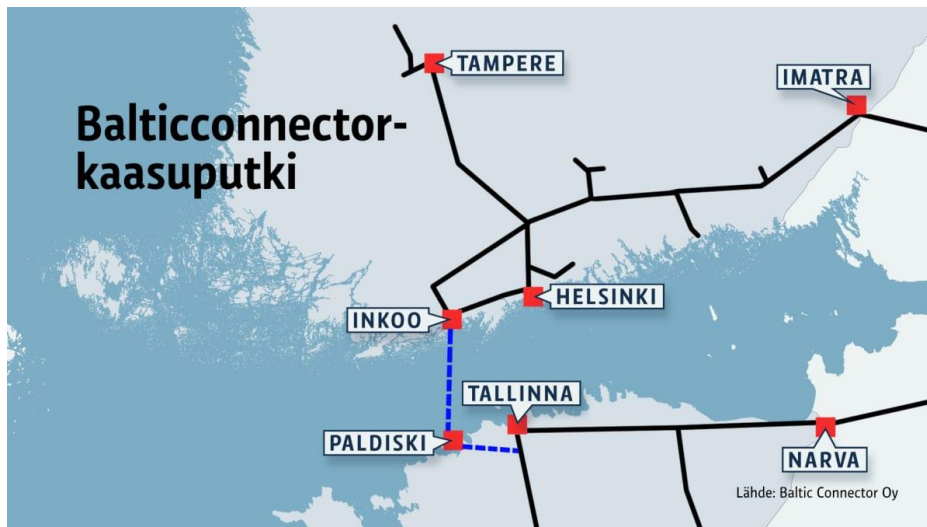
Biologinen metanointi soveltuu erityisen hyvin hajautettuun mittakaavaan, mutta tarjoaa kustannustehokkaan lähestymistavan myös keskitettyyn kokoluokkaan.

JAKELU JA KÄYTTÖ

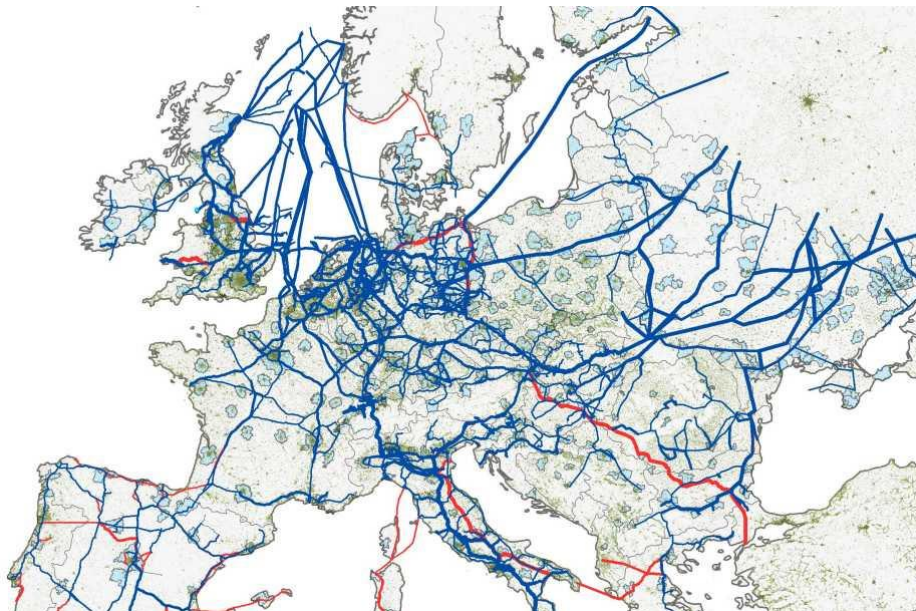
Synteettisen metaanin jakelussa ja käytössä voidaan hyödyntää olemassa olevaa kaasuinfrastruktuuria sellaisenaan. Suomessa ja laajemmin Euroopassa on rakennettuna maakaasun siirtoverkosto (Kuva 1, Kuva 2), ja kaasua käytetään erilaisissa teollisuuden ja liikenteen sovelluksissa yleisesti. Olemassa olevaa infrastruktuuria hyödyntämällä voidaan saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä sähkön siirtoverkkojen rakentamiseen verrattuna ¹⁹.

Kaasuinfrastruktuurilla on suuri merkitys, sillä sen ansiosta fossiilisia polttoaineita korvaavaa ja päästöjä vähentävää synteettistä metaania voidaan tuoda markkinoille nopeasti ja ilman merkittäviä lisäinvestointeja jakelu- ja käyttöinfrastruktuuriin. Ilmastonmuutoksen kannalta päästöjen vähentämisellä on kiire, joten nopeisiin ja kokonaistaloudellisesti tehokkaisiin päästövähennysratkaisuihin on syytä tarttua.

¹⁹ [Bothe & Janssen \(2019\)](#), s. 40 alkaen



KUVA 1 MAAKAASUN SIIRTOVERKKO SUOMESSA, SIS. UUSI BALTIC CONNECTOR -PUTKI. LÄHDE: [YLE](#)



KUVA 2 MAAKAASUN SIIRTOVERKKO EUROOPASSA. LÄHDE: [ETH ZURICH](#)

SYNTEETTISEN METAANIN TUOTANTOKUSTANNUS JA TUOTANTOKAPASITEETIN SKAALAAMINEN

Syntheettisen metaanin raaka-ainepohja on periaatteessa lähes rajaton – metaanin tuottamiseen tarvitaan hiilidioksidia, vettä ja päästötöntä sähköä. Vettä on saatavilla runsaasti. Hiilidioksidin talteenoton kustannus riippuu voimakkaasti siitä, mistä lähteestä hiilidioksidi otetaan, ja mikä sen alkuperäinen konsentraatio on. Päästöttömän sähkön hinta riippuu markkinatilanteesta.

Kuten yllä esitetään, sähköistämällä ei voida ratkaista kaikkia fossiilittoman liikennejärjestelmän haasteita. Erityisesti raskaassa liikenteessä tarvitaan muita ratkaisuja, mutta myös henkilöautoissa 10-20 vuoden siirtymäkauden yli on syytä edistää olemassa olevan ajoneuvokannan muuntamista vähäpäästöiseksi tai päästöttömäksi. Nämä kaksi tarvetta voidaan viisaimmin tyydyttää päästötöntä metaania tuottamalla ja polttomoottoreissa hyödyntämällä. **Syntheettiselle metaanille on olemassa**

jo jakeluinfrastuktuuuri ja tuotantoteknologia, ja päästövähennyksiä voidaan alkaa tuottaa välittömästi.

Biologisesti tuotetun synteettisen metaanin tuotantokustannus on tyypillisesti välillä **60 – 100 € / MWh²⁰** – riippuen sähkön sekä kaasutettavan jakeen ja/tai hiilidioksidisyötteen hinnasta. Mielekäs vertailukohta on liikennebiokaasu, jonka tuotantokustannus Suomessa on tyypillisesti välillä **81 – 190 € / MWh²¹**.

Synteettisen metaanin tuotantokapasiteetin skaalaamisen kannalta rajoittavia tekijöitä ovat ennen muuta päästöttömän sähkön saatavuus sekä elektrolyyserikapasiteetti. Tuulivoima on Suomessa jo nykyisellään edullisin sähkön tuotantomuoto, ja uusia tuulivoimahankkeita on valmistelussa ja rakenteilla noin 13 GW edestä²². Tuulivoiman rakentamisen suurin rajoite on tällä hetkellä luvitus- ja valitusprosessien hidas eteneminen.

Julkisen vallan toimenpitein voidaan vauhdittaa synteettisten polttoaineiden tuloa markkinoille periaatteessa kahdella tavalla:

1. Hiilidioksidipäästöjen nykyistä kireämmällä hinnoittelemisella
2. Investointituella P2X-hankkeisiin ja päästöttömään sähköntuotantoon

Jos markkinaolosuhteet rakennetaan suotuisiksi, ei synteettisten polttoaineiden tuotannossa tarvita lainkaan julkista tukea.

Jos synteettisten polttoaineiden markkinoille tulemistä halutaan varhaisessa vaiheessa tukea julkisin toimenpitein, voidaan se tehdä esimerkiksi seuraavin toimin:

1. Raskaiden biometaanikäyttöisten ajoneuvojen hankintatuki, painoluokasta riippuen 2 000 – 12 000 euroa²³. Lisäksi jatkettava henkilöautojen kaasukonversion tukea. Kaasun kysynnän luominen edistää alkuvaiheessa merkittävästi myös tarjonnan syntymistä ja vakiintumista.
2. Energiatuen ulottaminen koskemaan P2X-hankkeita esimerkiksi 20-40 % osuudella investointikustannuksista.
3. Korotettu 20-30 % energiaturkiluokka hankkeisiin, joissa kaatopaikkakaasua hyödynnetään polttoaineiden raaka-aineena.
4. Hiilidioksidin talteenoton demonstraatiohuutokaupan toimeenpano. Valtio voisi huutokaupata esimerkiksi 50 M€ edestä hiilidioksidin talteenottoprojekteja, jotta saataisiin käytännön CCS/U-hankkeet kunnolla vauhtiin Suomessa.
5. Synteettisten polttoaineiden tuotantoon liittyvien jalostusarvoketjujen tukeminen nykyisten energiapuuterminaalien yhteydessä. Energiapuuterminaalit voisivat toimia alueellisina polttoaineiden tuotanto- ja jakelukeskuksina.
6. Tuulivoimahankkeiden luvituskäsittelyn edistäminen erityisesti valitusprosessien jouduttamista lisäresursoimalla.
7. Biokaasun jalostamisteknologian investointituki. Biokaasu sisältää noin 40 % hiilidioksidia, joka voidaan jalostaa edelleen lisäarvoa tuottavaksi metaaniksi.

²⁰ Q Powerin laskelmat

²¹ [Pääkkönen et al. \(2019\)](#)

²² [Suomen tuulivoimayhdistys](#)

²³ [Autoalan keskusliitto](#)