



MAAKAASUN ROOLI EUROOPAN ENERGIAMURROKSESSA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikan kandidaatintyö

2022

Olli Taskinen

Tarkastaja: Professori Esa Vakkilainen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Olli Taskinen

Maakaasun rooli Euroopan energiamurroksessa

Energiatekniikan kandidaatintyö

2022

33 sivua, 3 kuvaa, 1 taulukko

Tarkastaja: Professori Esa Vakkilainen

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on perehtyä maakaasun rooliin Euroopan Unionin energiajärjestelmässä seuraavan 10 vuoden aikana. Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena. Siinä tarkastellaan maakaasun roolia Euroopan Unionin nykyisessä energiankulutuksessa, sekä perehdytään kaasun käyttöön vaikuttaviin kehityskulkuihin lähitulevaisuudessa.

Maakaasu on erittäin monikäyttöinen polttoaine. Sitä käytetään Euroopassa laajasti muun muassa sähkön ja lämmön tuotantoon sekä kemianteollisuuden raaka-aineena. Maakaasu on fossiilinen polttoaine, mutta sen käyttö tuottaa muita fossiilisia polttoaineita vähemmän hiilidioksidia. Maakaasun kuljetuksen tekee haastavaksi sen kaasumainen olomuoto. Tämän vuoksi maakaasun kuljetus vaatii muita fossiilisia polttoaineita merkittävämpiä investointeja.

Euroopan Unionin energiamaarkkinoihin kohdistuu lähivuosina monenlaista painetta. Unionissa pyritään kohti hiilineutraaliutta samaan aikaan kun sen jäsenmaat pyrkivät varmistamaan oman taloudellisen kilpailukyönsä. Lisäksi pyritään eroon Venäjän tuottamasta energiasta Ukrainan sodan vuoksi. Maakaasulla on tässä kaikessa tärkeä rooli hiilen korvaajana ja uusiutuvan energian tukena. Toisaalta venäläiselle kaasulle haluttaisiin löytää kestävä korvaaja nopealla aikataululla.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Olli Taskinen

The role of natural gas in the European energy transition

Bachelor's thesis

2022

33 pages, 3 figures, 1 table

Examiners: Professor Esa Vakkilainen

The goal of this bachelor's thesis is to study the role of natural gas in the European Union's energy system over the next 10 years. The work is carried out as a literature review. It examines the role of natural gas in the European Union's current energy consumption and the developments affecting the use of gas in the near future.

Natural gas is a very versatile fuel. It is widely used in Europe, for example, to produce electricity and heat as well as a raw material for the chemical industry. Natural gas is a fossil fuel, but its use produces less carbon dioxide than other fossil fuels. The transport of natural gas is challenging because of its gaseous state. Therefore, the transportation of natural gas requires more significant investments than other fossil fuels.

The European Union's energy market will be under a variety of pressure in the coming years. The Union is working towards carbon neutrality, while its member states are working to ensure their own economic competitiveness. In addition, efforts are being made to get rid of the energy produced by Russia due to the war in Ukraine. In all this, natural gas plays an important role as a substitute for coal and a support for renewable energy. On the other hand, one would want to find a sustainable replacement for Russian gas on a fast schedule.

LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

CNG	compressed natural gas eli paineistettu maakaasu
LNG	liquefied natural gas eli nesteytetty maakaasu
P2G	power to gas eli synteettisen metaanin valmistusprosessi
R/P	reserves to production eli maakaasun tunnettujen reservien suhde tuotannon volyymiin

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	6
2	Maakaasun nykyinen käyttö Euroopassa.....	7
2.1	Maakaasu ja sen esiintyminen.....	7
2.2	Maakaasun tuotanto ja kuljetus.....	7
2.3	Maakaasun tuotanto ja tuonti Euroopan Unionin alueelle.....	10
2.4	Kaasun varastointi.....	12
2.5	Maakaasun käyttö Euroopan Unionin alueella.....	13
3	Maakaasun ympäristövaikutukset.....	16
3.1	Päästökauppa.....	17
3.3	Maakaasu uusiutuvien energiajärjestelmien tukena.....	18
4	Maakaasuun liittyvät poliittiset toimet ja turvallisuuspoliittiset riskit.....	20
4.1	Euroopan Unionin taksonomia.....	20
4.2	Venäjän osa Euroopan kaasuntoimittajana.....	21
4.3	Venäjä ja vuosien 2021 ja 2022 kaasukauppa.....	22
5	Johtopäätökset.....	27
6	Yhteenveto.....	28
	Lähteet.....	30

1 Johdanto

Maakaasu on fossiilinen polttoaine, joka on syntynyt maan sisällä eloperäisen materiaalin hajotessa hapettomissa olosuhteissa. Maakaasu koostuu pääasiassa metaanista CH₄, mutta maaperässä esiintyvä maakaasu sisältää pieninä vaihtelevina osuuksina myös muita kaasuja. Maakaasu sisältää merkittäviä määriä kemiallista energiaa, joka voi vapautua maakaasun palaessa hapen kanssa. Metaanin palamisessa vapautuu hiilidioksidia ja vettä.

Maakaasu on yksi Euroopan merkittävimmistä energianlähteistä. Maakaasua käytetään laajasti muun muassa sähkön ja lämmöntuotantoon, rakennusten lämmitykseen sekä kemianteollisuuden raaka-aineena. Fossiilisenä polttoaineena maakaasun käyttö aiheuttaa ilmaston lämpenemistä, mutta sen vaikutus on muita fossiilisia polttoaineita vähäisempi.

Tämän kandidaatintyön alkupuolella tutustutaan maakaasun käyttöön, tuotantoon ja kauppaan Euroopan Unionissa ja sen lähialueilla. Työssä eritellään maakaasun merkittävimmät käyttäjäryhmät, sekä esitellään Euroopan Unionin kannalta merkittävimmät maakaasun tuottajat. Maakaasun käytön nykytilaa tarkasteltaessa työssä käytetään vuoden 2020 tilastotietoja, sillä kirjoitushetkellä ajankohtaiset suuret mullistukset ovat tehneet energiamarkkinoista epävakaita tämän jälkeen.

Kandidaatintyössä tarkastellaan myös maakaasuun liittyviä muutospaineita seuraavan 10 vuoden aikana. Maakaasun tulevaisuuden vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi Euroopan omien kaasuvarojen ehtyminen lähitulevaisuudessa ja ilmastonmuutoksen vastainen työ.

Kandidaatintyön loppupuolella käsitellään Venäjän Ukrainaan kohdistamien sotatoimien vaikutuksia Euroopan kaasumarkkinaan. Venäjän toimien seurauksena Euroopan energiamarkkina on ollut poikkeuksellisen epävakaina tilassa syksystä 2021 alkaen. Ukrainan sodasta seuranneet Venäjän vastaiset pakotteet, ja Venäjän vastatoimet ovat aiheuttaneet nopeita ja rajuja muutoksia energiamarkkinoilla. Kandidaatintyössä tarkasteltava ajanjakso kaasumarkkinan tapahtumien osalta päättyy toukokuun loppuun 2022. Tämän jälkeen kaasumarkkinoilla hyvin todennäköisesti tapahtuvia muutoksia ei huomioida.

2 Maakaasun nykyinen käyttö Euroopassa

Tässä luvussa tutustutaan maakaasun nykyiseen rooliin Euroopassa. Luvussa käsitellään maakaasun globaalia esiintyvyyttä ja tuotantoa, maakaasun käyttöä energianlähteenä ja teollisuuden raaka-aineena, sekä maakaasun käyttöön liittyviä rakenteita.

2.1 Maakaasu ja sen esiintyminen

Maakaasua esiintyy maapallon kuorikerroksesta useissa erilaisissa geologisissa muodostumuksissa. Esiintymät jaetaan niiden hyödynnettävyyden perusteella konventionaalisiin ja epäkonventionaalisiin kaasuvareihin. Konventionaaliset kaasuvarat ovat suhteellisen helposti hyödynnettävissä. Niissä maakaasu esiintyy maankuoren onkaloissa tai kaasua hyvin läpäisevässä materiaalissa joko sellaisenaan tai yhdessä maaöljyesiintymän kanssa. Epäkonventionaaliset kaasuvarat vaativat monimutkaisempaa tekniikkaa hyödyntämistään varten. Tällainen kaasuesiintymä on esimerkiksi liuskekaasu. Liuskekaasu on huokoiseen liuskekiveen sitoutunutta kaasua. Liuskekiven rakenne pitää tehokkaasti liuskekaasun paikallaan, ja kaasun vapautuminen edellyttää kiven rakenteen rikkomista. Epäkonventionaalista maakaasua esiintyy myös hiiliesiintymiin, sekä koviin, täysin kaasua läpäisemättömiin kivilajeihin sitoutuneena. Lisäksi maakaasua on sitoutuneena jäätyneen veden ja maakaasun muodostamiin metaanihydraatteihin. (Smil, 2015 s. 30–55, 244–285)

2.2 Maakaasun tuotanto ja kuljetus

Maakaasuvareiden etsinnässä käytetään laajasti seismistä teknologiaa, jossa maaperään kohdistetaan ääniaaltoja. Näiden ääniaaltojen kulkua analysoimalla saadaan hankittua ennakkotietoa, jonka pohjalta hiilivetyjen koeporaukset sekä hyödyntäminen voidaan aloittaa. Konventionaalista kaasuesiintymää hyödynnettäessä riittää, että kaasuesiintymään asti saadaan porattua tarkoitukseen soveltuva putki. Kaasu on usein maan alla korkeassa paineessa, joten se virtaa usein aluksi putkea pitkin maan pinnalle omalla paineellaan. Paineen laskiessa

loppu kaasu saadaan liikkeelle pumppaamalla kaasulähteeseen sopivaa nestettä tai kaasua. (Smil, 2015 s. 81–98)

Liuskekaasun hyödyntäminen on konventionaalista kaasua monimutkaisempaa. Jotta liuskekiveen sitoutunut kaasu saadaan liikkeelle, täytyy kiven rakenne saada rikottua. Kaikkein yleisimmin tämä tehdään ruiskuttamalla porausreikään hyvin korkealla paineella veden ja erilaisten kemikaalien muodostamaa sekoitusta. Tätä prosessia kutsutaan vesisärötykseksi. Vesisärötys on otettu laajasti käyttöön 2000-luvun puolivälissä Yhdysvalloissa. Liuskekaasun tuotannon nopea laajeneminen nosti Yhdysvallat maailman suurimmaksi maakaasun tuottajaksi. Vesisärötykselle ominaista on, että yhdestä porausreiästä ei saada kaasua yhtä kauan kuin hyödynnettäessä konventionaalisia kaasuvaroja. Tämän vuoksi tuotannon on tapahtuttava alueella, jossa tuotantoreikien poraus on helppo järjestää. Esimerkiksi merialueilla vesisärötyksen hyödyntäminen ei ole tällä hetkellä taloudellista. (Smil, 2015 s. 250–264)

Maakaasun kuljetus poikkeaa jonkin verran muiden polttoaineiden kuljetuksesta. Maakaasun energiatiheys kaasumaisessa olomuodossa alhainen verrattuna muihin polttoaineisiin. Tämän vuoksi yksinkertaisin ja toistaiseksi yleisin tapa kaasun kuljettamiseksi porauspaikalta käyttäjälle on kaasuputken käyttö. Kaasuputkien avulla on mahdollista siirtää hyvin suuria energiamääriä pitkienkin matkojen päähän. Maakaasuputkien avulla kaasua on mahdollista kuljettaa kustannustehokkaasti useiden tuhansien kilometrien matkoja. Uusissa maakaasuputkissa paine voi olla jopa 80 bar (Gasgrid 2022). Tämä paitsi kasvattaa voimakkaasti kaasuputken siirtokapasiteettia, myös tekee kaasuputkesta merkittävän kaasuvaramon. Kaasuputket saavat myös tarvitsemansa energian maakaasusta, sillä kaasun paineistus ja paineen ylläpito tapahtuu maakaasukäyttöisillä kaasuturbiineilla. Pitkissä putkilinjoissa nämä kaasuturbiinit tarvitsevat polttoainekseen 2–3 % putken läpi virtaavasta kaasusta. Tämä tekee maakaasun putkisiirroista erään energiatehokkaimmista olemassa olevista energiansiirtomuodoista. Maakaasuputket mahdollistavat myös kaasun jatkuvan ja keskeytyksettömän jakelun yksittäisille kotitalouksille asti. Maakaasun jakelu onnistuu siis yhtä mutkattomasti, kuin esimerkiksi sähkön. (Smil, 2015 s. 104–121)

Kaasuputkien käytössä merkittävin haaste liittyy putki-infrastruktuuriin sitoutuviin suuriin pääomiin. Putkien rakentaminen on kallista, ja putki-investointien kuoletus vaatii pitkiä, jopa vuosikymmeniä kestäviä kaasutoimituksia. Kaasuputkien sijoittelua ja rakentamista rajoittaakin paikoin epävarma kaasukaupan jatkuvuus. Tekniseksi esteeksi kaasuputkien

rakentamiselle ovat osoittautuneet valtameret. Tällä hetkellä pisimmät meren pohjaan rakennetut kaasuputket ovat Itämerelle, Venäjän ja Saksan välille rakennetut Nord Stream -putket, joiden merenalainen pituus on yli 1200 km (Nord Stream, 2022).

Toinen yleisesti käytössä oleva tekniikka maakaasun kuljetukseen on liquid natural gas eli LNG, jossa maakaasu jäädytetään -162°C lämpötilaan, jossa metaani muuttuu nesteeksi. Tällöin maakaasun tilavuus pienenee noin 600 kertaisesti ilmapaineiseen kaasuun verrattuna. Tiheyden kasvun ansiosta nesteytettyä maakaasua on mahdollista kuljettaa taloudellisesti tarkoitukseen soveltuvilla laivoilla. Nesteytetty maakaasu soveltuu myös laivojen polttoaineeksi. Taulukossa 1 on esitetty maakaasun tilantarvetta suhteessa muihin saman energiamäärän sisältäviin polttoaineisiin.

Taulukko 1. Eri polttoaineiden energiasisältöjä (Suomen kaasuyhdistys, 2022)

Kuutiometriä maakaasua, (m^3 20°C)	Kilogrammaa nestemäistä maakaasua (kg LNG)	Litraa kevyttä polttoöljyä (l)	Megajoulea energiaa, alempi lämpöarvo (MJ)	Megajoulea energiaa, ylempi lämpöarvo (MJ)
1	0,68	0,93	33,54	37,17

Maakaasun tuotantoon ja siirtoon liittyvän infrastruktuurin monimutkaisuus muihin fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna rajoitti pitkään kaasun käytön laajenemista. Kaasun tuotanto onkin laajentunut nykyiseen mittakaavaansa verrattain myöhään, vasta 1950-luvulta alkaen. Tätä ennen maakaasun käyttö keskittyi suurimmaksi osaksi öljynporauksen sivutuotteena saadun kaasun hyödyntämiseen. (Smil, 2015 s. 200–226)

Maakaasukaupassa investointien kannattavuus perustuu yleensä pitkäaikaisiin sopimuksiin, ja maakaasun ostaja ja myyjä ovat sidoksissa toisiinsa. Esimerkiksi Venäjän suurilta Jamal-kaasukentiltä ei ole olemassa merkittävää siirtoinfrastruktuuria muualle kuin Venäjän kotimarkkinoille ja Eurooppaan. (Smil, 2015 s, 214)

2.3 Maakaasun tuotanto ja tuonti Euroopan Unionin alueelle

Euroopan Unioni on voimakkaasti riippuvainen maakaasun tuonnista. Vuonna 2020 EU:n ja Britannian yhteenlaskettu kaasun tuotanto oli hieman alle 3,5 miljoonaa terajoulea. Tuotanto on laskenut tasaisesti vuosituhannen vaihteesta lähtien, jolloin se oli lähes 10 miljoonaa terajoulea. (IEA 2022 a) Tuotannosta Ison-Britannian osuus oli vuonna 2020 noin 1,5 miljoonaa terajoulea. (IEA 2022 b) EU:n kaasun tuottajista merkittävin on ollut Alankomaat, jonka tuotanto on kuitenkin laskenut voimakkaasti vuodesta 2013 lähtien. Tuolloin tuotanto oli n. 2,9 miljoonaa terajoulea, kun se oli vuonna 2020 enää n. 0,8 miljoonaa terajoulea. (IEA 2022 c) Alankomaiden kaasuntuotannon väheneminen johtuu Groningenin kaasukentän ehtymisestä. Groningenin kaasukenttä on ollut Euroopan tärkeimpiä kaasuntuottajia vuosikymmenien ajan, mutta tuotannon väheneminen on jo vähentänyt kaasukentän merkitystä. Tuotannon vähenemisestä johtuen Alankomaista tuli vuonna 2018 ensimmäistä kertaa kaasun nettotuojia. Vuosina 2018 ja 2019 kaasuntuotanto aiheutti maanjäristyksiä Groningenissa. Tämän seurauksena Alankomaissa tehtiin poliittinen päätös, jonka mukaan kaasun tuotannon pitäisi loppua vuoden 2022 aikana. (IEA 2020)

Vuonna 2020 Euroopan Unionin alueelle tuotiin noin 14 miljoonaa terajoulea maakaasua. (IEA 2022 d) Tuonti kattoi siis noin neljä viidesosaa Euroopan Unionin kaasun tarpeesta. Kun tarkastellaan vuoden 2020 viimeistä neljännestä, suurin kaasun myyjä Euroopan Unionin alueelle oli Venäjä 53 % osuudella. Seuraavaksi suurimmat viejät olivat Norja (22 %), ja Algeria (12,1 %). Näistä kaasun myyjistä Norja toimitti kaasua lähes yksinomaan putki-verkkoja pitkin, kun Venäjä ja Algeria veivät kaasua myös nesteytettyssä muodossa. Kaiken kaikkiaan LNG-tuontia oli 17,6 % vuosineljänneksen tuonnista. LNG-markkinoilla merkittävimmät kaasun toimittajat olivat Venäjä, USA ja Qatar, joista kukin toimitti hieman yli viidenneksen LNG-viennistä. (European comission 2020)

Kaasuvarojen riittävyttä voidaan kuvata kaasureservien ja kaasuntuotannon välisellä suhteella eli reserves/ production, R/P. Tällä laskennallisella suhteella kuvataan sitä, kuinka pitkäksi aikaa tietyn alueen maaperästä löytyvät kaasuvarat riittävät nykyisellä kaasun poraus vauhdilla. Vuonna 2020 Euroopan Unionin kaasureservien ja kaasun tuotannon välinen suhde oli 14,5 vuotta. Tämä oli hyvin heikko tulos ottaen huomioon, että Euroopan Unioni toi suurimman osan käyttämästään maakaasusta Unionin ulkopuolelta. Esimerkiksi Lähi-Idän mailla R/P suhde oli samana vuonna 110,4 vuotta. Ainoastaan Pohjois-Amerikassa R/P luku oli Eurooppaa pienempi, 13,7 vuotta. Pohjois-Amerikan matalaa lukua selittää se, että alueen maakaasun tuotanto oli huomattavasti Eurooppaa suurempaa. Lisäksi Pohjois-Amerikka on nykyisellä tuotantomäärällä käytännössä omavarainen maakaasun suhteen, ja kykenee jopa viemään kaasua. Pohjois-Amerikassa myös otetaan jatkuvasti käyttöön uusia liuskekaasuvaroja, ja alueen tunnetut kaasureservit ovat nousseet koko 2000-luvun tämän vuoksi Euroopan maiden kuluttaessa omia reservejään. (BP. 2021, s. 34–47)

Euroopan Unionin sisällä kaasunsiirron rungon muodostavat kaasun tuontiputket kaasukentiltä sekä kaasun tuojamaista, LNG-terminaalit sekä unionin sisäiset kaasunsiirtoputket. Tärkeimmät kaasuntuontiputket tulevat Venäjältä Itämeren, Valko-Venäjän ja Ukrainan kautta Itä-Eurooppaan, Algeriasta Espanjaan ja Italiaan, sekä Alankomaista ja Pohjanmereltä keski-Eurooppaan. Lisäksi eripuolille Eurooppaa on erityisesti viime vuosina rakennettu LNG-terminaaleja nesteytetyn maakaasun tuonnin mahdollistamiseksi. (European Commission. 2020) Euroopan Unioni on vuodesta 2009 alkaen pyrkinyt lisäämään maakaasun toimitusvarmuutta sekä purkamaan kaasumarkkinaan liittyviä monopoleja. Vuonna 2011 linjattiin Eurooppa neuvoston toimesta, että kaikkien EU-maiden energia infrastruktuuria tulee kehittää siten, että sähköä ja maakaasua on mahdollista ostaa useammasta kuin yhdestä lähteestä. Linjauksen seurauksena esimerkiksi Suomen kaasumarkkinaa on kehitetty rakentamalla Suomen ja Viron välille Balticconnector-kaasuputki, sekä LNG-terminaaleja Suomen rannikolle. (Gasgrid. 2020)

2.4 Kaasun varastointi

Maakaasu on matalan ominaistiheydensä vuoksi hankala varastoitava. Ilmanpaineinen maakaasu tarvitsee saman energiasisällön varastointiin yli tuhatkertaisen tilavuuden esimerkiksi dieselöljyyn verrattuna. Tämän vuoksi maakaasua varastoidaan paineistetuissa varastoissa. Yksinkertaisimmillaan kaasuvälikampana voi toimia tyhjäksi pumpattu maakaasulähde. Tyhjiissä kaasulähteissä on käytettävissä valmis infrastruktuuri kaasun käsittelyä varten, ja kaasulähteet ovat usein kapasiteetiltaan suuria. Kaasulähteeseen perustettua varastoa ei kuitenkaan koskaan voida purkaa täysin tyhjäksi, vaan lähteessä täytyy olla aina tietty määrä kaasua pitämässä painetta yllä. Kaasulähteeseen perustetut kaasuvälikampanat sopivat hyvin maakaasun välikampanointiin, sillä välikampanan purkua ei voida tehdä kovin nopeasti. (Smil. 2015, s. 121–127)

Maakaasun välikampanointiin sopivat myös tyhjat suolakaivokset. Ne soveltuvat tarkoitukseen hyvin erityisesti niiden tiiviin rakenteen vuoksi. Välikampanaa varten voidaan lisäksi varta vasten liuottaa onkaloja suolakerrostumaan. Suolaonkaloihin perustetut kaasuvälikampanat ovat tilavuudeltaan pienehköjä, mutta kaasu on otettavissa käyttöön nopeasti. Siksi tällaiset välikampanat soveltuvat erityisesti kulutushuippujen tasaamiseen. Mikäli alueella ei ole maakaasulähteitä tai suolakerrostumia, voidaan välikampana perustaa esimerkiksi tyhjäksi pumpattuun pohjavesilähteeseen. Pohjaveden läsnäolo tekee kaasuvälikampanan operoinnista kuitenkin monin tavoin haastavampaa. Maakaasua voidaan varastoida myös maanpäällisiin välikampanoihin. LNG-tekniikalla on mahdollista toteuttaa kapasiteetiltaan rajoitettuja välikampanoita, joissa kaasu on välittömästi käyttöön otettavissa. Maanpäällisissä paineistetun maakaasun välikampanoissa ongelmana on välikampanojen vaatima suuri tila. (Smil. 2015, s. 121–127) Euroopassa on maanalaista maakaasun välikampanointikapasiteettia noin neljä miljoonaa terajoulea, joka kattaa keskimääräisenä talvena noin neljänneksen EU:n kaasukulutuksesta. Suurimmat välikampanat ovat Saksassa, kapasiteetiltaan n. 0,9 miljoonaa terajoulea. Välikampanakapasiteettia löytyy paljon myös Ranskasta ja Italiasta sekä Alankomaista. (European Commission, 2022)

Tarkastelemalla kaasuvarastojen täyttöastetta, on helppo havaita, että kaasun varastointia leimaa erityisesti varautuminen vuoden huippukysyntään, eli talven lämmityskauteen. Normaalisissa markkinatilanteissa, esimerkiksi syksyllä 2020, kaasuvarastot saavuttivat 95 % täyttöasteen lokakuun alkupuolella. Varastojen purku alkoi marraskuun loppupuolella 2020, ja oli kiivainta joului- tammikuussa. Varastot saavuttivat alimman tasonsa, hieman alle 30 % huhtikuun jälkipuoliskolla 2021. Toukokuun alusta alkaen varastot alkoivat taas hiljalleen täyttyä. (Gas Infrastructure Europe, 2022)

2.5 Maakaasun käyttö Euroopan Unionin alueella

Maakaasun rooli Euroopan Unionin energiantuotannolle, kuluttajille, ja teollisuudelle on erittäin suuri. Maakaasu on ollut öljyn jälkeen toiseksi käytetyin energialähde EU:ssa jo vuodesta 1996 lähtien, ja sen suhteellinen osuus fossiilista polttoaineista on vahvistunut erityisesti hiilen käytön vähentyessä. Euroopan kaasunkäyttäjistä merkittävimmät olivat asumissektori ja teollisuus. (IEA. 2022 e)

Asumissektorilla maakaasun kulutusta nostaa etenkin lämmitys. Kaasun käyttö lämmityksessä voidaan toteuttaa joko kaukolämpöverkon ja maakaasulla toimivien kaukolämpövoimalaitosten kautta, tai hyödyntämällä maakaasun jakeluputkistoa ja kiinteistökohtaisia maakaasupolttimia. Tyypillisesti Keski-, ja Etelä-Euroopassa suositaan kiinteistökohtaisia maakaasuboilereita, ja Pohjois-Euroopassa suositaan laajempaa kaukolämpöverkkoa. Kaukolämmön tuotannossa käytetään laajasti muita polttoaineita kuin maakaasua, kuten biomassaa. Tämän vuoksi maakaasun merkitys lämmityspolttoaineena ei ole yhtä suuri Pohjois-Euroopassa. Mikäli kiinteistöön tulee maakaasulinja, voidaan maakaasua käyttää myös ruoan valmistukseen. (Ahoniemi, 2021)

Kaasun etuja lämmityskäytössä ovat lämmitystehon helppo ja nopea säädettävyys, sekä se, että maakaasun palamisessa ei synny hiilidioksidin lisäksi juurikaan muita päästöjä.

Maakaasun käyttö helpottaakin savukaasujen käsittelyä voimalaitoskokoluokan laitoksissa, ja tekee kiinteistökokoluokan laitoksista mahdollisia tiheästi asutuilla alueilla ilman vaikutusta ilmanlaatuun. Näiden syiden vuoksi maakaasu oli vuonna 2019 merkittävin asuinrakennusten lämmityspolttoaine EU alueella 39 % osuudella (Odyssee-mure. 2022).

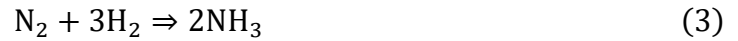
Sähkötuotannossa maakaasu on pitkään ollut kolmanneksi tärkein energianlähde hiilen ja ydinvoiman jälkeen. Ydinvoiman osuus alkoi supistua vuoden 2011 Fukushima ydinvoimalaonnettomuuden jälkeen, kun muun muassa Saksa teki päätöksen luopua ydinvoimasta vuoden 2022 loppuun mennessä (Yle 2012). Myös hiilellä tuotetun sähkön määrä on 2010-luvulla pudonnut reilusti, ja maakaasu nousikin hiilen ohi toiseksi käytetyimmäksi energianlähteeksi sähkön tuotannossa vuonna 2018. (IEA. 2022f)

Teollisuudessa maakaasu on laajasti käytetty kemikaalien raaka-aine sekä polttoaine. Erityisen tärkeä rooli maakaasulla on vedyn tuotannossa. Maakaasusta voidaan tuottaa vetyä niin kutsutun höyryreformointiprosessin avulla. Höyryreformointiprosessissa metaani reagoi korkeassa lämpötilassa veden kanssa seuraavien reaktioyhtälöiden mukaisesti (Energy.gov. 2022):



Höyryreformointi on toimiva teknologia vedyn valmistuksessa myös muista fossiilisista raaka-aineista tai biomassasta. Hiilivedyistä juuri metaanissa on kuitenkin eniten vetyä suhteessa hiilen määrään. Tämän vuoksi maakaasun käytöllä saavutetaan kaikkein pienimmät hiilidioksidipäästöt fossiiliselle vedylle. Lisäksi metaani on prosessin raaka-aineena homogeenista ja siksi helppoa käsitellä. Vetyä on mahdollista erottaa myös vedestä elektrolyysiprosessin avulla. Elektrolyysiprosessissa tarvitaan kuitenkin hyvin suuria määriä päästöttömästi tuotettua sähköä, jotta prosessilla päästäisiin maakaasun höyryreformointia pienempiin päästöihin. Esimerkiksi Saksan nykyisillä sähkötuotannon päästötasoilla elektrolyysillä tuotettu vety päästäisi yli kaksinkertaisen määrän hiilidioksidia maakaasuperäiseen vetyyn verrattuna. (European comission 2020b.) Tämän vuoksi reilusti yli 90 % prosenttia EU alueella käytetystä vedystä tuotetaan maakaasun avulla (European Comission. 2022b).

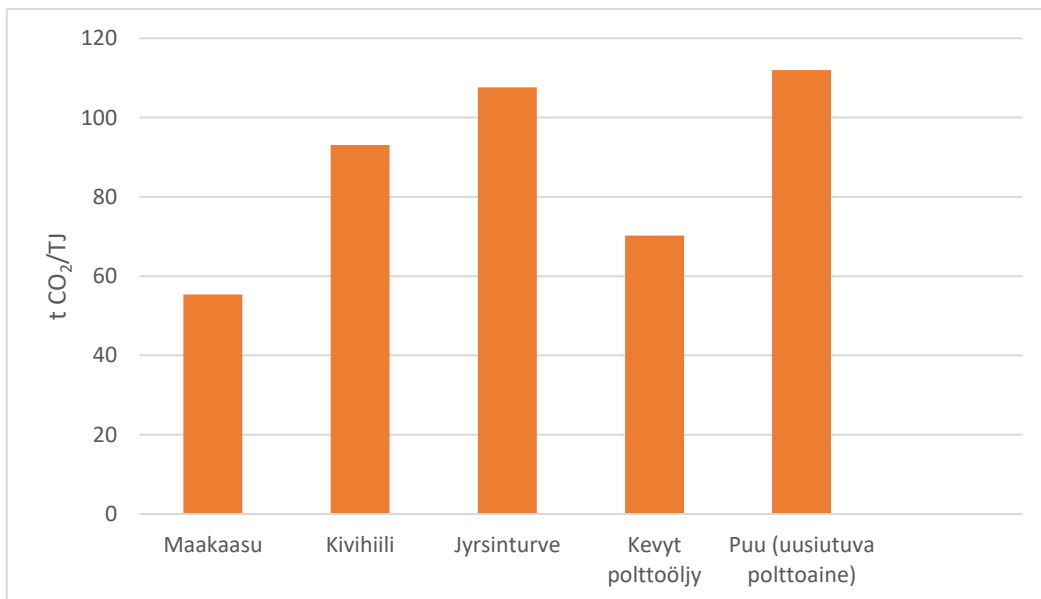
Vedyn tärkeimpiä käyttökohteita ovat tällä hetkellä öljynjalostusteollisuus ja lannoitteiden tuotanto. Vedystä ja typestä voidaan Haber-Bosch menetelmällä luoda ammoniakkia seuraavan yhtälön mukaisesti:



Ammoniakin syntetisoinnin keksiminen on ollut keskeisessä asemassa maapallon väkiluvun kasvussa 1900- ja 2000-luvuilla, ja maailman ruoan tuotannosta hyvin suuri osa tapahtuu nykyään Haber-Bosch menetelmällä tuotetusta ammoniakista jalostettujen typpilannoitteiden avulla. Öljynjalostuksessa puolestaan monissa prosesseissa on tarpeen hydrata käsiteltäviä yhdisteitä, eli lisätä niihin vetyä. Metaania voidaan myös polymeroida, jolloin maakaasusta saadaan valmistettua kiinteitä yhdisteitä kuten muoveja. (Smil. 2015 174–191)

3 Maakaasun ympäristövaikutukset

Maakaasun houkuttavuus lähitulevaisuuden polttoaineena perustuu muun muassa maakaasun muita fossiilisia polttoaineita pienempiin hiilidioksidipäästöihin. Kuvasta 1 nähdään, että vaikka maakaasu onkin fossiilinen polttoaine, on sen avulla saavutettavissa merkittävä suhteellinen päästövähennys muihin fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Esimerkiksi Yhdysvalloissa on 2000-luvulla korvattu hiiltä maakaasulla. Näin on saavutettu merkittäviä päästövähennyksiä sähköntuotannossa (Smil, 2015 s. 5).



Kuva 1. Polttoaineiden käytönaikaisia hiilidioksidipäästöjä (Tilastokeskus, 2022)

Maakaasun ilmastopäästöt kohoavat, mikäli maakaasun tuotanto-, kuljetus- tai käyttöprosessissa ilmakehään pääsee vapautumaan metaania. Se on hyvin voimakas kasvihuonekaasu, joka tosin hajoo ilmakehässä, joten sen ilmastoa lämmittävä vaikutus riippuu tarkastelujakson pituudesta. Metaanin ilmastoa lämmittävä vaikutus on 20 vuoden tarkastelujaksolla 84 kertaa hiilidioksidia suurempi ja 100 vuoden tarkastelujaksolla 28 kertaa suurempi.

Energiateollisuudessa metaania vapautuu muun muassa hiilikaivoksissa hiiliesiintymiin sitoutuneesta maakaasusta, öljyn ja maakaasun porauksen yhteydessä tapahtuvista vuodoista, sekä maakaasun jakeluinfraktuurin vuodoista. Metaania voi vapautua myös epätäydellisen palamisprosessin yhteydessä. Metaanipäästöjen hillitsemiseksi on olennaista pyrkiä minimoimaan metaanivuodot maakaasun tuotanto- ja kuljetusinfraassa, sekä mahdollistaa tuotetun maakaasun täysimääräinen talteenotto ja hyödyntäminen. Öljyn ja maakaasun tuotannossa on perinteisesti poltettu syntyvä ylimääräinen kaasu soihdussa. Soihduttamalla voidaan tehokkaasti vähentää ilmakehään karkaavan metaanin määrää. Toisaalta kaasun soihduttaminen vapauttaa ilmakehään pieniä nokihiukkasia, eli niin kutsuttua mustaa hiiltä. Musta hiili absorboi tehokkaasti auringon säteilyä ilmakehässä ja erityisesti lumipeitteellä. Lisäksi soihdutuksessa karkaa ilmakehään myös jonkin verran metaania. Tämän vuoksi olisi tärkeää kerätä mahdollisimman suuri osa tuotetusta kaasusta hyötykäyttöön. (Suomen kaasuhydistys, 2020)

3.1 Päästökauppa

Eräs keskeisistä keinoista vähentää hiilidioksidipäästöjä Euroopan Unionin alueella on päästökauppa. Päästökaupan tarkoituksena on asettaa ilmaan päästetylle hiilidioksidille hinta, joka ohjaa hiilidioksidia päästäviä toimijoita kehittämään prosessejaan vähemmän saastuttaviksi. Euroopan Unionin päästökauppajärjestelmässä päästökaupan piiriin kuuluvat yli 20MW lämpölaitokset, suuret teollisuuslaitokset sekä talousalueen sisäinen lentoliikenne. Päästökaupassa järjestelmään kuuluville toimijoille asetetaan enimmäismäärä hiilidioksidipäästöjä, joka toimijoilla on oikeus päästää. Näistä oikeuksista osa jaetaan toimijoille ilmaiseksi ja loput huutokaupataan toimijoiden kesken. Näin päästöoikeudelle muodostuu markkinahinta. Ilmaiseksi jaettavat päästöoikeudet pyritään jakamaan sellaisille toimijoille, jotka pystyisivät helposti väistämään päästökaupan vaikutuksia siirtämällä toiminnan pois päästökaupan toiminta-alueelta. Päästökaupan vaikutuksesta päästövähennykset tehdään alkaen halvimmista päästövähennyksistä. Päästökauppa ohjaa toteuttamaan päästöoikeuksien

hintaa halvemmat päästövähennykset. Päästökaupparakkeinoilla toimii myös päästöoikeuksien markkinavakaussaranto, joka ostaa markkinoilta ulos ylimääräisiä päästöoikeuksia, ja säätelee siten päästöoikeuksien hintaa. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2022)

Kuvasta 2. nähdään, että päästöoikeuden hinnat pysyivät pitkään suhteellisen alhaisella tasolla, mutta hinnat alkoivat kohota vuoden 2018 aikana, ja nousu kiihtyi voimakkaasti vuoden 2021 aikana. Päästöoikeuksien kallistumiseen vaikutti aluksi markkinavakaussarannon käyttöönotto, ja myöhemmin maakaasun hinnan nousu syksyllä 2021 teki kivihiiilen käytöstä houkuttelevaa. Hiilen käyttö taas lisäsi päästöoikeuksien kysyntää, mikä nosti niiden hintaa.



Kuva 2. Euroopan Unionin päästöoikeuksien markkinahinnan kehitys (Trading Economics, 2022 a)

3.3 Maakaasu uusiutuvien energiajärjestelmien tukena

Eräs merkittävimmistä trendeistä eurooppalaisessa sähköntuotannossa 2000-luvulla on ollut tuuli- ja aurinkoenergian kapasiteetin merkittävä kasvu. Näiden molempien tuotanto on kasvanut tällä vuosikymmenellä satoja prosentteja, ja tuulivoima nousi vuonna 2020 hiilen ohi kolmanneksi merkittävimmäksi sähkön tuotantotavaksi (IEA. 2022f).

Uusiutuvan, sääriippuvaisen sähköntuotannon merkityksen kasvu vaatii rinnalleen riittävän määrän nopeasti käyttöön saatavaa säätövoimaa. Tähän tarkoitukseen maakaasu on eräs parhaista vaihtoehtoista, sillä maakaasulla toimivat voimalaitokset ovat helppoja säätää, sekä suhteellisen halpoja rakentaa. Samaan aikaan hiilellä tuotetusta perusvoimasta pyritään eroon, ja on todennäköistä, että myös maakaasulla toimivia perusvoimaa tuottavia laitoksia tarvitaan entistä enemmän. Näistä syistä maakaasun kysyntä sähköntuotannossa pysynee nykyisellä tasollaan tai kasvaa. (Fortum, 2022)

Maakaasun kysyntään voi tulevaisuudessa vaikuttaa uusiutuvan sähköntuotannon lisääntyminen. Kun tuulivoimakapasiteetin määrä jatkaa edelleen kasvuaan, ollaan lähitulevaisuudessa tilanteessa, jossa tuulisella säällä markkinoilla on liikaa sähköä ja sähköntuotannon hinta on hyvin alhainen. Tämän ylijäämänsähköntuotannon hyödyntämiseen tullaan seuraavan 10 vuoden aikana panostamaan merkittäviä teknisiä ja taloudellisia resursseja. Vähäpäästöisen, ja hinnaltaan edullisen ylijäämänsähköntuotannon käyttöä elektrolyyttiprosessissa vedyn tuotantoon on yksi tutkittavista vaihtoehtoista. Elektrolyyttiprosessin laajempi käyttöönotto vähentäisi fossiilisesti tuotetun vedyn kysyntää. On myös olemassa niin kutsuttuja Power to gas -teknologioita, joilla vedystä ja hiilidioksidista voidaan tuottaa synteettistä metaania. (Uniper, 2022) Seuraavan vuosikymmenen aikana näitä teknologioita kehitetään, ja rakennetaan ensimmäisiä teollisen mittakaavan laitoksia. Kestää kuitenkin pidemmän aikaa, ennen kuin nämä teknologiat nousevat samaan mittakaavaan Euroopan nykyisen maakaasun kysynnän kanssa.

Metaania voidaan tuottaa myös hajottamalla eloperäistä materiaalia hapettomissa oloissa. Tämän prosessin lopputuotetta kutsutaan biokaasuksi. Biokaasun tuotanto on kasvanut sekä Euroopassa että maailmalla voimakkaasti 2000-luvulla, mutta fossiiliseen maakaasuun verrattuna biokaasu on yhä marginaalituote. Biokaasun tuotanto on fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna hyvin vähäpäästöistä, ja sen hyödyntämiseen on käytettävissä vielä paljon käyttökelpoisia raaka-aineita, kuten peltobiomassoja. Tämän vuoksi biokaasun tuotanto ja käyttö tulee lisääntymään myös seuraavan kymmenen vuoden aikana. (Nicolae Scarlat et al. 2018)

Lämmityksessä maakaasun kysyntä tulee tulevaisuudessa vähenemään, koska nyt rakennettavat rakennukset eristetään huomattavasti aiempaa paremmin, ja myös vanhojen rakennusten energiatehokkuutta parannetaan vähitellen. Lisäksi lämpöpumppujen käyttö lämmitysratkaisuna tulee yleistymään, mikä pienentää maakaasun osuutta lämmitysmuotona. (Aho-niemi, 2021)

4 Maakaasuun liittyvät poliittiset toimet ja turvallisuuspoliittiset riskit

Tässä luvussa käsitellään maakaasun käytön ja luokittelun aiheuttamia Euroopan Unionin sisäpoliittisia ristiriitoja, sekä maakaasun tuontiriippuvuuden aiheuttamia ulkopoliittisia riskejä. Luvussa käsitellään Euroopan Unionin taksonomiajärjestelmää, sekä Venäjän kaasuntuojana aiheuttamia ongelmia.

4.1 Euroopan Unionin taksonomia

Euroopan Unionissa on 2020-luvulla valmisteltu asetusta energia- ja talouspolitiikan kestävä rahoituksen toimintamallista, eli niin kutsutusta taksonomiasta. Taksonomian tarkoituksena on määritellä, millainen taloudellinen toiminta on ympäristön kannalta kestävä. Luokittelu ympäristön kannalta hyväksyttäväksi tulee olemaan edellytys edullisen rahoituksen saamiseksi toimialalle. Näin rahoituksen vaikeutuminen luo markkinaehtoisia paineita haitalliseksi määriteltyjen toimintatapojen ja tekniikoiden poistumiseksi käytöstä. Taksonomian ohjausvaikutus tulee vaikuttamaan voimakkaasti Euroopan energiasektorin kehitykseen tulevien vuosikymmenten aikana.

Koska Euroopan Unionin jäsenvaltiot ovat tähän asti kehittäneet omaa energiapolitiikkaansa hyvin paljon omista kansallisista lähtökohdistaan käsin, on energiasektori muodostunut eri maissa paikoin hyvin erilaiseksi. Kun uusiutuvan energian tuotantokapasiteetti on samaan aikaan rajallinen, joudutaan taksonomiasta päätettäessä tekemään merkittäviä kompromisseja siitä, mikä on riittävän puhdasta toimintaa. Kenties suurimmat ristiriidat taksonomieuvotteluissa käytiin Saksan johtamien, maakaasuun voimakkaasti nojaavien ja ydinvoimaloitaan alas ajavien maiden, sekä Ranskan tavoin energiatuotantaan merkittävästi ydinvoimalla pyörittävien maiden välille. Lopulta vuoden 2022 alkupuolella valmiiksi saatu päätös luokitteli sekä maakaasun että ydinvoiman taksonomian piiriin kuuluvaksi vielä useiden vuosien ajaksi, kunhan alan toimijat täyttävät erikseen säädetyt tarkemmat ehdot. (European commission 2022d)

4.2 Venäjän osa Euroopan kaasuntoimittajana

Kuten kaasun tuontia EU-alueelle käsittelevässä kappaleessa todettiin, Venäjä on Unionille erittäin merkittävä kaasun ja muun fossiilisen energian tuottaja. Kaasun tuonti Eurooppaan alkoi jo Neuvostoliiton aikana 1970-luvulla. Kaasun vienti oli erittäin tärkeää Neuvostoliitolle, koska kaasukaupan kautta energia oli yksi harvoista länsimarkkinoilla kaupaksi meneistä Neuvostoliittolaisista tuotteista. (Smil, 2015, s. 211–2015)

Venäjän taloudelle maakaasun vienti on hyvin tärkeää. Vuosina 2011–2019 maakaasun vienti muodosti keskimäärin 12 % Venäjän viennin arvosta. Raakaöljyn ja öljytuotteiden merkitys ja osuus oli selvästi tätäkin suurempi. Maakaasun vientiä Eurooppaan on leimannut riippuvuus Venäjältä länteen johtavasta putki-infrastruktuurista. Uusien putkien rakentaminen on kallista, ja poliittisten lupien hankkiminen näiden rakentamiselle on usein hankalaa. Venäjälle erityistä murhetta on aiheuttanut Ukraina, joka 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä käytti asemaansa tärkeänä maakaasun kauttakulkumaana kiristääkseen Venäjältä edullisempia kaasuntoimitussopimuksia. Ukrainan tilanne muuttui entistä vaikeammaksi maan muututtua käytännössä Venäjän viholliseksi vuonna 2014 alkaneen Itä-Ukrainan sodan seurauksena. Toisaalta Venäjä myös itse käyttää kaasua varmistaakseen itselleen suotuisan politiikan toteutumisen itselleen tärkeissä valtioissa. Esimerkiksi Valko-Venäjä saa ostaa maakaasua Venäjältä maan kotimarkkinahinnoilla, jotka ovat huomattavasti markkinahintaa edullisempia. Taustasyinä tähän ovat luultavasti Venäjän halu varmistaa kaasun häiriötön kulku Valko-Venäjän kautta Eurooppaan, maan venäjämielinen hallinto, sekä halu säilyttää Valko-Venäjä riippuvaisena nimenomaan Venäläisestä energiasta. (Simola et al. 2021) Venäjä on pyrkinyt vähentämään kaasun kauttakulkumaiden merkitystä kaasukaupassa rakentamalla suoria putkilinjoja Venäjältä Eurooppaan. Itämerelle rakennetut Nord Stream 1-putket ovat paras toiminnassa oleva esimerkki tästä. (Nord Stream, 2022)

4.3 Venäjä ja vuosien 2021 ja 2022 kaasukauppa

Vuoden 2021 loppupuolella Euroopan energiamarkkina ajautui poikkeukselliseen tilaan, kun maakaasun hinta nousi kuvan 3 mukaisesti huomattavasti pitkän aikavälin keskiarvoa korkeammaksi. Kun pitkän ajan hintakeskiarvo Euroopan markkinoilla on ollut useiden vuosien ajan alle 30 eurossa megawattitunnilta, nousi hinta syksyllä keskimäärin yli 75 euroon megawattitunnilta.



Kuva 3. Maakaasun markkinahinta (Trading Economics 2022b)

Maakaasun hinnan kohoamiseen vaikutti taloudellisen toiminnan kiihtyminen koronapandemian aiheuttamasta kuopasta, ja erityisesti kaasutoimitusten merkittävä väheneminen Venäjältä tulevissa, Ukrainan ja Valko-Venäjän läpi kulkeneissa putkissa. Kaasupulasta johtuen Euroopan kaasuvaramat jäivät syystalvella 2021 normaalia vajaammiksi, alle 80 %: tiin (Gas Infrastructure Europe. 2022). Kaasuvaramojen sisällön vapauttaminen käyttöön alkoi myös muutamaa viikkoa tavallista aikaisemmin. Erityisen alhaisiksi jäivät venäläisen energiayhtiö Gazpromin omat varastot EU:n alueella. Niiden varastotasot jäivät jopa alle 30 %: tiin, mikä on edeltävien vuosien trendiin verrattuna aivan poikkeuksellista. (European Commission. 2022 c)

Mahdollisia syitä venäläisten kaasutoimitusten vähenemiselle on useita. Ensinnäkin on huomattava, että Venäjä täytti koko ajan sen solmimat sitovat kaasun toimitussopimukset. Näiden lisäksi yleensä käytävä pörssihintaisen kaasun kauppa sen sijaan väheni. Venäjä itse vetosi kotimarkkinoidensa kysyntään, ja omien kaasuvarastojensa täyttötarpeeseen. Samaan ajankohtaan osui kuitenkin muutamia tapahtumia, joiden yhteyteen kaasutoimituksilla kiristäminen olisi voinut sopia. Itämerelle valmistui syksyllä 2021 Nordstream 2-kaasuputki, joka käyttöön tullessaan olisi vähentänyt Venäjän kaasutoimitusten riippuvuutta kaasun kauttakulkumaista. Kaasuputkea ei kuitenkaan vielä hyväksytty käyttöön Euroopan maiden toimesta. On mahdollista, että normaalia pienemmillä kaasutoimituksilla pyrittiin vaikuttamaan EU maiden päättäjiin kaasuputken käyttöön saattamiseksi. Venäjän hyökkäyksen Ukrainaan käytyä yhä todennäköisemmäksi helmikuussa 2022 Saksa jähdytti Nord Stream kaasuputkihankkeen toistaiseksi. (Reuters, 2022)

On myös mahdollista, että kaasun vientiä vähennettiin syksyllä 2021 kiristyneen turvallisuuspoliittisen tilanteen takia. Venäjällä on voitu ajatella, että jos EU alueella on pulaa kaasusta, eivät Euroopan maat uskalla vastata Venäjän Ukrainaa koskeviin vaatimuksiin, jotka lopulta realisoituivat hyökkäykseksi. On huomattava, että Nord Stream 2 -kaasuputken käyttöönotosta olisi ollut huomattavaa hyötyä Venäjälle hyökkäyksen alettua. Tällöin Venäjä olisi voinut lopettaa kaasun toimittamisen Ukrainan kautta EU:n kanssa käytävän kaasukaupan häiriintymättä.

Länsimaat reagoivat lopulta Venäjän sotatoimiin suhteellisen yhtenäisesti. Energiakaupassa suurin välitön toimenpide oli Nord Stream 2 -putkihankkeen jähdyttäminen. Venäjää vastaan kohdistettiin myös laaja pakoteohjelma, joka muun muassa kieltää hiilivetyjen poraamisessa tarvittavan teknologian viennin Venäjälle. Lisäksi pakotteilla on vaikeutettu Venäjän kykyä käydä kauppaa energiatuotteilla. (European commission 2022 e) Euroopan Unioni myös julkaisi toimenpideohjelman, jonka avulla venäläisestä energiasta pyritään eroon vuoteen 2030 mennessä. Ohjelman välittöminä tavoitteina on vähentää Venäjän kanssa käytävää kaasukauppaa kahdella kolmanneksella vuoden 2022 loppuun mennessä, sekä varmistaa energian riittävyys seuraavan lämmityskauden yli. (BBC, 2022) Sodasta huolimatta kaasukauppa on kuitenkin jatkunut useimpien Euroopan valtioiden kanssa.

Pakotteiden aiheuttamien maksutapaongelmien vuoksi Venäjä on vaatinut kaasun ostajia maksamaan kaasusta eurojen sijaan ruplissa. Kaikki maat eivät ole tähän suostuneet, ja Venäjä on toukokuun 2022 loppuun mennessä katkaissut kaasutoimitukset Puolaan, Suomeen ja Bulgariaan. Myös muita valtioita on uhattu samalla kohtelulla. (European commission 2022 f) Yhteensä Euroopan Unionin jäsenmaat ovat ostaneet Venäjältä 24.2.2022 alkaneen hyökkäyksen ja toukokuun lopun 2022 välisenä aikana kaasua yli 25 miljardin euron arvosta (CREA, 2022). Mikäli Venäjä päättäisi lopettaa fossiilienergian viennin Eurooppaan kokonaan, sillä olisi erittäin suuria vaikutuksia eurooppalaiseen talouteen ja teollisuuteen sekä eurooppalaisten ihmisten arkielämään. Tällainen päätös vaikuttaisi kuitenkin hyvin voimakkaasti myös Venäjään itseensä, sillä Euroopan energiamaksut ovat sille tärkeitä. Lisäksi tällaisen päätöksen voi tehdä vain kerran. Mikäli Venäjä päättäisi energiatoimitukset keskeyttää, jatkossa Euroopan energiajärjestelmä rakennettaisiin sellaiseksi, että venäläistä energiaa ei siinä tarvittaisi. Tämän vuoksi venäläisen energian saatavuuden totaalinen katkeaminen on toistaiseksi epätodennäköistä.

Sodan aiheuttamaa kaasuongelmaa EU pyrkii paikkaamaan muun muassa lisäämällä LNG-ostoja. Nesteytetyn maakaasun kuljetuskapasiteettia suunnattiin kuitenkin Eurooppaan jo vuoden 2021 puolella kaasun hinnan nousun myötä, eikä maailmalla tällä hetkellä ole juuri-kaan vapaata LNG-kapasiteettia. Merkittävä osa maailman LNG-kuljetuksiin kykenevistä aluksista on lisäksi Venäjän hallinnoimia. Uutta kapasiteettia on mahdollista rakentaa, mutta investoinnit uuteen LNG-infrastruktuuriin edellyttävät kaasun ostajilta pitkäaikaisia toimittussopimuksia. Maailmalta löytyy edelleen runsaasti maakaasureservejä esimerkiksi Lähi-Idän alueella.

Euroopan Unionille suuri kysymys on, minkä verran uusia kaasuvaroja halutaan ottaa käyttöön. Nykytilanteessa rakennettava kaasuntuotantokapasiteetti on todennäköisesti käytössä vielä useiden vuosikymmenten kuluttua. Näin investoinnit kaasuntuotantoon voivat hidastaa fossiilisista polttoaineista irtautumista. Maakaasuun liittyy myös edelleen turvallisuuspoliittisia riskejä. Esimerkiksi Lähi-Idässä maakaasuvarat sijaitsevat pääasiassa autoritäärisesti hallittujen valtioiden alueella. Siksi riippuvuus niiden toimittamasta energiasta saattaa aiheuttaa vastaavia ongelmia, joihin nyt on Venäjän kanssa ajautettu. Toisaalta mikäli kaasua ei muista lähteistä Euroopan markkinoille saada, voi Venäläisestä kaasusta kokonaan luopuminen osoittautua mahdottomaksi. Lisäksi kaasuakin saastuttavammista fossiilisista polttoaineista eroon pääseminen viivästyy. Tällöin myös uusiutuviin energiajärjestelmiin siirtymisen tulee vaatimaan merkittäviä yhteiskunnan panostuksia, erityisesti energian varastointiin liittyen.

Lyhyellä tähtämellä kaasupulaa on mahdollista helpottaa suosimalla muita energiamuotoja maakaasun sijaan. Tämä tapahtuu valtaosin markkinaehtoisesti. Kaasun ollessa erittäin kallista, kannattaa sähköä tuottaa kivihiiivoimaloissa ja teollisuudessa kannattaa siirtyä öljypolttoaineisiin siellä missä se on mahdollista. Vaikka myös öljyä ja kivihiihtä on tuotu Venäjältä runsaasti, on niiden korvaaminen muista lähteistä kaasua yksinkertaisempaa. Toisaalta nykytilanteessa myös uusiutuvaan energiaan perustuvat ratkaisut näyttäytyvät entistä houkuttelevampina. Uusiutuvan energian tuotantoa joudutaan kuitenkin miettimään uudella tavalla, sillä nykytilanteessa tuotannon epätasaisuutta ei voida tasata maakaasulla tuotetulla säätöenergialla entiseen malliin.

Omalta osaltaan kaasupulaa voidaan lievittää myös kasvattamalla kaasun tuotantoa olemassa olevilla kaasukentillä. Etenkin Euroopan Unionin alueella sijaitsevien kenttien osalta tämä on kuitenkin hyvin lyhytaikaisesti vaikuttava keino, sillä Unionin alueella on kaasureservejä jäljellä niin vähän.

5 Johtopäätökset

Maakaasulla on jo useiden vuosikymmenien ajan ollut hyvin merkittävä rooli Euroopan energiajärjestelmässä. Euroopassa on myös aivan viimeaikoihin asti tehty energiapoliittisia ratkaisuja, jotka ovat nojanneet maakaasun varaan. Näitä ovat olleet esimerkiksi eräiden Keski-Euroopan valtioiden päätökset luopua ydinvoimasta, sekä suunnitelmat hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä talouskasvua rajoittamatta. Maakaasuun on nojattu siitä huolimatta, että Euroopan Unioni on ollut maakaasun suhteen voimakkaan tuontiriippuvainen. On myös tiedetty, että Euroopan Unionin nykyiset omat kaasuvarat tulevat ennen pitkää ehtymään. Maakaasun saatavuuteen liittyvät ongelmat alkoivat herättää huolta vasta, kun Venäjän maakaasutoimituksissa alkoi ilmetä ongelmia.

Nykytilanteessa Euroopan maiden lyhyen tähtäimen tavoitteena on taata kaasun riittävyys seuraavan lämmityskauden yli. Keinoja tämän tavoitteen saavuttamiseksi ovat olleet kaasun ostot LNG-markkinoilta ja perinteisiltä putkikaasun toimittajilta. Euroopassa toimiville kaasun varastoijille on asetettu korkeat minimitalvotteen ennen syksyä vaadittavista kaasun varastotasoista. Myöskään maakaasukauppaa Venäjän kanssa ei ole laajassa mittakaavassa lopetettu. Pidemmällä aikavälillä Euroopan Unionin täytyy ratkaista, normalisoidaanko kauppasuhteita Venäjän kanssa, solmitaanko pitkäaikaisia, volyymeiltaan todella suuria kaasun toimitussopimuksia muiden kaasun tuottajien kanssa, vai muokataanko Euroopan energiajärjestelmää vähemmän maakaasusta riippuvaiseksi. Joka tapauksessa jatkossa Euroopan maiden tulee kiinnittää enemmän huomiota energian toimitusvarmuuteen ja riippumattomuuteen autoritäärisistä maista saatavista raaka-aineista.

6 Yhteenveto

Tässä kandidaatintyössä tutustuttiin maakaasun rooliin Euroopan energiajärjestelmässä, ja tarkasteltiin tämän roolin kehitykseen liittyviä vaihtoehtoja seuraavan 10 vuoden aikana. Aluksi tarkasteltiin maakaasun hyödyntämiseen tarvittavia tekniikoita ja muita erityispiirteitä. Maakaasu eroaa muista fossiilisista polttoaineista sen kaasumaisen olomuodon osalta. Tämän vuoksi maakaasua on mahdollista kuljettaa ainoastaan putkia pitkin tai nesteytetyssä muodossa. Maakaasun matala ominaistiheys aiheuttaa myös erityisvaatimuksia kaasun varastointiratkaisuille. Maakaasun energiakäyttö tuottaa muita fossiilisia polttoaineita vähemmän hiilidioksidipäästöjä. Toisaalta metaani, josta maakaasu koostuu, on erittäin voimakas kasvihuonekaasu. Metaania vapautuu maakaasun tuotannossa, kuljetuksessa ja käytössä vaihtelevia määriä ilmakehään. Tämä vähentää maakaasun ilmastoystävällisyyttä muihin polttoaineisiin verrattuna.

Seuraavaksi kandidaatintyössä käsiteltiin maakaasun nykyistä osaa Euroopan energiajärjestelmässä. Maakaasulla tuotetaan huomattava osa Euroopan sähköstä. Maakaasun merkitystä lisää se, että maakaasuvoimalaitosten tehoa on huomattavan helppoa säätää kulutuksen mukaan. Erityisesti Keski-Euroopassa maakaasulla on hyvin tärkeä rooli kiinteistöjen lämmityspolttoaineena. Lisäksi maakaasua käytetään laajasti teollisuuden energianlähteenä ja vedyn raaka-aineena.

Kandidaatintyössä käsiteltiin myös maakaasun käyttöön vaikuttavia politiikkatoimia ja maakaasun saatavuuden kehitystä. Euroopan Unionissa on tehty useita maakaasun kysyntää lisääviä päätöksiä. Päästökauppajärjestelmä kannustaa tuottamaan sähköä maakaasusta kivihiilen sijaan. Keski-Euroopan valtioiden suljettujen ydinvoimaloiden tuottamasta tehosta merkittävä osa korvattiin maakaasulla. Euroopan Unionin taksonomia määriteltiin siten, että maakaasun käyttö on mahdollista vielä useiden vuosikymmenten ajan. Kuitenkin samaan aikaan Euroopan Unionin alueella sijaitsee kulutukseen nähden vähän maakaasureservejä, joten Unionin oma kaasun tuotanto on hiipumassa. Valtaosa Euroopan kuluttamasta maakaasusta tuodaan ulkomailta, ja suurin kaasun toimittaja on ollut Venäjä. Venäjän kaasun viennin vähennyttyä syksyllä 2021 ja Venäjän aloitettua hyökkäyksen Ukrainaan helmikuussa 2022 Euroopan Unioni on joutunut miettimään venäläisen maakaasun roolia energia-paletissaan uudestaan. Lyhyellä tähtämellä tärkeää energiakriisistä selviämiseksi on varmistaa maakaasun ja muun energian riittävyys talven 2022–2023 yli. Pidemmällä tähtämellä merkityksellistä on, miten venäläisen maakaasun ostamiseen jatkossa suhtaudutaan, ja millä keinoin sitä mahdollisesti lähdetään korvaamaan.

Lähteet

Ahoniemi Vesa. 2021 Energiamurros mullistaa myös eurooppalaisten kotien lämmityksen [Verkkosivu]. [Viitattu 26.4.2022] Saatavissa: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/fort-hedoers-blogi/energiamurros-mullistaa-myos-eurooppalaisten-kotien-lammityksen>

BBC 2022 EU reveals its plans to stop using Russian gas [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 5.6.2022] Saatavissa: <https://www.bbc.com/news/science-environment-61497315>

BP 2021 Statistical review of world energy 2021 Saatavissa: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>

CREA payments to Russia for fossil fuels [Verkkosivu]. [Viitattu 31.5.2022] Saatavissa: https://crea.shinyapps.io/russia_counter/?tab=methodology

Energy.gov. 2022 Hydrogen production: Natural gas reforming [verkkosivu]. [Viitattu 5.4.2022] Saatavissa: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-natural-gas-reforming>

European comission 2020b. Hydrogen generation in Europe: Overview of costs and key benefits [Viitattu 5.4.2022] Saatavissa: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7e4afa7d-d077-11ea-adf7-01aa75ed71a1/language-en>

European comission 2022 d Questions and Answers on the EU Taxonomy Complementary Climate Delegated Act covering certain nuclear and gas activities [Verkkosivu]. [Viitattu 5.6.2022] Saatavissa: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_22_712

European comission 2022 e EU sanctions against Russia following the invasion of Ukraine [Verkkosivu]. [Viitattu 5.6.2022] Saatavissa: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/stronger-europe-world/eu-solidarity-ukraine/eu-sanctions-against-russia-following-invasion-ukraine_en

European commission 2022 f [Verkkosivu]. [Viitattu 5.6.2022] Saatavissa: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/statement_22_3285

European Commission. 2020 Quarterly report on european gas markets q4 2020 [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://circabc.europa.eu/ui/group/3ef9355f-1ffe-4c82-ba19-f60a3ed2f652/library/1c41e352-2cfd-4fe9-a0b9-8d2613791499/details>

European Commission. 2022 Questions and Answers on the new EU rules on gas storage [Verkkosivu]. [Viitattu 4.4.2022] Saatavissa: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_22_1937

European Commission. 2022b Hydrogen [Verkkosivu]. [Viitattu 6.4.2022] Saatavissa: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-system-integration/hydrogen_en

European Commission. 2022c Quarterly report on european gas markets q4 2021 [Verkkosivu]. [Viitattu 14.4.2022] Saatavissa: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-04/Quarterly%20report%20on%20European%20gas%20markets_Q4%202021.pdf

Fortum 2022 Miksi Euroopan polku puhtaaseen energiaan kulkee kaasun kautta? [Verkkosivu]. [Viitattu 31.5.2022] Saatavissa: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/puhtaampi-maailma/miksi-euroopan-polku-puhtaaseen-energiaan-kulkee-kaasun-kautta>

Gas grid. Kaasun siirtoverkosto [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 25.3.2022]. Saatavissa: <https://gasgrid.fi/kaasuverkosto/kaasun-siirtoverkosto/>

Gas Infrastructure Europe. 2022 Aggregated Gas Storage Inventory [Verkkopalvelu]. [Viitattu 4.4.2022] Saatavissa: <https://agsi.gie.eu/historical/EU>

Gasgrid. 2020 Näin tehtiin Suomeen avoin kaasumarkkina [Verkkosivu]. [Viitattu 6.4.2022] Saatavissa: <https://gasgrid.fi/2020/06/18/nain-tehtiin-suomeen-avoin-kaasumarkkina/>

IEA. (2022 b) Data and statistics, natural gas production in United Kingdom [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=UK&fuel=Natural%20gas&indicator=NatGasProd>

IEA. (2022 d) Data and statistics, natural gas imports vs. exports in EU-28 [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Natural%20gas&indicator=NatGasImportsExports>

IEA. (2022 e) Data and statistics, total energy supply by source in EU-28 [Verkkosivu]. [Viitattu 5.4.2022] Saatavissa: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Energy%20supply&indicator=TESbySource>

IEA. (2022 f) Data and statistics, Electricity generation by source in EU-28 [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Energy%20supply&indicator=ElecGenByFuel>

IEA. 2020 The Netherlands 2020 Energy policy review [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://www.iea.org/reports/the-netherlands-2020>

IEA. 2022a Data and statistics, natural gas production in EU-28 [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=EU28&fuel=Natural%20gas&indicator=NatGasProd>

IEA. 2022c Data and statistics, natural gas production in Netherlands [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=NETHLAND&fuel=Natural%20gas&indicator=NatGasProd>

Nicolae Scarlat et al. 2018 Biogas: Developments and perspectives in Europe [Artikkeli]. [Viitattu 13.4.2022] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811830301X#sec3>

Nord Stream. The Pipeline [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 25.3.2022]. Saatavissa: <https://www.nord-stream.com/the-project/pipeline/>

Odyssee-mure. 2022 Heating energy consumption by source in EU [verkkosivu]. [Viitattu 5.4.2022] Saatavissa: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/households/heating-energy-consumption-by-energy-sources.html>

Reuters 2022 Germany freezes Nord Stream 2 gas project as Ukraine crisis deepens [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 5.6.2022] Saatavissa: <https://www.reuters.com/business/energy/germanys-scholz-halts-nord-stream-2-certification-2022-02-22/>

Simola et al. 2021 Venäjän öljy- ja kaasusektori globaalien energiamarkkinoiden murroksessa [Artikkeli]. [Viitattu 6.4.2022] Saatavissa: <https://www.proquest.com/docview/2516295497?parentSessionId=%2BJFZyD4zoQjGuoBgy0OmhTaD-WvRxRfy8W9LIGGvHTDo%3D&pq-origsite=primo&accountid=27292>

Smil, V. 2015 Maakaasu- kohti kestävämpää energiataloutta (Natural Gas. Fuel for the 21st Century)

Suomen kaasuyhdistys. 2020 Metaanipäästöt [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 30.3.2022]. Saatavissa: <https://www.kaasuyhdistys.fi/wp-content/uploads/2020/11/Metaanipaastot.pdf>

Suomen kaasuyhdistys. 2022 Maakaasulaskin [Verkkosivu]. [Viitattu 25.3.2022]. Saatavissa: <https://www.kaasuyhdistys.fi/maakaasulaskin/>

Tilastokeskus. 2022 Polttoaineluokitus [Excel tiedosto]. [Viitattu 30.3.2022]. Saatavissa: https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html

Trading Economics 2022 b Dutch TTF natural gas [Verkkosivu]. [Viitattu 5.6.2022] Saatavissa: <https://tradingeconomics.com/commodity/natural-gas>

Trading Economics. 2022 a Eu carbon permits [Verkkopalvelu]. [Viitattu 5.6.2022]. Saatavissa: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2022 Päästökauppa [Verkkosivu]. [Viitattu 30.3.2022] Saatavissa: <https://tem.fi/paastokauppa>

Uniper 2022 Power-to-Gas [Verkkosivu]. [Viitattu 31.5.2022] Saatavissa: <https://www.uniper.energy/energy-storage-uniper/about-us/power-gas>

Yle 2012 Saksa sulkee kaikki ydinvoimalansa vuoteen 2022 mennessä [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 5.6.2022] Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-5368386>