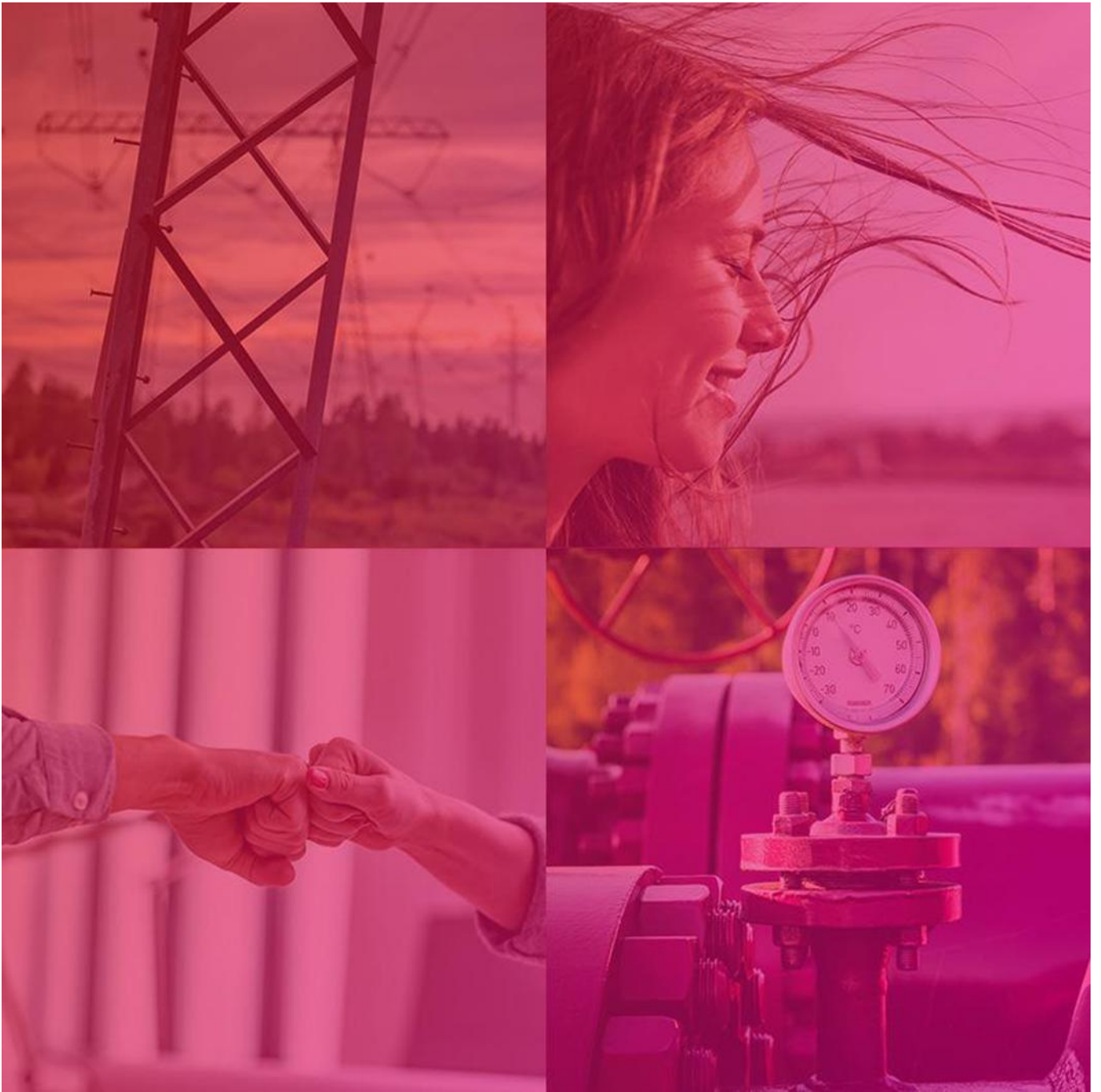




Gasgridin ja Fingridin energiajärjestelmäanalyysi

Gasgrid Finlandin ja Fingridin yhteinen selvitys teollisten vetyinvestointien edellyttämästä energiainfrastruktuurista ja lisäinvestoinneista vuosille 2027–2035

Esipuhe

Suomen hallitus antoi huhtikuun 2025 puoliväliriihessä Gasgridille ja Fingridille tehtäväksi valmistella yhteisen selvityksen teollisten vetyinvestointien edellyttämästä energiainfrastruktuurista – mukaan lukien vety- ja sähköverkot – sekä lisäinvestoinneista vuosille 2027–2035. Tämä raportti on toimeksiannon pohjalta laadittu analyysi, joka kuvaa teollisten vetyinvestointien edellyttämää siirtoinfrastruktuuria ja energiajärjestelmän pidemmän aikavälin kehittämistarpeita.

Suomi on energiamurroksessa poikkeuksellisessa asemassa. Suomella on erinomaiset edellytykset tuottaa kilpailukykyisesti puhdasta sähköä, vetyä ja sen jatkojalosteita. Suomen sähkön tuotanto on jo puhdasta ja Suomella on erityisen runsas potentiaali lisätä uutta puhdasta ja kilpailukykyistä sähköntuotantoa. Suomen maantieteellinen sijainti, vakaat olosuhteet ja osaava työvoima tukevat investointeja ja muodostavat perustan, jonka varaan voidaan rakentaa kilpailukykyinen ja vähähiilinen energiajärjestelmä. Suomella on ainutlaatuinen mahdollisuus nousta energiamurroksen ja vetytalouden edelläkävijäksi Euroopassa. Tulevina vuosikymmeninä kansainvälinen kilpailu vetytaloudessa tulee olemaan kovaa. Menestyminen vaatii Suomelta onnistumista usealla osa-alueella.

Toimintaympäristöä muokkaavat vahvasti globaalit megatrendit kuten ilmastonmuutoksen hillintä, Euroopan kilpailukyky sekä geopolittisen turvallisuusympäristön heikkeneminen. Yhteiskunnan sähköistyminen ja uusiutuvan tuuli- ja aurinkosähkön sekä sillä tuotetun vedyn hyödyntäminen vahvistavat kansallista huoltovarmuutta, parantavat energiaomavaraisuutta ja vahvistavat Suomen strategista asemaa.

Näiden trendien myötä kehitys kohti puhdasta energiajärjestelmää edellyttää investointeja sähkö- ja vetyinfrastruktuuriin. Investoinnit energiajärjestelmän uudistamiseen luovat työtä, houkuttelevat kansainvälisiä toimijoita ja tukevat talouskasvua. Samalla ne auttavat Suomea saavuttamaan ilmastotavoitteet.

Investoinnit sähkö- ja vetyinfrastruktuuriin sekä maiden välinen yhteistyö sekä sähkö- että vetyinfrastruktuurin kehittämisessä ovat avainasemassa, jotta Suomi voi hyödyntää täysimääräisesti energiamurroksen tarjoamat mahdollisuudet. Suomen on tärkeää olla aktiivinen toimija EU:ssa, jotta pohjoisen tuotantopotentiaali ja energiainfrastruktuurin tarpeet kytkeytyvät osaksi Euroopan energiamarkkinoiden kehittämistä.

Gasgrid ja Fingrid jatkavat tiivistä yhteistyötä energiajärjestelmän kehittämiseksi. Suomi hyötyisi energiasektorin yhteisestä vuodelle 2050 ulottuvasta kasvustrategiasta ja visiosta. Tarkastelu on jatkotyössä laajennettava kattamaan koko energiajärjestelmä, jotta roolit, rajapinnat ja investointitarpeet voidaan optimoida.

Asta Sihvonon-Punkka

Olli Sipilä

Toimitusjohtaja
Fingrid Oyj

Toimitusjohtaja
Gasgrid Finland Oy

Raportin sisältö

Esipuhe.....	2
Raportin sisältö	3
Lyhenneluettelo	4
Tiivistelmä.....	6
1 Johdanto ja selvityksen tausta	8
2 Toimintaympäristön kuvaus	11
2.1 Euroopan ja Suomen muuttunut toimintaympäristö	11
2.2 Suomen vahvuudet ja haasteet puhtaassa siirtymässä	11
2.3 Vedyn kysyntään vaikuttavat megatrendit	12
2.4 Sähköjärjestelmän kehitysnäkymät	16
2.5 Vetymarkkinan ja vetyhankkeiden kehitysnäkymät Suomessa ja Euroopassa	18
3 Selvityksen toteutustapa	20
4 Skenaariotyö.....	22
4.1 Skenaariot vetytalouden kasvumahdollisuuksista	22
4.2 Kehityspolut 2030-luvun puolivälistä eteenpäin.....	22
4.3 Pitkän aikavälin näkymä vuodelle 2050	28
5 Markkinamallinnuksen tulokset	30
5.1 Skenaariotulokset kehityspolulle	30
5.2 Potentiaali pitkällä aikavälillä	33
6 Investointiympäristö ja tarvittavat investoinnit.....	36
6.1 Vetyjärjestelmän investoinnit	38
6.2 Sähköverkon investoinnit.....	39
7 Tulosten pohdinta	44
8 Johtopäätökset	46
9 Seuraavat askeleet	48
Liite 1: Fingrid	49
Liite 2: Gasgrid.....	53
Liite 3: Skenaarioiden mallinnus ja taustaoletukset	59
Mallin kuvaus	59
Tekniset lähtöoletukset.....	59
Taloudelliset lähtöoletukset	60

Lyhenneluettelo

AC	Vaihtovirta (Alternative current)
BHC	Baltic Sea Hydrogen Collector
BID3	Energiajärjestelmämalli
BKT	bruttokansantuote
CAPEX	Capital Expenditure
CEF	Connecting Europe Facility
DC	Tasavirta (Direct current)
ENTSO-E	European Network Transmission System Operators for Electricity
ENTSO-G	European Network Transmission System Operators for Gas
E-SAF	sähköinen lentopolttoaine (sustainable aviation fuel)
ETS	EU Emissions Trading System, EU:n päästökauppa
EU	Euroopan Unioni (European Union)
Fit for 55	Euroopan komission lainsäädäntöpaketti vuoden 2030 tavoitteisiin pääsemiseksi
FuelEU Maritime	EU:n lakiasetus kasvihuonekaasujen vähentämiseksi meriliikenteessä
GVA	Gross Value Added, arvonlisäys
GW	Gigawatti
GWh	Gigawattitunti
H ₂	vety
kV	kilovoltti
LNG	nesteytetty maakaasu (liquefied natural gas)
LRC	Lined Rock Cavern (kallioluolavarasto)
Mt	miljoona tonnia
MW	Megawatti
NBHC	Nordic Baltic Hydrogen Corridor
NHR	Nordic Hydrogen Route
OCGT	Open-cycle gas turbines
OPEX	Operational Expense
P0	Kemi-Oulujoen poikkileikkaus
P1	Keski-Suomen poikkileikkaus
P2X	sähköä tuotteiksi (power to x)
PCI	Project of common interest

REFueEU Aviation	EU:n lakiasetus kasvihuonekaasujen vähentämiseksi lentoliikenteessä
RFNBO	Renewable Fuels of Non-biological Origin, uusiutuvalla energialla tuotettuja synteettisiä sähköpolttoaineita, jotka valmistetaan vedystä ja hiilidioksidista
RSBS	Residential Scale Battery Storage
tCO ₂	tonnia hiilidioksidia
TEN-E	Trans-European Networks for Energy
TWh	Terawattitunti
TYNDP	Ten-Year Network Development Plan
USBS	Utility Scale Battery Storage

Tiivistelmä

Tehtävänanto ja selvityksen lähtökohdat

Suomen hallitus antoi huhtikuun 2025 puoliväliriihessä Gasgridille ja Fingridille tehtäväksi valmistella yhteisen selvityksen teollisten vetyinvestointien edellyttämästä energiainfrastruktuurista. Selvityksen tavoitteena on muodostaa kokonaisvaltainen näkemys siitä, millaista siirtoinfrastruktuuria vetytalouden kasvu Suomessa vaatii ja miten järjestelmää tulisi kehittää pitkällä aikavälillä. Vedyllä nähdään olevan merkittävä rooli tulevaisuudessa niin hiilineutraalien tuotteiden raaka-aineena, energian kantajana kuin myös sähköjärjestelmän joustavuuden lisääjänä. Suomella on kaikki edellytykset nousta eurooppalaisen vetytalouden edelläkävijäksi, mutta se vaatii aktiivista markkinakehitystä ja yhteistä kansallista tahtotilaa, koska globaalin energiasektorin kilpailu on kova ja Suomen kilpailuedut eivät ole uniikkeja. Sähkö- ja vetyjärjestelmien kehitys ja käyttö suunnitelmallisesti yhdessä tuottaa monipuolisesti hyötyjä energiajärjestelmälle ja mahdollistaa Suomen potentiaalin hyödyntämisen.

Skenaariotyö ja markkinamallinnus

Selvityksessä tarkastellaan kolmea vetytalouden kehityspolkua 2030-luvun puolivälistä eteenpäin sekä pitkän aikavälin potentiaalia vuodelle 2050. Skenaariot vetytalouden kehittymiseksi ovat korkea kasvu, skaalautuva ja alueellinen vetytalous. Skenaariot edustavat vetytalouden mahdollisia kehityskulkuja Suomessa, keskittyen erityisesti sähkö- ja vetyjärjestelmien vaatimiin investointeihin, ja niissä kuvataan kasvun realisoitumista eri suuruusluokissa. Korkean kasvun skenaario edustaa suurinta potentiaalia. Alueellinen ja skaalautuva vetytalous voivat olla joko välivaiheita korkean kasvun skenaarioon tai itsenäisiä lopputuloksia. Tähän vaikuttaa merkittävästi toimintaympäristön kehityksen epävarmuudet.

Energiajärjestelmän kokonaisvaltainen kehittäminen on edellytys vetytalouden kasvulle ja teollisuuden investoinneille. Ennakoiva infrastruktuurin rakentaminen mahdollistaa vedyn tuotannon ja jatkojalostuksen sijoittumisen optimaalisesti, tasaa alueellisia tuotanto- ja kulutuseroja ja luo perustan kilpailukykyiselle kansalliselle ja eurooppalaiselle vetymarkkinalle. Infrastruktuuriin liittyviä päätöksiä on todennäköisesti tehtävä asteittain vuoteen 2035 mennessä, vaikka suurin vetytalouden kasvu ajoittunee vuosien 2035–2050 välille.

Skenaarioiden edellytyksenä on kilpailukykyisen uusiutuvan sähkön tuotannon lisärakentamisen mahdollistaminen ja energiavarastoinnin kehittyminen, jonka myötä Suomen sähkön hintataso pysyy kilpailukykyisenä. Skenaarioissa on myös tärkeää mahdollistaa vedyn tuotannon ja jatkojalostuksen sijoittuminen alueille, joissa uusiutuvaa sähköä on runsaasti saatavilla. Vedyn siirtoinfrastruktuuri mahdollistaa vedyn jatkojalostuksen sähköjärjestelmän näkökulmasta kulutuspainotteisille alueille, joissa vedyn teollinen kysyntä on suurinta. Tämän lisäksi Suomen tarpeista yli jäävä vety voidaan hyödyntää vientiin Ruotsiin tai Keski-Eurooppaan kansainvälisten siirtoyhteyksien kautta ja tasapainottaa energiajärjestelmää. Heikon sähkön saatavuuden aikoina vetyä voidaan myös tuoda Suomeen jatkojalostusteollisuuden tarpeisiin.

Tarvittavat investoinnit

Nykyinen sähkön kantaverkon kymmenvuotinen yli 5 miljardin euron investointisuunnitelma on edellytys vetytalouden kasvulle, minkä lisäksi korkeimmat kasvuskenaariot vaativat alueellisia lisäinvestointeja sähkön kantaverkkoon asiakkaiden liittämiseksi. Korkean kasvun toteutumiseksi myös vetyjärjestelmän tulee kehittyä oikea-aikaisesti. Erityisesti korkean kasvun skenaario vaatii alustavan arvion mukaan noin 8 miljardin euron investoinnit vetyverkkoon sisältäen sekä päärunkoverkon että keskeiset haarat avainkohteisiin. Myös investoinnit vedyn varastointiin nousevat merkittävään rooliin

järjestelmän tasapainon kannalta. Näiden investointien arvioidaan olevan noin puolesta miljardiin euroon. Varsinkin vetytalouden alkuvaiheessa erilaiset pitkäjänteiset rahoitusratkaisut ja EU-tuet voivat vaikuttaa merkittävästi loppuasiakkaille infrastruktuurista kohdistuvaan kustannusrasitukseen ja sitä kautta jatkojalosteteollisuuden kilpailukykyyn suhteessa kilpailijamaihin.

Vetytalouden investoinnit sähköntuotantoon, vedyntuotantoon ja jatkojalostukseen mahdollistavat merkittävän työpaikkojen ja bruttokansantuotteen kasvun Suomessa sekä edistävät vihreää siirtymää. Korkean kasvun vetytalouden skenaariossa investoinneilla mahdollistetaan arviolta noin 11 miljardin euron bruttokansantuotteen kasvu vuodessa rakentamisen aikana sekä noin 4 miljardin euron kasvu operointivaiheessa. Lisäksi vetytalouden investoinnit mahdollistavat jopa kymmeniä tuhansia uusia työpaikkoja sekä rakentamisen että operointivaiheen aikana. Vedyn ja sähkön siirtoinfrastruktuurin investoinnit mahdollistavat huomattavat arvoketjuinvestoinnit uusiutuvaan tuuli- ja aurinkovoimaan, elektrolyyseri- ja jatkojalostuslaitoksiin esimerkiksi vihreän teräksen, ammoniakkin, synteettisten lentopolttoaineiden ja metanolin tuotantoon.

Suomen kysynnän jälkeen ylijäävän vedyn vienti voi muodostaa merkittävän osuuden Suomen kokonaisviennistä, arviolta liikevaihto olisi noin 6 miljardia euroa vuodessa (olettaen 5 EUR/kg hinnan Suomesta Keski-Euroopan vientiin menevälle vedylle). Kansantaloudellisten hyötyjen lisäksi kansainvälinen yhteistyö ja rajat ylittävä siirtoinfrastruktuuri voivat mahdollistaa EU-tasojen rahoitusmekanismien hyödyntämisen vedyn siirtoinfrastruktuuriin, jolloin vedyn siirron kustannus kotimaisille käyttäjille pienenee parantaen kotimaisten toimijoiden kilpailukykyä.

Jatkotoimenpiteet

Energiajärjestelmän murros ja vihreä siirtymä edellyttävät yhteistyötä kansallisella ja eurooppalaisella tasolla, sillä regulaatio luo kysynnän vihreille lopputuotteille. EU:n loppukysynnän mandaateilla on ratkaiseva rooli vedyn jatkojalosteiden markkinoiden kasvussa. Ilmastotekijöiden lisäksi Euroopan ja Suomen resilienssi- ja omavaraisuusteemat voivat tukea markkinan kehittymistä. Vetytalouden kasvu vaatii, että uusiutuvan sähkön kilpailukykyinen saatavuus, vedyn ja sen jatkojalosteiden, kuten sähköpolttoaineiden ja vihreän teräksen kysyntää luova sääntely ja monet muut toimintaympäristökijät kehittyvät joko nykyennusteiden mukaisesti tai paremmin. Lisäksi infrastruktuurin kehitystä voidaan edistää mm. sujuvilla lupaprosesseilla ja teollisuusstrategiaan kytketyvällä liittymisten priorisoinnilla.

Fingrid ja Gasgrid jatkavat tiivistä yhteistyötä energiajärjestelmän pitkän aikavälin kehittämiseksi ja kehittäen Suomen energiajärjestelmää vastaamaan markkinan tarpeita. Fingrid ja Gasgrid toivovat energiasektorin yhteistä kasvustrategiaa ja visiota vuodelle 2050, missä selvitetään yhdessä teollisuuden ja vastuuministeriöiden kanssa kotimaisen vetytalouden arvoketjupotentiaali ja regulaation mahdollistama kasvu sekä muut strategiset hyödyt Suomelle. Jatkotyössä on suositeltavaa jatkaa kokonaisenergiajärjestelmän kehitystä, sähkö, vety, hiilidioksidi (CO₂), biokaasu, synteettinen metaani ja muut polttoaineet huomioiden sekä syventää resilienssinäkökulmaa. Muuttuneessa toimintaympäristössä myös tiivis yhteistyö Itämeren alueella ja Euroopan sisällä on tärkeää, jotta siirtymä puhtaaseen energiajärjestelmään tukee samanaikaisesti omavaraisuutta, varautumista ja yhteistä huoltovarmuutta.

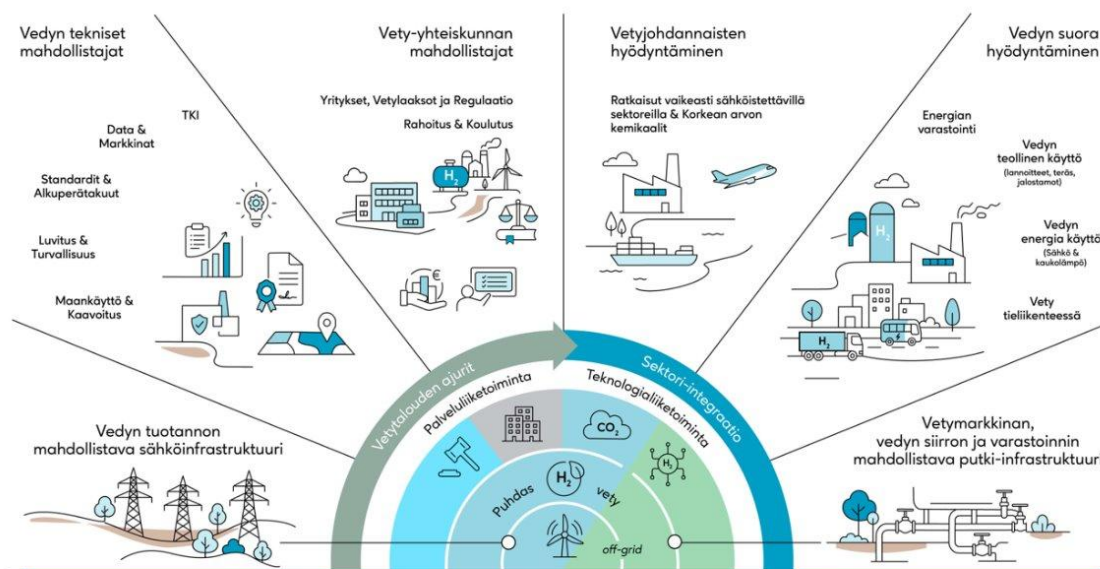
1 Johdanto ja selvityksen tausta

Suomella on erinomaiset edellytykset tuottaa kilpailukykyisesti puhdasta sähköä, vetyä ja sen jatkojalosteita. Suomen sähkön tuotanto on jo lähes kokonaan hiilidioksidineutraalia ja lisäksi Suomessa on runsaasti potentiaalia uusiutuvan ja kilpailukykyisen sähköntuotannon lisäämiselle. Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuonna 2035 ja valtioneuvosto on periaatepäätöksessään vedystä linjannut vuonna 2023 seuraavaa: *”tavoitteena on luoda Suomesta kilpailukykyinen ja ennakoitava vetytalouden investointiympäristö. Vety tarjoaa mahdollisuuden nopeuttaa vihreää siirtymää Suomessa, ja vetyyn liittyvällä teknologiaviennillä on edellytykset tuottaa merkittäviä globaaleja päästövähennyksiä eli kädenjälkeä maailmalla. Tavoittelemme Euroopan johtavaa asemaa vetytaloudessa läpi koko arvoketjun. Markkinaolosuhteiden kehittyessä suotuisasti Suomella on edellytykset tuottaa vähintään kymmenen prosenttia EU:n päästöttömästä vedystä vuonna 2030.”*¹ Lisäksi energia- ja ilmastostrategiassa on linjattu, että varmistetaan Suomessa 2035 mennessä valtakunnallisesti laajasti kattava vetymarkkina ja varmistetaan kansallisen vetyverkon kehittyminen.

Vetytalous mahdollistaa uuden teollisuuden alan ja teollisuuden arvoketjujen syntyminen (Kuva 1). Vedyn arvoketjun mahdollistajana on riittävä ja kilpailukykyinen puhdas sähkö, joka mahdollistaa elektrolyysin laajamittaisen käyttöönoton. Suomen kilpailukyky vetytalouden investoinneissa perustuu merkittävään uusiutuvan energian kilpailukykyiseen tuotantopotentiaaliin sekä mahdollisuuteen rakentaa vetyä jalostavaa teollisuutta. Suomessa on niin tilaa kuin vettä vedyn raaka-aineeksi, sekä vahva sähköverkko mahdollistamaan uuden tuotannon ja kysynnän liittämistä verkkoon. Lisäksi Suomeen on kehitteillä vetyinfrastruktuuri, joka mahdollistaa vedyn tuotannon ja kulutuksen sijoittumisen eri paikkoihin ja tuottajien ja kuluttajien asiakkuuksien löytämisen suuremmalta maantieteelliseltä alueelta luoden edellytykset laajemmalle markkinakehitykselle. Koska Suomi on jo pitkällä päästövähennysmatkallaan, on Suomen etuna myös puhdas sähköntuotanto, joka mahdollistaa verkkosähkön hyödyntämisen puhtaan vedyn tuotannossa. Suomen etuna on myös mahdollisuus hyödyntää biogeenistä hiilidioksidia² vedyn jatkojalosteiden valmistuksessa sekä vedyn ja sen jatkojalostuksen yhteydessä syntyvän lämmön hyödyntäminen esimerkiksi kaukolämmössä. Suomella onkin hyvät edellytykset luoda kilpailukykyisiä arvoketjuja, uusia puhtaita tuotteita vientiin ja uutta kansantaloudellista kasvua puhtaaseen sähköön perustuen. Vaikka Suomella on hyvät edellytykset, ne eivät yksin takaa kilpailuetua. Euroopan sisällä mm. Iberian niemimaa ja eri alueet globaalisti omaavat myös hyviä olosuhteita. Tähän kilpailupaineeseen on kyettävä vastaamaan onnistuneesti.

¹ Valtioneuvoston periaatepäätös vedystä

² Biogeeninen hiilidioksidi on peräisin biologisesta lähteestä kuten puusta tai biomassasta



Kuva 1. Vetytalouden arvoketjun näkökulmat ja vetytalouden ajurit.

Gasgrid Finland ja Fingrid ovat Suomen siirtoverkkotoimijoita, jotka vastaavat kaasun ja sähkön siirtoinfrastruktuurista, niiden operoinnista ja kehityksestä asiakkaiden ja yhteiskunnan tarpeisiin. Yhtiöt seuraavat ja osallistuvat aktiivisesti Suomen energiajärjestelmien ja markkinoiden kehitykseen. Yhtiöiden tavoitteena on kehittää markkinoita sekä järjestelmiä palvelemaan suomalaista yhteiskuntaa, teollisuutta, yrityksiä ja kuluttajia.

Vuonna 2025 pääministeri Petteri Orpon hallituksen puoliväliriihen energia-alan kasvutoimikirjauksissa linjattiin seuraavasti:

”Hallitus nopeuttaa koko maassa [kantaverkon ja sähkö-] verkon rakentamista poistamalla verkonhaltijoilta esteet rakentaa 400 kV:n jakeluverkkoa sekä mahdollistaa jakeluverkon haltijoille verkon kehittämistä nykyistä kattavammin verkon käyttäjien tarpeisiin vastatakseen. [...] Hallitus nostaa Fingridin investointikykyä miljardilla eurolla 5,2 miljardiin euroon. Hallitus kiirehtii yhtiötä nopeuttamaan investointiohjelman toteuttamisessa välittömästi. Hallitus varautuu myöntämään Fingridille tarvittavan pääomituksen, joka luo varmuutta teollisten investointien tarpeisiin ja nopeuttaa Fingridin investointikykyä.”

Puoliväliriihessä linjattiin myös vetyalan edistämisestä, Gasgridin verkoista, hiilidioksidin talteenotosta ja hyötykäytöstä. Linjausten mukaan:

”Hallitus luo edellytykset toimiville vetymarkkinoille tukemaan teollisten investointien syntymistä. Sähkötaloutta ja -järjestelmää sekä vetyinfraa kehitetään vastaamaan nykyisiä tarpeita ja tulevia ennakoitujen sekä teollisten investointien Suomeen edistämistä. Hallitus varmistaa Gasgridin toiminta- ja investointikykyä. Hallitus on valmis pääomittamaan yhtiötä vetyverkon investointien toteuttamiseksi, jotta Suomessa on 2035 mennessä valtakunnallisesti laajasti kattava vetymarkkina ja sitä palveleva kansallinen vetyinfrastruktuuri. Alueellisille vetylaaksoille ja -investoinneille luodaan edellytyksiä luvituksella ja hankkeiden valmistelulla.”

Lisäksi Fingrid ja Gasgrid Finland saivat valtiolta tehtäväksi selvittää vetytalouden investointien syntymisen edellyttämää energainfrastruktuuria sekä niihin liittyviä lisäinvestointitarpeita. Puoliväliriihessä linjattiin, että ”Gasgrid ja Fingrid valmistelevat vuoden 2025 aikana hallitukselle yhteisen selvityksen teollisten vetyinvestointien edellyttämästä energainfrastruktuurista (ml. vety- ja sähköverkot) ja lisäinvestoinneista vuosille 2027–2035.”³

Tähän toimeksiantoon vastatakseen, Fingrid ja Gasgrid Finland ovat käynnistäneet yhteisen energiajärjestelmänalyysityön, jonka tavoitteena on muodostaa kokonaisvaltainen näkemys siitä, minkälaista siirtoinfrastruktuuria teollisten vetyinvestointien edellyttämä energiajärjestelmä vaatii tulevana vuosikymmeninä ja kuinka energiajärjestelmää tulisi kehittää pidemmällä aikavälillä, jotta vuosien 2027–2035 välillä tehtävät investoinnit palvelisivat Suomen energiajärjestelmää mahdollisimman tehokkaasti koko elinkaarensa aikana.

Koska vetytalouden ja toimintaympäristön kehitykseen liittyy epävarmuuksia, selvitystyö on toteutettu luomalla erilaisia kehityspolkuja vetytalouden kehittymiseksi Suomessa ja Euroopassa. Nämä kehityspolut on mallinnettu ja analysoitu systeemitasolla yhteistyössä. Tämän jälkeen molemmat yhtiöt ovat tehneet yksityiskohtaiset analyysinsä tarvittavista infrastruktuuri-investoinneista vuosille 2027–2035. Yhtiöt ovat myös yhdessä arvioineet minkälaisia vetytalouden investointeja, ja kasvua eri skenaarioiden mukainen energainfrastruktuuri mahdollistaa.

Selvitys valottaa energiajärjestelmän aktiivisen kehityksen merkitystä vetytalouden muiden investointien toteutumisessa. Energiajärjestelmän aktiivisella kehityksellä ja energainfrastruktuuri-investoinneilla voidaan luoda edellytykset muille vetytalouden investoinneille toteutua Suomessa. Selvitys avaa sitä, miten suurimmat kansantaloudelliset hyödyt ja kasvu voidaan mahdollistaa energiajärjestelmää kehittämällä.

Raportissa esitellään ensin selvityksen tausta (kappale 1) ja toimintaympäristön kuvaus sekä siihen vaikuttavat megatrendit, kuten vedyn kysynnän kasvu, sähkö- ja metaanimarkkinoiden kehitys sekä Suomen vahvuudet ja haasteet vihreässä siirtymässä (kappale 2). Kappaleet 3 ja 4 esittelevät selvityksen toteutustavan ja skenaariotyön, jossa tarkastellaan vetytalouden kehityspolkuja 2030-luvun puolivälistä eteenpäin ja potentiaalinäkymää vuonna 2050. Mallinnustulokset kappaleessa 5 havainnollistavat sähkön ja vedyn tuotannon ja kulutuksen näkymiä eri skenaarioissa. Lopuksi tunnistetaan keskeiset kehittämistarpeet ja lisäinvestoinnit vuosille 2027–2035 (kappale 6) sekä nostetaan työn tärkeimmät johtopäätökset ja seuraavat jatkotoimet (kappaleet 7–9). Liitteissä kuvataan tarkemmin molempien yhtiöiden kehityssuunnitelmia sekä työssä käytettävän mallinnuksen taustaa ja sen lähtöoletuksia.

³ Energia-alan kasvutoimikirjaukset hallituksen puoliväliriihessä 2025

2 Toimintaympäristön kuvaus

Tässä luvussa esitellään Euroopan ja Suomen muuttunut toimintaympäristö, vedyn kysyntään vaikuttavat megatrendit ja Suomen potentiaali siirtymässä kohti puhdasta energiajärjestelmää sähkön ja vedyn avulla. Toimintaympäristöä on käytetty pohjana skenaarioiden laadinnassa.

2.1 Euroopan ja Suomen muuttunut toimintaympäristö

Euroopan energiamarkkina on murroksessa, johon vaikuttavat geopoliittinen epävarmuus, kasvava tarve varmistaa energian toimitusvarmuus ja ilmastotavoitteet. Globaalien kriisien seurauksena energiapolitiikan painopiste on siirtynyt kohti resilienssiä (kykyä sietää häiriötilanteita ja palautua niistä) ja omavaraisuutta. Puhdas vety nousee keskeiseksi ratkaisuksi 2030-luvulla mahdollistaen energian varastoinnin ja siirron sekä tukee teollisuuden hiilineutraaliutta. Vedyn merkitys korostuu myös pitkäaikaisen kilpailukyvn ja huoltovarmuuden näkökulmasta. Energiainfrastruktuuri sekä sen päälle rakentuvat markkinat ovat olennainen osa vetyarvoketjua, ja siirtymä fossiilisista polttoaineista uusiutuvaan energiaan tuo mukanaan uusia haasteita. Yhteiskunnan sähköistyminen ja uudet energiaratkaisut luovat merkittäviä kehitystarpeita niin energian siirtojärjestelmille kuin sektori-integraatiolle, mikä puolestaan asettaa vaatimuksia sekä vedyn että sähkön siirtoinfrastruktuurin yhteiskehittämiselle.

Megatrendit – kuten ilmastoneutraaliustavoitteet, geopoliittinen riskienhallinta omavaraisuutta nostamalla ja teollisuuden sähköistämisen rajat – luovat vahvan perustan vedyn roolille Euroopan energiasiirtymässä. Laajat tuuli- ja aurinkovoimapotentiaalit, vakaa sähköverkko ja mahdollisuus rakentaa uutta kapasiteettia kustannustehokkaasti tarjoavat kilpailukykyisen pohjan vedyn tuotannolle. Tämä luo Suomelle edellytykset toimia puhtaan vedyn ja sen jatkojalosteiden tuottajana ja vahvistaa Euroopan toimitusvarmuutta ja tukien teollisuuden kilpailukykyä pitkällä aikavälillä. Toisaalta Suomi kohtaa merkittävää kilpailua Euroopan sisällä (Iberian niemimaa) ja globaalisti (mm. Kiina, Intia, Oman).

2.2 Suomen vahvuudet ja haasteet puhtaassa siirtymässä

Puhtaan vedyn rooli Suomen sekä koko Euroopan hiilidioksidin vähenemätavoitteiden saavuttamisessa on merkittävä. Vedyn rooli yhteiskunnan vihreän siirtymän mahdollistajana korostuu erityisesti nk. hard-to-abate sektoreilla, joiden päästöjen vähentäminen on vaikeaa suoralla sähköistämällä sekä teräs- ja kemianteollisuuden kaltaisilla sektoreilla, joille siirtyminen vähähiilisiin ratkaisuihin muuten kuin vetyä käyttämällä on haastavaa. Suomella on erinomaiset edellytykset vetytalouden kehittämiseen ja vetytalouden arvoketjujen kehityksellä voi olla myös merkittäviä kansantaloudellisia vaikutuksia. Suomen kilpailukykyä parantaa sivutuotelämmön hyödyntämismahdollisuudet lämmityksessä sekä Suomen biogeenisen hiilidioksidin hyödyntämispotentiaali.

Biogeenisellä hiilidioksidilla on keskeinen rooli vetytaloudessa ja jatkojalostusteollisuudessa, sillä se toimii raaka-aineena mm. synteettisten polttoaineiden ja kemikaalien valmistuksessa yhdessä vedyn kanssa. Suomeen on mahdollista syntyä myös vihreän, kotimaisen teräksen tuotantoa, jota voidaan hyödyntää eri sektoreilla, ml. Euroopan puolustusteollisuuden kasvaviin tarpeisiin. Biogeenisen hiilidioksidin saatavuus onkin kriittinen tekijä vetytalouden arvoketjun rakentamisessa ja Suomen kilpailukyvn vahvistamisessa puhtaiden teollisten ratkaisujen markkinoilla. Regulaatiolla ja jatkojalostemandaateilla on merkittävä rooli hiilidioksidin talteenoton laajemmassa teollisessa kehittämisessä, sillä ne luovat kysyntää, lisäävät investointien kannattavuutta ja mahdollistavat tämän arvoketjun osan rakentumisen.

Vedyntuotannon ja jatkojalostuksen sijoittumiseen Euroopassa ja globaalisti vaikuttavat maiden kilpailukykytekijät, kuten investointikustannukset uusiutuvan sähkön ja vedyn tuotantoon sekä puhtaan vedyn tuotannossa käytettävän sähkön hinta, saatavuus ja päästötaso. Lisäksi sivutuotteiden hyödyntäminen, jatkojalostusmahdollisuudet, sääntelyn suotuisuus, luvituksen tehokkuus, yhteiskunnan vakaus, energian siirtoverkkoon liittymisen mahdollisuudet, osaavan työvoiman saatavuus ja yritysten rooli arvoketjussa ovat keskeisiä tekijöitä.

Jotta uusiutuvan energian hankkeet ja vetytalouden investoinnit toteutuvat, tarvitaan uutta sähkön kysyntää sekä selkeitä markkinasääntöjä. Infrastruktuurien ja investointiympäristön kehittäminen ovat välttämättömiä. Uusiutuvan energian tavoitteita koskeva pitkäjänteinen sääntely, raportointivelvoitteiden tarkoituksenmukaisuus ja kansainvälisen näkyvyyden parantaminen tukevat Suomen asemaa kilpailukykyisenä toimijana. Uusiutuvan sähköntuotannon rakentaminen ja energiainfrastruktuurin kehittäminen ovat avainasemassa. Vaikka lyhyen aikavälin epävarmuudet ja rahoitushaasteet hidastavat kehitystä, Suomella on vahvat edellytykset tuottaa uusiutuvaa energiaa kustannustehokkaasti ja rakentaa vetytalouden arvoketjuja, joilla on merkittäviä kansantaloudellisia vaikutuksia.

2.3 Vedyn kysyntään vaikuttavat megatrendit

Hiili- ja ilmastoneutraalius

Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä ja tukee EU:n tavoitetta 90 %:n nettopäästövähennyksestä vuoteen 2040 mennessä. Lisäksi EU tavoittelee ilmastoneutraaliutta vuoteen 2050 mennessä Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden mukaisesti.^{4 5} Suuri osa päästövähennyksistä voidaan toteuttaa sähköistämällä, mutta useilla 'hard-to-abate' teollisuussektoreilla tarvitaan puhdasta vetyä. Raskaan teollisuuden (teräs, betoni yms.), liikenteen (raskas-, lento- sekä meriliikenne) sekä kemianteollisuuden prosessien päästöjen vähentäminen vaatii yleensä joko vedyn tai vetyjohdannaisien käyttöönottoa. Vaihtoehtona on nykyisten prosessien ylläpitäminen hiilen talteenotolla sekä varastoinnilla. Hiilen talteenoton ja varastoinnin teknologinen sekä infrastruktuurin kehitys on vasta alkuvaiheessa, eikä vaihtoehdon kustannuksiin ole vielä vahvaa näkyvyyttä. Lisäksi hiilen talteenottoon liittyy myös merkittävää poliittista riskiä. Mikäli tulevaisuudessa päästöt otetaan talteen eikä itse tuotantoprosesseja muuteta hiilineutraaleiksi, on olemassa mahdollisuus jatkaa päästämistä, jos päästöoikeuksien hinnat laskevat tulevaisuudessa. Vedyn käyttöönotto muuttaa prosessit pysyvästi päästöttömiksi, mikä poistaa poliittisen epävarmuuden ja varmistaa kestävästi hiilestä irtautumisen.

Toimitusvarmuus

Venäjän hyökkäyssodan Ukrainaan ja globaalin geopoliittisen epävarmuuden myötä eurooppalaisen energian toimitusvarmuus on noussut merkittäväksi tekemäksi. Keski-Euroopan teollisuus ja kuluttajat ovat vahvasti riippuvaisia maakaasusta. Venäläisen kaasun korvaaminen on lisännyt LNG (nesteytetty maakaasu) -markkinoiden merkitystä, mikä altistaa Euroopan energiansaannin uudelleenlaisille hintavaihteluille ja geopoliittisille riskeille. Vaihtoehdot paikalliselle energiantuotannolle Euroopassa

⁴ Ilmastovuosikertomus 2024 - Ympäristöministeriö

⁵ Suomi tukee EU-komission ehdottamaa 90 prosentin päästövähennystavoitetta vuodelle 2040 - Valtioneuvosto

ovat vähissä. Uusia maakaasureservejä on identifioitu Mustanmeren alueelta Romaniasta sekä itäisen Välimeren alueelta Israelista, Egyptistä ja Kyprokselta. Uusiutuvan sähköntuotannon lisääminen parantaa toimitusvarmuutta sektoreilla, jotka pystytään suoraan sähköistämään sekä kuluttamaan paikallisesti. Sähköistämisen vahva kasvu luo vahvan tarpeen kehittää sähköverkkoja Euroopan laajuisesti, mikä on haastavaa ja on luonut jo merkittäviä hidasteita, vaikka kehitys on vasta alkamassa. Huoltovarman energiajärjestelmän kehityksen näkökulmasta myös puhtailla kaasuilla ja vedyllä sekä niiden siirtoinfrastruktuurilla on merkittävä rooli. Vedyn ja kaasujen siirtoinfrastruktuuri mahdollistaa tehokkaan energiansiirron, luo joustavuutta sähkö-, vety- ja kaasumarkkinoiden välille ja sitä kautta tehokkaamman ja häiriösietoisemman kokonaisenergiajärjestelmän. Lisäksi sektoreilla, joilla vetyä käytetään raaka-aineena, energiansiirtoinfrastruktuurit yhdessä mahdollistavat toimitus- ja huoltovarmuutta.

Kilpailukyky ja vetytaloutta ohjaava sääntely

Energian hintojen nousun ja siitä aiheutuneen teollisuuden kustannuskriisin takia Keski-Euroopan teollisuuden kilpailukyvyn parantaminen ohjaa vahvasti poliittista päätöksentekoa. Valmius maksaa merkittävästi suurempaa hintaa päästöttömästä energiasta on laskenut. Esimerkiksi eurooppalainen terästeollisuus kärsii korkeista energian hinnoista ja samaan aikaan Yhdysvaltojen asettamat tuontitullit ovat ohjanneet kiinalaisen teräksen Eurooppaan. Tämä on johtanut teräksen ylitarjontaan Euroopassa madaltaen teräksen hintoja sekä eurooppalaisten teräksen tuottajien kannattavuutta. Tästä syystä teräksen ilmaisten päästöoikeuksien kiristämisen aikatauluun on muodostunut painetta. Huoli myös muun eurooppalaisen teollisuuden kilpailukyvystä luo painetta myöhästyttää puhtaan vedyn käyttöönoton regulaatiota sekä pakottavia tavoitteita. Tämä on johtanut ennustettua hitaampaan puhtaan vedyn käytön kasvun näkymään.

Vedyn kilpailukyky ja kustannus riippuu pitkälti sähkön hinnasta sekä elektrolyyserien investointikustannuksista. Elektrolyyserien tuotanto ja teknologinen kehitys ovat kehitysvaiheessa, ja teollisuuden skaalautumisvaihe on vasta alkamassa. Jotta elektrolyyserivalmistajat investoivat teknologian kehittämiseen ja tuotannon skaalaamiseen, tarvitaan näkyvyyttä volyymin kehitykseen. Kiinassa valtio on panostanut merkittävästi tuotannon skaalaamiseen tukemalla siirtymää vihreän vedyn kulutukseen, jolloin paikallinen valmistava ekosysteemi on myös panostanut teknologiseen kehitykseen laskien kustannuksia. Jotta sama tapahtuisi myös Euroopassa, on tärkeää kommunikoida vahvasti tulevan vedyn käytön ylösajosta, koska muuten elektrolyyserivalmistuksen ja muun toimitusketjun skaalaamista ei tapahdu.

Puhtaan vedyn tuotanto elektrolyysillä on toistaiseksi kalliimpaa kuin fossiilisen vedyn valmistus, joten puhtaan vedyn kysyntää ohjaavat pakottavat ilmastotavoitteet, regulaatio, erilaiset kannustimet ja fossiilisten energialähteiden tukien poistaminen sekä fossiilisen energian päästövähennysveloitteet. Koska vedyn käyttökohteet ja arvoketjut ovat laajoja, niihin liittyy myös moninainen EU-regulaatio ja kansallinen lainsäädäntö. Puhtaan sähkön tuotantoa ja siirtoa, fossiilisten polttoaineiden vähentämistä, eri sektorien päästötavoitteita, energiaverotusta, infrastruktuurin ja markkinoiden kehitystä sekä energiamarkkinoiden yhteensovittamista säädellään useissa eri direktiiveissä ja asetuksissa.

Kansallisella tasolla Suomessa vetytalouden käyttöveloitteet alkavat vuonna 2028, jolloin **EU:n uusiutuvan energian direktiivissä (REDIII)** määritelty RFNBO (Renewable Fuels of Non-biological Origin)-polttoaineiden mandaatti velvoittaa vähimmäisosuusveloitteen mukaisesti jakelemaan 1.5 % RFNBO polttoaineita. Määrä kasvaa neljään prosenttiin vuonna 2030, mikä on selvästi EU:n miniveloitteen (1.0

%) yläpuolella. Jos jakelija ei täytä velvoitetta, joutuu se suorittamaan seuraamusmaksun (sakko). Neljän prosentin taso vastaa noin 128 kt RFNBO-polttoainetuotantoa. Osa velvoitteesta on mahdollista täyttää jalostamatoiminnan vedyn käytössä syntyvällä välituotevedyllä.

Uusiutuvan energian direktiivissä velvoitetaan myös merkittävään transformaatioon vedyn käytössä teollisuudessa. Vuonna 2030 tulisi teollisen vedyn (pois lukien öljynjalostamot ja biojalostamot) käytössä 42 % pohjautua vihreään (RFNBO) vetyyn. Tähän velvoitteeseen ei liity jakeluvelvoitteeseen verrattavia seuraamusmaksuja. RED III:n mukaisen vedyn teollisen loppukäytön arvioidaan Suomessa olevan nykyisellään noin 1.1 TWh (34 kt). Suomen hallitus ei ole vielä linjannut, miten teollisuuden vihreän vedyn vuoden 2030 käyttövelvoite toimeenpannaan kansallisesti. Vaikka teollisen vedyn volyymi Suomessa on kohtalaisen pieni, on toimeenpanolla merkittävä vaikutus kotimaisten investointien uskottavuudelle.

Osana EU:n vihreän siirtymän agendaa (**Green Deal**) sovittiin jäsenmaita velvoittavista meri- ja lentoliikenteen päästöjä vähentävistä asetuksista. Meriliikenteen päästöjä säännellään ”**Fuel EU Maritime**” asetuksella ja ilmailua ”**ReFuel EU Aviation**” asetuksella. Kyseiset jäsenmaita, tai polttoainejakelijoita, velvoittavat asetukset velvoittavat jäsenmaat ja velvoitetut osapuolet käyttämään määrätyn määrän vetyjohdannaisia (ilmailu) tai vähentämään päästöjä vähähiilisillä polttoaineilla (meriliikenne). Uusiutuvan energian direktiiviin pohjautuvat tieliikenteen jakeluvelvoitteen sanktoidut tavoitteet alkavat vuonna 2028. Lentoliikenteen velvoitteet alkavat vuonna 2030 (1.2 % eSAF-velvoite), kasvaen merkittävästi 2030-luvun aikana. Lentoliikenteen velvoitteiden seuraamusmaksut ovat erittäin merkittävät, luoden vahvaa kannustetta varmistaa eSAF-polttoaineiden saatavuus riittävissä määrin joko EU-tuottajilta tai EU-alueen ulkopuolelta.

EU:n päästökauppa (ETS) on toiminut merkittävänä ajurina teollisuuden päästöjen vähentämisessä. Päästökaupan ilmaisjaon vähentyessä, raskaalla teollisuudella, kuten terästeollisuus, on vahva kannustin vähentää ETS:n piirissä olevia päästöjä. Täten vihreän teräksen investointien, joissa vihreällä tai vähäpäästöisellä vedyllä on keskeinen rooli, eteneminen riippuu toisaalta ETS:n tulevista linjauksista kuin myös EU:n tulevista vihreän teräksen käyttöä edistävästä ”Lead Market” esityksistä.

Vihreän ja puhtaan siirtymän investointien toteutuminen riippuu vahvasti EU:n ja jäsenmaiden uskottavasta olemassa olevan velvoittavan lainsäädännön toimeenpanosta, ja tulevista 2030-luvun lainsäädäntöä ja teollisuuden investointien toimintaympäristöä määrittelevistä direktiiveistä ja asetuksista. Teollisuuden investoinneille relevanttia on lainsäädännön pitkäjänteisyys ja uskottavuus. Euroopan Unionin hiljattainen päätös ja sitoumus 2040 ilmastoarkkitehtuuriin tuo tärkeää uskottavuutta puhtaan siirtymän investointien edistämiseksi. Niin EU:n 2030/2040/2050 sitoumusten, velvoitteiden ja tavoitteiden uskottava toimeenpano on äärimmäisen tärkeä edellytys laajamittaisille investoinneille vetytalouteen.

Suomella on EU:n vetyä ja vetyjohdannaisia eri sektoreilla määrittelevää lainsäädäntöä koskien erityisiä ja erityisen vahvoja kilpailukykytekijöitä. Toisin kuin Keski-Euroopassa, Suomessa vetytalousinvestointien ei velvoiteta täyttämään niin kutsuttua lisäisyysvaatimusta (additionality), joka edellyttää, että elektrolyysereiden käyttämä sähkö olisi peräisin uudesta, nimenomaan vetyä varten rakennetusta uusiutuvasta tuotantokapasiteetista. Tämä on erityisen vahva kilpailukykytekijä. Tämän lisäksi Suomessa voidaan lähtökohtaisesti tuottaa vähähiilistä vetyä (low carbon hydrogen) pohjautuen verkkosähköön, mikä ei ole mahdollista noin 25 muussa EU jäsenmaassa. Tämän lisäksi Euroopan

edullisin sähkön hinta, kyky lisätä erittäin paljon uusiutuvaa energiaa, ja mahdollisuus kytkeä merkittävä määrä uusia projekteja verkkoon, ovat vahvoja kilpailukykytekijöitä Suomelle.

Euroopan komissio julkaisi **European Grids Package** -kokonaisuuden ja sen yhteydessä **Energy Highways** -aloitteen joulukuussa 2025. Grids Package luo laajemman sääntely- ja investointikehyksen, joka koskee sähkö-, vety- ja kaasuinfrastruktuurien kehittämistä, lupaprosessien nopeuttamista ja rajat ylittävien hankkeiden kustannusjakoa. Energy Highways puolestaan on Grids Packagen sisällä oleva koko EU:n laajuinen kahdeksan strategisen infrastruktuurihankkeen lista, jotka määrittävät EU:n kriittisiksi pullonkaulojen poistamiseksi. Globaalin poliittisen turbulenssin lisääntyessä Euroopan komissio on korostanut vuoden 2026 alussa EU:n energiaunionin, energiaitsenäisyyden ja jäsenmaiden yhteistyön tärkeyttä. Tässä kontekstissa myös Suomen on tärkeää seurata EU:n Energy Highways -aloitetta ja siitä käytävää keskustelua, jotta Pohjois-Euroopan ja Itämeren alueen tuotantopotentiaali, vetyverkkojen liittynät ja rajasiirtoyhteydet huomioidaan osana Euroopan tulevia runkoverkkoja. Tämä luo edellytyksiä sille, että Suomen energiajärjestelmän ja teollisuuden tarpeet voidaan huomioida EU-tason investoinneissa ja että kotimaiset hankkeet kytkeytyvät osaksi integroitua eurooppalaista energiamarkkinaa. Energiainfrastruktuuri – ja omavaraisuus sekä kriittisen infrastruktuurin turvallisuus ovat juuri nyt poliittisen päätöksenteon keskiössä.

Euroopan Unioni on myös luonut erilaisia tukimekanismeja ja rahoitusinstrumentteja uuden teknologian ja infrastruktuurin käyttöönoton edistämiseksi. **Connecting Europe Facility (CEF)** on EU:n keskeinen rahoitusohjelma rajat ylittävien infrastruktuurihankkeiden tukemiseen. EU:ssa tukea infrastruktuurihankkeisiin voi saada vain rajat ylittävissä tapauksissa. Connecting Europe Facility:n kautta Suomessa on jo rahoitettu useita merkittäviä hankkeita, kuten Balticconnector ja Aurora Line. Vuonna 2025 CEF myönsi yli 250 miljoonaa euroa vetyinfrastruktuurin esiselvityshankkeisiin, mukaan lukien Gasgridin kansainväliset vetyhankkeet (Nordic Hydrogen Route NHR, Baltic Sea Hydrogen Collector BHC ja Nordic-Baltic Hydrogen Corridor NBHC). Gasgridin ja sen kumppanien kolmelle kansainväliselle vetyhankkeelle myönnettiin yhteensä 51,4 miljoonaa euroa CEF-tukea hankkeiden jatkoselvitystyöhön. Rahoituksen myöntäminen mahdollistaa hankkeiden tarkemman suunnittelun ja etenemisen sekä tukee EU:n laajuisen vetytalouden kehittämistä. Hankkeet ovat osa TEN-E-politiikkaa ja ne on nimetty yhteistä etua koskeviksi hankkeiksi (Projects of Common Interest, PCI). Myös Fingridin PCI-hankkeet ovat saaneet rahoitusta näiden mekanismien kautta. Energiainfrastruktuurien merkitys kilpailukyvyyn ja resilienssin mahdollistajana tunnustetaan mm. EU Grids-hankkeessa ja CEF-rahoituksen määrää esitetään kasvatettavan merkittävästi. Erityisesti markkinoiden alkuvaiheessa tukirahoituksella voi olla merkittävä rooli infrakustannusten tason laskemiseksi ja sitä kautta jatkopalostusteollisuuden investointiolosuhteiden parantamiseksi.

European Hydrogen Bank toimii komission hallinnoimana rahoitusmekanismina, jonka tavoitteena on kiihdyttää uusiutuvan vedyn tuotantoa ja markkinoiden syntymistä. Rahoitus myönnetään kiinteänä tukipalkkiona tuotetusta ja sertifioidusta uusiutuvasta RFNBO-vedystä. Vuonna 2025 järjestetyssä toisessa huutokaupassa 15 hanketta sai yhteensä 992 miljoonaa euroa rahoitusta, ja kolmas huutokauppa on parhaillaan käynnissä, budjetiltaan yli miljardi euroa. Innovaatorahasto puolestaan tukee suuria teollisia vähähiilihankkeita, mukaan lukien elektrolyysilaitokset ja vetytalouden pilotit. Rahoitusta voidaan myöntää vedyn tuotantoon, varastointiin ja jakeluun liittyviin investointeihin. Vuonna 2025 osa Hydrogen Bankin huutokaupoista toteutettiin Innovaatorahaston kautta.

Arvioitu investointitarve vetyputkistoihin ja jakeluun EU:ssa vuoteen 2040 mennessä on noin 170 miljardia euroa. Vetyinfrastruktuuri nähdään osana monienergiajärjestelmää, joka yhdistää sähkö-, kaasu-, vety- ja hiilidioksidiverkot. Regulaation selkeys ja pitkäjänteisyys ratkaisevat investointien etenemisen. Gasgridin arvion mukaan pakottava regulaatio vaikuttaa vedyn kysyntään merkittävästi ja EU:n vedyn kysyntä on noin 160 TWh vuonna 2035, mikäli nykysääntelystä ei tingitä.

Regulaatio ja pakottavat tavoitteet luovat kysyntää puhtaalle vedylle ja mahdollistavat kannattavat investoinnit vetytalouteen. Tämän lisäksi energiansiirron vakaa investointiympäristö ja investointeihin kannustava valvontamalli ovat tarvittavia mahdollistavia tekijöitä. Vakaa siirtoliiketoiminnan regulaatioympäristö mahdollistaa sähkön- ja vedynsiirron investointien pitkäjänteisen kehityksen sekä rahoitettavuuden säilymisen.

Suomen kyky tarjota ratkaisuja megatrendeihin

Epävarma sääntely-ympäristö hidastaa vety- ja vetyjohdannaisinvestointeja tällä hetkellä. Kuitenkin pitkällä aikavälillä Suomen asema vetytalouden mahdollistajana Euroopassa on vahva, jota tukevat hiilineutraaliuden, Euroopan kilpailukyyn sekä toimitusvarmuuden megatrendit. Suomen sähkömarkkina pystytään rakentamaan merkittävä määrä uutta kilpailukykyistä maatuulivoimaa ja aurinkovoimaa, joilla tuotettua sähköä voidaan jatkojalostaa vedyksi. Kun elektrolyysipohjaisen sähkönkulutuksen kasvu katetaan rakentamalla uutta uusiutuvaa tuotantokapasiteettia, vältetään sähkön markkinahintojen nousu muille kuluttajille. Toisin kuin Keski-Euroopassa, Suomeen pystytään rakentamaan sekä liittämään verkkoon maatuulivoimaa hyvin suuressa kokoluokassa hyväksikäyttäen uusinta turbiiniteknologiaa, mikä johtaa kilpailukykyisimpään sähkönhintaan. Suomella ei ole aurinkovoimassa vastaavaa kilpailuetua kuin tuulivoimassa, mutta maltillinen aurinkovoiman lisäys yhdessä tuulivoiman vahvan perustuotannon kanssa tasapainottaa sähköntuotantoprofiilia ja tukee sähkönhinnan kilpailukykyä. Suomessa on myös kykyä lisätä muita puhtaita sähköntuotantomuotoja perustuen esimerkiksi kehittyneeseen ydinvoima-alan sääntelyyn.

Vedyn ja jatkojalosteiden tuotannon osalta Suomella ei ole suoraan teknologiakustannuksiin pohjautuvaa kilpailuetua, vaan vedyn hinnan osalta kilpailukyky pohjautuu tehokkaasti tuotettuun sähköön sekä uuden sähköntuotannon liitettävyyteen sähköverkkoon. Tämä dynamiikka luo Suomelle erinomaiset edellytykset kehittää vedyn jatkojalostusta sekä viedä jatkojalostuksesta yli jäävää puhdasta ja kilpailukykyistä vetyä eurooppalaisille markkinoille. Lisäksi sekä sähkön, kaasun että vedyn rajasiirtoyhteydet edistävät niin Suomen kuin Euroopan energian toimitusvarmuutta. Toimitusvarmuus tuo lisäkustannuksia ja puhdas vety on toistaiseksi fossiilisia vaihtoehtoja kalliimpaa, joten kilpailuetu syntyy toimijalle, joka pystyy toimittamaan vetyä Euroopassa edullisimmin.

2.4 Sähköjärjestelmän kehitysnäkymät

Suomen sähköjärjestelmä on ollut murroksessa jo useiden vuosien ajan. Hiilidioksidipäästöt ovat pudonneet kymmenesosaan 2010-luvun alun tasolta ja hiilidioksidineutraalin sähkön osuus oli vuonna 2024 jo 96 % Suomen sähköntuotannosta⁶. Laajoja kehityskulkuja ovat olleet uusiutuvan tuotannon, erityisesti maatuulivoiman voimakas kasvu, vanhojen lämpövoimalaitosten sulkeminen, Olkiluodon

⁶ Energiategollisuus. Sähkön vuosi 2025. Saatavilla: [Sähkötillastot - Energiategollisuus](#)

kolmannen ydinreaktorin sähköntuotannon aloitus ja Suomen ja Pohjois-Ruotsin välisen Aurora Line rajasiirtoyhteyden käyttöönotto.

Fingrid seuraa jatkuvasti sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymää perustuen muun muassa asiakashankkeiden etenemiseen. Viimeisin arvio seuraavan kymmenen vuoden kehitysnäkymistä on julkaistu alkusyksystä⁷. Sähkön kulutuksen kasvu Suomessa on riippuvaista etenkin teollisen sähkönkulutuksen kasvusta, mikä puolestaan perustuu Suomen kykyyn houkutella sähköintensiivisen teollisuuden investointeja. Suomen kilpailukyky on siten ratkaisevassa asemassa sähkön kulutuksen kasvun kannalta. Ennusteessa on kaksi skenaariota, joista erinomaisen kilpailukyyn skenaariossa sähkön kulutus lähes kaksinkertaistuu nykytasosta vuoteen 2035 mennessä. Tätä skenaariota käytetään kantaverkon kehittämissuunnitelman pohjana.

Sähkön tuotanto Suomessa on kasvanut voimakkaasti. Kasvun lisäksi sähköntuotanto on muuttunut sääriippuvaisemmaksi ja tuotannon sijainti on painottunut aiempaa enemmän Länsi- ja Pohjois-Suomeen. Kasvun odotetaan jatkuvan kulutukseen vastaamiseksi kilpailukykyisillä investoinneilla tuuli- ja aurinkovoimaan, mikä lisää tuotannon sääriippuvuutta ja maantieteellisen painopisteen muutosta. Tämä ajaa kantaverkon kehittämisen tarvetta siirtää sähköä tuotantopainotteiselta alueelta Etelä-Suomen kulutuspainotteiselle alueelle. Sähköverkon tehokkaaksi hyödyntämiseksi on myös tärkeää saada kulutushankkeita sijoittumaan tuotantopainotteiselle alueelle, jossa sähköverkossa on hyvin liityntäkapasiteettia kulutukselle ja siirtotarpeet alueiden välillä tasapainottuisivat. Useiden vetyhankkeiden sijainti on sähköverkon kannalta suotuisasti länsirannikon tuotantopainotteisella alueella.

Fingrid on visiotyössään selvittänyt kantaverkon vahvistustarpeita erilaisissa korkeissa kasvuskenaarioissa vuodelle 2040 ja nostanut esille sijainnin sekä joustojen saatavuuden keskeisenä tekijänä skenaarioiden toteutumiselle⁸. Fingrid pyrkii tekemään aktiivisesti yhteistyötä asiakkaiden kanssa, jotta kulutushankkeita saadaan ohjattua kantaverkon liittämiskyvyn kannalta hyvin sijainteihin ja kantaverkkoa kehitettyä ennakoivasti ja oikea-aikaisesti. Tämän lisäksi investointeja voitaisiin kannustaa markkinakeinoin sijoittumaan suotuisiin sijainteihin esimerkiksi alueittain eriävällä tariffilla tai liittymismaksulla. Suomessa on vuoden 2026 alussa tullut voimaan sähkömarkkinalain uudistus, jolla pyritään turvaamaan sähkötuotannon ja kasvavan kulutuksen kuormien integroiminen kantaverkkoon sekä suurjännitteiseen jakeluverkkoon sujuvasti ja kustannustehokkaasti.

Sähköjärjestelmässä kulutuksen ja tuotannon täytyy olla joka hetki tasapainossa ja sähkömarkkinoiden tehtävänä on varmistaa tämä ja yhteiskunnan sähkönsaanti mahdollisimman kustannustehokkaasti. Fingrid vastaa sähköjärjestelmän reaaliaikaisesta tasapainosta ja operoi reservi- ja säätösähkömarkkinoita. Sähkömarkkinoita kehitetään jatkuvasti vastaamaan entistä nopeammin tuotannon ja kulutuksen vaihteluihin. Tulevaisuudessa sektori-integraatio sähkö- ja vetyjärjestelmän välillä on yhä suuremmassa roolissa, mikä tulisi ottaa myös huomioon sähkö- ja vetymarkkinoiden kehityksessä tehokkaan energiajärjestelmän luomiseksi. Tähän vaikuttavat esimerkiksi markkinoiden taseselvitysajaksot sekä sijaintiin liittyvät markkinasignaalit. Sähkö- ja vetyjärjestelmän yhteispelin tulisi perustua samankaltaisiin markkinaperusteisiin, jolloin esimerkiksi vetyä tuotettaisiin sähkön

⁷ Fingrid (2025). [Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät Q3 2025](#). Ennusteen ajurit, epävarmuustekijät ja laadintamenetelmät on kuvattu tarkemmin ennusteraportissa.

⁸ Fingrid (2025). [Sähköjärjestelmävisio vuodelle 2040](#).

saatavuuden ollessa hyvällä tasolla aiheuttamatta ruuhkaa sähköverkkoihin. Sähköjärjestelmän tasapainottamiselle on erityisen tärkeää mahdollistaa vedyntuottajien osallistuminen sähkön reservi- ja säätösähkömarkkinoille kyvykkyytensä mukaan.

2.5 Vetymarkkinan ja vetyhankkeiden kehitysnäkymät Suomessa ja Euroopassa

Vedyn käyttö tänään

Vedyn vuosikysyntä Euroopassa vuonna 2023 oli 7,8 Mt.⁹ Valtaosa nykypäivänä tuotetusta vedystä valmistetaan fossiilisesta metaanista. Suomessa käytetään tällä hetkellä noin 150 000 tonnia vuodessa (~5 TWh) fossiilisesta metaanista höyryreformoinnilla tuotettua vetyä. Tämä vastaa noin 1,5 %:a Euroopassa tuotetusta vedystä.¹⁰ Suomessa ja Euroopassa vedyn teollinen käyttö liittyy suurimmalta osin öljynjalostukseen, petrokemian ja kemian teollisuuteen sekä lannoitteiden teolliseen valmistukseen.

Puhdasta elektrolyysierillä tuotettua vetyä tuotetaan Suomessa vielä rajallisesti, mutta ensimmäiset kaupalliset hankkeet antavat signaalin markkinan kehittymisestä. P2X Solutionsin Harjavallan laitos aloitti toimintansa vuoden 2025 alussa, ja sen vihreän vedyn tuotantokapasiteetti on 20 MW.¹¹ Laitoskokonaisuuteen kuuluu myöhemmin käynnistyvä metanointilaitos. Woikoski Oy on tuottanut vihreää vetyä jo vuodesta 2014 asti Kokkolan tehtaalla, jossa elektrolyysierikapasiteetti on 9 MW.¹² STR Tecoil käyttää valmistamaansa vihreää vetyä Haminan laitoksessaan, joka jalostaa jäteöljyä perusöljyiksi. Lisäksi Hycamite tuottaa Kokkolan alueella vähähiilistä vetyä ja kiinteä hiiltä pyrolyysiprosessia hyödyntäen maakaasusta ja biokaasusta. Ensimmäiset investoinnit ja teknologinen kehitys luovat perustan vetymarkkinan kasvulle ja vahvistavat Suomen asemaa tulevaisuuden vetytaloudessa.

Vedyn käyttö tulevaisuudessa

Puhtaasta kotimaisesta energiasta valmistettua vetyä voidaan hyödyntää fossiilisen vedyn korvaajana samoilla sektoreilla, kuin missä sitä käytetään jo nyt. Lisäksi vetyä voidaan hyödyntää puhtaan teräksen valmistuksessa, erilaisten polttoaineiden valmistuksessa sekä uusiutuvan energian varastoinnissa. Vetyinfrastruktuurilla mahdollistetaan energiajärjestelmän joustot ja energian varastointi. Suomessa on runsaasti vetytalouden, eli vedyn tuotantoon ja jatkojalostukseen liittyviä hankkeita kehitteillä. Elinkeinoelämän keskusliiton dataikkunan mukaan vihreän siirtymän hankekanta on jo yli 300 miljardin euron tasolla. Dataikkunan mukaan Suomessa on kehitteillä vetyhankkeita yhteensä 13 GW edestä, joiden investointimäärä ylittää 24 miljardia euroa.¹³

Gasgrid on toteuttanut vetymarkkinaselvityksen, jossa on kerätty hanketietoja vetyalan toimijoilta. Selvitys sisältää keskeiset tiedot hankkeiden koosta, maantieteellisestä sijainnista ja aikataulusta, tarjoten kokonaiskuvan vedyn kehityshankkeiden tilasta. Selvityksen mukaan Suomessa voidaan ennakoida vedyn tuotannon kasvavan jopa 80 TWh:iin (H₂) vuoteen 2040 mennessä. Tämä tarkoittaisi

⁹ Clean Hydrogen Monitor 11-2024 V2 DIGITAL draft3-1.pdf

¹⁰ Valtioneuvosto: Vetytalous - mahdollisuudet ja rajoitteet

¹¹ P2X Solutions käynnisti Harjavallan laitoksen vihreän vedyn kaupallisen toiminnan ensimmäisenä Suomessa – P2X Solutions

¹² Woikoski Oy

¹³ Elinkeinoelämän keskusliiton dataikkuna

elektrolyyserikapasiteettina yhteensä 30 GW. Gasgrid vie aktiivisesti vetyputken suunnittelua eteenpäin ja käy keskustelua markkinatoimijoiden kanssa suunnitelluista vetykapasiteeteista. Aiesopimuksia on solmittu jo 50 TWh:n edestä.

Suunnitteilla olevat hankkeet sijoittuvat pääasiassa suunnittelun vedynsiirtoverkon läheisyyteen ja kansallinen vedynsiirtoverkko on keskeinen tekijä hankkeiden kehittymisen tukemisessa. Vetytalouden odotetaan käynnistyvän alueellisten vetykeskittymien, niin sanottujen vetylaaksojen kautta. Vedyn tuotantopotentiaalin perustuessa vahvasti uusiutuvan energian saatavuuteen on kulutuspisteitä Suomessa vielä rajallinen määrä. Tällä hetkellä tuotantopotentiaali onkin Suomen vetytalouden keskeisin ajuri. Vetyä voidaan hyödyntää alueellisesti teollisuudessa päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi, mutta kansainvälisten yhteyksien kautta Suomen vedyntuotannolla on laajempi mahdollisuus tukea myös Euroopan ilmasto- ja energiastrategian tavoitteita sekä teollisuuden tarpeita. Nämä tekijät luovat vahvan perustan vetytalouden käynnistämiseksi Suomessa. Lisäksi suunniteltujen merkittävien vedyn käyttö- ja jatkojalostushankkeiden maturiteetin kehittyessä vedyn arvoketju tarjoaa Suomelle huomattavaa kasvupotentiaalia.

Vetyvarastot ovat keskeinen osa vetytalouden toimivuutta, sillä ne tuovat joustoa tuotannon ja kulutuksen välille sekä mahdollistavat kausivaihteluiden hallinnan. Varastot tukevat mm. jatkojalostusteollisuutta, sillä ne varmistavat tasaisen vedyn saatavuuden myös silloin, kun uusiutuvan sähkön tuotanto vaihtelee. Suomessa vetyvarastoinnin kehitys on vasta alkuvaiheessa, ja potentiaalisia kohteita kartoitetaan esimerkiksi kallioluolien osalta, sillä Suomessa ei ole luonnostaan suolakiviluolaesiintymiä kuten Keski-Euroopassa. Ruotsissa on demonstroitu vedyn varastointia teräsvuoratussa kalliokiviluolassa HYBRIT-hankkeessa¹⁴. Keski-Euroopassa vetyvarastojen kehitys on pidemmällä ja käynnissä on eri kokoluokan vedyn suolakiviluolavarastointihankkeita^{15 16}. Vetyinfrastruktuurin rajasiirtoyhteydet mahdollistavat Keski-Euroopan suolakiviluolavarastojen hyödyntämisen myös Suomessa.

¹⁴ [HYBRIT: Large-scale storage of fossil-free hydrogen gas successfully proven - Hybrit](#)

¹⁵ [HyStock Hydrogen underground storage in Netherlands](#)

¹⁶ [H2CAST Etzel – Making energy transition work. | H2CAST Etzel](#)

3

Selvityksen toteutustapa

Selvitys on toteutettu Gasgridin ja Fingridin yhteistyönä vuoden 2025 aikana perustuen energia-alan kasvutoimikirjauksiin hallituksen puoliväliriihessä keväällä 2025¹⁷. Selvitys käsittelee teollisten vetyinvestointien edellyttämää energiainfrastruktuuria eli arvioidaan tarvittavia investointeja sähkö- ja vetyverkkoon vuosina 2027–2035, jotta Suomi voi hyödyntää täysimääräisesti energiamurroksen tarjoamat mahdollisuudet pitkällä aikavälillä. Selvityksessä tuodaan myös esille arviot sähkö- ja vetyinfrastruktuurin mahdollistamasta talouskasvusta ja työpaikoista. Samalla pyritään tutkimaan sähkö- ja vetyjärjestelmien yhteisoptimoinnin ansiosta joustavaa ja kilpailukykyistä energiajärjestelmää, joka mahdollistaa vetytalouden kasvun.

Selvityksen vaiheet

Selvitys on toteutettu kolmessa vaiheessa:

1. **Skenaariotyö** vetytalouden kehityspolkujen arvioimiseksi perustuen toimintaympäristöön.

Skenaariotyön tavoitteena on hahmottaa pitkän aikavälin kehityspolkuja vetytaloudelle ja luoda näkemys energiajärjestelmän ja toimintaympäristön muutoksesta. Lähtötietoina skenaariotyössä käytetään molempien yritysten hankenäkymiä erityisesti vetytalouden hankkeista sekä Fingridin ja Gasgridin yhdessä määrittämiä TYNDP 2026 -skenaariolukuja¹⁸, jotka pohjimmiltaan perustuvat Fingridin ennusteen¹⁹ korkeampaan kantaverkon suunnittelun pohjalla olevaan skenaarioon. Skenaarioissa on lisäksi huomioitu yhtiöiden yhdessä määrittämiä korkeampia kehityspolkuja vetytalouden kehityksestä tehtävänannon mukaisesti.

2. **Markkinamallinnus** skenaarioissa sähkön ja vedyn siirtotarpeiden tunnistamiseksi.

Skenaarioiden sähkö- ja vetyjärjestelmän markkinamallinnus on tehty Fingridin käyttämällä mallinnustyökalulla²⁰, jotta saadaan kokonaisvaltainen näkemys siitä, minkälaista siirtoinfrastruktuuria teollisten vetyinvestointien edellyttämä energiajärjestelmä vaatii ja kuinka energiajärjestelmää tulisi kehittää pidemmällä aikavälillä. Kehitysnäkymiä tarkastellaan 2030-luvun puolivälistä eteenpäin ja potentiaalia vuonna 2050, jotta vuosien 2027–2035 välillä tehtävät investoinnit palvelisivat Suomen energiajärjestelmää mahdollisimman tehokkaasti koko elinkaarensa aikana tulevana vuosikymmeninä.

3. **Investointien analysointi** sähkö- ja vetyverkkoon tunnistettuihin siirtotarpeisiin vastaamiseksi.

Molemmat yhtiöt ovat myös tehneet yksityiskohtaiset analyysit tarvittavista infrastruktuuri-investoinneista vuosille 2027–2035 skenaarioiden toteutumiseksi. Yhtiöt ovat myös yhdessä arvioineet minkälaisia vetytalouden investointeja, ja kasvua eri skenaarioiden mukainen energiainfrastruktuuri mahdollistaa ja kuinka investoinneilla voidaan luoda edellytykset muille vetytalouden investoinneille

¹⁷ Valtioneuvosto (2025). [Energia-alan kasvutoimikirjaukset hallituksen puoliväliriihessä 2025](#).

¹⁸ TYNDP eli Ten-Year Network Development Plan on ENTSO-E ja ENTSG:n laatima kymmenvuotinen sähkö- ja kaasuinfran kehityssuunnitelma kattaa myös vetyinfrastruktuurin. Sen tavoitteena on tarjota kokonaiskuva Euroopan energiainfrastruktuurin kehitystarpeista. Suunnitelma julkaistaan ja päivitetään kahden vuoden välein. Lisätietoa saatavilla: [ENTSO-E: TYNDP](#)

¹⁹ Fingrid (2025). [Sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymät Q3 2025](#).

²⁰ Fingridin käytössä on AFRY:n kehittämä kaupallinen BID3-markkinamallinnustyökalu, jolla pystytään mallintamaan sähkö- ja vetymarkkinan toimintaa huomioiden sähkö- ja vetyjärjestelmien välinen integraatio. Lisätietoa saatavilla: [AFRY BID3: Power Market Modelling Suite](#).

toteutua Suomeen. Selvityksessä kuvataan myös kuinka suurimmat kansantaloudelliset hyödyt ja kasvu voidaan mahdollistaa energiajärjestelmää kehittämällä.

Selvityksen rajaus

Selvityksessä on mallinnettu sähkö- ja vetymarkkina skenaarioihin perustuen, joissa erityisesti Suomen lähtöoletukset sähkön ja vedyn kysynnästä sekä tuotannosta ovat selvityksen fokuksessa muun Euroopan perustuessa TYNDP 2026 mukaisiin oletuksiin. Selvityksessä ei ole mallinnettu metaanimarkkinaa, mutta skenaarioiden taustaoletuksena kaasukäyttöistä huipputuotantoa on rakennettu lisää Suomeen ja metaania on saatavilla niiden polttoaineeksi sähköjärjestelmän tasapainottamiseksi. Selvityksen skenaarioissa on tehty ajantasaiset alkuoletukset Suomen ja naapurimaiden välisistä sähkön rajasiirtoyhteyksistä. Lisäksi skenaariokohtaisesti on tehty alkuoletus vedynsiirtoinfrastruktuurista, joka kahdessa skenaariossa on maan sisäinen ja yhdessä sisältää myös rajasiirtoyhteydet Ruotsiin ja Keski-Eurooppaan. Skenaarioiden lähtöoletuksista ja mallinnuksesta on lisätietoa selvityksen liitteessä.

Skenaariokohtaisten alku- ja taustaoletusten jälkeen kehitysnäkymiä rakennettaessa mallin on annettu ensin minimoida järjestelmäkustannukset rakentamalla optimaaliset kapasiteetit mm. sähkön ja vedyn tuotantoa annettua kysyntää vasten. Näissä on huomioitu eri tuotantomuodoille asetetut kustannustasot. Mallinnuksen seuraavassa vaiheessa kapasiteettirakennetta on iteroitu tuntitason mallinnuksessa kapasiteetin saamia nettotuloja vasten siten, että investoinnit ovat kannattavia kustannusparametreihin nähden. Rajoituksena kannattavuusvaatimuksesta ovat skenaarioiden alkuoletukset esimerkiksi siirtoinfrastruktuurista ja taustaoletukset mahdollisista tukijärjestelmistä esimerkiksi huippuvoimalle.

Selvityksessä ei ole tarkasteltu skenaariota, joissa vetytalouden kasvu perustuisi pelkkään sähköjärjestelmään. Skenaariokohtaiset taustoitukset nojaavat vetyinfrastruktuurin olemassaoloon ja siihen, että se mahdollistaa laajemmin vetytalouden kasvua Suomessa. Tämä korostuu erityisesti korkeimman kasvun skenaariossa, jossa olennaisena alkuoletuksena ovat vedyn rajasiirtoyhteydet. Tämän vuoksi sähkö- ja vetyinfrastruktuurin välistä kustannusvertailua tai niiden kannattavuus-hyötylaskelmaa ei ole laadittu.

4 Skenaariotyö

Tässä luvussa esitellään selvityksessä laaditut skenaariot investointitarpeiden tunnistamiseksi. Skenaarioissa huomioidaan erityisesti vetytalouden kehityspolku kohti korkeaa kasvua perustuen edellä esitettyyn toimintaympäristöön.

4.1 Skenaariot vetytalouden kasvumahdollisuuksista

Gasgridin ja Fingridin selvityksen tavoitteena on tunnistaa Suomen vetytalouden kasvumahdollisuudet sekä niiden edellyttämät infrastruktuuri-investoinnit. Skenaariot toimivat näkyminä, jotka auttavat ymmärtämään Suomen vetytalouden kehityskaarta sekä sen vaikutuksia energiajärjestelmään ja Suomen talouteen. Skenaarioilla pyritään hahmottamaan energiamurrokseen liittyviä energiajärjestelmän rakenteita ja tarvittavia investointeja. Tavoitteena on hahmottaa, millaiseen toimintaympäristöön varaudumme kehityksellä ja millaisia rakenteita ja ratkaisuja tarvitaan, jotta Suomi voi hyödyntää puhtaan siirtymän mahdollisuudet.

Skenaarioissa tarkastellaan 2030-luvun puolivälistä lähtien vetytalouden kasvumahdollisuuksia ja sen mahdollistamaa potentiaalia vuoteen 2050 mennessä. Suurin vetytalouden kasvu ajoittunee vuosien 2035–2050 välille, mutta infrastruktuuriin liittyviä päätöksiä on tehtävä asteittain vuoteen 2035 mennessä. Tarkastelemalla 2030-luvun kehityspolkuja saadaan energiajärjestelmän investointitarpeet Suomen ja EU:n asettamiin ilmastotavoitteisiin pääsemiseksi. 2030-luvun kehityksen osalta skenaariotyön pohjana käytetään Fingridin viimeisintä ennustetta sähkön tuotannon ja kulutuksen kehitysnäkymistä²¹. Fingrid hyödyntää ennusteen korkeampaa skenaariota sähkön kantaverkon suunnittelun pohjana.

Tarkasteluvuosi 2050 antaa pitkän aikavälin näkymän vetyinfrastruktuurin kehitystarpeista, kun EU:n ilmastoneutraaliustavoitteen mukaisesti uusiutuva vety kattaa noin 10 % EU:n energiantarpeesta. Vuoden 2050 tarkastelussa tukeudutaan ENTSO-E:n ja ENTSG:n TYNDP 2026 -skenaariotyöhön.

Skenaariot on laadittu tukemaan ymmärrystä sähkö- ja vetyinfrastruktuurin investointitarpeista, jotta niistä ei muodostu pullonkaulaa vetyhankkeiden kehitykselle, vaan ne edistäisivät Suomen ja EU:n asettamien tavoitteiden saavuttamista. Skenaarioiden keskiössä ovat vetytalouden ja vetyinfrastruktuurin kehityspolku, sekä vety- ja sähköjärjestelmien välinen sektori-integraatio. Skenaariot nojaavat Suomen erinomaisiin kilpailukykytekijöihin vihreässä siirtymässä, mitkä mahdollistavat merkittävän uuden uusiutuvan energian tuotannon sekä vedyntuotannon ja jatkojalostelaitosten rakentamisen.

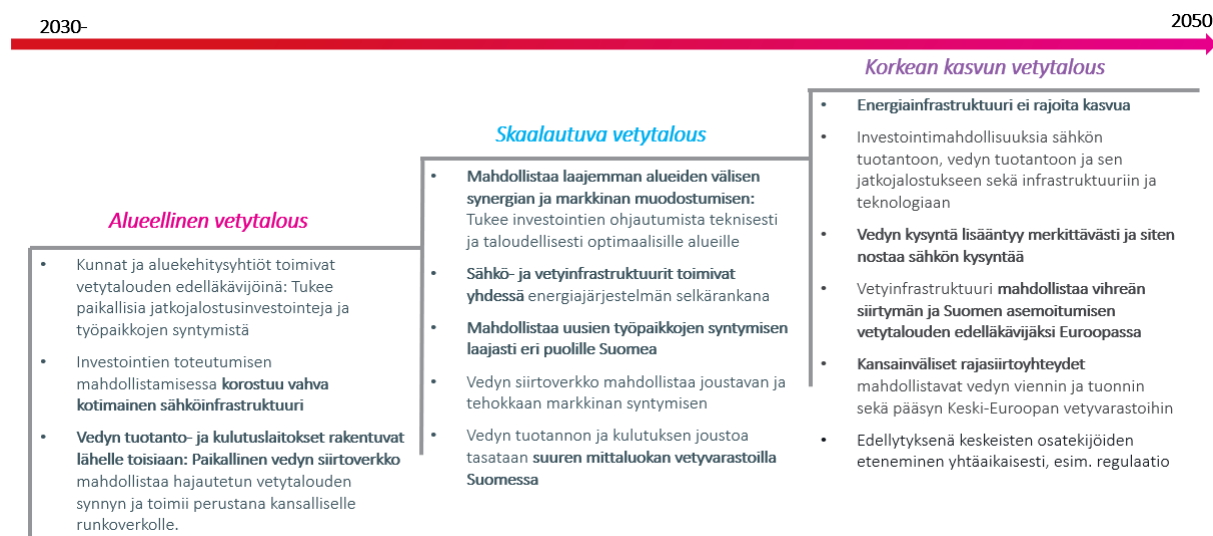
4.2 Kehityspolut 2030-luvun puolivälistä eteenpäin

Skenaariot tarkastelevat kehityspolkuja vetytaloudelle ja vedyn siirtoinfrastruktuurille Suomessa. Vetytalouden kehityspolun vaiheet aikajanalla kohti korkean kasvun vetytaloutta on esitetty Kuva 2. Skenaariot sisältävät vaiheistetusti sekä kansallisen vetyinfrastruktuurin että integroitumisen laajempaan eurooppalaiseen markkinaan muodostuvien vedyn rajasiirtoyhteyksien kautta. Kansallisen

²¹ [sähkön-tuotannon-ja-kulutuksen-kehitysnakymat-q3-2025-fingrid.pdf](#)

ja kansainvälisen vedynsiirtoinfrastruktuurin rakentuminen vaikuttaa merkittävästi koko energiajärjestelmään.

Kaikissa skenaarioissa Suomi saavuttaa hiilineutraaliuden ja puhtaan vedyn tuotanto kasvaa merkittävästi. Sähkön kysyntä lisääntyy vedyntuotannossa, liikenteessä, lämmityksessä ja teollisuudessa fossiilisten ja osaltaan myös biopohjaisten polttoaineiden korvaamisen myötä. Vetytalouden kasvun lisäksi skenaarioissa oletetaan kasvua uusilta sähköintensiivisiltä toimialoilta, kuten akkutehtaista ja datakeskuksista. Skenaarioiden kasvava sähkön kysyntä ajaa investointeja uusiutuvaan sähkön tuotantoon, erityisesti tuuli- ja aurinkovoimaan, mikä lisää myös Suomen energiaomavaraisuutta.



Kuva 2. Vetytalouden kehityspolun vaiheet aikajanalla kohti korkean kasvun vetytaloutta.

Korkean kasvun skenaario edustaa suurinta potentiaalia ja on edellytys, jos Suomi haluaa nousta vetytalouden kärkeksi. Sen määrätietoinen tavoittelu mahdollistaa kehityspolun ja kasvun, mutta sen fyysinen toteutus, laitosten ja infrastruktuurin rakentaminen, voi tapahtua vaiheittain. Uuden sähköverkon ja vetyinfrastruktuurin rakentaminen kestää useita vuosia luvituksesta, maankäytöstä, teknisestä toteutuksesta ja rakennuskyvykkyyksistä sekä toimitusketjujen kapasiteeteista johtuen. Vaiheittaiset kehityspolut kohti korkean kasvun potentiaalia on esitetty skaalautuvan ja alueellisen vetytalouden skenaarioiden kautta. Johdonmukaisen päätöksenteon avulla voidaan varmistaa, että nämä vaiheet johtavat kohti suurimman potentiaalinen toteutumista. Kaikkien kehityspolkujen vaiheiden edellytyksinä on seuraavien perustekijöiden toteutuminen:

- Tuuli- ja aurinkovoimakapasiteetin moninkertaistaminen on mahdollista, jolloin uusiutuvaa sähköä on saatavilla kilpailukykyiseen hintaan
- Sähkö-, vety- ja kaasuverkkojen sekä muiden hankkeiden kehitystä edistää nopeat ja tehokkaat lupaprosessit
- Biogeenistä hiilidioksidia hyödynnetään vedyn jatkojalosteiden tuotannossa
- Infrastruktuurihankkeiden toteutuksen turvallisuusnäkökulmat on varmistettu
- Energiahankkeiden hyväksyttävyyks on korkealla tasolla
- Pääsy suuren kokoluokan vetyvarastoihin
- Regulaatio tukee infrastruktuurihankkeiden rahoitusta

Korkean kasvun vetytalouden skenaarion toteutuminen edellyttää, että kasvun keskeiset osatekijät ja edellytykset etenevät yhtäaikaaisesti. Jos kaikkia osatekijöitä ei saada toteutumaan samanaikaisesti, korkean kasvun konkretisoitumiseen hahmotellut skaalautuva ja alueellinen vetytalous -kehityspolun toimet vaiheina kohti korkean talouskasvun energiajärjestelmää. Näistä kehityspolun vaiheista on edettävä määrätietoisesti ja suunnitelmallisesti kohti korkean kasvun näkymää. Viivästykset tai puolittaiset ratkaisut voivat johtaa siihen, että kansainvälinen kilpailu ohittaa Suomen, investoinnit suuntautuvat muualle ja suurin mahdollinen taloudellinen potentiaali menetetään. Päätöksenteon ja infrastruktuurin kehittämisen on oltava johdonmukaista ja pitkäjänteistä, jotta Suomi voi varmistaa asemansa Euroopan energiasiirtymän edelläkävijänä.

Tavoitetaso: Korkean kasvun vetytalous energiasiirtymän mahdollistajana

Korkean kasvun vetytalouden skenaariossa päästään korkeimpaan talouskasvuun, investointeihin sekä kansantaloudellisiin hyötyihin. Skenaarion nähdään olevan linjassa talouspoliittisen ministerivaliokunnan päätösten kanssa vahvistaa Suomen vetytalouden kehittymistä. Lisäksi skenaarion keskiössä on Euroopan omavaraisuus sekä epävakamman geopoliittisen ympäristön myötä strategisen autonomian ja kansallisen ja eurooppalaisen turvallisuuden tukeminen entistä häiriöisetoisemmalla energiajärjestelmällä, kotimaisella ja eurooppalaisella energia- ja polttoainetuotannolla sekä muilla keskeisillä jatkojalostehyödykkeillä. Sähkö- ja vetyinfrastruktuurit mahdollistavat puhtaan siirtymän, teollisuuden uudistumisen ja energian varastoinnin.

Korkean kasvun vetytalouden skenaariossa sähkön kysyntä kasvaa merkittävästi, edellyttää suuria määriä uusiutuvaa sähköntuotantoa ja korostaa tarvetta strategiselle ja ennakovalle verkon kehittämiselle. Skenaariorissa yhteiskunnan sähköistyminen ja uusiutuvan tuuli- ja aurinkosähkön sekä sillä tuotetun vedyn hyödyntäminen vahvistaa kansallista huoltovarmuutta ja parantaa energiaomavaraisuutta vähentämällä riippuvuutta tuontien energiasta. Rakennettava vetyverkko toimii sekä energiansiirron vaihtoehtoisena väylänä että sähköjärjestelmän joustoelementtinä, joka mahdollistaa optimaalisimman resurssien käytön. Skenaariorin edellyttämien energiansiirtotarpeiden toteuttaminen pelkän sähköinfran avulla vaatisi sähköverkon laajentamista nopeammin kuin nykyiset investointiprosessit mahdollistavat. Ilman vetyinfrastruktuuria tämä saattaisi johtaa esimerkiksi tuotannon ja kulutuksen keinotekoiseen rajoittamiseen. Ilman kokonaisvaltaista lähestymistapaa energiajärjestelmän kehittäminen voi vaarantua teknisesti, taloudellisesti ja aikataulullisesti.

Skenaariorissa Suomi asemoituu vetytalouden edelläkävijäksi Euroopassa houkutellessa investointeja ja osaamista. Suomen energiajärjestelmän laaja kehittyminen tukee vetytalouden kasvua sekä kotimaassa että kansainvälisesti vahvistaen Suomen kansallista kilpailukykyä puhtaan energian ratkaisuiden tuottajana. Energiajärjestelmän nopea kehittyminen luo investointimahdollisuuksia sähkön tuotantoon, vedyn tuotantoon ja sen jatkojalostukseen sekä infrastruktuuriin ja teknologiaan ja samalla mahdollistaa uusien työpaikkojen syntymisen mm. teollisuuteen, palveluihin ja tutkimukseen. Suomen vetytalous mahdollistaa myös vedyn ja sen jalosteiden viennin Euroopan markkinoille, mikä kasvattaa vientituloja ja vahvistaa kansainvälistä yhteistyötä. Kansainväliset yhteydet tukevat järjestelmän skaalautuvuutta, ja painopiste on koko energiajärjestelmän optimoinnissa ja kasvussa, mikä edellyttää tiivistä sähkö- ja vetyinfrastruktuurin yhteiskehittämistä.

Vedyn siirtoinfrastruktuuri luo edellytyksiä alueellisten ekosysteemien syntymiselle, jotka yhdistävät teollisuuden toimijoita, energiantuotantoa ja lisäävät alueellista kehitystä. Esimerkiksi pohjoisen vahva uusiutuvan sähkön tuotanto luo perustan vedyn tuotannolle, jonka ympärille voi kehittyä

jatkojalostusta, kuten synteettisiä polttoaineita ja kemikaaleja, sekä datakeskuksia ja raskasta teollisuutta. Näiden ekosysteemien kautta alueet vahvistavat elinvoimaansa, houkuttelevat investointeja ja luovat työpaikkoja, samalla kun ne tukevat Suomen asemaa vetytalouden edelläkävijänä.

Rajasiirtoyhteydet mahdollistavat vetytalouden vahvan kasvun ja markkinoiden laajentumisen Keski-Eurooppaan ja Ruotsiin. Vetyinfrastruktuuri toimii markkinoiden tasapainottajana tarjoten vedyn vientiä ja tuontia. Vetytalous toimii Suomen talouden kasvun ajurina. Vientivetoinen ja jalostusarvoa luova vetytalous rakentuu vahvan osaamisen sekä toimivan infrastruktuurin varaan. Houkutteleva investointiympäristö saa suomalaiset yritykset investoimaan merkittävästi vetyteknologioihin, tutkimukseen ja tuotekehitykseen, joka mahdollistaa korkeamman jalostusasteen tuotteiden, kuten synteettisten polttoaineiden, ammoniakkin ja metanolin, valmistuksen. Jalostusarvon kasvattaminen luo uusia työpaikkoja eri puolille maata, vahvistaa aluetalouksia ja edistää osaamisen kehittämisen sekä koulutuksessa että tutkimuksessa. Vetyverkoston laajentuessa Suomi voi hyödyntää myös kansainvälisiä markkinoita tehokkaasti, sillä rajat ylittävä vetykauppa vaatii toimivia siirtoyhteyksiä ja varastointiratkaisuja. Rajasiirtoyhteydet mahdollistavat pääsyn Keski-Euroopan vetyvarastoihin, mikä luo mahdollisuuden tasapainottaa energiajärjestelmää- ja markkinoita. Vetyvarastojen rakentaminen luo turvaa ja huoltovarmuutta sekä kotimaiseen että kansainväliseen energiakauppaan. Vahvan vetytalouden luomisen on mahdollistanut rahoitusmahdollisuudet mm. CEF:in kautta.

Skenaario mahdollistaa investointeja²²

- uusiutuvaan sähköntuotantoon: n. 47 GW tuuli- ja aurinkovoimaa eli arviolta n. 56 miljardia euroa
- vedyntuotantoon: n. 14 GW elektrolyysereitä eli arviolta n. 17 miljardia euroa, mahdollistaen esimerkiksi
 - kahden suuren kokoluokan vihreän teräksen tuotantolaitoksen; ja
 - usean kymmenen suuren ja keski-suuren kokoluokan vedyn jatkojalostuslaitoksen (esim. ammoniakki, synteettinen metaani)

Korkean kasvun toteutuminen edellyttää, että perustekijöiden lisäksi toimintaympäristössä toteutuvat seuraavat lähtökohdat:

- Ilmastotavoitteet ja regulaatio edistävät vihreän siirtymän tavoitteita ja vetytalouden kehitystä
- Vedyntuotannosta suuri osa voi sijoittua sähköjärjestelmän näkökulmasta tuotantopainotteiselle alueelle kansallisen vetyinfrastruktuurin mahdollistamana
- Vihreän, kotimaisen teräksen tuotanto-olosuhteiden syntyminen edullisen ja puhtaan energian sekä vahvan infrastruktuurin läheisyyteen
- Suomen energiajärjestelmä integroituu eurooppalaiseen ja Itämeren alueen energiajärjestelmään hyödyntäen tuloja ylijäämävedystä, tukia sekä eri maiden alueilla sijaitsevia vetyvarastoja
- Vedylle on muodostettu kaupallinen markkinapaikka, joka mahdollistaa lyhyen aikavälin kaupankäynnin (SPOT kauppa) sekä pitkän aikavälin hintariskin suojauksen (futuurit sekä pitkäaikaissopimukset)
- Euroopan ja Itämeren alueen maiden omavaraisuus-, huoltovarmuus- ja resilienssitavoitteet on määritetty

²² Vihreän teräksen tuotanto vaatii tyypillisesti 500–1000 MW elektrolyysin nimellistehoja. P2X laitosten elektrolyysierien nimellisteho voi vaihdella esimerkiksi pilot-kokoluokan 20 MW:sta aina 600 MW:iin asti.

Kehityspolun vaiheet kohti korkeimman talouskasvun skenaariota:

Alueellinen vetytalous -skenaario kehityksen käynnistäjänä

Vetytalouden kehitys lähtee liikkeelle alueellisen vetytalouden kautta ja käynnistyy paikallisista aloitteista ja investoinneista, joita tukee alueellinen sähkö- ja vetyinfrastruktura. Skenaariossa vedyn kysyntä on rajallista ja vedyn käyttö sekä jatkojalostus keskittyy paikallisiin vetylaaksoihin samalle teollisuusalueelle tai lähelle vedyn tuotantolaitoksia. Pilotointivaiheesta siirrytään kohti laajempaa vedyn tuotantoa kattamaan kotimaisen vedyn kysyntä. Vetytalouden kehittäminen aluevetoisesti luo edellytykset jatkojalostusinvestoinneille ja työpaikkojen syntymiselle. Kunnat ja aluekehitysyhtiöt toimivat vetytalouden edelläkävijöinä, jotka ohjaavat investointeja ja kaavoitusta vetytalouden tarpeisiin. Alueellinen kehitystyö mahdollistaa kuntien strategisen asemoitumisen osaksi kansallista energiajärjestelmää.

Investointien toteutumisen mahdollistamisessa korostuu vahva kotimainen sähköinfrastruktura. Vetyä tuotetaan siellä missä sitä käytetään, ja energiaa siirretään pitkälti sähköverkon kautta. Maatuloivoiman kapasiteetti on kasvanut, ja sähköverkon vahvistaminen on mahdollistanut vedyn tuotannon ilman merkittäviä pullonkauloja. Paikallinen vedyn siirtoverkko mahdollistaa hajautetun vetytalouden synnyn ja toimii perustana kansalliselle vedyn runkoverkolle. Vetyinfrastruktura lisää energiajärjestelmän joustavuutta erityisesti tilanteissa, joissa uusiutuvan sähkön tuotantoa ei ole saatavilla. Alueellinen kehitys tukee Suomen kilpailukykyä, kun vetytalous rakentuu hajautetusti ja tukee eri alueiden elinvoimaa.

Alueellinen vetytalous luo edellytykset laajemmalle kehitykselle, jossa vetylaaksot voivat kasvaa ja aluetoimijat yhdistyä skaalautuvan vetyinfrastruktuurin avulla. Vetyvarastojen tarve korostuu mm. huoltovarmuus- ja tuotannon sekä kulutuksen tasapainotuksen näkökulmasta. **Talouskasvun näkökulmasta skenaario ei rajoita kehitystä paikallisesti, mutta sen kansallinen vaikutus jää rajatummaksi, jos infrastruktura ei mahdollista laajempaa markkinan muodostumista tai investointien skaalautumista yli alueiden.**

Skenaario mahdollistaa investointeja

- uusiutuvaan sähköntuotantoon: n. 36 GW tuuli- ja aurinkovoimaa eli n. 42 miljardia euroa
- vedyn tuotantoon: n. 5 GW elektrolyysereitä eli n. 6 miljardia euroa, mahdollistaen esimerkiksi
 - suuren kokoluokan vihreän teräksen tuotantolaitoksen; ja
 - usean kymmenen keski-suuren kokoluokan vedyn jatkojalostuslaitoksen (esim. ammoniakki, synteettinen metaani)

Alueellinen kehitys edellyttää, että perustekijöiden lisäksi toimintaympäristössä toteutuvat seuraavat lähtökohdat:

- 1) Eurooppa jää merkittävästi ilmasto- ja omavaraisuustoimien toimeenpanossa
- 2) Vedyn tuotanto- ja kulutuslaitokset sijoittuvat lähelle toisiaan kustannustehokkuuden ja logistiikan optimoimiseksi

- 3) Yksittäisiä hankkeita toteutuu eri puolille Eurooppaa ja myös Suomeen, mutta ei välttämättä markkina- ja teknologianeutraalisti. Suomen vahva energiainfrastruktuuri, etenkin sähkö, on kilpailuetu.
- 4) Jatkojalosteille on muodostunut vahvaa kysyntää sekä Suomessa että globaalilla tasolla. Suomen tulee saavuttaa jatkojalosteteollisuudessa kilpailukykyinen taso verrattuna muihin globaaleihin toimijoihin. Jatkojalosteteollisuuden mandaatit ja kansalliset tavoitteet luovat ennakoitavan toimintaympäristön ja ohjaavat investointeja.
- 5) Pääpaino on olemassa olevien teollisuustoimintojen säilyttämisessä, jossa osittainen päästöjen vähentäminen toteutetaan

Skaalautuva vetytalous -skenaario kohti korkeaa kasvua

Skaalautuva vetytalous mahdollistaa alueellista vetytaloutta laajemman alueiden välisen synergian ja markkinan muodostumisen ja tukee vedyntuotantoinvestointien ohjautumista optimaalisille alueille. Skenaariossa sähkön ja vedyn siirtoinfrastruktuurit toimivat yhdessä energiajärjestelmän selkärankana, mahdollistaen joustavan ja toimitusvarman energiansiirron. Siirtoinfrastruktuurit toimivat strategisena kehitysalustana, jotka ohjaavat investointeja ja mahdollistavat skaalautuvan energiajärjestelmän ja sitä kautta kilpailukykyisemmän vedyn tuotannon ja jatkojalostuksen. Skaalautuva vetytalous mahdollistaa investointeja edistäen myös uusien työpaikkojen syntymistä eri puolille Suomea, sillä vedyn tuotanto ja kulutus eivät ole sidottuja yksittäisiin alueisiin, vaan vedyn siirtoverkko mahdollistaa joustavan ja tehokkaan markkinan syntymisen.

Skenaariossa on oletettu alueellista vetytalouden skenaariota korkeampi kasvu siten, että uudet puhtaan vedyn tuotantoon käytettävät elektrolyysilaitokset sijoittuvat sähköjärjestelmän näkökulmasta tuotantopainotteisille alueille. Tällöin sähkön kantaverkkoa hyödynnetään tehokkaasti alueelliseen energiansiirtoon uusiutuvan sähkön hyödyntämiseksi vedyn tuotantoon elektrolyysissä. Erityisesti länsirannikon alueella sijaitsevat elektrolyysilaitokset voivat hyödyntää paikallista tuulisähköä. Skenaariossa tuotettu vety siirretään kotimaisella vetyinfrastruktuurilla sen käyttö- ja jatkojalostuspaikoille, jotka voivat sijaita eri alueella kuin vedyn tuotanto, esimerkiksi kulutuspainotteisella Etelä-Suomen alueella. Vedyn siirtoverkko yhdistää vedyn tuotantolaitokset suurimpiin kulutuskeskuksiin, kuten teollisuusalueille Etelä-Suomeen ja satamiin vientiä varten.

Skaalautuva vetytalous mahdollistaa kansallisen vetymarkkinan muodostumisen ja tukee laajempaa sektorien välistä integraatiota. Vedyn siirtoverkko yhdistää toimijoita Suomessa ja vahvistaa alueellista yhteistyötä. Skaalautuva vetytalous edistää Suomen siirtymää kohti hiilineutraalia energiajärjestelmää, vahvistaa energian omavaraisuutta ja luo uusia vientimahdollisuuksia vedyn jatkojalosteille. Sähkö- ja vetyverkkoa rakennetaan mahdollistamaan maatuulivoimakapasiteetin kasvu moninkertaiseksi nykyisestä ja vetytaloustoimijoiden keskeiset investoinnit. Vetyverkko tukee lisäksi tulevaisuuden vetymarkkinan kehitystä.

Skenaariossa sähkö- ja vetyjärjestelmän yhteispeli on keskeisessä roolissa. Vedyn tuotanto skenaariossa joustaa uusiutuvan sähkön tuotannon mukaan, tasoittaen tuotannon ja kulutuksen eroja ja vahvistaen koko sähköjärjestelmän joustavuutta. Tämän mahdollistamiseksi vedyn siirtoverkon rinnalle tarvitaan Suomeen pidempiaikaiseen varastointiin erilaisia vedyn varastointiratkaisuja vastaamaan vedyn kysynnän ja tuotannon vaihteluihin. **Skaalautuva vetytalous tarjoaa laajat hyödyt ja mahdollistaa**

investointien ohjautumisen tehokkaasti, mutta ilman vientiin tähtäävää infrastruktuuria sen taloudelliset vaikutukset jäävät keskipitkällä aikavälillä maltillisemmaksi kuin korkean kasvun skenaario.

Skenaario mahdollistaa investointeja

- uusiutuvaan sähköntuotantoon: n. 39 GW tuuli- ja aurinkovoimaa eli n. 47 miljardia euroa
- vedyntuotantoon: n. 9 GW elektrolyysereitä eli n. 12 miljardia euroa, mahdollistaen esimerkiksi
 - suuren kokoluokan vihreän teräksen tuotantolaitoksen; ja
 - usean kymmenen suuren ja keski-suuren kokoluokan vedyn jatkojalostuslaitoksen (esim. ammoniakki, synteettinen metaani)

Skaalautuva vetytalous edellyttää, että perustekijöiden lisäksi toimintaympäristössä toteutuvat seuraavat lähtökohdat:

- 1) Ilmastotoimet toteutuvat keskinkertaisesti
- 2) Jatkojalosteteollisuuden mandaatit ja kansalliset tavoitteet luovat ennakoitavan toimintaympäristön ja ohjaavat investointeja.
- 3) Puhtaiden, kotimaisten vedyn jatkojalosteiden tuotanto-olosuhteiden syntyminen turvataan edullisen ja puhtaan energian sekä vahvan infrastruktuurin läheisyyteen
- 4) Vihreän, kotimaisen teräksen tuotanto-olosuhteiden syntyminen edullisen ja puhtaan energian sekä vahvan infrastruktuurin läheisyyteen
- 5) Suomeen on rakentunut kilpailukykyisiä suuren mittaluokan varastointiratkaisuja vedylle, kuten kalliokiviluolavarastoja tarjoamaan tarvittavaa joustopotentiaalia markkinalle
- 6) Kilpailijamaat eivät saa merkittäviä kilpailuetuja tuista tai vastaavista rakenteista

4.3 Pitkän aikavälin näkymä vuodelle 2050

Vuoteen 2050 tehtiin yksi korkean kasvun mallinnustarkastelu, jossa tarkasteltiin pitkän aikavälin potentiaalinäkymää tilanteessa, jossa vedyn jatkojalostus on noussut Suomen kansantalouden kulmakiveksi. Kehityspolkujen mukaisesti vaiheittain laajentunut energiainfrastruktuuri johtaa vuoteen 2050 mennessä siihen, että vedyn jatkojalostus toimii Suomen talouden uutena peruspilarina, jossa puhdas energia, osaaminen ja rajat ylittävä infrastruktuuri yhdistyvät kilpailukykyiseksi ja työllisyyttä edistäväksi ekosysteemiksi. Investoinnit eivät rajoitu ainoastaan kotimaahan vaan myös kansainväliset toimijat näkevät Suomen vakaana ja houkuttelevana toimintaympäristönä. Suomeen on rakennettu kattava vetyverkko sekä kansainväliset putkiyhteydet Ruotsiin ja Keski-Eurooppaan.

Tässä potentiaalinäkymässä Eurooppa ja Suomi ovat saavuttaneet hiilineutraaliustavoitteensa ja Suomi on vakiinnuttanut asemansa vetytalouden edelläkävijänä Euroopassa. Energiajärjestelmä on kokenut perusteellisen murroksen, ja korkean kasvun skenaario on ollut keskeinen tekijä tämän vision toteutumisessa. Vahva talouskasvu on mahdollistanut mittavat investoinnit puhtaisiin teknologioihin, infrastruktuuriin ja innovaatioihin. Markkina on kasvanut kehittyneen vetyinfrastruktuurin myötä. Suomi ei ainoastaan tuota vetyä, vaan myös vie teknologiaa, osaamista ja jatkojalosteita. Tämä on vahvistanut Suomen asemaa Euroopan energiasiirtymän moottorina ja luonut perustan kestäväälle talouskasvulle, joka tukee hiilineutraaliutta ja kilpailukykyä pitkälle tulevaisuuteen.

Uusiutuvan sähköntuotannon kapasiteetti on moninkertaistunut, ja maatuulivoima muodostaa edelleen sen ytimen. Sähkö- ja vetyinfrastruktuurit tukevat teollisuuden sähköistymistä ja vedyn sekä sen jatkojalosteiden tuotantoa ja hyödyntämistä teollisuudessa. Suomesta on tullut yksi vetytalouden globaaleista kärkimaista. Vety ei ole enää pelkkä energian kantaja, vaan se on strateginen voimavara, joka yhdistää teollisuuden, liikenteen ja energian varastoinnin. Kehittynyt vedyn siirtoinfrastruktuuri kattaa koko maan ja ulottuu rajojen yli Ruotsiin ja laajemmin Eurooppaan vahvistaen huoltovarmuutta ja mahdollistaa joustavan kaupankäynnin. Vedyn rajasiirtoyhteyksien ansiosta Suomi on osa integroitua eurooppalaista vetymarkkinaa, mikä houkuttelee uusia investointeja ja vahvistaa kilpailukykyä. Vetyvarastot ovat vuoteen 2050 mennessä olennainen osa energiajärjestelmän joustoa. Vedyn vientiyhteydet mahdollistavat kansainvälisten vetyvarastojen hyödyntämisen.

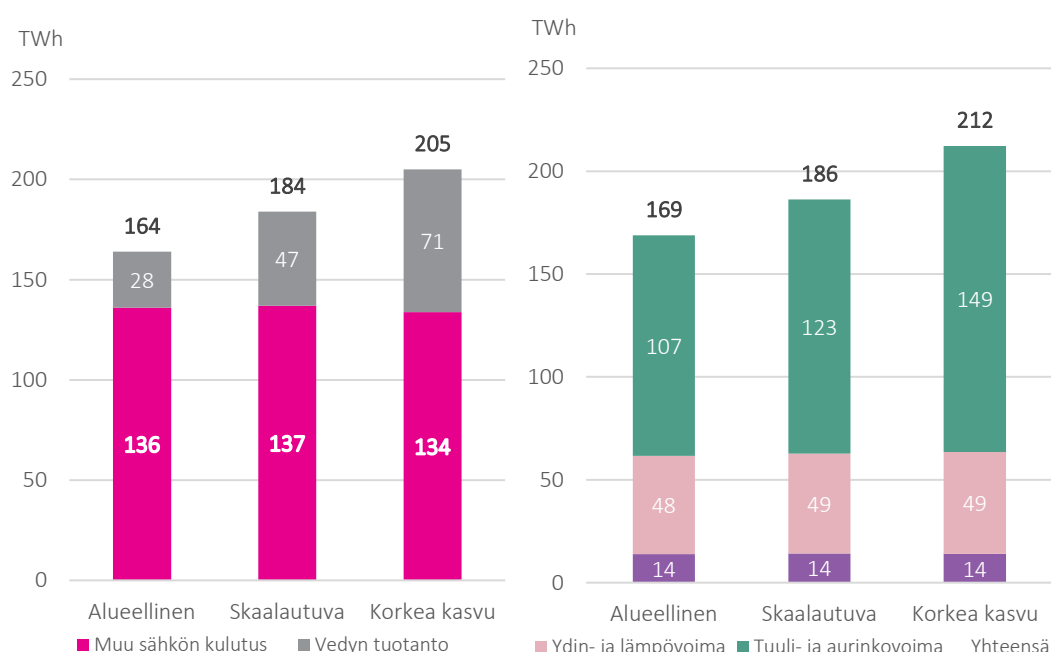
Maltillisemman kasvun vaihtoehtoisia polkuja ei ole mallinnettu. Rajasiirtoyhteydet Ruotsiin ja Keski-Eurooppaan jäävät näissä skenaarioissa rakentamatta, mikä estää markkinoiden avautumisen, vähentää ulkomaisia investointeja sekä rajoittaa teollisuuden laajentumista ja talouskasvua. Ilman laajaa verkottumista ennen vuotta 2050, Suomi voi menettää mahdollisuutensa integroitua eurooppalaiseen vetymarkkinaan saavuttamatta suurinta mahdollista talouskasvun potentiaalia vetytaloudesta.

5 Markkinamallinnuksen tulokset

Tässä luvussa esitellään selvityksessä laaditut skenaariot investointitarpeiden tunnistamiseksi. Skenaarioissa huomioidaan erityisesti vetytalouden mahdolliset kehityspolut perustuen edellä esitettyyn toimintaympäristöön.

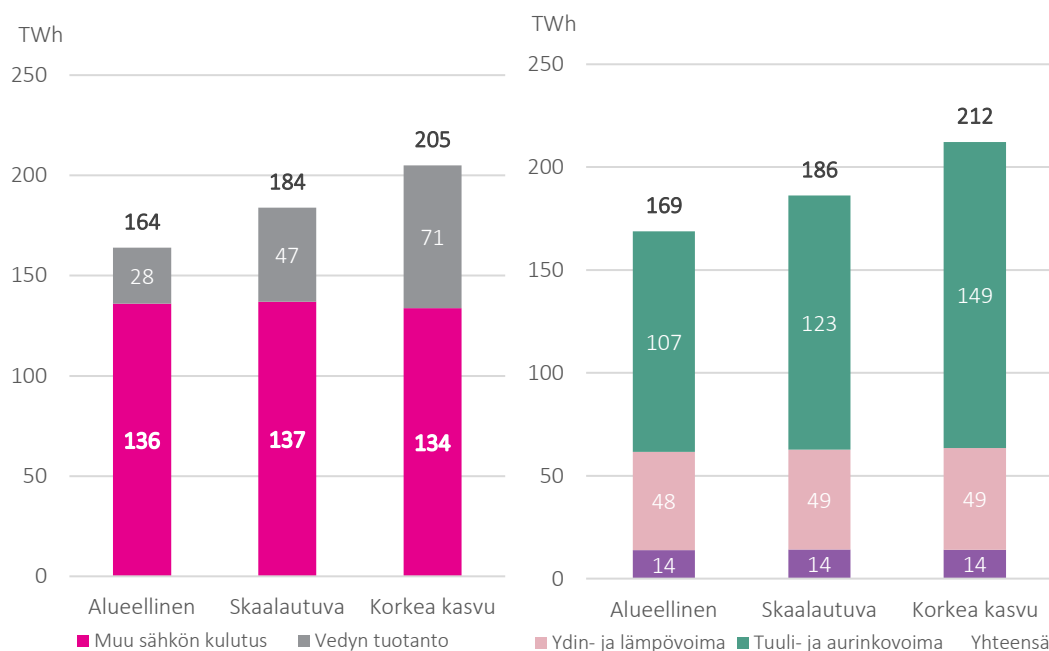
5.1 Skenaariotulokset kehityspolulle

Skenaarioissa sähkön kulutus kasvaa nykytasosta merkittävästi kaikissa vetytalouden kehityspoluissa. Vetytalouden kasvu Suomessa on skenaarioiden yksi keskeisimmistä ajureista sähkön kysynnän ja tuotannon lisääntymiselle.



Kuva 3 mukaisesti jo alueellisessa vetytalouden skenaariossa sähkön kulutus noin kaksinkertaistuu nykytasosta²³. Kasvua tapahtuu erityisesti puhtaan vedyn tuotannosta ja alueellisessa vetytalouden skenaariossa siihen käytetään liki 30 TWh sähköä, mikä vastaa yli kolmasosaa sähkön kulutuksen kasvusta. Skaalautuvassa vetytalouden skenaarioissa vedyn tuotantoon käytetty sähkö kasvaa noin 50 TWh tasolle vastaten liki puolta sähkön kulutuksen kasvusta. Korkean kasvun vetytalouden skenaariossa vedyn tuotantoon käytetään 70 TWh sähköä, mikä vastaa yli puolta kulutuksen kasvusta.

²³ Sähkön kulutus oli noin 85 TWh vuonna 2025. Lähde: Energiatieteellisyys. Sähkön vuosi 2025. Saatavilla: [Sähkötalastot - Energiatieteellisyys](#)



Kuva 3. Sähkön kulutus ja tuotanto skenaarioissa erilaisista vetytalouden kehityspoluista.

Kasvanut sähkön kysyntä ohjaa merkittäviä investointeja uusiutuvaan sähköntuotantoon. Aurinko- ja maatuulivoiman tuotanto on skenaarioissa 107–149 TWh välillä, mikä tarkoittaa kapasiteettina yhteensä noin 30–40 GW maatuulivoimaa ja 14–15 GW aurinkovoimaa. Tämä vastaa suuruudeltaan nykyisen maatuulivoimakapasiteetin kolmin-nelinkertaistamista ja aurinkovoimakapasiteetin moninkertaistamista. Uusiutuvalla sähköntuotannolla mahdollistetaan puhtaan vedyn tuotanto ja sen luomia arvoketjuja, mitkä edistävät Suomen asemaa vihreän siirtymän edelläkävijänä. Uuden uusiutuvan sähköntuotantokapasiteetin rakentaminen on edellytys puhtaan vedyn tuotannon kasvulle. Mikäli uusiutuvan kapasiteetin rakentaminen estyy tai viivästyy, ei myöskään puhtaan vedyn tuotannossa päästä esitettyihin lukemiin.

Elektrolyyserikapasiteetti vaihtelee skenaarioissa 5–14 GW välillä, mikä tarkoittaa vedyn tuotantoon käytettävää sähköä 28–71 TWh ja tuotetun vedyn määrää 20–50 TWh. Näillä mahdollistetaan useita kymmeniä vedyn tuotantolaitoksia.

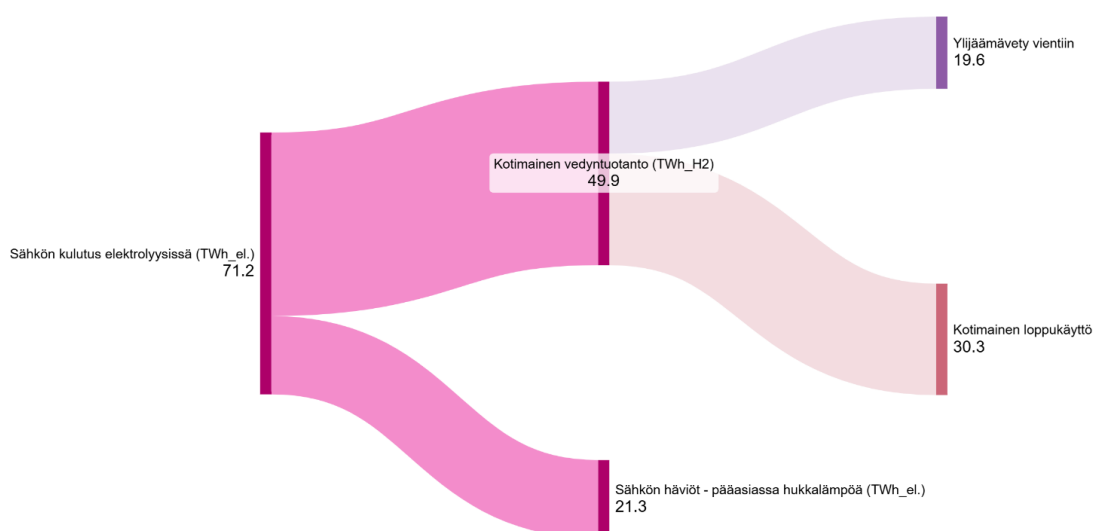
Myös investoinnit vedyn varastointiin nousevat merkittävään rooliin järjestelmän tasapainon kannalta. Vedyn varastoinnin vaihtoehtoja ovat käytännössä tankit sekä maanalaiset päällystetyt kallioluolat (*Lined Rock Caverns, LRC*), mutta myös vetyputkisto itsessään tarjoaa puskurikapasiteettia. Maanalaisten vetyluolien on arvioitu tarjoavan varastokapasiteettia yhteensä viikon ajalle (168 tuntia) ja niiden purku-/täyttöteho on 1,5 GW (alueellisen vetytalouden ja korkean kasvun skenaariot) tai 3 GW (skaalautuvan vetytalouden skenaario). Näin ollen luolat voisivat tarvittaessa varastoida 252–504 GWh edestä energiaa vetynä. Näiden investointien arvo olisi yhteensä 572–1152 miljoonaa euroa.²⁴

²⁴ Oletettu kustannus 384 EUR/kW, tarkemmat kustannuslaskelmat Liite 1

Skenaariossa 3 luolavarastojen käyttö jää hyvin matalaksi, johtuen putkiyhteyksistä ulkomaille: vedyn varastoinnille ei tässä skenaariossa esiinny juurikaan tarvetta, sillä Suomessa tuotetulle vedylle on aina kysyntää joko kotimaassa tai ulkomailla ja tarvittaessa Suomeen voidaan tuoda ulkomaista vetyä. Lisäksi Suomeen rakennettu vetyputkisto itsessään tarjoaa varastokapasiteettia noin 27 GWh edestä, joka vastaa 27 tunnin käyttöä, olettaen 1 GW purku-/täyttöteho. Vedyn varastotankit ovat kolmas ja todennäköisesti teknologisesti kypsien vaihtoehto. Todennäköisesti tankkien rooli olisi lähinnä tuotantolaitosten välivarastoinnissa pikemmin kuin energiamarkkinan tasapainottajina. Vedyn varastoinnilla on merkitystä myös resilienssin näkökulmasta, jotta kotimainen, vetyä jalostava teollisuus ei ole häiriötilanteissa kokonaan tuontivedyn varassa, ja myös vientiin tarkoitettu vety voidaan putkiyhteyksien huolto- ja häiriötilanteissa varastoida tarvittaessa.

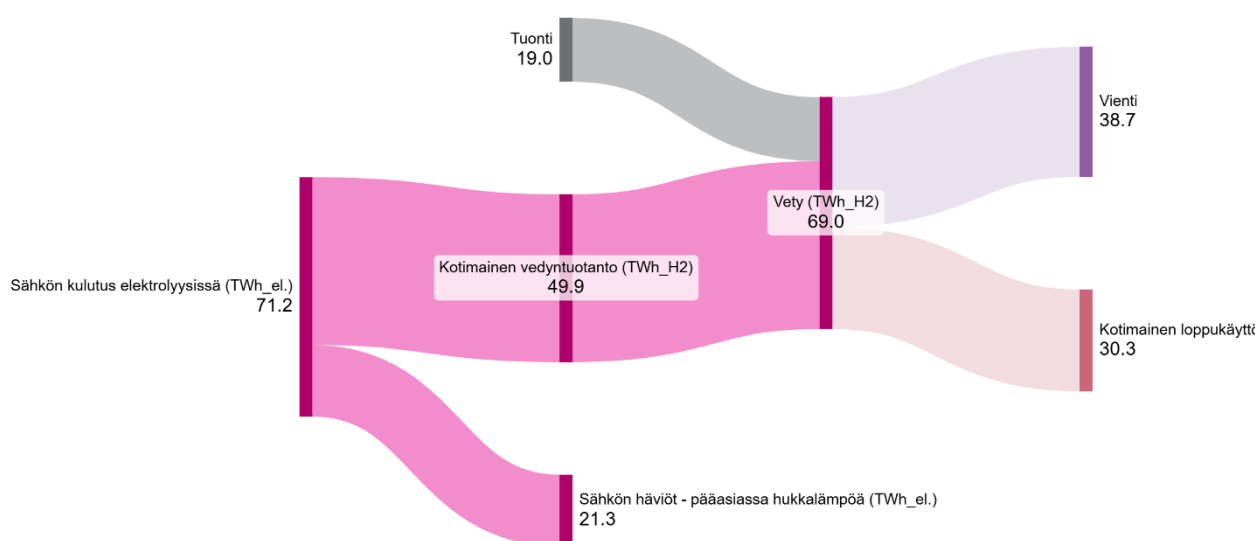
Sähkö- ja vetyjärjestelmän yhteisoptimointi parantaa kustannustehokkuutta, tasapainottaa kulutushuippuja ja luo uusia vientimahdollisuuksia vedyn ja sen johdannaisten osalta. Tämä tukee talouskasvua laajasti, sillä vetytalous synnyttää investointeja teollisuuteen, logistiikkaan ja energiateknologiaan.

Kuva 4 esitetään mallinnustulokset korkean kasvun skenaariolle vedyn energiatasekuvana. Korkean kasvun skenaariossa korostuu vedyn jatkojalostus. Jatkojalostuksen avulla vety voidaan muuntaa korkean lisäarvon tuotteiksi, joita tarvitaan teollisuudessa, liikenteessä ja energiantuotannossa. Tämä monipuolistaa vetyarvoketjua ja mahdollistaa eri sektoreiden integraation, kuten vedyn tuotannon sivutuotteena syntyvän lämmön hyödyntämisen esimerkiksi kaukolämpöverkossa. Suomessa jatkojalostus tukee sekä kotimaan tarpeita että vientiä, ja mahdollistaa investointien ohjautumisen tehokkaasti koko arvoketjuun. Skenaariomallituksen perusteella Suomessa tuotetaan vetyä noin 50 TWh edestä, joka kattaa vedyn kotimaisen kysynnän kokonaisuudessaan. Jatkojalostus edellyttää puhtaan ja edullisen sähkön saatavuutta ja mallituksen perusteella vedyn tuotantoon elektrolyysillä kuluu sähköä hiukan yli 70 TWh, mikä korostaa uusiutuvan sähkön saatavuuden kriittistä merkitystä.



Kuva 4. Vedyn energiatase korkean kasvun mukaisessa skenaariossa 2035.

Suomen kysynnän jälkeen ylijäävä vety voidaan siirtää rajasiirtoyhteyksillä naapurimaihin ja Keski-Eurooppaan, mikä tuo Suomelle monipuolisia hyötyjä (Kuva 5). Kansainväliset rajasiirtoyhteydet vahvistavat järjestelmän joustoa ja mahdollistavat laajemman vetyverkoston sekä markkinan, mikä tasaa tuotanto- ja kulutusvaihteluita sekä alentaa siirtokustannuksia korkeampien siirtokapasiteettien myötä. Vientimahdollisuus mahdollistaa suomalaisten jatkojalostajien korkeamman käyttöasteen ja parantaa investointien kannattavuutta, kun tuotantoa ei tarvitse rajoittaa vain kotimaan tarpeisiin. Lisäksi vedyn vienti vahvistaa energiajärjestelmän joustavuutta ja huoltovarmuutta. Rajasiirtoyhteydet mahdollistavat myös vedyn tuonnin ja varastoinnin Suomen rajojen ulkopuolella, mikä auttaa hallitsemaan vaihtelevaa tuotantoa erilaisissa markkinatilanteissa.



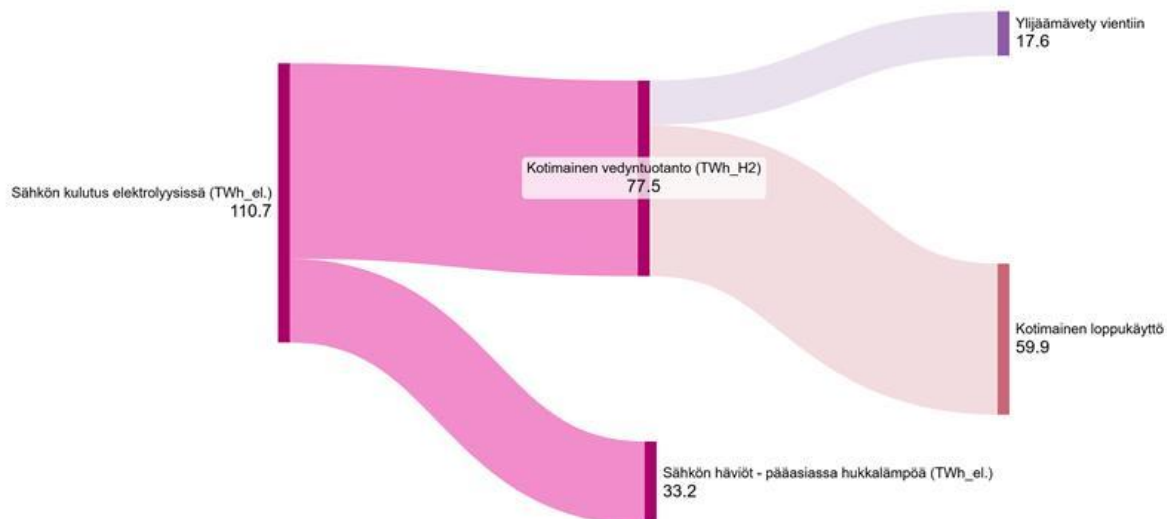
Kuva 5. Vedyn energiatase korkean kasvun mukaisessa skenaariossa huomioiden rajasiirtoyhteyksien potentiaali 2035.

Mikäli vetyinfrastruktuuria voidaan joustavasti laajentaa, syntyy mahdollisuus tasata alueellisia eroja kysynnän ja tuotannon välillä teknistaloudellisesti optimaalisella tavalla. Erityisesti sähköntuotannon painottuminen maatuulivoimaan ja aurinkovoimaan mahdollistaa vedyn tuotannon keskittämisen alueille, joilla uusiutuvan sähkön saatavuus on parasta. Näin voidaan vastata myös kasvaviin teollisuuden tarpeisiin ja vientimahdollisuuksiin, kun logistiikkaa ja varastointia kehitetään rinnalla. Tämä korostaa vetyinfrastruktuurin merkittävyyttä vetytalouden mahdollistajana, siten että vedyn tuotantopaikat saadaan optimoitua ja vetyverkko toimii tehokkaana alustana eri toimijoille. Tämä kuitenkin edellyttää investointeja sekä sähkö- että vetyverkkoihin, jotta tuotannon ja kulutuksen väliset pullonkaulat voidaan poistaa ja markkinat toimivat jouhevasti kansallisesti sekä kansainvälisesti.

5.2 Potentiaali pitkällä aikavälillä

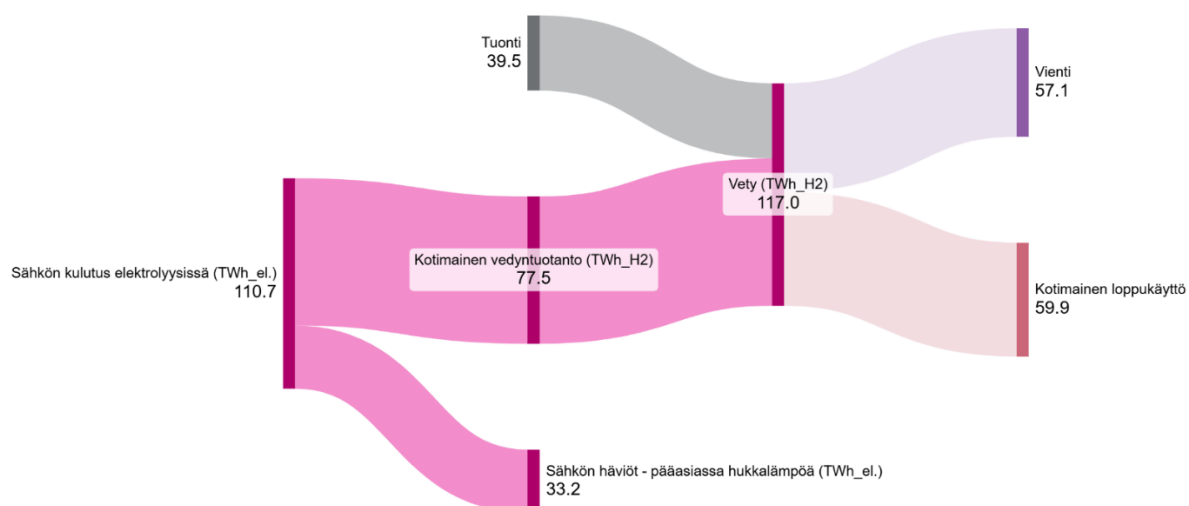
Mallinnusvuoden 2050 tuloksissa vedyn tuotanto ja siirto ovat kasvaneet merkittävästi verrattuna vuoteen 2035 (Kuva 6). Vetyä siirtyy huomattavasti enemmän poikkileikkausten yli, mikä kertoo vetyinfrastruktuurin laajentumisesta ja vetytalouden kasvusta Suomessa. Sähkön siirto pohjoisesta etelään on edelleen merkittävää, mutta vedyn tuotantoa on hajautettu tehokkaammin alueille, joissa

uusiutuvaa sähköä on saatavilla. Tämä mahdollistaa joustavamman ja tehokkaamman resurssien käytön koko maassa.



Kuva 6. Vedyn energiatase vuoden 2050 skenaariossa.

Kansainväliset yhteydet vahvistavat vedyn siirtoa Suomen sisällä ja mahdollistavat markkinatasapainon ylläpitämisen hyödyntämällä eurooppalaisia markkinoita ja vetyvarastoja (Kuva 7). Mallinnustulokset osoittavat, että ilman rajat ylittäviä siirtoyhteyksiä Suomen vetymarkkinoiden tasapainottaminen on haastavampaa erilaisissa markkinatilanteissa, sillä kansainväliset vetyverkot mahdollistavat kahdensuuntaista vedynsiirtoa.



Kuva 7. Vedyn energiatase sisältäen rajasiirtoyhteyksien potentiaalin vuoden 2050 skenaariossa.

Lisäksi mallinnuksen perusteella voidaan todeta, että investoinnit vetyverkkoihin ja sähköinfrastruktuuriin tuottavat hyötyä pitkällä aikavälillä. Teollisuuden kasvava vedyn kysyntä ja vientimahdollisuudet tukevat Suomen asemaa osana eurooppalaista vetytaloutta. Näin ollen

pitkäjänteinen kehittäminen ja yhteistyö eri toimijoiden välillä ovat avainasemassa, jotta Suomi pystyy hyödyntämään vetytalouden tarjoamat mahdollisuudet täysimääräisesti.

6 Investointiympäristö ja tarvittavat investoinnit

Nykyisen markkinatilanteen, jossa Euroopan kilpailukyky sekä toimitusvarmuus ovat keskiössä, voidaan nähdä vahvistavan Suomen asemaa vetytalouden mahdollistajana Euroopassa. Suomen sähkömarkkina pystytään rakentamaan merkittävä määrä uutta kilpailukykyistä maatuuli- ja aurinkovoimaa, jota voidaan jatkojalostaa edelleen vedyksi. Uusiutuvan tuotannon lisärakentaminen, varastointi ja joustava hyödyntäminen elektrolyysissä vedyn tuotantoon, on edellytyksenä Suomen sähkön hintatason pysymiselle kilpailukykyisellä tasolla.

Toisin kuin Keski-Euroopassa, Suomessa pystytään tuottamaan kilpailukykyistä sähköä rakentamalla ja liittämällä verkkoon maatuulivoimaa. Aurinkovoiman osalta Suomella ei ole vastaavaa kilpailuetua, mutta maltillinen määrä aurinkovoimaa yhdistettynä tuulivoiman tasaisempaan sähköntuotantoprofiiliin säilyttää kuitenkin sähkön hinnan kilpailukykyyn. Vedyn ja jatkojalosteiden tuotannon osalta Suomella ei ole suoraan teknologiakustannuksiin pohjautuvaa kilpailuetua, vaan vedyn hinnan osalta kilpailukyky pohjautuu tehokkaasti tuotettuun sähköön sekä uuden sähköntuotannon liitettävyyteen sähköverkkoon. On kuitenkin otettava huomioon, että vetymarkkina on vasta kehittymässä ja kehittymiseen liittyy merkittäviä epävarmuuksia. Lopulta kehityksen nopeus riippuu poliittisesta tahdosta vähentää päästöjä teollisuudessa sekä liikenteessä. Myös Euroopan mahdollinen suunta lisätä energia- ja raaka-aineomavaraisuutta geopoliittisten paineiden hillitsemiseksi voi tukea vetytalouden kehitystä.

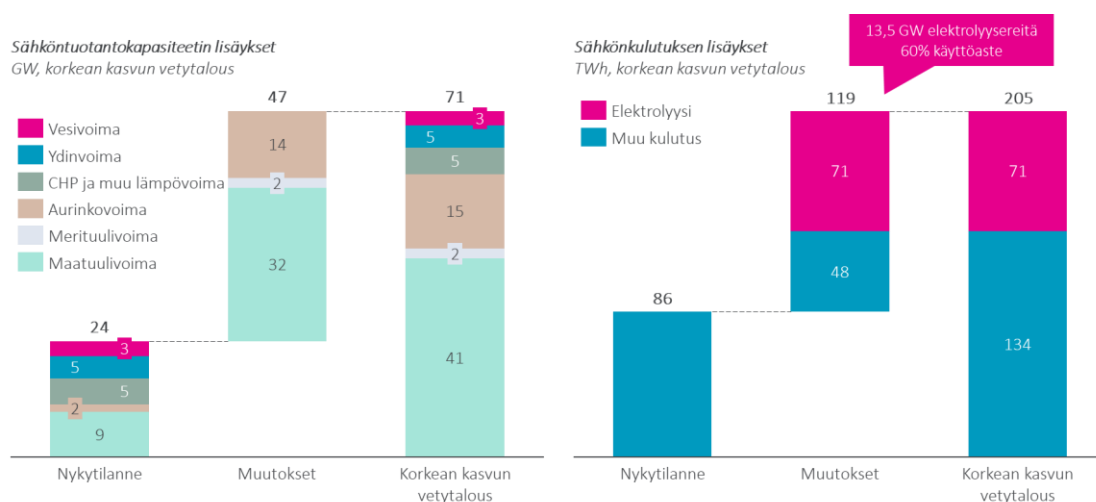
Suomen vetytalouden mahdollisimman suuren kansantaloudellisen potentiaalin saavuttamiseksi on olennaista, miten määrällisesti maksimoidaan uudet investoinnit uusiutuvan sähkön ja vedyn tuotantoon sekä mille lopputuotteelle on suurin vientipotentiaali. Vedyn osalta suurin sekä nopein potentiaali on Keski-Euroopan olemassa oleva vedyn kysyntä. Jatkojalosteiden osalta kysyntää nähdään vihreän teräksen, polttoaineiden sekä kemianteollisuuden saralla, jossa kilpailukenttä on globaali ja merkittäviä lisäinvestointeja tarvitaan Suomeen.

Gasgridin vetyinfrastruktuurin suunnitelmissa on lähtökohtana pidetty neutraalisuus sen suhteen, mitä lopputuotetta viedään ulkomaille ja pyritty mahdollistamaan jatkojalostus Suomessa sekä ylijäämävedyn vienti Keski-Eurooppaan. Ohjaavana periaatteena on maksimoida Suomen vetytalouden koko sekä investoinnit kilpailukykyä tuottavaan uusiutuvan sähköntuotantoon, jotta myös kansantaloudellinen potentiaali maksimoituu. Koska vedyn ja vedyn jatkojalosteiden regulaatioon liittyy merkittävää epävarmuutta ajoituksen sekä sisällön suhteen, eri mahdollisuudet on pyritty pitämään auki. Tästä syystä investointisuunnitelmien pohjana on pidetty korkean kasvun skenaariota, jossa vedyn jatkojalostusteollisuutta syntyy Suomeen ja lisäksi Suomesta viedään Keski-Eurooppaan merkittävä määrä ylijäämävetyä, mikä parantaa kilpailukykyisen energian toimitusvarmuutta Euroopassa. Tällöin vedyn infrastruktuuri ei muodostu pullonkaulaksi vetytalouden investoinneille vaan mahdollistaa merkittävän kansantaloudellisen kasvun Suomessa.

Vedyn vienti sekä jatkojalostus eivät ole toisiaan poissulkevia vaan vedyn vienti mahdollistaa laajan infrastruktuurin rakentamisen Suomeen EU-tukien kautta. Tämä palvelee samalla myös kotimaisen markkinan syntymistä tehokkaasti. Korkean kasvun vetytalouden skenaario kuvastaa sitä tavoitetasoa ja kehityspolkujen tavoitetilaa, jossa Suomeen syntyy merkittävästi uusia investointeja sekä työpaikkoja. Ambitiotaso asettaa infrastruktuurin osalta tavoitetason, joka tulisi mahdollistaa ja jonka

kansantaloudelliset vaikutukset on arvioitu. Alueellinen ja skaalautuva vetytalous skenaariot ovat polkuja, joiden kautta voidaan edetä korkean kasvun vetytalous -skenaarioon.

Korkean kasvun vetytalouden skenaariossa uusia elektrolyysereitä investoidaan noin 14 GW edestä kasvattaen sähkönkulutusta noin 71 TWh vuodessa (Kuva 8). Tämän lisäksi myös muu sähkönkulutus lisääntyy noin 48 TWh edestä datakeskusten, teollisuuden sekä lämmityksen sähköistymisen johdosta. Sähkön kokonaiskulutus kasvaa noin 2,5-kertaiseksi vuoteen 2024 verrattuna. Sähkönkulutuksen kasvuun vastataan rakentamalla merkittävä määrä uutta aurinko- ja tuulivoimaa: tuulivoimakapasiteetti kasvaa noin nelinkertaiseksi ja aurinko noin yhdeksänkertaiseksi. Koko sähköntuotantokapasiteetti kasvaa 46 GW Suomessa, eli noin kolminkertaiseksi suhteessa 2025 vuoden tasoon. Sähköntuotannon kapasiteetti kasvaa suhteessa enemmän kuin sähkönkulutus koska kulutuksen kasvuun vastataan sääriippuvaisella uusiutuvan energian investoinneilla. Tämä kuitenkin johtaa kilpailukykyisimpään sähköjärjestelmään, uusiutuvien matalan tuotantokustannuksen johdosta.



Kuva 8. Sähkön tuotantokapasiteetin lisätarpeet ja sähkön kulutuksen kasvu korkean kasvun vetytalous skenaariossa.

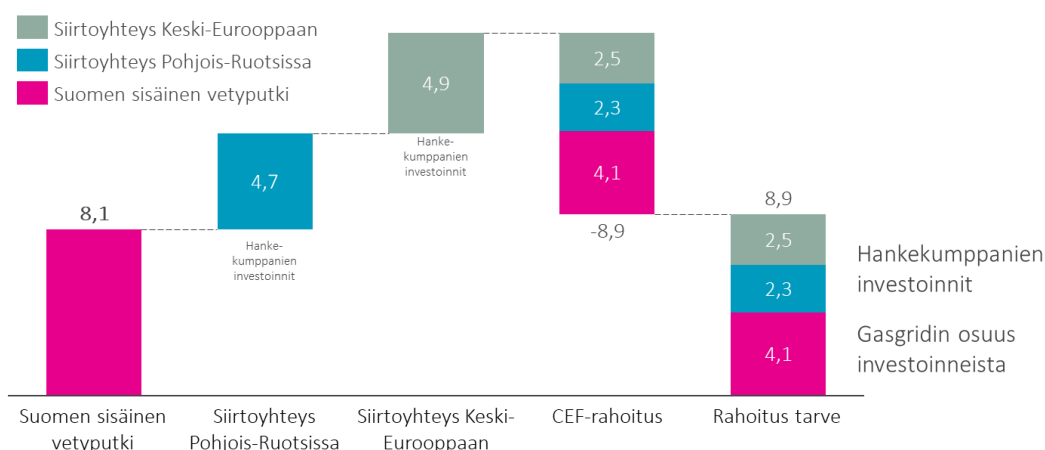
Tehdyt mallinnukset osoittavat, että sähkö- ja vetyjärjestelmien yhteispeli on kriittinen osa tehokkaan energiansiirron ja joustavuuden varmistamiseksi, erityisesti korkean kasvun skenaariossa. Keskeistä on vetyhankkeiden sijainti suhteessa sähkön tuotantoon ja loppukysyntään, vedyn suuren kokoluokan varastointi, sekä vedyn rajasiirtoyhteyksien toteutuminen vientimarkkinoiden avaamiseksi.

Fossiilivapaan vedyn tuotanto on erittäin sähköintensiivistä, ja infrastruktuurien kehittäminen vaatii investointeja ja pitkäjänteisyyttä. Laajamittaisessa teollisessa murroksessa paras ratkaisu on optimoitu sähkö- ja vetyinfrastruktuuri. Tämä mahdollistaa joustavamman ja tehokkaamman energiajärjestelmän, vähentää maankäytön ja ympäristön kuormitusta sekä parantaa huoltovarmuutta. Suurimpien kehitysnäkymien toteutuminen edellyttääkin molempien infrastruktuurien rakentamista ja kehittämistä. Korkean vetytalouden kasvun mahdollistamiseksi on tärkeää varmistaa, etteivät infrastruktuurit muodostu investointien pullonkaulaksi. Näin hankekehittäjät ja teolliset toimijat voivat suunnitella investointejaan luottaen siihen, että palveleva infra ja markkina ovat olemassa investointipäätösten hetkellä.

6.1 Vetyjärjestelmän investoinnit

Jotta elektrolyysihankkeet ja sitä palvelevat investoinnit mahdollistetaan, tarvitaan alustavien arvioiden mukaan noin 8,1 miljardin euron investoinnit Suomen sisäiseen vedynsiirtoinfrastruktuuriin (sisältäen asiakasliittynät, putkihaarat sekä kompressoriasemat) sekä noin 9,6 miljardin euron investoinnit kansainvälisiin vedyn siirtoyhteyksiin Keski-Eurooppaan, Baltiaan sekä Pohjois-Ruotsiin (Kuva 9).

Vetyputkien investointikustannus
Mrd. EUR



Kuva 9. Vetyputken investointikustannukset ja rahoitustarve.

Kustannusarviot ovat alustavia arvioita, sillä hankkeet ovat vasta esiselvitysvaiheessa, ja kustannukset tulevat tarkentumaan, kun hankkeiden kehitys etenee. Lisäksi vedyn siirron teknologia vielä kehittyä, mikä voi vaikuttaa kustannuksiin tulevaisuudessa. Mikäli infrastruktuuria rakennetaan ennakoiden vastaamaan tulevaan vedyn tai sähkön kulutuksen kasvua ennen kuin on vahvaa näkyvyyttä kysynnän kasvulle, infrastruktuurihankkeet altistuvat merkittävälle volyyimiriskille. Koska vetyinfrastruktuurin osalta olemassa oleva asiakaskunta on tällä hetkellä kehittymässä, investointien rahoittamisessa ei pystytä hyödyntämään kypsän markkinan tavoin velkapääomamarkkinoita suuren epävarmuuden takia. Tällöin investoinnit vetyinfrastruktuuriin rahoitetaan alkuvaiheessa joko suoraan valtion toimesta tai valtion takauksia hyödyntäen. Vetyinfrastruktuurin investoinnit todennäköisesti tehtäisiin vaiheistetuksi sen mukaan, miten vedyn kulutuksen odotetaan kehittyvän tulevaisuudessa, jotta riskiä pystytään rajoittamaan. Alkuvaiheen jälkeen markkinan kypsyessä voidaan hyödyntää tyypillisiä infrastruktuurirahoituksen keinoja ja saada tuottoja myös alkuvaiheen investoinneille.

Koska Suomen sisäinen infrastruktuuri on osa kansainvälisiä vedynsiirtoprojekteja, myös Suomen sisäisen runkolinjan rahoittamiseen pystytään käyttämään CEF-rahoitusta. EU:n CEF-rahoitusta pystytään hakemaan maksimissaan 75 % investointikustannuksista. Analyysissä on kuitenkin oletettu 50 % CEF-rahoitus, mutta lopulta tuen määrä riippuu poliittisesta tahdosta panostaa Itämeren alueen sekä Pohjoismaiden vetytalouden kehitykseen EU tasolla, mikä edelleen korostaa Suomen poliittisen tahdon sekä EU vaikuttamisen merkitystä. Jotta rahoitus on mahdollista, tulee Suomen infrastruktuuri rakentaa yhtäaikaaisesti kansainvälisten rajasiirtoyhteyksien kanssa, nykyisen CEF sääntelyn puitteissa. EU-tason keskustelu on kuitenkin aloitettu vaiheistetun infrastruktuuri-investointien mahdollistamisesta CEF kontekstissa. Mikäli Suomen vetyinfrastruktuuri rakennetaan yhdessä kansainvälisten

rajasiirtoyhteyksien kanssa ja CEF rahoitusta saadaan 50 %, Suomen infran rahoitustarve on noin 4,1 miljardia euroa. Mikäli kansainvälisiä yhteyksiä ei rakenneta, Suomen infrastruktuurin kustannus nousee arviolta 8,1 miljardiin euroon. CEF rahoitus ei tee hankkeista kannattavampia vaan laskee loppukäyttäjien maksamaa hintaa vedynsiirrosta ja parantaa etenkin teollisten hankkeiden kilpailukyky markkinan alkuvaiheessa. Lähtökohtaisesti Gasgrid investoi Suomen infrastruktuuriin ja kansanvälisten hankkeiden kumppanit tai projektiyhtiöt investoivat kansainvälisiin siirtoyhteyksiin Suomen rajojen ulkopuolella.

6.2 Sähköverkon investoinnit

Fingrid on nostanut kantaverkon kymmenvuotisen investointisuunnitelman yhteensä 5,2 miljardiin euroon vuoteen 2035 mennessä, josta arvioitua investoinnit lähivuosille 2025–2028 ovat jo 2 miljardia euroa. Tavoitteena on puhdas, varma ja Euroopan kilpailukykyisin sähköjärjestelmä, joka vastaa teollisuuden ja yhteiskunnan kasvavaan sähkönkäyttöön kestävästi ja tehokkaasti. Investointisuunnitelma mahdollistaa teollisuuden sähköistymistä ja uusia sähköintensiivisiä hankkeita, mm. useita vedyn tuotanto- ja jatkojalostushankkeita sekä datakeskuksia, tukee kaukolämmön ja liikenteen sähköistymistä sekä luo edellytykset myös tuotannon ja sähkövarastojen kasvuille. Käytännössä se mahdollistaa kulutuksen ja tuotannon jopa kaksinkertaistumisen 10 vuodessa: yli 30 GW tuulivoimaa, lähes 15 GW aurinkoa ja noin 10 GW uutta teollista sähkönkulutusta.

Fingridin investointisuunnitelma pohjautuu kantaverkon kehittämissuunnitelmaan ja Fingridin verkon suunnitteluskenaarioon seuraavalle kymmenelle vuodelle, jossa Suomen kilpailukyky teollisista hankkeista on erinomaisella tasolla. Tämän selvityksen mukaisissa skenaarioissa on tarkasteltu erilaisia vetytalouden kehityspolkuja 2030-luvun puolivälistä eteenpäin. Selvityksen skenaarioissa vetytalouden kasvu voimistuu 2030-luvulla. Fingrid on verkkomallinnuksen²⁵ avulla analysoinut sähköverkkoon tarvittavia investointeja vetytalouden kasvuskenaarioissa.

Sähköverkon kehitystarpeiden näkökulmasta on erityisen tärkeää huomioida investointien sijainti. Esitetyissä skenaarioissa vedyn tuotanto- ja jatkojalostushankkeita toteutuu laajasti Suomessa. Sähköverkon näkökulmasta suuri osa tiedossa olevista vetyhankkeista sijoittuu valmiiksi tuotantopainotteiselle alueelle, mikä mahdollistaa kantaverkon tehokkaan hyödyntämisen. Tuotantopainotteisilla alueilla, kuten pohjoisella länsirannikolla, on verkon liityntäkapasiteettia hyvin saatavilla kulutuskohteille ja vedyn tuotantoon voidaan hyödyntää saman alueen uusiutuvaa sähköntuotantoa. Lisäksi skenaarioissa tarvittavien sähköntuotantoinvestointien osalta erityisesti maatuulivoiman kehityksen odotetaan painottuvan länsirannikolle ja pohjoisempaan Suomeen huomioiden viimeisin kehitys tuulivoiman etäisyyssääntelyssä²⁶. Sähköverkon kehitystarpeet riippuvat olennaisesti oletuksista tuotannon ja kulutuksen sijainnin suhteen ja sen vuoksi hankkeiden kehitystä seurataan Fingridissä aktiivisesti. Asiakashankkeiden kehityksen myötä Fingrid tekee myös erillisiä päätöksiä investointitarpeista.

Skenaarioissa tunnistetut verkkovahvistukset ovat pitkälti alueellisia ja riippuvat tuotannon ja kulutuksen alueellisesta kehityksestä. Fingrid näkee kymmenvuotisessa kehittämissuunnitelmassaan

²⁵ Lisätietoa verkkomallinnuksen menetelmästä on saatavilla mm. Fingridin visiotyöstä: [Sähköjärjestelmävisio 2040 - Fingrid](#)

²⁶ Tuulivoiman etäisyyssääntelyn minimietäisyys asetettiin 1250 metriin. Lisätietoa: [Hallitukselta linjaus tuulivoiman vähimmäisetäisyyksistä - Valtioneuvosto 28.11.2025](#)

tunnistettujen kantaverkon vahvistusten, erityisesti Keski-Suomen ja Kemi-Oulujoen poikkileikkausten yli, palvelevan hyvin vetytalouden kehitystä. Vuoteen 2035 mennessä Fingridin päivitetyn investointisuunnitelman 5,2 miljardia euroa pitää sisällään noin 3 800 kilometriä 400 kV verkon johtovahvistuksia.

Tämän selvityksen skenaarioiden mukainen vetytalouden kehitys vaatii arviolta noin 200–1000 kilometrin 400 kV verkon lisävahvistukset sähkön kantaverkkoon. Alueellisessa ja skaalautuvan vetytalouden skenaarioissa tarvittavat lisävahvistukset ovat 200–600 kilometrin tasolla ja korkean kasvun vetytalouden skenaariossa 800–1000 kilometriä. Nämä investoinnit ovat riippuvaisia alueellisesta asiakashankkeiden kehityksestä sekä tuotantoon että kulutukseen. Tämän vuoksi läisäinvestointien mahdollista kustannusta ei ole tämän selvityksen yhteydessä arvioitu tarkemmin. Investointien toteutumislajuu ja ajoitus täsmentyvät asiakashankkeiden etenemisen mukaisesti.

Fingrid seuraa aktiivisesti vetytalouden kehitystä niin Euroopassa kuin Suomessa että konkreettisten asiakashankkeiden etenemistä kohti toteutusta. Näiden perusteella Fingrid päivittää jatkuvasti kulutuksen ja tuotannon kehitysnäkymää, joka toimii verkon suunnittelun ja siten kantaverkon investointisuunnitelman pohjana. Sähköverkon ennakoiva kehitys on tärkeää, jotta se mahdollistaa korkeat kasvuskenaariot niin vetytaloudessa kuin laajemmin myös muun yhteiskunnan sähköistymisen ja sähköintensiiviset teollisuusinvestoinnit. Suurten teollisen kokoluokan hankkeiden investointipäätösten tueksi Fingrid on ottanut käyttöön ehdollisen liittymissopimuksen, joka voidaan tehdä aiemmassa vaiheessa vähintään 250 MW:n laajoille ja luvitukseltaan pitkäkestoisille kulutus- ja tuotantohankkeille²⁷. Liittyminen etenee vaiheittain ja suunnitellaan yhdessä asiakkaan kanssa. Fingrid investoi vuosittain merkittävästi liityntöihin ja verkon vahvistuksiin, joita ohjataan ajantasaisilla, alueellisilla kehityksestä riippuvilla verkkosuunnitelmilla.

Fingrid näkee kantaverkon päivitetyn 5,2 miljardin investointisuunnitelman vastaavan tämänhetkiseen näkymään seuraavan 10 vuoden kehityksestä. Toteutuessaan korkeat vetytalouden kasvuskenaariot vaativat kuitenkin läisäinvestointeja 2030-luvulla, mutta tämä on vahvasti riippuvainen myös muusta sähkö- ja energiajärjestelmän kehityksestä ja erityisesti sähkön tuotannon ja kulutuksen alueellisesta kehityksestä. Korkeimpien vetytalouden kasvuskenaarioiden toteutumiselle on erittäin tärkeää, että kantaverkkoa saadaan hyödynnettyä tehokkaasti. Kantaverkon tehokkaaksi hyödyntämiseksi energiajärjestelmässä tulee olla saatavilla laajasti joustoja. Erityisesti sähkön tuotantoa ja kulutusta läisävien investointien sijainnilla on suuri merkitys. Vetyjärjestelmässä on potentiaalia tarjota joustoa myös sähköjärjestelmän tarpeisiin vedyn tuotannon ja vetyvarastojen myötä. Lisäksi korkeissa vetytalouden kehityspoluissa on tärkeää saada ohjattua sähkön ja vedyn tuotantoinvestointeja lähemmäs toisiaan, jotta saavutetaan kustannustehokas energiajärjestelmä.

Arvio kokonaisinvestoinneista energiajärjestelmään sekä kansantalouden vaikutukset

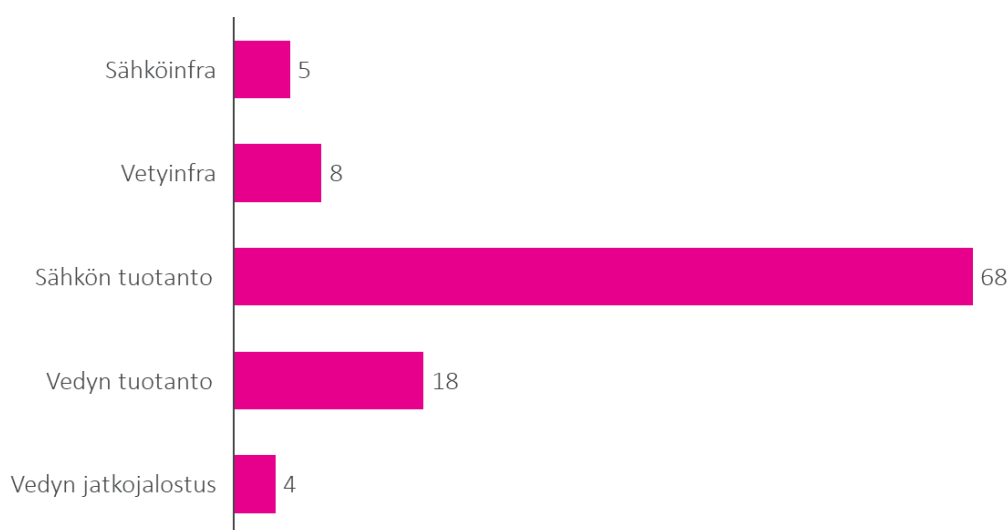
Kokonaisuudessaan investoinnit sähköntuotantoon, sähkönsiirtoon, elektrolyysiin, vedynsiirtoon sekä jatkojalosteisiin on alustavasti arvioitu noin 100 miljardin euron tasolle (Kuva 10). Uusiutuva sähköntuotanto muodostaa investoinneista suurimman osan pitäen sisällään sähköntuotantoinvestoinnit puhtaan vedyn tuotantoa, että muuta teollisuuden ja yhteiskunnan

²⁷ Menetelmää laajennetaan myöhemmin koskemaan myös suuria tuotantohankkeita. Hankkeiden täytyy olla tietyssä vaiheessa ja tarvittavien verkkoinvestointien olla teknis-taloudellisesti toteutettavissa kohtuullisessa aikataulussa.

sähköistymistä varten. Vedyn sekä sähkönsiirron investoinnit perustuvat Fingridin ja Gasgridin tämänhetkiseen arvioon investoinneista sähkö- ja kaasuverkkoon. Sähkön kantaverkon 5,2 miljardin investoinnit perustuvat Fingridin investointisuunnitelmaan vuosille 2026–2035, minkä lisäksi skenaarioissa saatetaan tarvita lisävahvistuksia vetytalouden kehityspolun sekä tuotannon ja kulutuksen alueellisen sijainnin myötä. Sähkön, vedyn ja jatkojalosteiden tuotannon sijoitukset tehdään yksityisten sijoittajien toimesta. Investointien määrät ovat alustavia arvioita, jotka voivat muuttua.

Uudet investoinnit Suomeen

Mrd. EUR, korkean kasvun vetytalous

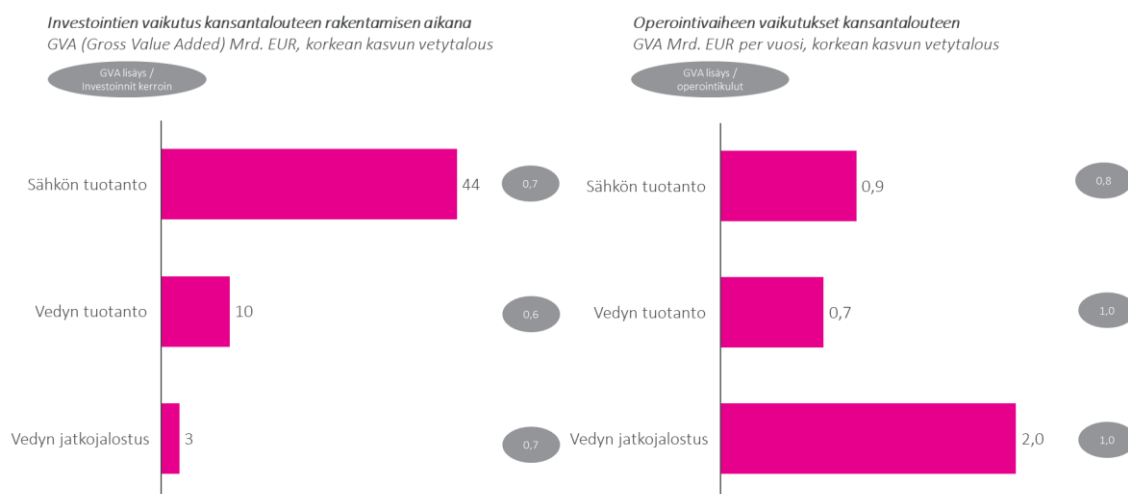


Kuva 10. Uudet investoinnit Suomeen korkean kasvun vetytalousskenaariossa.²⁸

Investointien kansantaloudellinen vaikutus on arvioitu sähkön, vedyn ja jatkojalosteiden tuotannolle (Kuva 11) korkean kasvun vetytalouden skenaariossa. Tämä huomioi sähkön tuotantoinvestoinnit myös muuhun uuteen kulutukseen vastaamiseksi, mutta kansantaloudellista vaikutusta ei ole arvioitu vetytalouden lisäksi muille sektoreille. Sähkön ja vedyn siirtoinfrastruktuurin nähdään mahdollistavan arvoketjun muut investoinnit ja niiden tuoman kansantaloudellisen kasvun. Investointien kansantaloudellinen GVA-lisäys on arvioitu käyttämällä kertoimia (0,6–0,7x) suhteessa investointien määrään eri arvoketjun sektoreilla²⁹. Kertoimet sisältävät sekä suorat että epäsuorat vaikutukset bruttokansantuotteeseen, mutta jäävät alle yhden, sillä investoinneissa käytettävän teknologian (tuuliturbiinit, aurinkopaneelit, elektrolyysarit) on arvioitu tuotavan Suomeen ulkomailta.

²⁸ Jatkojalosteiden investoinnit, BKT vaikutukset sekä henkilötyövuosivaikutukset

²⁹ Kertoimet sekä BKT vaikutukset (kuva 17) perustuvat Gasgridin tilaamaan erillisselvitykseen kansainväliseltä liikkeenjohdon konsultilta. Tässä selvityksessä niitä on sovellettu skenaarioiden mukaisten investointien kansantaloudellisen hyödyn arvioimiseksi, mutta kertoimia ei ole todennettu tai tarkasteltu selvityksen yhteydessä erikseen Fingridin tai Gasgridin toimesta.



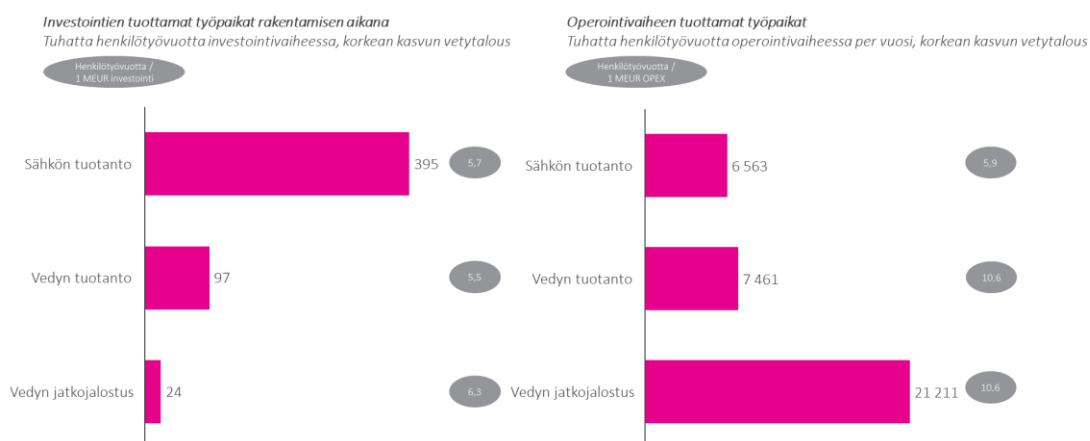
Kuva 11. Sähkön tuotannon ja vetytaloituksen arvoketjuinvestointien arvioitu vaikutus kansantalouteen.

Korkean vetytaloituksen kasvuskenaariossa noin 13 miljardin euron investoinneilla kotimaiseen sähkön ja vedyn siirtoinfrastruktuuriin (kansainvälisiä vedyn siirtoyhteyksiä ei huomioitu 13 miljardissa) voidaan saavuttaa arvoketjun muiden osien rakentamisvaiheessa arviolta noin 57 miljardin euron kansantaloudellinen kasvu Suomessa. Investointivaiheen kansantaloudelliset hyödyt tulevat jakautumaan usealle vuodelle rakentamisen aikana. Esimerkiksi mikäli investoinnit oletetaan rakennettavan 5 vuoden aikana, arvonnäistä syntyy noin 11 miljardia euroa vuodessa. Rakentamisvaiheen jälkeisessä arvoketjun operointivaiheessa kansantaloudelliset vaikutukset on arvioitu vuosittain noin 4 miljardin euron suuruisiksi. Kokonaisuudessaan suurin arvonnäisyys tapahtuu uusiutuvan sähköntuotannon rakentamisesta. Operointivaiheessa elektrolyysin sekä jatkojalosteiden vaikutus korostuu suurempien operointikustannusten sekä korkeamman kotimaisuusasteen johdosta. Vedyn jatkojalosteet eivät ole yhtä pääomaintensiivisiä kuin sähköntuotanto, jolloin jatkojalosteiden osalta operointivaiheen rooli kustannusrakenteessa ja sen tuomissa kansantaloudellisissa hyödyissä korostuu.

Kuva 12 esittää korkean kasvun vetytaloituksen skenaarion mukaisen arvoketjukehityksen arvioidut henkilötyövaikutukset. Investointivaiheen henkilötyövaikutukset on arvioitu käyttämällä investointikertoimia 5,7–6,3 henkilötyövuotta 1 miljoonan euron investointia tai operointikustannusta kohden³⁰. Suorat sekä epäsuorat vaikutukset on huomioitu kertoimissa. Kuten kansantaloudellisen GVA-lisäyksessä myös työpaikkavaikutukset on arvioitu sähkön, vedyn ja jatkojalosteiden tuotannon osalta. Kokonaisuudessaan investointien rakentamisen vaiheessa arvioidaan syntyvän noin 500 000 henkilötyövuotta. Rakentaminen tulee kestämaan usean vuoden ajan, jolloin myös työpaikat jakautuvat usealle vuodelle. Esimerkiksi mikäli investoinnit oletetaan rakennettavan 5 vuoden aikana, työpaikkoja syntyy arviolta 100 000 vuodessa. Merkittävä määrä työpaikkoja voi osoittautua pullonkaulaksi

³⁰ Kertoimet sekä henkilötyövuosivaikutukset (kuva 18) perustuvat Gasgridin tilaamaan erillisselvitykseen kansainväliseltä liikkeenjohdon konsultilta. Tässä selvityksessä niitä on sovellettu skenaarioiden mukaisten investointien kansantaloudellisen hyödyn arvioimiseksi, mutta kertoimia ei ole todennettu tai tarkasteltu selvityksen yhteydessä erikseen Fingridin tai Gasgridin toimesta.

arvoketjun rakentamiselle, mikäli osaavaa työvoimaa ei ole saatavilla. Lisäksi on tärkeää ylläpitää sekä kehittää osaava alihankintaverkosto uusiutuvan sähkön, infrastruktuurin sekä vedyn tuotannon klusterissa, jotta investoinnit ovat toteutettavissa. Operointivaiheen aikana henkilötöyvuosia arvioidaan syntyvän noin 35 000 vuodessa. Myös työpaikkojen osalta vedyn tuotannon sekä jatkojalosteiden merkitys korostuu operointivaiheessa suurempien operointikustannusten johdosta.



Kuva 12. Arvio sähkön tuotannon ja vetytalousen arvoketjuinvestointien tuottamista henkilötyövuosista.

7

Tulosten pohdinta

Kuten Valtioneuvoston periaatepäätöksessä vedystä todetaan *”Johtavan vetytalousmaan asema edellyttää valtiotason kasvustrategiaa sekä mm. päästöttömän sähkön saatavuuden varmistamista sekä tarvittavan infrastruktuurin kehittämistä ja ennen kaikkea teollisuuden merkittäviä investointeja kasvun mahdollistamiseksi.”* Tämän aseman saavuttaminen edellyttää investointeja sähkön ja vedyn siirtoinfrastruktuureihin. Investointien oikea-aikaisuus on ratkaisevaa energiajärjestelmän kehitykselle ja vetytalous kasvu. Sähköverkkoinvestointeja tarvitaan sähkön tarjonnan ja kysynnän kasvaessa, kun vetytalous kehittyy ja teollisuuden sekä yhteiskunnan sähköistyminen etenee. Myös vetynfrastruktuuriin on tärkeää investoida suunnitelmallisesti: aluksi panostukset tulee kohdistaa tunnistettuihin ensimmäisiin toimijoihin ja vetytalous käynnistäjiin, minkä jälkeen markkinan kasvaessa myös vedyn siirtotarve ja laajemmat investoinnit lisääntyvät. Kansainvälisten siirtoyhteyksien osalta on huomioitava, että niiden toteutuksen aikaikkuna on rajallinen – mikäli investointeja ei tehdä oikeaan aikaan, menetetään mahdollisuus asemoitua osaksi eurooppalaista vetymarkkinaa ja hyödyntää kasvavaa vientikysyntää sekä mahdollisia EU-tukia infrastruktuurin rahoittamiseksi. Siksi investointipäätösten tulee olla ennakoivia ja perustua kokonaisvaltaiseen näkemykseen energiajärjestelmän kehitystarpeista.

Vetytalous investointeihin vaikuttaa tällä hetkellä epävarmuus vedyn kysynnän kasvun ajoituksesta Euroopassa. EU-tason regulaatio sekä pakottavat tavoitteet ohjaavat vihreän vedyn sekä sen johdannaisten käyttöä teollisuuden ja liikenteen päästövähennysratkaisuina, mutta nykyinen sääntely ja varsinkin luottamus sen pysyvyyteen ei vielä riitä luomaan riittävää kysyntää, joka mahdollistaisi vedyn kysynnän nopean kasvun ennen vuotta 2030. Näköpiirissä on päästöoikeuksien määrän lasku, jonka uskotaan kiihdyttävän vedyn kysyntää esimerkiksi vihreän teräksen kasvun kautta sekä liikenteen sekoitevelvoitteen lisäys nostaa vetypohjaisten e-polttoaineiden kysyntää. Siitä eteenpäin voimassa oleva sääntely johtaa merkittävään vetytalous kasvuun, ellei velvoitteista tingitä. Nykyinen sääntely ei johda EU:n asettamiin ilmastotavoitteisiin eikä sisällä vielä omavaraisuutta ja resilienssiä lisääviä elementtejä. Nämä tekijät voivat sekä tukea että jopa vahvistaa vetytalous merkittävyyttä.

Samaan aikaan Euroopan globaalin kilpailukyvyyn haasteet luovat painetta sääntelyn täytäntöönpanon mahdollisesti hidastettuun aikatauluun. Siirtyminen vetypohjaiseen teollisuuteen on ainakin alkuvaiheessa kalliimpaa kuin fossiilisten vaihtoehtojen käytön jatkaminen. Tämä luo markkinaa dynamiikan, jossa sääntely luo kysyntää, mutta ainoastaan mikäli vedyn (tai sen johdannaisten) loppuhinta on mahdollisimman matala. Samaan aikaan keskustelu Euroopan energian toimitusvarmuudesta on noussut keskiöön. Vihreä vety on yksi ainoista keinosta tuottaa merkittävä määrä lisää helposti siirrettävää kaasumuotoista energiaa paikallisesti Euroopassa, mikäli tahtotila on vähentää Euroopan riippuvuutta maakaasutuonnista sekä globaalista LNG-markkinasta.

Suomen vetytalous kasvuinvestointien toteutuminen riippuu erityisesti siitä, miten Euroopan Unionin vihreän siirtymän lainsäädännön puitteissa tehtyjä liikenteen (maa-, meri- ja lentoliikenne) sekä teollisuuden puhtaan siirtymän ja täten vedyn ja vetyjohdannaisten käytön velvoitteita toteutetaan niin kansallisella tasolla Suomessa kuin suuremman kysynnän EU-jäsenmaissa. On tärkeää toteuttaa sovitut velvoitteet ja määrittää velvoitetuille osapuolille lainsäädännön puitteissa sovitut seuraamusmaksut, kuten lainsäädännössä on määritelty. Toisaalta kansallisten velvoitteiden ja/tai tavoitteiden asettaminen EU:n minimivelvoitteiden yläpuolelle lisää kiinnostusta investoida kyseiseen maahan.

Suomen kansalliset, EU-lainsäädännön pohjalta tehdyt vedyn tai vetyjohdannaisten käyttövelvoitteet toimivat tärkeänä kannusteena investoinneille vedyn tuotantoon Suomessa. Suomen rajallinen markkina huomioiden suurin osa investoinneista tarkastelee kuitenkin laajempaa EU-markkinaa ja suurista EU jäsenmaista syntyvää kysyntää. Energiansiirron vakaa investointiympäristö ja investointeihin kannustava valvontamalli ovat tarvittavia mahdollistavia tekijöitä. Vakaa siirtoliiketoiminnan regulaatioympäristö mahdollistaa sähkön- ja vedynsiirron investointien pitkäjänteisen kehityksen sekä rahoitettavuuden säilymisen.

Energiajärjestelmien (sähkö, vety, metaani) väliset joustot mahdollistavat kulutushuippujen hallintaa, vähentävät investointiriskejä ja ovat keskeinen tekijä huolto- ja toimitusvarmuuden edistämiseksi. Maiden välinen yhteistyö Itämeren alueella korostuu, sillä rajat ylittävät siirtoverkot ja yhteiset markkinaratkaisut luovat edellytykset laajemmalle vedyn tuotannolle ja markkinalle. Yhteistyö muiden maiden kanssa lisää sekä huoltovarmuutta että vahvistaa Itämeren alueen kilpailukykyä suhteessa muihin Euroopan markkinoihin. Yhteistyöllä voidaan saada aikaan positiivista vaikuttamista EU-regulaation kehitykseen ja edistää Suomen ja muiden Itämeren alueen maiden tavoitteita ja tavoitteiden yhtenäistämistä eurooppalaisten markkinamekanismien ja tukijärjestelmien kanssa.

Hiilidioksidi on olennainen osa vetytalouden arvoketjua, sillä se toimii raaka-aineena synteettisten polttoaineiden, kemikaalien ja materiaalien valmistuksessa yhdessä vedyn kanssa. Jatkojalostevelvoitteet ohjaavat kysyntää ja luovat ennustettavan markkinan, mikä vauhdittaa investointeja ja arvoketjun rakentumista. Parhaillaan selvitetään, kuinka hiilidioksidia voitaisiin tehokkaasti hyödyntää ja kuljettaa. Näiden ratkaisujen kehittäminen on keskeistä, jotta hiilidioksidin saatavuus ja logistiikka tukevat vetytalouden ja jatkojalostusteollisuuden kasvua Suomessa.

Kaikki raportissa esitetyt kasvuskenaariot eivät perustu pelkästään energiansiirtoinfrastruktuurin kehitykseen, vaan edellyttävät toimintaympäristön suotuisaa kehitystä – erityisesti selkeää regulaatiota ja koko arvoketjun muodostumista. Tämän vuoksi energiasektorin yhteinen kasvustrategia on välttämätön, jotta voidaan rakentaa johdonmukainen visio 2050-luvulle. Strategian avulla voidaan luoda ennakoitava sääntely- ja investointiympäristö, yhdistää sähkö- ja vetymarkkinoiden kehitys, vahvistaa arvoketjuja ja markkinamekanismeja sekä varmistaa Suomen asema kansainvälisessä kilpailussa. Nopeilla ja johdonmukaisilla päätöksillä, yhteistyöllä ja pitkäjänteisillä investoinneilla Suomi voi hyödyntää vihreän siirtymän mahdollisuudet täysimääräisesti ja nousta vetytalouden edelläkävijäksi Euroopassa.

8

Johtopäätökset

Suomella on kaikki edellytykset nousta vetytalouden kärkimaaksi Euroopassa, mutta se edellyttää onnistumista monella osa-alueella. Suomella on merkittävä ja kilpailukykyinen puhtaan sähkön tuotantopotentiaali, vahva sähköverkko, tilaa teollisen kokoluokan hankkeille ja vahvaa teknologiaosaamista. Suomella on siis erinomaiset lähtökohdat, mutta Euroopan tasolla tai globaalilla tasolla ei kuitenkaan uniikit. Siksi näiden kilpailukykytekijöiden säilyttäminen ja vahvistaminen on tärkein edellytys kasvulle.

Vahva ja tehokas energiajärjestelmä mahdollistaa etenemisen korkean kasvun polulla. Kotimaisen sähkö-, vety- ja kaasujärjestelmän koordinoitua kehitystä ja vahvaa yhteispeliä tarvitaan puhtaaseen sähkseen perustuvien vetytalouden investointien mahdollistamiseksi ja vaihtelevan uusiutuvan tuotannon hyödyntämiseksi. Toimintaympäristöön liittyvän epävarmuuden johdosta on epätodennäköistä, että korkean kasvun skenaario olisi täysimääräisesti toteutunut jo vuonna 2035. Toisaalta siihen liittyvät investointi-, kehitys- ja rahoitustoimet on saatettu joutua päättämään askeleittain siihen mennessä ja itse fyysinen toteutus jatkuu vaihteittain siitä eteenpäin tulevana vuosina.

Korkean kasvuskenaarion kehityspolku mahdollistaa merkittävät arvoketjuinvestoinnit (90 mrd €) Suomeen sekä bruttokansantuotteen ja työpaikkojen kasvua Suomessa. Skenaario on haastava, mutta se tarkoittaisi investointeina esimerkiksi muutaman suuren kokoluokan vihreän terästehtaan ja useiden kymmenien suuren ja keskisuuren kokoluokan vedyn jatkojalostustehtaan toteutumista Suomeen – tätä vastaavat hankemäärät ovat jo Elinkeinoelämän keskusliiton dataikkunan mukaan suunnitteilla Suomeen. Keskeistä siirtotarpeille on vetyhankkeiden sijainti suhteessa sähkön tuotantoon ja vedyn loppukysyntään Suomessa ja Keski-Euroopassa. Vetyjärjestelmä mahdollistaa myös joustoja vedyn tuotantoon (putkikapasiteetti ja suurien vetyvarastojen liittäminen) ja siten edesauttaa vaihtelevan uusiutuvan tuotannon hyödyntämistä puhtaan vedyn tuotantoon.

Jatkojalosteteollisuuden syntyminen Suomeen edellyttää globaalisti kilpailukykyistä tuotantoa ja tuotteiden logistiikkaa sekä kykyä pärjätä muiden globaalien toimijoiden kanssa kansainvälisessä kilpailussa niin yksittäisten yritysten kuin kilpailukykyisen maakuvan näkökulmasta. Kilpailukykyllä erityisen tärkeää on, että Suomessa voidaan hyödyntää vaihtelevaa uusiutuvaa tuotantoa puhtaan vedyn tuotantoon. Tälle edellytyksenä on vedyn suuren mittakaavan varastointi hyödyntäen kotimaisia, osaksi vetyinfrastruktuuria rakennettavia kalliokiviluolia sekä ulkomaisia suolakiviluolia Keski-Euroopassa vedyn rajasiirtoyhteyksien avulla. Tämän lisäksi Suomen tarpeista ylittävään vedyn vienti voi muodostaa korkean kasvuskenaarion mukaan jopa 7 % Suomen kokonaisviennistä sekä mahdollistaa EU CEF -investointituet infrastruktuurin rakentamiseen.

Korkean kasvun skenaario vaatii sekä vety- että sähköverkkoon merkittäviä investointeja. Sähköverkon tehtävänä on siirtää maan eri osissa sijaitsevaa tuulivoimasähköä länsirannikon vetyverkkoon kytkeytyville elektrolyysereille ja vetyverkon tehtävänä taas siirtää niiden tuottamaa vetyä toimijoiden tarpeisiin. Sähkön kantaverkon päivitetty kymmenvuotinen investointisuunnitelma on 5,2 miljardia euroa, joka vastaa noin 3 800 kilometriä 400 kV johtoinvestointeja vuoteen 2035 mennessä. Skenaarioiden mukainen vetytalouden kasvu vaatii arviolta noin 200–1000 kilometrin lisäinvestoinnit sähkön kantaverkkoon 2030-luvulla. Tarvittavien investointien toteutumislaajuus ja ajoitus riippuvat erityisesti sähkön tuotannon ja kulutuksen kehityksen nopeudesta sekä tulevasta sijainnista. Kansallisen vetyverkon investointi on alustavien arvioiden mukaan noin 8,1 miljardia euroa sisältäen ensimmäisen

vaiheen runkoverkon sekä keskeiset haaraverkon osat. Korkeimman skenaarion mukaiset vedyn putkisiirtoyhteydet ulkomaille vaativat lisäksi arviolta noin 9,6 miljardin lisäinvestoinnit, mitkä tulisivat kansainvälisten kumppaneiden rahoitettavaksi. Mikäli vedyn putkisiirtoyhteydet ulkomaille toteutetaan, voidaan CEF-rahoituksella kattaa korkeintaan 75 % investointikustannuksista sisältäen kansallisen vetyverkon, jolloin Suomen maksuosuus pienenee ja jatkojalostusteollisuuden investointiolosuhteet paranevat.

Kaikki kasvuskenaariot eivät ole pelkästään energiansiirtoinfrastruktuurin kehityksestä kiinni, vaan edellyttävät toimintaympäristön suotuisaa kehitystä mm. regulaatiossa ja muun arvoketjun muodostumista. Regulaation selkeys ja pitkäjänteisyys ratkaisevat investointien etenemisen. Energia- ja ilmastostrategialuonnoksessa³¹ esitetyt linjaukset korostavat puhtaan energian kapasiteetin kasvattamista, teollisuuden sähköistämistä, vedyn ja jatkojalosteiden kotimaisen tuotannon vahvistamista sekä investointiympäristön ennustettavuuden parantamista. Strategian mukaan Suomeen on rakennettava edellytykset laaja-alaiselle puhtaan energian tuotannolle ja sitä hyödyntävälle teollisuudelle — aivan kuten energiajärjestelmävisiossa hahmoteltu kehityspolku edellyttää. Tämän vuoksi tarvittaneen energiasektorin yhteinen kasvustrategia, jotta voidaan rakentaa selkeä visio 2050-luvulle ja varmistaa, että infrastruktuuri, markkina ja sääntely kehittyvät yhtenä kokonaisuutena.

³¹ Valtioneuvosto: Energia- ja ilmastostrategia lausuntokierrokselle

9

Seuraavat askeleet

Skenaarioiden toteutuminen ja investoinnit energiansiirtoon

Fingrid ja Gasgrid jatkavat tiivistä yhteistyötä energiajärjestelmän pitkän aikavälin kehittämiseksi ja kehittävät Suomen energiajärjestelmää vastaamaan yhteiskunnan ja markkinoiden tarpeita. Fingrid ja Gasgrid vaihtavat aktiivisesti tietoa vetytalouden kasvunäkymistä ja asiakashankkeiden investointien etenemisestä asiakastiedon luottamuksellisuus huomioiden, jotta voidaan aktiivisesti seurata minkä skenaarion suuntaan kehitys on menossa. Lisäksi Fingrid käy Gasgridin kanssa säännönmukaisesti läpi kantaverkon kehittämissuunnitelman mukaisia vetytalouden kasvunäkymiä ja investointeja. Fingrid myös ottaa huomioon pidemmän aikavälin visiotyössään vetytalouden kasvunäkymät yhteisesti sovitulla tavalla.

Energiajärjestelmän kasvun mahdollisuudet ja kasvustrategia

Fingrid ja Gasgrid ehdottavat laadittavaksi energiasektorin yhteisen vision ja kasvustrategian vuodelle 2050. Työssä selvitetäisiin yhdessä teollisuuden, ja vastuuministeriön ja muiden keskeisten sidosryhmien ja -tahojen kanssa kotimaisen vetytalouden arvoketjupotentiaali ja regulaation mahdollistama kasvu. Seuraavassa vaiheessa tarvitaan kokonaisenergiajärjestelmän optimointia, jossa tarkastelu laajennetaan sähkö- ja vetyjärjestelmästä kattamaan myös mm. metaani ja hiilidioksidi, jotta energiajärjestelmän roolit, rajapinnat ja investointitarpeet voidaan optimoida. Vetyjärjestelmän ohella kehittyvällä metaanikaasujärjestelmällä on edellytykset tukea kokonaisenergiajärjestelmää ja edistää investointien liitettävyyttä. Yhteinen jatkotyö varmistaa, että Suomi etenee kohti integroitua, joustavaa ja teollisuuden kasvua tukevaa energiajärjestelmää. Lisäksi Fingrid sekä Gasgrid vahvistavat yhteistyötään myös osallistumalla erilaisiin kehityshankkeisiin ja innovaatioekosysteemeihin, kuten ABB:n H2Springboard-ekosysteemiin.

Energiaomavaraisuus ja resilienssi

Energiajärjestelmän kehittämisessä on jatkossakin tärkeää huomioida energiaomavaraisuuden ja huoltovarmuuden näkökulmat. Uusiutuva energia ja vety tukevat Euroopan omavaraisuutta ja vähentävät riippuvuutta fossiilisista tuontipolttoaineista, joiden toimitusvarmuuteen ja saatavuuteen liittyy kasvaneita geopoliittisia riskejä. Raportissa esitetyt skenaariot olettavat toimintaympäristön pysyvän nykyisen kaltaisena tai sitä parempana, eivätkä ota laajemmin huomioon riskiskenaarioita, kuten markkinahäiriöitä, toimitusketjujen katkeamisia tai merkittäviä turvallisuusympäristön muutoksia. Näihin mahdollisiin muutoksiin varautuminen on kuitenkin olennainen osa resilientin energiajärjestelmän suunnittelua. Koska markkinat eivät automaattisesti hinnoittele varautumista, tarvitaan sääntelyn ja yhteiseurooppalaisen yhteistyön vahvistamista, mahdollisesti uudenlaisten markkina- ja hinnoittelumekanismien kehitystä sekä eri toimijoiden välistä hyvää yhteistyötä, jotta energiajärjestelmä säilyy toimintavarmana kaikissa tilanteissa myös tulevaisuudessa. Jatkotyössä on suositeltavaa syventää resilienssinäkökulmaa sekä tiivistää yhteistyötä Suomessa, Itämeren alueella ja Euroopan sisällä, jotta siirtymä puhtaaseen energiajärjestelmään tukee samanaikaisesti omavaraisuutta, varautumista ja yhteistä huoltovarmuutta.

Liite 1: Fingrid

Fingrid Oyj on suomalaisten kantaverkkoyhtiö, joka on vastuussa kantaverkon kehittämisestä ja käytöstä. Fingridin tehtävänä on varmistaa sähköjärjestelmän käyttövarmuus ja kustannustehokkuus sekä edistää puhdasta, markkinaehtoista sähköjärjestelmää. Yhtiö omistaa ja kehittää Suomen sähkönsiirron kantaverkkoa, joka muodostaa sähköjärjestelmän selkärangan ja yhdistää tuotantolaitokset, teollisuuden ja jakeluverkot. Fingrid ylläpitää siirtoyhteyksiä naapurimaihin, tasapainottaa sähköjärjestelmää ja mahdollistaa asiakkaiden liittämisen verkkoon.

Fingridin tavoitteena on turvata asiakkaille ja yhteiskunnalle kustannustehokkaasti varma sähkö sekä kehittää tulevaisuuden puhdasta ja markkinaehtoista sähköjärjestelmää nopeasti muuttuvassa toimintaympäristössä. Suunnittelemalla, rakentamalla ja ylläpitämällä varmasti toimivaa kantaverkkoa sekä kehittämällä asiakasratkaisuja ja sähkömarkkinoita, voidaan luoda alustaa tulevaisuuden puhtaalle sähköjärjestelmälle ja hillitä ilmastomuutosta. Tämän mahdollistamiseksi Fingrid laatii kantaverkon kehittämissuunnitelman seuraavalle kymmenelle vuodelle tarvittavien verkkoinvestointien suunnittelemiseksi ja toteuttamiseksi.

Kantaverkon kehittämissuunnitelma

Fingrid arvioi kantaverkon kehitystarpeita jatkuvana prosessina muuttuvan toimintaympäristön mukana ja laatii niiden pohjalta kantaverkon kehittämissuunnitelman³², jonka tavoitteena on mahdollistaa ilmastotavoitteiden ja hyvinvointia luovien puhdasta sähköä hyödyntävien investointien toteutuminen. Kantaverkon kehittämissuunnitelman laatimisesta säädetään sähkömarkkinalaissa, ja se päivitetään kahden vuoden välein. Kehittämissuunnitelmassa esitetään seuraavalle kymmenelle vuodelle Fingridin keskeiset kantaverkon kehittämistoimenpiteet, joilla täytetään kantaverkon kehittämisvelvollisuus ja kantaverkkotoiminnan laatuvaatimukset.

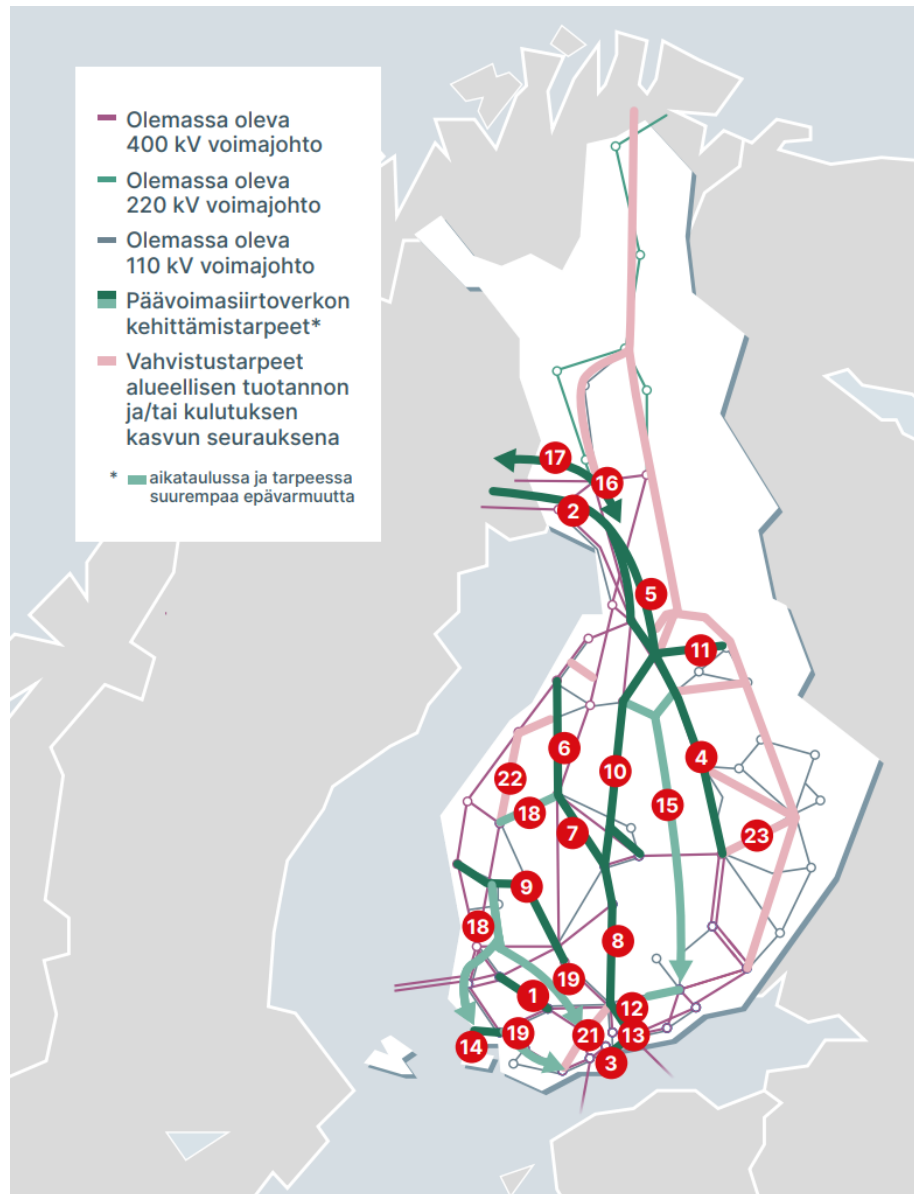
Kantaverkon kehittämissuunnitelma on päivitetty vuosille 2026–2035 ja siihen pohjautuva päivitetty investointisuunnitelma luo edellytyksiä kestäväälle kasvulle. Fingrid on nostonut kantaverkon investointisuunnitelman 5,2 miljardiin euroon vuoteen 2035 mennessä ja kehittää kantaverkkoa siten, että Suomi pystyy vastaamaan teollisuuden sekä yhteiskunnan kasvaviin sähköntarpeisiin kestävästi ja tehokkaasti. Fingridin visiona on puhdas, varma ja Euroopan kilpailukykyisin sähköjärjestelmä.

Kokonaisuudessaan päivitetty investointiohjelma mahdollistaa sähkönkulutuksen ja tuotannon kasvun jopa kaksinkertaisiksi tulevan 10 vuoden aikana. Tämä tarkoittaa arviolta yli 30 GW tuulivoimaa, lähes 15 GW aurinkovoimaa ja noin 10 gigawattia uutta teollista sähkönkulutusta Suomeen. Se mahdollistaa nykyisen teollisuuden sähköistymistä sekä kymmeniä uusia sähköintensiivisiä hankkeita, kuten datakeskuksia, vedyn ja sähköpolttoaineiden tuotantoa sekä muuta teollisuutta. Kantaverkon kehittäminen tukee myös kaukolämmön ja liikenteen sähköistämistä. Myös sähkön tuotannolle ja sähkövarastoille taataan kasvun edellytyksiä.

Tulevaisuudessa sähköntuotanto näyttää Fingridin saamiin liityntäkyselyihin perustuen painottuvan entistä enemmän maan länsi- ja pohjoisosiin, kulutuksen sijoituessa eteläiseen Suomeen. Sähkön siirtäminen Etelä-Suomen kulutuskeskittymiin edellyttää pohjois-eteläsuuntaisten ja länsi-

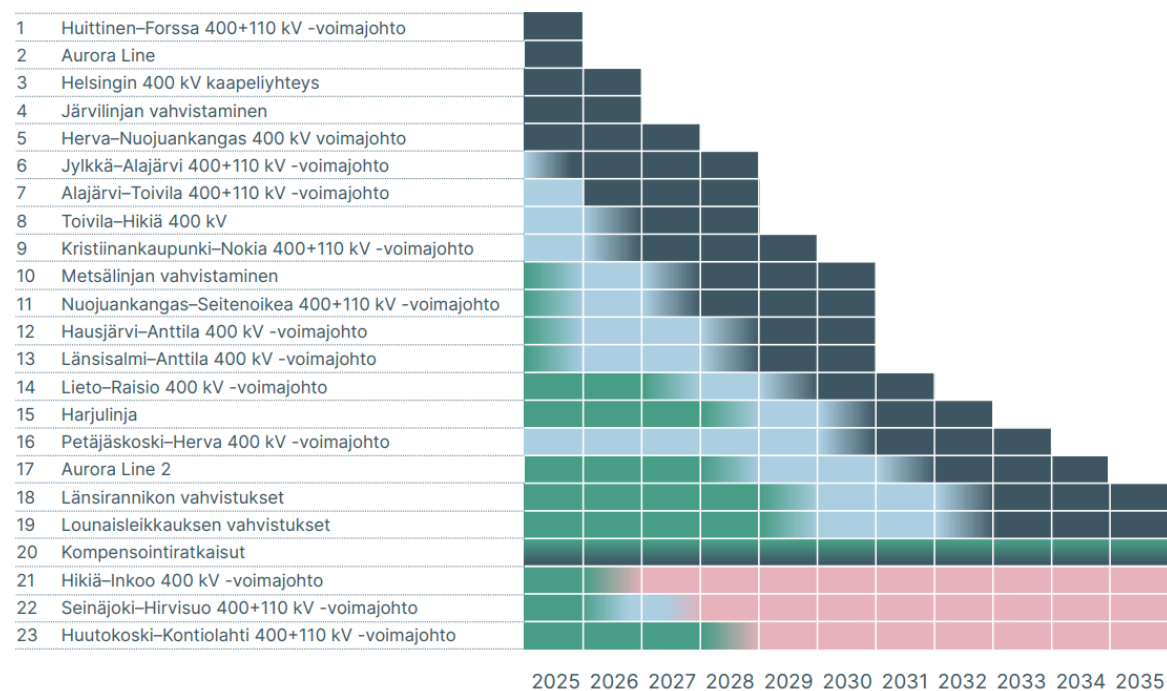
³² Fingrid. Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2026–2035. Joulukuu 2025.

eteläsuuntaisten siirtoyhteysien merkittävää vahvistamista. Kehittämissuunnitelmassa esitetyt valmiudet kantaverkon kehittämiseksi luovat osaltaan edellä kuvattua asiakaskysyntää ja siihen sisältyvien vaihtoehtojen ansiosta investointeja voidaan kohdentaa asiakastarpeiden ja olosuhteiden muutosten mukaan. Kuva 13 esittää päävoimasiirtoverkon kehittämistarpeet vuosille 2026–2035.



Kuva 13. Päävoimasiirtoverkon kehittämistarpeet 2026–2035.

Kuva 14 esittää tarkemmin kantaverkon kehittämishankkeiden aikataulun ja vaiheet. Esitetyt verkon kehittämistarpeet perustuvat viimeisimpiin ennusteisiin ja erilaisiin oletuksiin tulevaisuudesta. Ajan myötä asiakastarpeet ja ennusteet tarkentuvat, jolloin myös verkonvahvistuksien toteutusta ja aikataulua voi olla tarvetta muuttaa. Verkon kehitystarpeiden lisäksi kehittämissuunnitelmassa esitellään tarkemmin Fingridin kantaverkon kehittämisprosessia. Kehittämissuunnitelman liitteenä ovat suunnitelman pohjana olevat ennusteet sähkön kulutuksen ja tuotannon kehitymisestä.



Kuva 14. Päävoimasiirtoverkon hankkeiden aikataulu ja vaiheet.

Esitetyistä vahvistuksista suurin osa on Suomen sisäisiä verkkovahvistuksia. Näiden lisäksi sähkönsiirtoyhteysistä Suomen ja Pohjois-Ruotsin välinen uusi Aurora Line otettiin käyttöön marraskuussa 2025. Seuraava voimajohto Pohjois-Ruotsin välillä, työnimeltään Aurora Line 2, on jo suunnitelmissa, kuten myös kolmas merikaapeli Suomesta Viroon (Estlink 3) sekä uusi merikaapeli Pohjanlahden ali Keski-Ruotsiin (Fenno-Skan 3), joka korvaisi vanhan Fenno-Skan 1 -kaapelin. Toteutuessaan nämä kaikki hankkeet nostaisivat Suomen rajasiirtokapasiteettia lähes 50 % nykyisestä, mahdollistaen siten entistä paremmin Itämeren alueen sähkömarkkinoiden kytkeytymisen yhteen.

Kehittämissuunnitelmaan liittyy suuria epävarmuuksia kulutuksen kasvunopeuteen sekä kulutus- ja tuotantohankkeiden sijoittumiseen liittyen. Esimerkiksi tuulivoiman ja uuden sähköintensiivisen teollisuuden määrällä, maantieteellisellä sijoittumisella sekä yhteiskunnan sähköistymisnopeudella on suuri vaikutus Fingridin investointeihin. Fingrid tekee tiivistä yhteistyötä asiakkaiden kanssa ja valmistautuu mahdollisiin muutoksiin.

Asiakkaiden liittäminen

Fingrid pyrkii mahdollistamaan kaikkien toteutukseen etenevien hankkeiden liittämisen kantaverkkoon ja päivittää aktiivisesti kantaverkon kehittämissuunnitelmaa viimeisimpien tietojen perusteella asiakashankkeista. Verkon vahvistaminen luvitus- ja rakentamisvaiheineen vie kuitenkin vuosia, ja jos hankkeet etenevät nopeammin tai keskittyvät voimakkaasti tietylle alueelle, verkon kapasiteetista voi tulla ajoittaista niukkuutta. Lisäksi yllättävät muutokset sähkön tuotannossa ja kulutuksessa, kuten suuren voimalaitoksen tai teollisuuslaitoksen sulkeminen voi heikentää kapasiteettitilannetta.

Hankkeiden liittäminen kantaverkkoon pyritään mahdollistamaan myös tilanteissa, joissa alueellinen siirtokyky on tilapäisesti niukka. Tällöin hyödynnetään erilaisia joustoratkaisuja, kunnes tarvittavat

verkkovahvistukset valmistuvat. Joustoratkaisujen mahdollisuudet arvioidaan tapauskohtaisesti, ja käytettävissä olevia keinoja voivat olla esimerkiksi verkkosuoja tai tehoraja. Joustoratkaisun edellytyksenä on, että se ei saa vaarantaa kantaverkon, tai muiden alueelle liittyneiden asiakkaiden käyttövarmuutta. Joustoratkaisujen ehdot täsmentyvät uuden sähkömarkkinalain myötä.

Fingrid on ottanut käyttöön perinteisen liittymissopimuksen rinnalle uuden, aikaisemmassa vaiheessa tehtävän ehdollisen liittymissopimuksen. Tämän tavoitteena on tukea ja helpottaa suurten teollisten hankkeiden investointipäätösprosesseja lisäämällä varmuutta verkkoliitännän saatavuuteen. Alkuvaiheessa malli koskee vähintään 250 MW suuruisia laajoja, luvitukseltaan pitkäkestoisia kulutushankkeita, mutta sitä on tarkoitus laajentaa jatkossa myös suuriin tuotantohankkeisiin. Ehdollinen liittymissopimus voidaan tehdä, kun asiakas on saanut perustellun päätelmän hankkeen YVA-menettelystä, ympäristölupaprosessi on käynnistetty, ja asiakas on hankkinut tai vuokrannut hankealueen tontin. Lisäksi asiakasliitynnän edellyttämien verkkoinvestointien tulee olla toteutettavissa teknis-taloudellisesti hyväksyttävällä tavalla ja kohtuullisessa aikataulussa. Ehdollisessa liittymissopimuksessa sovitaan asiakkaan hankkeen liitynnän toteuttamisesta ja sopimusehdoista.

Kantaverkkoon liittyminen etenee vaiheittain ja suunnitellaan hyvissä ajoin yhteistyössä asiakkaan kanssa. Prosessi käynnistyy asiakkaan toimittamien liityntätietojen pohjalta, joiden perusteella arvioidaan liittymismahdollisuudet ja sovitaan liittymistavasta. Suunnitteluvaiheessa asiakkaiden realistiset tehoennusteet ovat erityisen tärkeitä, jotta vaadittavat verkkovahvistukset voidaan aikatauluttaa oikein. Liittymistapaa sovittaessa otetaan huomioon kantaverkon käyttövarmuus, siirtokyky, sähköturvallisuus, ympäristövaikutukset ja kokonaiskustannukset. Yleisissä liittymisehdoissa (YLE) on esitetty kantaverkkoliityntöjä koskevat vaatimukset

Fingrid investoi vuosittain merkittävästi asiakashankkeiden liittämiseksi. Investoinnit sisältävät verkkoliityntöjen lisäksi erilaisia verkon vahvistuksia, kuten uusia päämuuntajia tai voimajohtoja. Verkkoinvestoinnit suunnitellaan yhteistyössä asiakkaiden kanssa vastaamaan viimeisimpiä realistisia tehoennusteita sekä seuraamalla hankkeiden etenemistä. Verkkoinvestointeja hallinnoidaan näihin ennusteisiin pohjautuvilla alueellisilla, jatkuvasti päivittyvillä verkkosuunnitelmilla. Alueen kehittymistä seurataan aktiivisesti ja verkkovahvistuksissa edetään alueen sähkön kulutuksen tai -tuotannon kasvaessa.

Liite 2: Gasgrid

Gasgrid on tulevaisuuden monikaasuyhtiö, joka edistää puhtaan siirtymän ja energiatehokkaan yhteiskunnan toteutumista. Gasgrid vastaa kaasujen siirrosta ja siirtojärjestelmästä Suomessa. Gasgridin verkossa siirretään tällä hetkellä eri lähteistä peräisin olevaa metaania kuten maakaasua, biokaasua ja nesteytettyä maakaasua (LNG). Tulevaisuudessa monikaasualustalla siirretään yhä enemmän uusiutuvia kotimaista kaasua, kuten e-metaania ja vetyä. Lisäksi hiilidioksidin siirto voi olla osana yhtiön toimintaa. Monikaasualusta edistää Suomen talouskasvua, huoltovarmuutta ja energiaitsenäisyyttä ja toimii keskeisenä osana energiajärjestelmää. Monikaasualusta tukee myös päästöttömän sähköntuotannon edellyttämää säätövoimaa.

Metaani- ja LNG-markkinan ja infrastruktuurin kehitys ja operointi

Suomen metaanikaasumarkkina palvelee laajasti teollisuuden toimialaa öljynjalostuksesta metsä- ja terästeollisuuteen. Teollisuuden rinnalla toinen merkittävä käyttösegmentti on energiatuotanto, joka koostuu kaupunkien kaukolämmityksen ohella sähkötuotannosta.

Kaasun käyttövolymit ovat viime vuosina laskeneet, mutta järjestelmän huippukäyttö on säilynyt korkeana erityisesti yhteiskunnallisesti tärkeän kaasu- ja sähköjärjestelmän välisen sektori-integraation vuoksi. Suomen sääriippumattomasta sähkön tuotantokapasiteetista on kaasujärjestelmään kytkettyneenä lähes 10 % vastaten siten noin 1000 MW_e tuotantotehoa.

Olemassa olevaan kaasujärjestelmään voidaan edelleen lisätä maantieteellisesti hajautettua ja nopeasti sekä laajasti säätyvää sääriippumatonta sähkön tuotantokapasiteettia (kaasumoottorivoimalaitos). Voimalaitokset tukevat sähkömarkkinan tehon riittävyden ohella optimaalisesti maantieteellisesti sijoitettuina sähkön siirtoa eteläiseen Suomeen sekä sähköjärjestelmän tasapainon hallintaa yhä nopeammin muuttuvissa tuotanto-olosuhteissa. Kaasujärjestelmällä on edellytykset tukea teollisten investointien, kuten datakeskusten, liittämisen edellytyksiä sähköistämisen hankkeita joko primääri- tai varavoimaratkaisuna.

Suomen kaasuinfrastruktuuri on kehittynyt mittavasti viimeisen kymmenen vuoden kuluessa, jonka aikana olemme onnistuneet irtautumaan täysimääräisesti venäläisen tuontikaasun riippuvuudesta. Kehityksen käynnisti Suomen ja Viron välinen putkiyhteys Balticconnector, joka otettiin käyttöön vuoden 2020 alussa. Balticconnector yhdisti Suomen Baltian kaasujärjestelmään, jossa oli jo tuolloin edellytykset tuoda LNG-kaasua globaaleilta markkinoilta. Vuoden 2022 kesällä toimitukset Venäjältä päättyivät hieman alle vuoden kestäneen epävarmuuden seurauksena; Suomi oli varautunut keskeytymiseen ennakoivasti, mikä mahdollisti Haminan ja Inkoon LNG-terminaalien käyttöönoton pian Imatran toimitusten keskeydyttyä. Perinteisempien putkikaasu- ja LNG-toimitusten rinnalle on alkanut kehittymään kotimainen uusiutuva vaihtoehto, mikä luo edellytykset palvella kaasumarkkinoita myös tulevaisuudessa tukien samalla Suomen hiilineutraaliustavoitteita.

Metaanikaasumarkkina on voimakkaassa kehityksessä, jonka seurauksena uusiutuvien kotimaisten metaanikaasujen (biokaasu ja e-metaani) tuotannon arvioidaan kasvavan merkittävästi. Kehitys voi mahdollistaa sähköntuotannon turvaamisen tarvittaessa myös uusiutuvilla kotimaisilla polttoaineilla, mikä luo energiaomavaraisuutta ja resilienssiä toimintaympäristön eri riskiskenaarioissa. Uusiutuvien potentiaali on myös nykyverkon ulkopuolella merkittävä.

Gasgrid suunnittelee Pirkanmaalla uuden metaanikaasun siirtoverkoston rakentamista. Toteutussuunnitteluvaiheessa oleva hanke koskee 14 kilometrin mittaista siirtoputkea Tampereen ja Kangasalan välille, jolla on tarkoitus yhdistää Tarasteen teollisuusalue eteläisen Suomen kaasun siirtoverkkoon. Lisäksi Gasgrid selvittää kansallisen metaanikaasun siirtoverkon laajentamista Länsi-Suomeen. Alueella kasvaa tarve uusiutuvista energialähteistä tuotetulle maakaasulle, ja selvitykset osoittavat merkittävän syöttöpotentiaalin. Gasgridin tämänhetkisten arvioiden mukaan suunnitellun laajennuksen alueella uusiutuvan kaasun syöttökapasiteetti voisi nousta noin 3–4 terawattituntiin, mikä vastaa 25 prosenttia Suomen nykyisestä kaasun kulutuksesta.

Nykyinen kaasuinfrastruktuuri tarjoaa mahdollisuuden seurata energiamarkkinoiden tulevien vuosien kehityssuuntaa sekä vaihtoehtojen, uusien energiantuotantoteknologioiden kehittymistä. Inkoon LNG-termiinalin tämänhetkinen vuokrasopimus on voimassa vuoden 2032 loppuun asti, mikä tarkoittaa, että infrastruktuurin kehitystarpeet ja -vaihtoehdot tulee tunnistaa ja arvioida jo vuosina 2026–2027. Näin varmistetaan, että kaikki vaihtoehdot ja ratkaisumallit pysyvät avoinna ja päätöksenteko voidaan tehdä ajoissa ennen sopimuskauden päättymistä. Gasgrid toteuttaa vuonna 2026 ensivaiheen arviota Infrastruktuurin kehitysvaihtoehtoista ja mahdollinen etenemispäätös valitun ratkaisun kanssa on luultavasti tarpeen tehdä vuosien 2027–2028 aikana.

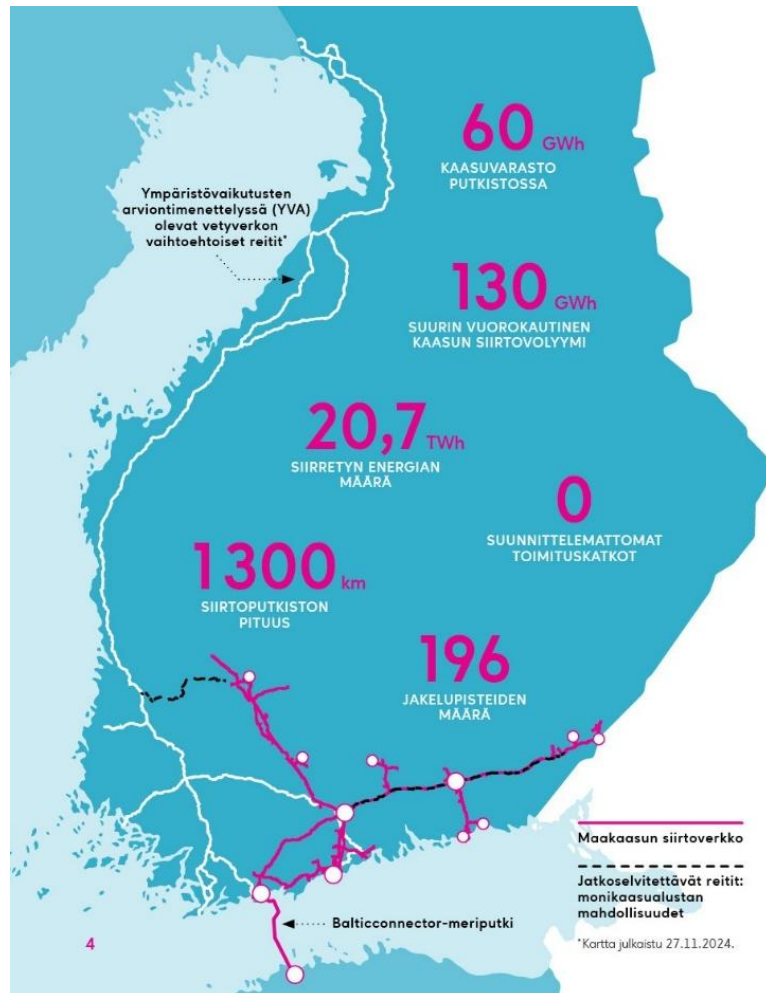
Gasgrid on arvioinut olemassa olevan metaani-infrastruktuurin muuntamisen teknistä toteutettavuutta vedyn siirtoon Suomessa. Arvioinnissa tunnistettiin yhteensä 200 km metaaniverkkoa, joissa on kaksoisputkilinja. Muille osuuksille arviointia ei tehty, koska nykyiselle metaaniverkolle on edelleen tarvetta tulevaisuudessa uuden vetyputki-infrastruktuurin rinnalla. Arvioinnin rajallinen määrä johtuu myös siitä, että nykyinen metaaniverkko on keskittynyt Etelä-Suomen alueelle, kun taas vedyn siirtotarve painottuu länsirannikolle.

Vetyverkon kehitys

Gasgrid Finland Oy on saanut valtiolta tehtäväksi edistää kansallisen vetyverkon, kansainvälisen infrastruktuuriyhteistyön sekä Itämeren alueen vetymarkkinan kehittymistä mahdollisimman nopeasti tavoitteena mahdollisimman korkean jalostusasteen teollisuuden kasvu Suomessa. Tätä tehtävää varten Gasgrid on perustanut Gasgrid vetyverkot Oy -nimisen yhtiön. Gasgridin tavoitteena on valtakunnallinen puhtaan energian kysyntää vastaava vetyinfrastruktuuri sekä avoin vetymarkkina 2030-luvun alkupuolella.

Gasgrid kehittää vetyverkkoa Suomeen asiakkaiden ja yhteiskunnan tarpeisiin mahdollistamaan vetytalouden investointien syntyminen. Vetyverkko yhdistää vedyn tuotannon ja kulutuksen ja tukee sähköjärjestelmää tasapainottamalla kulutusta ja mahdollistaa uusiutuvan energian tehokkaan hyödyntämisen. Vetyverkko on keskeinen osa vihreää siirtymää ja energiajärjestelmän kokonaisratkaisua, tukien erityisesti sektoreita, joille suora sähköistäminen ei ole mahdollista. Rakennettavan vetyinfrastruktuurin avulla mahdollistetaan suurten energiamäärien siirto tiiviisti ja maankäytöllisesti tehokkaasti. Halkaisijaltaan metrin vetyputki maan alle kaivettuna voi siirtää saman verran energiaa kuin 15 suurta voimajohtoa. Suunniteltu vetyverkko ulottuu noin 1 600 kilometriä Tornion länsi-Suomen kautta Porvoon seudulle (Kuva 15). Ilman vaihtoehtoisia reittejä verkon pituus on noin 1 300 kilometriä. Verkon kehitys on perustunut aktiiviseen yhteistyöhön niin tulevien asiakkaiden, hankekehittäjien kuin alueiden kanssa. Gasgrid on huomioinut verkon suunnittelussaan niin mahdollisten tuotanto-, kulutus- ja jatkojalostushankkeiden sijainnin, tuotannon ja kulutuksen yhdistämisen, muun infrastruktuurin kuten tiet, raideyhteydet, satamat, sähköinfrastruktuurin ja

uusiutuvan energian mahdollisten laitosten kuin teollisuusalueiden sijainnin sekä maankäytön ja ympäristönäkökohdat.



Kuva 15. Suomen vetyverkon reittisuunnitelma (valkoinen viiva) sekä olemassa oleva metaaniverkko (punainen viiva). Suunnitelmaan sisältyy vaihtoehtoisia reittejä sekä jatkoselvittettäviä reittejä Tampereelle ja Itä-Suomeen (mustat katkoviivat).

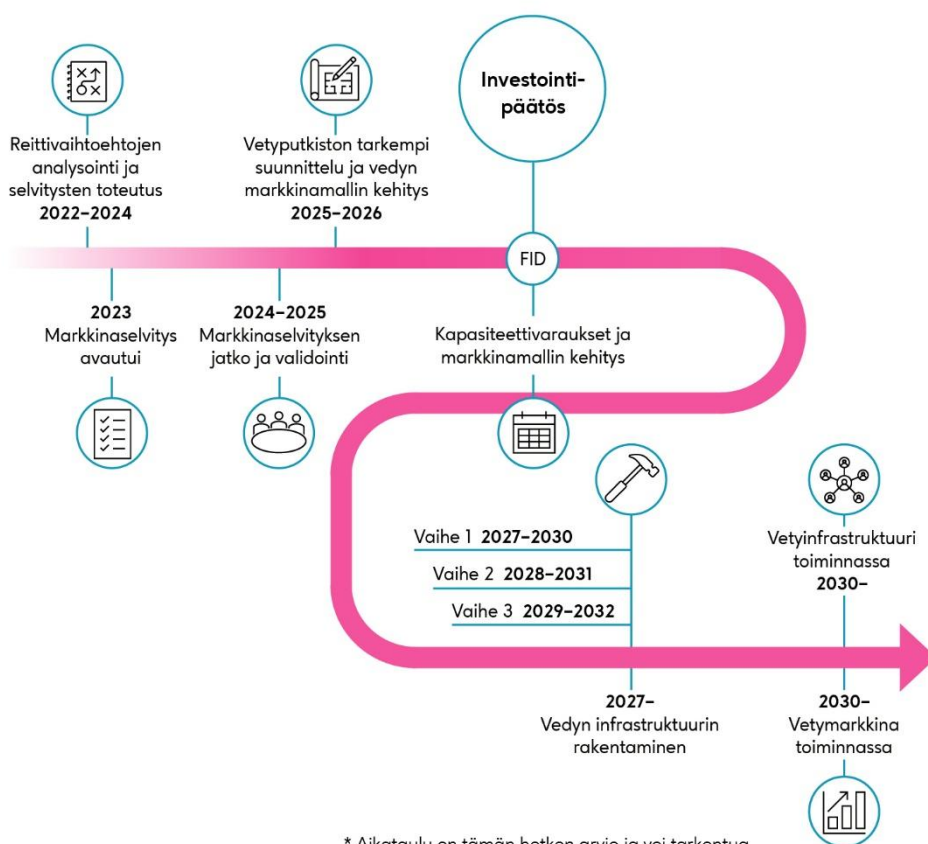
Gasgridillä on parhaillaan käynnissä vetyverkon ympäristövaikutusten arviointi ja alustava tekninen suunnittelu. Vetyverkon reittisuunnitelma päivittyy vaihtoehtoisten reittien osalta mm. käynnissä olevien ympäristövaikutusten arviointien kautta. Vetyputki mahdollistaa alueellisen toiminnan maakunnissa, joissa tuotanto, käyttö ja innovaatiot keskittyvät samoille alueille. Sektoreilla, joilla suora sähköistäminen ei ole mahdollista, vety tarjoaa tehokkaan vaihtoehdon hiilidioksidipäästöjen pienentämiseen. Tällaisia teollisuudenaloja ovat mm. polttoaineiden valmistus ja terästeollisuus.

Putkisto-osuuksia rakennetaan vaiheittain vetymarkkinoiden tulevaan kehitykseen perustuen. Investoinnit vedyn siirtoon oletetaan tehtävän markkinan kasvua ennakoiden, jotta investoinneilla saavutetaan kasvua mahdollistava vaikutus. Investoinnit ajoitetaan kuitenkin hetkeen, jolloin markkina on tarpeeksi kypsä ja vedyn kysynnän kasvu on näköpiirissä, jotta investointien vaikutus vetymarkkinan

käynnistäjänä saavutetaan. Gasgrid suorittaa aktiivisesti laajoja selvityksiä ja arviointoja, jotka tukevat tarkemman rakentamista koskevan aikataulun ennakoimista. Tällä hetkellä tavoitteena on, että kansallinen vedynsiirtoverkko on toiminnassa 2030-luvun alkupuolella. Rakentamisen aikataulu nykyoletuksin esitetään Kuva 16.

HANKKEEN KOKONAISAIKATAULU

Kansallinen veteyverkko rakennetaan vaiheittain*.



* Aikataulu on tämän hetken arvio ja voi tarkentua.

Kuva 16. Kansallisten vetymarkkinoiden ja vedyn siirtoinfrastruktuurin kehittämisen yleisaikataulu. Aikataulu on tämänhetkinen arvio ja sitä voidaan tarkentaa.

On myös otettava huomioon, että vedyn siirron infrastruktuurihankkeiden kehitys on pitkäkestoinen kokonaisuus. Hankkeiden selvitykset, luvittaminen sekä tekninen suunnittelu on usean vuoden prosessi ja mahdolliset CEF-rahoitusprosessit vievät runsaasti aikaa. Gasgrid edistää hankkeiden kehitystä aktiivisesti, jotta hankkeisiin voidaan investoida, kun markkina on saavuttanut tarvittavan kypsyyden. Koska hankekehitys sekä markkinan kehittyminen ovat pitkiä prosesseja, tarvitaan laaja yhteiskunnallinen ja poliittinen hyväksyttävyys sekä investointi- sekä regulaatioympäristön stabiilisuus, jotta yhteisiin hiilidioksidipäästöjen vähentämistavoitteisiin päästään.

Suomen kansallisen vetyverkon rakentaminen pyritään aloittamaan vaiheessa 1 vetylaaksot mahdollistavan infrastruktuurin kautta. Vaiheessa 2 vetylaaksot yhdistetään kansalliseksi infrastruktuuriksi ja vaiheessa 3 toteutetaan kansainväliset rajasiirtoyhteydet. Eri vaiheiden aikataulut tulee riippumaan vetymarkkinan kehityksestä ja toteutus käynnistetään, kun vedyn kysynnän nähdään kehittyvän tasolle, jossa infrastruktuurin rakentaminen mahdollistaa vedyn tuotannon investointeja Suomeen ennakoivasti. Aikataulussa esitetyt vaiheet sopivat myös tässä raportissa esitettyihin skenaarioihin ja kehityspolkuun. Ennakoivat investoinnit vedyn siirtoon mahdollistavat skenaarioissa kuvatut energian tuotannon kasvunäkymät. Huomioitavaa on, että esitetty rakentamisjärjestys voi muuttua, mikäli markkinan kysyntä ja tarpeet muuttuvat.

Suomen vetyverkko osana laajempaa eurooppalaista järjestelmää ja markkinaa

Korkean jalostusasteen teollisuuden investointien ja kansantaloudellisen arvon maksimoimiseksi Gasgrid edistää omistajaohjauksen mukaisesti kansallista vetyinfrastruktuuria, vetylaaksojen kehitystä ja niitä tukevien rajasiirtoinfrastruktuurihankkeiden kehitystä yhteistyössä Itämeren alueen muiden siirtoverkkoyhtiöiden ja infrastruktuurin kehitysyhtiöiden kanssa. Suunnitellut rajasiirtoyhteydet yhdistävät Suomen muihin Euroopan maihin, kuten Ruotsiin (prioriteetti), Baltiaan ja Keski-Eurooppaan, ja mahdollistavat Suomen integroitumisen laajempaan eurooppalaiseen vetymarkkinaan parantaen korkean jalostusasteen teollisuuden investointiolosuhteita Suomessa lisäten kaupankäyntimahdollisuuksia ja yhteistyötä. Rajasiirtoyhteyshankkeiden tarkoituksena on luoda erinomaiset investointiedellytykset puhtaalle sähkölle, vedylle ja vedyn jatkojalostuslaitoksille sekä niihin liittyvälle teknologia- ja palvelusektorin kehittymiselle. Kansainväliset yhteydet mahdollistavat pääsyn myös Keski-Euroopan vetyvarastoihin, mikä omalta osaltaan vähentää sähkön ja energian hintavolatiliteettia.

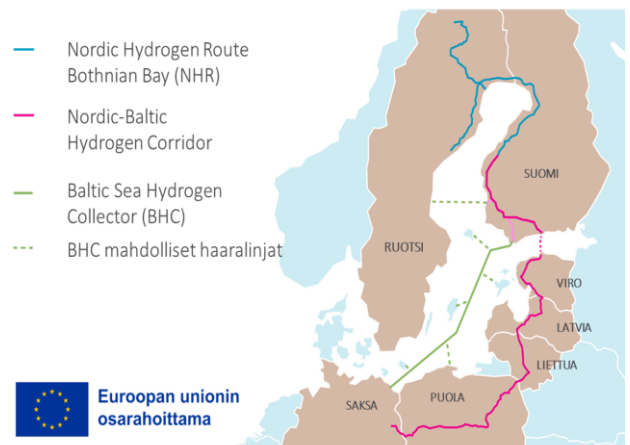
Gasgrid tekee yhteistyötä Itämeren alueen muiden siirtoverkko- ja infrastruktuurin kehitysyhtiöiden kanssa kolmessa hankkeessa (Kuva 17), jotka ovat kaikki saaneet Euroopan yhteisen edun mukaisten energiainfrastruktuurihankkeiden statuksen (Project of Common Interest, PCI). PCI-hankkeilla edistetään EU-maiden rajat ylittävien tärkeiden energiainfrastruktuurien rakentamista ja niistä päätetään Euroopan komission ja jäsenvaltioiden kesken alueellisissa ryhmissä. PCI-hankkeiden tarkoituksena on rakentaa entistä integroituneemmat ja kestävämmät energiamarkkinat EU:n sisällä ja tukea energia- ja ilmastotavoitteiden toteutumista. PCI-status mahdollistaa yksinkertaistetut lupaprosessit ja mahdollisuuden hakea rahoitusta EU:n CEF (Connecting Europe Facility)-ohjelmasta.

Nordic Hydrogen Route on Gasgrid Finlandin ja Nordion Energin yhteinen hanke, joka vauhdittaa vetytalouden luomista rakentamalla rajat ylittävän vetyinfrastruktuurin ja avaamalla avoimen vetymarkkinan Perämeren alueelle 2030-luvun alkupuolella. Ruotsin ja Suomen vetyinfrastruktuurin yhdistävä hanke, jonka tavoitteena on avata vetymarkkina Perämeren alueelle vuoteen 2030 mennessä. Yhtiöiden tavoitteena on rakentaa putkiverkosto, joka kuljettaa ja varastoi energiaa tehokkaasti tuottajilta kuluttajille varmistaen pääsyn avoimelle, luotettavalle ja turvalliselle vetymarkkinalle.

Nordic-Baltic Hydrogen Corridor -hankkeen tavoitteena on vetyinfrastruktuurin kehittäminen Suomen, Viron, Latvian, Liettuan, Puolan ja Saksan välille vuoteen 2030 mennessä. Hankkeen osapuolina ovat kaasun siirtoverkonhaltijat: Gasgrid, (Suomi), Elering (Viro), Conexus Baltic Grid (Latvia), Amber Grid (Liettua), Gaz System (Puola) ja ONTRAS (Saksa). Gasgridin osuus liittyy erityisesti koko Etelä-Suomen kattavan vetyverkon ja Itämeren alueen markkinan kehittämiseen.

Baltic Sea Hydrogen Collector kehityshankkeessa tutkitaan mahdollisuutta rakentaa Suomen, Ruotsin ja Keski-Euroopan yhdistävä laajamittainen offshore-vetyputki-infrastruktuuri, joka mahdollistaa puhtaan ja kestävä vedyntuotannon Euroopan

tarpeisiin. Hankkeessa ovat mukana Gasgrid Finland, Gascade sekä teollisuusyritys Copenhagen Infrastructure Partners. Kehityshankkeessa selvitetään Suomen, Ruotsin ja Saksan yhdistävän merenalaisen vetyputken rakentamismahdollisuuksia puhtaan ja kestävä vedyntuotannon ja varastointiin. Gasgridin osuus keskittyy erityisesti Suomen alueella olevan infrastruktuurin ja Itämeren alueen markkinan kehitykseen.



Kuva 17. Gasgridin kansainväliset vetyhankkeet kartalla.

Liite 3: Skenaarioiden mallinnus ja taustaoletukset

Mallin kuvaus

Fingrid käyttää AFRY:n kehittämää kaupallista BID3-sähkömarkkinamallia skenaarioiden rakentamisessa ja mallintamisessa mm. verkon suunnittelua varten. BID3-ohjelmistoa hyödynnettiin myös tässä projektissa. Malliin syötteinä ovat lähtöoletukset kysynnästä, tuotantokapasiteeteista, hyödykkeiden ja CO₂-päästöoikeuden hinnoista sekä kysynnän hintajoustoista. Lisäksi malliin syötetään vuoden sisäiset kysyntäprofiilit kategorioittain sekä tuotantoprofiilit eri tuotantomuodoille. Myös tuulivoiman alueellinen hajautus on huomioitu erilaisissa tuulivoimaprofiileissa. Skenaariot mallinnetaan käyttämällä 35 eri säävuodella (1982–2016), joka tarkoittaa käytännössä, että sääolosuhteiden ja siten säästä riippuvaisen kulutuksen (mm. lämmitys) ja tuotannon (tuulivoima, aurinkovoima, vesivoima) oletetaan noudattavan samaa profiilia kuin tietynä historiallisena vuotena.

Sähkön vuorokausimarkkinan toimintaa simuloidaan antaen mallin ratkoa lineaarisen optimoinnin ongelmia, joissa malli pyrkii löytämään vuoden jokaiselle tunnille kokonaiskustannukset minimoivan ratkaisun, jolla kysyntä ja tarjonta tasapainottuvat ja asettaa siten ns. tuotannon ajojärjestyksen (*merit order*). Mallinnuksessa huomioidaan Suomen lisäksi muu Itämeren alue sekä osat Länsi- ja Keski-Euroopasta. Reservimarkkinoita ja esimerkiksi siirtojenhallintamarkkinoita ei ole suoraan mallinnettu, mutta esimerkiksi tasesähkökustannuksia on pyritty huomioimaan vaihtelevalla tuotannolla ja vastaavasti näitä kustannuksia vastaavien tuottojen muodostumista säätökykyiselle kapasiteetille kuten sähkövarastoille. Tasapainoisimman ratkaisun löytämiseksi käytettiin apuna ns. Autobuild – menetelmää, jossa malli ratkaisee annettujen reunaehtojen puitteissa (mm. kustannukset, maksimikapasiteetit), paljonko lisäkapasiteettia tarvitaan vastaamaan kasvaneeseen kysyntään. Pohjalla oli Fingridin Best Estimatien mukaiset oletukset tuotantokapasiteeteista.

Mallissa Suomea tarkastellaan kolmena mallinnusalueena, joiden väliset rajat vastaavat Fingridillä yleisesti käytössä olevia kantaverkon poikkileikkauksia. Poikkileikkauksilla tarkoitetaan sähkötekniisin perustein määritettyä virtuaalista rajaa, minkä läpi kulkevien voimalinjojen sähkön siirtoa seurataan tarkasti. Pohjoisempi näistä on Kemi-Oulujoen poikkileikkaus (tunnetaan myös lyhenteellä P0) ja eteläisempi on Keski-Suomen poikkileikkaus (P1), joka sijoittuu Kokkola–Iisalmi-akselille. Tässä työssä tarkasteltiin myös vedyn siirtojen näiden samojen poikkileikkausten yli.

Tekniset lähtöoletukset

Alla (Taulukko 1) on listattu oletukset tuotantokapasiteeteista Suomessa skenaarioittain 2030-luvulla sekä 2050.

Taulukko 1. Oletukset tuotantokapasiteeteista skenaarioittain.

Tuotantomuoto	Alueellinen 2030-luku (MW)	Skaalautuva 2030-luku (MW)	Korkea 2030-luku (MW)	Potentiaali 2050 (MW)
Vesivoima	3 000	3 000	3 000	3000
Ydinvoima	4 600	4 600	4 600	4600

Lämpövoima	4 300	4 300	4 300	1700
Säätövoima ³³	1 900	1 900	1 900	2500
Aurinkovoima	14 000	14 000	15 300	33 300
Merituulivoima	2 000	2 000	2 000	4 600
Maatuulivoima	30 800	34 200	40 800	51 700
Sähkövarastot	6 000	8 200	8 200	8 200
Yhteensä	66 600	72 200	80 100	107 900

Taloudelliset lähtöoletukset

Teknologia kustannukset perustuvat TYNDP 2026:ssa käytettyyn dataan, joiden primäärilähteet on taulukoitu alla.

Taulukko 2. Mallinnuksessa käytetyt kustannustiedot.

	2035	2050	Yksikkö	Lähde		2035	2050	Yksikkö	Lähde
Maatuulivoima					Merituulivoima 20 km rannasta AC				
CAPEX	1384	1337	€/kW	1	CAPEX	2320	2031	€/kW	4
OPEX	20	19	€/kW/v	1	OPEX	50	42	€/kW/v	4
Alkalinen elektrolyysi					Merituulivoima 40 km rannasta DC				
CAPEX	1300	993	€/kW	2	CAPEX	3355	2945	€/kW	4
OPEX	52	40	€/kW/v	2	OPEX	33	29	€/kW/v	4
PEM-elektrolyysi					Aurinkovoima				
CAPEX	1323	965	€/kW	2	CAPEX	429	356	€/kW	1
OPEX	52	40	€/kW/v	2	OPEX	11	9	€/kW/v	1
Vedyn varastoluola (LRC)					Kaasuturbiinit (OCGT)				
CAPEX	384	264	€/kW	3	CAPEX	564	535	€/kW	1
OPEX	12	8	€/kW/v	3	OPEX	10	10	€/kW/v	1
Vedyn varastotankki					Akku, teollinen (USBS)				
CAPEX	706	324	€/kW	3	CAPEX	1396	1073	€/kW	5
OPEX	0.65	0.52	€/kW/v	3	OPEX	31	23	€/kW/v	5
					Akku, kotitalous (RSBS)				
					CAPEX	2892	2313	€/kW	5
					OPEX	70	56	€/kW/v	5

³³ Huippukulutustilanteisiin tarkoitettu nopeasti käyttöön otettava tuotantokapasiteetti, kuten kaasuturbiinit.

Lähdeviittaukset:

Viite	Julkaisun nimi	Julkaisija(t)
1	Technology data, Generation of Electricity and Distrift Heating	Danish Energy Agency, Energinet
2	Belgian Electricity System Blueprint for 2035-2050	Elia
3	Technology Data for Energy Storage	Danish Energy Agency, Energinet
4	Technology catalogue offshore wind consultation draft	Danish Energy Agency, Energinet
5	Annual Technology Baseline	National Renewable Energy Laboratory

Mallinnuksessa käytetyt hiilidioksidin päästöoikeuden kustannukset ovat niin ikään TYNDP 2026:een perustuvia:

- 2035: 198 €/tCO₂
- 2050: 500 €/tCO₂

Gasgrid Finland Oy on valtionyhtiö, joka toimii järjestelmävastaavana kaasun siirtoverkonhaltijana Suomessa. Tarjoamme asiakkaillemme turvallista, luotettavaa ja kustannustehokasta kaasujen siirtoa. Kehitämme aktiivisesti ja asiakaslähtöisesti siirtoalustaamme, palveluitamme ja kaasumarkkinoita edistääksemme tulevaisuuden hiilineutraalia energia- ja raaka-ainejärjestelmää. Lue lisää: www.gasgrid.fi

Fingrid Oyj on suomalaisten kantaverkkoyhtiö. Turvaamme asiakkaille ja yhteiskunnalle kustannustehokkaasti varman sähkön ja muovaamme tulevaisuuden puhdasta ja markkinaehtoista sähköjärjestelmää. Fingrid välittää. Varmasti. www.fingrid.fi