



Bryssel 14.10.2020
COM(2020) 953 final

KOMISSION KERTOMUS EUROOPAN PARLAMENTILLE JA NEUVOSTOLLE

puhtaan energian alan kilpailukyvyn edistymisestä

{SWD(2020) 953 final}

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	2
2.	EU:N PUHTAAN ENERGIAN ALAN YLEINEN KILPAILUKYKY.....	5
	2.1 Energia-alan ja energiaressurssien kehityssuuntaukset.....	5
	2.2 EU:n energia-alan osuus EU:n BKT:stä.....	6
	2.3 Inhimillinen pääoma.....	7
	2.4 Tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kehityssuuntaukset.....	9
	2.5 Elpyminen covid-19-pandemiasta.....	12
3.	TÄRKEIMMÄT PUHTAAN ENERGIAN TEKNOLOGIAT JA RATKAISUT	13
	3.1 Avomerellä tuotettava uusiutuva energia – tuulivoima.....	14
	3.2 Avomerellä tuotettava uusiutuva energia – valtamerienergia	17
	3.3 Aurinkosähkö	19
	3.4 Uusiutuvan vedyn tuotanto elektrolyysin avulla	21
	3.5 Akut.....	24
	3.6 Älykkäät sähköverkot.....	28
	3.7 Huomioita muista puhtaan ja vähähiilisen energian teknologioista ja ratkaisuista.....	33
	PÄÄTELMÄT.....	34

1. JOHDANTO

Euroopan vihreän kehityksen ohjelman¹, Euroopan uuden kasvustrategian, tavoitteena on tehdä Euroopan unionista (EU)² moderni, resurssitehokas ja kilpailukykyinen talous, joka on ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä. EU:n taloudesta on tultava kestävä, ja siirtymästä on tehtävä oikeudenmukainen ja osallistava kaikille. Komission äskeinen ehdotus³ kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä vähintään 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä saattaa Euroopan vastuulliselle kehityspolulle. EU:n kasvihuonekaasupäästöistä yli 75 prosenttia on peräisin energian tuotannosta ja käytöstä. EU:n ilmastotavoitteiden saavuttaminen edellyttää, että puhtaan energian saantiin liittyvät politiikat mietitään uudelleen kaikilla talouden aloilla. Energijärjestelmän osalta tämä tarkoittaa jyrkkää irtautumista hiilestä sekä integroitua energijärjestelmää, joka perustuu suurelta osin uusiutuvaan energiaan. EU:ssa uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön osuuden on määrä vähintään kaksinkertaistua jo vuoteen 2030 mennessä nykyisestä 32 prosentista jopa yli 65 prosenttiin⁴ ja edelleen nousta vuoteen 2050 mennessä siten, että yli 80 prosenttia sähköstä on peräisin uusiutuvista energialähteistä⁵.

Vuosien 2030 ja 2050 tavoitteiden saavuttaminen edellyttää energijärjestelmän merkittävää muutosta. Tämä riippuu kuitenkin suuresti uusien puhtaiden teknologioiden käyttöönotosta ja investointien lisäämisestä tarvittaviin ratkaisuihin ja infrastruktuuriin. Jotta niitä voidaan kehittää ja käyttää, ratkaisevia ovat myös liiketoimintamallit, osaaminen ja muutokset käyttäytymisessä. Teollisuus on tämän sosiaalisen ja taloudellisen muutoksen keskiössä. Euroopan uudessa teollisuusstrategiassa⁶ annetaan Euroopan teollisuudelle keskeinen rooli vihreässä ja digitaalisessa siirtymässä. Koska EU:n kotimarkkinat ovat laajat, siirtymän vauhdittaminen auttaa nykyaikaistamaan EU:n taloutta kaikilta osin ja parantaa mahdollisuuksia säilyttää EU:n johtoasema puhtaan teknologian alalla.

Tämän ensimmäisen vuotuisen kilpailukykyä koskevan tilannekatsauksen⁷ tarkoituksena on arvioida puhtaiden energiateknologioiden tilaa ja EU:n puhtaan energian alan kilpailukykyä, jotta nähdään, onko niiden kehitys edennyt suunnitellusti kohti vihreää siirtymää ja EU:n pitkän aikavälin ilmastotavoitteita. Kilpailukykyarviointi on erityisen tärkeä myös covid-19-pandemian jälkeisen talouden elpymisen kannalta, kuten *Next Generation EU* -elpymisvälinettä koskevassa tiedonannossa todetaan.⁸ Kilpailukykyyn parantamisella voidaan lieventää kriisin lyhyen ja keskipitkän aikavälin taloudellisia ja sosiaalisia vaikutuksia ja samalla vastata vihreään ja digitaaliseen siirtymään liittyvään pitkän aikavälin haasteeseen sosiaalisesti oikeudenmukaisella tavalla. Lisäksi kilpailukykyyn parantamisella voidaan sekä kriisin yhteydessä että pitkällä aikavälillä puuttua energiaköyhyyttä koskeviin huolenaiheisiin vähentämällä energiantuotannon ja energiatehokkuusinvestointien kustannuksia.⁹

¹ COM(2019) 640 final.

² Tässä kertomuksessa EU:lla tarkoitetaan EU27-maita (eli EU:n jäsenvaltioita ilman Yhdistynyttä kuningaskuntaa). Mikäli Yhdistynyt kuningaskunta otetaan huomioon, kertomuksessa viitataan EU28:aan.

³ COM(2020) 562 final.

⁴ COM(2020) 562 final.

⁵ COM(2018) 773 final.

⁶ COM(2020) 102 final.

⁷ Laadittu asetuksen (EU) 2018/1999 (hallintoasetus) 35 artiklan m alakohdan vaatimusten mukaisesti.

⁸ COM(2020) 456 final.

⁹ Ks. myös ”Euroopan rakennusten perusparannusaalto – ympäristöystävällisempiä rakennuksia, lisää työpaikkoja ja parempaa elämänlaatua” COM(2020) 662 ja siihen liittyvä asiakirja SWD(2020) 550 sekä energiaköyhyyttä koskeva suositus C(2020) 9600.

Puhtaaseen energiaan liittyvän teknologian tarpeet vuosien 2030 ja 2050 tavoitteiden saavuttamiseksi on mahdollista määrittää Euroopan komission ilmastotavoitesuunnitelman skenaarioissa¹⁰ tarkoitettun vaikutustenarvioinnin perusteella. EU:n odotetaan investoivan uusiutuvaan sähköön ja erityisesti avomerellä tuotettavaan energiaan (etenkin tuulivoimaan) sekä aurinkosähköön.^{11,12} Vaihtelevien uusiutuvien energialähteiden osuuden huomattava kasvu edistää myös energian varastointia¹³ ja kykyä käyttää sähköä liikenteessä ja teollisuudessa, erityisesti akkujen ja vedyn avulla, ja edellyttää mittavia investointeja älykkäisiin sähköverkkoteknologioihin¹⁴. Tältä pohjalta tässä kertomuksessa keskitytään edellä mainittuihin kuuteen teknologiaan¹⁵, joista useimmilla on tärkeä rooli EU:n lippuhankkeissa^{16,17}, joilla pyritään tukemaan vihreään ja digitaaliseen siirtymään perustuvaa vahvaa elpymistä tukevia uudistuksia ja investointeja. Skenaarioihin sisältyviä muita puhtaita ja vähähiilisiä energiateknologioita analysoidaan tämän kertomuksen liitteenä olevassa komission yksiköiden valmisteluasiakirjassa *Clean Energy Transition – Technologies and Innovations Report* (CETTIR)¹⁸.

Tässä kertomuksessa puhtaan energian alan kilpailukyky¹⁹ määritellään kyvyksi tuottaa ja käyttää kohtuuhintaista, luotettavaa ja esteettömästi saatavilla olevaa puhdasta energiaa puhtaiden energiateknologioiden avulla sekä kyvyksi kilpailla energiateknologiamarkkinoilla, yleisenä tavoitteena tuottaa hyötyjä EU:n taloudelle ja kansalaisille.

Kilpailukykyä ei voida kuvata yhdellä indikaattorilla.²⁰ Siksi tässä kertomuksessa ehdotetaan laajalti hyväksyttyjä indikaattoreita, joita voidaan käyttää tähän tarkoitukseen (ks. taulukko 1 jäljempänä), jotka kattavat koko energiajärjestelmän (tuotanto, siirto ja

¹⁰ Vuoteen 2050 asti 1.5TECH-skenaarioissa, jotka perustuvat vuoteen 2050 ulottuvaan EU:n pitkän aikavälin strategiaan (COM(2018) 773) ja ilmastotavoitesuunnitelmaan (COM(2020) 562 final), ei ole merkittäviä eroja, joten niihin molempiin viitataan tässä kertomuksessa. CTP MIX -skenaariossa kasvihuonekaasupäästöjä vähennetään noin 55 prosenttia, mikä kasvattaa hiilen hinnoittelua ja hieman nostaa politiikkojen tavoitetasoa.

¹¹ Energian pääosaston tilaama tutkimus ”Energy Outlook Analysis” (luonnos, 2020), joka kattaa seuraavat skenaariot: LTS 1.5LIFE, LTS 1.5TECH, BNEF NEO, GP ER, IEA SDS, IRENA GET TES ja JRC GECO 2C_M.

¹² Tsiropoulos I., Nijs W., Tarvydas D., Ruiz Castello P., Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050 – Insights from scenarios in line with the 2030 and 2050 ambitions of the European Green Deal, JRC118592.

¹³ Study on energy storage – Contribution to the security of the electricity supply in Europe (2020): <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/a6eba083-932e-11ea-aac4-01aa75ed71a1>

¹⁴ Yhteensä 71–110 miljardin euron vuotuiset sähköverkkoinvestoinnit vuosina 2031–2050 eri skenaarioissa, ”In-depth analysis in support of the Commission Communication COM(2018) 773”, taulukko 10, s. 202.

¹⁵ Avomerellä tuotettava uusiutuva energia (tuulivoima ja valtamerienergia), aurinkosähkö, uusiutuva vety, akut ja sähköverkkoteknologiat. Tässä valinnassa ei ole jätetty huomiotta vakiintuneiden uusiutuvien energialähteiden, erityisesti bioenergian ja vesivoiman, roolia EU:n vähähiilisten energiateknologioiden valikoimassa. Niitä käsitellään CETTIR-valmisteluasiakirjassa, ja niitä voidaan käsitellä myös tulevaisuuden vuotuisissa kilpailukykyä tarkastelevissa tilannekatsauksissa.

¹⁶ Eurooppalaisia lippulaivahankkeita on esitelty vuoden 2021 kestävän kasvun strategiassa (COM(2020) 575 final), IV osio.

¹⁷ Viimeaikaisia ja tulevia aloitteita ovat tuleva avomerellä tuotettavaa uusiutuvaa energiaa koskeva strategia sekä vetystrategia (COM(2020) 301 final), mukaan lukien vedyn alan allianssi, EU:n akkualan yhteenliittymä ja energiajärjestelmien integrointistrategia (COM(2020) 299 final). Näitä teknologioita käsitellään myös useissa kansallisissa energia- ja ilmastosuunnitelmissa.

¹⁸ SWD(2020) 953 – Näihin sisältyvät rakennukset (ml. lämmitys ja jäähdytys), hiilidioksidin talteenotto ja varastointi, kansalaisten ja yhteisöjen osallistaminen, geotermienergia, suurjännitteinen tasasähkö ja tehoelektroniikka, vesivoima, teollisuuden lämmön talteenotto, ydinvoima, maatuulivoima, uusiutuvat polttoaineet, älykkäät kaupungit ja yhteisöt, älykkäät sähköverkot ja digitaalinen infrastruktuuri sekä aurinkolämpövoima.

¹⁹ Tässä kertomuksessa ja liitteenä olevassa valmisteluasiakirjassa ’puhdas energia’ tarkoittaa kaikkia energiateknologioita, jotka sisältyvät EU:n pitkän aikavälin strategiaan saavuttaen ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä.

²⁰ Ks. kilpailukykyneuvoston päätelmät 28. heinäkuuta 2020.

kulutus) ja joita analysoidaan kolmella tasolla (teknologia, arvoketju ja maailmanmarkkinat).

Taulukko 1 Kilpailukyvyyn kehityksen seurannan indikaattorit

EU:n puhtaan energian teollisuuden kilpailukyky		
1. Teknologia-analyysi: nykytilanne ja näkymät	2. Energiateknologian arvoketjuanalyysi	3. Maailmanmarkkinoiden analyysi
Asennettu kapasiteetti, tuotanto (nyt ja vuonna 2050)	Liikevaihto	Kauppa (tuonti, vienti)
Kustannukset / energian tasoitetut kokonaistuotantokustannukset (LCOE) (nyt ja vuonna 2050)	Bruttoarvonlisäyksen kasvu Vuotuinen muutos (%)	Maailman markkinajohtajat verrattuna EU:n markkinajohtajiin (markkinaosuus)
Julkinen T&I-rahoitus	Toimitusketjuun kuuluvien yritysten lukumäärä, mukaan lukien EU:n markkinajohtajat	Resurssitehokkuus ja -riippuvuus
Yksityinen T&I-rahoitus	Työllisyys	Reaaliset yksikköenergiakustannukset
Patentointisuuntaukset	Energiaintensiteetti / työn tuottavuus	
Tieteellisten julkaisujen taso	Yhteisön tuotanto ²¹ Vuotuisen tuotannon tunnusluvut	

Puhtaan energian alan kilpailukyvyyn analysointia voidaan kehittää ja syventää ajan mittaan, ja tulevissa kilpailukykyraporteissa voidaan keskittyä eri näkökulmiin. Niissä voidaan esimerkiksi tarkastella yksityiskohtaisemmin politiikkoja ja välineitä, joilla tuetaan T&I-toimintaa ja kilpailukykyä jäsenvaltioiden tasolla, sekä sitä, miten ne edistävät energiaunionin ja vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden saavuttamista. Niissä voidaan arvioida kilpailukykyä eri alasektoreilla²² tai kansallisella tai alueellisella tasolla tai analysoida Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden mukaisesti synergioita ja kompromisseja suhteessa ympäristö- ja sosiaalisiin vaikutuksiin.

Koska monista kilpailukykyindikaattoreista puuttuu tietoja^{23,24}, analyysissa käytetään joitakin luonteeltaan välillisempiä likimääräisiä arvioita (esim. investointien taso). Komissio kehottaa jäsenvaltioita ja sidosryhmiä tekemään yhteistyötä kansallisten energia- ja ilmastosuunnitelmien²⁵ ja strategisen energiateknologiasuunnitelman puitteissa, jotta energiaunionin kilpailukyvyyn arviointia ja parantamista koskevan

²¹ Tällä tarkoitetaan ”Production Communautaire” -tuotantoa (PRODCOM-tietosarja).

²² Esimerkiksi vaihtoehtoisten liiketoimintamallien kohdealaa ja roolia sekä pk-yritysten ja paikallisten toimijoiden roolia.

²³ Yleisten kilpailukykyä koskevien määritelmien osalta ks. JRC116838, Asensio Bermejo, J. M., Georgakaki, A., Competitiveness indicators for the low-carbon energy industries – definitions, indices and data sources, 2020.

²⁴ Yleiskatsaus puuttuvista tiedoista, ks. CETIR (SWD(2020) 953), 5 luku.

²⁵ Tämä kertomus perustuu kansallisten energia- ja ilmastosuunnitelmien arviointiin ja maakohtaisiin ohjeisiin (COM(2020) 564 final), joissa käsitellään myös aihetta ”tutkimus, innovointi ja kilpailukyky”, ja täydentää niitä.

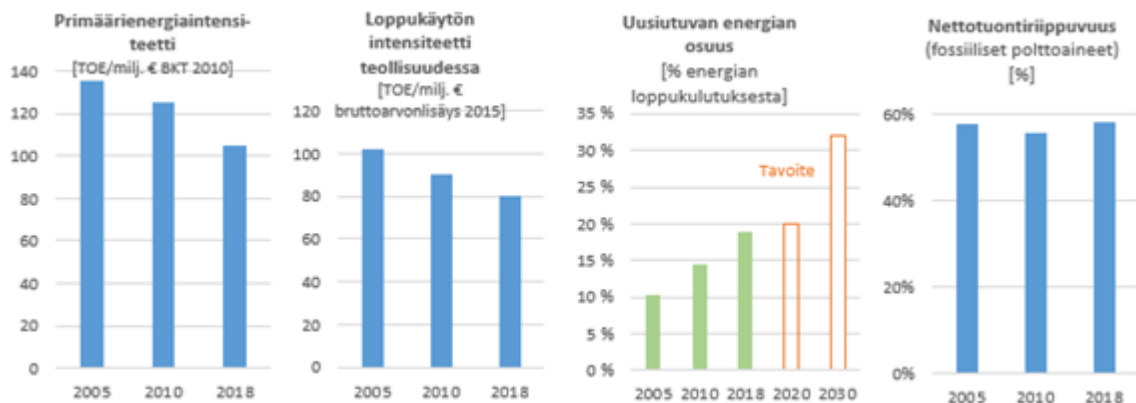
yhteisen lähestymistavan kehittämistä voidaan jatkaa. Tämä on tärkeää myös elpymis- ja palautumistukivälineen puitteissa laadittavien kansallisten elpymis- ja palautumissuunnitelmien kannalta.

2. EU:N PUHTAAN ENERGIAN ALAN YLEINEN KILPAILUKYKY

2.1 Energia-alan ja energiaressurssien kehityssuuntaukset

Vuosina 2005–2018 primäärienergiaintensiteetti laski EU:ssa keskimäärin lähes kaksi prosenttia vuodessa, mikä osoittaa, että energian kysyntä ei ole riippuvainen talouskasvusta. Energian loppukäytön intensiteetti teollisuuden ja rakentamisen alalla noudatteli samaa suuntausta, tosin sen vuotuinen keskiarvo laski hieman hitaammin (1,8 prosenttia vuodessa), mikä kuvastaa alan pyrkimyksiä pienentää energialan jälkeään. Energiapolitiikan ansiosta uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta nousi 10 prosentista lähemmäs vuodeksi 2020 asetettua 20 prosentin tavoitetta. Uusiutuvan energian osuus sähkösektorilla nousi hieman yli 32 prosenttiin. Lämmitys- ja jäähdytysalalla se nousi hieman yli 21 prosenttiin, kun taas liikennesektorilla se oli hieman yli 8 prosenttia. Tämä osoittaa, että energijärjestelmässä ollaan vähitellen siirtymässä puhtaaseen energiateknologiaan (ks. kaavio 1).

Kaavio 1 EU:n primäärienergiaintensiteetti, energian loppukäytön intensiteetti teollisuudessa, uusiutuvan energian osuus ja tavoitteet sekä nettotuontiriippuvuus (fossiiliset polttoaineet)²⁶



Lähde 1 EUROSTAT

Viime vuosikymmenen aikana teollisuussähkön hinnat ovat pysyneet EU:ssa²⁷ suhteellisen vakaina. Ne ovat tällä hetkellä alhaisemmat kuin Japanissa mutta kaksinkertaiset Yhdysvaltojen hintoihin verrattuna ja korkeammat kuin useimmissa EU:n ulkopuolisissa G20-maissa. Vaikka teollisuuskaasun hinnat²⁸ ovat laskeneet ja ovat alhaisemmat kuin Japanissa, Kiinassa ja Koreassa, ne ovat edelleen korkeammat kuin useimpien EU:n ulkopuolisten G20-maiden hinnat. Suhteellisen korkeat verot ja maksut, joista ei voi saada palautusta, ja hintojen sääntely ja/tai tuet EU:n ulkopuolisissa G20-maissa ovat merkittävä tekijä tässä erossa.

²⁶ Energiaunionin indikaattorit EE1-A1, EE3, DE5-RES ja SOS1.

²⁷ EU:n painotettu keskiarvo (ks. COM(2020) 951).

²⁸ EU:n painotettu keskiarvo (ks. COM(2020) 951).

Vaikka riippuvuus energian tuonnista on vähentynyt lyhyellä aikavälillä vuosina 2008–2013, tuontien energian osuus EU:ssa on sittemmin kasvanut.²⁹ Vuonna 2018 nettoriippuvuus tuonnista oli 58,2 prosenttia eli hieman yli vuoden 2005 tason ja lähes yhtä suuri kuin tarkastelujakson korkeimmat arvot. Resurssitehokkuus ja taloudellinen selviytymiskyky ovat avaintekijöitä kilpailukyvyssä ja EU:n avoimen strategisen riippumattomuuden³⁰ vahvistamisessa puhtaan energiateknologian markkinoilla. Vaikka puhtaat energiateknologiat vähentävät riippuvuutta fossiilisten polttoaineiden tuonnista, riskinä on, että tämä riippuvuus vain vaihtuu riippuvuuteen muista raaka-aineista. Tämä luo uudenlaisen toimitusriskin³¹. Toisin kuin fossiilisten polttoaineiden kohdalla, nämä raaka-aineet saattavat kuitenkin pysyä taloudessa kiertotalouden lähestymistapojen³², kuten laajennettujen arvoketjujen, kierrätyksen, uudelleenkäytön ja kiertotalouden suunnittelun, avulla, mikä vaikuttaa pääomamenoihin ja vähentää ensiömateriaalien hankinnan ja jalostuksen energiantarvetta mutta ei kuitenkaan energiantuotannon toimintamenoja. EU on hyvin riippuvainen kolmansista maista raaka-aineiden ja jalostettujen materiaalien suhteen. Joidenkin teknologioiden aloilla EU:lla on kuitenkin johtava asema komponenttien ja lopputuotteiden sekä korkean teknologian komponenttien valmistuksessa. Tietyissä, usein korkean teknologian materiaaleissa on nähtävissä voimakasta tarjonnan keskittymistä muutamiiin maihin (esimerkiksi Kiina tuottaa yli 80 prosenttia kestopagneettigeneraattoreissa käytettävistä harvinaisista maametalleista).³³

2.2 EU:n energia-alan osuus EU:n BKT:stä

EU:n energia-alan³⁴ liikevaihto vuonna 2018 oli 1,8 biljoonaa euroa eli lähes sama kuin vuonna 2011 (1,9 biljoonaa euroa). Alan osuus talouden kokonaisbruttoarvonlisäyksestä on kaksi prosenttia, mikä on pysynyt pitkälti muuttumattomana vuodesta 2011. Fossiilisten polttoaineiden alan vuoden 2011 liikevaihto supistui 36 prosentista (702 miljardista eurosta) 26 prosenttiin (475 miljardiin euroon) vuonna 2018. Uusiutuvan energian liikevaihto kasvoi samalla ajanjaksolla 127 miljardista eurosta 146 miljardiin euroon.^{35,36} Puhtaan energian alan lisäarvo (112 miljardia euroa vuonna 2017) oli yli kaksinkertainen fossiilisten polttoaineiden hankintaan ja tuotantoon (53 miljardia euroa) verrattuna, ja se on kolminkertaistunut vuodesta 2000. Puhtaan energian ala tuottaa näin ollen enemmän Eurooppaan jäävää lisäarvoa kuin fossiilisten polttoaineiden ala.

Vuosina 2000–2017 uusiutuvan energian tuotannon bruttoarvonlisäyksen vuotuinen kasvu oli keskimäärin 9,4 prosenttia, kun taas energiatehokkuustoimien bruttoarvonlisäys

²⁹ Mahdollisia syitä ovat EU:n kaasulähteiden ehtyminen, sääolosuhteiden vaihtelu, talouskriisit ja polttoainelähteitä koskeva muutos.

³⁰ COM(2020) 562 final.

³¹ COM(2020) 474 final ja ”Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU – A Foresight Study”, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882?locale=fi>

³² Kiertotaloutta koskevassa toimintasuunnitelmassa keskitytään uusioraaka-ainemarkkinoiden luomiseen ja kiertotalouden suunnitteluun (COM(2015) 0614 final ja COM(2020) 98 final).

³³ Blagoeva, D. T., Alves Dias, P., Marmier, A., Pavel, C. C. (2016) Assessment of potential bottlenecks along the materials supply chain for the future deployment of low-carbon energy and transport technologies in the EU: Wind power, photovoltaic and electric vehicles technologies, time frame: 2015–2030 EUR 28192 EN; doi:10.2790/08169.

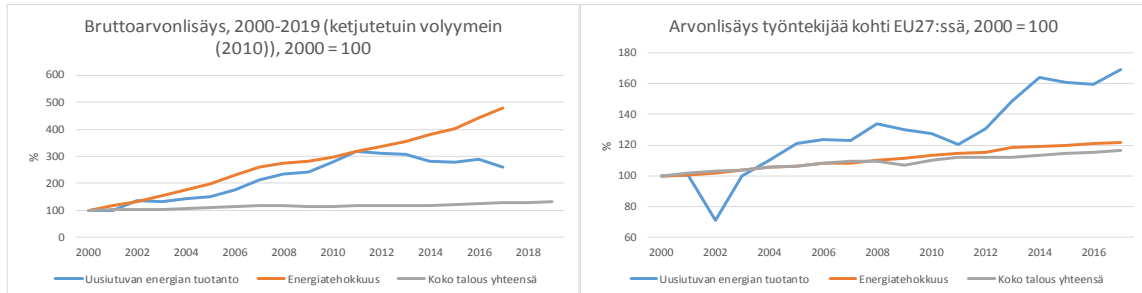
³⁴ Luvut perustuvat Eurostatin yritystoiminnan rakennetilastoja koskevaan tutkimukseen ja kattavat seuraavat koodit: B05 (kivihiilen ja ruskohiilen kaivu), B06 (raakaöljyn ja maakaasun tuotanto), B07.21 (uraani- ja toriummalmien louhinta), B08.92 (turpeen nosto), B09.1 (raakaöljyn ja maakaasun tuotantoa palveleva toiminta), C19 (koksien ja jalostettujen öljytuotteiden valmistus) ja D35 (sähkö-, kaasun-, lämpö- ja ilmastointihuolto).

³⁵ Eurostat [sbs_na_ind_r2].

³⁶ EurObserv'ER.

on kasvanut vuosittain keskimäärin 22,3 prosenttia eli paljon nopeammin kuin muilla talouden aloilla (1,6 prosenttia). EU:n työn tuottavuus (bruttoarvonlisäys työntekijää kohti) on parantunut merkittävästi myös puhtaan energian alalla, erityisesti uusiutuvan energian tuotannon alalla, jolla se on noussut 70 prosenttia vuodesta 2000.

Kaavio 2 Bruttoarvonlisäys ja arvonlisäys työntekijää kohti, 2000–2019, 2000 = 100



Lähde 2 JRC Eurostatin tietojen pohjalta: [env_ac_egss1], [nama_10_a10_e], [env_ac_egss2], [nama_10_gdp]

2.3 Inhimillinen pääoma

Puhtaat energiateknologiat ja -ratkaisut työllistävät Euroopassa suoraan 1,5 miljoonaa ihmistä kokopäiväisesti.³⁷ Tästä määrästä yli puoli miljoonaa³⁸ henkilöä työskentelee uusiutuvien energialähteiden alalla (luku kasvaa 1,5 miljoonaan, kun otetaan huomioon myös välilliset työpaikat) ja lähes miljoona³⁹ energiatehokkuutta parantavien toimien parissa (vuonna 2017). Uusiutuvan energian tuotantoon liittyvien välittömien työpaikkojen määrä EU:ssa kasvoi vuoden 2000 tasosta, 327 000 työpaikasta, 861 000 työpaikkaan vuonna 2011 ja laski 502 000 työpaikkaan vuonna 2017. Kuten kaaviosta 3 käy ilmi, työpaikkojen määrä laski vuoden 2011 jälkeen⁴⁰, mikä luultavasti selittyy

³⁷ Fossiilisten polttoaineiden hankinnan ja tuotannon alalla (NACE B05, B06, B08.92, B09.1, C19) oli 328 000 välitöntä työpaikkaa EU27-maissa vuonna 2018, kun taas välittömien työpaikkojen määrä sähkö-, kaasu-, lämpö- ja ilmastointialalla (NACE D35), joka tuottaa sähköä sekä uusiutuvista että fossiilisista energialähteistä, oli 1,2 miljoonaa. Koko energiasektorin osalta välittömien työpaikkojen määrä on pysynyt suurelta osin vakaana, vaikka työllisyys on laskenut noin 80 000:lla kivihiilen ja ruskohiilen kaivun alalla ja noin 30 000:lla raakaöljyn ja maakaasun tuotannossa. Ks. JRC120302, Employment in the Energy Sector Status Report 2020, EUR 30186 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2020.

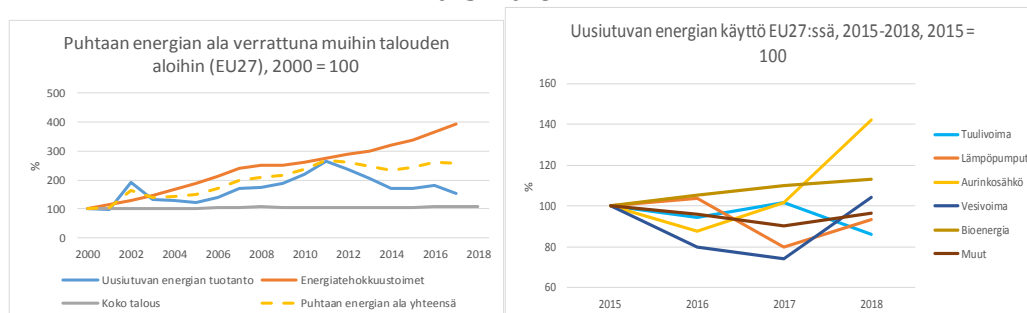
³⁸ Jos myös välilliset työpaikat otetaan huomioon, uusiutuvan energian ala työllistää lähes 1,4 miljoonaa ihmistä EU27:ssä EurObserv'ERin mukaan. EurObserv'ERin arviossa otetaan huomioon sekä välittömät että välilliset työpaikat. Välittömiin työpaikkoihin kuuluvat uusiutuvaa energiaa hyödyntävien laitteiden valmistus, uusiutuviin energialähteisiin perustuvien laitosten rakentaminen, suunnittelu ja hallinta, käyttö ja kunnossapito sekä biomassan toimitus ja hyödyntäminen. Välillisillä työpaikoilla tarkoitetaan sivutoimintoja, kuten kuljetus- ja muita palveluja. Analyysissa ei oteta huomioon seurannaistyöpaikkoja. EurObserv'ER käyttää työllisyyden ja liikevaihdon arvioinnissa vakioitua mallia.

³⁹ Eurostatin ympäristöliiketoimintaa (EGSS) koskevat luvut arvioidaan yhdistämällä tietoja eri lähteistä (SBS, PRODCOM, kansantalouden tilinpito). EGSS-tiedot kattavat sellaisten tavaroiden ja palvelujen tuotannon, jotka on suunniteltu ja tuotettu erityisesti ympäristönsuojelua tai luonnonvarojen hallintaa varten. EGSS-tietojen analysoinnissa käytettävä yksikkö on laitos. 'Laitoksella' tarkoitetaan yritystä tai yrityksen osaa, joka sijaitsee yhdessä paikassa ja jossa harjoitetaan yhtä toimintaa tai jossa pääasiallinen tuotantotoiminta muodostaa suurimman osan arvonlisäyksestä. EGSS-tietoja seurataan myös kaikkien NACE-koodien osalta. Tässä kertomuksessa käytetään koodeja CREMA 13A "Energiantuotanto uusiutuvista luonnonvaroista" ja CREMA 13B "Lämmön-/energiänsäästö ja hallinta" koskevia tietoja.

⁴⁰ Lasku selittyy luultavasti finanssikriisillä, jonka seurauksena muun muassa tuotantokapasiteettia siirrettiin muihin maihin, sekä tuottavuuden lisääntymisellä ja työvoimavaltaisuuden vähenemisellä (lähde: JRC120302 Employment in the Energy Sector Status Report, 2020). Lasku liittyi ensisijaisesti aurinkosähköalaan sekä vähemmässä määrin myös geotermisen energian alaan. Kriisin vaikutus näkyi aurinkoenergiaa hyödyntävien laitosten määrän vähenemisenä ja tuotannon siirtymisenä Aasiaan. Maa- ja merituulivoiman alalla erityisesti

finanssikriisillä, jonka seurauksena muun muassa tuotantokapasiteettia siirrettiin muihin maihin, sekä tuottavuuden lisääntymisellä ja työvoimavaltaisuuden vähenemisellä. Välittömien työpaikkojen määrä energiatehokkuuden alalla kasvoi tasaisesti vuoden 2000 tasosta, 244 000 työpaikasta, 964 000 työpaikkaan vuonna 2017. Näillä aloilla (uusiutuvat energialähteet ja energiatehokkuus) välittömien työpaikkojen osuus EU:n kokonaistyöllisyydestä on noin 0,7 prosenttia⁴¹, mutta niiden määrän kasvu on ollut nopeampaa kuin muilla talouden aloilla, sillä niiden vuotuinen kasvu on keskimäärin 3,1 prosenttia uusiutuvien energialähteiden alalla ja 17,4 prosenttia energiatehokkuuden alalla⁴².

Kaavio 3 Välitön työllisyys puhtaan energian alalla verrattuna muihin talouden aloihin vuosina 2000–2018, 2000 = 100, sekä työllisyys uusiutuvan energian alalla teknologiaa kohti vuosina 2015–2018



Lähde 3 JRC Eurostatin tietojen pohjalta ([env_ac_egss1], [nama_10_a10_e])⁴³ ja EurObserv'ER

Puhtaan energian alalla työllisyys kasvaa maailmanlaajuisesti, vaikka uusia työllistymismahdollisuuksia tarjoavat teknologiat vaihtelevat alueittain. Yleisesti ottaen työpaikkoja on syntynyt pääasiassa aurinkosähkön ja tuulivoiman aloille. Lähes 40 prosenttia kaikista uusiutuvan energian alan työpaikoista maailmassa on Kiinassa, ja suurin osa niistä on aurinkosähkön, aurinkolämmityksen ja -jäähdytyksen sekä tuulivoiman aloilla. Brasiliassa eniten työllistävä ala on bioenergiasektori ja EU:ssa bioenergia (noin puolet kaikista uusiutuvan energian alan työpaikoista) sekä tuulivoima (noin neljännes), ks. kaavio 4.

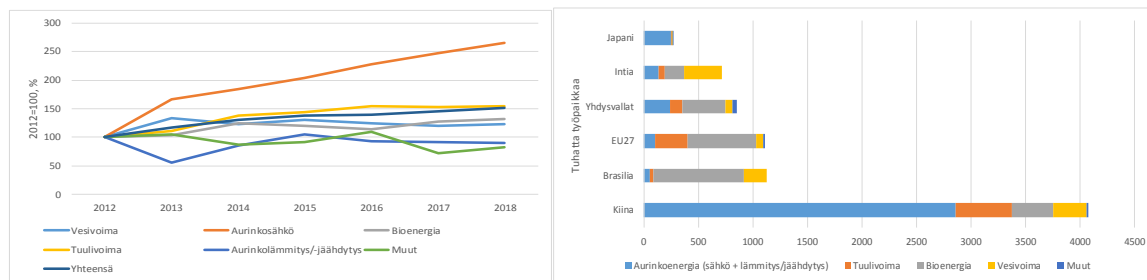
tuottavuus on parantunut, mikä puolestaan laskee alan työvoimavaltaisuutta. Kun verrataan välittömien työpaikkojen määrää viime vuosikymmenen kumulatiiviseen asennettuun kapasiteettiin, voidaan nähdä, että maatuulivoima-alan työllisyys on vähentynyt 47 prosenttia ja merituulivoima-alan 59 prosenttia (lähteet: GWEC 2020, Global Offshore Wind Report, 2020; WindEurope 2020, Update of employment figures based on WindEurope, Local Impact GI). EurObserv'ERin mukaan työvoimavaltaisuus (työpaikat/MW) laski tuulivoimalalla 19 prosenttia ja aurinkosähköalalla 14 prosenttia vuosina 2015–2018. Energiatehokkuusalan dynamiikka poikkeaa edellisestä (esim. energiansäästöillä ja energiatehokkuudella on suoria myönteisiä vaikutuksia kustannusten alenemisen kautta), ja energiatehokkuusalan työpaikkojen määrän kasvu voidaan osittain selittää lämpöpumppualan työpaikkojen voimakkaalla kasvulla vuodesta 2012 (EurObserv'ER). Kaiken kaikkiaan voidaan todeta EurObserv'ER-tietokannasta, jossa seurataan välittömien ja välillisten työpaikkojen määrää, että uusiutuvan energian alalla työpaikkojen määrä on kasvussa EU27-maissa.

⁴¹ Eurostat, EGSS.

⁴² Muilla talouden aloilla keskimääräinen vuotuinen kasvu on ollut 0,5 prosenttia.

⁴³ 'Uusiutuvan energian tuotannolla' tarkoitetaan Eurostatin EGSS-koodin CREMA 13A ja 'energiatehokkuustoimilla' EGSS-koodin CREMA 13B mukaista tuotantoa.

Kaavio 4 Työpaikat uusiutuviin energialähteisiin liittyvän teknologian alalla koko maailmassa (2012–2018)⁴⁴



Lähde 4 JRC IRENAn vuotta 2019⁴⁵ koskevien tietojen pohjalta

Puhtaan energiateknologian alalla on edelleen haasteita, kuten erityisesti osaavan työvoiman saatavuus siellä, missä sitä tarvitaan.^{46,47} Tarvittavaan osaamiseen kuuluvat erityisesti insinööri- ja tekniset taidot, tietotekninen lukutaito ja kyky käyttää uutta digitaali teknologiaa, terveys- ja turvallisuusnäkökohtien tuntemus, erityistaidot, jotka liittyvät työn tekemiseen äärimmäisissä olosuhteissa (esimerkiksi korkealla tai syvyydessä), pehmeät taidot, kuten ryhmätyö- ja viestintätaidot, sekä englannin kielen taito.

Naisten osuus uusiutuvan energian alan työvoimasta oli vuonna 2019 keskimäärin 32 prosenttia⁴⁸. Tämä luku on suurempi kuin perinteisellä energiasektorilla (25 prosenttia⁴⁹) mutta pienempi kuin muilla talouden aloilla (46,1 prosenttia⁵⁰). Lisäksi sukupuolijakauma vaihtelee huomattavasti tiettyjen toimenkuvien osalta.

2.4 Tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kehityssuuntaukset

Viime vuosina EU on investoinut vuosittain keskimäärin lähes 20 miljardia euroa puhdasta energiaa koskevaan tutkimus- ja innovaatiotoimintaan (T&I) energiaunionin määrittämien painopisteiden mukaisesti.^{51,52} EU-rahoituksen osuus investoinneista on 6 prosenttia, EU-maiden julkisen rahoituksen osuus 17 prosenttia ja yritysten osuus arviolta 77 prosenttia.

⁴⁴ Maakohtaiset työllisyysluvut ovat vuodelta 2017.

⁴⁵ IRENA. 2019. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2019.

⁴⁶ MATES-hanke, Strategy baseline to bridge the skills gap between training offers and industry demands of the Maritime Technologies value chain, syyskuu 2019. <https://www.projectmates.eu/wp-content/uploads/2019/07/MATES-Strategy-Report-September-2019.pdf>

⁴⁷ Alves Dias ym. 2018. EU coal regions: opportunities and challenges ahead. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/eu-coal-regions-opportunities-and-challenges-ahead>

⁴⁸ IRENA 2019: <https://www.irena.org/publications/2019/Jan/Renewable-Energy-A-Gender-Perspective>

⁴⁹ Eurostat (2019), saatu osoitteesta <https://ec.europa.eu/eurostat/web/equality/overview>

⁵⁰ Eurostat [lfsa_egan2], 2019.

⁵¹ COM(2015) 80; uusiutuvat energialähteet, älykkäät järjestelmät, tehokkaat järjestelmät, kestävä liikenne, hiilidioksidin talteenotto, käyttö ja varastointi (CCUS) sekä ydinturvallisuus.

⁵² JRC SETIS <https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-innovation-data>;

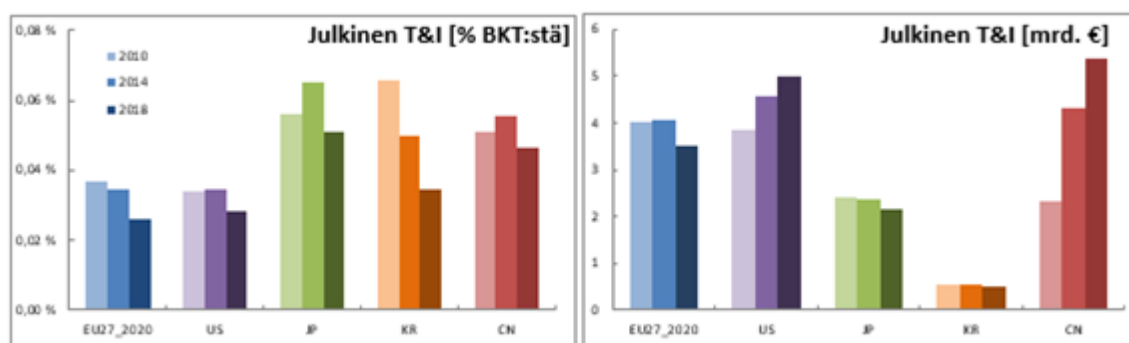
JRC112127 Pasimeni, F., Fiorini, A., Georgakaki, A., Marmier, A., Jimenez Navarro, J. P., Asensio Bermejo, J. M. (2018), SETIS Research & Innovation country dashboards. Euroopan komissio, Yhteinen tutkimuskeskus (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/jrc-10115-10001>, seuraavien pohjalta:

JRC Fiorini, A., Georgakaki, A., Pasimeni, F. and Tzimas, E., Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies, EUR 28446 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2017.

JRC117092 Pasimeni, F., Letout, S., Fiorini, A., Georgakaki, A., Monitoring R&I in Low-Carbon Energy Technologies, Revised methodology and additional indicators, 2020 (tulossa).

Energia-alalle osoitettujen T&I-määrärahojen osuus EU:ssa kattaa 4,7 prosenttia tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kokonaismenoista.⁵³ Absoluuttisesti ilmaistuna jäsenvaltiot ovat kuitenkin leikanneet puhtaaseen energiaan osoitettuja kansallisia T&I-määrärahoja (kaavio 5): vuonna 2018 EU:n T&I-menot olivat puoli miljardia euroa vähemmän kuin vuonna 2010. Tämä suuntaus on maailmanlaajuinen. Vähähiilisiin energiateknologioihin liittyvät julkisen sektorin T&I-menot olivat vuonna 2019 pienemmät kuin vuonna 2012, ja jäsenvaltiot kohdentavat edelleen suuria määriä T&I-rahoitusta fossiilisiin polttoaineisiin.⁵⁴ Tämä on täysin vastoin tavoitetta: T&I-investointeja puhtaaseen teknologiaan on lisättävä, jos EU ja muu maailma haluavat täyttää hiilestä irtautumista koskevat sitoumuksensa. EU:ssa on tällä hetkellä kaikkien suurten maailmantalouksien alhaisin investointiaste suhteessa BKT:hen (kaavio 5). EU:n tutkimusvarojen osuus julkisesta rahoituksesta on ollut suuri, ja niillä on ollut olennaisen tärkeä asema T&I-investointien tason ylläpitämisessä neljän viime vuoden aikana.

Kaavio 5 Julkinen T&I-rahoitus energiaunionin T&I-painopisteisiin⁵⁵



Lähde 5 JRC⁴⁹ IEA:n⁵⁶ ja MI:n⁵⁷ tietojen pohjalta

Yksityisellä sektorilla vain pieni osa tuotoista käytetään tällä hetkellä tutkimukseen ja innovointiin aloilla, jotka tarvitsevat eniten vähähiilisen teknologian laajamittaista käyttöönottoa.⁵¹ EU on arvioinut, että yksityiset investoinnit energiaunionin T&I-painopisteisiin ovat vähentyneet: tällä hetkellä niiden osuus on noin 10 prosenttia yritysten T&I-toiminnan kokonaismenoista.⁵⁸ Tämä on enemmän kuin Yhdysvalloissa ja Japanin kanssa samalla tasolla mutta vähemmän kuin Kiinassa tai Koreassa. Kolmannes investoinneista kohdistuu kestävään liikenteeseen, kun taas uusiutuvat energialähteet, älykkäät järjestelmät ja energiatehokkuus saavat kukin noin viidenneksen. Vaikka yksityisen T&I-rahoituksen jakautuminen EU:ssa on muuttunut vain hieman viime vuosina, maailmanlaajuisesti on siirrytty merkittävämmiin kohti teollisuuden energiatehokkuutta ja älykkäitä kuluttajateknologioita.⁵⁹

⁵³ Eurostat, Total GBAORD by NABS 2007 socio-economic objectives [gba_nabsfin07]. Energiaa koskevaan sosioekonomiseen tavoitteeseen sisältyy myös T&I perinteisten energialähteiden alalla. Energiaunionin T&I-painopisteet tulisi ottaa huomioon myös muissa sosioekonomisissa tavoitteissa.

⁵⁴ IEA ETP <https://www.iea.org/reports/clean-energy-innovation/global-status-of-clean-energy-innovation-in-2020#government-rd-funding>

⁵⁵ Ei sisällä EU-rahoitusta.

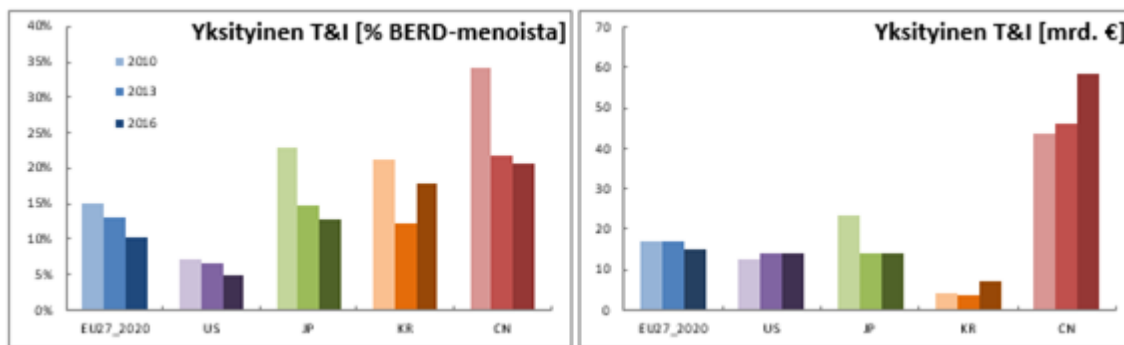
⁵⁶ Muokattu IEA:n vuotta 2020 koskevien energiateknologian tutkimuksen, kehittämisen ja demonstroinnin määrärahatietojen pohjalta.

⁵⁷ Mission Innovation Tracking Progress <http://mission-innovation.net/our-work/tracking-progress/>

⁵⁸ Verrattuna BERD-tilastoihin: Eurostat/OECD business expenditure on R&D (BERD) by NACE Rev. 2 activity and source of funds [rd_e_berdfundr2]. Yleishyödyllisten palvelujen alaan kuuluvat veden keruu-, käsittely- ja jakelupalvelut. Tietoa ei ole saatavilla kaikista maista.

⁵⁹ JRC118288 input to Mission Innovation (2019) "Mission Innovation Beyond 2020: challenges and opportunities".

Kaavio 6 Arvio yksityisten T&I-investointien osuudesta energiaunionin T&I-painopisteisiin myönnetystä rahoituksesta⁶⁰



Lähde 6 JRC⁴⁹, Eurostat/OECD⁵⁵

Suurten julkisesti noteerattujen yhtiöiden ja niiden tytäryhtiöiden osuus suurimmista sijoittajista on keskimäärin 20–25 prosenttia, mutta niiden osuus patentointitoiminnasta ja investoinneista on 60–70 prosenttia. Autoteollisuus on EU:ssa absoluuttisesti ilmaistuna suurin yksityinen T&I-investoija energiaunionin T&I-painopisteissä⁶¹ ennen bioteknologiaa ja lääkealaa. Kuten kaaviosta 7 voi havaita, energiateollisuuden alalla suurin T&I-investoija on öljy- ja kaasusektori. Muiden energia-alan toimijoiden, kuten sähkösektorin ja vaihtoehtoisia energiamuotoja hyödyntävien yritysten, T&I-määrärahat ovat huomattavasti pienemmät, mutta nämä toimijat investoivat enemmän puhtaaseen energiaan. On huolestuttavaa, että suuri osa energia-alan tutkimukseen ja innovointiin varatuista yksityisistä määrärahoista käytetään muuhun kuin puhtaisiin energiateknologioihin. IEA:n mukaan keskimäärin alle prosentti öljy- ja kaasuyhtiöiden pääomamenojen kokonaismäärästä liittyy niiden ydinliiketoiminta-alueiden ulkopuoliseen toimintaan^{62,63}, ja vain kahdeksan prosenttia niiden patenteista koskee puhdasta energiaa⁶⁴.

Kaavio 7 EU:n T&I-investoinnit energiaunionin T&I-painopisteisiin teollisuusaloittain⁶⁵

⁶⁰ Kiinaa koskevat arviot ovat erityisen haastavia ja epävarmoja teollis- ja tekijänoikeuksien suojausta koskevien erojen (ks. myös <https://chinapower.csis.org/patents/>) sekä yritysrahoituksen (esim. valtion tukemat yritykset) ja tilinpäätösraportoinnin kartoittamiseen liittyvien vaikeuksien takia.

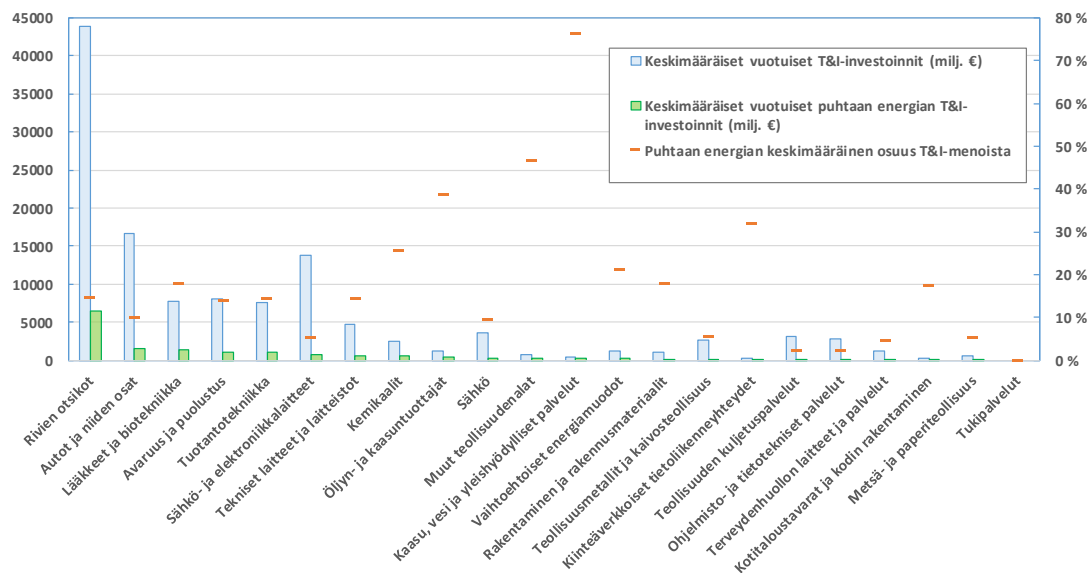
⁶¹ IEA on käyttänyt laajempaa puhtaan energian määritelmää kuin tässä kertomuksessa käytetään. Laajempi määritelmä kattaa myös esimerkiksi teollisuuden energiatehokkuuteen liittyvät T&I-investoinnit.

⁶² Muutaman johtavan yrityksen investoinnit puhtaaseen energiaan ovat noin viiden prosentin tasolla.

⁶³ IEA, The oil and gas industry in energy transitions, world energy outlook special report, tammikuu 2020, <https://www.iea.org/reports/the-oil-and-gas-industry-in-energy-transitions>

⁶⁴ The Energy Transition and Oil Companies' Hard Choices – Oxford Institute for Energy Studies, heinäkuu 2019; Rob West, perustaja, Thundersaid Energy & Research Associate, OIES ja Bassam Fattouh, johtaja, OIES, sivu 4.

⁶⁵ Eniten investoivat alat. Viiden vuoden keskiarvo (2012–2016) alaa kohti; kolmasosaa yrityksistä (listaamattomat yhtiöt, pienemmät sijoittajat) ei voida kohdentaa tietylle toimialalle.



Lähde 7 JRC⁴⁹

Pääomasijoitukset puhtaaseen energiaan ovat lisääntyneet viime vuosina, mutta ne ovat edelleen vähäisiä (hieman yli 6–7 %) verrattuna yksityisen sektorin T&I-investointeihin. Toistaiseksi vuonna 2020 pääomasijoitukset puhtaaseen energiateknologiaan ovat vähentyneet merkittävästi ympäri maailman.⁶⁶

Puhtaisiin energiateknologioihin liittyvä patentointitoiminta⁶⁷ oli huipussaan vuonna 2012, minkä jälkeen toiminta on vähentynyt⁶⁸. Tästä kehityssuuntauksesta huolimatta tietyt teknologiat, jotka ovat yhä tärkeämpiä siirryttäessä puhtaaseen energiaan (esim. akkuteknologia), ovat kuitenkin säilyttäneet aiemman patentointitason tai jopa lisänneet patentointitoimintaa.

Puhtaita energiateknologioita koskevien arvokkaiden⁶⁹ patenttien osalta kansainvälistä kilpailua johtavat EU ja Japani. Puhdasta energiaa koskevia patenttien osuus kaikista arvokkaista innovaatioista EU:ssa on kuusi prosenttia. Kilpaileviin talouksiin verrattuna tämä osuus on vastaava kuin Japanissa, suurempi kuin Kiinassa (4 prosenttia) sekä Yhdysvalloissa ja muualla maailmassa (5 prosenttia) ja suurin heti Korean (7 prosenttia) jälkeen. Neljäsosa sadasta tärkeimmästä yrityksestä puhtaan energian alalla myönnettyjen arvokkaiden patenttien osalta sijaitsee EU:ssa. Suurin osa EU:ssa päätoimipaikkaansa pitävien monikansallisten yritysten rahoittamista innovaatioista on tuotettu Euroopassa ja enimmäkseen samassa maassa sijaitsevilla tytäryhtiöillä.⁷⁰ Yhdysvallat ja Kiina ovat EU:n alueella tehtyjen innovaatioiden suojauksen kannalta tärkeimmät rekisteröintimaat ja siten myös tärkeimmät markkina-alueet.

⁶⁶ JRC⁵² ja JRC:n analyysi, joka perustuu Pitchbookin ja IEA:n tietoihin puhtaan teknologian pääomasijoituksista.

⁶⁷ Vähähiiliset energiateknologiat, jotka kuuluvat energiaunionin T&I-painopisteisiin.

⁶⁸ Paitsi Kiinassa, jossa paikallisten patenttihakemusten määrä kasvaa edelleen mutta jossa innovaatioille ei haeta kansainvälistä suojaa. (Ks. myös: Are Patents Indicative of Chinese Innovation? <https://chinapower.csis.org/patents/>)

⁶⁹ Arvokkaita patenttiryhmiä (innovaatioita) ovat ne, joihin sisältyy useampaa kuin yhtä patenttivirastoa koskevia hakemuksia, eli ne, joissa haetaan suojaa useammassa kuin yhdessä maassa tai yhdellä markkina-alueella.

⁷⁰ Poikkeukset liittyvät pääasiassa kannustimiin, kieleen ja maantieteelliseen läheisyyteen.

2.5 Elpyminen covid-19-pandemiasta⁷¹

Euroopan energiajärjestelmä on osoittanut kestävänsä hyvin pandemiasta aiheutuvia häiriöitä⁷², ja alan energialähteiden yhdistelmä on muuttunut vihreämmäksi: hiilivoiman tuotanto EU:ssa on vähentynyt 34 prosenttia ja uusiutuvien energialähteiden osuus sähköntuotannosta on noussut 43 prosenttiin vuoden 2020 toisella neljänneksellä, mikä on tähän mennessä suurin osuus⁷³. Samaan aikaan vaikuttaa siltä, että pandemian vaikutukset puhtaan energian alan tulokseen osakemarkkinoilla ovat jääneet maltillisiksi ja ala on elpynyt nopeammin kuin fossiilisten polttoaineiden sektorit. Digitalisaatio on auttanut yrityksiä ja toimialoja selviytymään kriisistä ja edistänyt myös uusien digitaalisten sovellusten syntymistä.

Vaikka EU:n energian arvoketjut ovat elpymässä, kriisi on nostanut etusijalle toimitusketjujen optimoinnin ja mahdollisen alueellistamisen, jotta voidaan vähentää altistumista tuleville häiriöille ja parantaa häiriönsietokykyä. Komission tavoitteena on tunnistaa energiateknologioiden kriittiset toimitusketjut, analysoida mahdollisia haavoittuvuuksia ja parantaa toimitusketjujen häiriönsietokykyä.⁷⁴ Elpymisen kannalta keskeisiä painopisteitä ovat energiatehokkuus (erityisesti rakennusten perusparannusaallon avulla), uusiutuvat energialähteet sekä vety- ja energiajärjestelmien integrointi. Pelkona kuitenkin on, että pandemia vaikuttaa T&I-investointeihin ja -resursseihin, kuten aiemmissa talouskriiseissä on todistettavasti tapahtunut.

Elvytystoimissa voidaan hyödyntää energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian, myös uusiutuvista energialähteistä tuotetun energian⁷⁵, tarjoamia mahdollisuuksia luoda työpaikkoja ja siten parantaa työllisyyttä ja samalla edetä kohti kestävyyttä. T&I-investointien (yritysten T&I-investoinnit mukaan lukien) tukemisella on suurempi myönteinen vaikutus keskitason ja korkean teknologian alojen, kuten puhtaamman energiateknologian alan, työllisyyteen.⁷⁶ Samaan aikaan tarvitaan vähähiilisiä läpimurtoteknologioita esimerkiksi energiantensiivisillä teollisuudenaloilla, mikä edellyttää nopeampia T&I-investointeja teknologioiden demonstrointiin ja käyttöönottoon.

3. TÄRKEIMMÄT PUHTAAN ENERGIAN TEKNOLOGIAT JA RATKAISUT

Tässä osiossa analysoidaan kunkin edellä käsitellyn kuuden teknologian tärkeimmät kilpailukykyä koskevat tunnusluvut sekä niiden *tilanne, arvoketju ja maailmanmarkkinat* taulukossa 1 esitettyjen indikaattoreiden pohjalta. EU:n suorituskkyä verrataan mahdollisuuksien mukaan myös muihin keskeisiin alueisiin (esim. Yhdysvallat ja Aasia). Yksityiskohtaisempi analyysi muista keskeisistä puhtaista ja vähähiilisistä energiateknologioista, joita tarvitaan ilmaston neutraaliuden saavuttamisessa, esitetään

⁷¹ Perustuu JRC:n analyysiin covid-19-pandemian vaikutuksista energiajärjestelmään ja arvoketjuihin.

⁷² SWD(2020) 104 Energy security: good practices to address pandemic risks.

⁷³ Quarterly Report on European Electricity Markets, Volume 13, Issue 2. https://ec.europa.eu/energy/data-analysis/market-analysis_en?redir=1

⁷⁴ Analyysia tukee tutkimus, jonka päätelmät on tarkoitus julkaista huhtikuussa 2021.

⁷⁵ On arvioitu, että sama investointitaso luo lähes kolme kertaa enemmän työpaikkoja kuin fossiilisia polttoaineita käyttävillä teollisuudenaloilla. Lähde: Heidi Garrett-Peltier, Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model, Economic Modelling, Volume 61, 2017, 439–447.

⁷⁶ EC work for MI Tracking Progress: The Economic Impacts of R&D in the Clean Energy Sector and COVID-19, 2020, MI Webinar, 6. toukokuuta 2020.

tähän kertomukseen liittyvässä raportissa *Clean Energy Transition – Technologies and Innovations*⁷⁷.

3.1 Avomerellä tuotettava uusiutuva energia – tuulivoima

Teknologia: EU:n merituulivoiman kokonaiskapasiteetti oli 12 gigawattia vuonna 2019.⁷⁸ Vuoteen 2050 mennessä EU:n merituulivoimakapasiteetti nousee EU:n skenaarioiden mukaan noin 300 gigawattiin.⁷⁹ Maailmanlaajuisesti kustannukset ovat laskeneet jyrkästi viime vuosina, ja kysyntää ovat lisänneet maailmanlaajuisesti toteutetut tarjouskilpailut ja tuulipuistojen rakentaminen myös ilman tukirahoitusta. Merituulivoima-ala on hyötynyt huomattavasti maatuulivoiman kehittämisestä, erityisesti sen tuomista mittakaavaeduista (esim. materiaalikehitys ja yhteiset komponentit), minkä ansiosta alalla on voitu keskittyä teknologian innovatiivisimpiin osa-alueisiin (kuten kelluviin merituulivoimaloihin sekä uusiin materiaaleihin ja komponentteihin). Viimeaikaisten merituulivoimahankkeiden seurauksena kapasiteetti on lisääntynyt merkittävästi: jatkuvien T&I-toimien ansiosta turbiinien keskimääräinen tehokapasiteetti on kasvanut 3,7 megawattista (vuonna 2015) 6,3 megawattiin (vuonna 2018).

Merituulivoima-alan T&I-toiminta keskittyy pääasiassa turbiinien koon kasvattamiseen, kelluviin sovelluksiin (erityisesti alusrakenteiden suunnitteluun), infrastruktuurin kehittämiseen ja digitalisaatioon. Noin 90 prosenttia EU:n tuulivoima-alan T&I-rahoituksesta tulee yksityiseltä sektorilta.⁸⁰ EU:n tasolla merituulivoimaa koskevia T&I-toimia on tuettu 1990-luvulta lähtien. Merituulivoima, erityisesti kelluva tuulivoima, on saanut viime vuosina huomattavaa rahoitusta (*Figure 8*). Nämä T&I-mallit osoittavat, että EU voisi saada kilpailuetua kehittämällä uusia markkinasegmenttejä. Esimerkkeinä mainittakoon EU:n kokonaisvaltainen merituulivoiman toimitusketju (joka ulottuu myös toistaiseksi hyödyntämättömille EU:n merialueille), johtava asema kelluvan merituulivoiman alalla, tavoitteena laajentua myös syvemmille vesialueille, sekä uudet konseptit, kuten lentotuulijärjestelmät tai sellaisten satamainfrastruktuurien kehittäminen, joilla voidaan saavuttaa kunnianhimoiset tavoitteet (ja synergiaetuja muille aloille, kuten vedyn tuotannolle satamissa). Patentointisuuntaukset vahvistavat Euroopan kilpailukykyä tuulivoiman alalla. EU:n toimijoilla on johtava asema arvokkaiden innovaatioiden⁸¹ osalta, ja ne suojaavat osaamistaan myös kotimarkkinoiden ulkopuolisissa patenttivirastoissa.

Kaavio 8 FP7- ja H2020-ohjelmista myönnetyn unionin T&I-rahoituksen kehitys tuulivoimaa koskevien T&I-painopisteiden mukaan sekä vuosina 2009–2019 rahoitettujen hankkeiden määrä.

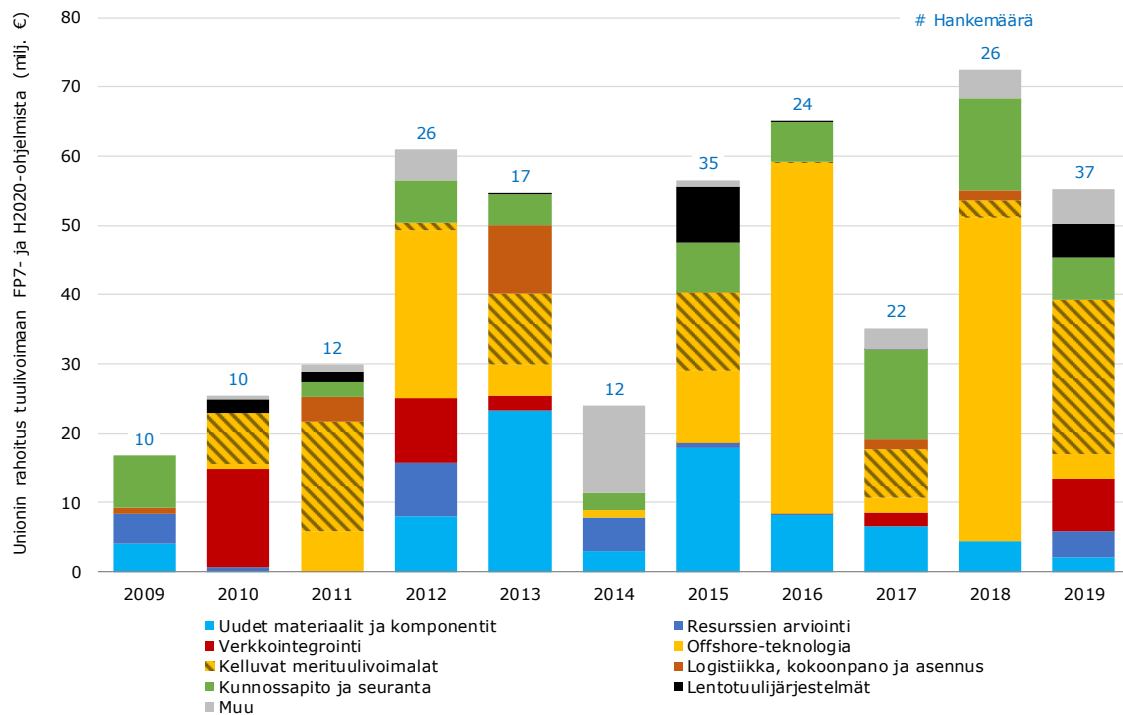
⁷⁷ SWD(2020) 953.

⁷⁸ GWEC, Global Wind Energy Report 2019 (2020).

⁷⁹ Komission tiedonannossa COM(2020) 562 final esitetyn CTP MIX -skenaarion mukaan.

⁸⁰ JRC Technology Market Report – Wind Energy (2019).

⁸¹ Tämä tarkoittaa sitä, että patenteja suojataan myös patentin myöntäneen maan ulkopuolisissa patenttivirastoissa. 'Arvokkailla patenteilla' tarkoitetaan patenttiryhmiä, joihin sisältyy patenttihakemuksia useammassa kuin yhdessä patenttivirastossa. Noin 60 prosenttia EU:n kaikista tuulivoimaan liittyvistä keksinnöistä on suojattu myös muissa maissa (vertailun perusteella vain 2 prosenttia kiinalaisista keksinnöistä on suojattu myös Kiinan ulkopuolisissa patenttivirastoissa).



Lähde 8 JRC 2020⁸²

Muut viimeaikaiset innovaatiot koskevat logistiikkaa ja toimitusketjuja, kuten tuuliturbiinien vaihteiston kehittäminen tavanomaiseen kuljetuskonttiin sopivaksi⁸³ tai kiertotalouden lähestymistapojen soveltaminen laitosten koko elinkaaren ajan. Muita innovaatioita ja suuntauksia, joiden odotetaan kehittyvän eniten seuraavien kymmenen vuoden aikana, ovat suprajohtavat generaattorit, kehittyneet tornimateriaalit ja merituulivoiman lisäarvo (tuulivoimajärjestelmän arvo). Merituulivoimaa koskevasta SET-suunnitelmasta vastaavan työryhmän mukaan useimmat näistä aloista ovat avainasemassa, jos Eurooppa haluaa säilyttää kilpailukykynsä tulevaisuudessa. Tällä hetkellä Euroopalla on johtava asema kaikilla offshore-tuulivoimaloiden tunnistus- ja seurantajärjestelmien arvoketjun osa-alueilla, tutkimus ja tuotanto mukaan luettuina.⁸⁴

Arvoketju: EU:n yritykset ovat kilpailijoitaan edellä offshore-tuulivoimaloiden markkinoilla kaikissa teholuokissa, mikä kuvastaa Euroopan merituulivoimamarkkinoiden vakiintunutta asemaa ja uusien turbiinien kasvavaa kokoa.⁸⁵ Tällä hetkellä noin 93 prosenttia Euroopassa vuonna 2019 käytössä olleesta merituulivoimakapasiteetista on eurooppalaisten valmistajien (Siemens, Gamesa Renewable Energy, MHI Vestas ja Senvion⁸⁶) paikallisesti tuottamaa.

⁸² JRC 2020, Low Carbon Energy Observatory, Wind Energy Technology Development Report 2020, Euroopan komissio, 2020, JRC120709.

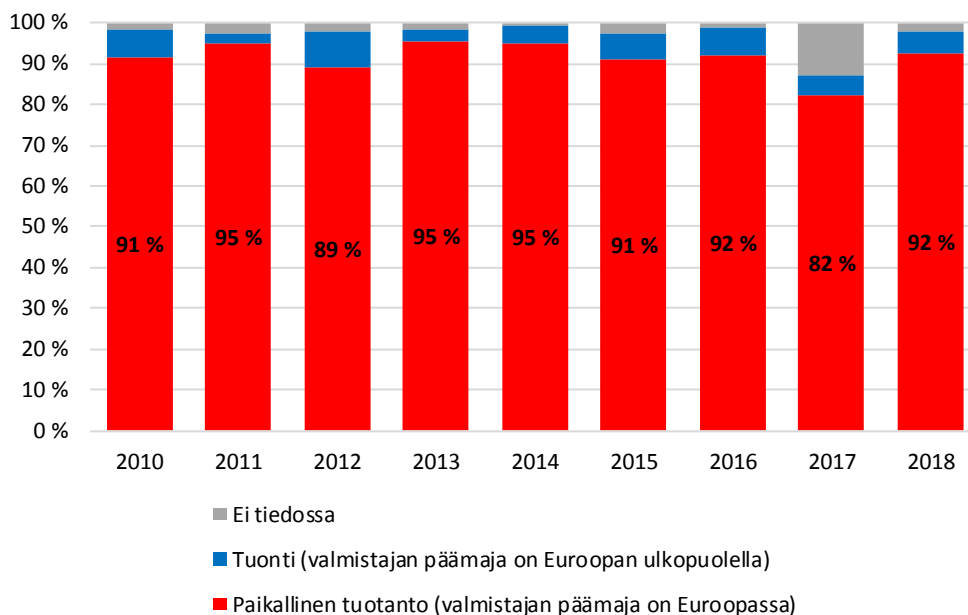
⁸³ SET-Plan, Offshore Wind Implementation Plan (2018).

⁸⁴ ICF, sisämarkkinoiden, teollisuuden, yrittäjyyden ja pk-yritystoiminnan pääosaston tilaama tutkimus "Climate neutral market opportunities and EU competitiveness study" (2020).

⁸⁵ JRC Technology Market Report – Wind Energy (2019).

⁸⁶ Markkinoiden odotetaan keskittyvän vielä voimakkaammin Senvionin maksukyvyttömyyden seurauksena ja Bremerhavenin vuoden 2019 lopussa tapahtuneen turbiinitehtaan sulkemisen jälkeen.

Kaavio 9 Uusi tuulivoimakapasiteetti (maa- ja merituulivoimalat) – paikallinen tuotanto vs. tuonti Euroopan sisämarkkinoilla



Lähde 9 JRC 2020⁸⁷

Maailmanmarkkinat: EU:n⁸⁸ osuus maailmanlaajuisesta viennistä kasvoi vuoden 2016 tasosta, 28 prosentista, 47 prosenttiin vuonna 2018. Maailman kymmenestä suurimmasta viejämäasta kahdeksan oli EU-maita, ja Kiina ja Intia olivat EU:n tärkeimmät kilpailijat. Vuosina 2009–2018 EU:n⁸⁹ kauppataase pysyi positiivisena ja oli kasvussa.

Maailmanmarkkinoita koskevien ennusteiden mukaan Aasian (Kiina mukaan luettuna) merituulivoimakapasiteetin odotetaan kasvavan noin 95 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä (ja maailmanlaajuisen kapasiteetin lähes 233 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä).⁹⁰ Lähes puolet maailmanlaajuisista merituulivoimainvestoinneista vuonna 2018 tehtiin Kiinassa.⁹¹ Samalla vuoteen 2030 ulottuvalla aikajänteellä CTP MIX -skenaariossa ennustetaan EU:n merituulivoimakapasiteetin kasvavan 73 gigawattiin. Tällä hetkellä kansallisissa energia- ja ilmastosuunnitelmissa merituulivoimakapasiteetin ennustetaan kasvavan 55 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä.

Kelluvat sovellukset (50–1000 metriä syville vesialueille tarkoitetut kelluvat merituulipuistot) näyttävät olevan toteuttamiskelpoinen vaihtoehto niille EU-maille ja -alueille, joilla ei ole matalampia vesialueita, ja ne voisivat avata uusia markkinoita esimerkiksi Atlantin valtamerellä, Välimerellä ja mahdollisesti Mustallamerellä. Suunnitteilla tai käynnissä on useita hankkeita, joiden seurauksena kelluva kapasiteetti Euroopan aluevesillä kasvaisi 350 megawattiin vuoteen 2024 mennessä. Lisäksi EU:n tuulivoima-alan tavoitteena on tukea ilmastoneutraaliuden saavuttamista perustamalla vuoteen 2050 mennessä Euroopan aluevesille kelluvia merituulipuistoja, joiden kokonaiskapasiteetti on 150 gigawattia.⁹² Kelluvien merituulipuistojen tuottaman

⁸⁷ JRC 2020, Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe, JRC121366 (tulossa).

⁸⁸ EU, Yhdistynyt kuningaskunta mukaan luettuna.

⁸⁹ EU, Yhdistynyt kuningaskunta mukaan luettuna.

⁹⁰ GWEC 2020, Global Offshore Wind Report, 2020.

⁹¹ IRENA – Future of wind (2019, s. 52).

⁹² ETIPWind, Floating Offshore Wind. Delivering climate neutrality (2020).

energian maailmanlaajuiset markkinat tarjoavat huomattavia kaupallisia mahdollisuuksia EU:n yrityksille. Tästä energialähteestä peräisin olevan kapasiteetin odotetaan nousevan vuoteen 2030 mennessä yhteensä noin 6,6 gigawattiin, josta huomattavan määrän odotetaan Euroopan markkinoiden (Ranska, Norja, Italia, Kreikka, Espanja) lisäksi tuotettavan tietyissä Aasian maissa (Etelä-Korea ja Japani) vuosina 2025–2030. Koska Kiinassa on runsaasti tuulivoimaloita matalilla vesialueilla, sen ei odoteta rakentavan kelluvia tuulipuistoja, joiden kapasiteetti olisi merkittävä keskipitkällä aikavälillä.⁹³ Kelluvat sovellukset voivat myös vähentää vedenalaisia ympäristövaikutuksia erityisesti rakennusvaiheessa.

Merituulivoima on kilpailukykyinen toimiala maailmanmarkkinoilla. Lisääntyvästä maailmanlaajuisesta markkinakysynnästä, kuten kelluvien tuulipuistojen tuottaman energian kysynnästä, voi tulla keskeinen tekijä EU:n toimijoille, mikäli ne haluavat menestyä kasvavalla merituulivoima-alalla. Toinen keskeinen tekijä on se, sitoutuvatko jäsenvaltiot tuulienergiaan. Nykyinen epäsuhta vuoteen 2030 ulottuvien kansallisten energia- ja ilmastosuunnitelmien ennusteen (merituulivoiman kapasiteetti on 55 gigawattia) ja EU:n skenaarion (73 gigawattia⁹⁴) välillä tarkoittaa, että investointeja on lisättävä. Merituulivoiman kehittämisen myönteinen vaikutus merialueiden toimitusketjuihin on tärkeä myös aluekehityksen kannalta (valmistuspaikka, turbiinien kokoaminen lähellä markkinoita, vaikutus satamainfrastruktuureihin). Avomerellä tuotettavaa uusiutuvaa energiaa koskevassa strategiassa⁹⁵ määritetään joukko toimenpiteitä, joilla voidaan vastata haasteisiin ja parantaa avomerituotannon näkymiä.

3.2 Avomerellä tuotettava uusiutuva energia – valtamerienergia

Teknologia: Vuorovesi- ja aaltoenergiateknologiat ovat edistyneimmät valtamerienergiateknologiat, ja niihin liittyy huomattavaa potentiaalia useissa jäsenvaltioissa ja useilla alueilla.⁹⁶ Vuorovesiteknologian voidaan katsoa olevan esikaupallisessa vaiheessa. Suunnittelun lähentyminen on auttanut kehittämään teknologiaa ja tuottamaan huomattavan määrän sähköä (yli 30 gigawattituntia vuodesta 2016 lähtien⁹⁷). Euroopassa ja maailmanlaajuisesti on käynnistetty lukuisia hankkeita ja otettu käyttöön useita prototyyppkejä. Useimpien aaltoenergiaan liittyvien teknologioiden teknologisen valmiuden taso on 6–7, ja niissä keskitytään voimakkaasti T&I-toimintaan. Useimmat aaltoenergiaan liittyvät parannukset ovat peräisin EU:ssa käynnissä olevista hankkeista. Viiden viime vuoden aikana ala on osoittanut joustavuutta⁹⁸, ja alalla on saavutettu merkittävää teknologista edistystä demonstrointipuistojen ja laatuaan ensimmäisten puistojen onnistuneen käyttöönoton ansiosta.⁹⁹

Pitkän aikavälin strategian skenaarioissa valtamerienergiateknologian käyttöönoton ennustetaan jäävän vähäiseksi. Aalto- ja vuorovesienergiamuuntimien korkeat kustannukset ja suorituskykytietojen vähäinen saatavuus rajoittavat valtamerienergian talteenottoa ennustemallissa.¹⁰⁰ Samalla Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa

⁹³ GWEC 2020, Global Offshore Wind Report, 2020.

⁹⁴ Komission tiedonannon COM(2020) 562 final mukainen CTP MIX -skenaario.

⁹⁵ Strategia on tarkoitus julkaista myöhemmin vuonna 2020.

⁹⁶ Vuorovesienergian kehittämiseen on merkittäviä mahdollisuuksia Ranskassa, Irlannissa ja Espanjassa ja paikallisia mahdollisuuksia muissa jäsenvaltioissa. Aaltoenergian alalla on suurta potentiaalia Atlantilla sekä paikallisia mahdollisuuksia Pohjanmerellä, Itämerellä, Välimerellä ja Mustallamerellä.

⁹⁷ Ofgem Renewable Energy Guarantees of Origin Register. <https://www.renewablesandchp.ofgem.gov.uk/>

⁹⁸ Euroopan komissio (2017) Study on Lessons for Ocean Energy Development, EUR 27984.

⁹⁹ Magagna & Uihlein (2015) 2014 JRC Ocean Energy Status Report.

¹⁰⁰ On odotettavissa, että tulevana vuosina näiden teknologioiden validointi ja kustannusten pieneneminen tulevat näkymään EU:n energiamallinnuksen tuloksissa.

korostetaan uusiutuvan valtamerienergian keskeistä roolia siirryttäessä ilmastoneutraaliin talouteen ja odotetaan sen panoksen olevan merkittävä oikeissa markkina- ja poliittisissa olosuhteissa (2,6 gigawattia Euroopan aluevesillä vuoteen 2030 mennessä¹⁰¹ ja 100 gigawattia vuoteen 2050 mennessä¹⁰²). Meneillään olevien demonstrointihankkeiden perusteella kustannuksia voidaan pienentää nopeasti: Horisontti 2020 -hankkeista saadut tiedot osoittavat, että vuorovesienergian kustannukset laskivat yli 40 prosenttia vuosina 2015–2018.^{103,104}

Arvoketju: Euroopan johtoasema kattaa koko valtamerienergian toimitusketjun¹⁰⁵ ja innovaatiojärjestelmän¹⁰⁶. Erikoistuneista tutkimuslaitoksista ja kehittäjistä muodostuva eurooppalainen klusteri sekä tutkimusinfrastruktuurien käyttömahdollisuus ovat tarjonneet Euroopalle mahdollisuuden kehittää ja ylläpitää nykyistä kilpailuasemaansa.

Maailmanmarkkinat: EU säilyttää maailmanlaajuisen johtoasemansa huolimatta siitä, että Yhdistynyt kuningaskunta on eronnut unionista ja että aalto- ja vuorovesienergiateknologian markkinoilla on tapahtunut muutoksia. EU:hun sijoittautuneiden yritysten osuus maailman valtamerienergiakapasiteetista on 70 prosenttia.¹⁰⁷ Seuraavan vuosikymmenen aikana on erittäin tärkeää, että EU:n kehittäjät edistävät kilpailuasemaansa edelleen. Maailman valtamerienergiakapasiteetin odotetaan kasvavan 3,5 gigawattiin seuraavien viiden vuoden aikana, ja vuoteen 2030 mennessä sen odotetaan kasvavan jopa 10 gigawattiin.¹⁰⁸

¹⁰¹ Euroopan komissio (2018) Market study on ocean energy. 2.2GW of tidal stream and 423MW of wave energy.

¹⁰² Euroopan komissio (2017) Ocean energy strategic roadmap: building ocean energy for Europe.

¹⁰³ JRC (2019) Technology Development Report LCEO: Ocean Energy.

¹⁰⁴ Lisäksi T&I-toiminta kehittyneiden ja hybridimateriaalien, uusien valmistusprosessien sekä innovatiivisia 3D-teknologioita käyttävän, materiaalia lisäävän valmistuksen aloilla saattaa vähentää kustannuksia edelleen. Se voisi myös auttaa vähentämään energiankulutusta, lyhentämään toimitusaikoja ja parantamaan suurten valukomponenttien tuotantolaatua.

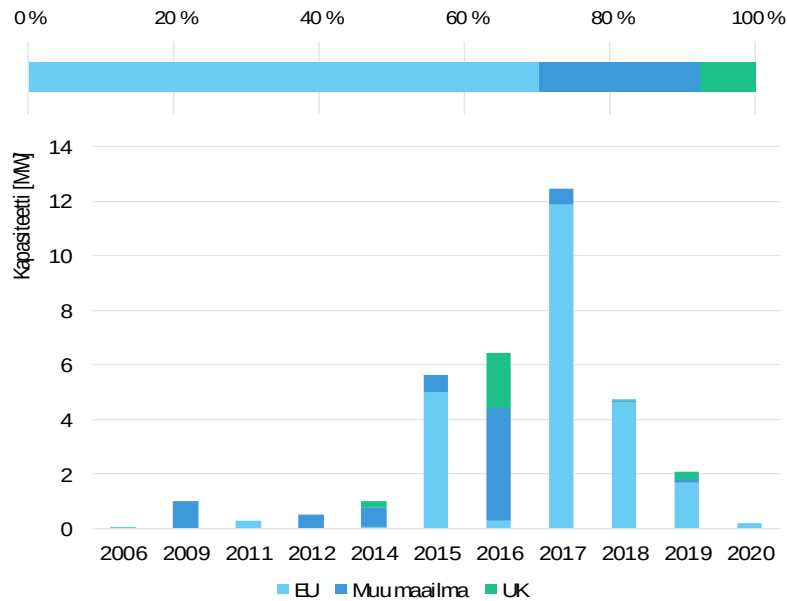
¹⁰⁵ JRC (2017) Supply chain of renewable energy technologies in Europe.

¹⁰⁶ JRC (2014) Overview of European innovation activities in marine energy technology.

¹⁰⁷ JRC (2020) – Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe, JRC121366 (tulossa).

¹⁰⁸ EURActive (2020) <https://www.euractiv.com/section/energy/interview/irena-chief-europe-is-the-frontrunner-on-tidal-and-wave-energy/>

Kaavio 10 Asennettu kapasiteetti teknologian alkuperän mukaan



Lähde 10 JRC 2020¹⁰⁹

EU:ssa¹¹⁰ 838 yritystä 26 maasta haki valtamerienergiaa koskevia patenteja tai osallistui niiden hakemiseen vuosina 2000–2015.¹¹¹ EU on jo pitkään pitänyt johtoasemaa valtamerienergiaa koskevien teknologioiden kehittämisessä T&I-toiminnan jatkuvan tukemisen ansiosta. Vuosina 2007–2019 aalto- ja vuorovesienergiaa koskevan T&I-toiminnan kokonaismenot olivat yhteensä 3,84 miljardia euroa, josta suurin osa (2,74 miljardia euroa) rahoitettiin yksityisin varoin. Samalla ajanjaksolla kansalliset T&I-ohjelmat rahoittivat aalto- ja vuorovesienergian kehittämistä 463 miljoonalla eurolla, kun taas EU-varoilla tuettiin T&I-toimintaa lähes 650 miljoonalla eurolla (mukaan lukien NER300- ja Interreg-hankkeet, jotka saivat osarahoitusta myös Euroopan aluekehitysrahastosta).¹¹² Tarkastelujakson aikana miljardin euron julkinen rahoitus (EU¹¹³- ja kansallinen rahoitus) houkutteli yksityistä rahoitusta keskimäärin 2,9 miljardia euroa.

Vuorovesi- ja aaltoenergiateknologioiden kustannuksia on edelleen merkittävästi pienennettävä, jotta niiden tarjoamia mahdollisuuksia voidaan hyödyntää energialähteiden yhdistelmässä. Tämä edellyttää tehostettua ja jatkuvaa demonstrointitoimintaa (eli enemmän vesihankkeita, joiden jatkuvuus myös varmistetaan). Teknologian kehittämisessä ja demonstroinnissa saavutetuista edistysaskeleista huolimatta alan on vaikea luoda toimivia markkinoita. Kansallinen tuki vaikuttaa vähäiseltä, mikä näkyy siinä, että vuoteen 2010 verrattuna kansallisissa energia- ja ilmastosuunnitelmissa sitoutuminen valtamerienergiakapasiteettiin on vähäistä, sekä siinä, ettei demonstrointihankkeille tai kehitteillä olevien, uusiutuvan energian teknologioihin liittyvien innovatiivisten korvausjärjestelmien kehittämiselle ole tarjolla selkeää kohdennettua tukea. Tämä rajoittaa mahdollisuuksia kehittää alan

¹⁰⁹ JRC (2020) – Facts and figures on Offshore Renewable Energy Sources in Europe, JRC121366 (tulossa).

¹¹⁰ EU, Yhdistynyt kuningaskunta mukaan luettuna.

¹¹¹ JRC (2020) Technology Development Report Ocean Energy 2020 Update.

¹¹² JRC:n laskelma, 2020.

¹¹³ Vuoteen 2020 saakka myönnetyt EU-rahoituksen saajiin kuului myös Yhdistyneeseen kuningaskuntaan sijoittautuneita toimijoita.

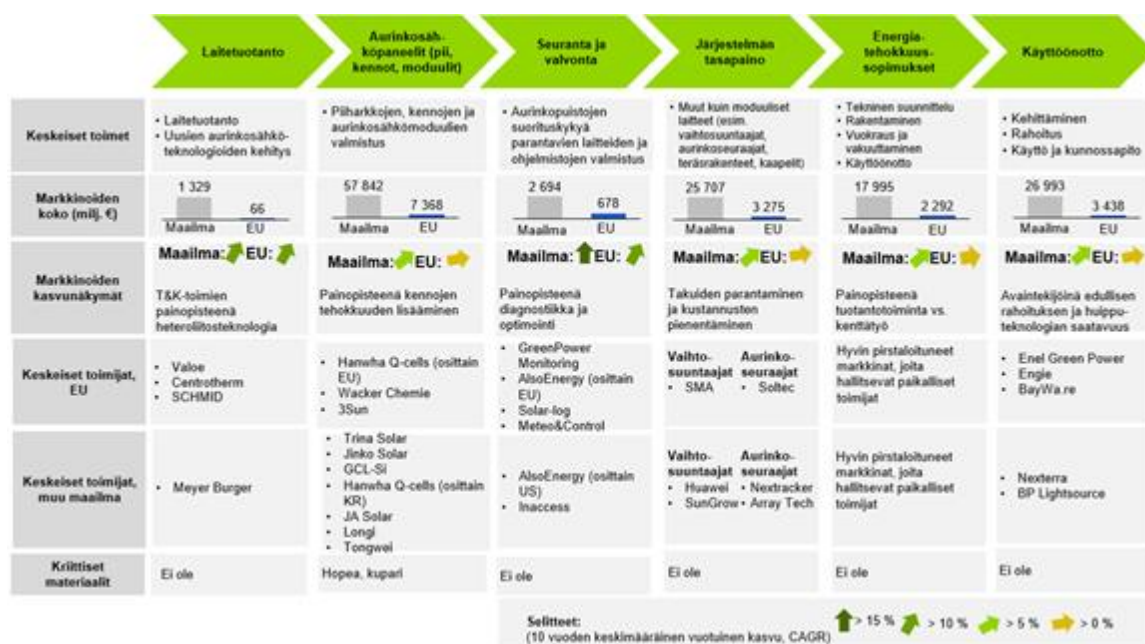
liiketoimintamallia ja tunnistaa toteuttamiskelpoisia tapoja kehittää ja hyödyntää teknologiaa. Valtamerienergiaa koskeviin erityisiin liiketoimintamalleihin on sen vuoksi kiinnitettävä enemmän huomiota erityisesti silloin, kun toiminnan ennustettavuus voi lisätä alan arvoa sekä sen potentiaalia vähentää hiilidioksidipäästöjä pienissä yhteisöissä ja EU:n saarilla.¹¹⁴ Tuleva avomerellä tuotettava uusiutuvaa energiaa koskeva strategia tarjoaa EU:lle mahdollisuuden tukea valtamerienergian kehittämistä ja hyödyntää kaikkia resurssejaan kaikkialla EU:ssa.

3.3 Aurinkosähkö

Teknologia: Aurinkosähköstä on tullut maailman nopeimmin kasvava energiateknologia. Aurinkosähkön kysyntä laajenee ja kasvaa, ja siitä on tulossa kilpailukykyisin vaihtoehto sähköntuotannolle yhä useammilla markkina- ja sovellusalueilla. Alan kasvua tukevat aurinkosähköjärjestelmien kustannusten aleneminen (EUR/W) ja tuotetun sähkön yhä kilpaillumpi hinta (EUR/MWh).

Aurinkosähkön kokonaiskapasiteetti EU:ssa¹¹⁵ oli 134 gigawattia vuonna 2019, ja sen ennustetaan kasvavan 370 gigawattiin vuonna 2030 ja 1 051 gigawattiin vuonna 2050.¹¹⁶ Kun otetaan huomioon aurinkosähkön kapasiteetin ennakoitu merkittävä kasvu EU:ssa ja maailmanlaajuisesti, Euroopalla pitäisi olla merkittävä rooli koko arvoketjussa. Tällä hetkellä eurooppalaisten yritysten suorituskyky kuitenkin vaihtelee aurinkosähkön arvoketjun eri osa-alueilla (Figure 11).

Kaavio 11 Eurooppalaiset toimijat aurinkosähköalan arvoketjussa



Lähde 11 ASSET Study on Competitiveness

Arvoketju: EU:n yritykset ovat kilpailukykyisiä pääasiassa arvoketjun loppupäässä. Ne ovat onnistuneet säilyttämään kilpailukykyisyytensä erityisesti järjestelmien seuranta, valvontaa ja tasapainoa koskevilla osa-alueilla, ja muutama yritys on johtavassa asemassa vaihtosuuntaajien valmistuksen ja aurinkoseuraajien aloilla. EU:n yritykset ovat myös

¹¹⁴ Euroopan komissio (2020), EU Blue Economy Report 2020.

¹¹⁵ EU, Yhdistynyt kuningaskunta mukaan luettuna.

¹¹⁶ Ilmastotavoitesuunnitelmaa tukevassa vaikutustenarvioinnissa (COM(2020) 562 final) esitettyjen ennusteiden mukaan.

säilyttäneet johtavan aseman käyttöönoton osa-alueella, jolla vakiintuneet toimijat, kuten Enerparc, Engie, Enel Green Power ja BayWa.re, ovat kasvattaneet markkinaosuuttaan maailmanlaajuisesti.¹¹⁷ Lisäksi laitetuotannolla on edelleen vahva perusta Euroopassa (esim. Meyer Burger, Centrotherm ja Schmid).

Maailmanmarkkinat: EU on menettänyt markkinaosuuttaan joillakin arvoketjun alkupään osa-alueilla (esim. aurinkosähkökennojen ja -moduulien valmistuksessa). Eniten lisäarvoa tuottavat alat sijoittautuvat sekä tuotantoketjun alkupäähän (perustason ja sovellettu T&K-toiminta ja suunnittelu) että sen loppupäähän (markkinointi, jakelu ja tuotemerkkien hallinnointi). Vaikka vähiten lisäarvoa tuottava toiminta tapahtuu arvoketjun keskivaiheilla (valmistus ja kokoonpano), on yritysten edun mukaista, että niillä on hyvä asema myös näillä osa-alueilla, jotta ne voivat vähentää riskejään ja rahoituskustannuksiaan. EU:ssa sijaitsee edelleen yksi johtavista monikiteisen piin valmistajista (Wacker Polysilicon AG), jonka tuotanto yksin riittää kapasiteetiltaan yhteensä 20 gigawatin aurinkokennojen valmistukseen ja joka vie merkittävän osan monikiteisen piin tuotannostaan Kiinaan.¹¹⁸ Aurinkosähköpaneelien maailmanlaajuisen tuotannon arvo on tällä hetkellä noin 57,8 miljardia euroa, josta EU:n osuus on 7,4 miljardia euroa (12,8 %). EU:n osuus tämän segmentin kokonaisarvosta on edelleen suhteellisen suuri monikiteisten piiharkkojen tuotannon ansiosta. Aurinkosähkökennojen ja -moduulien valmistuksen alalla EU:n osuus on kuitenkin supistunut jyrkästi. Kaikki kymmenen suurinta aurinkosähkökennojen ja -moduulien tuottajaa valmistavat nyt suurimman osan tuotannostaan Aasiassa.¹¹⁹

Monikiteisen piin sekä aurinkokennojen ja -moduulien tuotantolaitosten pääomakustannukset laskivat jyrkästi vuosina 2010–2018. Yhdessä valmistusteollisuuden innovaatioiden kanssa tämä tarjoaa EU:lle mahdollisuuden tarkastella aurinkosähkön valmistusta uudelleen ja kääntää tilanne päinvastaiseksi.¹²⁰

EU:n osallistuminen arvoketjun alku- ja loppupään toimintoihin voisi hyvinkin luoda perustan aurinkosähköalan jälleenrakentamiselle. Tämä edellyttäisi keskittymistä erikoisaloihin tai korkean suorituskyvyn ja korkean lisäarvon tuotteisiin, kuten laitteistojen ja vaihtosuuntaajien valmistukseen, aurinkosähkötuotteisiin, jotka on räätälöity rakennusalan, liikenteen (ajoneuvoihin integroitavat aurinkosähköjärjestelmät) ja/tai maatalouden (pällekkäinen maankäyttö) erityistarpeisiin, tai tehokkaisiin ja korkealaatuisiin aurinkovoimaloihin, jotka mahdollistavat käytettävissä olevien pintojen ja resurssien optimaalisen hyödyntämisen. Teknologian modulaarisuus helpottaa aurinkosähkön integrointia moniin sovelluksiin erityisesti kaupunkiympäristössä. Uudet aurinkosähköteknologiat, jotka ovat nyt saavuttamassa kaupallisen vaiheen, voisivat tarjota uuden perustan alan jälleenrakentamiselle.¹²¹ EU:n tutkimuslaitosten,

¹¹⁷ ASSET Study on Competitiveness, 2020.

¹¹⁸ JRC PV Status Report, 2011.

¹¹⁹ Izumi K., ”PV Industry in 2019” kertomuksessa *IEA PVPS Trends Report*, ETIP PV -kokous ”Ready for the TW era”, toukokuu 2019, Bryssel.

¹²⁰ Arnulf Jäger-Waldau, Ioannis Kougias, Nigel Taylor, Christian Thiel, How photovoltaics can contribute to GHG emission reductions of 55% in the EU by 2030, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 126, 2020, 109836, ISSN 1364-0321.

¹²¹ Seuraavassa on muutamia esimerkkejä Euroopan tärkeimmistä aurinkosähkön valmistusteollisuutta koskevista aloitteista: i) H2020-hanke ”Ampere”, jolla tuetaan piipohjaisten heteroliitoskennojen ja -moduulien tuotantolinjaa koskevaa pilottihanketta. 3Sun Factory (Catania, Italia) tuottaa yhtä tehokkaimmista tähän tekniikkaan perustuvista aurinkosähköteknologioista. ii) Oxford PV -aloite, jolla tuetaan perovskiittimateriaaleihin perustuvien aurinkosähkökennojen valmistusta ja jolle on myönnetty myös EIP:n InnovFin EDP -lainaa. iii) Meyer Burgerin patenttisuojattu heteroliitos-/SmartWire-teknologia, joka toimii tehokkaammin kuin nykyinen mono-PERC-standardi tai muut tällä hetkellä markkinoilla olevat heteroliitosteknologiat.

ammattitaitoisen työvoiman sekä alan nykyisten ja uusien toimijoiden vankka tietämys tarjoaa pohjan vahvan eurooppalaisen aurinkosähkön toimitusketjun uudelleenluomiselle.¹²² Jotta ala pysyisi kilpailukykyisenä, sen on kehitettävä maailmanlaajuisia toimintaa. Merkittävän aurinkosähköalan valmistusteollisuuden luominen EU:hun vähentäisi myös toimitushäiriöiden ja laatuongelmien riskiä.

3.4 Uusiutuvan vedyn tuotanto elektrolyysin avulla

Tässä osiossa keskitytään uusiutuvan vedyn tuotantoon ja vedyn arvoketjun ensimmäisen osa-alueen eli juuri tuotantosegmentin kilpailukykyyn.¹²³ Vety on keskeisessä asemassa uusiutuvista energialähteistä peräisin olevalla sähköllä tuotetun energian varastoinnissa ja vaikeasti sähköistettävien alojen hiilestä irtautumisessa. EU:n vetystrategian tavoitteena on saada käyttöön 40 gigawattia uusiutuvan vedyn¹²⁴ elektrolyysikapasiteettia ja tuottaa jopa 10 miljoonaa tonnia uusiutuvaa vetyä EU:n energiajärjestelmään vuoteen 2030 mennessä 24–42 miljardin euron suorilla investoinneilla.^{125,126}

Teknologia: Elektrolyysilaitteiden pääomakustannukset ovat pienentyneet 60 prosenttia kymmenen viime vuoden aikana, ja mittakaavaetujen ansiosta niiden odotetaan puolittuvan nykyisestä vuoteen 2030 mennessä.¹²⁷ Uusiutuvan vedyn kustannukset¹²⁸ ovat tällä hetkellä 3–5,5 euroa kilolta, joten uusiutuva vety on kalliimpaa kuin uusiutumaton vety (2 euroa vetykiloa kohti vuonna 2018¹²⁹).

Nykyisin alle prosentti maailman vedyntuotannosta perustuu uusiutuvaan energiaan.¹³⁰ Vuotta 2030 koskevista ennusteista uusiutuvan vedyn kustannukset ovat noin 1,1–2,4 euroa/kg¹³¹, mikä on vähemmän kuin vähähiilisiin fossiilisiin polttoaineisiin

¹²² Trinomics, Assessment of Photovoltaics (PV) – Final Report, 2017.

¹²³ Paikan päällä tapahtuva vedyn tuotanto samassa paikassa tapahtuvaa teollista käyttöä varten vaikuttaa lupaavalta mallilta, jonka avulla vedynkantajaratkaisut voidaan ottaa laajemmin nopeassa tahdissa käyttöön energiajärjestelmässä ilmastoneutraalia taloutta koskevan tavoitteen ja vetystrategian mukaisesti. Tässä kertomuksessa ei käsitellä muiden toimitusketjun osa-alueiden kilpailukykyä, kuten vedyn kuljetusta, varastointia tai muuntamista loppukäyttösovellusten (esim. liikkuvuus, rakennukset) tarpeisiin. Komissio on perustanut Euroopan puhtaan vedyn allianssin (European Clean Hydrogen Alliance) sidosryhmäfoorumiksi, joka kokoaa alan keskeiset toimijat yhteen.

¹²⁴ 'Uusiutuva vety' (josta käytetään usein nimitystä 'vihreä vety') on vetyä, jota tuotetaan uusiutuvista energialähteistä peräisin olevalla sähköllä toimivilla elektrolyysilaitteilla prosessissa, jossa vesi hajotetaan vedyksi ja hapeksi.

¹²⁵ Vetystrategia ilmastoneutraalille Euroopalle <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&from=FI>

¹²⁶ Lisäksi vuoteen 2030 mennessä tarvittaisiin 220–340 miljardin euron investoinnit, jotta elektrolyysilaitteiden käyttöön tarvittavaa aurinko- ja tuulivoimakapasiteettia voidaan kasvattaa 80–120 gigawattiin.

¹²⁷ Vetystrategiassa todetaan seuraavaa: Perustuu IEA:n, IRENAn ja BNEF:n kustannusarvioihin. Elektrolyysikustannusten ennakoita alenevan 900 eurosta/kW 450 euroon/kW tai sen alle vuoden 2030 jälkeisellä jaksolla ja 180 euroon/kW vuoden 2040 jälkeen. Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin kustannukset nostavat maakaasun reformoinnin kustannuksia 810 eurosta/kWH2 1 512 euroon/kWH2. Vuonna 2050 kustannusten arvioidaan olevan 1 152 euroa/kWH2 (IEA, 2019).

¹²⁸ Alkalisten elektrolyysilaitteiden hyötysuhde on tällä hetkellä noin 50 kWh/kgH2 (noin 67 prosenttia vedyn alemman lämpöarvon (LHV) perusteella) ja 55 kWh/kgH2 (noin 60 prosenttia vedyn (LHV) perusteella) PEM-elektrolyysin osalta. Kiinteäoksidi-elektrolyysereiden energiankulutus on pienempi (noin 40 kWh/kgH2), mutta prosessissa tarvittavien korkeiden lämpötilojen (> 600 °C) aikaansaamiseksi tarvitaan erillinen lämmönlähde. https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/MAWP%20final%20version_endorsed%20GB%2015062018%20%28ID%203712421%29.pdf

¹²⁹ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/hydrogen-production-costs-using-natural-gas-in-selected-regions-2018-2> Lähteessä mainittu luku on 1,7 Yhdysvaltain dollaria – käytetty vaihtokurssi: (1 EUR = 1,18 USD).

¹³⁰ Kansainvälinen energiajärjestö, Hydrogen Outlook, kesäkuu 2019, s. 32 – vuotta 2018 koskevat arviot.

¹³¹ COM(2020) 301 final.

perustuvan vedyn¹³² kustannukset ja lähes kilpailukykyisellä tasolla fossiilisiin polttoaineisiin perustuvan vedyn¹³³ kustannusten kanssa.

Vuosina 2008–2018 polttokenno- ja vety-yhteisyritys (HFC-JU) tuki 246:ta vetyyn liittyviä teknologisia sovelluksia koskevaa hanketta. Investointien kokonaismäärä oli 916 miljoonaa euroa, jota täydennettiin 939 miljoonan euron yksityisillä sekä kansallisilla ja alueellisilla investoinneilla. Horisontti 2020 -ohjelmasta (2014–2018) osoitettiin yli 90 miljoonaa euroa elektrolyysilaitteiden kehittämiseen, ja rahoitusta täydennettiin 33,5 miljoonan euron yksityisellä rahoituksella.^{134,135} Kansallisella tasolla Saksa on investoinut alaan eniten: vuosina 2014–2018 elektrolyysijärjestelmien kehittämiseen osoitettiin 39 miljoonaa euroa¹³⁶. Japanissa Asahi Kaseille myönnettiin usean miljoonan dollarin tuki alkalisen elektrolyyserin kehittämiseen.¹³⁸

Aasiassa (pääasiassa Kiinassa, Japanissa ja Etelä-Koreassa) haettiin vuosina 2000–2016 eniten patenteja vety-, elektrolyysi- ja polttokennoratkaisuille. EU:n yritysten suorituskyky tältä osin on kuitenkin erittäin hyvä, ja ne ovat hakeneet eniten arvokkaita patenteja vedyn ja elektrolyysilaitteiden alalla. Japanilaiset yritykset ovat kuitenkin hakeneet eniten arvokkaita patenteja polttokennoalalla.

Arvoketju: Tärkeimmät vesielektrolyysiteknologiat ovat alkalinen elektrolyysi (AEL), polymeerielektrolyysi (PEMEL) ja kiinteäoksiditeknikkaan perustuva korkean lämpötilan elektrolyysi (SOEL)¹³⁹:

- AEL on kypsä teknologia, jonka käyttökustannukset koostuvat sähkökustannuksista ja korkeista pääomakustannuksista. Tutkimushaasteita ovat korkeapainekäyttö ja kytkentä vaihtuvan kuorman järjestelmiin.
- PEMEL-teknologialla voi saavuttaa huomattavasti suuremmat virrantiheydet¹⁴⁰ kuin AEL- ja SOEL-teknologioilla, mikä voi pienentää pääomakustannuksia entisestään. Viime vuosina EU:hun (Saksaan, Ranskaan, Tanskaan ja Alankomaihin) on asennettu useita suuria (megawattitason) voimaloita, joiden avulla EU on onnistunut kuroma kiinni AEL-teknologian etumatkan. PEMEL-teknologia on valmis kaupalliseen

¹³² Tällä tarkoitetaan fossiilipohjaista vetyä, johon liittyy hiilidioksidin talteenotto, eli fossiilipohjaista vetyä siltä osin kuin vedyn tuotantoprosessista vapautuvat kasvihuonekaasut otetaan talteen.

¹³³ Tällä tarkoitetaan vetyä, joka on tuotettu erilaisilla fossiilisia polttoaineita raaka-aineena käytävillä prosesseilla; ks. COM(2020) 301 final.

¹³⁴ JRC 2020, Current status of Chemical Energy Storage Technologies, s. 63.

https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118776/current_status_of_chemical_energy_storage_technologies.pdf

¹³⁵ Vertailun vuoksi mainittakoon, että polttokenno- ja vety-yhteisyrityksen myöntämä rahoitus oli yhteensä 472 miljoonaa euroa ja muista rahoituslähteistä peräisin oleva rahoitus 439 miljoonaa euroa.

¹³⁶ Tämä sisältää sekä yksityisen että julkisen rahoituksen.

¹³⁷ JRC 2020, Current status of Chemical Energy Storage Technologies, s. 63
https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118776/current_status_of_chemical_energy_storage_technologies.pdf

¹³⁸ Yoko-moto, K., Country Update: Japan, 6th International Workshop on Hydrogen Infrastructure and Transportation, 2018.

¹³⁹ Kehitteillä on myös uudentyypinen korkeassa lämpötilassa toimiva elektrolyyseri, jonka teknologisen valmiuden taso on kuitenkin vielä hyvin matala: keraamiset protoninvaihtoelektrolyysit (proton ceramic electrolyser, PCEL) voivat tuottaa puhdasta, kuivaa, paineistettua vetyä elektrolyyserin enimmäispaineella, toisin kuin muut elektrolyysiteknologiat.

¹⁴⁰ Elektrolyysi on pinta-alan perustuva prosessi. Sen vuoksi elektrolyyseripinon kasvattamisessa ei voida hyödyntää pinta-alan ja tilavuuden suhteen optimointia, kuten tilavuuteen perustuvissa prosesseissa. Vaikka kaikki muut tekijät pysyisivät ennallaan, investointikustannukset lähes kaksinkertaistuvat tai kolminkertaistuvat, kun elektrolyyseripinon koko kaksinkertaistuu tai kolminkertaistuu, ja kasvun myötä syntyy vain vähän suoria mittakaavaetuja. Tämän vuoksi PEMEL-teknologian mahdollistama pinta-alan tehokkuuden lisääminen on keskeinen tekijä. Tehokkaampi vedyntuotanto elektrolyyserin pinnalla pienentää laitoksen pääomakustannuksia ja kokonaisjalanjälkeä.

- käyttöön. Sitä koskeva tutkimus keskittyy pääasiassa tehokkuuden lisäämiseen sekä kriittisten raaka-aineiden käytön vähentämiseen¹⁴¹ kestävydestä tinkimättä.
- SOEL-teknologian hyötysuhde on paras. Laitokset ovat kuitenkin pienempiä (kapasiteetiltaan yleensä silti 100 kilowatin luokkaa), ne edellyttävät vakaata toimintaa ja ne on kytkettävä lämmönlähteeseen.¹⁴² Kaiken kaikkiaan SOEL on vielä kehitysvaiheessa, vaikka tuotteita on jo tilattavissa markkinoilta.

Vuonna 2019 EU:ssa oli käytössä elektrolyysikapasiteettia noin 50 megawattia¹⁴³ (AEL:n osuus oli noin 30 % ja PEMELin 70 %), josta noin 30 megawattia sijaitsi Saksassa vuonna 2018¹⁴⁴.

AEL-teknologian toimitusketjuun ei liity kriittisiä komponentteja. Koska kloori-alkalielektrolyysiteollisuus, jossa käytetään paljon suurempia laitteistoja, on teknisesti samankaltainen, AEL-teollisuus voi hyödyntää teknologian päällekkäisyyksiä ja hyötyä sen vakiintuneista arvoketjuista.¹⁴⁵ PEMEL ja SOEL jakavat osan kustannus- ja toimitusriskeistä polttokennoalan arvoketjujen kanssa.¹⁴⁶ Tämä koskee erityisesti kriittisiä raaka-aineita¹⁴⁷ PEMELin tapauksessa ja harvinaisia maametalleja SOELin tapauksessa.

PEMEL-laitteistojen on kestävä syövyttäviä ympäristöjä, ja sen vuoksi niissä on käytettävä kalliimpia materiaaleja, kuten titaania bipolaaristen levyjen valmistuksessa. Merkittävimmät järjestelmäkustannukset liittyvät elektrolyyseripinoihin¹⁴⁸ (40–60 %) ja tehoelektroniikkaan (15–21 %). Pinojen kustannuksia nostavat etenkin membraanielektrodikokoonpanojen (MEA) kerrokset, jotka sisältävät jalometalleja.¹⁴⁹ SOEL-elektrodeissa ja -elektrolyyteissä käytettäviin harvinaisiin maametalleihin perustuvat kennokomponentit ovat myös keskeisiä pinojen kustannuksia lisääviä tekijöitä. On arvioitu, että pinojen osuus SOEL-järjestelmän kokonaiskustannuksista on noin 35 prosenttia.¹⁵⁰

Maailmanmarkkinat: Eurooppalaisilla yrityksillä on hyvät mahdollisuudet hyötyä markkinoiden kasvusta. EU:ssa on kaikkien kolmen tärkeimmän elektrolyysiteknologian tuottajia¹⁵¹, ja se on ainoa alue, jossa markkinoidaan tarkasti määriteltyjä SOEL-tuotteita. Muut toimijat sijaitsevat Yhdistyneessä kuningaskunnassa, Norjassa, Sveitsissä, Yhdysvalloissa, Kiinassa, Kanadassa, Venäjällä ja Japanissa.

¹⁴¹ Pääasiassa platinaryhmän metallit, erityisesti iridium.

¹⁴² Hiljattain käynnistetyin eurooppalaisen hankkeen¹⁴² tavoitteena on asentaa 2,5 megawatin laitos teollisuusympäristöön.

¹⁴³ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/a02a0c80-77b2-462e-a9d5-1099e0e572ce/IEA-Hydrogen-Project-Database.xlsx>

¹⁴⁴ <https://www.dwg-info.de/wp-content/uploads/2015/06/DVGW-2955-Brosch%C3%BCre-Wasserstoff-RZ-Screen.pdf>

¹⁴⁵ <https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Evidence%20Report%20v4.pdf>

¹⁴⁶ <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118394>

¹⁴⁷ Iridium on tällä hetkellä kriittinen raaka-aine PEM-elektrolyysin kannalta mutta ei polttokennojärjestelmien osalta. Koska se on yksi maapallon kuoren harvinaisimmista alkuaineista, on todennäköistä, että lisääntyneen kysynnän aiheuttama paine vaikuttaa voimakkaasti sen saatavuuteen ja hintaan.

¹⁴⁸ 'Pinolla' tarkoitetaan kaikkien kennojen muodostamaa kokonaisuutta.

¹⁴⁹ <https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/Evidence%20Report%20v4.pdf>

¹⁵⁰ https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16014_h2_production_cost_solid_oxide_electrolysis.pdf

¹⁵¹ AEL-laitteistoja tarjoavat yhdeksän tuottajaa EU:ssa (neljä Saksassa, kaksi Ranskassa, kaksi Italiassa ja yksi Tanskassa), kaksi Sveitsissä, yksi Norjassa, kaksi Yhdysvalloissa, kolme Kiinassa ja kolme muissa maissa (Kanadassa, Venäjällä ja Japanissa). PEMEL-laitteistoja tarjoavat kuusi toimittajaa EU:ssa (neljä Saksassa, yksi Ranskassa ja yksi Tanskassa), yksi Yhdistyneessä kuningaskunnassa, yksi Norjassa, kaksi Yhdysvalloissa ja kaksi muissa maissa. SOEL-tuotteita tarjoavat kaksi toimittajaa EU:ssa (Saksassa ja Ranskassa).

Veden elektrolyysijärjestelmien kokonaisliikevaihdon arvioidaan tällä hetkellä olevan 100–150 miljoonaa euroa vuodessa. Vuoden 2018 arvioiden mukaan veden elektrolyysin tuotantokapasiteetti voisi nousta kahteen gigawattiin vuodessa (maailmanlaajuisesti) hyvin lyhyessä ajassa (yhdestä kahteen vuotta). Eurooppalaiset valmistajat voisivat mahdollisesti toimittaa noin kolmanneksen tästä lisääntyneestä maailmanlaajuisesta kapasiteetista.¹⁵²

EU:n vetystrategian tavoitteena on saavuttaa merkittävä uusiutuvan vedyn tuotantokapasiteetti vuoteen 2030 mennessä. Tarvitaan valtavia ponnisteluja, jotta nykyinen 50 megawatin veden elektrolyysikapasiteetti voidaan kasvattaa 40 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä eli EU:n kestävän arvoketjun kriteerit täyttävälle tasolle. Toimien olisi perustuttava koko elektrolyysiteknologia-alan innovointipotentiaaliin ja EU:n yritysten johtavaan asemaan elektrolyysialalla kaikissa teknologioissa ja koko arvoketjussa komponenttien toimituksesta lopulliseen integrointivalmiuteen saakka. Elektrolyysilaitteiden teollisen valmistuksen tuotannon lisääntymisen odotetaan pienentävän kustannuksia merkittävästi.

3.5 Akut

Akkuteknologia on keskeinen tekijä, joka voi mahdollistaa ilmastoneutraaliin talouteen siirtymisen vuoteen 2050 mennessä, puhtaan liikkuvuuden käyttöönoton ja energian varastoinnin ja siten myös vaihtelevien uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvattamisen. Tässä analyysissä keskitytään litiumioniteknologiaan. Tähän on useita syitä:

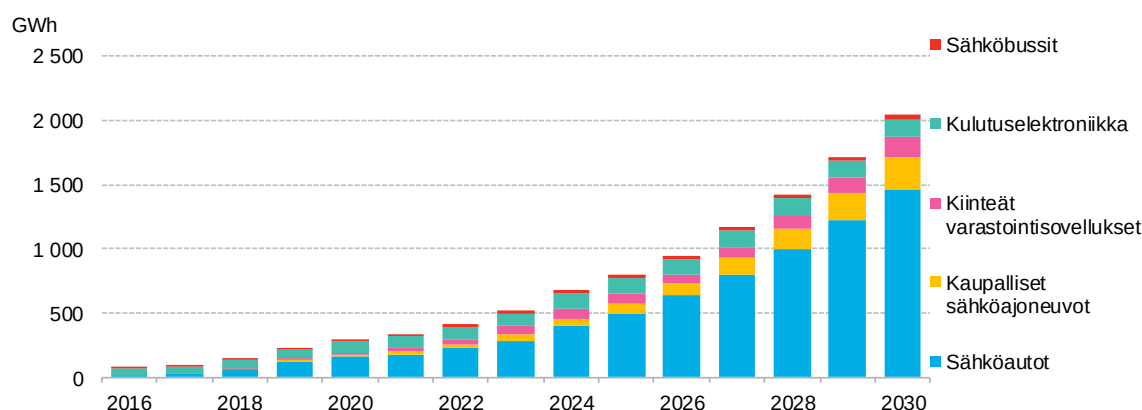
- edistynyt ja markkinavalmis teknologia,
- hyvä kokonaishyötysuhde (round trip -hyötysuhde),
- ennakoitu merkittävä kysyntä ja
- ennakoitu laajempi käyttö (sähköajoneuvot, tulevat merellä ja ilmassa kulkevat sähköalukset sekä kiinteät ja muut teolliset sovellukset), mihin liittyy huomattavia markkinamahdollisuuksia.

Teknologia: Litiumioniakkujen maailmanlaajuisen kysynnän ennustetaan kasvavan vuoden 2019 noin 200 gigawattitunnista vuoden 2025 noin 800 gigawattituntiin ja ylittävän 2 000 gigawattituntia vuoteen 2030 mennessä. Optimistisimmassa skenaariossa kysyntä voisi nousta jopa 4 000 gigawattituntiin vuoteen 2040 mennessä.¹⁵³

¹⁵² https://www.now-gmbh.de/content/service/3-publikationen/1-nip-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie/181204_bro_a4_indwede-studie_kurzfassung_en_v03.pdf

¹⁵³ Lähde: JRC Science for Policy Report: Tsiropoulos I., Tarvydas D., Lebedeva N., Li-ion batteries for mobility and stationary storage applications – Scenarios for costs and market growth, EUR 29440 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2018, doi:10.2760/87175.

Kaavio 12 Historiallinen ja ennakoitu litiumioniakkujen vuotuinen kysyntä käytön mukaan



Lähde 12 Bloomberg Long-Term Energy Storage Outlook, 2019: Bloomberg NEF, Avicenne for consumer electronics

Ennustettu kasvu, joka perustuu pääasiassa sähköajoneuvoihin (erityisesti henkilöautoihin), johtuu odotetuista merkittävistä teknologisista parannuksista ja kustannusten laskusta. Litiumioniakkujen reaali hinnat, jotka olivat yli 1 100 Yhdysvaltain dollaria/kWh vuonna 2010, ovat laskeneet 87 prosenttia 156 dollariin/kWh vuonna 2020.¹⁵⁴ Vuoteen 2025 mennessä keskimääräisten hintojen odotetaan laskevan noin 100 dollariin/kWh.¹⁵⁵ Litiumioniakkujen energiatiheys on kasvanut merkittävästi viime vuosina ja kolminkertaistunut sen jälkeen, kun litiumioniteknologiaa ryhdyttiin kaupallistamaan vuonna 1991.¹⁵¹ Uuden sukupolven litiumioniakkujen odotetaan tarjoavan lisää optimointimahdollisuuksia.¹⁵⁶

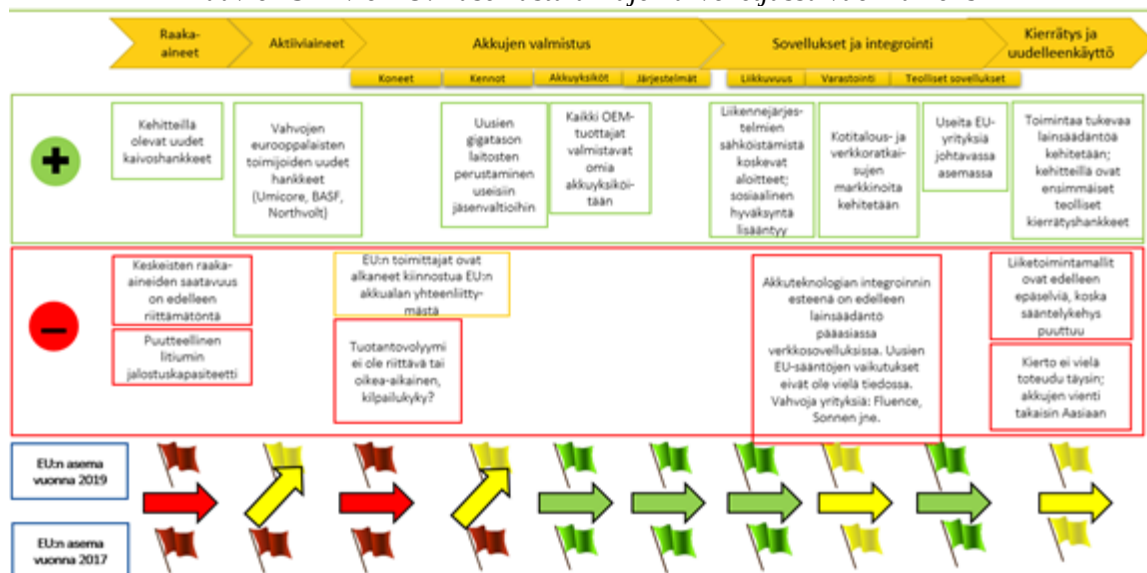
Arvoketju: Kaaviossa 13 esitetään akkujen arvoketju sekä EU:n asema arvoketjun eri osa-alueilla. EU:n teollisuus investoi kaivostoimintaan, raaka-aineiden ja kehittyneiden materiaalien tuotantoon ja jalostukseen (katodi-, anodi- ja elektrolyyttimateriaalit) sekä nykyaikaiseen kenno-, akkuyksikkö- ja akkutuotantoon. Tavoitteena on parantaa kilpailukykyä laadun, mittakaavaetujen ja erityisesti kestävyiden kautta.

¹⁵⁴ L. Trahey, F. R. Brushetta, N. P. Balsara, G. Ceder, L. Cheng, Y.-M. Chiang, N. T. Hahn, B. J. Ingram, S. D. Minteer, J. S. Moore, K. T. Mueller, L. F. Nazar, K. A. Persson, D. J. Siegel, K. Xu, K. R. Zavadil, V. Srinivasan ja G. W. Crabtree, "Energy storage emerging: A perspective from the Joint Center for Energy Storage Research", PNAS, 117 (2020) 12550–12557.

¹⁵⁵ BNEF 2019 Battery Price Survey.

¹⁵⁶ Tuleva JRC-raportti (2020) Technology Development Report LCEO: Battery storage.

Kaavio 13 Arvio EU:n asemasta akkujen arvoketjussa vuonna 2019



Lähde 13 InnoEnergy (2019)

Maailmanmarkkinat: Sähköautojen litiumioniakkujen maailmanmarkkinoiden arvo on tällä hetkellä 15 miljardia euroa vuodessa (josta EU:n osuus oli 450 miljoonaa euroa vuonna 2017¹⁵⁷). Varovaisen arvion mukaan markkinoiden vuotuisen arvon ennakoitaa olevan 40–55 miljardia euroa vuonna 2025 ja 200 miljardia euroa vuonna 2040.¹⁵⁸ Vuonna 2018 EU:n osuus litiumiokennojen maailmanlaajuisesta tuotantokapasiteetista oli vain noin 3 prosenttia ja Kiinan osuus oli noin 66 prosenttia.¹⁵⁹ Euroopan teollisuuden asemaa pidettiin vahvana arvoketjun loppupään lisäarvoa tuottavilla osa-alueilla, kuten akkukäsitöiden valmistuksessa ja integroinnissa sekä akkujen kierrätyksessä, ja yleisesti heikkona arvoketjun alkupään kustannuslähtöisillä osa-alueilla, kuten materiaalien, komponenttien ja kennojen valmistuksessa.^{160,161} Veneakkujen markkinat ovat kasvussa, ja niiden arvon arvioidaan olevan yli 800 miljoonaa euroa vuodessa vuoteen 2025 mennessä. Tästä yli puolet syntyisi Euroopassa ja teknologian alalla, jolla Eurooppa on tällä hetkellä johtoasemassa.¹⁶²

Tiedostaen tarpeen kiireellisesti palauttaa EU:n kilpailukyky akkumarkkinoilla komissio perusti vuonna 2017 EU:n akkualan yhteenliittymän ja hyväksyi vuonna 2018 akkuja koskevan strategisen toimintasuunnitelman¹⁶³. Kyseessä on laaja sääntely- ja

¹⁵⁷ https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc114616_li-ion_batteries_two-pager_final.pdf

¹⁵⁸ Bloomberg Long-Term Energy Storage Outlook 2019, s. 55–56.

¹⁵⁹ Tuotantokapasiteetti; Bloomberg Long-Term Energy Storage Outlook, 2019, s. 55–56.

¹⁶⁰ JRC Science for Policy report: Steen M., Lebedeva N., Di Persio F., Boon-Brett L., EU Competitiveness in Advanced Li-ion Batteries for E-Mobility and Stationary Storage Applications – Opportunities and Actions, EUR 28837 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2017 doi:10.2760/75757.

¹⁶¹ JRC Science for Policy report: Lebedeva, N., Di Persio, F., Boon-Brett, L., Lithium ion battery value chain and related opportunities for Europe, EUR 28534 EN, Euroopan unionin julkaisutoimisto, Luxemburg, 2016, doi:10.2760/6060.

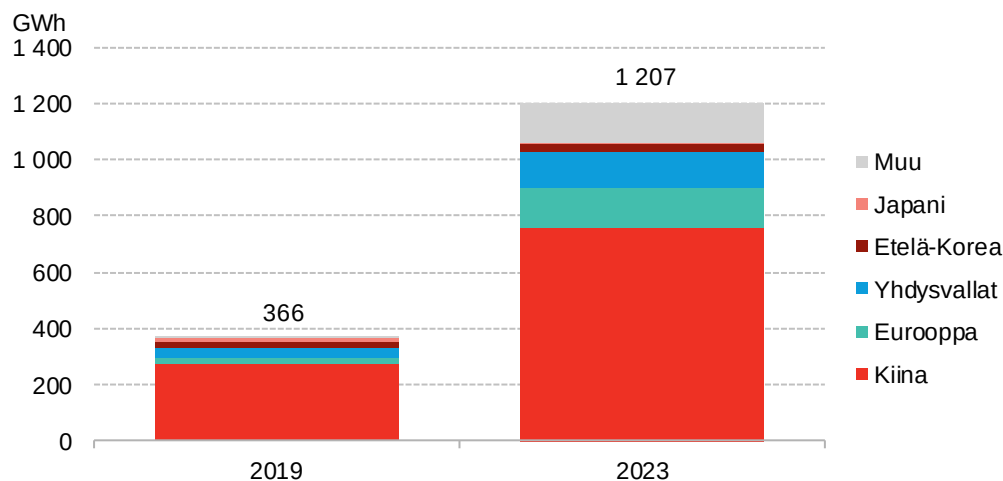
¹⁶² <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/marine-battery-market-210222319.html>

¹⁶³ COM(2019) 176 final, Akkuja koskevan strategisen toimintasuunnitelman täytäntöönpano: strategisen akkujen arvoketjun luominen Euroopassa. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:72b1e42b-5ab2-11e9-9151-01aa75ed71a1.0014.02/DOC_1&format=PDF

Toimiin kuuluvat muun muassa a) Horisontti 2020 -ohjelman vahvistaminen akkututkimukseen osoitettavalla lisärahoituksella, b) Euroopan teknologia- ja innovaatiofoorum (ETIP) Batteries Europe -hanke, jonka tehtävänä on koordinoita T&K&I-toimia alueellisella, kansallisella ja Euroopan tasolla, c) erityisvälineiden valmistelu seuraavaa tutkimuksen Horisontti Eurooppa -puiteohjelmaa varten, d) uuden kestävä kehitystä koskevan sääntelyn valmistelu ja e) investointien edistäminen Euroopan yhteistä etua koskevien tärkeiden hankkeiden (IPCEI) avulla. Lehdistö tiedote IP/19/6705, ”Valtiontuki: Komissio hyväksyy 3,2 miljardin euron julkisen tuen

rahoitusvälineiden toimintakehys, jolla tuetaan koko arvoketjun kattavan akkuekosysteemin perustamista Eurooppaan. Samaan aikaan suuret akkujen ja akkukennojen valmistajat (kuten Northvolt) ovat ryhtyneet perustamaan uusia tuotantolaitoksia. Tällä hetkellä on tiedotettu investoinneista jopa 22 akkutehtaaseen (joista osa on parhaillaan rakenteilla), joiden ennakoitu kapasiteetti on yhteensä 500 gigawattia vuoteen 2030 mennessä.¹⁶⁴

Kaavio 14 Litiumionikennojen tuotantokapasiteetti tuotantolaitoksen sijaintialueen mukaan



Lähde 14 BloombergNEF, 2019

EU:lla on vahvuuksia, joita se voi hyödyntää kuroakseen kiinni kilpailijoiden etumatkaa akkualalla (erityisesti kehittyneissä materiaaleissa ja akkukemiassa) sekä kierrätyksessä, jossa EU:n urauurtava lainsäädäntö on mahdollistanut hyvin rakennetun toimialan kehittämisen. Paristo- ja akkudirektiiviä tarkistetaan parhaillaan. Jotta uusilla ja nopeasti kasvavilla uudelleen ladattavien akkujen markkinoilla voidaan saavuttaa merkittävä markkinaosuus, tarvitaan kuitenkin pitkäjänteisiä toimia, joilla varmistetaan lisäinvestoinnit tuotantokapasiteettiin. Tätä on tuettava T&I-toimilla, joiden tavoitteena on parantaa akkujen suorituskykyä ja samalla taata, että akut täyttävät EU-tason laatu- ja turvallisuusvaatimukset, sekä varmistaa raaka-aineiden ja prosessoitujen materiaalien saatavuus, uudelleenkäyttö ja kierrätys sekä koko akkujen arvoketjun kestävyys. Tarvitaan myös uusi, kattava EU:n lainsäädäntökehys, jossa asetetaan tiukat vaatimukset EU:n markkinoille saatettavien akkujen suorituskyvylle ja kestävyydelle. Tämä auttaa alaa suunnittelemaan investointeja ja varmistamaan kestävä kehityksen korkean tason Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden mukaisesti. Komission ehdotus hyväksytään piakkoin.

Vaikka EU:n aseman parantaminen litiumioniteknologian alalla on todennäköisesti tärkein intressi tulevana vuosikymmeninä, on tarpeen tarkastella myös muita uusia ja lupaavia akkuteknologioita (kuten kiinteisiin elektrolyytteihin perustuvaa teknologiaa, litiumioniakkujen jälkeisiä akkuteknologioita ja redox-virtausteknologiaa). Nämä ovat tärkeitä sovelluksissa, joiden vaatimuksia ei voida täyttää litiumioniteknologialla.

seitsemän jäsenvaltion yleiseurooppalaiseen tutkimus- ja innovaatiohankkeeseen akkujen koko arvoketjun kehittämiseksi”, 9. joulukuuta 2019. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip_19_6705
¹⁶⁴ EPV 2020.

3.6 Älykkäät sähköverkot

Sähköistäminen lisääntyy kaikissa skenaarioissa vuoteen 2050 mennessä¹⁶⁵, joten älykäs sähköjärjestelmä on edellytys sille, että EU voi saavuttaa Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaa koskevat tavoitteensa. Älykäs järjestelmä mahdollistaa uusiutuvista energialähteistä tuotetun sähkön osuuden kasvattamisen ja sähkön varastointi- ja/tai kulutuslaitteiden (esim. sähköajoneuvojen) lisääntyvän käytön sekä molempien tehokkaamman integroinnin energiasysteemiin. Sama koskee sähkökäyttöisten laitteiden, kuten sähköajoneuvojen, määrän kasvua. Älykkäät järjestelmät valvovat ja seuraavat sähköverkkoja kattavasti sekä tuottavat lisäarvoa myös vähentämällä tarvetta rajoittaa uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja mahdollistamalla kilpailukykyiset ja innovatiiviset energiapalvelut kuluttajille. IEA:n mukaan investoiminen digitalisaation tehostamiseen vähentäisi uusiutuvan energian käytön rajoittamista Euroopassa 67 terawattitunnilla vuoteen 2040 mennessä.¹⁶⁶ Pelkästään Saksassa käyttöä rajoitettiin 6,48 terawattitunnilla vuonna 2019 ja verkon vakauttamistoimenpiteiden kustannukset olivat 1,2 miljardia euroa.¹⁶⁷ Tällaisten järjestelmien on oltava myös kyberturvallisia, mikä edellyttää alakohtaisia toimenpiteitä.¹⁶⁸

Digitaaliverkkoinfrastruktuuriin tehtävät investoinnit keskittyvät laitteisiin, kuten älykkäisiin mittareihin ja sähköajoneuvojen latauslaitteisiin. Euroopassa investoinnit pysyivät vakaina vuonna 2019¹⁶⁹ ja olivat lähes 42 miljardia euroa, ja merkittävä osa menoista käytettiin nykyisen infrastruktuurin parantamiseen ja kunnostamiseen.

Kaavio 15 (vasemmalla) Maailmanlaajuiset investoinnit älykkäisiin verkkoihin teknologiaa kohti, 2014–2019¹⁷⁰ (miljardia Yhdysvaltain dollaria)

Kaavio 16 (oikealla) Eurooppalaisten siirtoverkonhaltijoiden viime vuosina älykkäisiin verkkoihin tekemät investoinnit luokittain (2018)¹⁷¹

¹⁶⁵ Komission tiedonannon *Puhdas maapallo kaikille – Eurooppalainen visio kukoistavasta, nykyaikaisesta, kilpailukykyisestä ja ilmastoneutraalista taloudesta* mukaan ”sähkön osuus energian loppukäytöstä vähintään kaksinkertaistuu 53 prosenttiin. Neutraalius kasvihuonekaasupäästöjen osalta edellyttää merkittävää sähköntuotannon kasvua nykytasosta jopa 2,5-kertaiseksi sen mukaan, millä keinoin energiakäänne toteutetaan”, s. 9.

¹⁶⁶ Tästä kysyntäjoukon osuus oli 22 TWh ja varastoinnin 45 TWh – <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>

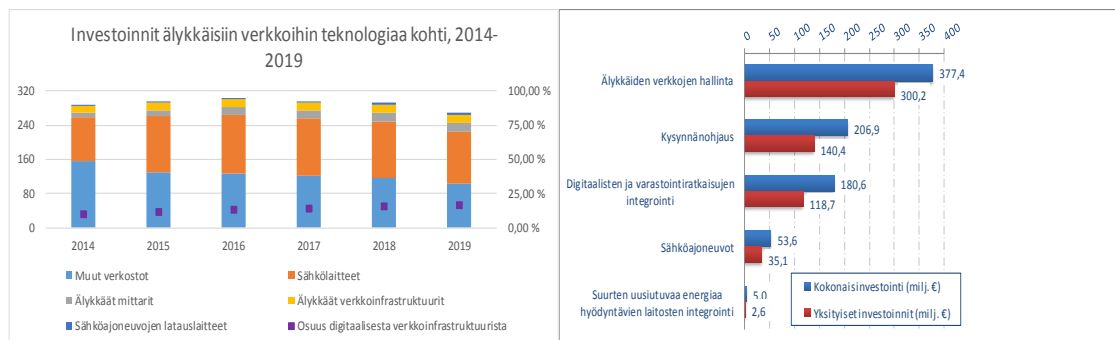
¹⁶⁷ Rajoittamisesta, ajojärjestyksen uudelleenmäärittelystä ja varavoiman hankkimisesta aiheutuvat kustannukset mukaan lukien. Nämä kustannukset ovat Saksassa korkeammat kuin muualla Euroopassa, mutta ne antavat kuitenkin hyvän kuvan käytön rajoittamisesta aiheutuvista kustannuksista. Zahlen zu Netz- und Systemsicherheitsmaßnahmen - Gesamtjahr 2019, BNetzA, https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html, s. 3.

¹⁶⁸ Huomioon on otettava etenkin reaaliaikaisuusvaatimukset (esim. katkaisimen on reagoitava muutamassa millisekunnissa), ketjureaktiovaikutukset sekä vanhojen teknologioiden ja älykkäiden ja viimeisintä kehitystä edustavien teknologioiden yhdistäminen. Ks. komission suositus energia-alan kyberturvallisuudesta, C(2019) 2400 final.

¹⁶⁹ Lähteessä mainittu luku on 50 miljardia Yhdysvaltain dollaria; <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2020>

¹⁷⁰ <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration-2020/smart-grids>

¹⁷¹ <https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses.jrc.ec.europa.eu/files/publications/dsoobservatory2018.pdf>



Älykkäisiin verkkoihin tehtävien T&I-investointien tärkein tukilähde EU:n tasolla on Horisontti 2020 -puiteohjelma, josta myönnettiin lähes miljardi euroa tähän tarkoitukseen vuosina 2014–2020. Digitalisaatiota koskeviin hankkeisiin investoitiin 100 miljoonaa euroa, ja myös monissa muissa älykkäitä verkkoja koskevissa hankkeissa merkittävä osa määrärahoista käytettiin digitalisointiin.¹⁷² Figure 16 osoittaa, että älykkäisiin verkkoihin tehtyjen julkisten investointien, myös Horisontti 2020 -puiteohjelman kautta tehtyjen investointien, osuus siirtoverkkotoimintojen tekemistä kokonaisinvestoinneista on merkittävä. On kuitenkin todettava, että siirtoverkonhaltijoiden T&I-määrärahat ovat pienet, noin 0,5 prosenttia niiden vuotuisesta budjetista.^{173,174}

TEN-E-asetuksessa tuetaan myös investointeja älykkäisiin sähköverkkoihin yhtenä 12 painopistealasta, mutta (rajat ylittäviin) älykkäisiin verkkoihin tehtävät investoinnit voisivat hyötyä sääntelyviranomaisten suuremmasta tuesta, mikäli ne sisällytettäisiin kansallisiin verkon kehittämissuunnitelmiin ja mikäli niille voitaisiin myöntää EU:n rahoitustukea tutkimuksiin ja töihin myönnettävinä avustuksina sekä innovatiivisista rahoitusvälineistä Verkkojen Eurooppa -välineen puitteissa. Vuosina 2014–2019 Verkkojen Eurooppa -välineestä on myönnetty jopa 134 miljoonaa euroa rahoitustukea älykkäitä sähköverkoja koskeviin hankkeisiin eri puolilla EU:ta.

Seuraavia kahta keskeistä teknologiaa arvioidaan alla yksityiskohtaisemmin: suurjännitteiset tasasähköjärjestelmät (HVDC-järjestelmät) ja digitaaliset ratkaisut sähköverkkotoimintoja ja uusiutuvien energialähteiden integrointia varten.

i) Suurjännitteiset tasasähköjärjestelmät (HVDC-järjestelmät)

Teknologia: Sellaisten kustannustehokkaiden ratkaisujen kasvava kysyntä, joilla sähköä voidaan siirtää pitkiä matkoja, erityisesti EU:ssa merituulivoiman tuottaman sähkön siirtämiseksi maalle, lisää HVDC-teknologioiden kysyntää. Guidehouse Insightsin mukaan Euroopan HVDC-järjestelmien markkinat kasvavat¹⁷⁵ vuoden 2020 tasosta, 1,54 miljardista eurosta, 6,1 prosenttia 2,74 miljardiin euroon vuoteen 2030 mennessä.^{176,177} Maailmanmarkkinoiden arvon odotetaan olevan noin 12,5 miljardia euroa vuonna 2020. Suurimmat investoinnit HVDC-teknologiaan tehdään Aasiassa, jossa

¹⁷² Arviolta vähintään puolet Horisontti 2020 -ohjelmasta älykkäille verkoille myönnettävästä kokonaistuesta.

¹⁷³ Tätä tukevat myös CETIR-valmisteluasiakirjassa käsitellyt osamarkkinoita koskevat luvut (SWD(2020) 953), ks. kohta 3.17.

¹⁷⁴ ENTSO-E RDI Roadmap 2020-2030, heinäkuu 2020, s. 25.

¹⁷⁵ Tässä osiossa kasvuluvut ilmoitetaan keskimääräisinä vuotuisina kasvulukuina (compound annual growth rate, CAGR).

¹⁷⁶ Guidehouse Insights (2020) Advanced Transmission & Distribution Technologies Overview. Osoitteessa: <https://guidehouseinsights.com/reports/advanced-transmission-and-distribution-technologies-overview>

¹⁷⁷ EU:n energiamalleissa (esim. Primes) ei mallinneta HVDC-teknologiaa erikseen, joten pitkän aikavälin lukuja ei ole saatavilla. On kuitenkin selvää, että HVDC-markkinoiden odotetaan kasvavan jatkuvasti, erityisesti kun otetaan huomioon avomerellä tuotetun energian markkinoiden kasvu.

Ultra-HVDC-teknologia kattaa merkittävän osuuden markkinoista.¹⁷⁸ HVDC-laitteistot ovat erittäin kalliita, ja siksi myös HVDC-yhteyksien rakentamishankkeiden kustannukset ovat hyvin korkeat. Koska HVDC-järjestelmät ovat teknisesti monimutkaisia, niiden asennuksesta vastaavat yleensä valmistajat.¹⁷⁹

Arvoketjuanalyysi: HVDC-verkkojen arvoketju voidaan jakaa segmentteihin HVDC-yhteyden toteuttamisessa tarvittavien laitteistokomponenttien mukaan.¹⁸⁰ HVDC-järjestelmien kustannukset muodostuvat suurelta osin suuntaajista (noin 32 %) ja kaapeleista (noin 30 %).¹⁸¹ HVDC-suuntaaja-asemien arvoketjussa tehoelektroniikka¹⁸² on keskeisessä asemassa määritettäessä laitteistojen tehokkuutta ja kokoa. Energiasovellukset muodostavat vain pienen osan elektroniikkakomponenttien maailmanmarkkinoista¹⁸³, mutta offshore-verkot ja -tuulivoimalat ovat riippuvaisia niiden vakaasta toiminnasta avomeriolosuhteissa. T&I-investoinnit HVDC-teknologioihin ovat pääasiassa yksityisiä. EU-tason julkinen rahoitus Horisontti 2020 -ohjelmasta on vaatimatonta, mutta äskettäin päättynyt edistämishanke lisäsi rahoituksen määrää.¹⁸⁴

Maailmanmarkkinat: Maailmanlaajuisia HVDC-markkinoita johtavat pääasiassa kolme yrittäjä: Hitachi ABB Power Grids, Siemens ja GE.¹⁸⁵ Siemensin ja Hitachi ABB Power Gridsin markkinaosuus useimmilla markkinasegmenteillä on noin 50 prosenttia, kun taas kaapeliyhtiöiden¹⁸⁶ osuus EU:n markkinoista on noin 70 prosenttia, ja niiden tärkeimmät kilpailijat tulevat Japanista. Kiinassa China XD Group on johtavassa asemassa markkinoilla.

Toistaiseksi toimittajat ovat myyneet avaimet käteen -järjestelmiä itsenäisesti, koska järjestelmät on asennettu kahden pisteen väliseksi HVDC-yhteyksiksi. Tulevaisuuden yhteenliitettyissä offshore-verkoissa myös eri valmistajien HVDC-järjestelmät on

¹⁷⁸ UHVDC-teknologiaa ei käytetä EU:ssa. Se on erityisen hyödyllinen, kun sähköä siirretään hyvin pitkiä matkoja, millä ei EU:ssa ole kovin suurta merkitystä. Lisäksi UHVDC:n houkuttelevuutta EU:ssa vähentää se, että lupien myöntäminen on vaikeampaa muun muassa siksi, että UHVDC-kaapelitornit ovat korkeampia kuin tavalliset suurjännitekaapelitornit. UHVDC:n maailmanmarkkinoiden arvon arvioidaan olevan 6,5 miljardia euroa, josta suurin osa tuotetaan Kiinassa.

¹⁷⁹ Vertailun vuoksi mainittakoon, että esimerkiksi LVI-alalla avaimet käteen -järjestelmien toimituksesta vastaavat usein insinööri-, hankinta- ja rakennusyritykset.

¹⁸⁰ Keskeisiä HVDC-suuntaaja-asemien komponentteja ovat muuntajat, suuntaajayksiköt, katkaisimet ja tehoelektroniikka, joita käytetään muuttamaan sähkö vaihtovirrasta tasavirtaan ja takaisin. Verkkokommutoidut suuntaajat (line-commutated converter, LCC), joista käytetään myös nimeä virtalähdesuuntaaja (current source converter, CSC), sekä jännitelähdesuuntaajat (voltage source converter, VSC) ovat tärkeimpiä kaupallisia HVDC-suuntaajateknologioita. Sekä LCC- että VSC-suuntaaja-asetat ovat monimutkaisempia kuin suurjännitteiset vaihtosähköasetat ja siten myös kalliimpia.¹⁸⁰ Yhteisten teknologioiden integroinnista huolimatta HVDC-muuntajia ja -suuntaaja-asemia ei ole standardoitu, joten niiden suunnittelu ja kustannukset riippuvat suuresti paikallisista hanke-eritelmistä.

¹⁸¹ Kaapelikustannukset ovat EU:ssa yleensä korkeat; Competitiveness report by ASSET for the European Commission.

¹⁸² Tehoelektroniikka on keskeinen teknologia, jolla integroidaan tasavirtatuotanto ja -kulutus ja jota käytetään useissa (tulevan) energijärjestelmän osissa, kuten aurinkosähkölaitoksissa, tuulivoimaloissa, akuissa ja HVDC-suuntaajissa. Tehoelektroniikkateknologia perustuu puolijohdeteknologiaan ja mahdollistaa jännitteen tai virran säätelyn, mikä puolestaan mahdollistaa esimerkiksi sähköverkkojen hallinnan ja sähköön muuttamisen vaihtovirrasta tasavirtaan ja takaisin. Tehoelektroniikkaa voitaisiin siten käsitellä useissa tämän kertomuksen osioissa, mutta koska merituulivoimaan ja -verkkoihin liittyy erityisiä haasteita, aihetta käsitellään tässä.

¹⁸³ Tehoelektroniikan eli passiivisten, aktiivisten ja sähkömekaanisten komponenttien kokonaismarkkinoiden arvon arvioitiin olevan 316 miljardia euroa vuonna 2019 (aktiivisten elektroniikkakomponenttien maailmanlaajuinen markkinaosuus loppukäyttäjittäin vuonna 2018). www.grandviewresearch.com

¹⁸⁴ <https://www.promotion-offshore.net/>

¹⁸⁵ Guidehouse Insights (2020) *Advanced Transmission & Distribution Technologies Overview*. Osoitteessa: <https://guidehouseinsights.com/reports/advanced-transmission-and-distribution-technologies-overview>

¹⁸⁶ Prysmian, Nexans ja NKT Cables ovat kolme suurinta eurooppalaista kaapeliyhtiötä.

liitettävä yhteen. Tämä aiheuttaa teknisiä haasteita verkon hallinnalle¹⁸⁷ ja erityisesti HVDC-laitteistojen ja -järjestelmien yhteentoimivuuden varmistamiselle. Koska kaikki komponentit on asennettava offshore-lautoille, on tärkeää pienentää komponenttien kokoa ja kehittää sähköteknisiä ratkaisuja erityisesti offshore-energiasovelluksia varten.

- ii) Digitaaliset ratkaisut sähköverkkotoimintoja ja uusiutuvien energialähteiden integrointia varten

Teknologia ja arvoketju: Sähköverkkojen hallintateknologioiden markkinoiden ennustetaan kasvavan hyvin nopeasti. IEA on arvioinut, että näillä teknologioilla voidaan saavuttaa maailmanlaajuisesti lähes 20 miljardin Yhdysvaltain dollarin säästöt käyttö- ja kunnossapitokustannuksissa ja lähes 20 miljardin dollarin säästöt vältetyissä verkkoinvestoinneissa.¹⁸⁸ Markkinat koostuvat erilaisista teknologioista ja palveluista arvoketjussa, joka on vaikea jakaa selkeisiin osa-alueisiin ja joka näyttää yhdentyvän edelleen, kun tarve integroituihin ratkaisuihin varastoinnin, kysynnänohjauksen, hajautettujen uusiutuvien energialähteiden ja verkon hallinnoimiseksi kasvaa. Tässä kertomuksessa keskitytään kahteen näkökohtaan.

Ohjelmisto- ja datapohjaiset energiapalvelut ovat keskeisiä tekijöitä uusiutuvien energialähteiden integroinnin optimoimisessa (myös paikallistasolla) erilaisten kauko-ohjattavien teknologioiden avulla – etenkin uusiutuvan energian teknologioiden ja virtuaalisten voimalaitosten integroinnissa.¹⁸⁹ Alan markkinat kasvavat nopeasti, ja niiden arvon ennustetaan nousevan 200 miljoonasta eurosta (maailmanlaajuisesti¹⁹⁰) vuonna 2020 miljardiin euroon vuoteen 2030 mennessä.^{191,192} Nämä palvelut muodostavat perustan uudelle toimialalle, joka tarjoaa energiapalveluja energiayhtiöille (myös verkko-operaattoreille) sekä yrityksille ja kotitalouksille. Uusiutuvien energialähteiden osuuden kasvun ja markkinoita tukevan politiikan ansiosta Eurooppa on ollut virtuaalisten voimalaitosten markkinoiden liikkeellepaneva voima, ja sen osuus maailmanlaajuisista investoinneista vuonna 2020 oli lähes 45 prosenttia. Suurin osa investoinneista on tehty Luoteis-Euroopassa ja Pohjoismaissa. Euroopan maista Saksan ennustetaan kattavan noin kolmanneksen virtuaalisten voimalaitosten markkinoiden vuotuisesta kokonaiskapasiteetista vuoteen 2028 mennessä.

Verkon käyttöä ja kunnossapitoa parantavat digitaalitekniikat keskittyvät erityisesti verkko-operaattoreihin. Myös näiden markkinoiden odotetaan kasvavan EU:ssa ja nousevan vuoteen 2030 mennessä 0,2 miljardiin euroon ennakoivan kunnossapidon ohjelmistoalustojen osalta ja 1,2 miljardiin euroon esineiden internetin antureiden osalta. Esineiden internetin markkinoiden odotetaan kasvavan 8,8 prosenttia vuosina 2020–2030.

¹⁸⁷ Verkonhallinnan tärkeimpiä teknologioita ovat verkon muodostavat suuntaajat ja tasasähkökatkaisimet.

¹⁸⁸ <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>

¹⁸⁹ Näihin kuuluvat muun muassa hajautettujen energialähteiden hallintajärjestelmät (DERMS), virtuaaliset voimalaitokset ja hajautettujen energialähteiden analysointijärjestelmät. Ks. tarkempi kuvaus CETTIR-valmisteluasiakirjan (SWD(2020) 953) kohdasta 3.17.4.

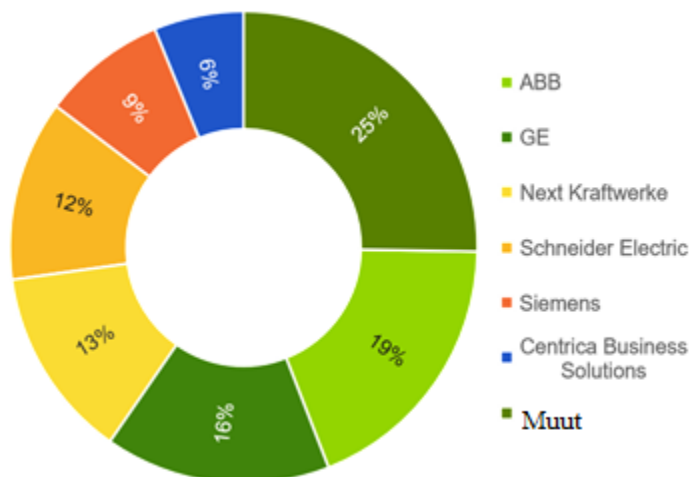
¹⁹⁰ EU:ta koskevia lukuja ei valitettavasti ole saatavilla.

¹⁹¹ Competitiveness report by ASSET for the European Commission, kohta 10.3.2 Grid management (Digital Technologies).

¹⁹² Markkinat ovat huomattavat, mikä käy ilmi, kun niitä verrataan vakiintuneempiin markkinoihin, kuten EU:n rakennusten energianhallintajärjestelmien (BEMS) markkinoihin, joiden arvo oli 1,2 miljardia euroa vuonna 2020 (lähde: Competitiveness report by ASSET for the European Commission). CETTIR-valmisteluasiakirjan (SWD(2020) 953) kohdassa 3.17.4 tätä teknologiaa käsitellään yhdessä kodin energianhallintajärjestelmien (HEMS) ja energian yhteisöryhmien markkinoiden kanssa. Näiden markkinoiden voidaan myös odottaa yhdentyvän hitaasti tässä kuvattuihin markkinoihin.

Maailmanmarkkinat: EU:lla on vahva asema molemmilla osa-alueilla. Monet maailmanlaajuisista yrityksistä ovat eurooppalaisia (Schneider Electric SE ja Siemens). Kilpailu on kiivainta yhdysvaltalaisen yritysten ja myös useiden innovatiivisten startup-yritysten taholta. Esineiden internetin (IoT) anturien ja valvontalaitteiden markkinoilla toimii useita merkittäviä toimijoita, joilla on laaja tuotevalikoima, sekä kymmeniä pk-yrityksiä kapeilla erikoismarkkinoilla. Muutama maailmanlaajuinen yritys (Hitachi ABB¹⁹³, IBM, Schneider Electric SE, Oracle, GE, Siemens ja C3.ai) hallitsee ohjelmistoratkaisujen markkinoita, joille uusien toimijoiden on vaikea päästä. Digitaalisten palvelujen maailmanlaajuiset markkinat esitetään kaaviossa 17.

Kaavio 17 Digitaalisten palvelujen tärkeimmät markkinatoimijat ja niiden markkinaosuudet, Global, 2020



Lähde 15 ASSET Study on Competitiveness

Useat öljyn ja kaasun toimittajat ja muut energiantuottajat tekevät strategisia investointeja verkonhallintateknologioihin, erityisesti palveluihin, ja ovat investoineet pienempiin startup-yrityksiin tai ostaneet niitä Euroopan ja Yhdysvaltojen markkinoilta. Shell ja Eneco ovat investoineet saksalaisiin yrityksiin, Shell Sonneniin¹⁹⁴ ja Eneco Next Kraftwerkeen¹⁹⁵, ja Engie puolestaan brittiläiseen Kiwi Poweriin¹⁹⁶. Tätä suuntausta näyttää vahvistavan se, että 200 hankkeesta, joihin öljy- ja kaasuyhtiöt ovat viime aikoina investoineet, 65 koski digitalisaatiota. Tämä on kolmanneksi eniten tuotantoketjun alkupään tavanomaisten hankkeiden ja uusiutuvia energialähteitä koskevien hankkeiden jälkeen.¹⁹⁷

Ohjelmistoalustat ovat saavuttamassa teknologisen kypsyyden, mutta digitaalitekniikan sovellukset sähköverkkopalvelujen tarjoamiseksi vaativat edelleen innovaatioita. Datamäärät ovat suhteellisen pieniä muihin aloihin verrattuna, joten

¹⁹³ ABB:n myynnin seurauksia Hitachille (<https://new.abb.com/news/detail/64657/abb-completes-divestment-of-power-grids-to-hitachi>) on vielä analysoitava.

¹⁹⁴ Shell omistaa 100 prosenttia Sonnenin osakkeista: <https://www.shell.com/media/news-and-media-releases/2019/smart-energy-storage-systems.html>, 15. helmikuuta 2019.

¹⁹⁵ Eneco omistaa 34 prosentin vähemmistöosuuden: <https://www.next-kraftwerke.com/news/eneco-group-invests-in-next-kraftwerke>, 8. toukokuuta 2017.

¹⁹⁶ Engie omistaa hieman alle 50 prosenttia osakkeista, mutta se on suurin osakkeenomistaja: <https://theenergyst.com/engie-acquires-dsr-aggregator-kiwi-power/>, 26. marraskuuta 2018.

¹⁹⁷ The Energy Transition and Oil Companies' Hard Choices – Oxford Institute for Energy Studies, heinäkuu 2019; Rob West, perustaja, Thundersaid Energy & Research Associate, OIES ja Bassam Fattouh, johtaja, OIES, s. 6.

innovaatiohaaste ei liity datamääriin tai datan analyysitekniikoihin.¹⁹⁸ Haasteena on pikemminkin varmistaa erilaisten ja hajautettujen tietolähteiden saatavuus ja käytettävyys, jotta ohjelmistotoimittajat voivat tarjota asiakkailleen integroituja ratkaisuja. Tässä ovat avainasemassa koko markkinoilla yhteen toimivat alustat, joilla helpotetaan datan saatavuutta ja tiedonvaihtoa.

3.7 Huomioita muista puhtaan ja vähähiilisen energian teknologioista ja ratkaisuista

Kuten tämän kertomuksen liitteenä olevassa komission yksiköiden valmisteluasiakirjassa todetaan, EU:lla on vahva kilpailuasema **maatuulivoiman** ja **vesivoimateknologian** aloilla. Maalla tuotettavan tuulivoiman osalta markkinoiden laajuus¹⁹⁹ ja kapasiteetin kasvu Euroopan ulkopuolella tarjoavat lupaavia näkymiä EU:n toimijoille, joiden asema on suhteellisen hyvä tuulivoiman arvoketjussa²⁰⁰. Samoin **vesivoiman** osalta markkinoiden²⁰¹ merkitys ja EU:n osuus maailmanlaajuisesta viennistä (48 %) ovat avaintekijöitä alan kilpailukyvyn kannalta. Molempien teknologioiden osalta keskeisenä haasteena on kuitenkin kohdentaa tutkimusta mahdollisuuksiin vaihtaa vanhimpien laitosten energianlähteitä tai kunnostaa vanhoja laitoksia, tavoitteena lisätä niiden yhteiskunnallista hyväksyntää ja pienentää niiden jalanjälkeä. **Uusiutuvien polttoaineiden** osalta keskeinen kysymys on siirtyminen ensimmäisen²⁰² sukupolven polttoaineista toisen ja kolmannen sukupolven polttoaineisiin, jotta voidaan edistää raaka-aineiden kestävyyttä ja optimoida niiden käyttöä. Tältä osin laajentumis- ja demonstroitinhankkeet ovat tärkeitä edistysaskeleita.

Geotermisen energiateknologian markkinoilla (arvo noin miljardi euroa) ja **aurinkolämpöteknologian** markkinoilla (arvo noin kolme miljardia euroa) EU:n markkinaosuuden kasvattamisen haasteena on jatkaa nykyisten ja uusien lämpösovellusten käyttöönottoa sekä rakennuksissa (erityisesti geotermiset sovellukset) että teollisuudessa (erityisesti aurinkolämpösovellukset) ja samalla edistää näiden teknologioiden laajamittaisen integroinnin mahdollistavia innovaatioita. **Hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia** koskevien teknologioiden kehittämistä hidastaa tällä hetkellä toimivien liiketoimintamallien ja markkinoiden puute. **Ydinteknologian** alalla EU:n yritykset ovat kilpailukykyisiä koko arvoketjussa. Kilpailukyvyn edistämisen painopiste on tällä hetkellä aikataulun mukaisessa suunnittelussa ja rakentamisessa sekä turvallisuuden takaamisessa ydinvoiman koko elinkaaren ajan kiinnittäen erityistä huomiota radioaktiivisen jätteen loppusijoitukseen ja suljettavien laitosten käytöstäpoistoon. Teknologisia innovaatioita, kuten pieniä modulaarisia ydinreaktoreita, kehitetään parhaillaan, tavoitteena säilyttää EU:n kilpailukyky ydinalalla.

Keskeinen ala energiankulutuksen vähentämisessä on **rakennukset**. Alan osuus EU:n energiankulutuksesta on 40 prosenttia. EU:lla on vahva asema tietyillä aloilla²⁰³, kuten tehdasvalmisteisissa rakennuskomponenteissa²⁰⁴, kaukolämpöjärjestelmissä,

¹⁹⁸ Ks. tarkempia tietoja CETTIR-valmisteluasiakirjan (SWD(2020) 953) kohdasta 3.17.

¹⁹⁹ EU:n tuulivoimateollisuuden tuotto vuonna 2019 oli 86,1 miljardia euroa.

²⁰⁰ Eurooppalaisten valmistajien osuus on noin 35 prosenttia ja kiinalaisten valmistajien lähes 50 prosenttia.

²⁰¹ Nykyisten EU28-markkinoiden arvo on 25 miljardia euroa.

²⁰² EU27:n biopolttoaineteollisuuden liikevaihto oli 14 miljardia euroa vuonna 2017 (enimmäkseen ensimmäisen sukupolven raaka-aineita).

²⁰³ Tässä ensimmäisessä kertomuksessa ei ole käsitelty kaikkia aloja tietojen rajoitetun saatavuuden takia. Muita tarkastelua kaipaavia aloja ovat muun muassa rakennusten vaipat, rakennustekniikat sekä rakennusten mallintaminen ja suunnittelu.

²⁰⁴ EU28:n tuotannon arvo kasvoi 31,85 miljardista eurosta (vuonna 2009) 44,38 miljardiin euroon (vuonna 2018). Samaan aikaan EU28:n vienti muualle maailmaan kasvoi 0,83 miljardista eurosta 1,88 miljardiin euroon.

lämpöpumpputeknologioissa sekä kotien ja rakennusten energianhallintajärjestelmissä (HEMS/BEMS). Energiatehokkaan valaistusteollisuuden²⁰⁵ alalla on pitkät perinteet innovatiivisten ja tehokkaiden valaistusjärjestelmien suunnittelusta ja toimittamisesta. Kilpailukyvyyn kannalta haasteena on puolijohdeteknologiaan perustuvien valaisinlaitteiden suuren mittakaavan massatuotanto. Aasialaisilla valmistajilla on tältä osin etulyöntiasema, koska ne voivat kasvattaa kapasiteettiaan huomattavasti suuremmaksi (mittakaavaedut). Euroopan teollisuuden vahvuuksia ovat perinteisesti olleet innovatiivinen suunnittelu ja uudet lähestymistavat.

Uusiin energiamuotoihin siirtymisessä ei ole kyse pelkästään teknologiasta vaan myös uusien teknologioiden integroimisesta energiajärjestelmään. Siirtyminen kohti ilmastoneutraalia taloutta ja yhteiskuntaa edellyttää, että **kansalaiset** asetetaan kaikkien toimien²⁰⁶ keskiöön perehtymällä keskeisiin motivaatiotekijöihin ja strategioihin, jotka tukevat kansalaisten osallistamista, sekä sijoittamalla energiankuluttajat laajempaan sosiaaliseen kontekstiin. EU:n nykyinen oikeudellinen kehys tarjoaa energiankuluttajille ja kansalaisille selkeän mahdollisuuden toimia edelläkävijöinä ja hyötyä selvästi uusiin energiamuotoihin siirtymisestä. Kaupungistumiskehityksen perusteella **kaupungeilla** voi olla keskeinen rooli, kun kehitetään kokonaisvaltaista ja yhdennettyä lähestymistapaa²⁰⁷ energiasiirtymään ja sen yhteyksiä muihin aloihin, kuten liikkuvuuteen, tieto- ja viestintätekniikkaan sekä jäte- ja vesihuoltoon. Tämä puolestaan edellyttää tutkimusta ja innovointia teknologian alalla sekä myös prosesseissa ja osaamisen ja valmiuksien kehittämisessä, joihin osallistuvat myös kaupunkien viranomaiset, yritykset ja kansalaiset.

PÄÄTELMÄT

Tässä kertomuksessa käsitellään **ennen kaikkea** puhtaan energian alan taloudellisia mahdollisuuksia. Kertomuksen päätelmiä tukee myös vuoden 2030 ilmastotavoitesuunnitelman tuore vaikutustenarviointi.²⁰⁸ Se tukee väitettä siitä, että Euroopan vihreän kehityksen ohjelmalla on mahdollisuus toimia EU:n kasvustrategiana energia-alan kautta. Tässä kertomuksessa on esitetty näyttöä siitä, että puhtaan energian teknologian ala on suoriutunut perinteisiä energia-aloja paremmin ja että perinteisiin aloihin verrattuna se luo enemmän lisäarvoa ja työpaikkoja sekä parantaa työn tuottavuutta. Puhtaan energian alan merkitys EU:n taloudelle kasvaa edelleen puhtaan teknologian kysynnän kasvun myötä.

Samaan aikaan julkiset ja yksityiset investoinnit puhdasta energiaa koskevaan T&I-toimintaan ovat vähenemässä, mikä vaarantaa sellaisten keskeisten teknologioiden kehittämisen, joita tarvitaan talouden irrottamisessa hiilestä ja Euroopan vihreän kehityksen ohjelman kunnianhimoisten tavoitteiden saavuttamisessa. Investointien laskusuuntauksen jatkumisella olisi kielteinen vaikutus myös tähänastiseen talous- ja työllisyyskasvuun. Lisäksi energiasektorin T&I-investoinnit ovat vähäisiä verrattuna

Toisaalta tuonti on pysynyt suhteellisen vakaana: tuonti kasvoi vuoden 2009 noin 0,18 miljardista eurosta 0,26 miljardiin euroon vuonna 2018 mutta oli vain 0,15 miljardia euroa vuosina 2012 ja 2013.

²⁰⁵ Euroopan valaistusmarkkinoiden odotetaan kasvavan vuoden 2012 tasosta, 16,3 miljardista eurosta, 19,8 miljardiin euroon vuonna 2020 (CBI Ministry of Foreign Affairs, Electronic Lighting in the Netherlands, 2014).

²⁰⁶ Osallistamisstrategioiden on oltava sekä yksilö- että yhteisökeskeisiä, ja niillä on pyrittävä paitsi tarjoamaan taloudellisia kannustimia myös muuttamaan yksilön käyttäytymistä siten, että otetaan huomioon myös muut kuin taloudelliset tekijät, kuten antamalla energiankulutusta koskevaa palautetta sosiaalisiin normeihin vedoten.

²⁰⁷ Tähän sisältyvät teknologiat, kokonaisvaltainen kaupunkisuunnittelu, laajamittaiset julkiset ja yksityiset investoinnit sekä poliittisten päättäjien, talouden toimijoiden ja kansalaisten välinen yhteiskehittäminen.

²⁰⁸ COM(2020) 562 final.

muihin aloihin, ja energiateollisuudessa ne, jotka investoivat eniten T&I-toimiin, ovat öljy- ja kaasualan yrityksiä. Vaikka on olemassa rohkaisevia merkkejä siitä, että öljy- ja kaasuyhtiöt investoivat yhä enemmän puhtaaseen energiateknologiaan (kuten tuulivoimaan, aurinkosähköön ja digitaalitekнологiaan), tällaiset teknologiat muodostavat edelleen vain pienen osan niiden toiminnasta.

Tämä kehityssuuntaus ei ole riittävä, jotta EU:sta voisi tulla ensimmäinen ilmastoneutraali maanosa tai jotta EU voisi johtaa maailmanlaajuisista siirtymistä puhtaaseen energiaan. Sekä julkisia että yksityisiä T&I-investointeja on lisättävä huomattavasti, jotta EU pystyisi jatkamaan hiilestä irtautumista. Tulevat talouden elpymistä tukevat investoinnit tarjoavat erityisen hyvän tilaisuuden tähän. Kansallisella tasolla komissio kannustaa jäsenvaltioita harkitsemaan kansallisten tavoitteiden asettamista puhtaita energiateknologioita tukeville T&I-investoinneille osana yleistä kehoitusta lisätä T&I-investointeja ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Komissio tekee yhteistyötä myös yksityisen sektorin toimijoiden kanssa niiden T&I-investointien lisäämiseksi.

Toiseksi EU:n tavoitteet, jotka koskevat hiilidioksidipäästöjen vähentämistä, uusiutuvia energialähteitä ja energiatehokkuutta, ovat houkuttelleet investointeja uusiin teknologioihin ja innovaatioihin ja siten johtaneet maailmanlaajuisesti kilpailukykyisiin teollisuudenaloihin. Tämä osoittaa, että vahvat kotimarkkinat ovat kilpailukyvyyn avaintekijä puhtaiden energiateknologioiden alalla ja että ne myös edistävät T&I-investointeja. Energiamarkkinoiden keskeiset piirteet (erityisesti korkea pääomaintensiteetti, pitkät investointisyklit, uusi markkinadynamiikka ja investointien alhainen tuotto) vaikeuttavat kuitenkin riittävien investointien houkuttelemista tälle alalle, mikä puolestaan vaikuttaa alan innovointikykyyn.

Aurinkosähkölaitteistojen tuotannosta EU:ssa saadut kokemukset osoittavat, että vahvat kotimarkkinat eivät yksin riitä. Sen lisäksi, että asetetaan tavoitteita, joilla pyritään lisäämään uusien teknologioiden kysyntää, tarvitaan politiikkoja, joilla tuetaan EU:n teollisuuden kykyä vastata tähän kysyntään. Tähän sisältyy myös teollisuuslähtöisten yhteistyöfoorumien kehittäminen tiettyjä teknologioita varten (esim. akku- ja vetyalalla). Vastaavia jäsenvaltioiden ja teollisuuden välisiä yhteisiä toimia saatetaan tarvita myös muiden teknologioiden osalta.

Kolmanneksi voidaan tehdä tiettyjä päätelmiä kuudesta analysoidusta teknologiasta, joiden merkityksen odotetaan kasvavan EU:n vuosien 2030 ja 2050 energialähteiden yhdistelmässä. Aurinkosähköalalla on merkittäviä markkinamahdollisuuksia arvoketjun niillä osa-alueilla, joilla erikoistuminen tai korkean suorituskyvyn ja korkean lisäarvon tuotteet ovat keskeisiä. Vastaavasti akkujen osalta EU:n jatkuva kilpailullinen elpyminen kennotuotannon segmentissä EU:n akkualan yhteenliittymän kaltaisten aloitteiden avulla täydentää eurooppalaisen teollisuuden vakiintuneempaa asemaa tuotantoketjun loppupään lisäarvoon keskittyvissä segmenteissä, kuten akkujen valmistuksessa ja integroinnissa sekä akkujen kierrätyksessä. Molempien teknologioiden kilpailukyvyyn palauttaminen on olennaisen tärkeää, kun otetaan huomioon niiden ennakoitu kysyntä, modulaarisuus ja mahdolliset heijastusvaikutukset (esim. aurinkosähkön integrointi rakennuksiin, ajoneuvoihin tai muuhun infrastruktuuriin).

Avomerellä tuotetun energian, uusiutuvan vedyn ja tuulivoiman aloilla EU on tällä hetkellä edelläkävijä. Markkinoiden kapasiteetin ennakoitu moninkertainen kasvu viittaa kuitenkin siihen, että alan rakenne muuttuu väistämättä: asiantuntemusta on yhdistettävä yritysten välillä, ja jäsenvaltioiden ja yksityisen sektorin on uudistettava arvoketjunjensa

rakennetta ja yhdistettävä ne, jotta tarvittavat mittakaavaedut ja myönteiset heijastusvaikutukset voidaan saavuttaa. Esimerkiksi EU:n nykyinen johtava asema koko elektrolyysilaitteiden arvoketjussa komponenttien toimituksesta lopulliseen integrointivalmiuteen asti tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia myönteisiin heijastusmahdollisuuksiin akkujen, elektrolyysilaitteiden ja polttokennojen välillä. Äskettäin perustettu Euroopan puhtaan vedyn allianssi vahvistaa entisestään Euroopan maailmanlaajuista johtoasemaa tällä alalla. Valtamerienergian alalla teknologiasta ei ole vielä tullut kaupallisesti kannattavaa, joten on määritettävä uusia tukirahoitusjärjestelyjä tukemaan EU:n nykyisen johtoaseman säilyttämistä ja kasvattamista.

Merituulivoima-alalla, jolla on teknologista kehittymistä eteenpäin puskevaa vakiintunutta innovaatio-osaamista (esim. kelluvat merituulipuistot), on keskityttävä kasvaviin kotimarkkinoihin ja jatkuvan T&I-rahoituksen varmistamiseen, jotta globaalien markkinoiden kasvusta voidaan hyötyä. Myös EU:n älykkäiden sähköverkkojen ala ja HVDC-ala toimivat hyvin, ja vaikka markkinat ovatkin pienet verrattuna tuulivoima- ja aurinkosähkömarkkinoihin, ne ovat tärkeitä, koska ne luovat arvoa kaikille verkkoon liitetuille tahoille. Koska nämä alat ovat pitkälle säänneltyjä, EU:n hallituksilla ja sääntelyviranomaisilla on keskeinen rooli niiden tarjoamien etujen hyödyntämisessä.

Neljänneksi siirtyminen kohti puhtaita teknologioita siirtää EU:n riippuvuuden fossiilisten polttoaineiden tuonnista kriittisiin raaka-aineisiin, joiden käyttö energiateknologioissa on kasvussa. Riippuvuus kriittisistä raaka-aineista on kuitenkin vähemmän merkittävä kuin fossiilisten polttoaineiden kohdalla, koska nämä materiaalit saattavat pysyä EU:n taloudessa uudelleenkäytön ja kierrätyksen ansiosta. Tämä voi parantaa puhtaan energiateknologian toimitusketjujen häiriönsietokykyä ja siten vahvistaa EU:n avointa strategista riippumattomuutta. T&I-toimia ja investointeja tarvitaan lisää, jotta puhtaan energiateknologian komponenttien uudelleenkäytettävyyttä ja kierrätettävyyttä voidaan parantaa ja jotta voidaan varmistaa, että materiaalit säilyvät taloudessa mahdollisimman pitkään arvonsa ja suorituskykynsä mahdollisimman pitkään säilyttäen. Kiertotalouteen siirtymisen osalta EU:n osallistuminen kansainvälisten foorumien toimintaan, kuten G20-kokouksiin, puhtaan energian ministerikokouksiin (Clean Energy Ministerial) ja Mission Innovation -aloitteeseen, antaa EU:lle mahdollisuuden edistää ympäristönormien luomista uusille teknologioille, vahvistaa edelleen maailmanlaajuista johtoasemaansa sekä lieventää toimitushäiriöihin, teknologioiden kestävyys- ja laatuun liittyviä riskejä.

Viidenneksi Euroopan komissio jatkaa kilpailukykyyn arviointimenetelmien kehittämistä yhteistyössä jäsenvaltioiden ja sidosryhmien kanssa. Tavoitteena on parantaa puhtaan energian alan makrotaloudellista analyysia, mikä edellyttää, että saatavilla on myös enemmän tietoa. Menetelmien kehittämisen tavoitteena on myös tukea energia-alan T&I-politiikkaa, joka auttaa luomaan kilpailukykyisen, dynaamisen ja häiriönsietoisen puhtaan teknologian teollisuuden. Puhtaan energian alan kilpailukykyyn vuotuinen tilannekatsaus täydentää kansallisista energia- ja ilmastosuunnitelmista, strategisesta energiateknologiasuunnitelmasta ja puhtaan energian teollisuusfoorumista koostuvaa kehystä. Jatkuvan ja parannetun arvioinnin tavoitteena on, että puhtaan energian ala täyttää tehtävänsä ja auttaa tekemään Euroopan vihreän kehityksen ohjelmasta käytännössä EU:n kasvustrategian.