

Trendiraportti:

Teollisuus kirittää vihreää siirtymää – Tavoitteena vastuullinen ja resilientti teollisuus

Kiertotalouden kehittäminen voi pienentää raskaan teollisuuden hiilidioksidipäästöjä 56 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Avainasemassa ovat uudet liiketoimintamallit ja yhteistyö.



Teknologinen kehitys, innovatiiviset liiketoimintamallit ja kumppanuudet sekä uudet nettonollateknologiat lisääntyvät nopeasti.



Viimeisin lisäys Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan (Green Deal) oli nettonollateollisuutta koskeva säädös (Net-Zero Industry Act), jonka tavoitteena on lisätä puhtaan teknologian valmistusta EU:ssa ja varmistaa, että unionilla on hyvät valmiudet puhtaaseen energiaan siirtymistä varten.



Seuraavien 30 vuoden aikana teräksen kysynnän odotetaan kasvavan 30 prosenttia, sementin ja ammoniakkin (jota käytetään muun muassa vetykaasun valmistukseen) 40 prosenttia ja alumiinin jopa 80 prosenttia.

Teollisuus kirittää vihreää siirtymää – Tavoitteena vastuullinen ja resilientti teollisuus

Sisällys

Johdanto	4	- Vihreän siirtymän perustana uudet energiaratkaisut	27
Teollisuusprosessit – kokonaiskuva	6	- Uusiutuva energia edellytyksenä onnistuneelle energiamurrokselle	29
Muutosvoimat kohti nettonollateollisuutta	8	- Yhteiskunnan sähköistymisen vallankumous	30
- Sääntelyn jatkuva vahvistuminen	9	- Energian varastointi – Graalin malja	31
- Markkinavoimat: vihreiden tuotteiden lisääntynyt kysyntä kiristää kilpailua	10	- Energiatehokkuus – tehtävasarkaa riittää	36
- Pääomaa virtaa – mutta riittääkö se?	11	- Sähköverkot – pullonkaula	37
Innovatiiviset tekniset ratkaisut ja liiketoimintamallit tienraivaajina	12	- Teollisuuden vihreän siirtymän uudet riskit ja haasteet	39
- Terästeollisuus suunnannäyttäjänä	13	- Uudet liiketoimintamallit ja yhteistyö	40
- Startup-yritykset hyödyntävät vihreää siirtymää	15	- Teollisuuden kiertotalousprosessit	41
- Uudet ratkaisut edellyttävät uusia energianlähteitä	16	- Teollinen symbioosi	42
- Uusien raaka-aineiden kysyntä kasvaa	17	- Teollisuusalueiden uudenlainen, vastuullinen rooli osana yhteiskuntaa	43
- Uusia ristiriitoja saattaa syntyä	18	Johtopäätökset, keskeiset havainnot ja suositukset	46
- Sementtiteollisuus nousemassa kirittäjäksi	19	Raportin asiantuntijat	50
- CCS/CCU – välttämätön täydentävä ratkaisu	22	Lähteet	51
- Muut murroksessa olevat teollisuudenalat	25		
- Kemiateollisuus	25		
- Liikenne ja logistiikka	25		

Johdanto

Siinä missä muutama vuosi sitten ilmasto oli polttava kysymys, jossa korostuivat ilmastonmuutoksen riskit ja haasteet, nyt käynnistynyt vihreä siirtymä vastaa siihen kestäväillä ratkaisulla ja kehityksen mahdollisuutena.

Teollisuudella on keskeinen rooli vihreässä siirtymässä ja päästöjen vähentämisessä. Se aiheuttaa noin kolmanneksen maailman energiankäytön hiilidioksidipäästöistä ja muilta osin noin viisi prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä, mikä on yhteensä 25–30 prosenttia kaikista maailman hiilidioksidipäästöistä.¹

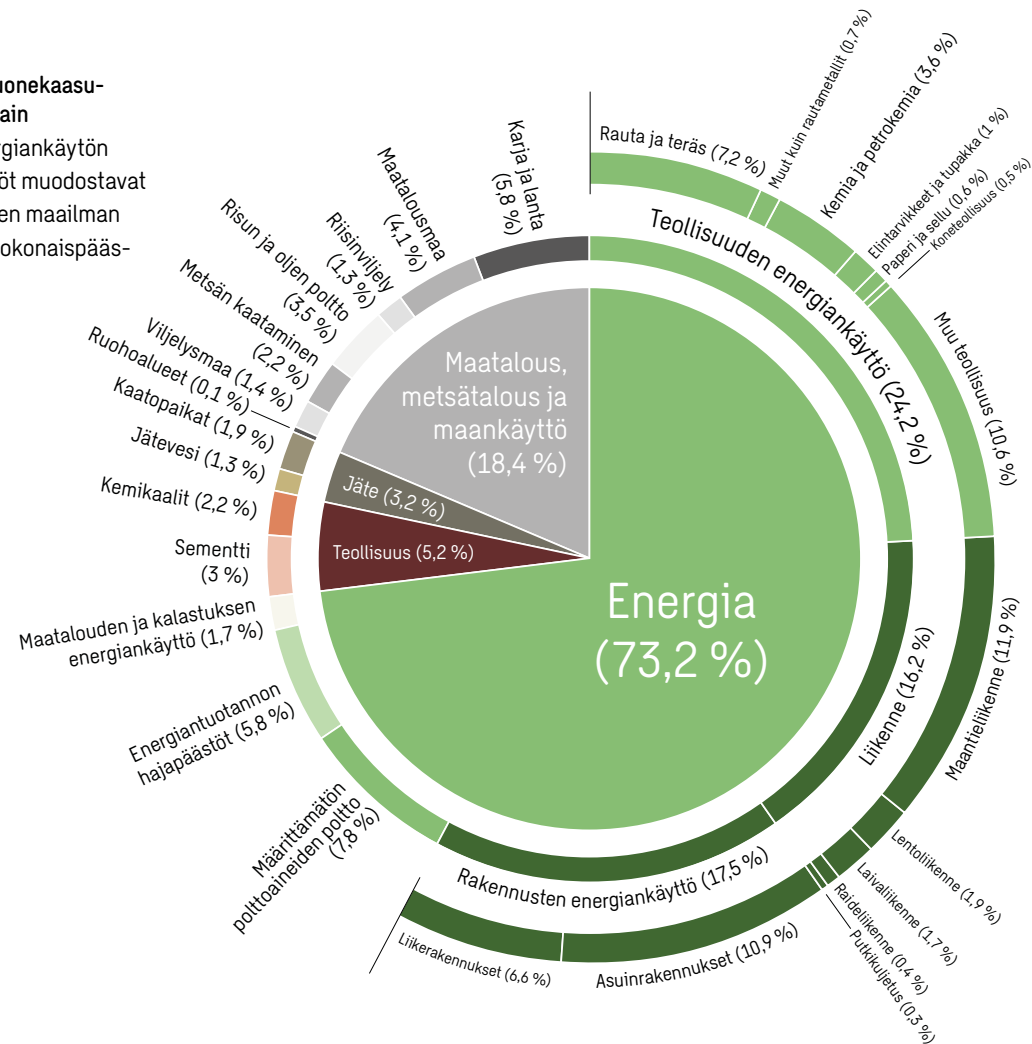
Viime vuosikymmenen aikana teollisuudesta on tullut yksi keskeisiä vaikuttajia vihreän siirtymän vauhdittamisessa. Yhteiskunnan eri sektoreilla on kilpailu kohti nettonollatavoitetta, eikä kukaan halua jäädä jälkeen, eivät yritykset eivätkä valtiot.

On useita syitä siihen, miksi tämä muutos tapahtuu juuri nyt. ”Teollisuuden toimijat ovat alkaneet huomata hiilidioksidipäästöjen hinnannousun. Monet toimijat ja valtiot ovat sitoutuneet nettonollapäästöjen saavuttamiseen, mikä on vauhdittanut uusien säädösten voimaantuloa ja hiilidioksidimaksujen käyttöönottoa. Lisäksi arvoketjujen vastuullisuusvaatimukset ovat lisääntyneet, kilpailu on kiristynyt ja investointirahaa on alkanut virrata sekä valtioilta että yksityiseltä sektorilta”, sanoo Stockholm Environment Institutun (SEI) tutkija Björn Nykvist.

Siinä missä teollisuuden hiilidioksidipäästöjen ongelmaa pyrittiin ennen ratkaisemaan hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin (carbon capture and storage, CCS) avulla, nyt painopiste on siirtynyt moniin erilaisiin innovaatioihin.

Maailman kasvihuonekaasupäästöt sektoreittain

Teollisuuden energiankäytön hiilidioksidipäästöt muodostavat noin kolmanneksen maailman energiankäytön kokonaispäästöistä.²



Lähde: Hannah Ritchie (2020) – "Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?" Julkaistu verkossa sivustolla OurWorldInData.org. Haettu osoitteesta <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector> [Verkkolähde]

Jotta teollisuudesta tulisi kestävä, sen on kuitenkin paitsi saavutettava nettonollapäästöt myös muutettava kestävyisemmäksi.

Millaista on vastuullinen ja resilientti teollisuus?

Resilienssillä eli kestävyvällä ja joustavuudella on ratkaiseva merkitys ilmastonmuutoksen torjunnassa ja siihen varautumisessa sekä tulevaisuuden nettonollapäästöjen saavuttamisessa. Kestokykyinen teollisuus pystyy selviytymään epävarmuustekijöistä, talouden laskusuhdanteista, teknologisista muutoksista ja muista haasteista ja jatkamaan samalla kehittymistään, innovointiaan ja osallisuuttaan kansantalouteen. Huomion kiinnittäminen kannattavuuden lisäksi resilienssiin ja vastuullisuuteen on osa Euroopan komission työtä, jota kutsutaan nimellä Teollisuus 5.0. (Industry 5.0).³ Teollisuus 5.0:ssa tunnustetaan erityisesti ”teollisuuden mahdollisuudet saavuttaa yhteiskunnallisia tavoitteita, jotka ulottuvat työpaikkoja ja kasvua pitemmälle, ja tuottaa vaurautta kestävyisesti niin, että tuotannossa kunnioitetaan planeettamme rajoja ja asetetaan teollisuuden työntekijän hyvinvointi tuotantoprosessin keskipisteeseen”.

Lyhyellä aikavälillä teollisuuden vihreä siirtymä merkitsee lisääntyntä riskinottoa, koska yritykset testaavat uusia teknologioita, joita ei ole käytetty teollisessa mittakaavassa missään päin maailmaa. Pitkällä aikavälillä tämä muutos kuitenkin mahdollistaa teollisuuden selviytymisen.

Björn Nykvist, SEI:n tutkija

Tässä Swecon Urban Insight -raportissa korostetaan teollisuuden tarvetta muuttua sekä vihreämmäksi että kestävyisemmäksi ja tuodaan esiin tähän siirtymään liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia, mutta myös mahdollisia riskejä ja tahattomia seurauksia, joihin on puututtava, jotta voidaan varmistaa kestävä ja oikeudenmukainen siirtymä.



Teollisuusprosessit – kokonaiskuva



90 %

Euroopan komission nykyinen suositus vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2040 mennessä, tavoitteena on nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä.

Polttoaineiden poltto ja teollisuuden prosessit aiheuttavat tällä hetkellä yli 30 prosenttia maailman kasvihuonekaasupäästöistä.⁴ Väestön ja talouden kasvu kasvattavat edelleen teollisuustuotteiden kysyntää. Seuraavien 30 vuoden aikana teräksen kysynnän odotetaan kasvavan 30 prosenttia, sementin ja ammoniakkin (jota käytetään muun muassa vetykaasun valmistukseen) 40 prosenttia ja alumiinin jopa 80 prosenttia.

Teräs-, sementti-, kemian- ja alumiiniteollisuus ovat teollisuudenaloja, joiden päästöjä pidetään vaikeasti hillittävinä ja jotka yhdessä aiheuttavat noin 75 prosenttia kaikista teollisuuden hiilidioksidipäästöistä. Erityisesti näiden alojen on muututtava radikaalisti, ja useat niistä ovat nyt vihreän siirtymän kärjessä.

Kansainvälisen energiamurrosta ja teollisuuden nettonollatasoa edistävän verkoston, Energy Transitions Commissionin, Mission Possible -raportin mukaan myös päästövähennyksiltään haastavien teollisuusalojen on teknisesti, ja oikeanlaisella tuella myös taloudellisesti, mahdollista saavuttaa nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä niin, että kustannukset ovat alle 0,5 prosenttia maailman bruttokansantuotteesta ja vaikutukset kuluttajien elintason ovat vähäiset.⁵ Tämä edellyttää kuitenkin merkittäviä investointeja. Euroopan komission laskelmien mukaan energian ja teollisuuden vihreän siirtymän edistäminen maksaa 1200 miljardia euroa vuodessa.

”Päästöiltään vaikeasti hillittävien teollisuusalojen on vähennettävä hiilidioksidipäästöjään 90 prosentilla, jotta voidaan saavuttaa koko talouden nettonollapäästöt. Onko se mahdollista, ja jos on, miten se voidaan toteuttaa?” kysyy SEI:n tutkija Aaron Maltais.

Euroopan vihreä siirtymä

AJURIT:

Geopolitiikka

Sääntelyn ja politiikan tavoitteet

Kuluttajien toiveet ja odotukset

Sijoittajien mielipiteet

Tekninen kehitys

MAHDOLLISUUDET:

Energiamurros

300 mrd. € RePowerEU-investointipaketti

Liikenteen vihreä siirtymä

2x Euroopan suurnopeusjunien raideinfrastruktuuri aiotaan kaksinkertaistaa vuoteen 2030 mennessä

Teollisuuden vihreä siirtymä

40 mrd. € EU:n innovaatorahastosta saatavissa oleva pääoma seuraavan kymmenen vuoden aikana

Kaupunkien vihreä siirtymä

580 mrd. € 580 mrd. € EU:n määrärahoista osoitetaan ilmastotoimenpiteisiin vuosina 2021–2027

Muutosvoimat kohti nettonollateollisuutta



Sääntelyn jatkuva vahvistuminen

Vihreään siirtymään liittyvien uusien tavoitteiden ja lainsäädännön paine on vähitellen kasvanut viimeisten kymmenen vuoden aikana. YK:n kestävän kehityksen tavoitteista vuonna 2015 alkanutta kehitystä on seurannut joukko yleistavoitteita ja uusia säännöksiä.

Euroopan komissio esitteli vuonna 2019 Euroopan vihreän kehityksen ohjelman (Green Deal). Kyseessä on EU:n lippulaivaohjelma, jonka päämääränä on tehdä Euroopasta ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä ja välitavoitteena on vähentää kasvihuonekaasu-

päästöjen nettomäärää vuoden 1990 tasosta vähintään 55 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Tähän välitavoitteeseen tähtäävää toimenpidekokonaisuutta kutsutaan 55-valmiuspaketiksi (Fit for 55). Eurooppalaisessa ilmastolaissa nämä ilmastoneutraaliustavoitteet kirjattiin EU:n sitovaksi lainsäädännöksi. Lisäksi Euroopan komissio ehdotti hiljattain uutta välitavoitetta, jonka mukaan kasvihuonekaasupäästöjen nettomäärää tulisi vähentää 90 prosentilla vuoteen 2040 mennessä.

Tarvitsemme sääntely-ympäristön, jonka avulla voimme nopeasti vauhdittaa siirtymistä puhtaaseen energiaan. EU:n nettonollateollisuutta koskeva säädös on juuri sitä, mitä tarvitaan.

Ursula von der Leyen, Euroopan komission puheenjohtaja



EU:n vuoteen 2030 asettamien ilmasto- ja energiavoitteiden ja Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden saavuttamiseksi on ratkaisevan tärkeää, että investointeja suunnataan kestäviin hankkeisiin ja toimiin. Tähän pyritään EU:n vuonna 2020 käyttöön ottamalla EU-taksonomia-luokitusjärjestelmällä. EU:n kestävyysraportointidirektiivi (Corporate Sustainability Reporting Directive, CSRD) astui voimaan suurille ja pörssilistatuille yrityksille 1. tammikuuta 2024. Tällä direktiivillä laajennetaan kestävyysraportointivaatimusten soveltamisalaa, mikä koskee noin 50 000 yritystä eri puolilla Eurooppaa, ja sen tavoitteena on standardoida muidenkin kuin taloudellisten tietojen raportointi.

Yhdysvallat ei ole jäämässä tässä jälkeen. Inflation Reduction Act tuli voimaan elokuussa 2022, ja se on merkittävin Yhdysvaltain kongressin toteuttama puhtaaseen energiaan ja ilmastonmuutokseen liittyvä tukitoimi maan historiassa. Viimeisin lisäys Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan oli nettonollateollisuutta koskeva säädös (Net-Zero Industry Act), jonka tavoitteena on lisätä puhtaan teknologian valmistusta EU:ssa ja varmistaa, että unionilla on hyvät valmiudet puhtaaseen energiaan siirtymistä varten.⁶

”Tarvitsemme sääntely-ympäristön, jonka avulla voimme nopeasti vauhdittaa siirtymistä puhtaaseen energiaan. EU:n nettonollateolli-

suutta koskeva säädös on juuri sitä, mitä tarvitaan. Se luo parhaat edellytykset niille aloille, joilla on ratkaiseva asema nettonollapäästöjen saavuttamisessa vuoteen 2050 mennessä. Esimerkkeinä voidaan mainita tuulivoimat, lämpöpumput, aurinkopaneelit, vihreä vety ja hiilidioksidin varastointi. Tällaisten ratkaisujen kysyntä kasvaa Euroopassa ja maailmanlaajuisesti, ja me toimimme nyt varmistaksemme, että voimme vastata entistä suurempaan osaan tästä kysynnästä eurooppalaisella tarjonnalla”, sanoi Euroopan komission puheenjohtaja Ursula von der Leyen maaliskuussa 2023 nettonollateollisuutta koskevan säädöksen esittelyn yhteydessä.

Yhä useammat raskaan teollisuuden yritykset asettavat tavoitteita ja strategioita nettonollapäästöjen saavuttamiseksi. Esimerkiksi Global Cement and Concrete Association (GCCA), joka edustaa yli 40 johtavaa sementtiyritystä, on ilmoittanut, että yritykset tuottavat vuoteen 2050 mennessä nettonollapäästöistä betonia.

Markkinavoimat: vihreiden tuotteiden lisääntynyt kysyntä kiristää kilpailua

Vihreää siirtymää ohjaavat myös yhä enemmän asiakkaat ja kysyntä. Autoteollisuus tarvitsee nyt kipeästi akkuja ja vihreää terästä, jos se haluaa markkinoida autojaan ”vihreinä”. Ne ovat tehneet suuria ennakkotilauksia teräsyhtiöille useita vuosia etukäteen. Jotkut teräksen kuluttajat sietävät vihreän tuotteen korkeampaa hintaa paremmin kuin toiset.

Esimerkiksi liikenteen osuus maailman teräksen kulutuksesta on noin 20 prosenttia. Teräs muodostaa kuitenkin suhteellisen pienen osan ajoneuvon kokonaishinnasta, joten yritysten on helppo sietää lisähinta tai siirtää se asiakkaille. BloombergNEF:n mukaan 25 prosentin korotus teräksen hinnassa nostaisi ajoneuvojen tuotantokustannuksia yhdellä prosentilla.

Asiakkaiden lisääntynyt vihreiden vaihtoehtojen kysyntä merkitsee myös kilpailun kiristymistä Euroopan, Yhdysvaltojen ja Kiinan sekä saman alan yritysten välillä. Yhdysvaltojen Inflation Reduction Act on aiheuttanut kiivasta keskustelua sen jälkeen, kun vahvistui, että se sisältää vihreitä tukia, jotka asettavat Euroopan teollisuuden epäedulliseen asemaan. Nämä tuet vaikuttavat olevan helpommin saatavilla kuin eurooppalaiset kannustimet ja tarjoavat enemmän varmuutta ja selkeyttä siitä, mitä niillä saa ja miten.



20 %

on liikennesektorin osuus maailman teräksen kulutuksesta.

25 %

korotus teräksen hinnassa nostaisi BloombergNEF:n mukaan ajoneuvojen tuotantokustannuksia 1 %:lla.

Pääomaa virtaa – mutta riittääkö se?

Teollisuuden vihreään siirtymään kohti nettonollapäästöjä on tehty huomattavia investointeja, ja ne lisääntyvät jatkuvasti, sillä teollisuudenalat kaikkialla maailmassa ovat tiedostaneet, että ilmastonmuutokseen on puututtava. Nämä investoinnit kattavat laajan kirjon erilaisia toimia, joita ovat muun muassa uusiutuva energia, energia- tehokkuus, yhteiskunnan sähköistäminen, teknologinen kehitys ja kiertotalouden käytännöt. Teollisuuspainotteisten talouksien vihreä

siirtymä edellyttää suuria määriä muutospääomaa ja vähäpäästöisten teknologioiden saatavuutta sekä niihin liittyvää infrastruktuuria, kuten vihreää energiaa, vetyä ja hiilen sitomista.

Euroopan komission mukaan Eurooppa tarvitsee vuosittain yli 700 miljardin euron investoinnit, jotta se voi saavuttaa energiamurrosta koskevat tavoitteensa ja torjua ilmastonmuutosta.⁷

”Kaiken kaikkiaan tarvitaan noin 620 miljardin euron vuotuiset lisäinvestoinnit Euroopan vihreän kehityksen ohjelman ja REPowerEU-suunnitelman tavoitteiden saavuttamiseksi ja 92 miljardin euron lisäinvestoinnit nettonollateollisuutta koskevan säädöksen tavoitteiden saavuttamiseksi vuosina 2023–2030”, komissio totesi vuoden 2023 strategisessa ennakointiraportissaan.



700 mrd. €

tarvitaan Euroopan komission mukaan vuosittain, jotta Eurooppa voi saavuttaa energiamurrosta koskevat tavoitteensa ja torjua ilmastonmuutosta.

620 mrd. €

tarvitaan vuosittain Euroopan vihreän kehityksen ohjelman ja REPowerEU-suunnitelman tavoitteiden saavuttamiseksi.

92 mrd. €

tarvitaan nettonollateollisuutta koskevan säädöksen tavoitteiden saavuttamiseen.

Innovatiiviset tekniset ratkaisut ja liiketoimintamallit tienraivaajina



Teknologinen kehitys, innovatiiviset liiketoimintamallit ja kumppanuudet sekä uudet nettonollateknologiat lisääntyvät nopeasti. Sähköistäminen; kiertotalous; teollinen symbioosi; uusiutuvat energiaratkaisut; akut; vety; hiilidioksidin talteenotto, käyttö ja varastointi; energian varastointi; power-to-x; sähköpolttoaineet; älykäs valmistus antureiden, verkkoon kytkettyjen koneiden ja laitteiden, tekoälyn ja data-analyysin avulla... Energia- ja prosessiteollisuuden alojen innovaatiokyvyssä ei todellakaan ole valittamisen aihetta. Seuraavassa tarkastellaan sitä, miten jotkin raskaan teollisuuden alat ovat jo hyvää vauhtia etenemässä kohti vihreää siirtymää, mutta myös sitä mitä uusia riskejä ja haasteita tämä voi tuoda mukanaan.

Terästeollisuus suunnannäyttäjänä

Terästä käytetään miltei kaikessa – rakennuksissa, silloissa, autoissa, lentokoneissa, laivoissa, pesukoneissa... Tämä valmistusprosessi on kuitenkin yksi maailman epäpuhtaimmista, sillä se aiheuttaa noin kahdeksan prosenttia kaikista maailman hiilidioksidipäästöistä, enemmän kuin mikään muu raskaan teollisuuden ala. Kansainvälisen energijärjestön IEA:n mukaan nämä päästöt ovat myös kasvaneet viimeisen kymmenen vuoden aikana teräksen kysynnän jatkuvan kasvun myötä. Kysynnän odotetaan kasvavan vielä 30 prosenttia vuoteen 2050 mennessä.⁸

Nykyään maailmassa on noin 1 000 terästehdasta, joissa on käytössä noin 1 400 perinteistä masuunia.⁹ Näissä masuuneissa pelkistetään raakarautaa rautamalmista hiilestä valmistetun koksin avulla. Tästä aiheutuu suurin osa teräsyhtiöiden ilmastopäästöistä. Koska hiili on niin olennainen osa koko tuotantoprosessia, teräsalan siirtymä on huomattava haaste.

On kehitetty ainakin kolme teknistä ratkaisua, joiden avulla terästeollisuus voi suunnata teräksen primaarituotannon kohti nettonollapäästöjä: suora pelkistys vetykaasulla, johon ovat päätyneet esimerkiksi SSAB/Hybrit, ArcelorMittal ja Salzgitter; hiilidioksidin talteenotto ja sähkökemiallinen prosessi, joka muistuttaa alumiinin tuotantoprosessia. Ratkaisuja voi hyvinkin tulla lisää, ja eri toimijat valitsevat varmasti erilaisia polkuja. Selvää on kuitenkin se, että kaikki Euroopan teräsyhtiöt tekevät vihreää siirtymää mutta ovat prosessin eri vaiheissa.

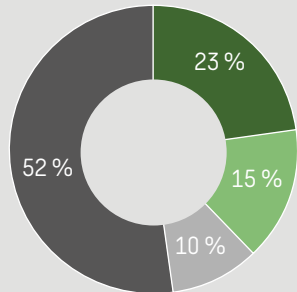


Euroopan näkökulmasta on ratkaisevan tärkeää ryhtyä välittömästi toimiin, joilla vastataan ilmastonmuutoksen aikaansaamiin haasteisiin ja nopeutetaan siirtymää kestävään ja vähähiiliseen talouteen. Tämä edellyttää tehokkaita ja sujuvia lupaprosesseja, jotka helpottavat innovatiivisten ja ympäristöystävällisten teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa.

Maailmanlaajuiset vihreän teräksen hankkeet

Hankkeen mittakaava	Hankkeiden määrä
T&K-yhteistyö	21
Pilotti	13
Demo	9
Täysimittainen	46

(prosentteina)



Lähde: The Leadership Group for Industry Transition.
Vogl, V; Sanchez, F; Torres Morales, E; Gerres, T; Lettow, F; Bhaskar, A; Swalec, C; Mete, G; Ahman, M; Lehne, J; Schenk, S; Witecka, W; Olsson, O; Rootzén, J. 2023, Green Steel Tracker, version 04/2023, Stockholm. Aineisto: www.industrytransition.org/green-steel-tracker/

Käynnissä tai työn alla olevat täysimittaiset vihreän teräksen hankkeet Euroopassa

Maa	Hankkeiden määrä
Itävalta	2
Belgia	2
Suomi	2
Ranska	4
Saksa	3
Italia	1
Alankomaat	2
Norja	1
Romania	1
Venäjä	1
Espanja	5
Ruotsi	3
Iso-Britannia	1



8 %

koko maailman hiilidioksidipäästöistä on peräisin terästeollisuudesta.

30 %

on teräksen kysynnän arvioitu kasvu vuoteen 2050 mennessä.

61 %

kaikista maailman fossiilittoman teräksen hankkeista sijaitsee Euroopassa.

Startup-yritykset hyödyntävät vihreää siirtymää

Kun perinteinen teollisuuden ala, johon on sijoitettu valtavia määriä rahaa ja joka on toiminut pitkälti samalla tavalla vuosisatojen ajan, joudutaan suunnittelemaan uudelleen, tarjoutuu monille mahdollisuus aloittaa puhtaalta pöydältä.

Teräsalalle onkin viime vuosina syntynyt useita startup-yrityksiä. Niillä on tiettyjä etuja vakiintuneisiin toimijoihin nähden, koska ne ovat päässeet rakentamaan Teollisuus 5.0:n mukaisen ratkaisun alusta alkaen.

Älykäs valmistus muuttaa uusia alusta asti rakennettuja tehtaita entisestään antureiden, verkkoon kytkettyjen koneiden, tekoälyn ja data-analyysityökalujen avulla, jotka mahdollistavat ennakoivan kunnossapidon, optimoidun tuotannon ja reaaliaikaisen seurannan.

”Raskas teollisuus on perusteellisessa murroksessa. Kyseessä on aivan uusi alku, melkein samaa luokkaa kuin teollistuminen aikoihin. Monet vanhat yritykset ovat vaarassa, kun uusia toimijoita tulee markkinoille, sillä se voi muuttaa koko markkinat. Uusilla toimijoilla on myös täysin erilainen rakenne ja johto”, sanoo Fredrik Axby Swecolta.

Norjalainen Blastr Green Steel -yhtiö suunnittelee Isoon-Britanniaan rautapeltitehdasta, joka toimittaisi raaka-ainetta yhtiön Suomeen suunnittelemaalle vihreän teräksen tehtaalle. Blastr ei kuitenkaan ole vielä ratkaissut koko hankkeen rahoitusta mutta toivoo voivansa käynnistää hankkeen kokeilun viimeistään vuonna 2028.

Myös ranskalainen startup-yritys GravitHy aikoo rakentaa vetyä hyödyntäviä fossiilittoman teräksen tuotantolaitoksia Suomeen ja Marseille lähelle Ranskaan, mutta silläkin rahoitus on vielä avoinna. Euroopan uusiin tulokkaisiin kuuluu myös espanjalainen Hydnum Steel, joka aikoo saada ensimmäisen terästehtaansa valmiiksi vuoteen 2026 mennessä ja toivoo tuottavansa vuosittain 2,6 miljoonaa tonnia vihreää terästä vuodesta 2030 alkaen.



Ruotsissa on yksi toimija edennyt pisimmälle suunnitelmissaan perustaa upouusi vihreän siirtymän mukainen terästehdas. Hankkeelle on järjestynyt 75 miljardin Ruotsin kruunun rahoitus ja sen odotetaan saavuttavan täysi tuotantokapasiteetti jo ennen alun perin kaavailtua vuoden 2030 aloitusajankohtaa.

Automaation ansiosta maat voivat kotiuttaa arvoa tuottavat teollisuusprosessit, kuten vihreän teräksen tuotannon. Aiemmin Ruotsi vei ulkomaille paljon jalostamatonta malmia, koska teräksen tuotanto Ruotsissa oli niin kallista työvoimavaltaisen prosessin vuoksi. Sillä, että koko prosessi voidaan toteuttaa kotimaassa, on monia etuja, eikä resilienssi ole niistä vähäisin.

Fredrik Axby, vt. toimialajohtaja, Energy & Industry, Sweco Sweden

Uudet ratkaisut edellyttävät uusia energianlähteitä

Uudet ratkaisut johtavat siihen, että useat teräsyhtiöt ovat riippuvaisia vedystä vihreän teräksen tuotannossaan. Vedyn tuotanto puolestaan vaatii suuria määriä energiaa, jonka on oltava fossiilitonta, jotta tuotettu vety olisi vihreää vetyä ja teräs vihreää, fossiilitonta terästä. Lyhyellä aikavälillä tämä on teräsyhtiöiden vihreän siirtymän suurin haaste. Ne tarvitsevat laajamittaista vedyntuotantoa, ja sen toteuttaminen edellyttää, että käytettävissä on riittävästi fossiilitonta sähköä.

”Sähkön tarve on kasvanut kaikkialla Euroopassa, mutta kasvu on poikkeuksellisen voimakasta Pohjois-Ruotsissa, missä sähkön käyttö saattaa jopa kaksinkertaistua. Tärkein syy tähän on se, että siirämme teräksen jalostusta takaisin Ruotsiin ja otamme käyttöön uusia prosesseja”, Fredrik Axby sanoo.

Teollisuuden vihreä siirtymä asettaa uusia vaatimuksia myös Saksan energiantuotannolle. Thyssenkrupp aikoo rakentaa Duisburgiin vihreän terästehtaan, joka perustuu vetyä käyttävään suorapelkistysprosessiin ja jonka odotetaan valmistuvan aikaisintaan vuonna 2029. Tämän terästehtaan käyttämän vetykaasun tuottamiseksi tarvitaan 500 tuulivoimalan tuotantoa vastaava määrä sähköä.

Terästeollisuus on ennakoivasti puuttanut mahdolliseen riskiin, että se jäisi jälkeen vihreästä siirtymästä, toteuttamalla muutoksia jo varhaisessa vaiheessa. Riittävästä ja kohtuuhintaisesta sähköstä ja optimaalisesta valinnasta eri teknologioiden välillä on kuitenkin edelleen huolta, vaikkakin alan maailmanlaajuinen mittakaava viittaa siihen, että erilaisia teknologioita voidaan käyttää rinnakkain eri puolilla maailmaa.



”Olemme keskittyneet vahvasti juuri terästeollisuuteen, koska siellä toimittiin hyvissä ajoin. Siellä nähtiin, mitä oli tapahtumassa ja ymmärrettiin, että nyt toimimalla pitkän aikavälin riski oli pienempi kuin jättämällä toimimatta. Vihreään siirtymään liittyy myös riskejä, kuten esimerkiksi se, onko vihreää sähköä saatavilla riittävästi ja sopivaan hintaan. Lisäksi on olemassa erilaisia teknologiavaihtoehtoja: Mikä niistä on paras? Teräsala on kuitenkin laaja, joten eri puolilla maailmaa on todennäköisesti tilaa eri teknologioille”, sanoo SEI:n tutkija Björn Nykvist.

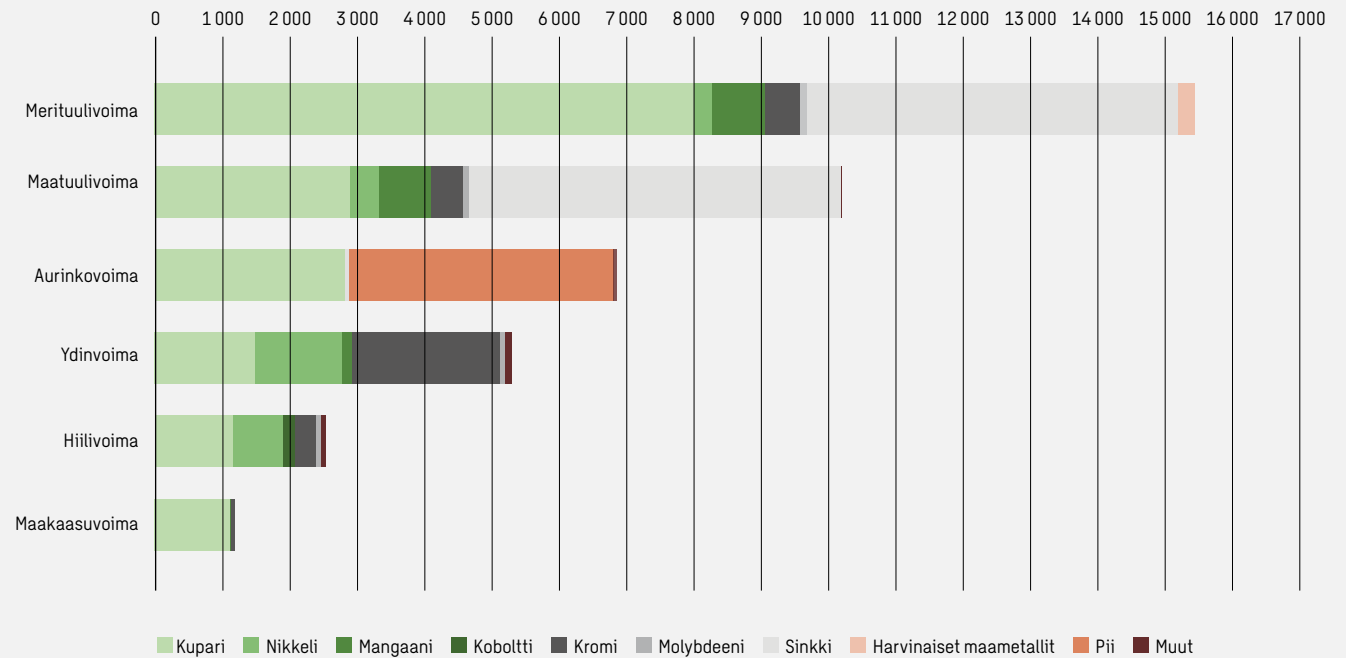
Halvan fossiilittoman sähkön saatavuus riittävän suurina määrinä voisi näin ollen edistää vihreää siirtymää ja mahdollisesti johtaa myös raskaan, energiaintensiivisen teollisuuden maantieteelliseen uudelleensijoittumiseen. IEEFA:n (Institute for Energy Economics and Financial Analysis) raportin mukaan Lähi-idästä ja Pohjois-Afrikasta voi tulla maailman johtavia vihreän teräksen ja hiljattain syntyneen vihreän raudan kaupan alueita.¹⁰

Lähi-idässä ja Pohjois-Afrikassa on runsaat aurinkoenergiaressurssit, joilla voidaan tuottaa vihreää vetyä suorapelkistettyyn rautaan (DRI) perustuvaa teräksenvalmistusta varten, minkä lisäksi alueella on runsaasti korkealaatuista rautamalmia, joten alueella on erinomaiset edellytykset vastata vihreän teräksen kysyntään Euroopassa sekä toimittaa terästä Intiaan, joka on teräksen tärkein kasvumarkkina, todetaan IEEFA:n raportissa.¹⁰

Uusien raaka-aineiden kysyntä kasvaa

Raaka-aineiden saatavuus voi muuttaa teollisuuden pelisuunnitelmaa. Kun maailma kiihdyttää kohti nettonollaa, raaka-aineiden kysyntä nousee huomasti. Jo nykyiseen kysyntään vastaaminen edellyttää näiden raaka-aineiden tämänhetkisen määrän kaksinkertaistamista. Jotta päästään nettonollapäästöihin vuoteen 2050 mennessä, hallitukset ja teolliset toimijat tarvitsevat kuusi kertaa enemmän raaka-aineita. Esimerkiksi sähköauton valmistamiseen tarvitaan kuusi kertaa enemmän raaka-aineita kuin perinteisen auton valmistamiseen, ja maatuulivoimala vaatii yhdeksän kertaa enemmän mineraaleja kuin maakaasuvoimala.¹³

Puhtaan energian teknologioissa käytetyt mineraalit verrattuna muihin energiantuotantolähteisiin

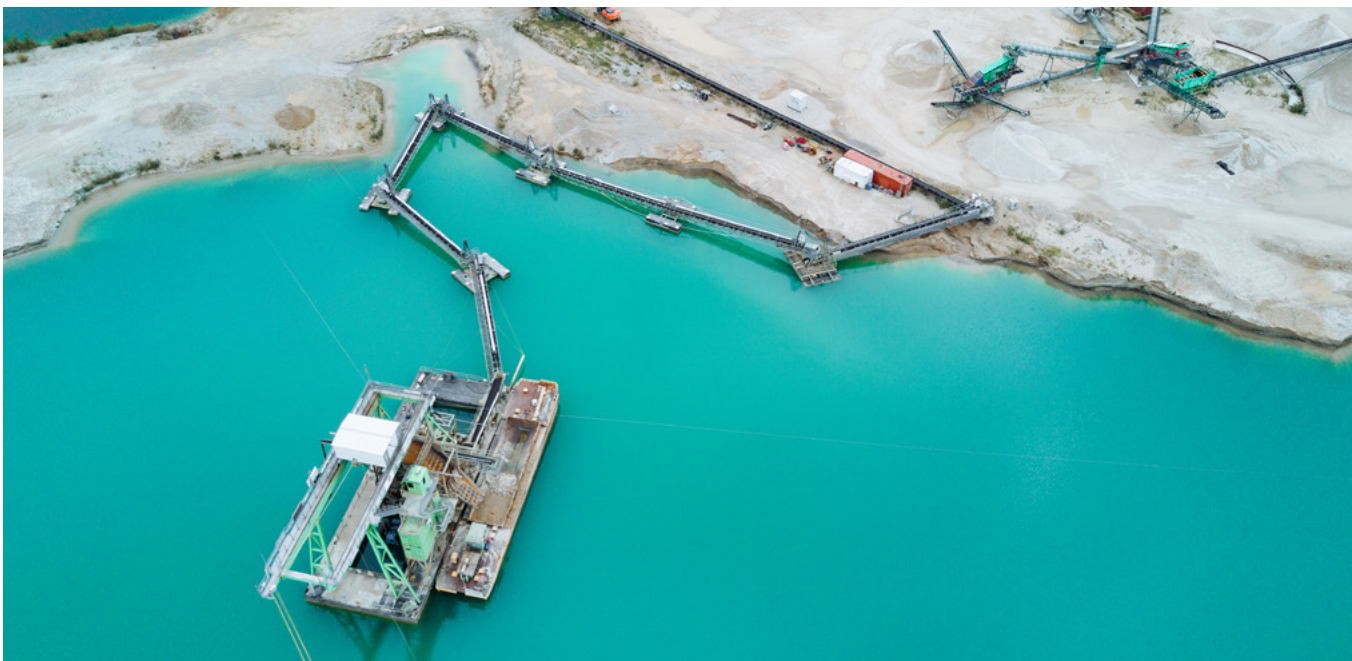


Lähde: IEA; *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/minerals-used-in-clean-energy-technologies-compared-to-other-power-generation-sources>, IEA. Lisenssi: CC BY 4.0

Yllä olevasta kuvaajasta käy ilmi ilmastomuutoksen hillitsemiseen ja puhtaan energian tavoitteiden saavuttamiseen tarvittavien raaka-aineiden kysynnän kasvu vuoteen 2020 verrattuna.

Energiamurros asettaa ainutlaatuisia haasteita metalli- ja kaivosyhtiöille, joiden on innovoitava ja uudistettava kasvusuunnitelmansa.

Jos vihreään siirtymään tarvittavia raaka-aineita ei kuitenkaan hankita vastuullisesti, sillä voi olla monia kielteisiä seurauksia, kuten ympäristön pilaantuminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen sekä kasvien ja maaperän hajottamisesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt.



Uusia ristiriitoja saattaa syntyä

Tulevaisuudessa on tehtävä monimutkaisia valintoja esimerkiksi sen suhteen, suojellaanko monimuotoisia sademetsäalueita vai louhitaanko näillä alueilla olevia materiaaleja vähähiilisiä teknologioita varten.¹⁴ Jotkin maat tutkivat myös syvänmeren ja merenpohjan kaivostoiminnan kannattavuutta ja niiden on pohdittava, millaisia kielteisiä vaikutuksia sillä voisi olla kalatalouteen ja muihin elinkeinoihin. Lisäksi ilmastonmuutoksen vaikutukset, erityisesti tulvat ja vesistressi, ovat muuttumassa vakavammiksi, ja ne voivat itsessään uhata kriittisten mineraalivarantojen lähteitä.

Lisäksi yli puolet maailman energiamurroksen vaatimista mineraalihankkeista sijoittuu alkuperäiskansojen maille tai niiden läheisyyteen tai taloudellisesti heikossa asemassa oleville alueille.¹³ Yli 80 prosenttia litiumhankkeista ja yli puolet nikkeli-, kupari- ja sinkkihankkeista sijaitsee alkuperäiskansojen alueilla.¹⁴

Vähentääkseen riippuvuuttaan Kiinasta EU haluaa lisätä huomattavasti harvinaisten maametallien louhintaa. Tämä on johtanut kiistoihin esimerkiksi Ruotsissa EU:n ainoan alkuperäiskansan, saamelaisten, kanssa.

Hyödykkeiden kysynnän kasvu voi johtaa yhteiskunnallisten ja ympäristöongelmien sekä eriarvoisuuden lisääntymiseen.

Yli **80 %**

litiumhankkeista ja yli puolet nikkeli-, kupari- ja sinkkihankkeista sijaitsee alkuperäiskansojen alueilla.

Sementtiteollisuus nousemassa kirittäjäksi

Maailmanlaajuinen sementin tuotannon kokonaismäärä oli arviolta 4,1 miljardia tonnia vuonna 2022.¹⁵ Vuonna 1995 sementin kokonaistuotanto maailmassa oli vain 1,39 miljardia tonnia, mikä osoittaa, miten paljon rakennusteollisuus on kasvanut sen jälkeen.

On haastavaa vähentää hiilidioksidipäästöjä ja tuottaa samalla riittävästi sementtiä kysyntään nähden.

”Sementti on sideaine, joka antaa betonille sen lujuuden, ja betoni on maailman eniten käytetty valmistettu materiaali. Kyse on valtavista määristä, ja kysyntä vain kasvaa”, sanoo SEI:n tutkija Aaron Maltais.

Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n tietojen mukaan sementin hiilidioksidipäästöt ovat edelleen järkähtämättömän korkeat.¹⁶ Mikä on siis sementin rooli vihreässä siirtymässä?

Keskeisiä strategioita sementintuotannon hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi ovat energiatehokkuuden parantaminen, siirtyminen vähemmän hiilidioksidipäästöjä aiheuttaviin polttoaineisiin, materiaalitehokkuuden parantaminen (klinkkerin ja sementin välisen suhdeluvun muokkaaminen ja kokonaistarpeen vähentäminen) sekä innovatiivisten, lähes päästöttömien tuotantomuotojen edistäminen. Kaksi viimeksi mainittua vaikuttavat eniten suoriin päästövähennyksiin nettonollaskenaariossa. Tähän skenaarioon mukautuminen edellyttää sellaisen teknologian kehittämistä ja käyttöönottoa, jota ei ole tällä hetkellä saatavilla.

Monet yrittäjät raapivat päätään yrittäessään keksiä uusia ratkaisuja. Yksi vaihtoehto on sekoittaa betoniin esimerkiksi raudan- ja hiilen tuotannon sivutuotteita sementin osuuden vähentämiseksi. Toinen mahdollinen ratkaisu on hiilidioksidin ruiskuttaminen betoniin. Tämän jälkeen betoni mineralisoidaan, mikä tekee siitä kovemman, mikä puolestaan johtaa siihen, että materiaalia käytetään vähemmän. Lisähyötynä on, että betoni toimii eräänlaisena hiilinieluna. Hiilinielulla tarkoitetaan jotain, joka sitoo ilmakehästä enemmän hiiltä kuin se luovuttaa. Kanadalainen CarbonCure on tämän alan edelläkävijä.



Kierrätys on myös ratkaisevan tärkeää hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Cemvision on vuonna 2020 perustettu ruotsalainen startup-yritys. Cemvisionin ensimmäinen tuotesarja koostuu kahdesta sementtisiideaineesta, joiden valmistuksessa käytetään teollisuuden jäännöstuotteita neitseellisen kalkkikiven asemesta. Viime vuonna yritys alkoi pilottimittakaavassa valmistaa ”maailman ensimmäistä sataprosenttisesti kiertotalouden mukaista, fossiilitonta ja hiiletöntä sementtiklinkkeriä”.

Toinen trendi on betonin valmistaminen vaihtoehtoisten sideaineiden, kuten teräksen valmistuksessa syntyvän kuonan, avulla.

Ruotsalaisen Heidelberg Materialsin varatoimitusjohtajan Karin Comstedt Webbin mukaan monet ruotsalaiset betonivalmistajat tarjoavat jo nyt ilmaston kannalta parempaa betonia, jonka ilmasto-vaikutukset ovat jopa 40 prosenttia pienemmät kuin tavanomaisen betonin. Tällä hetkellä sementin hiilidioksidipäästöjen vähentäminen perustuu kuitenkin edelleen suurelta osin hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin (CCS) kemiallisten reaktioiden vuoksi, joita tapahtuu kalkkikiven kuumentamisessa klinkkerin valmistuksessa.

Teollisen mittakaavan CCS:n edelläkävijä sementintuotannossa

Sweco auttaa Heidelberg Materialsin Brevikin sementtitehdasta Norjan Porsgrunnissa saavuttamaan nettonollapäästöt vuoteen 2030 mennessä, ja hiilidioksidin talteenottolaitoksen on määrä aloittaa toimintansa vuonna 2024. Hiilidioksidin talteenotto Brevikissä on osa Langskip-hanketta, ja hankkeen kuljetus- ja varastointiosuudesta vastaa Northern Lights, jonka varastointipaikat sijaitsevat Pohjanmeressä.

Lue lisää Swecon verkkosivuilta [sweco.fi](https://www.sweco.fi)

Heidelberg Materials lanseerasi hiljattain maailman ensimmäisen hiilidioksidin talteenottoon perustuvan nettonollasementin, jota se valmistaa Norjan Brevikissä. Nykyisen aikataulun mukaan nettonollasementin valmistus alkaa vuonna 2025.

Yrityksen tavoitteena on perustaa vielä yli neljä kertaa suurempi CCS-laitos Ruotsin Sliteen vuoteen 2030 mennessä. Hiilidioksidi erotetaan savupiipuissa, nesteytetään ja kuljetetaan Norjaan, missä se varastoidaan pysyvästi Pohjanmeren pohjaan.

”Jos Ruotsissa alettaisiin valmistaa vihreää sementtiä, uskon, että monien rakennusyritysten olisi vaikea olla ostamatta sitä, kun ottaa huomioon nykyiset kestävyyspyrkimykset ja -tavoitteet”, Aaron Maltais sanoo.

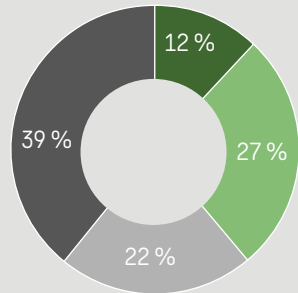
”Vastuullisuus julkisissa hankinnoissa on myös tärkeää sementtiteollisuudelle. Koska valtio on asettanut tavoitteeksi nettonollapäästöt, on perusteltua odottaa, että valtio alkaa ostaa vihreää sementtiä ensimmäisten markkinoiden luomiseksi”, SEI:n tutkija Björn Nykvist lisää.



Vihreän sementin hankkeet

Hankkeen mittakaava	Hankkeiden määrä
Toteutettavuus selvitys	6
Demo	14
Pilotti	11
Täysimittainen	20

(prosentteina)



Lähde: The Leadership Group for Industry Transition.

Lorea, C; Sanchez, F; Torres-Morales, E. 2023. Green Cement Technology Tracker, Version 07/2023, Stockholm.

Aineisto: <https://www.industrytransition.org/green-cement-technology-tracker>

Työn alla olevat täysimittaiset vihreän sementin hankkeet Euroopassa

Maa	Hankkeiden määrä
Itävalta	1
Belgia	2
Bulgaria	1
Kroatia	1
Tanska	1
Ranska	2
Saksa	5
Kreikka	1
Norja	1
Puola	1
Espanja	1
Ruotsi	1
Iso-Britannia	1



Monet ruotsalaiset betonivalmistajat tarjoavat jo nyt ilmaston kannalta parempaa betonia, jonka ilmastovaikutukset ovat jopa

40 %

pienemmät kuin tavanomaisen betonin, kertoo ruotsalaisen Heidelberg Materialsin varatoimitusjohtaja Karin Comstedt Webb.

95 %

kaikista maailman täysimittaisista vihreän sementin hankkeista sijoittuu tällä hetkellä Eurooppaan.

Maailmanlaajuinen sementin tuotannon kokonaismäärä oli arviolta

4,1

miljardia tonnia vuonna 2022.

CCS/CCU – välttämätön täydentävä ratkaisu

Euroopassa on otettu talteen, kuljetettu ja varastoitu hiilidioksidia vuodesta 1996 lähtien, jolloin Sleipner-hanke käynnistyi Norjassa. Raskaan teollisuuden lisäksi hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia (CCS) voidaan hyödyntää maakaasuvoimaloissa, mikä tuo joustavuutta sähköverkkoon, jossa käytetään runsaasti vaihtelevasti saatavilla olevia uusiutuvia energialähteitä.

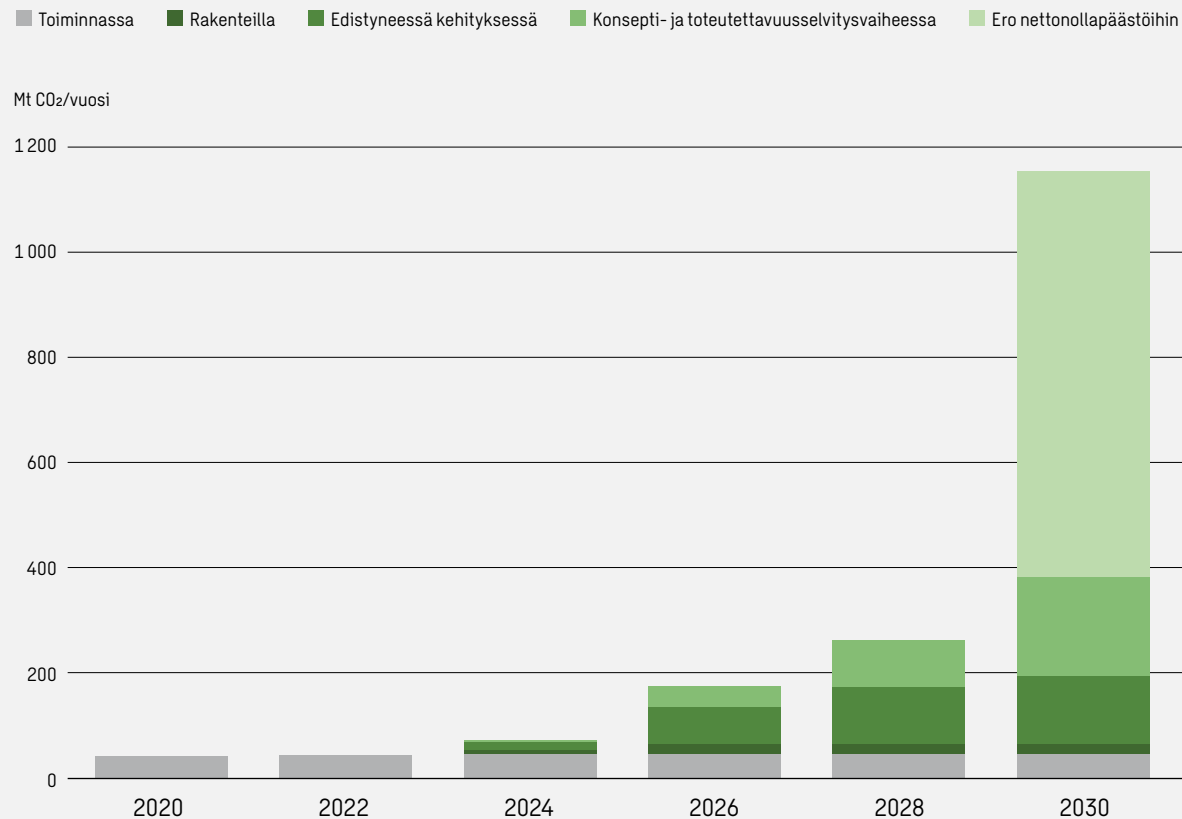
CCS on tärkeä osa EU:n ilmastopolitiikkaa. Hiljattain asetettiin laillisesti sitova tavoite, jonka mukaan vuotuisen hiilidioksidin injektointikapasiteetin tulee olla vähintään 50 miljoonaa tonnia vuoteen 2030 mennessä. Kuten alla olevasta kuvaajasta käy ilmi, tällä hetkellä meneillään olevien ja suunniteltujen CCS-hankkeiden kapasiteetti on 35 miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuodessa vuoteen

2030 mennessä. Maaliskuussa 2023 Tanska kehitti ensimmäisenä maan maailmassa rajat ylittävän hiilidioksidin varastointipaikan; se kuljetti hiilidioksidia Belgiasta ja injektoidi sen Tanskan merialueella Pohjanmeren alla sijaitsevaan tyhjentyneeseen öljykenttään. Jos teknologiaa pystytään tulevaisuudessa käyttämään laajamittaisesta poltosta peräisin olevan biogeenisen hiilidioksidin varastointiin, sen avulla voidaan saavuttaa negatiiviset hiilidioksidipäästöt. Erotettua hiilidioksidia voidaan käyttää raaka-aineena tuotantoteollisuudessa, jolloin puhutaan hiilidioksidin talteenotosta ja hyödyntämisestä (carbon capture and utilisation, CCU).

CCS on vielä kehittyvä teknologia. On huomautettava, että sitä on edistetty keinona vähentää hiilidioksidipäästöjä samalla kun käytetään edelleen fossiilisia polttoaineita, mikä herättää kysymyksiä sen roolista laajemmassa energiamurroksen strategiassa, jolla pyritään siirtymään kohti uusiutuvia energialähteitä. Jatkuvat investoinnit fossiilisiin polttoaineisiin johtavat vanhoihin malleihin lukkiutumiseen, joka käytännössä estää siirtymisen puhtaan energian järjestelmään.¹⁷

Hiilidioksidin varastointiin geologisiin muodostumiin liittyy myös riskejä. Merkittävin geologiseen varastointiin liittyvä riski on hiilidioksidin vuotaminen. Hiilidioksidia voi vuotaa joko ilmakehään tai maan alle. Syynä voivat olla hitaat vuodot heikosti läpäisevän kallion läpi tai katastrofaaliset purkaukset putkiston puhkeamisen, kaivon vikaantumisen tai maansiirroksen seurauksena.

CCS-toimet kohti nettonollaa

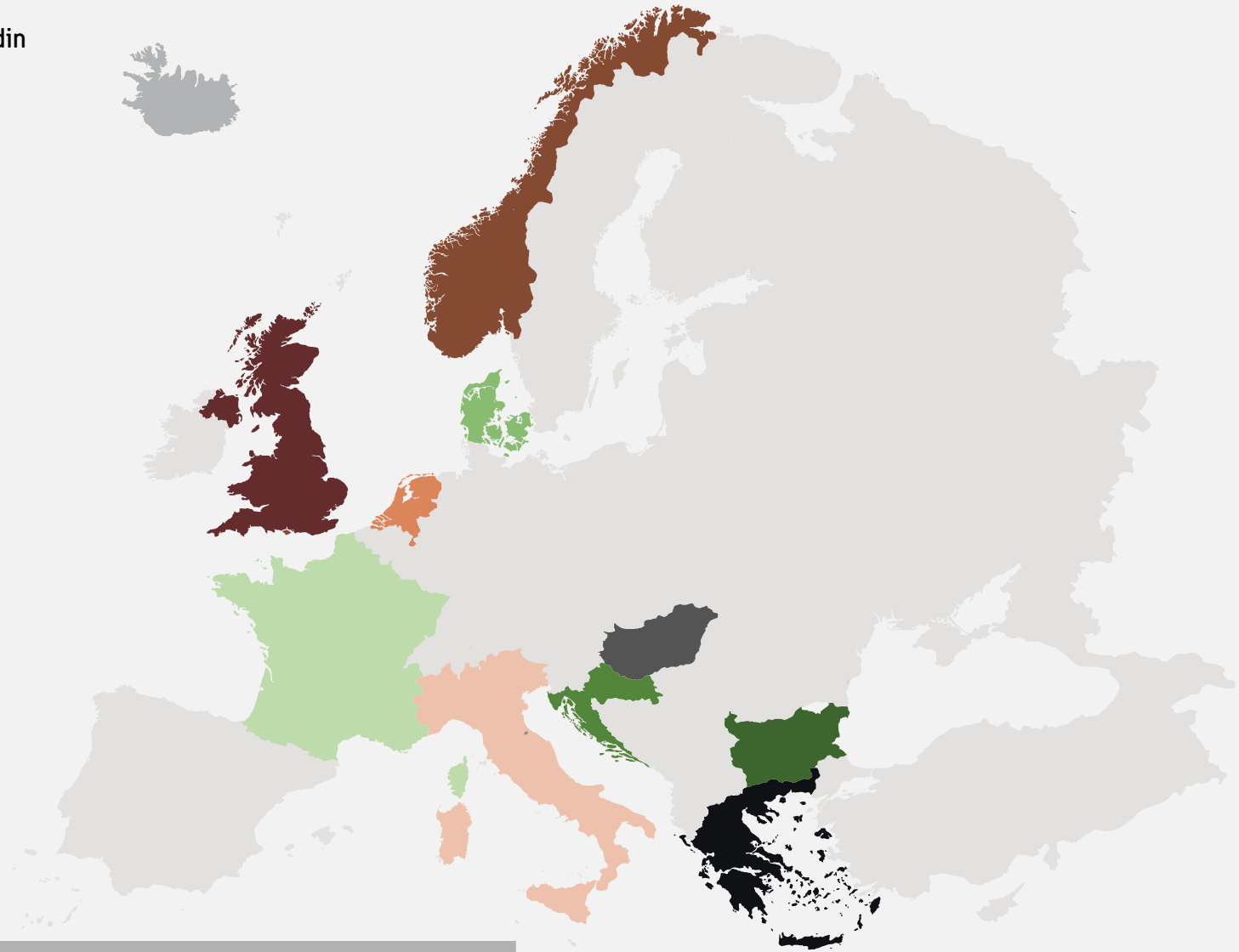


Lähde: IEA. Lisenssi: CC BY 4.0 International Energy Agency (2023). Julkaistu verkossa sivustolla [iea.org](https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage).
Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/energy-system/carbon-capture-utilisation-and-storage> [Verkkolähde]

Nykyiset ja suunnitellut hiilidioksidin varastointihankkeet Euroopassa

- Bulgaria (1)
- Kroatia (4)
- Tanska (5)
- Ranska (1)
- Kreikka (1)
- Unkari (1)
- Islanti (4)
- Italia (1)
- Alankomaat (3)
- Norja (8)
- Iso-Britannia (7)

() Hankkeiden määrä



EU

17 hanketta – 35 Mt CO₂/a vuoteen 2030 mennessä

Eurooppa

36 hanketta – 110 Mt CO₂/a vuoteen 2030 mennessä

IOGP, International Association of Oil and Gas Producers, julkaistu verkossa sivustolla iogp.org, haettu osoitteesta <https://iogpeurope.org/wp-content/uploads/2023/10/Map-CO2-Storage-Projects-in-Europe.pdf>

Smeaheia CO₂ Highway

Sweco on konseptivaiheen kumppanina Equinorin hankkeessa, jossa rakennetaan hiilidioksidiputki Manner-Euroopasta Norjan merialueelle Pohjanmereen, jonne hiilidioksidia on tarkoitus varastoida pysyvästi. Sweco tekee kartoituksia lupavaatimuksista, maaperäolosuhteista ja muista mahdollisista vaikuttavista tekijöistä Ranskan, Belgian, Alankomaiden ja Saksan siirtoputken rantautumispaikoissa. Sweco avustaa myöhemmin myös rantautumisen toteuttamiseen liittyen, mukaan lukien geotekniset ja rakennetekniset menetelmät sekä tunnelinrakentaminen.



Mikä on hiilidioksidin talteenoton, hyödyntämisen ja varastoinnin (CCU/CCS) rooli puhtaaseen energiaan siirtymisessä?

CCU/CCS-ratkaisut voidaan sovittaa olemassa oleviin voimalaitoksiin ja teollisuuden prosesseihin, mikä mahdollistaa laitosten toiminnan. Hiilen talteenottoteknologia auttaa vähentämään päästöjä sellaisilla teollisuudenaloilla, joilla päästöjä on vaikea vähentää, kuten sementti-, teräs- tai kemian-teollisuudessa. Lisäksi hiilidioksidin talteenotto ja varastointi mahdollistaa edullisimman mahdollisuuden tuottaa vähähiilistä vetyä, joka voi edelleen tukea energiamurrosta ja hiilestä irtautumista muilla sektoreilla, kuten raskaassa liikenteessä, kuorma-autojen ja laivojen päästöjen vähentämisessä. Lisäksi hiilidioksidin talteenotto ja varastointi voi poistaa hiilidioksidia ilmasta tasapainotukseen päästöjä, joita ei voida välttää tai joita on teknisesti vaikea vähentää.

Muut murroksessa olevat teollisuudenalat

Kemianteollisuus

Kemianteollisuus on sekä öljyn että maakaasun suurin teollinen kuluttaja ja suurin teollinen energiankuluttaja kokonaisuudessaan. Tämä johtuu siitä, että se käyttää fossiilisia polttoaineita myös raaka-aineina eikä pelkästään energianlähteenä. Kemianteollisuuden hiilineutraalius vaatii kestävien raaka-ainevaihtoehtojen hyödyntämistä ja jalostamista, kuten jätteet tai biopohjaiset materiaalit, esimerkiksi kasviaines, sokeri, ligniini, hemiselluloosa, tärkkelys, maissi tai levät. Näin parannetaan myös kiertotalousastetta ja resurssitehokkuutta sekä kehitetään teollisia symbiooseja. Teollinen symbioosi on kiertotalouden osa-alue, jossa jonkin toiminnan jätteitä tai sivutuotevirtoja käytetään resurssina toisessa toiminnassa.

Liikenne ja logistiikka

Liikenteen hiilidioksidipäästöt kasvoivat vuodesta 1990 vuoteen 2022 keskimäärin 1,7 prosenttia vuodessa, mikä on nopeampaa kuin millään muulla loppukäyttäjäsektorilla lukuun ottamatta teollisuutta (jonka päästöt kasvoivat myös noin 1,7 prosenttia). Jotta päästään nettonollapäästöihin vuoteen 2050 mennessä, liikenteen hiilidioksidipäästöjen on vähennyttävä yli kolme prosenttia vuodessa vuoteen 2030 mennessä. Tällaiset vähennykset edellyttävät tiukkoja säännöksiä, merkittäviä taloudellisia kannustimia sekä huomattavia investointeja infrastruktuuriin ja uusiin polttoaineisiin, jotka mahdollistavat vähäpäästöisten ja päästöttömien ajoneuvojen käytön.

Autoteollisuus

Autoteollisuuden siirtyminen kohti fossiilittomuutta on kauaskantoinen, laajamittainen ja monimutkainen prosessi, jossa tärkeässä osassa on liikenteen sähköistäminen, johon kuuluu muun muassa uusien akkujen kehittäminen ja tuotanto. Suurten akkutehtaiden perustaminen asettaa paikallisyhteisölle valtavia vaatimuksia infrastruktuurin, energiahuollon, lupien, ammattitaidon ja asuntojen saatavuuden suhteen kyseisissä kunnissa ja alueilla.

Autoteollisuus on myös vaikuttanut merkittävästi vihreän teräksen kysyntään, mikä on saanut terästeollisuuden käynnistämään kauaskantoisia vihreän siirtymän suunnitelmia. Suuri osa näistä mukautuksista lankeaa alihankkijoiden harteille. Ajoneuvojen valmistuksesta 70 prosenttia on alihankkijoiden vastuulla, kun taas autonvalmistajat itse vastaavat valmistusprosessista vain 30 prosenttia.

Alan on myös kehityttävä huomattavasti kiertotalouden liiketoimintamallien suhteen. Skandinavian autoteollisuuden toimittajien yhdistyksen (FKG) mukaan Euroopan autoteollisuuden kiertotalousaste on keskimäärin yhden prosentin luokkaa.

”Kysyn usein, kuinka kauan auton purkamiseen menee aikaa. Kukaan ei osaa vastata. Rakentamiseen ja kokoonpanoon liittyy paljon tutkimus- ja kehitystyötä, mutta tuotteiden purkamista takaisin osiin ei pohdita lainkaan”, sanoo Peter Bryntesson.

Uudet polttoaineet

Power-to-x-teknologia on avainasemassa ilmastonmuutoksen hillitsemisessä ja energiamurroksessa, sillä se muuntaa uusiutuvan energian ylijäämää varastoitaviksi polttoaineiksi, kuten vedyksi tai metanoliksi, joilla voidaan tuottaa energiaa edelleen liikennealalle ja monille muille teollisuudenaloille. Power-to-x on eräänlainen energiavarasto, jonka perusidea on muuttaa sähköä toiseen muotoon ja tarvittaessa takaisin sähköksi. Se on energiamurroksen avainteknologia, sillä uusiutuvan energian tuotannon kasvaessa varastojen ja kysyntäjouston rooli korostuu. Puhtaasta sähköstä pystytään tuottamaan synteettisiä polttoaineita, jotka voisivat korvata kemianteollisuudessa raaka-aineena käytetyn öljyn.



Ajoneuvojen valmistajilla on hiilijalanjäljen pienentämisessä neljä painopistettä: teräs, akut, valurauta ja alumiini. Nämä kattavat noin 70–80 prosenttia OEM-valmistajien tuotteiden hiilijalanjäljestä.

Peter Bryntesson, FKG:n toimitusjohtaja

Sähköpolttoaineet

Sähköpolttoaineet eli e-polttoaineet ovat yleistymässä kestävinä vaihtoehtoina fossiilisille polttoaineille. Käytännössä ne ovat synteettisiä polttoaineita, jotka perustuvat vetyyn (H₂) ja hiilidioksidiin (CO₂). Niitä voidaan tuottaa joko kaasuna (e-vety tai e-metaani) tai nestemäisessä muodossa (e-diesel tai e-metanoli). E-polttoaineet valmistetaan tyypillisesti uusiutuvien energialähteiden, kuten aurinko-, tuuli- tai vesivoiman, avulla tuotetusta sähköstä. E-polttoaineet tarjoavat käytännöllisen ratkaisun teollisuudenaloille ja sektoreille, joiden on vaikea sähköistää toimintojaan suoraan, kuten merenkulkuun, ilmailuun ja tiettyihin teollisuusprosesseihin.

E-polttoaineita voi myös käyttää uusiutuvan energian varastointiin. Ne mahdollistavat uusiutuvien energialähteiden runsaan tuotannon aikana syntyvän ylijäämäsiähkön muuntamisen kemialliseksi energiaksi, jota voidaan varastoida ja käyttää silloin, kun uusiutuvien energialähteiden tuotanto on vähäistä tai sitä ei ole saatavilla.

Jotkin e-polttoaineet, kuten e-metanoli, ovat nestemäisiä normaalissa lämpötilassa ja ilmanpaineessa, joten niitä on helppo kuljettaa ja varastoida olemassa olevan infrastruktuurin, kuten putkistojen, kuorma-autojen, laivojen ja rautateiden, avulla.

E-polttoaineiden laajamittaiseen käyttöönottoon liittyy kuitenkin edelleen haasteita. E-polttoaineiden kustannukset riippuvat vahvasti vedyn hinnasta, ja tämä vety on tuotettava uusiutuvalla energialla, jotta se voidaan luokitella e-polttoaineeksi. Vakaan ja kustannustehokkaan vedyntuotanto- ja toimitusinfrastruktuurin luominen on ratkaisevan tärkeää e-polttoaineiden yleistymisen kannalta.

Kestävät lentopolttoaineet

Kestävät lentopolttoaineet (sustainable aviation fuels, SAF) määritellään uusiutuviksi tai jätteperäisiksi lentopolttoaineiksi, jotka täyttävät kestävyyskriteerit. Ruotsin Långselessä toimiva Skyfuel H2 on hanke, jonka tarkoituksena on tuottaa kestävästä lentopolttoainetta. Tuotannossa käytetään ruotsalaisista metsistä peräisin olevan biomassan ja vihreän vedyn yhdistelmää.



Euroopan suurin sähköpolttoainetehdas

Sweco vastasi ympäristölupaprosessista yhdessä maailman ensimmäisistä täysimittaisista e-metanolin tuotantolaitoksista. E-metanoli on täysin fossiiliton nestemäinen polttoaine, jota voidaan käyttää esimerkiksi raskaan meriliikenteen ja muun raskaan liikenteen polttoaineena. Ruotsin Örnköldsvikissä sijaitsevaa hanketta toteuttaa Liquid Wind. Tuotanto perustuu tuulivoimalla tuotettuun sähköön ja hiilidioksidiin, joka erotetaan Hörneborgsverketin biopolttoaineita käyttävän yhteistuotantolaitoksen savukaasuista, mikä tarkoittaa, että tuotettu e-metanoli on hiilineutraali polttoaine. Täysi ympäristölupa myönnettiin elokuussa 2022. Tanskalainen energiayhtiö Ørsted osti hankkeen Liquid Windiltä vuoden 2022 lopulla, ja se on Euroopan suurin hanke, joka on saanut lopullisen investointipäätöksen (FID) Euroopassa. Örnköldsvikin laitos on vasta alkua, sillä vuoteen 2030 mennessä Liquid Wind aikoo rakentaa kymmenen laitosta Pohjoismaihin.

Vihreän siirtymän perustana uudet energiaratkaisut

Euroopan energiakenttää on muutettava radikaalisti, jotta teollisuudesta tulisi ympäristöystävällistä ja kestävää. Tässä luvussa käsittelemme ajankohtaisimpia trendejä ja mahdollisuuksia sekä uusia riskejä, joita energiamurros tuo mukanaan.

COP 28 -ilmastokokouksessa yli sata maata sitoutui lisäämään merkittävästi energiatehokkuuttaan ja uusiutuvan energian kapasiteettiaan. Kokouksessa panttiin alulle maailmanlaajuisen uusiutuvia energialähteitä ja energiatehokkuutta koskeva sitoumus, jota tuki 130 kansallista hallitusta, EU mukaan lukien. Allekirjoittajat pyrkivät kolminkertaistamaan maailmanlaajuisen uusiutuvan energian kapasiteetin vähintään 11 000 GW:iin ja kaksinkertaistamaan energiatehokkuuden parannukset yli neljään prosenttiin vuodessa vuoteen 2030 mennessä.

Energiamurros muuttaa maailman energia-alan fossiilipohjaisesta hiilidioksidipäästöttömäksi tämän vuosisadan jälkipuoliskoon mennessä. Sen ytimessä on tarve vähentää energian tuotantoa ja kulutukseen liittyviä hiilidioksidipäästöjä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Energiamurros ei rajoitu fossiilisten voimalaitosten asteittaiseen sulkemiseen ja puhtaiden energiamuotojen kehittämiseen, vaan se on ajattelutavan muutos, joka vaikuttaa koko järjestelmään.

Teollisuuden osuus on noin kolmannes nykyisestä maailmanlaajuisesta kokonaisenergiankulutuksesta. Teollisuuden energiankulutus on kasvanut tasaisesti viime vuosina, noin 1,3 prosenttia vuodessa vuosina 2010–2022.

- Vuodesta 2000 teollisuuden maailmanlaajuinen kokonaisenergiankulutus on kasvanut lähes 70 %.
- Noin 38 % maailman teollisuuden energiankulutuksesta tapahtuu Kiinassa, mikä on enemmän kuin Euroopan unionissa, Yhdysvalloissa, Intiassa ja Japanissa yhteensä (28 %).
- Vuosina 2010–2022 kulutus kasvoi vuosittain 2 % Kiinassa, 4,5 % Intiassa ja 0,7 % Yhdysvalloissa, kun taas Euroopan unionissa kulutus laski 0,8 % ja Japanissa 1,4 %.¹⁸

BloombergNEF:n mukaan maailmanlaajuiset investoinnit vihreään energiaan kasvoivat 17 prosenttia vuonna 2023. Tähän sisältyvät investoinnit uusiutuvaan energiaan, sähköautoihin, vetyhankkeisiin ja vastaaviin. Jotta nettonollapäästöihin päästään vuoteen 2050 mennessä, maailman on kuitenkin investoitava vuosittain kaksi kertaa enemmän vuosina 2024–2030.

Sähkön tuottaminen uusiutuvista energialähteistä (tuuli, aurinko, vesi, vety) on vain osa energiamurrosta. Sähköistyminen ja energiatehokkuuden parantuminen teknologian ja digitalisaation avulla ovat myös energiamurroksen avaintekijöitä.



Uusiutuvan energian määrän kolminkertaistaminen ja energiatehokkuuden kaksinkertaistaminen vuoteen 2030 mennessä ovat ratkaisevia askelia kohti 1,5 °C:n tavoitetta.

IEA:n mukaan teollisuuden maailmanlaajuinen kokonaisenergiankulutus on kasvanut lähes 70 % vuodesta 2000.



Uusiutuva energia edellytyksenä onnistuneelle energiamurrokselle

Siirtyminen uusiutuviin energialähteisiin, kuten aurinko- ja tuulienergiaan, on ollut yksi tärkeimmistä lähtökohdista energia-alalla maailmanlaajuisesti.

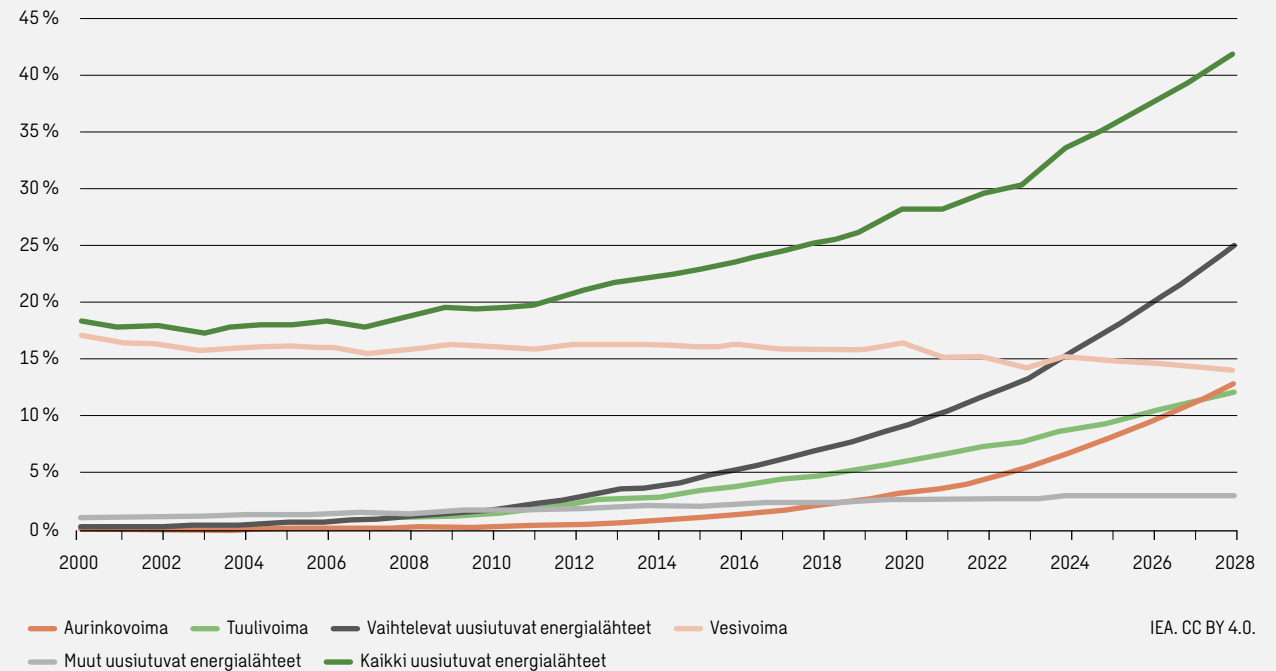
Uusiutuvien energialähteiden käyttö lisääntyy maailmassa edelleen nopeasti. Vuonna 2023 kapasiteetti kasvoi IEA:n mukaan lähes 510 gigawattia eli 50 prosenttia.¹⁹ Aurinkoenergian osuus tästä kasvusta oli kolme neljäsosaa aurinkopaneelien hinnan laskiessa edelleen lähes 50 prosenttia vuodesta 2022.

Uusiutuvan energian osuus sähköntuotannosta on yli kolmannes vuoden 2025 alkuun mennessä.

Ydinvoiman odotetaan myös saavuttavan ennätystason maailmanlaajuisesti, kun tuotanto Ranskassa ja Japanissa lisääntyy ja samalla uusia reaktoreita otetaan käyttöön monilla markkinoilla, kuten Kiinassa, Intiassa, Koreassa ja muualla Euroopassa. Tämän seurauksena vähäpäästöisillä energialähteillä eli ydinvoimalla ja uusiutuvilla energialähteillä, kuten aurinko-, tuuli- ja vesivoimalla, tuotetun sähkön määrän odotetaan nousevan ennätyksellisesti lähes puoleen maailman sähköntuotannosta vuoteen 2026 mennessä, kun se vuonna 2023 oli hieman alle 40 prosenttia.

Merituulipuistojen rakentamisella voi olla merkittäviä haittavaikutuksia meriympäristöön, jos niitä ei suunnitella ja toteuteta siten, että ekosysteemit otetaan tarkoin huomioon. Tällaisia vaikutuksia ovat muun muassa merten biologisen monimuotoisuuden mahdollinen väheneminen ja meriekosysteemien heikentyminen sekä tuulipuistojen rakentamisen että toiminnan seurauksena.

Sähköntuotanto teknologioittain, 2000–2028



Huomiot: Sähkön tuotanto tuuli- ja aurinkovoimalla on ilmoitettu potentiaalisena tuotantona, mukaan lukien nykyiset rajoitusasteet. Siinä ei kuitenkaan ennusteta tuuli- ja aurinkosähkön tulevia rajoituksia, jotka voivat joissakin maissa olla merkittäviä vuoteen 2028 mennessä.

IEA. CC BY 4.0.

Yhteiskunnan sähköistymisen vallankumous

Sähkön maailmanlaajuisen kysynnän odotetaan lisääntyvän nopeammin seuraavien kolmen vuoden aikana ja kasvavan keskimäärin 3,4 prosenttia vuodessa vuoteen 2026 asti.²⁰ Sähkön osuuden energian loppukäytöstä arvioidaan nousseen 20 prosenttiin vuonna 2023, kun se vuonna 2015 oli 18 prosenttia. IEA:n skenaarion mukaan sen on kuitenkin noustava 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä, jotta saavutettaisiin nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä.

Energiaintensiivisen teollisuuden sähkönhinnat olivat EU:ssa vuonna 2023 keskimäärin lähes kaksi kertaa korkeammat kuin Yhdysvalloissa ja Kiinassa, vaikka hinnat laskivat arviolta 50 prosenttia vuodesta 2022.

Sähkön hinnoissa oli eroa jo ennen Ukrainan sotaa ja energiakriisiä, mutta nyt erot ovat kasvaneet entisestään. IEA toteaa, että tämä aiheuttaa paineita EU:n energiantensiivisen teollisuuden kilpailukyvyille.

Sähköistymisen lisääntyessä ja sähkön kysynnän ja tarjonnan tullessa yhä riippuvaisemmaksi säästä, sähköturvallisuudesta ja sähkön toimitusvarmuudesta tulee tärkeämpää kuin koskaan. Monilla sähköjärjestelmillä eri puolilla maailmaa on edelleen riittävyysongelmia, kun sähkön kysyntä kasvaa äärimmäisen kylmien tai kuumien kausien aikana ja säästä riippuvat keskeytykset lisääntyvät.

Sähköjärjestelmien kehittyessä samanaikaisesti digitalisaation kanssa myös suojautumisen kyberuhkia vastaan tulee yhä tärkeämmäksi. IEA:n mukaan sähköyhtiöihin kohdistuvien kyberhyökkäysten määrä yli kaksinkertaistui maailmanlaajuisesti vuosina 2020–2022.²¹

IEA:n skenaarion mukaan sähkön osuuden energian loppukäytöstä on noustava 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä, jotta saavutettaisiin nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä.



Energian varastointi – Graalin malja

Toinen keskeinen tekijä uusiutuvien energialähteiden käytön ja yhteiskunnan sähköistämisen (ja koko energiamurroksen) onnistumisen kannalta on uusiutuvan energian varastointi, jolla voitaisiin ratkaista monien uusiutuvan energian teknologioiden tuotantohaasteet. Vaikka akkujen, vedyn ja muiden ratkaisujen mahdollistamaa energian varastointia on pitkään pidetty puuttuvana lenkinä uusiutuvien energialähteiden epäsäännöllisen tuotannon ja jatkuvan saatavuuden välillä, sillä on nyt alkanut olla laajempi ja yhä tärkeämpi rooli energiamurroksessa.

Vuonna 2020 EU:ssa (Iso-Britannia mukaan luettuna) oli käytössä yli 48 gigawattia vesipumppuvoimaloiden varastokapasiteettia.²² Tällä hetkellä suunnitellut hankkeet voisivat lisätä kapasiteettia 20 gigawatin verran, ja rakenteilla olevat laitokset lisäävät EU:n vesipumppuvoimaloiden kapasiteettia noin 2,4 gigawatin verran. Italiassa on Euroopan suurin asennettu pumppuvoimalakapasiteetti. Vuonna 2022 koko maassa voitiin varastoida lähes 7,9 gigawattia energiaa. Seuraavaksi tuli Saksa, jolla oli noin 6,4 gigawatin pumppuvoimalakapasiteetti.

Pumppuvoimalat tuottavat nykyisin yli 90 prosenttia EU:n varastointikapasiteetista. Ne ovat vetyyn verrattuna paljon tehokkaampia ja toimivat suuremmassa mittakaavassa kuin akut.

”Vedellä on suuri merkitys laajamittaisessa varastoinnissa yhdistettynä siihen, että teollisuus mukauttaa tuotantoaan ja tuottaa silloin, kun sähköä on saatavilla ja se on halpaa. Toinen vaihtoehto teollisuudelle on käyttää välivarastointia eri prosessivaiheiden välillä”, Fredrik Axby sanoo.

Investointeja jatketaan vesivoimaan, jonka osuus Ruotsin sähköntuotannosta on nykyisin yli puolet ja joka on erittäin tärkeä vihreän siirtymän kannalta. Esimerkiksi eurooppalainen energiayhtiö Vattenfall investoi Juktan-voimalaitokseen, jonka 315 MW:n kapasiteetti tekisi siitä Ruotsin suurimman pumppuvoimalan ja vastaisi 300,000 sähköauton akkua.



Käytämme nykyisin vesivoimaa säätövoimana. Tällä hetkellä Norlannissa tuotetaan vesivoimaa moninkertaisesti enemmän kuin siellä kulutetaan, mutta tulevaisuudessa siitä ei enää riitä säätövoimaksi eteläiseen Ruotsiin asti. Sitten on seurattava Tanskan esimerkkiä ja tuotettava säätövoimaa erillisissä voimalaitoksissa.

Fredrik Axby, vt. toimialajohtaja, Energy & Industry, Sweco Sweden

Euroopan komissio käynnisti vuonna 2022 ETIP Hydropower -tutkimusohjelman, jonka tavoitteena on tarjota Euroopan komissiolle yhteisymmärrykseen perustuvaa strategista neuvontaa, joka käsittää analyysin markkinamahdollisuuksista, tutkimus- ja kehittämisrahoitustarpeista, luonnon monimuotoisuuden suojelusta ja ekologisesta jatkuvuudesta.²³

IEA:n mukaan akkuvarastojen määrän on kasvettava merkittävästi, jotta nettonollatavoite on mahdollista saavuttaa. Kustannusten ollessa laskusuunnassa akut ovat nyt saaneet enemmän huomiota. Euroopan asennetun akkuvarastokapasiteetin ennustetaan kasvavan lähes kuusinkertaiseksi seuraavan kymmenen vuoden aikana.²⁴

Ratkaisevan tärkeää on materiaalien saatavuus. Pelkästään sähköajoneuvojen akkuja ja energiavarastoja varten EU tarvitsee vuoteen 2030 mennessä jopa 18 kertaa enemmän litiumia ja viisi kertaa enemmän kobolttia kuin nykyisin on tarjolla.

Vihreä vety on myös yksi huomion kohteena olevista varastointiteknologioista, vaikka sen konversioaste on tällä hetkellä melko

heikko. Vedyn varastointitarpeen Euroopassa odotetaan olevan yhteensä noin 72 terawattituntia vuoteen 2030 mennessä. Vuoteen 2050 mennessä European Hydrogen Backbone -ryhmään (EHB) kuuluvien 28 maan varastointitarpeen odotetaan ylittävän 466 terawattituntia.²⁵ Kaasua voidaan varastoida maan alle suolakaivoksiin, tyhjentyneisiin kaasukenttiin, pohjavesikerroksiin ja kallioluolastoihin. Suuren mittakaavan energian varastointitarpeissa vetyvarastoinnilla on selviä kustannusetuja litiumakkuihin verrattuna.

Muihin varastointiteknikoihin lukeutuvat muun muassa paineilma- ja painovoimavarastot, mutta niiden merkitys nykyisissä sähköjärjestelmissä on verrattain pieni.

Akut on rakennettava paremmin

Suuren mittakaavan akkuvarastointikapasiteetin kasvu on vielä suhteellisen alkuvaiheessa, ja BloombergNEF arvioi, että maailmanlaajuinen kapasiteetti kymmenkertaistuu 411 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä.²⁶ Tästä on vielä paljon matkaa 680 gigawattiin, joka vuoteen 2030 mennessä tarvittaisiin IEA:n nettonollaskenaarion toteuttamiseksi.

Tällä hetkellä litiumionitekniikka hallitsee edelleen, mutta markkinoille on tulossa uutta akkukemialia, kuten natriumioniakut. Natriumioniakuilla on useita etuja: ne ovat edullisempia kuin litiumioniakut, niiden valmistukseen on saatavilla enemmän raaka-aineita ja ne ovat ympäristöystävällisempiä, minkä vuoksi ne voisivat soveltua laajamittaiseen varastointiin.

Toinen laajamittaiseen energiavarastointiin sopiva akkuteknologia on virtausakku. Ne pystyvät toimimaan 25–30 vuotta ilman suorituskäynnin heikkenemistä, ja ne voidaan mitoittaa energian varastointitarpeiden mukaan vähäisin investoinnein.

Ensimmäinen suuren mittakaavan vihreän vedyn laitos Benelux-maihin

Vetyä pidetään tärkeänä tekijänä energianlähteiden monipuolisuuden ja kestävyuden parantamisessa, ja se on yksi energiamurroksen kulmakivistä, johon kiinnitetään enenevässä määrin huomiota tulevina vuosina. Nykyään vetyä tuotetaan kuitenkin suurelta osin maakaasusta. Kaksi suunnitteilla olevaa vetylaitosta tuottaisivat vihreää vetyä käyttämällä Pohjanmerellä tuotettua tuulisähköä. Sweco on tukenut VoltH2:ta kahden vetylaitoksen luvitusprosessissa ja tukihakemuksiin liittyen. Näiden 25 MW:n vetyelektrolyysilaitosten ansiosta tuulienergiasta tuotetaan muutamassa vuodessa miljoonia kiloja vetyä Pohjanmeren satama-alueella Vlissingenissä ja Terneuzenissa Alankomaissa.

Hankkeella on positiivinen vaikutus vedyn koko arvoketjuun. VoltH2:n 25 MW:n vihreän vedyn laitos Vlissingenissä voi tuottaa jopa 3 500 tonnia vihreää vetyä vuodessa, skaalautuvasti jopa 100 MW:iin (14 000 tonniin). Mittakaavan hahmottamiseksi: yksi kilo vetyä riittää ajamaan autoa 100 km. Tuotantolaitos voidaan liittää eurooppalaiseen vetyrunkoverkkoon – Euroopan halki kulkevaan vetyinfrastruktuuriin. VoltH2 kehittää aktiivisesti myös muita vihreän vedyn tuotantolaitoksia Belgiassa, Ranskassa ja Saksassa.

Lue lisää Swecon verkkosivuilta [swecogroup.com](https://www.swecogroup.com)



Vety – patenttiratkaisu

Vihreää vetyä tuotetaan hajottamalla vettä uusiutuvan sähkön avulla. Sitä on ylistetty energiamurroksen avainpeluriksi, koska sen avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä erityisesti aloilla, joiden päästöjä on vaikea hillitä.

Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä, mikä on kunnianhimoinen tavoite verrattuna Euroopan unionin vuoden 2050 tavoitteeseen. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi Suomen hallitus hyväksyi päätöksen, jonka mukaan Suomi tavoittelee vähintään 10 prosentin tuotanto-osuutta kaikesta EU:n vihreästä vedystä vuoteen 2030 mennessä. Arvioidaan, että Suomessa käytettävän vedyn määrä, joka on nykyisin noin 140 kilotonnia vuodessa, kaksinkertaistuu seuraavan 10–15 vuoden aikana. Vetyteollisuus tarjoaa Suomelle monia hienoja mahdollisuuksia Suomen vähähiilisen sähköntuotantokapasiteetin ja tehokkaan sähköverkon ansiosta. Suomessa on lisäksi valtavasti lisärakennuspotentiaalia tuulivoimalle, mikä tarkoittaa merkittävää kapasiteettia vedyn ja sähköpolttoaineiden tuotantoon sekä kotimaan tarpeisiin että vientiin.



Vetytalous on merkittävä trendi ja yksi tärkeimmistä laajamittaisista ratkaisuista, joilla on huomattavaa potentiaalia, mutta se on kuitenkin vain yksi vaihtoehto muiden joukossa energiamurroksessa.

Erik Skogström, toimialajohtaja, Teollisuus ja energia, Sweco Finland

Muovijätteestä vähähiilistä vetyä

Tilaja: Hydrogen Utopia International PLC

Muovijäte on maailmanlaajuinen ongelma, sillä vain 16 prosenttia muovijätteestä kierrätetään uusien muovien valmistukseen, kun taas 40 prosenttia päätyy kaatopaikoille. Puolassa kehitetään parhailaan hanketta, jossa tuotetaan jätteestä vetyä. Hankkeen tarkoituksena on ratkaista muovijätteen ongelma uudella teknologialla, joka tuottaa samalla vähähiilistä vetyä käynnissä olevaa energiamurrosta varten.

Modulaarisissa laitoksissa valmistettaisiin 40 tonnista kierrätyskelvotonta muovijätettä päivittäin noin 2,7 tonnia 99,9-prosenttisesti puhdasta vähähiilistä vetyä, muovijätteen koostumuksesta riippuen. Prosessilinjalla voidaan tuottaa 2,5–3 tonnia vetyä päivässä riippuen prosessiin syötettävän raaka-aineen tyypistä. Prosessi on täysin sähköistetty ja toimii uusiutuvalla energialla. Hankkeen enustetaan säästävän elinkaarensa aikana satoja tuhansia hiilidioksidiekvivalenttitonneja, ja se korvaa nykyisin ruskohiilellä tuotettua lämpöä sekä lisää vedyn käyttöä. Jäännöskaasua käytetään kaasumootoreissa sähkön ja lämmön tuottamiseen, ja tulevaisuudessa sitä voidaan käyttää myös kemian- ja petrokemianteollisuuden raaka-aineena.

Lue lisää Swecon verkkosivuilta [swecogroup.com](https://www.swecogroup.com)

Suomen ensimmäinen teollisen mittakaavan vihreän vedyn tuotantolaitos

Sweco suunnittelee Harjavallan Suurteollisuuspuistoon P2X Solutionsin vihreän vedyn tuotantolaitosta. Vuonna 2024 valmistuvasta laitoksesta tulee ensimmäinen teollisen mittakaavan vihreän vedyn tuotantolaitos Suomessa.

Tämä 20 megawatin P2X-laitos tekee uusiutuvasta energiasta vetypolttoainetta. Harjavallan laitoksen arvioidaan vähentävän Suomen hiilidioksidipäästöjä 40 000 tonnia vuodessa, mikä vastaa noin 20 000 bensiinikäyttöisen henkilöauton poistamista liikenteestä. Laitoksessa jalostettu vety ja synteettiset polttoaineet, kuten metaani, ovat avainasemassa energiantensiivisen maaliikenteen, lentoliikenteen ja meriliikenteen sopeuttamisessa tiukempiin päästörajoihin.

Laitos on vain yksi monista käynnissä olevista hankkeista. Muut vastaavat hankkeet eivät ole vielä edenneet rakennusvaiheeseen. Vastaavanlaiset laitokset pystyvät vähentämään hiilidioksidipäästöjä tulevaisuudessa entistä enemmän, mikä osoittaa P2X:n ja vihreän vedyn potentiaalin kilpajuoksussa kohti hiilineutraaliutta.

Lue lisää Swecon verkkosivuilta [sweco.fi](https://www.sweco.fi)

Alankomaiden ja Belgian yhteenlasketut tuontitavoitteet voisivat kattaa jopa 62 prosenttia EU:n 10 miljoonan tonnin vuotuisesta vedyntuontitavoitteesta. Alankomaihin 50 vuotta sitten rakennettu infrastruktuuri, joka käsittää tuhansia kilometrejä kaasuputkia eri puolilla maata, valjastetaan nyt käyttöön seuraavan kaasuvälankumouksen mahdollistamiseksi, jossa fossiiliset polttoaineet korvataan hiilineutraalilla vedyllä.

Tällä hetkellä 95 prosenttia maailmassa tuotetusta vedystä on ”harmaata vetyä”, jota tuotetaan fossiililla polttoaineilla, kuten maakaasulla ja hiilellä. Jotta vedyllä olisi keskeinen rooli energiamurroksessa, ensimmäinen haaste on lisätä uusiutuvalla energialla tuotetun puhtaan vedyn tuotantoa. Erityisesti tuulivoiman merkitys on ratkaiseva. Alankomaat on sitoutunut asentamaan 11 GW meritulivoimakapasiteettia vuoteen 2030 mennessä ja tuottamaan lisäksi 35 TWh uusiutuvaa energiaa maalla.

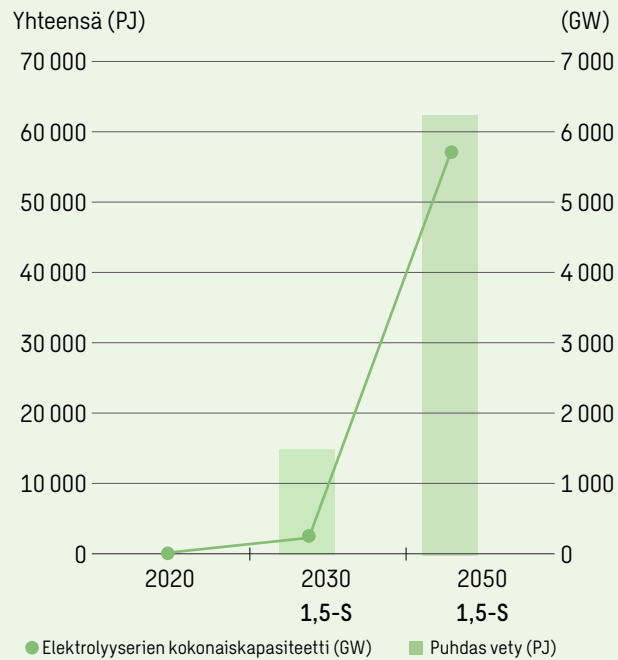
Myös Saksa sijoittaa vetyyn maan teollisuuden vihreässä siirtymässä, erityisesti teräksen tuotantoa ajatellen, ja sen tavoitteena on, että vuoteen 2030 mennessä maan vihreä vedyn tuotantokapasiteetti on 10 GW. Tarvitaan kuitenkin paljon enemmän. Jopa 50–70 prosenttia maan vedystä tuotaisiin maahan pääasiassa laivoilla ammoniakkinä, joka sisältää runsaasti vetyä ja jota on helpompi varastoida ja kuljettaa kuin nestemäistä vetyä.

Suunnitelmissa on tuonti Kanadasta sekä naapurimaista, kuten Norjasta ja Tanskasta, tai putken kautta, joka yhdistäisi Saksan Pohjois-Afrikkaan Italian ja Itävallan kautta. Tätä varten Saksa investoi 20 miljardia euroa vetysatamiin ja -varastoihin sekä olemassa olevien putkien käyttötarkoituksen muuttamiseen ja uusien putkistojen rakentamiseen. Lähes 10 000 kilometrin pituinen putkiverkosto kulkisi maan kaikkien 16 osavaltion läpi.



Merkittävä ongelma vihreän vedyn tuonnissa on se, että konversio-prosessin jokaisessa vaiheessa menetetään runsaasti energiaa. Arvioiden mukaan 45–60 prosenttia vedyn tuottamiseen käytetystä sähköstä menee prosessissa hukkaan. Samoin sähkön muuttaminen vedyksi varastointia ja kuljetusta varten ja tämän vedyn muuttaminen takaisin sähköksi polttokennossa voi olla hyvin tehotonta. Joissakin tapauksissa tuotettu energia on alle 30 prosenttia alun perin prosessiin tarvittua sähköstä.²⁷

Puhtaan vedyn maailmanlaajuinen tuotanto vuosina 2020, 2030 ja 2050 1,5°C:n skenaariossa



Huomiot: 1,5-S = 1,5 °C:n skenaario; GW = gigawatti; PJ = petajoule.

Lähde: International Renewable Energy Agency (2023) – "World Energy Transitions Outlook 2023 VOLUME 1" Julkaistu verkossa sivustalla [irena.org](https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023#page-2). Haettu osoitteesta <https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023#page-2> [verkkolähde]



Energiatehokkuus – tehtäväsarkaa riittää

Joulukuussa 2023 pidetyssä COP 28 -kokouksessa yli 120 maata sitoutuivat kaksinkertaistamaan maailman keskimääräisen vuotuisen energiatehokkuuden. IEA:n mukaan tätä kehitystä tarvitaan, jotta energiasektorin nettopäästöt saadaan noltaan vuoteen 2050 mennessä, mikä on ratkaisevan tärkeää, jotta ilmaston lämpeneminen voidaan rajoittaa Pariisin ilmastopimuksessa asetettuun 1,5 asteen tavoitteeseen. Energiatehokkuuden ensisijaisena mittarina käytetyn energiantensiteetin maailmanlaajuisten parannusten on näin ollen kaksinkertaistuttava vuoden 2022 kahdesta prosentista keskimäärin yli neljään prosenttiin vuosittain vuoteen 2030 mennessä. Viime vuonna maailmanlaajuinen energiantensiteetti parani kuitenkin vain 1,3 prosenttia.²⁸

Venäjän hyökättyä Ukrainaan ja sitä seuranneen energiakriisin myötä poliittinen tahtotila energiatehokkuuden edistämiseksi on kuitenkin lisääntynyt eri puolilla maailmaa. IEA:n mukaan investoinnit energiatehokkuuteen ovat kasvaneet 45 prosenttia vuodesta 2020.

Energy Efficiency Movement -teollisuusfoorumien mukaan systemaattiset toimenpiteet, kuten esineiden internet, älykäs kiinteistöhallinta ja teollisuuden lämmöntalteenotto, tarjoavat energiatehokkuustoimenpiteistä suurimmat mahdollisuudet hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.²⁹ Forumien mukaan teollisuusmooitoreilla on kuitenkin kaikista yksittäisistä teknologioista suurin potentiaali kevyen teollisuuden prosessien energiantensiteetin parantamisessa.

100 %

parempi energiatehokkuus vuoteen 2030 mennessä mahdollistaisi sen, että energiasektorin nettopäästöt saataisiin noltaan vuoteen 2050 mennessä, mikä on ratkaisevan tärkeää, jotta ilmaston lämpeneminen voidaan rajoittaa Pariisin ilmastopimuksessa asetettuun 1,5 asteen tavoitteeseen.



Sähköverkot – pullonkaula

Uusiutuvien energialähteiden käytön lisääminen edellyttää siirto- ja jakeluverkkojen lisäämistä. Älykkäiden verkkojen digitalisoinnilla ja verkkojen paremmalla yhteenliitettävyydellä voidaan vastata uusiutuvien energialähteiden vaihtelevaan saatavuuteen ja luoda vakaampia verkkoja.

Monin paikoin on yhä enemmän merkkejä verkon ruuhkautumisesta ja pullonkauloista uusiutuvien energialähteiden liittämisen yhteydessä. Vaikka investoinnit uusiutuviin energialähteisiin ovat lähes kaksinkertaistuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana, investoinnit verkkoihin ovat pysyneet ennallaan. IEA:n laskelmien mukaan seuraavien kahdenkymmenen vuoden aikana on lisättävä tai korvattava 80 miljoonaa kilometriä sähköverkkoa, mikä vastaa koko maailman nykyisen

sähköverkon pituutta, eli verkkoinvestointien on kaksinkertaistuttava vuoteen 2030 mennessä.³⁰

Sähköverkon kehittäminen on monimutkaista, edellyttää useiden sidosryhmien yhteistyötä ja voi kestää useita vuosia, minkä vuoksi päätökset on tehtävä hyvissä ajoin etukäteen, jotta voidaan tukea yhteiskunnan sähköistämistä ja uusiutuvien energialähteiden nopeampaa käyttöönottoa.

Tyypillisen suurjännitteisen siirto- tai jakelulinjan rakentaminen voi kestää yli kymmenen vuotta, mikä johtuu muun muassa kaikkien sidosryhmien demokraattisesta osallistamisesta esimerkiksi lupaprosessin kommentointiin, kansalaisten oikeuksien suojelusta ja omistus-

oikeuksien suojelusta. Jos energiamurroksen vaatiman infrastruktuurin rakentaminen vaatii pitkän hyväksyntään ja suunnitteluun liittyvän läpimenoajan, se voi lisätä haasteita ja järjestelmään kohdistuvia riskejä sekä vaikuttaa talouteen. Tuulisena kesäpäivänä Saksa voi tuottaa noin 70 prosenttia energiastaan tuuli- ja aurinkoenergialla, kun taas tynnenä talvipäivänä tuotanto on lähellä nollaa. Toisaalta tuulisina kesäpäivinä uusiutuvat energialähteet voivat tuottaa enemmän sähköä kuin verkkoinfrastruktuuri pystyy käsittelemään, jolloin sähköntuotantoa joudutaan rajoittamaan tarkoituksellisesti järjestelmän ylikuormittumisen välttämiseksi. Tämän vuoksi sähköverkkoa on uudistettava huomattavasti siten, että siitä tulee laajempi, verkottuneempi, älykkäämpi ja joustavampi. Investointeja jakeluun ja siirtoon on lisättävä



300 mrd. USD

on investoitu sähköverkkoihin maailmanlaajuisesti viimeisten 10 vuoden aikana. 1,5 °C:n skenaariossa tämän määrän on kuitenkin noustava noin 700 miljardiin dollariin vuodessa vuoteen 2030 mennessä.

80 milj. km

sähköverkkoa on IEA:n mukaan lisättävä tai korvattava seuraavien kahdenkymmenen vuoden aikana. Tämä tarkoittaa, että verkkoinvestointien on kaksinkertaistuttava vuoteen 2030 mennessä.

huomattavasti. Maailman sähköverkkoihin on viimeisten 10 vuoden aikana investoitu tasaisesti noin 300 miljardia Yhdysvaltain dollaria vuodessa, mutta 1,5 °C:n skenaariossa investoinnit on nostettava noin 700 miljardiin dollariin vuodessa vuoteen 2030 mennessä.

Ruotsissa odotettavissa oleva sähkönkäytön voimakas kasvu, joka johtuu pääasiassa pohjoisen suurista sähkönkäyttäjistä, tarkoittaa merkittävää muutosta energiakentässä. Tämä käy ilmi Swecon Elleviolle laatimasta raportista.³¹ Raportissa ”Vad kostar framtiden?” analysoidaan sähkönkäyttöä vuonna 2045 sekä sitä, mitä se merkitsee sähköverkkoinfrastruktuurin investointien ja kustannusten kannalta. Raportin laatijat viittaavat Ruotsin kääntymiseen ylösalaisin, koska tällä hetkellä sähkön käyttö on suurempaa eteläisessä Ruotsissa, kun taas tuotanto tapahtuu pohjoisessa. Tilanne kuitenkin

muuttuisi, jos kuvaan astuisi joukko yksittäisiä suuria sähkönkäyttäjiä erityisesti Pohjois-Ruotsissa. Arvioitu investointitarve sähköverkkoon kaikilla tasoilla on 668 miljardia Ruotsin kruunua vuoteen 2045 mennessä, ja leijonanosa näistä investoinneista sekä investoinnit sähköverkon infrastruktuurin laajentamiseen on tehtävä seuraavien 10–12 vuoden aikana.

Kysynnän ja tuotannon tasaaminen tulevaisuuden energiajärjestelmässä edellyttää todennäköisesti teollisen mittakaavan energian varastointia. Tämä voidaan toteuttaa eri tavoin, ja riippuen toteutustavasta se voi edellyttää myös suurempaa sähkön siirtokapasiteettia. Jos joustoa pyritään lisäämään hyödyntämällä vetyä eri teollisuuden tarpeisiin, elektrolyysieriproessien vaikutus energiajärjestelmään on suurempi. Vedyn tuotannon systemaattinen lisääminen on osaltaan

mahdollistamassa lisäinvestointeja uusiutuvan energian tuotantoon, kun tuotettu sähkö voidaan hyödyntää energian kantajana toimivan vedyn tuotantoon. Tämä puolestaan tarkoittaa, että verkkoon on investoitava enemmän.

Tanskan satamien vihreän energian selvitys

Tanskan liikenneviranomaisen (Trafikstyrelsen) tilasi Swecolta selvityksen sähkön ja vihreiden polttoaineiden saatavuudesta 39 kaupallisessa satamassa. Selvitys on osa Tanskan liikenneministeriön Havneatlas-kartoitushanketta, ja siinä Swecon monialainen tiimi kartoittaa satamien energiainfrastruktuuria ja selvittää näin vihreän energian investointien tarvetta.

Investoinnit Norjan siirtoverkkoon

Norjan kantaverkkoyhtiö Statnett aikoo lisätä huomattavasti investointeja Norjan siirtoverkkoon helpottaakseen Norjan ilmastotavoitteiden saavuttamista ja arvon luomista Statnetin asiakkaille ja yhteiskunnalle yleensä. Sweco on tyytyväinen voidessaan jatkaa tätä yhteistyötä, jonka tavoitteena on vahvistaa Norjan sähköhuoltoa ja edistää maan kestävä kehitystä.

Rhein-Main-Link-hanke Saksassa

Amprion on tilannut Swecolta projektinhallinnan Rhein-Main-Link-hankkeen koko suunnitteluvaiheen ajaksi. Hanke on olennainen osa Saksan tavoitetta olla ilmastoneutraali vuoteen 2045 mennessä. Yhteys kuljettaa tuulienergiaa Pohjanmereltä 600 kilometrin pituisen käytävän kautta Hesseniin, ja sen tavoitteena on tyydyttää Reinin–Mainin alueen kasvava energiantarve vuoteen 2033 mennessä.

Lue lisää Swecon verkkosivuilta [swecogroup.com](https://www.swecogroup.com)

Vaikka investoinnit uusiutuviin energialähteisiin ovat lähes kaksinkertaistuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana, investoinnit verkkoihin ovat pysyneet ennallaan. IEA:n laskelmien mukaan seuraavien kahdenkymmenen vuoden aikana on lisättävä tai korvattava 80 miljoonaa kilometriä sähköverkkoa, mikä vastaa koko maailman nykyisen sähköverkon pituutta, eli verkkoinvestointien on kaksinkertaistuttava vuoteen 2030 mennessä.



Rhein-Main-Link-hanke. Kuva: Amprion.



Teollisuuden vihreän siirtymän uudet riskit ja haasteet

Liiketoimintaan liittyy aina jonkin verran riskejä liittyen esimerkiksi rahoitukseen tai sellaisen uuden teknologian kehittämiseen, joka ei välttämättä toimikaan. Toisinaan käy niin, että pyrkiessämme ratkaisemaan jonkin ongelman luomme uusia ongelmia. Näin voi käydä teollisuuden pyrkiessä muuttumaan vihreämmäksi, jos kaikkia vastuullisuuden näkökulmia tai resilienssiä ei oteta osaksi yhtä. Alla esitämme joitakin niistä uusista riskeistä ja haasteista, joita teollisuuden vihreä siirtymä voi tuoda mukanaan.

- 1 Sähkö: pulaa, katkoja, korkeita hintoja.
- 2 Siirtymään tarvittavan ammattitaitoisen työvoiman puute.
- 3 Siirtymään tarvittavien raaka-aineiden puute.
- 4 Syrjäytyminen, jos hiilivaltaiset alueet ja fossiilisen teollisuuden työntekijät jätetään omilleen.
- 5 Jos vihreään siirtymään tarvittavia raaka-aineita ei hankita vastuullisesti, sillä voi olla monia kielteisiä seurauksia, kuten ympäristön pilaantuminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen sekä kasvien ja maaperän hajottamisesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt.
- 6 Maa-alueiden käyttöönotto uusiutuvaa energiaa ja uusia kaivoksia varten voi vaikuttaa alkuperäiskansoihin.
- 7 Teollisuus vaikuttaa maan, veden, raaka-aineiden jne. käyttöön. Ympäristöön, meriympäristöön ja ekosysteemeihin voi kohdistua kielteisiä vaikutuksia.
- 8 Yli kaksinkertainen määrä kyberhyökkäyksiä sähköyhtiöitä vastaan maailmanlaajuisesti.
- 9 Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS) on keskeinen teknologia pyrittäessä hillitsemään ilmastonmuutosta, mutta se ei yksin riitä. Sen tulisi täydentää siirtymistä uusiutuviin energialähteisiin, ei korvata sitä. Lisäksi hiilidioksidin geologiseen varastointiin liittyviä pitkän aikavälin riskejä on hallittava aktiivisesti.
- 10 Euroopan vihreään siirtymään liittyvät hyvät aiheet voivat johtaa tahattomiin seurauksiin kestävyuden ja oikeudenmukaisuuden kannalta alhaisen ja keskitalotason maissa. Hyödykkeiden kysynnän kasvu pahentaa usein yhteiskunnallisia ja ympäristöongelmia sekä eriarvoisuutta.



Uudet liiketoimintamallit ja yhteistyö

Useiden sidosryhmien välinen yhteistyö toimittajien ja asiakkaiden, samojen ja eri toimialojen kollegojen sekä laajemman teollisen sidosryhmäekosysteemin välillä on tärkeä ja toisinaan välttämätön keino nopeuttaa vihreää siirtymää.

Ruotsissa toteutetuissa suurissa vihreän teollisuuden hankkeissa, kuten akkuyhtiö Northvoltin ja teräsyhtiön SSAB/Hybrit toteuttamisessa hankkeissa, asiakkaiden tuki suurten ennakkotilausten muodossa on auttanut rahoittamaan hyvin kalliita hankkeita. Nuoren, vuonna 2015 perustetun Northvoltin tilauskanta oli vuoden 2023 lopussa 600 miljardia Ruotsin kruunua, ja sen asiakkaisiin lukeutui muun muassa BMW, Scania, Volkswagen ja Volvo Cars.

”Niin sanotut offtake-sopimukset eli sopimukset, joissa asiakas sitoutuu ostamaan tuotteita, kun niitä tuotetaan, ovat erittäin tärkeitä riskialttiisiin teknologioihin investoiville sijoittajille. Nämä sopimukset kourassa voi sitten mennä pankkiin ja saada lainaa”, sanoo SEI:n tutkija Aaron Maltais.

Ruotsalainen vihreään teräkseen sijoittava yritys Hybrit on hyvä esimerkki siitä, miten tärkeää on yhteistyö yritysten välillä, yritysten ja asiakkaiden välillä sekä julkisen ja yksityisen sektorin välillä suurten yhteiskunnallisten muutosten ja haasteiden edessä. Hybrit on teräsyhtiö SSAB:n, kaivosyhtiö LKAB:n ja energiakonserni Vattenfallin yhteisyritys. SSAB:lle tärkeitä edellytyksiä fossiilittomaan teräkseen siirtymiselle ovat runsaasti rautaa sisältävä malmi (LKAB:ltä) ja suuri määrä fossiilitonta sähköä vedyn tuotantoa varten (Vattenfallilta).

Samaan tapaan Ericssonin ja Televerketin yhteistyö loi aikoinaan ratkaisut, joilla Ruotsiin luotiin puhelinjärjestelmä ja yksi maailman johtavista matkapuhelinyhtiöistä, Asea yhdessä Vattenfallin kanssa sähköisti Ruotsin, ja Saabin yhteistyö FMV:n ja Ruotsin puolustusvoimien kanssa johti siihen, että maalla on edelleen yksi maailman edistyneimmistä hävittäjistä.

Jotta ilmastonmuutokseen voidaan puuttua tehokkaasti, tarvitaan kokonaisvaltainen näkökulma – sellainen, joka tasapainottaa globaalit haasteet paikallisten olosuhteiden kanssa. Nykyisten toimialojen on mukauduttava, jotta uusia yrityksiä voi syntyä. Tämä on valtava haaste, eikä aikaa ole paljon. Kaikkien alojen, joilla päästöjen vähentäminen on vaikeaa, on oltava mukana.

Martina Söderström, toimialajohtaja, Environment & Planning, Sweco Sweden

Værket ved Sønden modernisointi

Tarjotakseen puhdasta ja pehmeämpää juomavettä Kööpenhaminan seudun asukkaille HOFOR-yhtiö muuttaa Søndersøssä sijaitsevan Værketin vesilaitoksen nykyaikaiseksi, täysin automatisoiduksi vesilaitokseksi, jossa on uusinta tekniikkaa. Sweco on yksi hankkeen konsulteista, ja se vastaa uuden vedenpehennyslaitoksen rakentamisen hallinnoinnista ja vesilaitossuunnitelman toteutettavuudesta. Søndersøn uuden Værket-laitoksen tavoitteena on luoda kestävä vesilaitos, jonka ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman vähäiset ja joka takaa samalla juomaveden turvallisuuden.



Teollisuuden kiertotalousprosessit

Kiertotaloudella on keskeinen rooli maailman materiaalitarpeiden tyydyttämisessä, jotta hiilidioksidipäästöt pysyisivät kurissa. Kiertotalouden kehittäminen voi pienentää raskaan teollisuuden hiilidioksidipäästöjä 56 prosentilla vuoteen 2050 mennessä.³²

Suuri osa materiaaleista, joita EU:n talous tarvitsee vuoteen 2050 mennessä, on jo tuotettu: 75 prosenttia teräksestä, 50 prosenttia alumiinista ja 56 prosenttia muovista. Materiaalien kierto vähentää hiilidioksidipäästöjä ja vaatii paljon vähemmän energiaa kuin uusi tuotanto.

”Kiertotalous on äärimmäisen tärkeää Euroopassa ja muissa kehittyneissä talouksissa, joissa materiaalivarastot ovat jo karttuneet. Mitä suurempi osa materiaaleista kierrätetään ja energiasta otetaan talteen, sitä pienempi on raskaan teollisuuden vaikutus”, sanoo SEI:n tutkija Björn Nykvist.

”Mutta vaikka ratkaisisimme nämä ongelmat Euroopassa ja Yhdysvalloissa, jäljellä on vielä muu maailma. Tällä hetkellä 70 prosenttia kaikesta teräksestä tuotetaan Kiinassa. Jos siis tarkastelemme kokonaisuutta, on vieläkin tärkeämpää, että löydämme uusia teknologisia ratkaisuja teräksen tuotantoon, jos haluamme saavuttaa maailmanlaajuiset ilmastotavoitteet ajoissa.”

Terästä kierrätetään jo nyt huomattavan paljon, ja kierrätys vain lisääntyy, kun romumetallin tarjonta maailmassa kasvaa.³³ Sama mittakaava ja kiertotalousaste on omaksuttava muidenkin materiaalien osalta.

”Tänä päivänä 80–85 prosenttia kaikesta teräksestä kierrätetään. Teräsromu on integroitu tyypilliseen valmistusprosessiin, jossa käytetään valokaariuunia. Muovialalla kierrättäminen on hyvin haastavaa, koska muovia on niin monenlaista ja se on levinnyt niin moneen paikkaan, mutta sekin on tehtävä. Tähän on investoitava paljon enemmän, ja sääntelyä on lisättävä”, sanoo SEI:n tutkija Björn Nykvist.

Avainasemassa on tuotteiden suunnittelu kiertotalouden näkökulmasta, olipa kyse sitten teollisuus- tai kuluttajatuotteista. Tämä tarkoittaa, että tuotteen elinkaaren vaikutuksia ei oteta huomioon vain sen ensimmäisessä käyttövaiheessa, vaan oletetaan, että tuote myydään edelleen, valmistetaan uudelleen tai korjataan sen käyttöä pidentämiseksi. Kiertotalouden mukainen suunnittelu edellyttää uusien keskeisten suunnitteluperiaatteiden käyttöönottoa ja materiaalien käytön ymmärtämistä.

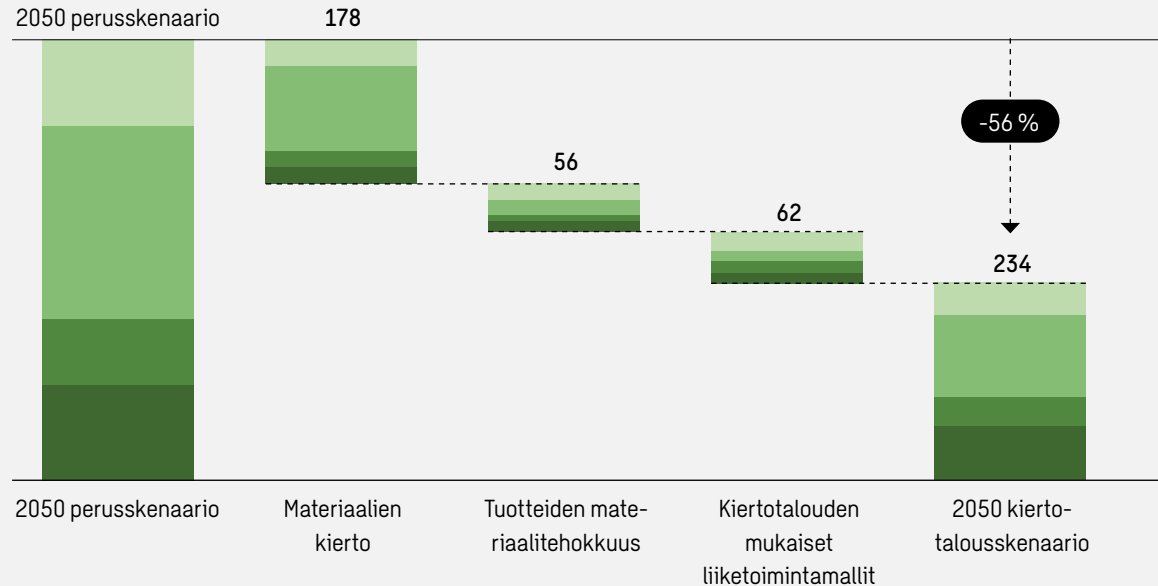
”Kiertotalous tarjoaa lisää liiketoimintamahdollisuuksia ja tekee meistä itsenäisempiä. Emme voi jatkaa raaka-aineiden syöttä-

mistä pelkästään muista maista, vaan teollisuusyritysten on oltava paljon harkitsevaisempia”, sanoo Sweco Finlandin Teollisuus ja energia -toimialan johtaja Erik Skogström. Hän nostaa esiin Honkajoki Oy:n ja GMM Finland Oy:n suomalaisen kiertotalouskonseptin. Tässä agroekologisessa konseptissa kierrätetään eläinperäisten sivutuotteiden sisältämiä ravinteita eri teollisuudenaloille, kuten lemmikkieläinten ruokien, rehujen ja biopolttoaineiden valmistajille. Lisäksi konsepti toimii teollisessa symbiosissa muiden kumppaneiden kanssa; esimerkiksi eräs paikallinen tomaatintuottaja hyödyntää tuotannosta syntyvää ylimääräistä lämpöä.

Kiertotalouden tehostamisen päästövähennyspotentiali EU:ssa, 2050

Mt hiilidioksidia vuodessa

Teräs Muovi Alumiini Sementti



Lähde: Material Economics, ”The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation”, julkaistu verkossa sivustolla materialeconomics.com. Haettu osoitteesta <https://materialeconomics.com/publications/publication/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation> [verkkolähde]

Teollinen symbioosi

Mitä teollinen symbioosi tarkoittaa? Teollinen symbioosi on kiertotalouden osa-alue, jossa jonkin toiminnan jätteitä tai sivutuotevirtoja käytetään resurssina toisessa toiminnassa. Teollinen symbioosi on konsepti tai menetelmä, jolla pyritään lisäämään teollisuuden kiertotaloutta edistämällä tiedon ja jäännöstuotteiden vaihtoa taloudellisten ja ympäristöön liittyvien synergioiden aikaansaamiseksi teollisuuden toimijoiden verkostossa.

Yksi varhaisimpia esimerkkejä laajamittaisesta teollisesta symbioosista Euroopassa on Kalundborgin teollisuusalue Tanskassa.³⁴ Siihen

kuuluu kasvava määrä kumppaneita, jotka vaihtavat tällä hetkellä 20 eri resurssia, kuten biomassaa, kipsiä ja höyryä.

Kalundborg säästää tällä resurssien kierrolla vuosittain 635 000 tonnia hiilidioksidipäästöjä, mikä vastaa 63 000 automatkaa maailman ympäri. Symbioosilla säästetään 3,5 miljoonaa tonnia juomavettä vuodessa, sen tuottamien liiketoimintahyötyjen arvioidaan olevan 28 miljoonaa dollaria vuodessa ja sen sosioekonomisen arvon Kalundborgin kunnalle arvioidaan olevan 15,6 miljoonaa dollaria.

Tähän symbioosiin kuuluu monenlaisia yrityksiä, kuten lääkejätti Novo Nordisk, energiayhtiöitä, biokaasulaitoksia, kunnallinen jäteyhtiö ja kevyitä rakennusmateriaaleja valmistava Gyproc. Vesi- ja jätevedenkäsittelylaitos Kalundborg Forsyning vastaa suuresta osasta infrastruktuuria ja vedenkäsittelyä.

Resurssitehokkuuden lisääminen on keskeinen osa teollisuuden siirtymistä kohti nettonollapäästöjä.



Teollisuusalueiden uudenlainen, vastuullinen rooli osana yhteiskuntaa

Vihreässä siirtymässä resilienssi ulottuu ilmastonmuutokseen sopeutumista pidemmälle ja edellyttää kokonaisvaltaisia ratkaisuja erilaisiin uhkiin ja haasteisiin. Resilienssissä on kyse edistyksen ja säilyttämisen tasapainottamisesta, ja tarvitaan kaksitahoista lähestymistapaa, jossa tuetaan sekä vanhoja että uusia aloja. Teollisuuden solmukohtat, kuten satamat, keskeiset kuljetusverkot ja teolliset tuotantolaitokset, määrittelevät rooliaan uudelleen ja tarjoavat yrityksille mahdollisuuksia materiaalien ja energian uudelleenkäyttöön ja resurssien jakamiseen.

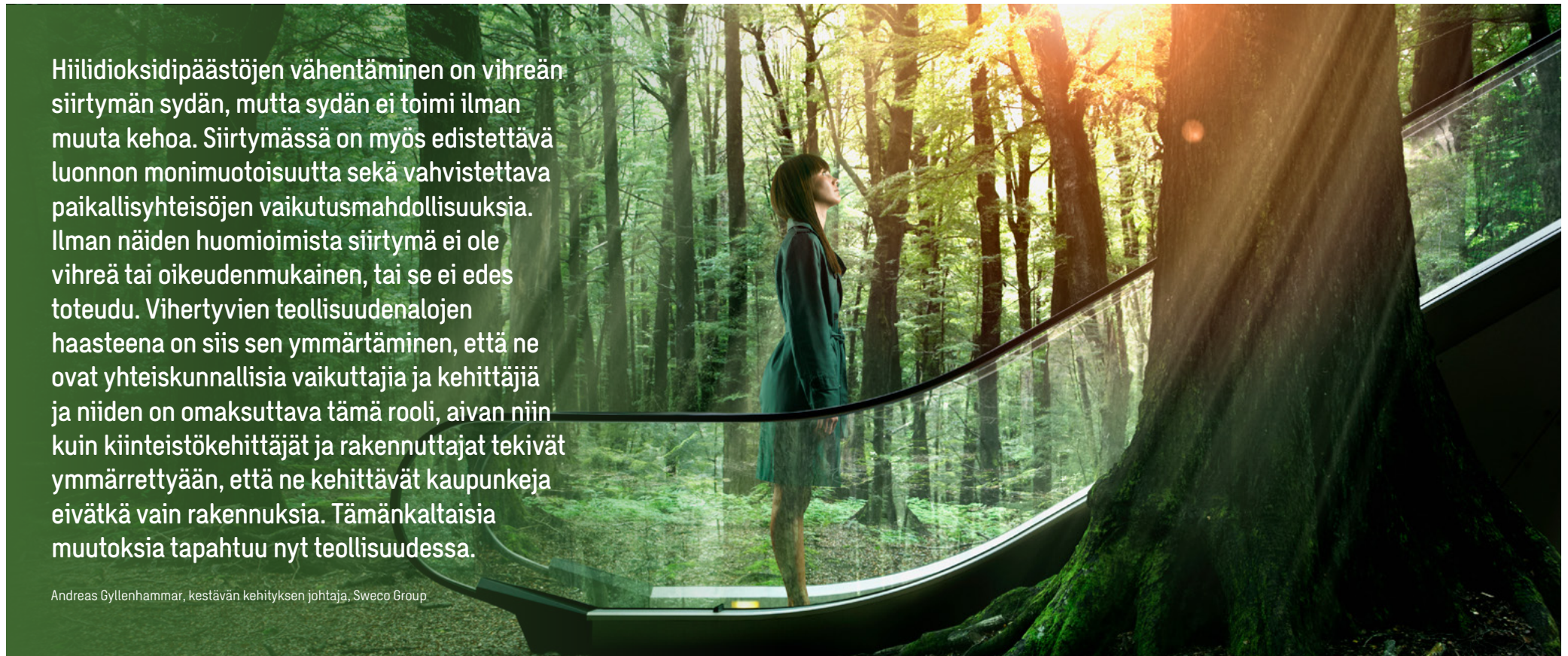
Integroitu monialainen lähestymistapa

Kun teollisuudenalat pyrkivät pienentämään ympäristövaikutuksien jalanjälkeä, on tärkeää tarkastella yksittäisten prosessien lisäksi koko järjestelmää, jossa ne toimivat. Tämä edellyttää kokonaisvaltaista yhteistyötä, jossa on mukana eri sidosryhmiä, kuten yrityksiä, hallituksia ja paikallisyhteisöjä. Eri alojen kyky tehdä tehokasta yhteistyötä teollisuuden vihreän siirtymän kaikissa eri mittakaavoissa on olennaisen tärkeää, jotta voidaan toisaalta parantaa ympäristötehokkuutta ja toisaalta minimoida tulevia riskejä. Lisäksi kun

teollisuuden kehitystä lähestytään yhteiskuntaan integroitumisen näkökulmasta, voidaan tehostaa muiden talouden, ympäristön ja yhteiskunnan osa-alueiden kestävyys ja joustavuutta.

Hiilidioksidipäästöjen vähentäminen on vihreän siirtymän sydän, mutta sydän ei toimi ilman muuta kehoa. Siirtymässä on myös edistettävä luonnon monimuotoisuutta sekä vahvistettava paikallisyhteisöjen vaikutusmahdollisuuksia. Ilman näiden huomioimista siirtymä ei ole vihreä tai oikeudenmukainen, tai se ei edes toteudu. Vihertyvien teollisuudenalojen haasteena on siis sen ymmärtäminen, että ne ovat yhteiskunnallisia vaikuttajia ja kehittäjiä ja niiden on omaksuttava tämä rooli, aivan niin kuin kiinteistökehittäjät ja rakennuttajat tekivät ymmärrettyään, että ne kehittävät kaupunkeja eivätkä vain rakennuksia. Tämänkaltaisia muutoksia tapahtuu nyt teollisuudessa.

Andreas Gyllenhammar, kestävä kehityksen johtaja, Sweco Group



Teollisuusalueet kestävinä ja tuottavina ekosysteeminä, systeminen lähestymistapa

Tuottavat tilat ovat ratkaisevan tärkeitä kaupunkien ja niiden talouselämän päivittäisen toiminnan kannalta. Nykyaikaiset teollisen tuotannon muodot sopivat yhä paremmin yhteen kaupunkien toiminnan ja luonnonympäristön kanssa, mistä on kiittäminen uudenlaisia räätälöityjä tuotantotapoja, jotka ovat entistä sähköisempiä, automatisoidumpia ja digitaalisempia, saastuttavat vähemmän ja hyödyntävät uusia multimodaalisen logistiikan muotoja.

Jotta teollisuusalueet saadaan muutettua kestäviksi ja tuottaviksi ekosysteemeiksi, olisi kaupunkiemme eri järjestelmiä koskevassa integroidussa lähestymistavassa otettava huomioon seuraavat tavoitteet:

Muutoksenhallinta ja yhteiskehittämiseen perustuvat vuoropuhelumallit

Kuvittele tulevaisuus, jossa teollisuusalueet ovat dynaamisia kaupunkiin kytkeytyviä tiloja, jotka lisäävät paikallista talouskasvua yhteiskehittämiseen perustuvan vuoropuhelun ja osallistavan muutoksenhallinnan avulla.

Teollisuusalueiden tulisi luoda toiminnallisia ja alueellisia yhteyksiä paikallisyhteisöihin, jolloin ne tuottavat lisäarvoa taloudelliseen ympäristöönsä osallistamalla paikallisia yrityksiä ja asukkaita. Muutoksenhallintaa tarvitaan eri sidosryhmien välisen yhteisen sävelen löytämiseksi ja etenemissuunnitelmien laatimiseksi, jotta siirtymää voidaan ohjata tehokkaasti.

Regeneratiivinen ekologia

Kuvittele tulevaisuus, jossa teollisuusalueet kukoistavat regeneratiivisen ekologian avulla; pelkän ennallistamisen sijaan vahvistetaan alueiden kestävyttä ja pyritään rikastuttamaan luonnon monimuotoisuutta, korjaamaan vahinkoja, villinnyttämään alueita ja elvyttämään ekosysteemejä.

Teollisuusalueiden tulisi integroitua mahdollisimman hyvin paikallistason ylittäviin ekologiisiin verkostoihin, kuten sini- ja viherverkostoihin. Suhtautumisen luonnonjärjestelmiin tulisi perustua luontopohjaisiin ratkaisuihin ja kiertotalouskäytäntöihin.

Kohti toiminnallista monimuotoisuutta

Kuvittele tulevaisuus, jossa teollisuusalueet auttavat yhteisöjä toteuttamaan vihreää siirtymää. Tässä visiossa teollisuus ei ole vain tuottaja vaan myös yhteisön kehittäjä, joka valjastaa toiminnallisen monimuotoisuuden ja monikäyttöisten tilojen voiman taloudellisen elinvoiman ja yhteistyön edistämiseksi.

Teollisuusalueelle sijoitettavien toimintojen yhdistelmä voi toimia paremmin, jos se sijoitetaan yhteen muiden täydentävien toimintojen kanssa. Toimintojen välisillä yhteyksillä voidaan optimoida alueen toiminnallisuus ja tehokas tilankäyttö, ja ne ovat keskeisiä askeleita liiketoiminnan synergioiden luomisessa.

Resurssien hallinta: Linearisesta kiertotalousjärjestelmään

Kuvittele teollisuusalue, jossa ei synny jätettä vaan ainoastaan resursseja.

Teollisuusalueilla tulisi olla koko alueelle integroitu resurssienhallintajärjestelmä energia-, vesi-, materiaali- ja jätevirtojen optimoimiseksi. Teollisen symbioosin periaatteita noudattamalla ja digitaalisten työkalujen avulla teollisuuslaitokset voivat tasapainottaa resurssien tuotannon ja kulutuksen.

Kohti integroituja infrastruktuureja

Kuvittele teollisuusverkosto, jossa eri kuljetusmuodot – lentokoneet, kuorma-autot ja laivat – tekevät saumatonta yhteistyötä, ja kaikki käyttävät perinteisten fossiilisten polttoaineiden sijaan fossiilittomia polttoaineita, kuten sähköpolttoaineita tai sähköä.

Teollisuusalueiden tulisi tukea multimodaalista logistiikkainfrastruktuuria (maantie-, rautatie- ja vesiliikennettä) ja parempia yhteyksiä liikenteen paikallisten, alueellisten ja kansainvälisten solmukohtien välillä, mikä vähentäisi kuljetustarpeita, mahdollistaisi liikennevirtojen optimoinnin, vähentäisi energiantarvetta ja parantaisi kollektiivista liikkuvuutta (sekä tavaroiden että ihmisten osalta).

Johtopäätökset, keskeiset havainnot ja suositukset



Tässä raportissa korostetaan teollisuuden tarvetta muuttua sekä vihreämmäksi ja vastuullisemmaksi että kestäkykyisemmäksi ja resilientimmäksi, ja tuodaan esiin tähän siirtymään liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia, mutta myös mahdollisia riskejä ja tahattomia seurauksia, joihin on puututtava, jotta voidaan varmistaa kestäkykyinen ja oikeudenmukainen siirtymä.

Riskit ja haasteet

Uusiin potentiaalsiin riskeihin, joihin teollisuuden vihreässä siirtymässä on puututtava, lukeutuvat muun muassa sähkön, ammattitaitoisen työvoiman ja siirtymään tarvittavien raaka-aineiden puute. Samaan aikaan haasteita aiheuttavat uusiutuvan energian ja uusien raaka-aineiden kasvava tarve sekä uudet teknologiat, joilla voi olla kielteisiä vaikutuksia ilmastoon, ympäristöön ja luonnon monimuotoisuuteen sekä myöskin ihmisiin ja yhteiskuntaan. Kaikkia riskejä ja haasteita on hallittava huolellisesti fossiilittoman tulevaisuuden ja vastuullisen sekä resilientin teollisuuden luomiseksi.

Ei ole kuitenkaan epäilystäkään siitä, etteikö teollisuuden vihreä siirtymä olisi tärkeä ja yhä kiireellisempi, eritoten ilmastonmuutoksen vuoksi. Teollisuus on merkittävä kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja. Se aiheuttaa noin kolmanneksen maailman energiankäytön hiilidioksidipäästöistä ja muilta osin noin viisi prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä, mikä on yhteensä 25–30 prosenttia kaikista maailman hiilidioksidipäästöistä. Se on myös osallinen liikenteen ja maatalouden hiilidioksidipäästöihin.

Lisääntynyt markkinakysyntä, pääoma ja tekninen kehitys

Teollisuuden vihreä siirtymä on ehdottomasti käynnissä, ja se on vahvasti kytköksissä energiamurrokseen ja hiilestä irtautumiseen, jotka mahdollistavat siirtymän. Säädösten noudattaminen, lisääntynyt kysyntä markkinoilla (erityisesti terästeollisuudessa, jossa autoteollisuus vaatii voimakkaasti vihreitä tuotteita), huomattava pääomavirta ja etenkin teknologian kehitys nopeuttavat koko siirtymää.

Sähköistäminen; kestävät energiavaihtoehdot; akkuteknologia; vetytalous; hiilidioksidin talteenotto, hyödyntäminen ja varastointi; energiavarastointijärjestelmät; power-to-x-prosessit; synteettiset polttoaineet; kiertotalous sekä älykäs valmistus antureiden, toisiin-

sa kytkettyjen koneiden ja laitteiden, tekoälyn ja data-analyysin avulla ovat innovaatioita ja uusia teknologioita, jotka edistävät siirtymää kohti tulevaisuutta, jossa ei käytetä fossiilisia polttoaineita.

Transformatiiviset johtajat

Maailmanlaajuinen pyrkimys kohti nettonollapäästöjä haastaa yrityksiä, ja varsinkin niitä, jotka joutuvat muuttamaan tuotantomenetelmiään. Siksi näemmekin nyt joidenkin suurimpien päästöjen aiheuttajien, kuten teräs-, sementti- ja liikennealan toimijoiden, ottavan ohjat käsiinsä teollisuuden vihreässä siirtymässä. Integroituun, systeemiseen ja monialaiseen ajattelutapaan perustuva johtaminen on ensiarvoisen tärkeää teollisuuden haastavan muutoksen hallinnassa. Integroitu lähestymistapa ei ainoastaan paranna ympäristötehokkuutta ja riskinhallintaa vaan myös vahvistaa eri alojen kestäkykyä.

Tässä raportissa korostetaan siirtymän monimutkaisuutta ja teollisuuden tarvetta muuttua sekä vastuullisemmaksi että resilientimmäksi ja tuodaan esiin tähän muutokseen liittyviä haasteita, mahdollisuuksia ja mahdollisia riskejä. Vihreässä siirtymässä resilienssi ulottuu ilmastonmuutokseen sopeutumista pidemmälle ja edellyttää kokonaisvaltaisia ratkaisuja erilaisiin uhkiin ja haasteisiin. Resilienssissä on kyse edistyksen ja säilyttämisen tasapainottamisesta, ja tarvitaan kaksitahoista lähestymistapaa, jossa tuetaan sekä vanhoja että uusia aloja.

Teknologisen kehityksen myötä teollinen tuotanto mukautuu kaupunkielämään ja sille on ominaista räätälöity valmistus sekä lisääntynyt sähköistyminen, automaatio ja digitaalisuus. Nykyään muutoksen hallinnassa on yhä enemmän kyse paikallisyhteisöjen sitouttamisesta muutosprosessiin ja teollisuusalueiden tulevaisuutta koskevan yhteisen vihreän siirtymän vision luomisesta.

Kuten tämä raportti osoittaa, transformatiivinen johtajuus ei ole vain teoreettinen käsite vaan vihreän siirtymän liikkeellepaneva voima.

Yhdessä voimme muuttaa vihreän siirtymän visiosta todellisuudeksi. Tämä raportti ei ole vain kokoelma näkemyksiä vaan rohkeus toimimaan. Transformatiivinen johtajuus on avain kestävään tulevaisuuteen. Käyttäkäämme sitä viisaasti ja kiireesti.



Keskeiset havainnot ja toimenpiteet teollisuudessa

1 Sääntely ja pääoma loksahtavat paikoilleen – mutta riittääkö se?

Teollisuus on vihreän siirtymän ytimessä. Se aiheuttaa noin kolmanneksen maailman energiankäytön hiilidioksidipäästöistä ja muilta osin noin viisi prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä, mikä on yhteensä 25–30 prosenttia kaikista maailman hiilidioksidipäästöistä.

Säädökset, markkinavoimat ja lisääntyneet investoinnit muokkaavat teollisuuden toimintaympäristöä. Yhdysvalloissa Inflation Reduction Act tuli voimaan vuonna 2022, ja se on merkittävin Yhdysvaltain kongressin toteuttama puhtaaseen energiaan liittyvä tukitoimi maan historiassa. Viimeisin lisäys Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaan

(Green Deal) oli nettonollateollisuutta koskeva säädös (Net-Zero Industry Act), jonka tavoitteena on lisätä puhtaan teknologian valmistusta EU:ssa ja varmistaa, että unionilla on hyvät valmiudet puhtaaseen energiaan siirtymistä varten.

Vihreään siirtymään on investoitu miljardeja euroja, mutta nykyisten investointien ja nettonollapäästöjen saavuttamiseen tarvittavan määrän välillä on edelleen eroa. Teollisuuden on nopeutettava toimiaan ja kurottava tämä ero umpeen. Kiertotalouden tehostaminen voisi pienentää raskaan teollisuuden hiilidioksidipäästöjä 56 prosentilla vuoteen 2050 mennessä.

2 Terästeollisuus suunnannäyttäjänä, sementtiteollisuus nousemassa kirjittäjäksi

Uudet innovatiiviset tuotantomenetelmät ja suuret investoinnit ovat tehneet terästeollisuudesta edelläkävijän teollisuuden vihreässä siirtymässä. Myös sementtiteollisuudessa on voimakasta vihreää kehitystä, mutta sen siirtymä perustuu edelleen vahvasti hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin (CCS).

Eurooppa on astumassa maailman kärkeen joillakin teollisuudenaloilla; esimerkiksi 95 prosenttia kaikista maailman täysimittaisista vihreän sementin hankkeista toteutetaan Euroopassa, samoin kuin 61 prosenttia kaikista fossiilittoman teräksen hankkeista.

3 Energiamurros on avainasemassa

Energia-alan murros ja hiilestä irtautuminen mahdollistavat teollisuuden vihreän siirtymän lukuisten uusien ratkaisujen ja teknologisten edistysaskeleiden avulla, jotka liittyvät muun muassa sähköistämiseen, akkuihin, vetyyn, hiilidioksidin talteenottoon, hyödyntämiseen ja varastointiin sekä power-to-x-prosesseihin.

Joillakin aloilla tekniset investoinnit ja täytäntöönpano ovat liian hitaita, mikä voi haastaa nettonollapäästötavoitteen saavuttamista vuoteen 2030 mennessä. Esimerkiksi sähköverkkoon tehtävien investointien on kaksinkertaistuttava vuoteen 2030 mennessä. Uusiutuvan energian määrän kolminkertaistaminen ja energiatehokkuuden kaksinkertaistaminen vuoteen 2030 mennessä ovat ratkaisevia askelia kohti 1,5 °C:n tavoitetta. Ydinvoima ja uusiutuvat energialähteet, kuten aurinko-, tuuli- ja vesivoima, ovat olennaisen tärkeitä, ja niillä tuotetun sähkön määrän odotetaan nousevan lähes puoleen maailman sähkötuotannosta vuoteen 2026 mennessä, kun se vuonna 2023 oli hieman alle 40 prosenttia.



4 Vihreän siirtymän nopeuttaminen: sääntelyn, markkinavoimien ja innovoinnin dynaaminen vuorovaikutus teollisuudessa

Säädösten noudattaminen, lisääntynyt kysyntä markkinoilla (erityisesti terästeollisuudessa, jossa autoteollisuus vaatii voimakkaasti vihreämpiä tuotteita), huomattava pääomavirta ja innovaatiot ovat myös voimakkaita liikkeellepanevia voimia teollisuuden vihreässä siirtymässä.

Jotta ilmastonmuutokseen voidaan puuttua tehokkaasti, tarvitaan kokonaisvaltainen näkökulma, jossa maailmanlaajuiset haasteet ja paikalliset olosuhteet ovat tasapainossa. Euroopan näkökulmasta katsottuna maat tarvitsevat tehokkaita ja nopeutettuja lupamenetelyjä, jotka mahdollistavat innovatiivisten ja ympäristöystävällisten teknologioiden nopean kehityksen ja käyttöönoton, jotta siirtyminen kohti kestäväää ja vähäpäästöistä taloutta nopeutuisi.

5 Resilienssillä on ratkaiseva merkitys

Teollisuuden muutoksesta puhuttaessa kestävyys tai resilienssi viittaa toimialan kykyyn ottaa vastaan erilaisia haasteita ja muutoksia, sopeutua niihin ja toipua niistä säilyttäen samalla ydintoimintonsa. Tämä käsite on erityisen tärkeä ympäristön, talouden, teknologian ja yhteiskunnan muutosten edessä.

Kestokykyinen teollisuus pystyy selviytymään epävarmuustekijöistä, talouden laskusuhdanteista, teknologisista muutoksista ja muista haasteista ja jatkamaan samalla kehittymistään, innovointiaan ja osallisuuttaan kansantalouteen.

Teollisuudessa resilienssi käsittää seuraavat seikat:

- **Sopeutumiskyky:** kyky muuttaa tuotantoprosesseja, liiketoimintamalleja ja strategioita vastauksena markkinoiden muuttuviin vaatimuksiin, säännöksiin tai teknologiseen kehitykseen.

- **Häiriönsietokyky:** sellaisten järjestelmien ja infrastruktuurin suunnittelu, jotka kestävät häiriöitä, kuten toimitusketjun keskeytyksiä, kyberhyökkäyksiä tai luonnonkatastrofeja.
- **Redundanssi:** varajärjestelmät, joilla varmistetaan toiminnan jatkuvuus odottamattomien tapahtumien aikana. Tämä voi tarkoittaa vaihtoehtoisia toimittajia, ylimääräistä varastoa tai varavirtalähteitä.
- **Resurssitehokkuus:** resurssien tehokas käyttö vähentää riippuvuutta niukoista materiaaleista, mikä auttaa myös selviytymään resurssien hintojen ja saatavuuden vaihteluista.
- **Yhteistyö:** yhteistyö muiden yritysten ja alojen sekä järjestöjen kanssa tukiverkoston luomiseksi, missä voidaan tarvittaessa tarjota apua ja resursseja. Teollisuuden vihreä siirtymä edellyttää teollista symbioosia ja uusia liiketoimintamalleja.
- **Vastuullisuus:** vastuullisen ympäristö- ja sosiaalipolitiikan omaksuminen pitkän aikavälin elinkelpoisuuden varmistamiseksi ja Yhdistyneiden kansakuntien kestävä kehityksen tavoitteiden kaltaisten maailmanlaajuisen pyrkimyksen toteuttamiseksi. Innovatiiviset strategiat ovat tarpeen kestävämpiin käytäntöihin siirtymisen helpottamiseksi. Vihreä siirtymä ei ole pelkästään teknologinen muutos, vaan se merkitsee myös perustavanlaatuista muutosta teollista toimintaa ohjaavissa taloudellisissa rakenteissa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että teollisuuden vihreässä siirtymässä resilienssi tarkoittaa sellaisten järjestelmien rakentamista, jotka eivät pelkästään kestä häiriöitä vaan ovat myös joustavia ja pystyvät kehittymään ajan mittaan vastaamaan tuleviin haasteisiin ja mahdollisuuksiin.

Suosituks

- 1 Jotta teollisuudesta tulisi kestäväää, sen on paitsi saavutettava nettonollapäästöt myös muututtava kestävyisemmäksi.
- 2 Monimutkaisuuden ja tavoiteristiriitojen hallintaan tarvittava tietämys on avainasemassa, jotta hyvistä aikomuksista ei aiheutuisi tahattomia seurauksia ihmisille, ympäristölle ja yhteiskunnille.
- 3 Useiden sidosryhmien yhteistyö ja uudet liiketoimintamallit toimittajien ja asiakkaiden, samojen ja eri toimialojen kollegojen sekä laajemman teollisen sidosryhmäekosysteemin välillä ovat ratkaisevan tärkeitä vihreän siirtymän nopeuttamiseksi.
- 4 Kilpailu on kovaa, ja transformatiivinen johtajuus on avainasemassa. Muuttumaan kykenemättömät maat ja yritykset voivat jäädä tappiolle.
- 5 Tässä raportissa esiteltyjen teollisuuden suunnanäyttäjien, uusien teknologioiden ja innovaatioiden on tarkoitus inspiroida teollisuuden parissa toimivaa tekemään vihreän siirtymän visiosta todellisuutta.

Raportin asiantuntijat

Andreas Gyllenhammar, kestävän kehityksen johtaja, Sweco Group
Martina Söderström, toimialajohtaja, Environment & Planning, Sweco Sweden
Tom Van Den Noortgaete, toimialajohtaja, Energy & Environment, Sweco Belgium
Erik Skogström, toimialajohtaja, Teollisuus ja energia, Sweco Finland
Fredrik Axby, vt. toimialajohtaja, Energy & Industry, Sweco Sweden
Gaëlla Delcour, tulosityksikköjohtaja, Industry, Sweco Belgium
Björn Nykvist, tutkija, Stockholm Environment Institute
Aaron Maltais, tutkija, Stockholm Environment Institute
Peter Bryntesson, toimitusjohtaja, FKG
Kathleen Van de Werf, liiketoiminnan kehityspäällikkö, Sweco Belgium
Diego Luna Quintanilla, asiantuntijajohtaja, Urban Insight, Sweco Belgium

Erityiskiitokset:

Kristina Jakobsen, rakennuspäällikkö, Sweco Norway
Erkki Härö, energia-asiantuntija, Sweco Finland
Marek Kolasiński, osastopäällikkö, Technology Development, Sweco Poland
Monica Welander, vastuullisuusviestinnän johtaja, Sweco Group
René Salomon, projektijohtaja, Sweco Denmark
Linn Arvidsson, ympäristölupien ja -määräysten asiantuntija, Sweco Sweden
Ludmilla Wedel, projektijohtaja, Sweco Germany
Sara Vander Beken, tulosityksikköjohtaja, Sweco Belgium
Anders Bostad, tulosityksikköjohtaja, Sweco Norway
Jill Bederoff, toimittaja ja kirjoittaja
Per Olof Lindsten, toimittaja ja kirjoittaja
Emma Sterner Oderstedt, projektipäällikkö, Urban Insight, Sweco Group



Lähteet

- 1) Crippa, M., et al. (2023). GHG emissions of all world countries. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Haettu osoitteesta <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0cde0e23-5057-11ee-9220-01aa-75ed71a1/language-en>
- 2) Ritchie, H. (2020). Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from? Haettu osoitteesta <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
- 3) Breque, M. De Nul, L. Petridis, A. (2021). Industry 5.0 - Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. Euroopan komissio. Haettu osoitteesta https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en
- 4) Breakthrough Energy. (2022). The Data, Sectoral Analysis. Haettu osoitteesta <https://breakthroughenergy.org/our-approach/the-data/sectoral-analysis/>
- 5) Mission Possible Partnership. (2021). The Power of Partnership. Haettu osoitteesta <https://missionpossiblepartnership.org/about/>
- 6) European Commission. (2023). Net-Zero Industry Act: Making the EU the home of clean technologies manufacturing and green jobs. Haettu osoitteesta https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_1665
- 7) Payne, J. (2023). EU needs over \$760 bln/yr to hit green transition targets – Commission. Haettu osoitteesta <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/eu-needs-over-760-bln-yr-hit-green-transition-targets-commission-2023-07-06/>
- 8) Bloomberg NEF. (2023). Green Steel Demand is Rising Faster Than Production Can Ramp Up. Haettu osoitteesta <https://about.bnef.com/blog/green-steel-demand-is-rising-faster-than-production-can-ramp-up/>
- 9) Global Energy Monitor. (2023). Global Steel Plant Tracker. Haettu osoitteesta <https://globalenergymonitor.org/projects/global-steel-plant-tracker/>
- 10) The Institute for Energy Economics (IEEFA). (2023). MENA poised to become a leading green iron and steel hub. Haettu osoitteesta <https://ieefa.org/articles/mena-poised-become-leading-green-iron-and-steel-hub>
- 11) International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). Geopolitics of the Energy Transition - Critical Materials. Haettu osoitteesta <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials>
- 12) Dikau, S. Miller, H. Noblet, C. Svartzman, R. Kyriacou, G. (2023). What are 'critical minerals' and what is their significance for climate change action?. LSE (The London School of Economics and Political Science). Haettu osoitteesta <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-are-critical-minerals-and-what-is-their-significance-for-climate-change-action/>
- 13) Fern. (2021). Critical minerals. Haettu osoitteesta <https://www.fern.org/issues/critical-minerals/>
- 14) International Renewable Energy Agency (IRENA). (2023). Geopolitics of the Energy Transition - Critical Materials. Haettu osoitteesta <https://www.irena.org/Digital-Report/Geopolitics-of-the-Energy-Transition-Critical-Materials>
- 15) Morgado, A. Hugues, P. Vass, T. (2023). Cement – Tracking Cement. IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/energy-system/industry/cement>
- 16) IEA. (2023). Cement. IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/reports/cement-3>, Lisenssi: CC BY 4.0
- 17) Stephens, J. C. (2014). Time to stop investing in carbon capture and storage and reduce government subsidies of fossil fuels. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 5(2), 169-173. Haettu osoitteesta <https://www.problemshifting.directory/case/carbon-capture-and-storage-ccs/>
- 18) IEA. (2023). Energy Efficiency 2023. IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>, Lisenssi: CC BY 4.0
- 19) IEA. (2024). Renewables 2023. IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>, Lisenssi: CC BY 4.0
- 20) IEA. (2024). Electricity 2024. IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/reports/electricity-2024>, Lisenssi: CC BY 4.0
- 21) IEA. (2023). Cybersecurity – is the power system lagging behind?. IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/commentaries/cybersecurity-is-the-power-system-lagging-behind>, Lisenssi: CC BY 4.0
- 22) Jaganmohan M. (2024). Pumped hydropower storage capacity in the European Union as of 2020, by facility status. Statista. Haettu osoitteesta <https://www.statista.com/statistics/1336074/eu-pumped-hydro-storage-power-capacity-by-status/>
- 23) The International Hydropower Association (IHA) (2022). Region profile Europe. Haettu osoitteesta <https://www.hydropower.org/region-profiles/europe>
- 24) Statista Research Department. (2024). Energy storage in Europe – statistics & facts. Statista. Haettu osoitteesta <https://www.statista.com/topics/10030/energy-storage-in-europe/#topicOverview>
- 25) Statista Research Department. (2024). Forecast need for hydrogen storage in Europe in 2023 and 2050. Statista. Haettu osoitteesta <https://www.statista.com/statistics/1336052/forecast-hydrogen-storage-demand-europe/>
- 26) BloombergNEF. (2022). Global Energy Storage Market to Grow 15-Fold by 2030. Haettu osoitteesta <https://about.bnef.com/blog/global-energy-storage-market-to-grow-15-fold-by-2030/>
- 27) Umbach, F. (2020). Hydrogen: Decarbonization's silver bullet? GIS-reports. Haettu osoitteesta <https://www.gisreportsonline.com/r/eu-hydrogen-strategy/>
- 28) IEA. (2023). Energy Efficiency 2023. IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>, Lisenssi: CC BY 4.0
- 29) The Energy Efficiency Movement. (2021). IEA Executive summary. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023/executive-summary>
- 30) IEA. (2023). Electricity Grids and Secure Energy Transitions, IEA, Paris. Haettu osoitteesta <https://www.iea.org/reports/electricity-grids-and-secure-energy-transitions>, Lisenssi: CC BY 4.0
- 31) Krönert, F. Bergerlind, J. (2022). Elnätet blir nyckeln när elanvändningen i Sverige vänds upp och ner. Sweco. Haettu osoitteesta <https://www.sweco.se/aktuellt/nyheter/ny-rapport-fran-sweco-elanvandningen-i-sverige-vands-upp-och-ner/>
- 32) Material Economics. (2023). The Circular Economy – a Powerful Force for Climate Mitigation. Haettu osoitteesta <https://materialeconomics.com/publications/publication/the-circular-economy-a-powerful-force-for-climate-mitigation>
- 33) NetZeroClimate. (2023). Heavy Industry. Haettu osoitteesta https://netzeroclimate.org/sectors/heavy_industry/
- 34) Dalväg, E. Jansson, T. (2022). Symbios: om hur avfall blir resurser i den cirkulära ekonomin. Emma Dalväg & Tobias Jansson. ISBN: 9789152716236

Urban Insight

By Sweco

Urban Insight on Swecon kansainvälinen tietofoorumi, jossa asiantuntijat kokoontuvat yhteen kehittämään ja jakamaan näkemyksiä, faktoja ja ratkaisuja kestävien kaupunkien ja tulevaisuuden yhteiskunnan suunnitteluun. Urban Insightin puitteissa järjestetään niin paikallisia kuin laajempia tapahtumia sekä julkaistaan raportteja, joiden tarkoituksena on innostaa ja herättää keskustelua kestävästä kaupunkisuunnittelusta ja vastuullisemmasta yhteiskunnasta.

Tässä trendiraportissa keskitytään teollisuuden vihreään siirtymään ja nostetaan esiin esimerkkejä, hankkeita ja trendejä, joilla on keskeinen rooli pyrkimyksissä kohti vähäpäästöistä teollisuutta ja teollisuussektorin kestävyyn vahvistamista.

Lisätietoa verkkosivuillamme:
sweco.fi/urban-insight