

Petteri Laaksonen, Jukka Ruusunen,
Eeva Lähdesmäki (toim.)

HYVÄSTI ÖLJY, KAASU JA HIILI

Suomen teollisuuden kasvun avaimet
uusiutuvassa sähkössä

**KASVU
ATLAS
2026**

Tämä muistio on Sitran Kasvuatlas-työhön liittyvä keskustelunavaus. Avaukset syvennyvät teemoihin, joissa nähdään mahdollisuuksia merkittäviin kehitysloikkiin. Kasvuatlassa hahmotellaan kestäväen talouskasvun lähtökohtia ja etsitään ratkaisuehdotuksia kasvun vauhdittamiseen.

Sitran muistio

© Sitra 2026

Hyvästi öljy, kaasu ja hiili – Suomen teollisuuden kasvun avaimet uusiutuvassa sähkössä

Kirjoittajat: Petteri Laaksonen, Jukka Ruusunen, Jenna Ruokonen, Eeva Lähdesmäki, Samuli Honkapuro, Hannu Karjunen, Antti Silvast, Jukka Lassila ja Pasi Vainikka (LUT-yliopisto).

Toimitus: Petteri Laaksonen, Jukka Ruusunen, Eeva Lähdesmäki

Taitto: Grano Oy

ISBN 978-952-347-476-5 (PDF) www.sitra.fi

ISSN 2737-1034 (verkkojulkaisu) www.sitra.fi

Tämä muistio on Sitran Kasvuatlas-työhön liittyvä keskustelunavaus, eli Kasvuavaus. Avaukset syventyvät teemoihin, joissa nähdään mahdollisuuksia merkittäviin kehitysloikkiin. Kasvuatlassa hahmotellaan kestäväen talouskasvun lähtökohtia ja etsitään ratkaisuehdotuksia kasvun vauhdittamiseen.

Tässä muistiossa esitetyt ajatukset ja suositukset ovat kirjoittajien henkilökohtaisia näkemyksiä, eivätkä ne siten edusta välttämättä heidän työnantajiansa tai julkaisijan Sitran kantaa.

Petteri Laaksonen on tekniikan tohtori ja LUT-yliopiston tutkimusjohtaja.

Jukka Ruusunen on LUT-yliopiston teollisuusprofessori. Ruusunen toimi kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj:n toimitusjohtajana vuosina 2007–2023.

Eeva Lähdesmäki toimii LUT-yliopistossa projektipäällikkönä ja projektitutkijana vihreän sähköistymisen, vetytalouden ja Power-to-X-ratkaisujen tutkimus- ja kehityshankkeissa. Hänellä on pitkä kokemus kansainvälisistä johto- ja kehitystehtävistä teollisuudessa.

Sisältö

Esipuhe	4
Tiivistelmä	6
Sammanfattning	8
Summary	10
1. Teollisuuden uudistamisen kilpajuoksu käynnissä	12
Kiiirehtiä pitää, koska Kiinakin kiiirehtii	13
2. Vety sähköistää kemianteollisuuden	15
Regulaatio tulee olemaan vahvin ajuri kemianteollisuuden siirtymässä fossiilivapaaksi	16
Sellutehtaiden hyödyntämättömästä jätteestä kemianteollisuuden arvokasta raaka-ainetta	17
3. Puhtaammalla teräksellä kohtuullinen hintalisä	19
Regulaatio ohjaa terästeollisuutta	20
Kohti fossiilivapaata terästuotantoa	21
Markkina ja asiakkaat	21
Suuri kokonaisvaikutus Suomelle	24
Mahdollisuuksia ja riskejä	25
4. Solumaatalous – sähkö ravinnontuotannon raaka-aineena	27
5. Kotimarkkinan synnyttäminen luo pohjan teknologiaviennille	28
6. Moderni sähköjärjestelmä luo teollisuuden kilpailukyvyn	29
Datakeskukset integroitava osaksi sähköjärjestelmää	31
Sähköjärjestelmän resilienssi varmistaa sähkön saatavuuden	32
7. Suomi tarvitsee puhtaan teollisuuden strategian	34
Uuden teollisuuden hyötyjen mittakaava jopa sata miljardia	35
Teollisuuden sähköistämisen avaimet	35
Lähteet	37
Liite 1: Suomen terästehtaat ja suunnitellut investoinnit	39

Esipuhe

Kun maailma irtautuu fossiilitaloudesta, geopoliittiset riippuvuudet järjestyvät uudelleen. Samalla avautuu harvinainen mahdollisuus Suomen kaltaisille maille, joilla on edellytykset puhtaan sähkön tuotantoon.

Euroopan edullisin sähkö, runsaasti maata suhteessa väestöön, vahva kantaverkko, sellutehtaiden biogeeninen hiilidioksidi ja toimiva yhteiskunta muodostavat yhdistelmän, jollaista harvalla on tarjota. Käsillä oleva muistio, joka on osa Sitran Kasvuatlas-kokonaisuutta, tarttuu juuri tähän mahdollisuuteen.

Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston Petteri Laaksosen, Jukka Ruususen ja Eeva Lähdesmäen toimittama ja laajan asiantuntijajoukon kirjoittama muistio osoittaa konkreettisesti, miten uusiutuva sähkö voi uudistaa suomalaista teollisuutta. Muistio tekee vakuuttavasti selväksi, ettei kysymys ole siitä, *tapahtuuko* teollisuuden sähköistyminen, vaan siitä, *miten ja kuinka nopeasti* – ja kuka ehtii ensin.

Mahdollisuudet ovat valtavat vedyn avulla sähköistyvästä kemianteollisuudesta ja fossiilivapaasta teräksestä solumaatalouteen sekä moderniin, joustavaan ja resilienttiin sähköjärjestelmään. Murros ei kuitenkaan toteudu itsestään, vaan se edellyttää mittavia investointeja.

Avaus antaa vahvan ja ajankohtaisen pohjan keskustelulle. Sen pohjalta on tärkeää pohtia sitä, mikä osa kehityksestä etenee markkinaehtoisesti omalla painollaan ja missä kohtaa vielä tarvitaan aktiivista poliittista ja yhteiskunnallista tukea. On myös tärkeää hahmottaa ero kahdenlaisten investointien välillä. Osa kasvattaa kansantaloutta uutena tuotantona ja vientinä, osa taas korvaa olemassa olevaa puhtaammalla. Molemmat ovat arvokkaita – jälkimmäinen vähentää päästöjä ja riippuvuuksia – mutta niiden kansantaloudelliset vaikutukset ovat erilaisia.

Sähköjärjestelmän osalta keskeinen kysymys on uuden, mittavan kulutuksen yhteensopivuus sään mukaan vaihtelevan tuotannon kanssa.

Muistio esittää energian tuotannon ja kulutuksen ohjaamista lähelle toisiaan kaavoituksen keinoin. Jos näin toimitaan, on tärkeää tunnistaa paikalliset luontohaitat, lieventää niitä ja viime kädessä hyvittää. Hankkeiden hyväksyttävyyys ratkaisee monesti niiden etenemisen.



Suomella on poikkeuksellisen hyvät lähtökohdat nousta puhtaamman teollisuuden kärkimaiden joukkoon. Sen toteutuminen edellyttää yhteistä analyysiä, pitkäjänteistä strategiaa ja yli vaalikausien kantavaa poliittista sitoutumista.

Teollisuuden sähköistyminen kytkeytyy laajempaan tarpeeseen uudistaa Suomen taloutta. Sitra on ehdottanut hallituskaudet ja puoluerajat ylittävää kasvusopimusta, joka vahvistaisi luottamusta ja tukisi investointeja. Muistion kuvaama teollinen murros investointineen olisi keskeinen kivijalka kestäväälle kasvulle. Toivomme, että tämä avaus vauhdittaa juuri sellaista kehitystä.

Helsingissä 15. kesäkuuta 2026

Atte Jääskeläinen

yliasiamies
Sitra

Esa Suominen

vanhempi neuvonantaja
Sitra

Tiivistelmä

Uusiutuva sähkö on muodostumassa suomalaisen teollisuuden tärkeimmäksi kasvun lähteeksi. Kun teollisuus irtautuu öljystä, kaasusta ja hiilestä, tuontipolttoaineet ja -raaka-aineet voidaan korvata kotimaisella puhtaalla sähköllä. Tämä poistaisi riippuvuuden fossiilienergian tuonnista ja voisi kääntää Suomen vaihtotaseen kymmeniä miljardeja positiivisemmaksi.

Suomen etu kilpailussa on rakenteellinen: maapinta-alaa on lähes yhtä paljon kuin Saksassa mutta väestöä vain seitsemän prosenttia siitä – ja siinä missä Saksassa on jo yli 30 000 tuulivoimalaa, Suomessa niitä on noin 2 000. Yhdistettynä Euroopan alhaisimpiin sähkön hintoihin, vahvaan kantaverkkoon ja sellutehtaiden biogeeniseen hiilidioksidiin syntyy yhdistelmä, jollaista harvalla maalla on.

Aikaa ei silti ole hukattavaksi: erityisesti Kiina rakentaa fossiilivapaata kemian- ja terästeollisuutta jo selvästi EU:ta nopeammin.

Teollisuuden sähköistyminen kasvattaa Suomen sähkönkysynnän arviolta noin kolminkertaiseksi, ja täysi vientipotentiaali voi kaksinkertaistaa senkin. Muistio tunnistaa kolme keskeistä kasvumarkkinaa. Kemian-teollisuus sähköistyy vedyn kautta: sellutehtaiden biogeenisestä hiilidioksidista valmistettava e-metanoli ja sen jatkojalosteet voivat synnyttää noin 20 miljardin euron arvoisen uuden tuotannon, ja kiristynvä sääntely – etenkin RFNBO-polttoaineiden velvoitteet – on muutoksen vahvin ajuri. Fossiilivapaa teräs kantaa markkinoilla jopa 30 prosentin hintalisän, kun taas kustannusvaikutus loppukäyttäjälle jää useimmiten promille- tai prosenttiluokkaan; murros voi leikata yli neljä miljoonaa tonnia päästöjä vuodessa eli noin seitsemän prosenttia maan kokonaispäästöistä. Solu-maatalous puolestaan luo kokonaan uuden, peltopinta-alasta riippumattoman proteiinintuotannon haaran, jonka potentiaaliksi arvioidaan noin 500 miljoonaa euroa. Kotimarkkinan synty toimii samalla ponnahduslautana teknologiaviennille: pelkästään vetylaitteistojen vientipotentiaaliksi on arvioitu jopa 40 miljardia euroa vuodessa.

Kasvun edellytys on toimiva, markkinaehtoinen sähköjärjestelmä. Suomen järjestelmä on jo vähentänyt päästöjään 80 prosenttia säilyttäen samalla hyvän toimitusvarmuuden ja edulliset hinnat. Vaihteleva tuuli- ja aurinkovoima on integroitavissa kustannustehokkaasti, kun teollisuus, vedyn varastointi ja sektori-integraatio tuovat järjestelmään joustoa.



Suunnitteilla oleva 3,4 gigawatin datakeskuskapasiteetti on kytkettävä osaksi järjestelmää; oikein toteutettuna jopa datakeskusten varavoima voi muuttua järjestelmän kannalta ongelmasta voimavaraksi. Toimitusvarmuutta vahvistetaan hajauttamalla tuulivoimaa myös Itä-Suomeen ja varautumalla niukkuustilanteisiin esimerkiksi fossiilittomilla moottorivoimaloilla.

Teollisuuden sähköistämisen suorien ja epäsuorien vaikutusten arvo voi pitkällä aikavälillä nousta jopa yli sataan miljardiin euroon. Mittaluokan lunastaminen edellyttää kuitenkin pitkäjänteistä, yli vaalikausien kantavaa kansallista strategiaa, jossa yritykset tekevät investoinnit ja valtion tehtävänä on muutoksen mahdollistaminen.

Teollisuuden sähköistämisen avaimet:

- Laaditaan Suomelle vuoteen 2035 ulottuva puhtaan teollisuuden strategia, johon puolueet sitoutuvat; valtion rooli on mahdollistaa, yritykset investoivat.
- Kehitetään energijärjestelmää jatkossakin kilpailuun ja tehokkaisiin markkinoihin nojaten; julkinen tuki rajataan uusien teknologioiden investointitukiin.
- Varmistetaan maatuulivoiman kilpailukyky tehostamalla lupaprosesseja ja avaamalla rakentaminen myös itäiseen Suomeen, tiedustelu ja valvonta tuulivoimaan yhdistäen.
- Hallitaan niukkuustilanteiden hintapiikkejä ja käynnistetään tarvittaessa fossiilittomat moottorivoimalainvestoinnit.
- Turvataan verkkoyhtiöille edellytykset kehittää sähköverkkoja ja rakennetaan vetyinfrastruktuuri sähköjärjestelmän rinnalle; vedyn kalliovarastot osoitetaan Gasgridin tehtäväksi.
- Ohjataan tuotanto ja kulutus lähelle toisiaan kaavoituksella ja edistetään biogeenisen hiilidioksidin talteenottoa.
- Toimitaan aktiivisesti EU:ssa teollisuuden modernisointia tukevan sääntelyn puolesta ja tuetaan toimivaa päästökauppaa.

Sammanfattning

Förnybar el håller på att bli den viktigaste tillväxtkällan för den finländska industrin. När industrin frigör sig från olja, gas och kol kan importerade bränslen och råvaror ersättas med inhemsk ren el. Detta skulle undanröja beroendet av importerad fossil energi och skulle kunna förbättra Finlands bytesbalans med tiotals miljarder euro.

Finland har en strukturell konkurrensfördel: landytan är nästan lika stor som Tysklands, men befolkningen är endast bosatt på omkring sju procent av den – och medan Tyskland redan har över 30 000 vindkraftverk har Finland omkring 2 000. I kombination med Europas lägsta elpriser, ett starkt stamnät och cellulosafabrikernas biogena koldioxid uppstår en kombination som är få länder förunnad.

Det finns ändå ingen tid att förlora: i synnerhet Kina bygger upp en fossilfri kemi- och stålindustri klart snabbare än EU.

Elektrifieringen inom industrin ökar Finlands elbehov till uppskattningsvis ungefär det tredubbla, och den fulla exportpotentialen kan fördubbla även detta. Promemorian identifierar tre centrala tillväxtmarknader. Kemiindustrin elektrifieras via väte: av cellulosafabrikernas biogena koldioxid kan e-metanol och vidareförädlade produkter framställas, vilket kan ge upphov till en ny produktion värd omkring 20 miljarder euro. Den allt strängare regleringen – i synnerhet kraven på RFNBO-bränslen – är den starkaste drivkraften bakom omställningen. Fossilfritt stål har på marknaden en prispremie på upp till 30 procent, medan kostnadseffekten för slutanvändaren oftast stannar på promille- eller procentnivå. Omställningen kan minska utsläppen med över fyra miljoner ton per år, det vill säga omkring sju procent av landets totala utsläpp. Cellulärt jordbruk skapar i sin tur en helt ny form av proteinproduktion som är oberoende av åkerareal och vars potential uppskattas till omkring 500 miljoner euro. Framväxten av en hemmamarknad fungerar samtidigt som en språngbräda för teknikexport: enbart exportpotentialen för väteutrustning har uppskattats till så mycket som 40 miljarder euro per år.

En förutsättning för tillväxten är ett fungerande, marknadsbaserat elsystem. Finlands system har redan minskat sina utsläpp med 80 procent och samtidigt bevarat en god leveranssäkerhet och förmånliga priser. Variabel vind- och solkraft kan integreras kostnadseffektivt när industrin,



vätelagringen och sektorsintegrationen tillför systemet flexibilitet. Den planerade datacenterkapaciteten på 3,4 gigawatt måste kopplas till systemet; rätt genomförd kan till och med datacentrens reservkraft förvandlas från ett problem till en tillgång för systemet. Leveranssäkerheten stärks genom att vindkraften decentraliseras även till östra Finland och genom beredskap för situationer med knapp tillgång, till exempel med fossilfria motorkraftverk.

Värdet av de direkta och indirekta effekterna av elektrifieringen inom industrin kan på lång sikt stiga till över hundra miljarder euro. Att uppnå sådana siffror förutsätter dock en långsiktig nationell strategi som sträcker sig över valperioderna, där företagen gör investeringarna och statens uppgift är att möjliggöra omställningen.

Nycklarna till elektrifieringen inom industrin:

- För Finland utarbetas en strategi för en ren industri som sträcker sig till 2035 och som partierna förbinder sig till. Statens roll är att möjliggöra, företagen investerar.
- Energisystemet utvecklas även framöver med utgångspunkt i konkurrens och effektiva marknader. Det offentliga stödet begränsas till investeringsstöd för ny teknik.
- Den landbaserade vindkraftens konkurrenskraft säkerställs genom effektivare tillståndsprocesser och genom att öppna upp även östra Finland för byggande, med information och övervakning kopplade till vindkraften.
- Pristopparna i situationer med knapp tillgång hanteras och vid behov inleds investeringar i fossilfria motorkraftverk.
- Förutsättningarna för nätbolagen att utveckla elnäten säkerställs och en väteinfrastruktur byggs vid sidan av elsystemet. Bergrumslagren för väte blir Gasgrids uppgift.
- Produktion och förbrukning styrs nära varandra genom planläggning och avskiljningen av biogen koldioxid främjas.
- Aktivt arbete bedrivs i EU för en reglering som stöder moderniseringen av industrin, och en fungerande utsläppshandel stöds.

Summary

Renewable electricity is becoming the most important driver of growth for Finnish industry. As industry moves away from fossil oil, gas and coal, imported fuels and raw materials can be replaced with clean domestic electricity. This would eliminate dependence on imported fossil energy and could improve Finland's current account balance by tens of billions of euros.

Finland's competitive advantage is structural. Its land area is almost as large as Germany's, yet its population is only seven per cent of Germany's. While Germany already has more than 30,000 wind turbines, Finland has around 2,000. Combined with the lowest electricity prices in Europe, a strong transmission grid, and biogenic carbon dioxide from pulp mills, this creates a combination that few countries can match.

There is little time to lose, however. China in particular is developing fossil-free chemical and steel industries considerably faster than the EU.

The electrification of industry is expected to increase Finland's electricity demand approximately threefold, and the full export potential could double that figure. This memorandum identifies three key growth markets.

The chemical industry can be electrified through hydrogen-based processes: e-methanol produced from the biogenic carbon dioxide of pulp mills, together with its downstream products, could generate new production worth around 20 billion euros, and tightening regulation – particularly the obligations related to RFNBO fuels – is the strongest driver of this transition.

Fossil-free steel commands a market premium of up to 30 per cent, while the impact on end-user costs typically remains in the per-mille or low single-digit percentage range. The transition could cut emissions by more than four million tonnes a year, equivalent to seven per cent of Finland's total emissions.

Cellular agriculture, in turn, could create an entirely new protein-production sector that is independent of farmland, with an estimated potential of around 500 million euros. The emergence of a domestic market would also provide a platform for technology exports. The export potential of hydrogen-related equipment alone has been estimated at up to 40 billion euros a year.



A functioning, market-based electricity system is a prerequisite for this growth. Finland's system has already cut its emissions by 80 per cent while maintaining a high level of security of supply and low prices. Variable wind and solar power can be integrated cost-effectively when industry, hydrogen storage and sector integration bring flexibility to the system. The planned 3.4 gigawatts of data-centre capacity should be integrated as part of the broader energy system. If implemented correctly, even the backup power of data centres can be transformed from a system challenge into a valuable asset. Security of supply can be further strengthened by decentralising wind power to Eastern Finland as well, and by preparing for scarcity situations, for example with fossil-free engine power plants.

Over the long term, the value of the direct and indirect effects of industrial electrification could exceed 100 billion euros. Realising this scale, however, will require a long-term national strategy that endures across electoral terms, in which companies make the investments and where the state's role is to enable and facilitate the transition.

Keys to the electrification of industry:

- Develop a clean-industry strategy for Finland extending to 2035, to which the political parties commit; the state's role is to enable, while companies invest.
- Continue developing the energy system on the basis of competition and efficient markets; limit public support to investment subsidies for innovative technologies.
- Safeguard the competitiveness of onshore wind power by streamlining permitting processes and expanding construction to Eastern Finland, integrating defence-related surveillance with wind power.
- Mitigate price spikes in scarcity situations and, where necessary, launch investments in fossil-free engine power plants.
- Ensure that grid companies have the means to develop the electricity networks, and build a hydrogen infrastructure alongside the electricity system; assign the rock cavern storage of hydrogen to Gasgrid.
- Use land-use planning to locate production and consumption close to one another, and promote the capture of biogenic carbon dioxide.
- Actively advocate within the EU for regulations that support the modernisation of industry and support a functioning emissions trading system.

1. Teollisuuden uudistamisen kilpajuoksu käynnissä

Energia on ollut aina vallan väline. Geopoliittiset riippuvuudet järkkyvät, kun maailma irtautuu öljypohjaisesta taloudesta. Yhdysvallat ja Venäjä pyrkivät kuitenkin ylläpitämään fossiiliseen energiaan perustuvaa taloutta ja lisäämään myös vaikutusvaltaansa. Sähkönkulutus kasvaa kuitenkin myös Yhdysvalloissa tuuli- ja aurinkovoimaan tehtyihin investointeihin nojaten.

Kiina pyrkii fossiiliriippuvuudesta eroon uusiutuvan energian avulla. Vuoden 2024 aikana Kiinaan asennettiin enemmän tuulivoimaa kuin yhteensä koko muuhun maailmaan. Intia seuraa Kiinan esimerkkiä, kuten myös EU.

Venäjän hyökkäys Ukrainaan on pitkälti irrottanut Euroopan energia-riippuvuudesta Venäjästä, mutta samalla riippuvuus Yhdysvalloista on kasvanut. Vuonna 2025 tuuli- ja aurinkoenergia ohittivat EU:n sähköntuotannossa fossiiliset polttoaineet, mikä osoittaa energiamurroksen etenevän nopeasti.

Vuonna 2026 Yhdysvaltojen ja Iranin välinen sota sekä Hormuzin salmen sulkeminen aiheuttivat EU:lle jo viiden ensimmäisen viikon aikana arviolta 25 miljardin euron kustannukset. Samalla summalla olisi voitu investoida uusiutuvaan energiaan määrä, joka vastaa yli 4 000:ta kuuden megawatin (MW) tuuliturbiinia. Näiden yhteenlaskettu sähköntuotanto olisi ollut karkeasti noin 76 terawattituntia (TWh) vuodessa. Vuoden 2025 Saksan keskimääräisellä sähkön hinnalla tuotannon arvo olisi ollut noin 6,8 miljardia euroa vuodessa.

Näin merkittävä lisäys sähköntuotantoon olisi laskenut Euroopan sähkön keskihintaa sekä vähentänyt riippuvuutta kaasusta ja öljystä. Nopeampi ja ennakoiva irtautuminen fossiilisista polttoaineista vahvistaisi EU:n kilpailukykyä tarjoamalla teollisuudelle ja kotitalouksille edullisempaa energiaa. Samalla se pienentäisi öljyyn ja kaasuun liittyvän geopoliittisen valtapelin riskejä sekä vähentäisi lannoitteiden saatavuuteen ja hintoihin kohdistuvia häiriöitä.

LUT-yliopiston professorin Christian Breyerin tutkimusryhmän mukaan Suomessa teollisuuden siirtyessä puhtaaseen sähköön tulee kasvattaa sähkön kysynnän noin kolminkertaiseksi. Jos Suomi hyödyntäisi kaiken sähkön pohjautuvan vientipotentiaalin, sähkönkulutus voi kasvaa siitä vielä siitä kaksinkertaiseksi.

Suomella on erityinen etu sähköntuotannon investointien kilpailussa: valtavasti maata suhteessa väestöön. Fossiilivapaiden tuotteiden valmistuksen kasvunäkymiä edistävät myös Euroopan halvin sähkön hinta, vahva

sähköverkko, sellutehtaiden biogeeninen hiilidioksidi ja luotettava luvitusjärjestelmä.

Sellutehtaiden tuottaman hiilidioksidin ja edullisen sähkön yhdistelmä luo Suomelle kilpailuedun synteettisten (Renewable Fuels of Non-Biological Origin, RFNBO) polttoaineiden ja fossiilivapaiden kemianteollisuuden tuotteiden valmistamiseen sekä teknologiateollisuuden viennille.

EU:ssa tuotetusta biogeenisestä hiilidioksidista 54 prosenttia syntyy sellutehtaiden tuotannossa Suomessa ja Ruotsissa. Tarjolla on mahdollisuus kasvuun, mutta myös geopoliittista valtaa, kun e-metanolista tulee polttoaineiden ja kemianteollisuuden tuotteiden pääraaka-aine.

Kiirehtiä pitää, koska Kiinakin kiirehtii

Sähköä ei ole mahdollista siirtää pohjoisesta etelämmäksi siinä määrin, mitä teollisuuden kasvava kysyntä Euroopassa vaatii. Myöskään vedyn kuljettaminen ei ole taloudellista. Tämän seurauksena sähkö jalostetaan polttoaineiksi tai kemianteollisuuden raaka-aineiksi ja lopputuotteiksi Suomessa ja Ruotsissa.

Fossiilivapaiden kemikaalien kysyntä tulee kasvamaan niin nopeasti, ettei Suomi pysty vastaamaan kysyntään. Uusiutuvalla sähköllä saadaan uudistettua myös teräs- ja lannoiteteollisuus. Fossiilivapaasta teräksestä maksetaan markkinoilla jopa 30 prosenttia enemmän kuin fossiilisilla polttoaineilla valmistetusta kilpailevasta tuotteesta.

Teollisuuden irtautuminen fossiilisista raaka-aineista ja polttoaineista johtaa noin 20 prosentin päästövähennyksiin Suomessa. Siirtymän avulla poistetaan Suomen riippuvuus fossiilienergian tuonnista, saavutetaan oma-varaisuus ja kestävä kasvu. Vaihtotase voi kääntyä kymmeniä miljardeja positiiviseksi.

Suomella on erityinen etu sähköntuotannon investointien kilpailussa: valtavasti maata suhteessa väestöön. Maapinta alaa on Suomessa lähes yhtä paljon kuin Saksassa, mutta väestöä vain seitsemän prosenttia Saksaan verrattuna. Saksassa on jo yli 30 000 tuulivoimalaa – Suomessa noin 2 000.

Siirtymällä on kiire, sillä Kiinakin kiirehtii. Kiinan teollisuus on selvästi edellä EU:ta fossiilivapaan kemian- ja terästeollisuuden osalta. Synteettisen metanolin valmistukseen on rakenteilla ja osin valmiina jo noin miljoonan tonnin kapasiteetti.

Investointien aalto Suomessa on käynnistynyt ja kiihtyy. EK:n mukaan Suomessa valmistui vuonna 2025 yli kahdeksan miljardin euron arvoiset investoinnit vihreään siirtymään. Tämä on seurantahistorian korkein taso. Investoinnit keskittyivät maatuulivoima- ja datakeskusinvestointeihin sekä muutamaan yksittäiseen suureen tehdasteollisuuden hankkeeseen. Vuonna 2025 laitettiin vireille uusia investointeja 24 miljardin euron arvosta.

Sähkö on Suomen kulta

Maailma tarvitsee tulevaisuudessakin terästä, kemikaaleja ja sellua. Ilmastonmuutoksen kannalta viisainta on valmistaa nämä tuotteet sellaisissa maissa, missä haittoja syntyy vähemmän kuin muualla. Sähköistyvän suurteollisuuden uusi kasvu voi vyöryä Suomeen, jos valtio onnistuu sen mahdollistamisessa.

2. Vety sähköistää kemianteollisuuden

Laajan tuoteskaalansa ansiosta kemianteollisuus on taloudellisesti erittäin merkittävä teollisuudenala sekä Suomelle että Euroopalle. EU on maailman suurin kemikaalien viejä ja toiseksi suurin kemikaalien valmistaja. Kemianteollisuus on EU:n toiseksi suurin vientiala ja vastaa noin 20 prosenttia EU:n viennistä. Suomessa kemianteollisuuden osuus viennistä on myös viidenneksen ja se on maamme suurin vientiala. Suomessa toimivien kemian alan yritysten koko vaihtelee pienistä ja keskisuurista yrityksistä maamme suurimpiin yrityksiin. Fossiilivapaiden kemikaalien, polttoaineiden ja materiaalien kotimainen tuotanto mahdollistaisi viennin kasvattamisen kemianteollisuuden lisäksi myös teknologiateollisuudessa.

Taulukko 1: Suomessa toimivia kemianteollisuuden yrityksiä sekä niiden tärkeimpiä lopputuotteita

Neste	Polttoaineet, autokemikaalit, teollisuuden raaka-aineet
St1	Polttoaineet, lämmitysöljyt
Borealis	Muovit, peruskemikaalit, katalyytit
Kiilto	Rakennus- ja teollisuusliimat, pesuaineet
Bakelite	Liimat, hartsit
Kemira	Teollisuuskemikaalit, liimat
Yara	Lannoitteet

Kemianteollisuus on valmistavan teollisuuden kulmakivi. Fossiilivapaaksi siirtyvä kemianteollisuus edistää osaltaan myös monen muun teollisuudenalan irtaantumista fossiilisista raaka-aineista.

Kemianteollisuuden sähköistämisessä kyse on sähkön epäsuorasta käytöstä uusiutuvalla sähköllä tuotetun vedyn avulla. Vedyn tuotanto kemianteollisuuden tarpeisiin on ylivoimaisesti suurin Suomen sähkön käyttöä lisäävä tekijä. Vedyn lisäksi tarvitaan myös muita raaka-aineita, kuten hiiltä ja typpeä.

Kemianteollisuuden hiilivetyperusteisista peruskemikaaleista keskeisiä ovat metanoli ja olefiinit. Metanolilla on käyttökohteita myös sellaisenaan esim. liikennepolttoaineena ja olefiinit ovat muovien tärkein raaka-aine. Metanolista ja olefiineista voidaan valmistaa lopputuotteita, jotka käsittävät

mm. liikennepolttoaineita (kuten bensiini, kerosiini, diesel), muoveja (kuten pakkaukset, kuluttajatuotteet, eristemateriaalit, rakennusmuovit ja tekstiilit) sekä lukuisia kemikaaleja (kuten liimat, liuottimet, maalit, lääkeaineet, jäätymisenestoaineet ja säilöntäaineet). Tyypipohjaisista tuotteista keskeinen on ammoniakki, jota käytetään peruskemikaalina, lannoitteiden raaka-aineena sekä tulevaisuudessa meriliikenteen polttoaineena.

Regulaatio tulee olemaan vahvin ajuri kemianteollisuuden siirtymässä fossiilivapaaksi

Liikennesektorin kiristynvä sääntely Suomessa ja EU:ssa lisää kestävien polttoaineiden kysyntää. Suomen tieliikenteen uusiutuvien polttoaineiden jakeluvaihteen lisävelvoitetta on ollut mahdollista täyttää hiilidioksidipohjaisilla RFNBO-polttoaineilla vuodesta 2025 alkaen. Niiden pakollinen vähimmäisosuusvelvoite tulee voimaan vuonna 2028.

EU:n lentoliikennettä koskeva sääntely asetti sekoitusvelvoitteen kestäville lentopolttoaineille vuonna 2025 ja tähtää siten lentoliikenteen päästöjen vähentämiseen. Sekoitusvelvoitteessa on myös säädetty erillinen lisävelvoite RFNBO-kerosiinille vuodesta 2030 alkaen. Meriliikenteen sääntelyssä on määritelty sektorin päästövähennystavoitteet, mutta se ei aseta sekoitusvelvoitetta kestäville polttoaineille. Uusiutuvaa e-metanolia ja ammoniakkiä pidetään merkittävänä meriliikenteen polttoaineina, joiden avulla päästövähennykset voidaan saavuttaa. Sektorikohtaisten säädösten lisäksi Euroopan unionin päästökauppajärjestelmä (EU ETS) on laajennettu koskemaan myös lento- ja meriliikenteen päästöjä Euroopan alueella vuodesta 2024 lähtien.

Kemianteollisuuden muille tuotteille kuin polttoaineille ei vielä ole vastaavaa sääntelyä kuin liikennesektorilla. Kemianteollisuuden fossiilisten hiilidioksidipäästöjen vähentämistä ohjataan EU:n päästökaupalla, joka on kuitenkin päästövähennyksien saavuttamisen keinojen suhteen neutraali. Yritykset voivat siten toteuttaa vähennyksiin johtavat muutokset joustavasti yrityskohtaisesti parhaalla tavalla.

Kotimainen ja EU-tason sääntely luovat kysyntää varsinkin kestäville liikennepolttoaineille. Erityisesti erilliset alavelvoitteet RFNBO-polttoaineille takaavat markkinat hiilidioksidipohjaisille polttoaineille. Biogeeniselle hiilidioksidille, jota Suomen metsäteollisuus tuottaa suurissa määrin, on siten merkittävää kysyntää. Suomessa riittää RFNBO-polttoaineisiin sopivaa biogeenistä hiilidioksidia. Hiilidioksidin talteenotto muuttaa sellutehtaiden arvottoman jätteen raaka-aineeksi. Ongelmana on, että sen kaappausta ei ole vielä toteutettu sellutehdasympäristön kaupallisessa mittakaavassa.

Mahdollisuus on kuitenkin niin suuri, että sitä kannattaa yrittää. Fossiilivapaan e-metanolin tuotanto sellutehtaiden biogeenisestä

hiilidioksidista mahdollistaisi noin 20 miljardin euron arvoisen uuden tuotannon. E-metanolin jatkojalostus edelleen polttoaineiksi (benssiini, diesel, kerosiini) lisäisi edelleen Suomeen jäävää lisäarvoa.

Taloudellisten hyötyjen lisäksi fossiilivapaiden kemianteollisuuden tuotteiden kotimainen valmistus loisi uusia työpaikkoja ja parantaisi merkittävästi itäisen Suomen elinvoimaa.

Maan kokonaisresilienssiä – huoltovarmuutta, energiaturvallisuutta ja geopoliittisten riskien hallitsemista – voidaan parantaa nojaamalla uusiutuvan energian sekä kestävien kemikaalien, polttoaineiden ja materiaalien tuotantoon fossiilisten polttoaineiden tuonnin sijaan. Kemianteollisuuden irrottaminen fossiilisista poltto- ja raaka-aineista vähentäisi Suomen kokonaispäästöjä noin yhdeksän prosenttia.

Sellutehtaiden hyödyntämättömästä jätteestä kemianteollisuuden arvokasta raaka-ainetta

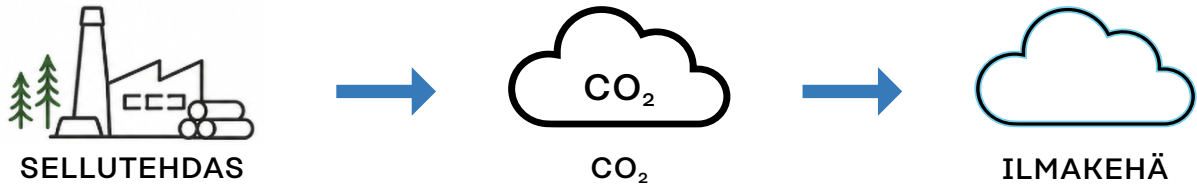
Metsäteollisuuden osuus Suomen viennistä oli vuonna 2024 noin 17 prosenttia. Viennin arvo oli noin 12 miljardia euroa. Samalla kun metsäteollisuuden kärsii alhaisesta kysynnästä, on sellutehtaiden sivuvirrasta, biogeenisestä hiilidioksidista, tulossa haluttu raaka-aine.

Suomessa tuotetaan lähes neljännes EU:n metsäteollisuuden biogeenisestä hiilidioksidista. Se ei kuulu päästökaupan piiriin, vaan menee takaisin ilmakehään savukaasuissa.

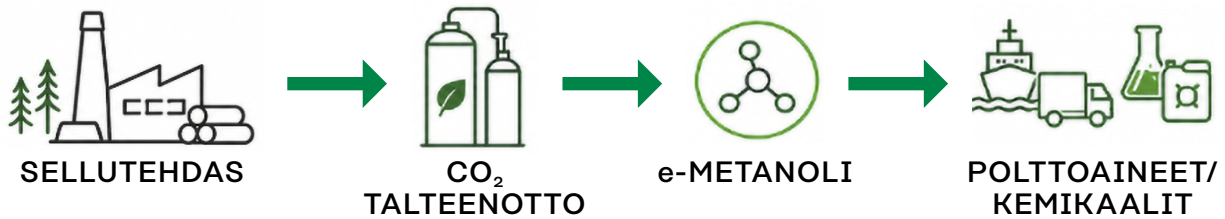
Hiilidioksidin talteenotto tekee sellutehtaiden arvottomasta jätteestä kemianteollisuuden raaka-ainetta. Suomen ja Ruotsin asema EU:ssa on poikkeuksellisen vahva, sillä pohjoismaisen metsäteollisuuden biogeeninen hiili tarjoaa kestävä vaihtoehdon, jota kemianteollisuus tarvitsee (Kemia-lehti 2026).

Kuva 1: Sellutehtaiden biogeenisen hiilidioksidin hyödyntäminen kemianteollisuuden raaka-aineena

NYKYINEN:



TULEVA:



Lähde: LUT-yliopisto

Biogeenisen hiilidioksidin arvoa on perinteisesti arvioitu investoinnin ja kohtuullisen tuoton kautta. Arvo tulee kuitenkin määrittellä osana lopputuotteen arvosta. Kun huomioidaan sähkön ja vedyn kustannusosuus e-metanolista tai e-kerosiinista, lopputuotteen herkkyyden biogeenisen hiilidioksidin hintaan on marginaalinen.

Talteenoton kustannuksen on arvioitu olevan noin 80–100 euroa per hiilidioksiditonni (EUR/tn CO₂). Jos talteenotetun hiilidioksidin myyntihinta on 150–200 EUR/tn, on hiilidioksidin arvo 70–100 EUR/tn. Sellutehdas tuottaa jokaista sellutonna kohden kaksi tonnia hiilidioksidia. Tämä mahdollistaa nykyisin arvottomaksi luullun sivuvirran muuttumisen arvokkaaksi tuotteeksi.

Suomessa syntyy neljäsosa EU:n sellutehtaiden biogeenisestä hiilidioksidista. Tämä on noin 20 miljoonaa tonnia. Pelkän hiilidioksidin myynnin arvo olisi luokkaa 3–4 miljardia euroa.

EU-regulaatio synteettisille (RFNBO) polttoaineille sallii vain biogeenisen hiilidioksidin käytön. Pelkkä hiilidioksidin talteenotto ja myynti voisi luoda uuden kasvualueen.

Polttoaineiden valmistus Suomessa taas kotimaisesta raaka-aineista (sähkö ja biogeeninen hiilidioksidi) mahdollistaa kemianteollisuuden merkittävän kasvun ja kannattavuuden sekä omavaraisuuden. Hiilidioksidin jalostus e-metanoliksi nostaisi vuosittaisen myynnin arvon lähes 20 miljardiin euroon.

3. Puhtaammalla teräksellä kohtuullinen hintalisä

Terästeollisuus on yksi Euroopan teollisen talouden peruspilareista ja keskeinen edellytys rakentamisen, auto- ja koneenrakennuksen, energiajärjestelmien sekä puolustus- ja turvallisuussektorin toiminnalle. EU:n terästeollisuus työllistää arvoketjussaan yli 2,5 miljoonaa ihmistä (suoraan noin 298 000) ja tuottaa noin 177 miljardia euroa vuotuista bruttoarvonlisää; tuotannon arvolla mitattuna ala on Euroopan kolmanneksi suurin teollisuudenala (European Steel Association 2025).

Vuonna 2024 Euroopan unioni toi yhteensä 27,4 miljoonaa tonnia valmiita terästuotteita ja vei 16,7 miljoonaa tonnia. EU on siten selkeä nettotuoja valmiissa terästuotteissa. Tuonti on pitkällä aikavälillä laskenut 2010-luvun puolivälin tasoista, mutta kasvoi hieman vuosina 2023–2024. Vienti on puolestaan supistunut merkittävästi vuodesta 2015 ja pysynyt viime vuosina selvästi tuontia alemmalla tasolla (European Steel Association 2025).

Euroopan terästeollisuus on syvässä rakennemuutoksessa. Euroopan talous- ja sosiaalikomitea (EESC) on arvioinut tilanteen eksistentiaaliseksi kriisiksi, joka uhkaa teollista kapasiteettia, strategista autonomiaa, vihreää siirtymää ja taloudellista turvallisuutta. Vuodesta 2008 alkaen alalta on kadonnut noin 95 000 työpaikkaa (joista 18 000 vuonna 2024), ja globaalin ylikapasiteetin kasvu lisää hintapainetta sekä heikentää eurooppalaisten tuottajien kilpailuasemaa (EESC 2026). Keskeisiä haasteita ovat maailmanlaajuinen ylikapasiteetti, epäreilut kauppakäytännöt, heikentynyt kilpailukyky, korkeat energia- ja maakaasuhinnat sekä hiilivuotoriski (Euroopan komissio 2026).

Ilmastovaikutuksiltaan teräksen tuotanto aiheuttaa globaalisti noin 7–9 prosenttia hiilidioksidipäästöistä, jotka syntyvät pääosin fossiilisista korkealämpöprosesseista, rautamalmin kemiallisesta pelkistyksestä sekä epäsuorasti sähkön ja lämmön tuotannosta. Terästeollisuus on näin ollen yksi suurimmista teollisista päästölähteistä, mutta myös keskeinen sektori, jossa teknologinen murros voi tuottaa suuria ja pysyviä päästövähennyksiä.

Teräksen tuottajana Suomi on keskisuuri toimija EU:ssa. Vuonna 2024 Suomi tuotti lähes kolme prosenttia koko EU:n teräksestä. Suomalaisten teräsyhtiöiden strategiat painottuvat erikoisteräksiin, mutta merkittävä osa kysynnästä kohdistuu edelleen perusteräksiin. Kilpailukykyä pitää siis kehittää molemmissa segmenteissä (työ- ja elinkeinoministeriö 2015).

Suomen terästeollisuus on vahvasti vientivetoinen ja parantaa merkittävästi Suomen kauppatasetta. Terästuotteet ja niihin liittyvät jalosteet

muodostavat keskeisen osan metalliteollisuuden vientiä, ja fossiilivapaan teräksen odotetaan vahvistavan tätä asemaa erityisesti korkean jalostusarvon markkinoilla. (ks. liite 1)

- Ovako (Imatra) on koneenrakennusterästen valmistaja, joka keskittyy kiertotalouteen ja on vahvasti vientivetoinen. Ovako vie 80 % tuotannostaan. (Ovako 2026)
- SSAB toimii Raahessa ja Hämeenlinnassa. Yhtiö on keskeinen fossiilivapaan teräksen kehittäjä (BF–BOF → DRI–EAF). (SSAB 2026)
- Outokumpu on maailman johtavia ruostumattoman teräksen valmistajia, vahvasti vientivetoinen ja kiertotalouteen nojaava (EAF). (Outokumpu 2026)
- Blastr Green Steel on alkuvaiheen toimija, jonka strateginen merkitys liittyy pitkän aikavälin fossiilivapaaseen tuotantokapasiteettiin. Toteutuessaan investointi voisi tuoda 1200 uutta työpaikkaa. (Blastr 2026; Inkoon kunta 2023)

Terästeollisuuden taloudellista painetta lisäävät merkittävät päästökustannukset: Suomen terästeollisuuden hiilidioksidipäästöt ovat yli neljä miljoonaa tonnia vuodessa (noin 7 prosenttia kansallisista päästöistä) ja keskittyvät erityisesti SSAB Raahen tehtaaseen (Oulun yliopisto 2024 ja 2025). Nykyisellä EU ETS -hiilen hinnalla (~83 €/t CO₂) tämä vastaisi noin 330 miljoonan euron vuotuista kustannusta, ja hinnan noustessa 100 €/t kustannus kasvaisi noin 400 miljoonaan euroon, mikä korostaa fossiilivapaan tuotannon taloudellista merkitystä (Euroopan komissio 2026).

Regulaatio ohjaa terästeollisuutta

EU:n päästökauppajärjestelmä on keskeinen terästeollisuutta ohjaava mekanismi. Ilmaisten päästöoikeuksien vähittäinen poistuminen vuoteen 2034 mennessä nostaa fossiilisiin tuotantotapoihin perustuvan teräksen kustannuksia ja vahvistaa vähähiilisten ratkaisujen kilpailuasemaa.

EU ETS:ää täydentävä hiilirajamekanismi (CBAM) ulottaa hiilikustannuksen EU:n ulkopuolelta tuotuun teräkseen vuodesta 2026 alkaen ja vähentää hiilivuodon riskiä. Korkean päästöintensiteetin BF–BOF-teräksen (perinteinen masuuni–happikonvertteriprosessi) tuontikustannukset kasvavat merkittävästi, kun taas sähkökaariuunissa (EAF) valmistettu teräs säilyy suhteellisesti kilpailukykyisempänä.

Hiilen hinnan nousu ja hiilirajamekanismin asteittainen kiristyminen ohjaavat terästeollisuutta kohti vähähiilisiä tuotantoratkaisuja ja korostavat luotettavan päästöraportoinnin merkitystä markkinoille pääsyn ehtona.

Kohti fossiilivapaata terästuotantoa

Fossiilivapaa terästuotanto perustuu fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen sähköllä ja vedyllä. Keskeisin teknologinen ratkaisu on vedyllä toteutettava suora pelkistys yhdistettynä sähkökaariuuniin (H₂-DRI-EAF), jossa rautamalmi pelkistetään uusiutuvalla sähköllä tuotetulla vedyllä. Menetelmä mahdollistaa teräksen tuotannon, jonka hiilidioksidipäästöt ovat merkittävästi alhaisemmat tai parhaimmillaan lähes nollassa.

H₂-DRI-EAF-prosessin kokonaisenergiankulutus on noin 4 500–5 000 kilowattituntia (kWh) terästonnia kohden. Energiankulutus on suurempi kuin romupohjaisessa sähkökaariuunissa, mutta energia on lähes kokonaan sähköpohjaista edellyttäen, että vety tuotetaan elektrolyysillä vähäpäästöisellä sähköllä. Verrattuna perinteiseen masuunituotantoon prosessi mahdollistaa erittäin merkittävät hiilidioksidipäästövähennykset.

Perinteinen masuuni-happikonvertteriprosessi (BF-BOF) on edelleen laajasti käytössä erityisesti perusterästen tuotannossa. Prosessi on kuitenkin erittäin energiantensiivinen (noin 6 000–6 500 kWh/t) ja päästöiltään korkea, sillä hiili toimii sekä energialähteenä että kemiallisena pelkistimenä.

Romupohjainen sähkökaariuuni (EAF) on puolestaan energiatehokas ja vähäpäästöinen tuotantotapa, jonka energiankulutus on tyypillisesti 1 200–1 500 kWh/t. Sen laajamittaista hyödyntämistä rajoittaa kuitenkin laadukkaan teräsromun rajallinen saatavuus.

Lisäksi kehitteillä on vielä hyvin varhaisessa vaiheessa olevia elektrolyyttisiä raudanpelkistysprosesseja, kuten sähkösaostus (electrowinning), joilla voi pitkällä aikavälillä olla merkittävä rooli täysin fossiilivapaan terästuotannon mahdollistamisessa.

Markkina ja asiakkaat

Euroopan teräksen kysyntä painottuu erityisesti rakentamiseen, joka määrittää alan suhdanteita, sekä autoteollisuuteen, jonka osuus on lähes viidenneksen ja jonka teknologinen murros kiristää teräksen laatu- ja toimitusvaatimuksia. Konepajateollisuus, metallituotteet ja putkivalmistus täydentävät kysyntärakennetta, joka on tiiviisti sidoksissa Euroopan talouden rakennemuutokseen ja vihreään siirtymään.

Fossiilivapaan teräksen (Green H₂-DRI-EAF) käyttöönottoon liittyy alkuvaiheessa kustannuspremio, mutta sen vaikutus lopputuotteiden hintoihin on useimmilla sektoreilla rajallinen. Autoteollisuudessa fossiilivapaan teräksen käyttö nostaa ajoneuvon hintaa tyypillisesti alle yksi prosenttia, mikä tekee sektorista keskeisen varhaisen kysynnän ajurin. Rakentamisessa, joka vastaa yli 52 prosenttia globaalista teräksen käytöstä, kustannusvaikutus jää yleensä promilleluokkaan, mutta mahdollistaa

merkittävät materiaalipohjaisten päästöjen vähennykset erityisesti julkisissa ja vähähiilissä hankkeissa.

Laivanrakennuksessa kustannusvaikutus on selvästi suurempi (noin 5–10 %), mikä hidastaa käyttöönottoa, mutta sektorin osuus globaalista teräskysynnästä on vain noin kolme prosenttia. Kokonaisuutena fossiilivapaaan teräksen kustannusrakenne on loppukäyttösektoreille hallittavissa ja tukee sen markkinoille pääsyä ilman merkittäviä kysyntävaikutuksia. Fossiilivapaa teräs näyttyy asiakkaille yhä useammin kilpailukyvyyn ja riskienhallinnan välineenä kiristyvässä sääntely-ympäristössä.

Taulukko 2: Fossiilivapaa terästuotanto ja arvio uusista investoinneista Suomeen

Investointi- kokonaisuus	Kuvaus	Arvioitu mittaluokka / vaikutus
Sähkön- tuotanto ja -kulutus	Fossiilivapaa terästuotanto edellyttää merkittävää uusiutuvan sähkön lisäystä, joka kattaa sekä terästuotannon suoran sähkönkulutuksen että vedyn tuotannon elektrolyysereillä. Tämä koskee sekä nykyisten laitosten siirtymistä fossiilivapaaseen tuotantoon että uusien fossiilivapaiden terästehtaiden sähkötarvetta.	15–16 TWh/a 4,7–5,3 mrd. €
Vedyn tuotantoinvestoinnit	Uusiutuva sähkö jalostetaan vedyksi elektrolyysereillä. Tuotanto sijoittuu tyypillisesti lähelle tuulivoimaa sähkönsiirron pullonkaulojen vähentämiseksi. Vedyn tuotanto on yksi arvoketjun pääomaintensiivisimmistä osista.	Vetypelkistykseen menee yhteensä noin 8,6–9,9 TWh Elektrolyysikapasiteetti noin 1,4–1,5 GW 1,1–1,6 mrd. €
Sähköverkon kehittäminen	Kasvava sähkönkulutus ja hajautettu tuotanto edellyttävät merkittäviä investointeja kantaverkkoon, alueverkkoihin ja teollisuusliityntöihin. Sähköverkon vahvistaminen on edellytys sekä elektrolyysin että teollisen mittakaavan terästuotannon toteutumiselle.	Investointeja siirtoyhteyksiin, teollisuusliityntöihin ja verkon joustoratkaisuihin
Vedyn siirtoinfrastrukturi	Vety siirretään tuotantopaikoilta terästehtaille putkiverkoston kautta. Infrastrukturi muodostaa osan laajempaa kansallista vetytalouden runkoverkkoa.	Investointeja vetyputkistoihin, paineenhallinta- ja mittausjärjestelmiin sekä liityntöihin kehittyvään kaasu- ja vetyverkkoon
Vedyn varastointi	Vedyn tuotanto ja käyttö eivät ole aina ajallisesti synkronissa. Varastointi mahdollistaa joustavan käytön, sähköjärjestelmän tasapainotuksen ja parantaa toimitusvarmuutta.	Investointeja maanalaisiin varastoihin, paineistettuihin säiliöihin ja joustomarkkinoita tukeviin ratkaisuihin
Sähkön ja energian varastointi (akut)	Akkuvarastot ja muut energian varastointiratkaisut tukevat sähköjärjestelmän joustavuutta, tasaavat uusiutuvan tuotannon vaihtelua ja mahdollistavat elektrolyysin joustavan ajon.	Kasvava tarve teollisuusmittakaavan akku- ja hybridivarastoille
Terästuotannon investoinnit (vetypelkistys)	Fossiilinen hiili korvataan vedyllä rautamalmin suorassa pelkistyksessä ja jatkojalostuksessa sähkökaariuneissa. Koskee erityisesti SSAB:n ja Blastr Green Steelin hankkeita.	Blastr Green Steel Inkoo: suunnitteilla noin 4 mrd. € investointi (Inkoon kunta 2023). Työllisyys: Jopa 1 200 työntekijää käyttövaiheessa. Raahan tehtaan uudistus ~1mrd. € (Yle 2025).
Sivuvirtojen hyödyntäminen (eSAF, Power-to-X)	Teräsprosessin hiilipitoisten sivuvirtojen muunto synteettiseksi lentopolttoaineeksi yhteistyössä Outokumpu ja Norsk e-Fuel	80–100 kt eSAF/v, ~200 000 tCO ₂ /v suora päästövähennys ~1,2–1,5 mrd. €

Suuri kokonaisvaikutus Suomelle

Fossiilivapaaseen terästuotantoon siirtyminen muodostaa Suomelle poikkeuksellisen laaja-alaisen ilmasto-, teollisuus- ja kansantaloudellisen vaikutuskokonaisuuden. Toteutuessaan murros voi vähentää Suomen hiilidioksidipäästöjä jopa yli neljä miljoonaa tonnia vuodessa, mikä vastaa noin seitsemää prosenttia kansallisista kasvihuonekaasupäästöistä. Päästövähennykset kohdistuvat suuriin yksittäisiin teollisiin laitoksiin, mikä tekee vaikutuksesta sekä nopeasti toteutuvan että rakenteellisesti merkittävän. Samalla EU:n päästökaupan (EU ETS) alaiset päästöt vähenevät, mikä nykyisellä päästöoikeuden hintatasolla merkitsee satojen miljoonien eurojen vuotuista kustannussäästöä ja parantaa teollisten toimijoiden kannattavuutta ja investointikykyä.

Siirtymä fossiilivapaaseen terästuotantoon kasvattaa merkittävästi sähkönkulutusta ja edellyttää useiden miljardien eurojen investointeja uusiutuvaan sähköntuotantoon, sähkö- ja siirtoverkkoihin, vedyn tuotantoon ja infrastruktuuriin sekä energian varastointiin. Suomen kilpailukykyinen sähkön hintataso ja hyvä sähkön saatavuus Euroopan mitta-kaavassa ovat keskeinen edellytys näiden sähköintensiivisten investointien toteutumiselle. Investoinnit vahvistavat energia- ja teollisuusjärjestelmän kokonaiskestävyyttä ja luovat laajaa kysyntää kotimaisille infrastruktuuri-, teknologia- ja palvelutoimittajille.

Kehitystä konkretisoi Blastr Green Steelin Inkooseen suunnittelema noin neljän miljardin euron fossiilivapaan teräksen tehdasinvestointi, jonka käyttövaiheen työllisyysvaikutuksen arvioidaan olevan jopa noin 1 200 henkilöä. Täysimääräinen kansantaloudellinen vaikutus edellyttää kuitenkin myös sitä, että Suomessa jo toimivat terästehtaat – jotka työllistävät suoraan yli 6 600 henkilöä ja muodostavat valtaosan tuotantovolyymista ja päästöistä – siirtyvät vaiheittain fossiilittomiin tuotantoprosesseihin. Olemassa olevan tuotantokapasiteetin modernisointi on siten ratkaisevaa sekä päästövähennysten että teollisen jatkuvuuden kannalta.

Vientitalouden näkökulmasta fossiilivapaa teräs vahvistaa Suomen asemaa korkean jalostusarvon ja vähähiilisten tuotteiden markkinoilla, joilla päästöintensiteetti on yhä keskeisempi kilpailutekijä. Lisäksi Suomen terästeollisuuden vahva erikoistuminen korkean jalostusarvon erikoisteräksiin pienentää altistumista perusraaka-aineiden voimakkaalle hintakilpailulle ja tukee kilpailuedun säilymistä siirtymävaiheessa. Terästeollisuus on jo nyt vahvasti vientivetoinen, ja fossiilivapaa tuotanto tukee viennin arvon kasvua, markkinoille pääsyä sekä Suomen kauppataaseen vahvistamista. Samalla altistuminen EU ETS:n kustannusvaihtelulle ja hiilirajamekanismin (CBAM) epäsuorille vaikutuksille pienenee, mikä parantaa investointien ennakoitavuutta ja pitkän aikavälin kannattavuutta.

Kokonaisuutena fossiilivapaa terästuotanto lisää Suomen huoltovarmuutta, teollista resilienssiä ja strategista autonomiaa vahvistamalla kotimaista perusmateriaalituotantoa ja vähentämällä riippuvuutta korkean päästöintensiteetin tuonnista. Samalla se tukee hyvinvointia luovaa kasvua yhdistämällä ilmastohyödyt, teollisen kilpailukyvyn ja kansantaloudelliset vaikutukset.

Mahdollisuuksia ja riskejä

Fossiilivapaan terästuotannon murrosta ohjaavat EU:ssa kiristynvä ilmasto- ja ympäristöpolitiikka, erityisesti päästökauppajärjestelmä (EU ETS), sekä terästuotannon teknologinen sähköistyminen. Suomen asemaa vahvistavat Euroopan mittakaavassa kilpailukykyinen sähkön hintataso, merkittävä uusiutuvan sähkön lisärakentamispotentiaali sekä kotimaisten teräsyhtiöiden strateginen painotus korkean jalostusarvon erikoisteräksiin, joissa hintapaine on perusteräksiä maltillisempi. Nämä tekijät luovat Suomelle suhteellista etua tilanteessa, jossa fossiilivapaat tuotantoteknologiat ovat yhä sähkö- ja pääomaintensiivisempiä.

Eurooppalainen terästeollisuus on samanaikaisesti syvässä rakennemuutoksessa, jota leimaavat korkeat energiahinnat, investointipaineet ja kiristynvä sääntely. Tässä toimintaympäristössä Suomen alhainen sähkön hinta muodostaa keskeisen rakenteellisen kilpailuedun ja parantaa sähköintensiivisten fossiilittomien terästuotantoinvestointien toteuttamiskelpoisuutta Suomessa.

Laajamittainen siirtymä fossiilivapaaseen terästuotantoon edellyttää kuitenkin merkittävää riskienhallintaa. Keskeisiä haasteita ovat globaali ylikapasiteetti ja epäreilut kauppakäytännöt, hiilivuotoriski, Euroopan korkea energiahintataso sekä sähköjärjestelmän ja siirtoverkon riittävyys ja ajoitus. Lisäksi suurten teollisten investointien taloudelliset ja teknologiset riskit korostavat julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyön tarvetta.

Työllisyys- ja aluevaikutuksiltaan fossiilivapaa terästuotanto vahvistaa Suomen teollista perustaa ja alueellista elinvoimaa. Uudet investoinnit, kuten Blastr Green Steelin suunnittelema tehdas, voivat luoda merkittävää uutta työllisyyttä ja tukea pitkäjänteistä teollista kehitystä erityisesti teollisilla paikkakunnilla.

Kokonaisuutena terästeollisuus on kriittinen toimiala myös kansallisen turvallisuuden ja huoltovarmuuden näkökulmasta. Kotimainen fossiilivapaa terästuotanto vahvistaa teollista resilienssiä, vähentää riippuvuutta korkean päästöintensiteetin tuonnista ja tukee Euroopan ja Suomen strategista autonomiaa geopolittisten ja kauppapoliittisten jännitteiden kasvaessa. (European Steel Association 2025; Metallinjalostajat ry 2025)

4. Solumaatalous – sähköravinnontuotannon raaka-aineena

Solumaatalous luo kokonaan uuden, korkean jalostusarvon teollisuudenhaaran, jossa proteiini valmistetaan hyödyntämällä sähköä, vettä ja hiilidioksidia ilman maatalouden vaatimuksia. Tämä mahdollistaa teollisen proteiinituotannon, joka ei ole sidottu peltopinta-alaan, sääoloihin tai globaaleihin raaka-ainemarkkinoihin.

Luonnonvarakeskuksen (Jansik ym. 2024) arvion mukaan solumaatalouden kokonaispotentiaali voi Suomessa nousta noin 500 miljoonaan euroon uusina arvoketjuina.

Esimerkiksi Lappeenrantaan suunnitellut teollisen tuotannon uudet tuotantolaitokset muodostavat toisiaan täydentävän kokonaisuuden. Tehtaiden tuotannon odotetaan vaiheittain nostavan kotimaista arvonlisää: ensimmäinen teollinen yksikkö tuottaa arviolta 164 miljoonan euron lisäarvon, kahden tehtaan yhdistelmä 382 miljoonaa euroa ja kolmen tehtaan muodostama kokonaisuus 600 miljoonaa euroa.

Hankkeella on myös huomattava työllisyysvaikutus. Rakennus- ja käyttöönottovaiheiden työllisyysvaikutus on arvioitu nousevan noin 2 090 työpaikkaan, sisältäen projektinhallinnan, laiteasennukset, rakentamisen ja käyttöönoton työtehtävät. Pysyviä työpaikkoja syntyy noin 1 010. Näistä suurin osa sijoittuu tuotannon operaattorirooleihin ja niiden esimiestehtäviin, mutta myös laadunhallinta, kunnossapito ja johtotehtävät muodostavat merkittävän osan työvoimasta.

Solumaatalous hyötyy useista samansuuntaisista globaaleista kehityskuluista: paine vähäpäästöisiin ratkaisuihin kasvaa nopeasti ja sähköllä tuotettu proteiini tarjoaa erittäin pienen ilmastovaikutuksen verrattuna perinteiseen maatalouteen. Kasvava huoli ruokaturvasta ja toimitusketjujen riskeistä lisää kiinnostusta tuotantotapoihin, jotka eivät ole riippuvaisia ilmastosta tai geopoliittisista tekijöistä. Suomen osalta sähköpohjaisen tuotannon skaalautuminen on linjassa energiaomavaraisuuden ja puhtaan sähkön tuotannon kasvun kanssa.

Solumaatalous parantaa myös taloudellista ja yhteiskunnallista resilienssiä, koska proteiinin saatavuus voidaan varmistaa tilanteissa, joissa perinteinen ruokaketju kohtaa häiriöitä. Tuotantoprosessin riippumattomuus perinteisistä panoksista tukee Suomen energia- ja huoltovarmuustavoitteita sekä uudistaa Suomen talouden rakennetta.

5. Kotimarkkinan synnyttäminen luo pohjan teknologiaviennille

Suomen vetyklusteri on arvioinut teknologiateollisuuden vetylaitteistojen vientipotentiaalin olevan jopa 40 miljardia euroa vuodessa.

Tämän potentiaalin toteutuminen edellyttää kuitenkin kotimarkkinan syntymistä. Ensimmäiset investoinnit eivät synnytä pelkästään uutta tuotantoa, vaan koko PtX-arvoketjuja (power-to-X), joihin kytkeytyy laajasti teknologiatoimittajia, suunnittelua, automaatiota, sähköjärjestelmiä, materiaaliratkaisuja sekä kunnossapito- ja logistiikkapalveluja.

Kotimarkkina toimii tässä kehityksessä referenssiympäristönä, jossa teknologiat voidaan pilotoida, integroida teollisiin prosesseihin ja skaalata kilpailukykyiseksi vientiliiketoiminnaksi. Samalla PtX-arvoketjut avaavat mahdollisuuksia laajalle alihankinta- ja teknologiatoimittajien verkostolle, mikä vahvistaa suomalaisen teknologiateollisuuden roolia vetytalouden kansainvälisessä kehityksessä.

6. Moderni sähköjärjestelmä luo teollisuuden kilpailukyvyn

Sähkön tuotantoteknologioiden osalta on tapahtunut valtava muutos, kun uusiutuvat energialähteet, tuuli- ja aurinkovoima, ovat tulleet edullisimmiksi tavoiksi tuottaa sähköä. Samaan aikaan ydinvoiman kilpailukyky on merkittävästi heikentynyt. Akkuteknologia kehittyy kovaa vauhtia ja luo lisää mahdollisuuksia sähkön kulutuksen ja tuotannon tasapainottamiseen, erityisesti lyhytaikaisten vaihteluiden hallintaan. Kun teollisuus irtautuu fossiilista polttoaineista ja raaka-aineista sähköistämällä prosesseja suoraan tai epäsuoraan vedyn avulla, sähkön hinnan merkitys Suomen valmistavan teollisuuden kansainväliselle kilpailukyvyllä on merkittävästi suurempi kuin nyt. Suomella on erinomainen kilpailuasema erityisesti maatuulivoimassa. Sitä tukee myös vahva suomalainen sähkön kantaverkko.

Taloustieteen oppien mukaisesti organisoituihin markkinoihin ja hajautettuun päätöksentekoon perustuvassa järjestelmässä toimijoiden välinen kilpailu tuottaa yhteiskunnan kannalta tehokkaat ratkaisut. Sähkömarkkinat ovat ohjanneet tehokkaasti Suomen sähköjärjestelmän perustavanlaatuisen muutoksen, jossa hiilidioksidipäästöt ovat laskeneet 80 prosenttia, toimitusvarmuus on säilynyt hyvänä ja sähkön hinnat ovat Euroopan alhaisimpien tasolla. Sähkön tuotannon hiilidioksidipäästöjen laskun takana on päästökauppajärjestelmä, joka tuo kasvihuonepäästöjen ulkoisvaikutukset tehokkaasti markkinoiden hinnanmuodostukseen. Seuraavassa vaiheessa päästökauppa ohjaa sähköä käyttävän teollisuuden päästöjen vähentämiseen, kun päästöoikeuksien ilmaisjako päättyy ensi vuosikymmenen alkupuolella.

Vaihtelevan uusiutuvan tuotannon (tuuli- ja aurinkovoima) yleistymisen on nähty uhkana sähköjärjestelmän tehotasapainolle. Uusiutuva tuotanto ja sitä hyödyntävä uusi teollisuus ovat kuitenkin integroitavissa Suomen sähköjärjestelmään nykyteknologialla kustannustehokkaasti. Täysin uusiutuvalla energialla on mahdollista tehdä myös tasaista perusvoimaa kilpailukykyiseen hintaan. Uusiutuvaa energiaa voidaan rakentaa nopeasti ja skaalautuvasti, jolloin se on erinomainen ratkaisu uudelle energia-intensiiviselle teollisuudelle.

Biopohjaisella energialla on edelleen rooli Suomen energiajärjestelmässä, mutta sen suhteellinen osuus pienenee uusituvan tuulivoiman ja aurinkoenergian nopean kasvun myötä.

Nyt tuulivoiman tuotanto on keskittynyt läntiseen Suomeen. Tämän takia sähkön hinta riippuu melko pienen alueen tuulisuudesta. Tilannetta helpottaisi huomattavasti, jos tuulivoimaa voisi rakentaa myös itäiseen Suomeen. Tuulivoiman hajauttaminen parantaisi toimitusvarmuutta, kun ei oltaisi pelkästään läntisen Suomen tuulien varassa. Hajauttaminen helpottaisi myös kantaverkon kehittämistä ja sähköjärjestelmän operointia. Hajautetussa mallissa tuulivoiman tuottajat eivät altistuisi samalla tavalla hintakannibalisaatiolle kuin tänään, mikä pienentäisi sähköntuottajien riskejä.

Sähkön tuotannon voimakkaan säariippuvuuden takia sähkön riittävyys voi olla uhattuna erityisesti pitkään jatkuvissa kylmissä ja tuulettomissa talviolosuhteissa. Tällöin myös poikkeuksellisen korkeat hinnat ovat mahdollisia. Tämä haastaa sähköjärjestelmän hyväksyttävyyttä ja Suomen maanetta teollisuuden investointikohteena. Korkeiden hintojen aiheuttama poliittinen paine puuttua markkinoiden toimintaan kasvaa niukkuustilanteissa. Tämä voi johtaa hätiköityihin ratkaisuihin, jotka vaarantavat pitkän aikavälin kehitystä. Sähköjärjestelmän perinteiset riskit, kuten vikaantumiset suurissa ydinvoimalaitoksissa tai merkittävässä siirtoyhteyksissä, ovat edelleen relevantteja. Myös ne voivat aiheuttaa sähkön riittävyysongelmia ja poikkeuksellisen korkeita hintoja ja johtaa poliittisiin toimenpiteisiin. Menneinä vuosina näitä riskejä hallittiin fossiilisiin polttoaineisiin perustuvalla lauhdevoimalla. Enää tällaista tuotantoa ei ole. Nykyaikainen ratkaisu ongelmaan ovat fossiilittomilla polttoaineilla toimivat moottorivoimalat, joiden avulla voidaan parantaa sähköjärjestelmän häiriönsietokykyä. Poikkeavien tilanteiden harvinaisuuden takia moottorivoimalat tarvitsevat ainakin alkuvaiheessa investointitukea. Toisaalta tämän lisäksi ei enää tarvittaisi erillisiä teho- tai huoltovarmuusreservejä, jolloin näiden kustannukset jäisivät yhteiskunnalta pois. Moottorivoimalat mahdollistaisivat myös poikkeustilanteiden saarekekäytöt ja parantaisivat näin alueellista toimitusvarmuutta.

Teollisuuden, liikenteen ja lämmityksen sähköistäminen johtavat sähköjärjestelmän perustavanlaatuisen muutokseen. Erityisesti teollisuuden sähkön tarpeen kasvu voi kasvattaa Suomen sähkönkulutuksen moninkertaiseksi nykyisestä. Pääosa tästä kulutuksesta on elektrolyysiin perustuvaa vedyn tuotantoa teollisuuden tarpeisiin. Kun teollisuus oppii hyödyntämään paremmin vaihtelevan tuulivoiman tuotannon, se luo tarvittavaa joustoa sähkön kysyntään.

Sähköjärjestelmän näkökulmasta iso kysymys on koko vetyinfrastruktuurin kyky tuottaa joustoa sähköjärjestelmään (suuret vetyvarastot) sekä vedyn loppukäytön joustavuus ja varastoitavuus tulevaisuudessa. Lämmityksen osalta lämpöakut sekä kaukolämpöjärjestelmään ja lämpövarastoihin liitetyt lämpöpumpit ja sähkökattilat joustavat sähkön hinnan mukaan. Sähkölämmitys joustaa myös kotitalouksien tasolla. Sähköjärjestelmän toimitusvarmuus paranee, kun toimijat kehittävät toimintansa joustavuutta markkinaehtoisesti sähkön hinnan mukaisesti.

Suomen sähköverkot ovat nykyisellään hyvässä kunnossa. Yhteiskunnan sähköistyminen vaatii kuitenkin sähköverkkojen kehittämistä uudelle tasolle, jotta ne voivat vastata tulevaisuuden asettamiin uusiin haasteisiin. Teollisuuden valtavan sähköntarpeen takia sähkön tuotanto ja teollisuuden sähkön käyttö tulisi sijoittaa lähelle toisiaan. Vetyinfrastruktuuri (vedyn siirto ja varastot) tulee suunnitella osana teollisuuden kokonaisratkaisua.

Datakeskukset integroitava osaksi sähköjärjestelmää

Eri kehitysvaiheissa olevien suunniteltujen datakeskusinvestointien kokonaismäärä on 3,4 gigawattia (GW) (Ramboll 2025). Ajureina tässä ovat nopea liitettävyyys Suomen kantaverkkoon, edullinen uusiutuva energia, hukkalämmön hyödyntämismahdollisuudet sekä vakaa yhteiskunta.

Datakeskukset tuovat järjestelmään suuria määriä joustamatonta kuluusta. Ilman lisätoimenpiteitä tällainen kuormitus ei ole yhteensopivaa sään mukaan vaihtelevan uusiutuvan tuotannon (tuuli- ja aurinkovoima) kanssa. Uhkana on, että tuulettomina hetkinä sähkön huippuhinnat nousevat erittäin korkeiksi (Valtioneuvosto 2025).

Vakiotehoista datakeskuskuormitusta on mahdollista ajaa täysin uusiutuvalla tuotannolla jopa sähköverkon ulkopuolella (off-grid) kilpailukykyisillä kustannuksilla (Salmi ym. 2025). Tällainen sijoittuminen esimerkiksi tuulipuiston yhteyteen mahdollistaisi myös nopean etenemisen, kun sähköverkkoliityntää ei tarvita. Järjestelmän näkökulmasta ratkaisu vähentäisi verkon pullonkauloja. Tällöin tuotantokapasiteettia joudutaan kuitenkin rankasti ylivoimittamaan, joten kustannustehokkaampi vaihtoehto on kytkeytyä sähköverkkoon. Tuulivoimalan yhteyteen rakennettavan datakeskuksen hukkalämmön hyödyntämismahdollisuudet olisivat myös heikommat, kun alueella ei todennäköisesti olisi olemassa olevaa kaukolämpöverkkoa. Nykyisen kaukolämpöverkon alueelle sijoittuva datakeskus saattaa aiheuttaa pullonkauloja sähköverkkoon, etenkin kun samaan aikaan samoille alueille tulee paljon muutakin uutta sähkönkulutusta, kuten sähkökattiloita ja sähköisen liikenteen latausasemia.

Datakeskuksissa on kuitenkin merkittävästi varasyöttökapasiteettia, jota voitaisiin käyttää sähköverkon tukena. UPS-laitteistojen akustoja voidaan käyttää verkon lyhytaikaiseen taajuustukeen (Alaperä ym. 2018), invertterit kykenisivät tuottamaan jännitetukea sähköverkolle (jos tätä niiltä edellytetään), ja varavoimageneraattoreita olisi mahdollista ja kannattavaa käyttää verkon tukena esimerkiksi hinnan noustessa riittävän korkealle. Varavoimageneraattoreiden kohdalla tulee suunnitella polttoainelogistiikka ja ympäristölupaehdot siten, että ne mahdollistavat tarvittaessa pidempi-ajaisen käytön. Datakeskusten liittäminen sähköjärjestelmään edellyttää

kuitenkin uudenlaista ajattelua. Niiden varavoimaa ei esimerkiksi ole suunniteltu normaaliin sähköntuotantoon. Mikäli datakeskusten varavoima saadaan tukemaan energiajärjestelmän toimintaa, voi ongelma kääntyä mahdollisuudeksi.

Pääministerin asettama selvityshenkilö suositteli seuraavia toimenpiteitä datakeskusten integroimiseksi Suomen sähköjärjestelmään (Valtioneuvosto 2025):

- Luodaan Suomeen fossiilitoman jouston järjestelmä, jolla hallitaan sähköverkon niukkuustilanteita ja hintapiikkejä.
- Mahdollistetaan tuulivoiman rakentaminen myöskin Itä-Suomeen.

Sähköjärjestelmän resilienssi varmistaa sähkönsaantavuuden

Toimivan, talouskasvun mahdollistavan ja turvallisen yhteiskunnan perusta on kestävä ja joustava eli resilientti energiajärjestelmä. Energiajärjestelmässä näkyvät poikkeustilanteet vaikuttavat suoraan ja välillisesti, välittömästi ja viiveellä kaikkiin yhteiskunnan kriittisiin perustoimintoihin kuten terveydenhuoltoon, vesihuoltoon, viestintään, elintarvikehuoltoon, turvallisuuden sekä logistiikkaan ja näitä toteuttaviin palveluihin.

Sähköjärjestelmän toimintavarmuutta uhkaavat monet tekijät. Luonnonilmiöistä myrskyt voivat vaikuttaa sähköverkon toimintaan, äärimmäisen kylmä sää nostaa kysynnän huippuun, kun taas tuulettomuus ja kuivuus heikentävät energiantuotantomahdollisuuksia puhumattakaan tahallisesta vahingonteosta.

Myös sähköjärjestelmä itsessään muuttuu, jolloin esimerkiksi vähentynyt värähtelyjä vaimentava inertia ja lisääntynyt tehoelektroniikka voivat synnyttää uudenlaisia haasteita järjestelmälle.

Geopoliittiset jännitteet voivat puolestaan aiheuttaa haasteita teknologian ja polttoaineiden toimitusketjuihin. Kyberturvallisuutta uhkaavat mm. valtiollisten toimijoiden mahdolliset hyökkäykset. Infrastruktuurin kehittämisen mahdollistava sääntely ja investointiympäristö puolestaan luodaan poliittisilla päätöksillä kotimaassa ja Euroopassa.

Kansallisten huoltovarmuustoimijoiden lisäksi yrityksillä on merkittävä rooli kriisitilanteisiin varautumisessa. Tehokas varautuminen erityisesti yhteistyön, harjoittelun ja kyberturvallisuuden kautta parantaa sekä yhteiskunnan toimintavarmuutta että yritysten kilpailukykyä. Suomen kriittisestä infrastruktuurista 60–80 prosenttia on yksityisten yritysten hallussa, ja toisaalta yritysten toimintakyky riippuu merkittävästi kriittisen infrastruktuurin toiminnasta.

Mahdollisessa kriisitilanteessa oleellista on, että niukkoja resursseja käytetään säästävaisesti, toisin sanoen priorisoidaan ja joustetaan energiankäytössä, kun tekninen vika, luonnonilmiö tai ulkoinen hyökkäys estää järjestelmän normaalin toiminnan.

Samanaista joustoa tarvitaan myös normaaliarjessa päivittäisessä tehotasapainon hallinnassa, kun energiantuotanto perustuu suurelta osin säätilasta riippuvaan tuotantoon ja varastointikykyä on toistaiseksi niukasti.

Resurssitehokkuuden näkökulmasta on järkevää kehittää päivittäin käytävistä joustoratkaisuista sellaisia, että niitä voidaan hyödyntää myös poikkeustilanteissa. Erillisten ratkaisujen kehittäminen eri tarpeisiin ei ole kustannustehokasta.

Tuulivoimavaltaisen energiantuotannon maantieteellinen hajauttaminen vähentää sähköverkossa ilmeneviä pullonkauloja ja sähkömarkkinoilla näkyvää kannibalisaatioilmiötä sekä kasvattaa resilienssiä. Sektori-integraation, kuten sähkö- ja lämpöintegraatio, vedyn valmistus ja siitä valmistettävien jatkojalosteiden kasvattavat mahdollisuuksia puhtaana sähköntuotannon käyttöönotolle, kestäväälle talouskasvulle ja koko yhteiskunnan energiamavaraisuudelle. Samalla järjestelmä kuitenkin monimutkaistuu eikä kaikkia resilienssiä mahdollisesti vaarantavia järjestelmien välisiä riippuvuustekijöitä vielä pystytä tunnistamaan.

Suomessa on kaikki edellytykset hyödyntää ratkaisuja, jotka mahdollistavat kulutuksen ja tuotannon automaattisen tasapainottamisen sekä normaalioloissa että kriisien aikana. Varautuminen ja priorisointi ovat keskeisiä toimia niin poikkeusoloissa kuin tavallisessa arjessakin. Kun talvella 2022–2023 oli vaarana sähköpula, todettiin, että ainoa keino leikata kuluista tehopulatilanteessa on katkaisijoiden avaaminen jakeluverkon sähköasemilla. Tällä toimenpiteellä saadaan nopeasti ja varmasti leikattua kulutusta siten, että vältytään laajemmalla koko voimajärjestelmän pimentymiseltä (ns. blackoutilta). Tämän yksinkertaisen ratkaisun ongelmana kuitenkin on, että se katkaisee sähköt laajalta alueelta ilman mahdollisuutta kuormien priorisointiin, mikä voi vaarantaa yhteiskunnan turvallisuuden ja toimivuuden laajemmin.

Suomella on poikkeuksellisen hyvät lähtökohdat rakentaa maailman mittakaavassa kestävä ja resilienssiä energiajärjestelmää: runsaat puhtaat energiavarannot, huipputason teknologiaosaaminen ja luotettava yhteiskunta muodostavat vahvan perustan. Kun yhdistämme nämä kyvykkyydet suunnitelmalliseen varautumiseen, moderniin infrastruktuuriin ja nopeaan innovointiin, Suomi voi toimia edelläkävijänä energiajärjestelmän uudistamisessa – ja vahvistaa samalla talouskasvua, huoltovarmuutta ja kestävä tulevaisuutta.

7. Suomi tarvitsee puhtaan teollisuuden strategian

Suomi on tärkeä ja kehittynyt teollisuusmaa. Suomessa osataan perusteollisuuden prosessit. Fossiilivapaa terästuotanto ja kemianteollisuus vahvistavat Suomen alueellista elinvoimaa. Prosessien sähköistäminen avaa suuren vientimarkkinan myös teknologiateollisuudelle. Suomen vetyklusteri on arvioinut vetylaitteistojen vientipotentiaalin vuositasolla jopa 40 miljardin euron arvoiseksi.

Suomen valmistavalla teollisuudella on edessään valtava muutos, joka on toteutettava pääomaintensiivisen teollisuuden näkökulmasta nopealla aikataululla. Suomi tarvitsee muutoksen toteuttamiseksi pitkän aikavälin kansallisen strategian, johon poliittiset puolueet sitoutuvat. Tähtäin on ensi vuosikymmenellä, mutta suunnittelu ja valmistelevat työt on aloitettava nyt. Toteutukseen on luotava optioita, joita voidaan toteuttaa, kun investointiedellytykset selkenevät.

Strategian tekeminen vaatii kokonaisvaltaista suunnittelua, jonka avulla saadaan fossiilittoman teräs- ja kemianteollisuuden arvoketjut tehokkaiksi ja koko energiajärjestelmä kilpailukykyiseksi, kestäväksi ja resiliensiksi.

Suomalaisten suuryritysten tulisi katsoa nykyistä enemmän pitkälle tulevaisuuteen, koska investointisyklit ovat pitkiä. Vaikka regulaatioon ja uusiin teknologioihin liittyy epävarmuuksia, valmistautuminen tulisi aloittaa nyt, jotta ollaan valmiita liikkumaan nopeasti, kun oikea aika koittaa. Päästökaupan ilmaisjaon päättymiseen on alle kymmenen vuotta.

Yksi konkreettisista ongelmista on teollisuusyritysten johdon epäusko Euroopan unionin regulaation toteutumiseen. Tämän takia tarvittavia muutoksia ja investointeja ei teollisuudessa valmistella, vaikka asiakaskysynnän ja regulaation sekä globaalin kilpailun muutos ovat nähtävissä.

Erityisesti kemianteollisuudessa puutteellinen regulaatio lopputuotteiden osalta hidastaa suunnittelua.

Uusiutumisen johtaminen vaatii uudenlaista teollis-taloudellista näkemystä ja sen avulla strategista toteutus suunnitelmaa, jolla muutos saadaan toteutumaan. Täytäntöönpano vaatii toteutuksen selkeää vastuuttamista. Lainsäädännöstä tulee tehdä mahdollistavaa.

Tämä korostaa valtion roolia johtamisessa. Luvitusprosesseja pitää nopeuttaa. Ne eivät vielä kukaan toimi riittävän tehokkaasti. Tärkeää on myös sähkön kulutuksen ja tuotannon ohjaaminen lähelle toisiaan.

Valtio-omisteisten yritysten omistajaohjauksen koordinointi tulee olla osana toteutusta. Valtion rooli infrastruktuurin omistajana on tärkeä

(Fingrid, Gasgrid). Erityisesti vedyn kalliovarastojen rakentaminen tulee osoittaa Gasgridin tehtäväksi. Suuret järjestelmätason vetyvarastot mahdollistavat teollisuuden tasaisen vedyn saannin myös niukkuustilanteissa ja ehkäisevät hintapiikkien syntymistä tuulettomina ajanjaksoina.

Energiajärjestelmän kehittämistä tulee jatkaa kilpailuun ja tehokkaisuuteen markkinoihin perustuen. Yhteiskunnan tuen tulee rajoittua uusien teknologioiden investointitukiin. Sähköjärjestelmän toimitusvarmuus ja häiriön-sietokyky tulee varmistaa. Yhtenä toimenpiteenä on moottorivoimalainvestointien käynnistäminen Suomeen. Tällaiset laitokset tarvitsevat todennäköisesti investointitukea, koska niiden käyttömääriin liittyy suuria epävarmuuksia.

Uuden teollisuuden hyötyjen mittakaava jopa sata miljardia

Uudet suurinvestoinnit luovat uutta työtä teollisuuden, sähköntuotannon ja sähköverkkojen suunnittelijoille, rakentajille, työntekijöille ja kunnossapitäjille. Kilpailukykyisen ja vastuullisesti toimivan teollisuuden työpaikat, mm. Raahan, Tornion, Porin, Imatran, Lappeenrannan ja monilla muilla seuduilla, ovat tärkeitä Suomen kasvuun ja tasapainoiselle kehittämiselle.

Taloudellisen kokonaisvaikutuksen ja työllisyyden arviointi on haasteellista uusien laitosten koko 50 vuoden elinkaaren ajalle. Teollisuuden sähköistämisen suorien ja epäsuorien vaikutusten arvo saattaa kuitenkin kohota pitkällä aikavälillä jopa yli 100 miljardiin euroon.

Maa-ilmasto tarvitsee tulevaisuudessakin terästä, kemikaaleja ja sellua. Ilmastonmuutoksen kannalta viisainta on valmistaa nämä tuotteet sellaisissa maissa, missä haittoja syntyy vähemmän kuin muualla. Sähköistyvällä Suomella on hyvät mahdollisuudet nousta puhtaamman teollisuuden kärkimaiden joukkoon.

Jos tämä onnistuu, Suomi saa vahvemmat resurssit myös talouden tasapainottamiseen, kansalaisten hyvinvoinnin varmistamiseen ja turvallisuudelle välttämättömiin investointeihin. Turvallisuus, taloudellinen hyvinvointi ja ilmastonmuutoksen torjunta kulkevat tasapainossa käsi kädessä.

Teollisuuden sähköistämisen avaimet

- Laaditaan Suomelle vuoteen 2035 ulottuva teollisuusstrategia. Yritykset tekevät investoinnit. Valtion keskeiseksi rooliksi määritellään mahdollistaminen.
- Jatketaan energiajärjestelmän kehittämistä kilpailuun ja tehokkaisuuteen markkinoihin perustuen. Yhteiskunnan tuen tulee rajoittua uusien teknologioiden investointitukiin.

- Varmistetaan suomalaisen maatuulivoiman kilpailukyky tehostamalla lupaprosesseja ja mahdollistamalla maatuulivoimainvestoinnit myös itäiseen Suomeen. Yhdistämällä tiedustelu ja valvonta tuulivoimarakentamiseen voidaan saavuttaa merkittäviä kustannusetuja ja parantaa valvontakykyä myös kriisitilanteissa.
- Edesautetaan ratkaisuja, joilla hallitaan sähköverkon niukkuustilanteita, kuten pitkien pakkasjaksojen aikana syntyviä hintapiikkejä. Tarvittaessa luodaan tähän tehokas tukimekanismi, jolla käynnistetään moottorivoimalainvestoinnit Suomeen.
- Varmistetaan sähköverkkoyhtiöille edellytykset kehittää sähköverkkoja verkkojen kehittämistä tukevalla taloudellisella sääntelyllä ja lupaprosesseja tehostamalla.
- Rakennetaan suomalaista vetyinfrastruktuuria käsi kädessä sähköjärjestelmän kehittämisen kanssa hyödyntäen vedyn varastoitavuus koko energiajärjestelmän toiminnan tukemiseksi. Määrätään vedyn systeemitason kalliovarastojen rakentaminen Gasgridin tehtäväksi.
- Ohjataan kulutusta ja tuotantoa lähelle toisiaan oikeanlaisella kaavoituksella. Teollisuuspuistoja kaavoittamalla luodaan edellytyksiä teollisuuden synergioiden hyödyntämiseen.
- Edesautetaan biogeenisen hiilidioksidin talteenottoa ja syntetisointia edelleen tuotteiksi.
- Toimitaan aktiivisesti Euroopan unionissa, jotta unionin regulaatio tukee teollisuuden modernisointia. Erityisesti kemianteollisuudessa puutteellinen regulaatio lopputuotteiden osalta luo epävarmuutta ja hidastaa suunnittelua. Suomen on tuettava toimivaa Euroopan päästökauppajärjestelmää.

Lähteet:

Alaperä, I., Honkapuro, S. & Paananen, J. (2018). Data centers as a source of dynamic flexibility in smart grids. Applied Energy. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.07.056>

Blastr (2026). Yrityksen verkkosivut. Saatavilla: <https://www.blastr.no/>

Euroopan komissio (2026a). EU Carbon Permits. Saatavilla: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon> (viitattu 5.2.2026)

Euroopan komissio (2026b). EU Steel and Metals Action Plan. Saatavilla: https://single-market-economy.ec.europa.eu/document/download/7807ca8b-10ce-4ee2-9c11-357afe163190_en?filename=Communication%20-%20Steel%20and%20Metals%20Action%20Plan.pdf

European Economic and Social Committee EESC (2026). EESC warns Europe could lose its steel industry without urgent action. Saatavilla: <https://www.eesc.europa.eu/en/news-media/news/eesc-warns-europe-could-lose-its-steel-industry-without-urgent-action>

European Steel Association (2025). European Steel in Figures 2025. Saatavilla: https://www.eurofer.eu/assets/publications/brochures-booklets-and-factsheets/european-steel-in-figures-2025/European-Steel-in-Figures-2025_23062025.pdf

Inkoon kunta (2023). Neljän miljardin euron investointi suunnitteilla Inkooseen. Saatavilla: <https://www.inkoo.fi/2023/01/03/neljan-miljardin-euron-investointi-suunnitteilla-inkooseen/>

Jansik, C., Kaukovirta, A., Knuuttila, M., Kohl, J., Koivisto, A. & Lehtonen, H., (2024). Ruoka-ala kasvuun viennin ja ruokainnovaatioiden vetämänä: Keskustelunavaus ruokasektorin arvonlisän kasvattamiseen. Luonnonvarakeskus (Luke). Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/bitstreams/08ccc895-b8c6-434b-b12e-389b89073592/download>

Kemia-lehti (2026). Suomi istuu suuren hiiliaarten päällä. Saatavilla: <https://kemia-lehti.fi/suomi-istuu-suuren-hiiliaarten-paalla-rakennetaanko-metsateollisuuden-sivutuotteista-kemian-uusi-peruskallio/>

Metallinjalostajat ry (2025). Ylitarjonta uhkaa EU:n terästeollisuutta. Saatavilla: <https://teknologiateollisuus.fi/metallinjalostajat/ylitarjonta-uhkaa-eun-terasteollisuutta/>

Oravuo, J. (2023) Terästehtaan hiilidioksidipäästöselvityksen ja -tiekarttojen päivittäminen. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/816638/Oravuo_Jere.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Oulun yliopisto (2024). Towards Fossil-Free Steel – Final report. Saatavilla: <https://oulurepo oulu.fi/bitstream/handle/10024/58430/nbnfioulu-202509195952.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Oulun yliopisto (2025). Towards Fossil-Free Steel Phase 2 – Final report. Saatavilla: https://www.ffi2.fi/wp-content/uploads/2025/12/FFS2_FinalReport_31122025.1.pdf

Outokumpu (2026). Yrityksen verkkosivut. Saatavilla: <https://www.outokumpu.com>

Ovako (2023). Ovako Imatra mill CO₂ reduction. Saatavilla: <https://www.ovako.com/en/newsevents/stories/imatra-mill-co2-reduction/>

Ovako (2026). Yrityksen verkkosivut. Saatavilla: <https://www.ovako.com/fi/>

Ramboll (2025): Finnish Data Center Market Study and Impact Assessment Report, Final Report 12.09.2025. Saatavilla: <https://www.fdca.fi/wp-content/uploads/2025/10/Maija-Tenhunen-Data-center-market-potential-and-regional-impacts-in-Finland.pdf>

Salmi, J., Salmelin, M., Meriläinen, A., Gardemeister, L., Kosonen, A., Honkapuro, S., Lassila, J., Ahola, J. & Lindfors, A. (2025). Techno-economic feasibility of a renewable baseload power supply for data centers. Submitted manuscript. Saatavilla: <https://ssrn.com/abstract=5398715>

SSAB (2026). Yrityksen verkkosivut. Saatavilla: <https://www.ssab.com/fi-fi>

Työ- ja elinkeinoministeriö (2015). Metallien jalostus Suomessa: nykytila ja tulevaisuuden haasteet. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/a84bf4bf-7e04-4475-bc9b-07a6e0e6c1fc/content>

Valtioneuvosto (2025): Datakeskusten kansallinen tiekartta, Selvityshenkilön raportti, Valtioneuvoston julkaisuja 2025:94. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/server/api/core/bitstreams/908eb6e7-d2c0-4592-99bc-196998db717b/content>

Yle (2025). Suomeen odotettiin vuosia miljardien terästedasta, mutta sitä ei tule. Saatavilla: <https://yle.fi/a/74-20192593>

Liite 1: Suomen terästehtaat ja suunnitellut investoinnit

Tehdas	Keskeiset tuotteet	Brändit / Tuotelajit	Keskeiset asiakassektorit	Teräksen-tuotanto-reitti	Suunnitellut Investoinnit
Ovako Imatra (6, 20, 21)	Pitkät teräsosat: pyörötangot, neliötangot, lattatangot, profiilit, jatkojalostetut tangot, putket, puolivalmiit komponentit, valssilangat	Ovakon brändit: BQ-Steel®, IQ-Steel®, Hybrid Steel®, M-Steel®, SZ-Steel®, WR-Steel®, Cromax®	Konepajateollisuus, laakeriteollisuus, ajoneuvoteollisuus, hydraulikka, ketjut ja nostolaitteet	Sähkökaariuuni (EAF)	Uusiutuvan sähkön käytön maksimointi (100 % fossiilivapaa sähkö). Energiatehokkuusinvestoinnit. Vähähiilisten polttoaineiden käyttöönotto: maakaasun korvaaminen vedyllä teräksen lämmityksessä ennen valssausta (potentiaali vähentää maakaasun käyttöä jopa 50 %). Fossiilivapaa kaukolämpö (2024–2025).
SSAB Raahen (7)	Kuumavalsatut levyt ja kelatuotteet; standardi-, premium- ja erikoisteräkset	SSAB-brändit esim. Strenx®, Hardox®, GreenCoat®, Docol®, Toolox®, jne. (tuoteperheitä)	Rakentaminen, koneet ja laitteet, auto- ja kuljetusteollisuus, painavat rakenteet, teollisuuden erikoissovellukset	Masuuni-konvertteri (BF–BOF)	Raahen terästehtaan vaiheittainen muutos BF–BOF-tuotannosta suorapelkistykseen ja sähkökaariuuneihin perustuvaan fossiilivapaaan terästuotantoon.
Outokumpu Tornio (8)	Ruostumattomat teräslevyt, -nauhat, -kappaleet; kuuma- ja kylmävalssatut kelat	Ruostumattomat terästuotteet (austeniittinen, ferriittinen, martensiittinen, duplex-tyypit) Outokumpu Classic – Moda, Core, Supra	Kodinkoneet, autoteollisuus, rakentaminen, prosessi- ja kemianteollisuus, energia, kuljetuskalusto	Sähkökaariuuni (EAF)	Yhteistyö Norsk eFuelin kanssa (2026): Uuden eSAF-laitoksen käyttöönoton arvioidaan vähentävän Outokumpun suoria päästöjä 200 000 t CO ₂ /vuosi (≈ 20 % Outokumpun globaaleista suorista päästöistä).
Blastr Green Steel Oy (9)	Vähähiilinen / fossiilivapaa teräs		Ajoneuvoteollisuus ja rakennusteollisuus	Suorapelkistys (DRI) + sähkökaariuuni (EAF), vetyyn perustuva	Suunnitteilla integroidun fossiilittoman terästehtaan rakentaminen, jossa rautamalmi pelkistetään uusiutuvaan vetyyn perustuvalla DRI-prosessilla ja teräs valmistetaan sähkökaariuuneissa. Investointikokonaisuus kattaa vedyn tuotannon uusiutuvalla sähköllä, suorapelkistyslaitoksen, EAF-terästehtaan sekä vähähiilisen arvoketjun infrastruktuurin, mahdollistaen lähes nollapäästöisen teräksen tuotannon Euroopassa.

SITRA

SITRAN MUISTIO 15.6.2026

Sitran muistiot ovat tulevaisuustyömme taustaksi
tuotettuja sisältöjä.

ISBN 978-952-347-476-5 (PDF) www.sitra.fi

SITRA.FI

Itämerenkatu 11-13
PL 160
00181 Helsinki
P. +358 294 618 991
LinkedIn @Sitra