



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

21.6.2021

Aamukahvitilaisuus: Ilmastopaneelin sähköistymishankkeen tuloksia

Tervetuloa!



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

Ilmastopaneelin muistio
Lund ym. 2021: *Sähköllä merkittävä rooli Suomen
kasvihuonekaasupäästöjen leikkaamisessa*
Julkaistaan ti 22.6. klo 6

<https://www.ilmastopaneeli.fi/aineistot-ja-raportit/>

Twitter: [@Ilmastopaneeli1](https://twitter.com/Ilmastopaneeli1)

Ohjelma

8.30 – 8.45 **Kokonaiskuva – Sähköistymisen mahdollisuudet Suomessa**

Peter Lund, Ilmastopaneelin varapuheenjohtaja, Aalto-yliopiston teknillisen fysiikan professori

8.45 – 9.00 **Sähköistyminen prosessiteollisuuden CO2-päästöjen vähentämisessä**

Antti Arasto, Ilmastopaneelin jäsen ja VTT:n Vice President, Industrial Energy and Hydrogen

9.00 – 9.15 **Sähköistymisen vaikutukset sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja kytkökset kansalliseen turvallisuuteen**

Paula Kivimaa, Ilmastopaneelin jäsen ja Suomen ympäristökeskuksen tutkimusprofessori

9.15 **Keskustelua**



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

21.6.2021

Sähköistymisen mahdollisuudet Suomessa

Peter Lund

Ilmastopaneelin varapuheenjohtaja
Aalto-yliopiston teknillisen fysiikan professori

- Ilmastopaneelin selvityshanke, jossa mukana olivat Aalto-yliopisto, VTT ja SYKE
- Tehtävänä tuottaa kriittinen arvio sähköistymisen vaikutuksia sähköntuotantoon, päästöihin ja yhteiskuntaan
- Kokonaiskuva sähköistymisestä Suomessa – kolme näkökulmaa:
 - Sähköistymispolkujen vaikutusten mallinnus energiajärjestelmään (2050)
 - Teollisten prosessien sähköistäminen ja vaikutukset teollisuuden energiankäyttöön
 - Sähköistymisen yhteiskunnallisia vaikutuksia sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja kansalliseen turvallisuuteen

Kansainvälinen tilanne

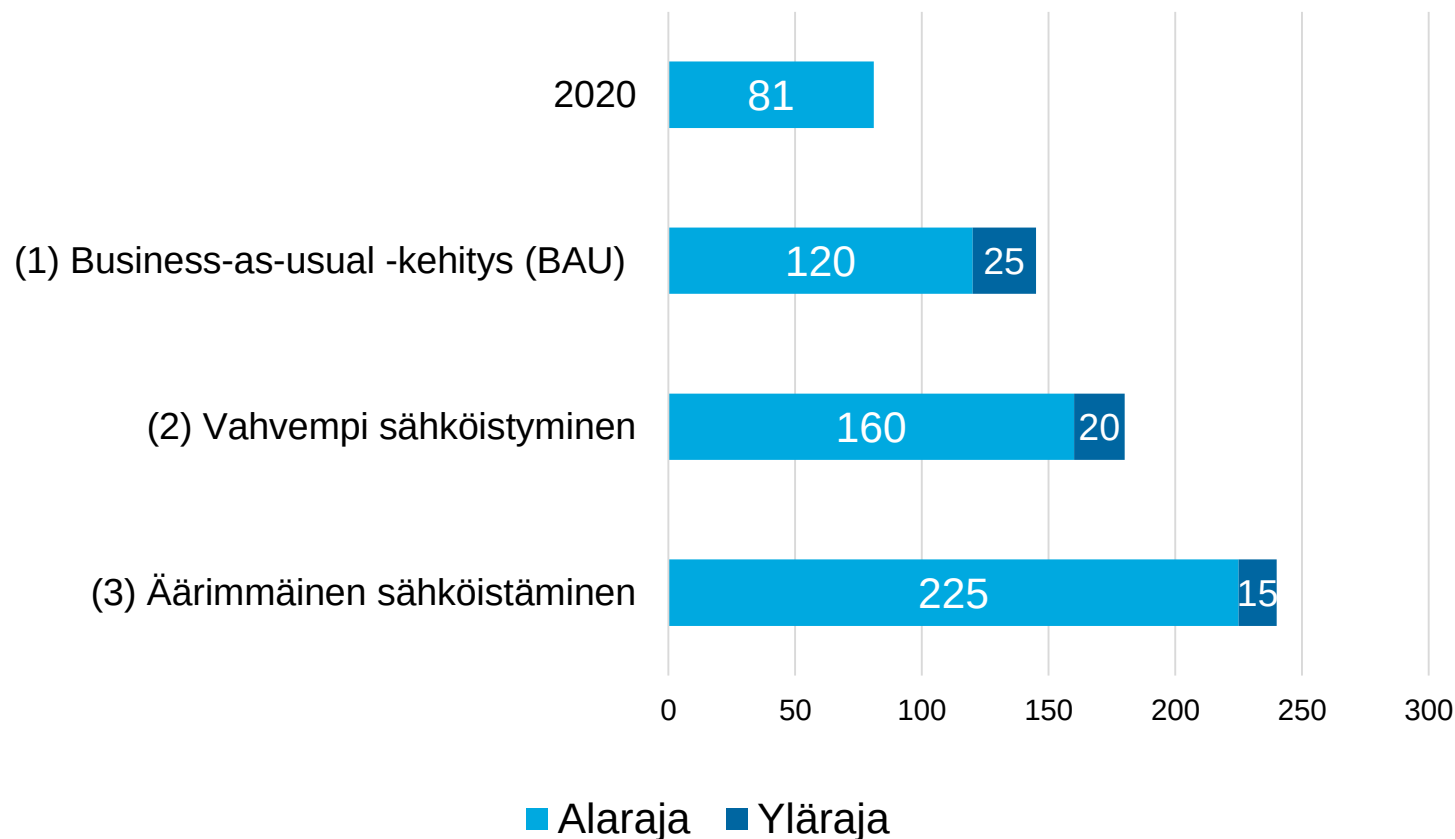
- Sähkön merkitys päästöjen vähentämisessä kasvaa maailmassa
 - IEA: Sähkön osuus maailman energiankäytössä kasvaa 19%→39-51% (2040)
 - JRC: EU:ssa sähkön osuus kasvaa 20%→40%, jopa 50%
 - Ruotsi: 71-121% lisäys sähkön tarpeeseen 2040 mennessä
- Tärkeitä näkökulmia
 - Kehityksen ajureita: Pariisin ilmastososopimus, tuuli- ja aurinkoenergian läpimurto, sähkön loppukäyttö kehittyy (mm. lämpöpumput, sähköautot)
 - Sähkön hyödyntäminen laajasti yhteiskunnassa (liikenne, lämmitys, jne.) eli ns. sektorikytkentä, jolloin sähkö auttaa päästöjen pudottamisessa useilla sektoreilla
 - Sähköstä voi tulla halpa hyödyke eri puolilla maailmaa

Sähköistymisen vaikutuksista Suomen energiajärjestelmään

- Mallinnus
 - Aalto-yliopiston Suomen energiajärjestelmän simulointi- ja optimointimalli (DEFEND-malli)
 - 1-tunnin aika-askele yhden vuoden yli → dynaamiset ilmiöt esille; kaikki sektorit mukana
- Tarkastelussa käytetyt skenaariot
 - (1) **BAU** = Business-as-usual (BAU) -skenaario kuvastaa nykykehityksen jatkumista vuoteen 2050, jossa mukana on nykyinen sähköistymistrendi.
 - (2) **Vahvemmassa** sähköistymisskenaariossa pyrittiin voimakkaammin korvaamaan polttoaineita esimerkiksi teollisuudessa, ml. bioenergian käyttö muualla kuin teollisuudessa.
 - (3) **Äärimmäisessä** sähköistämistapauksessa haettiin karkeaa ylärajaa sähkön käytölle, kun koko energiajärjestelmä sähköistettäisiin (pois lukien metsäteollisuuden bioenergia).

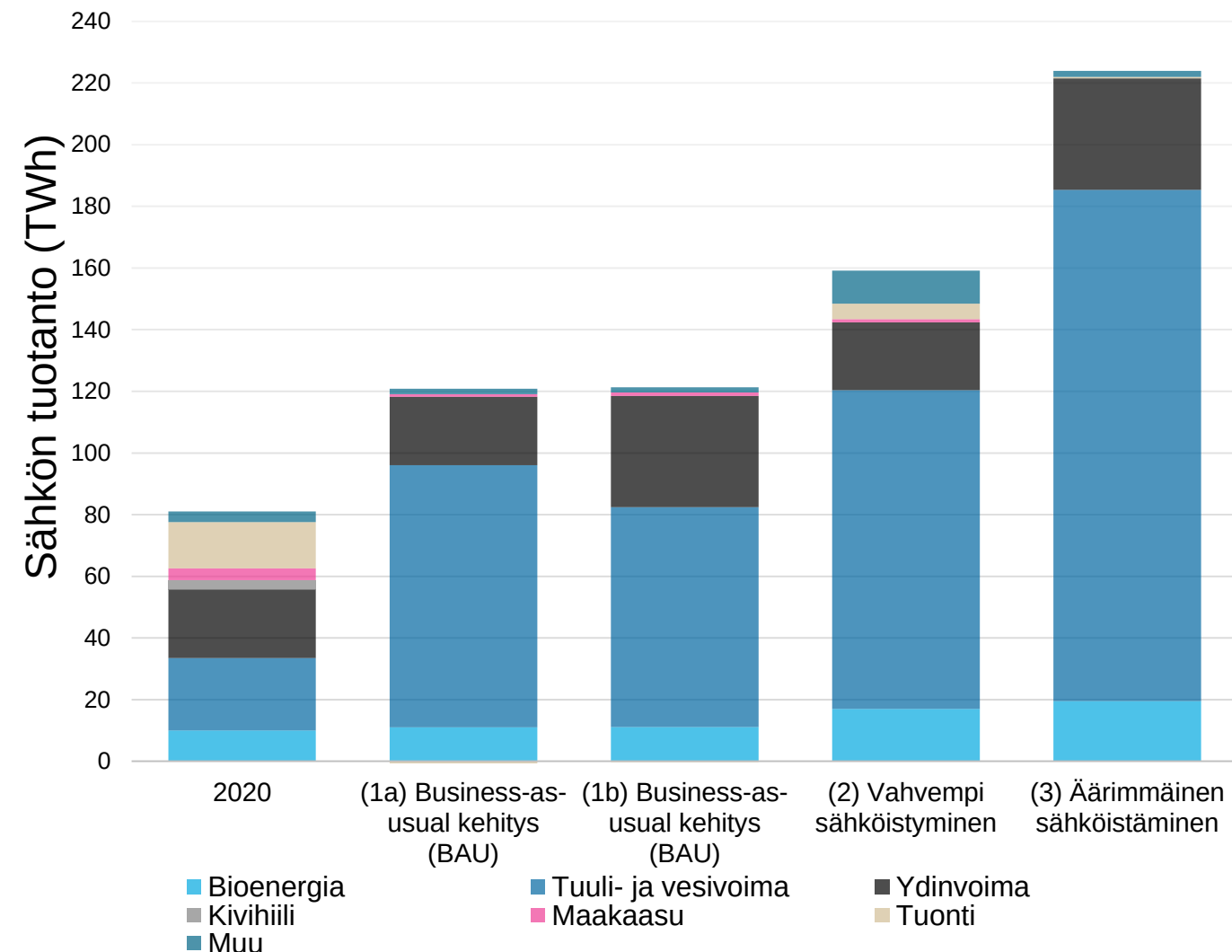
Sähköistymisen vaikutuksista Suomen energiajärjestelmään

Sähkön tuotanto eri skenaarioissa (TWh)



- Päästöt putoavat 95%
- Merkittävä sähkön kasvu kaikissa skenaarioissa
 - Väli noin +50% +200%
 - Sähkö korvaa fossiilisia polttoaineita kaikilla sektoreilla
- Sähkön osuus
 - BAU: 40%
 - Vahvempi: 63%
 - Äärimmäinen: 90%

Vaikutukset sähkön tuotannon rakenteeseen



• Muutokset nykyiseen

- Fossiiliset polttoaineet poistuneet
- Paljon tuulivoimaa (>50%)
- Ydinvoiman määrä poliittisin päätöksin (<30%)
- Polttoaineita tarvitaan edelleen
- Bioenergia (<10%) ja sähköpolttoaineiden merkitys kasvaa

• Erityishuomioita

- Energiajärjestelmässä syntyy ajoittain pullonkauloja, joihin tarvitaan lisää joustoa (esim. kysyntäjousto, energian varastointi tai ilmaston kannalta kestäviä polttoaineita)
- Kyberturvallisuus, ääritilanteet huomioitava
- Järjestelmän resilienssi (mm. lämmityksessä)
- Sähköninfrastruktuurin vahvistaminen ja uudet investoinnit

Johtopäätökset ja suositukset

- **Sähkö auttaa** saavuttamaan päästövähennykset (-95%), mutta sitä tarvitaan paljon lisää (jopa yli kaksinkertainen määrä vuoteen 2050 mennessä)
- Sähköä pitää **tuottaa vähäpäästöisesti**, eikä saa johtaa päästöintensiivisen sähköntuotannon kasvuun tai alasajon hidastumiseen
- **Polttoaineita tarvitaan** jonkin verran tulevaisuudessa. Tarvitaan pikaisesti lisäselvityksiä siitä, missä määrin polttoaineeksi voidaan ilmastokestävästi hyödyntää biopohjaisia ratkaisua, missä määrin tarvitaan sähköpolttoaineita.
- Sähkөөn perustuvassa järjestelmässä pitää kiinnittää enemmän huomiota sähköjärjestelmien integrointiin, **luotettavuuteen ja kestävyYTEEN** ääritilanteissa (äärisääilmiöt tai kyberturvallisuusuhat).
- Valtion tulee mahdollistaa sähköistymiskehitys **aktiivisella politiikalla**, mm. energiaveroratkaisuissa, tarvittavan infrastruktuurin varmistamisessa ja pitkäjänteisen tutkimuksen turvaamisessa.
- Sähköistyminen luo **uusia mahdollisuuksia kunnille** vähentää päästöjään, esimerkiksi lämmityksessä ja liikenteessä. Sähköistymisellä voidaan myös poistaa paineita lisätä bioenergian käyttöä fossiilisista polttoaineista luovuttaessa, erityisesti kaukolämmössä



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

Sähköistymisen mahdollisuudet prosessiteollisuuden CO₂ -päästöjen vähentämisessä

Antti Arasto, VTT Vice President, Industrial Energy and Hydrogen

Suomen teollisuuden päästöt

Toiminnanharjoittaja	Laitos	2018	Osuus päästöistä	Kumulatiivinen
SSAB Europe Oy	Raahen terästehdas	4025353	31 %	31 %
Neste Oyj	Porvoon jalostamo	2709561	21 %	51 %
Outokumpu Stainless Oy	Outokumpu Tornion tehta	705234	5 %	57 %
Borealis Polymers Oy	Borealis Polymers Oy:n tuotantolaitokset	548245	4 %	61 %
Finnsementti Oy	Paraisten sementtitehdas	542210	4 %	65 %
Finnsementti Oy	Lappeenrannan sementtitehdas	349199	3 %	68 %
Oy Aga Ab	Kilpilahden vetylaitos	264230	2 %	70 %
Sappi Finland Operations O	Kirkniemen paperitehdas	260607	2 %	72 %
Stora Enso Oulu Oy	Stora Enso Oulu Oy	260351	2 %	74 %
Stora Enso Veitsiluoto Oy	Stora Enso Veitsiluoto Oy	240315	1.8 %	76 %
Kotkamills Oy	Kotkan tehta	237768	1.8 %	77 %
Neste Oyj	Naantalin jalostamo	201435	1.5 %	79 %
Stora Enso Oyj	Imatran tehta	199593	1.5 %	80 %

Laitoskohtaiset todennetut päästöt, tCO₂

Hyötyjä teollisuuden sähköistymisessä

- Energiahyötyjä
 - verkkotuen ja oheispalvelujen tarjoaminen
 - sähkökuormitustekijöiden parantaminen
 - mahdollisesti tuotantokustannusten laskeminen
 - joustavuus muuttuvien sähköresurssien integroinnissa
 - aurinkosähkön, sähköajoneuvojen ja energiavarastoinnin synergiat.
- Muut hyödyt
 - tuotteiden laatu
 - tuotantomäärä, prosessiaika ja nopeus
 - prosessin ohjattavuus ja joustavuudella
 - turvallisuudella voi olla tärkeä rooli.



Tekniset ratkaisut prosessiteollisuuden sähköistämiseen

- Suora sähköistäminen
 - suora, sähkölämmitys, lämpöpumput, sähkömagneettiset lämmitykset, sähkövastuslämmitys, valokaarilämmitys, sähköuunit ja reaktorit
 - keskeisen fossiilisten polttoaineiden polttoon perustuvan, esimerkiksi prosessihöyryä tuottavan kattilan vaihtaminen lämpöpumppeihin perustuvaan prosessihöyryn tuotantoon
 - prosessin muuttaminen niin, että prosessiin tuodaan lämpö sähköllä (vastuksella, induktiolla, mikroaalloilla, infrapunalla tms.) muuttamatta itse prosessia
 - yksikköprosessin vaihtaminen kokonaan sähkökäyttöiseen, esimerkiksi haihduttamisen vaihtaminen mekaaniseen erotukseen
- Epäsuora sähköistäminen
 - P2X ja Vety
 - polttoaineen vaihto uusiutuvista lähteistä peräisin olevaan – esimerkiksi uusiutuvalla vedyllä tuotettuun – sähköpolttoaineeseen

Teollisuuden sähköistämisen päästövähennyspotentiaali on merkittävä ja jopa yksittäisillä investointipäätöksillä voi olla suuri vaikutus päästöihin

- Monille nykyisin fossiilisia polttoaineita käyttäville prosesseille on jo olemassa sähköön perustuva vaihtoehto ja lisää ratkaisuja on kehitysvaiheessa
 - Teollisuudessa keskipitkän aikavälin suurimmat sähköistämismahdollisuudet liittyvät erilaisten prosessilämmöntuotantojen sähköistämiseen esimerkiksi lämpöpumppu- ja muilla teknologioilla. Kokonaisten osaprosessien sähköistäminen ja epäsuora sähköistäminen vedyn avulla nähdään keskipitkän ja pitkän aikavälin ratkaisuiksi.
- Teollisuuden sähkönkäyttö on ympärivuotista, mikä helpottaa sähköistymistä, sillä se ei aiheuta vastaavaa vuodenaikaisista lämmönvaihteluista johtuvaa tehohaastetta kuin esimerkiksi lämmityssektorin sähköistys. Teollisuuden suurten kulutuskohteiden sähköistyminen voi lisätä koko energiajärjestelmän kysyntäjoustoa.
- Olemassa oleva järjestelmä tukee sähköpolttoaineiden, kuten vedyn ja synteettisen metaanin, käyttöä teollisuudessa, ja tätä kautta teollisuuden päästöjä voidaan edelleen leikata
 - Nämä epäsuorat sähköistymisratkaisut tarjoavat mahdollisuuksia myös pitkän aikavälin energian varastoina, joustona ja huoltovarmuustekijänä
 - Pitkällä aikavälillä vety ja uusiutuvat hiilivedyt voivat olla uusiutuva ja hiilineutraali raaka-aine moniin raskaan teollisuuden prosesseihin.



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

21.6.2021

Sähköistymisen vaikutukset sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja sen kytkökset kansalliseen turvallisuuteen – keskeiset havainnot

Paula Kivimaa, Ilmastopaneelin jäsen & tutkimusprofessori, Suomen ympäristökeskus
Anna Lipsanen, tutkija, Suomen ympäristökeskus

Sähköistymisen vaikutukset sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja kansalliseen turvallisuuteen

- Työpaketin aineisto ja menetelmät
 - Kirjallisuuskatsaus englanninkielisestä tutkimusaineistosta
 - Sähköistyminen ja sosiaalinen oikeudenmukaisuus sidosryhmätyöpaja 13.4.2021
 - Aineistossa pääpaino sosiaalisessa oikeudenmukaisuudessa – kytkökset turvallisuuteen nostettu kirjallisuudesta ja rinnakkaisesta tutkimushankkeesta



Sähköistymisen vaikutukset sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja kansalliseen turvallisuuteen

- Sähköistymisen sosiaalinen oikeudenmukaisuus

- kriittiset materiaalit ja mineraalit;
- energia- ja älyteknologiat sekä digitalisaatio;
- sähkön saatavuus, hinta ja energiaköyhyys;
- energian omistus;
- fossiilista polttoaineista luopuminen;
- osallistuminen energiapoliittiseen päätöksentekoon

- Sähköistyminen & kansallinen turvallisuus

Positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia liittyen:

- kriittisiin materiaaleihin ja tuontiriippuvuuksiin sekä energiaturvallisuuteen (kansallisesti ja kansainvälisesti);
- kyber- ja tietoturvallisuuteen;
- institutionaalisiin riskeihin ja mahdollisuuksiin



Kuva: Erberto Zani / Alamy Stock Photo



Kuva: Avpics / Alamy Stock Photo

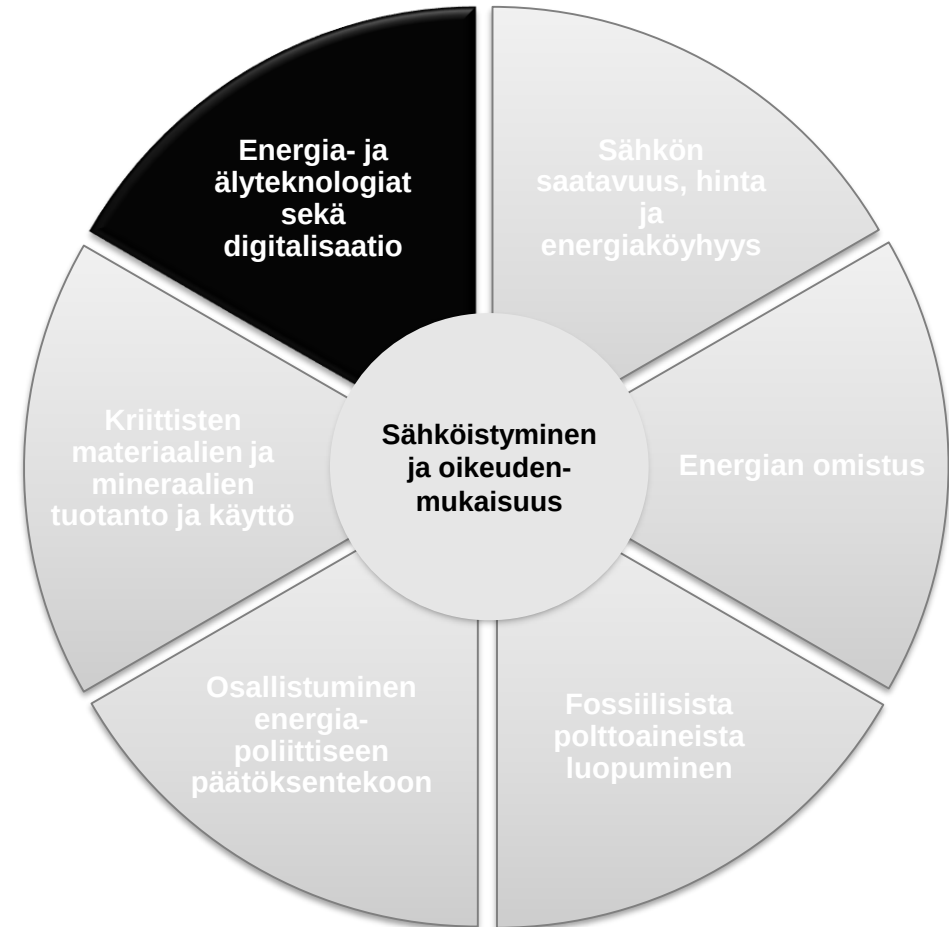
Kriittiset materiaalit ja mineraalit

- Tuotantoon liittyviä ongelmia mm.:
 - Kaivosalueiden huonot työolot
 - Lapsityövoiman käyttö ja naisten syrjintä
 - Paikalliset ympäristö- ja terveyshaitat
- Tuotantoketjujen haitat usein ulkoistettu Suomen ulkopuolelle
 - Mahdollisuudet siirtää tuotantoa joidenkin mineraalien osalta Suomeen ja valvoa haittoja paremmin?
 - Kiertotalouden ja jätevirtojen parempi hyödyntäminen
 - Ympäristöseikkojen huomioiminen lainsäädännössä
- Paikallisten asukkaiden ja alkuperäiskansojen oikeudet ja toimien terveysvaikutusten huomioiminen
 - Osallistaminen päätöksentekoprosesseihin



Energia- ja älyteknologiat sekä digitalisaatio

- Erilaiset kuluttajien ja kotitalouksien lähtökohdat vaikuttavat teknologian käyttöönottoon ja saavutettavuuteen
 - Esim. varallisuus, koulutus ja asumismuoto vaikuttavat teknologioiden ja digitalisaation hyödyntämiseen
 - Teknologisiin ratkaisuihin liittyy luottamuksen puutetta sekä huolta yksityisyydensuojasta ja turvallisuudesta
- Digiosallisuus ei aina toteudu, sillä kaikilla ei valmiuksia tai osaamista tarvittaviin digitaitoihin
 - Digitalisaatiossa kuitenkin edellytyksiä mm. tiedon hyödyntämisen ja demokratian lisääntymiselle –
 - Monimuotoisuus (mm. sukupuolten tasa-arvo), läpinäkyvyys ja avoimuus tärkeää palvelusuunnittelussa, jotta digikuilut (kun palvelut ja käyttäjät eivät kohtaakaan) eivät pahene



Sähkön saatavuus, hinta ja energiaköyhyys

- Kustannukset ja hyödyt voivat jakautua epätasaisesti verkon käyttäjien ja alueiden (kaupungit vs. syrjäseudut) välillä
 - Esim. siirtomaksut sekä sähköverkon ja energiateknologian ylläpitokustannukset eriarvoistavat
- Energiatuet ja -neuvonta eivät välttämättä tavoita niitä erityisesti tarvitsevia kohderyhmiä
 - Energiahaavoittuvat ryhmät tulisi paremmin tunnistaa ja neuvontaa kohdentaa paremmin
- Suomessa ei virallista politiikkaa energiaköyhyyden kehittymisen seurantaan ja indikaattoreihin



Energian omistus

- Energiakansalaisuutta ja **prosumerismia** (yksilö sekä energian kuluttajana että tuottajana) edistämällä lisätään energiademokratiaa
- Alueelliset erot, varallisuuserot ja asumismuoto vaikuttavat kuitenkin mahdollisuuksiin omistaa energiantuotantoa
 - Yhtäläisten mahdollisuuksien edistäminen olisi kuitenkin tärkeää, institutionaalisten esteiden poistamista kuluttaja-tuottajamallin tieltä tarkasteltava
- Yritysten, taloyhtiöiden ja asukasyhteisöjen rooli energiantuotantoa uudistettaessa
 - Energiaremontteihin kannustaminen



Fossiilista polttoaineista luopuminen

- Fossiilisen energian työpaikat vähenevät ja elinkeinomahdollisuudet muuttuvat
 - Osaamisen uudistaminen ja uudelleen kouluttautuminen tuo uusia mahdollisuuksia osalle työntekijöistä – työllisyystilanteen muutoksiin kuitenkin varauduttava hyvin
- Maankäytön muutoksella (esim. tuulivoimaan tarvittava infrastruktuuri ja lisääntyvät vaatimukset kaivostuotannolle) vaikutuksia paikallisympäristöön ja -asukkaisiin sekä alkuperäiskansoihin
 - Paikallisväestön hyväksyntä investointien toteutukselle ja hankesuunnitteluun mukaan ottaminen keskeistä huomioida
- Luonnonvarojen ja ympäristön vähenevä kuormitus heijastuu myös ihmisten hyvinvointiin



Osallistuminen energiapoliittiseen päätöksentekoon

- Kenelle energiapolitiikkaa tehdään?
 - Energiajärjestelmien suunnitteluprosesseihin osallistumisen eri tahoilta on havaittu lisäävän hankkeiden hyväksyttävyyttä ja vaikuttavuutta
 - Myös heikommassa asemassa olevien ihmisten oikeudet ja asemat huomioitava energiapoliittisissa toimissa
- Energiademokratia ja osallistuminen päätöksentekoon edellyttää tietotaitoa (uusista) energiateknologioista ja niiden hyödyistä, mitä kaikilla kansalaisilla ei ole
 - Erilaisen tietotason huomioiminen päätöksentekoprosesseissa
- Energiapoliittinen päätöksenteko saatetaan kokea liian teknillis-talouspainotteiseksi tai ulossulkevaksi
 - Esim. sukupuolten tasapainoinen edustus huomioitava: energia-alan kiinnostavuuden lisääminen erityisesti naisille



Sähköistyminen ja kansallinen turvallisuus

- Energiaturvallisuus: huoltovarmuus ja järjestelmän toimivuus
 - Perinteinen huoltovarmuus paranee fossiilisten polttoaineiden käytän vähetessä, ja uusiutuvan tarjotessa kotimaista sähköä ja uudenlaista joustavuutta hajautumisen kautta
 - Monimutkaistuva sähköjärjestelmä, sekä kysymys monikansallisten sähköverkkojen toimivuudesta kriisitilanteissa
 - Uusi riippuvuus kriittisistä mineraaleista ja metalleista sekä teknologisista komponenteista, joita tarvitaan uusiutuvaan sähkön tuotantoon ja sähköautoihin
 - Kyberriskit



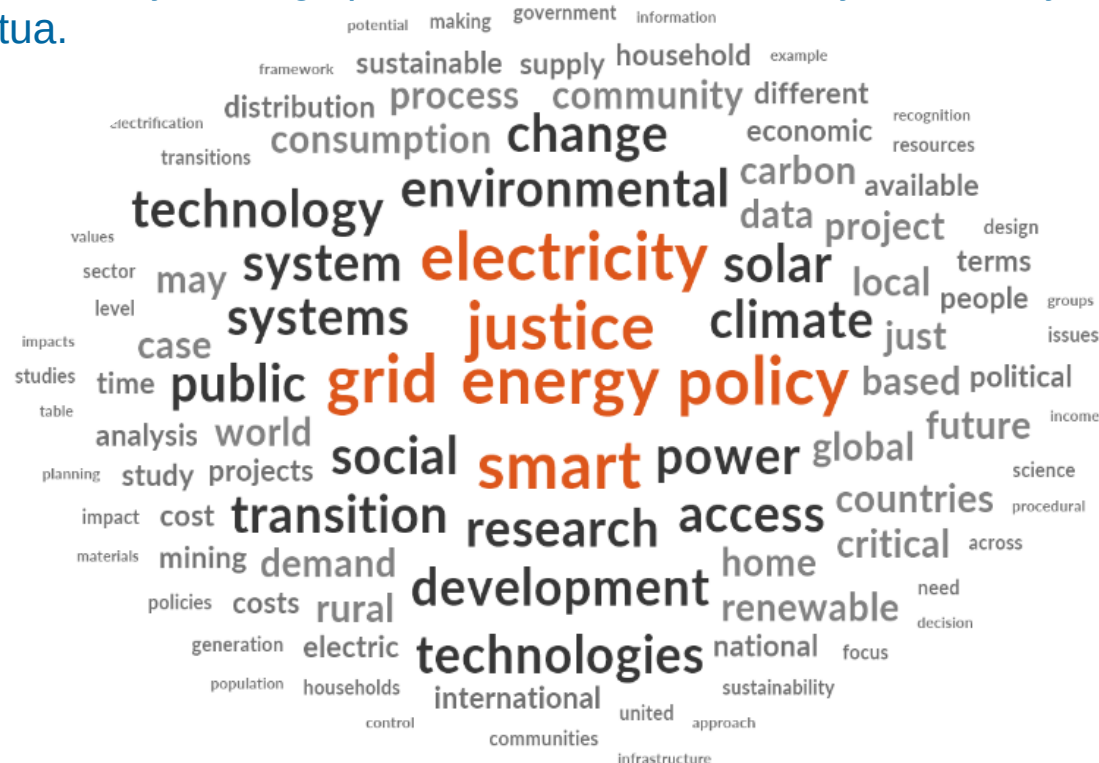
Kuva: Alamy Stock Photo

Sähköistyminen ja kansallinen turvallisuus

- Geopolitiikka ja kansainvälinen turvallisuus
 - Paikalliset konfliktit siirtyvät fossiilisten tuotannosta kriittisten materiaalien tuotantoon
 - Kiinan kasvava vaikutusvalta kriittisten materiaalien toimitusketjuissa
 - Vallan hajautuminen kansainvälisessä energiakaupassa, mutta alueellinen epävakaus erityisesti fossiilisia polttoaineita vientiin tuottavissa maissa
 - Uusiutuvan sähkön mahdollisuudet rauhanrakennusprosesseissa
 - Pitkällä aikavälillä parantuva ilmasto- ja ympäristöturvallisuus

Sähköistymisen vaikutukset oikeudenmukaisuuteen ja turvallisuuteen edellyttävät tarkkaa ja moniulotteista arviointia

- Sähköistymisen vaikutukset sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen tulee tunnistaa ja arvioida entistä tarkemmin ja moniulotteisemmin, jotta ilmasto- ja energiapoliittisen päätöksenteon ja siihen kytkeytyvän systeemisen muutoksen seurauksiin osataan varautua.



Lipsanen, A., Kivimaa, P. & Leino, M. 2021. *Sähköistymisen vaikutukset sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen ja sen kytkökset kansalliseen turvallisuuteen - synteesiraportti* (osana hanketta Energiajärjestelmien sähköistymisen merkitys CO2-päästöjen leikkaamisessa). Suomen ilmastopaneelin raportti (luonnos).



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

Kiitos!

Ilmastopaneelin muistio
Lund ym. 2021: *Sähköllä merkittävä rooli Suomen
kasvihuonekaasupäästöjen leikkaamisessa*
Julkaistaan ti 22.6. klo 6

<https://www.ilmastopaneeli.fi/aineistot-ja-raportit/>

Twitter: [@Ilmastopaneeli1](https://twitter.com/Ilmastopaneeli1)