

PUHTAAN SIIRTYMÄN SIOITTUMISEN SÄÄNTELY JA ENERGIAN VARASTOINTI

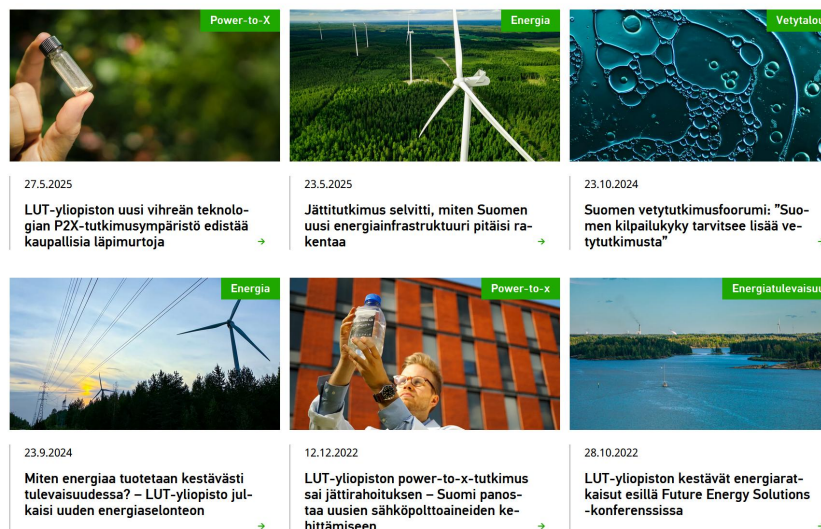
LUT YLIOPISTON ALUEELLISET ENERGIASELVITYKSET – POWER-TO-X TALOUDEN MAHDOLLISUUDET SUOMELLE

Tero Tynjälä, tero.tynjala@lut.fi

professori, teknillinen termodynamiikka

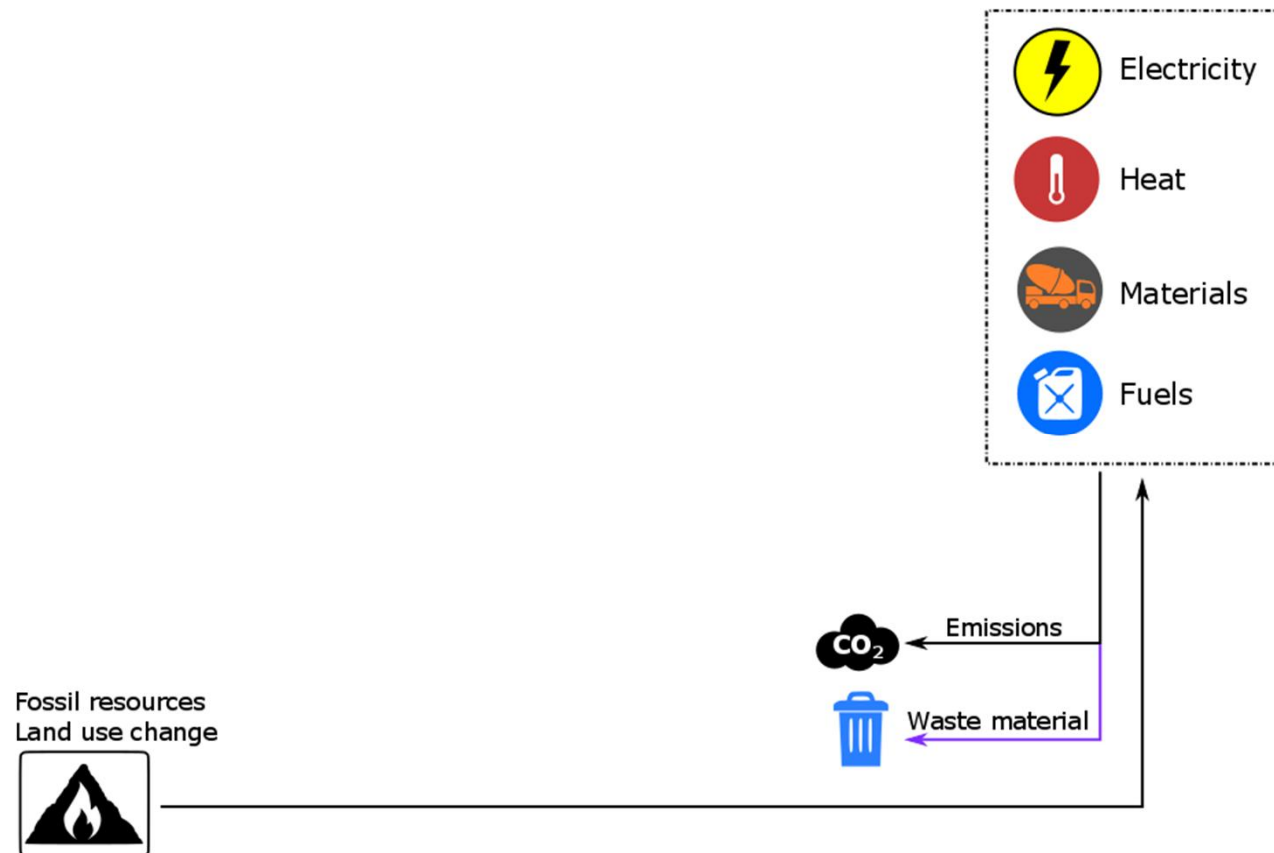
Energiatekniikan osasto

LUT yliopisto



<https://www.lut.fi/fi/tutkimus/teemat-ja-ilmiot/energia-kohti-hiilineutraalimaailmaa/vetytalous-ja-power-x-teknologia>

— Fossiilitalous



Fossiilitalous

Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö.

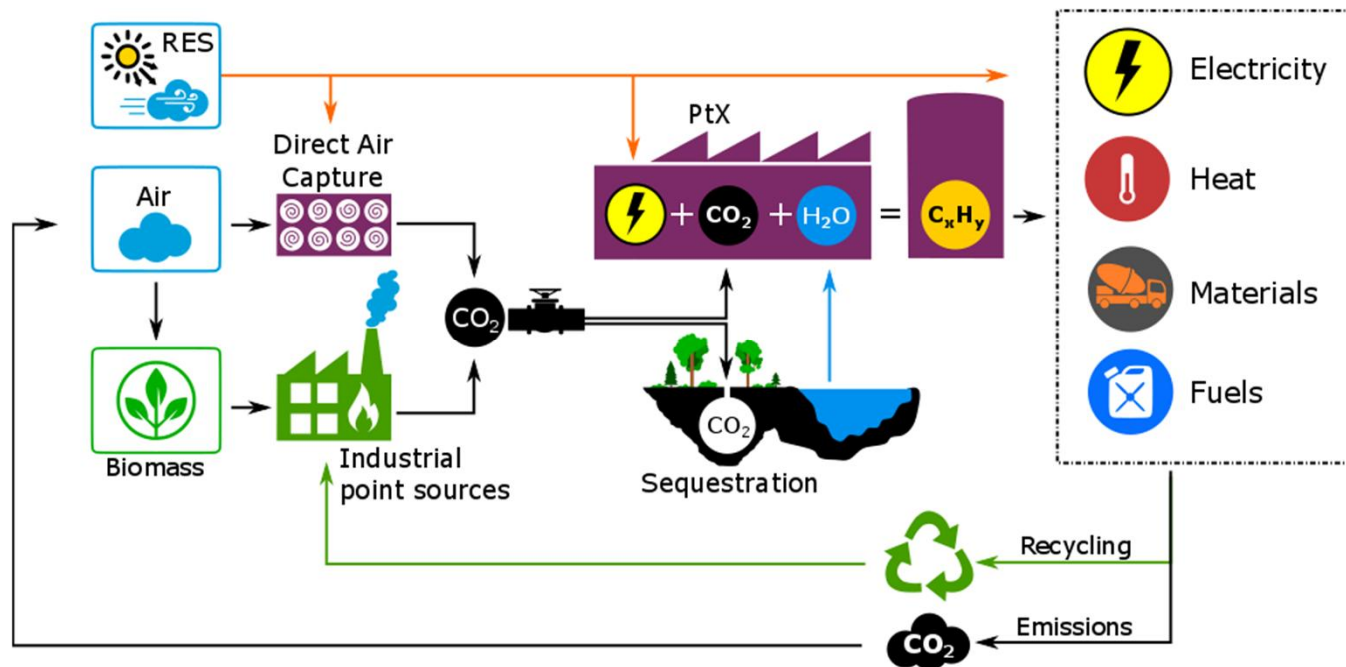
Jätteet kaatopaikalle.

CO₂ ym. päästöjen vapauttaminen ilmakehään.

Aikasempi ja edelleen vallitseva reitti.

Energiaa saadaan tehokkaasti kuljetettua ja tuotantoa sopeutettua kulutuksen mukaan

Power-to-X -talous



PtX-talous

Suljettu kierto.

Materiaalit kierrätetään.

Hiilen kierto suljetaan hiilidioksidin talteenoton avulla.

Fossiilisiin raaka-aineisiin perustuvat tuotteet korvataan uusiutuvilla ja PtX-tuotteilla.

Esiteollisen ajan CO₂ pitoisuus voidaan saavuttaa CO₂ pitkäaikaisvarastoinnin (CCS) avulla.

Perustuu pääosin vaihtelevaan uusiutuvaan sähköön, jota on vaikea varastoida ja siirtää.

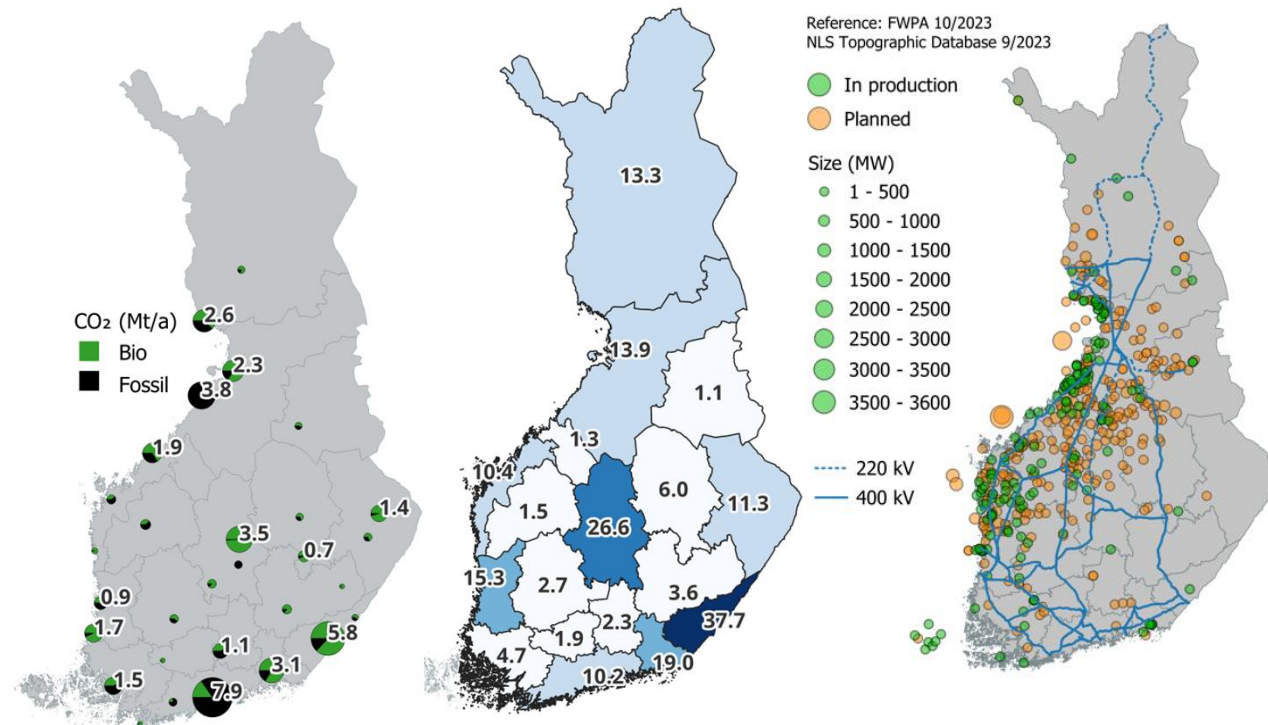
SUOMEN SUURET CO₂ PISTELÄHTEET

Sähkön tarve jos BioCO₂
muutetaan metanoliksi (TWh)

- » Suuret pistelähteet tuottavat noin 30 Mt/a biogeenistä hiilidioksidia
- » Suurin osuus sellutehtaista
- » Hyödyntäminen hiilivedyiksi vaatii huomattavaa puhtaan sähkön tuotannon lisäystä >200 TWh
- » Alueellinen epätasapaino uusiutuvan energian tuotannon ja CO₂ lähteiden välillä



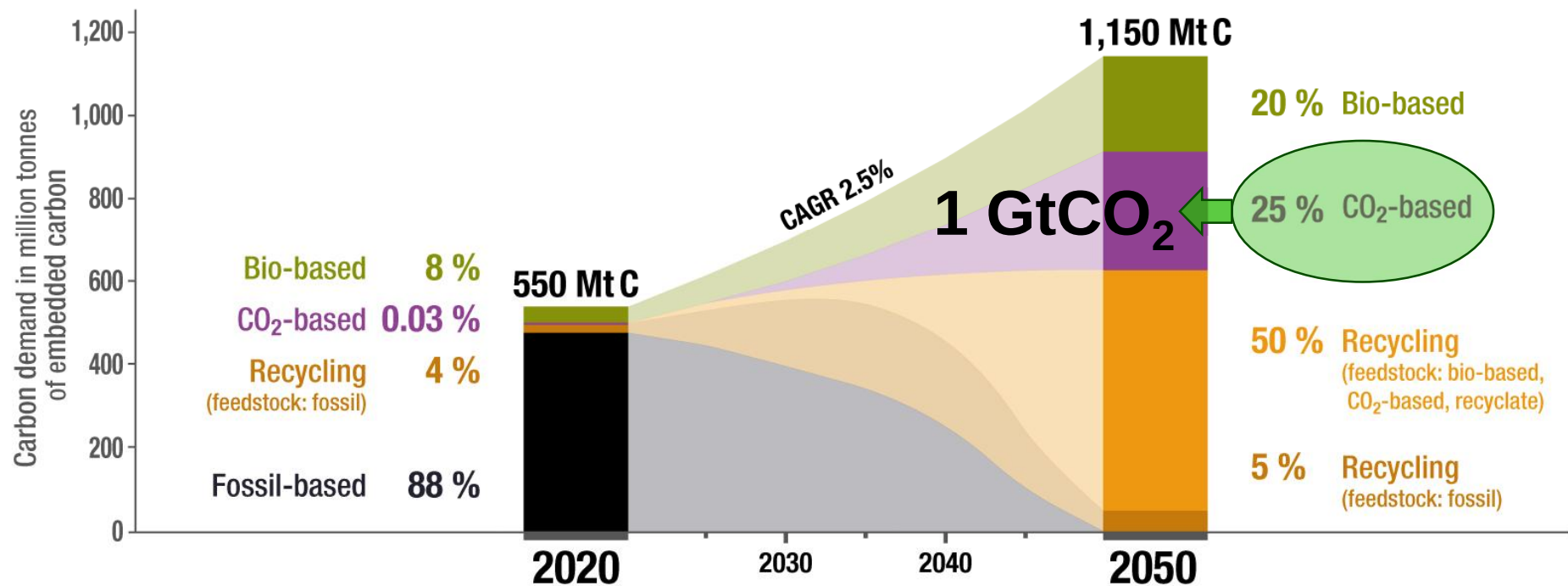
» 30 Mt bio-CO₂
» 220 TWh_{el} } » H_xC_x



<https://www.lut.fi/en/hygcel>

Carbon Embedded in Chemicals and Derived Materials

updated nova scenario for a global net-zero chemical industry in 2050



Kaikelle Suomen bioCO₂:lle riittää markkinoita ja sille on mahdollista saada kilpailukykyinen hinta!

HIILIDIOKSIDI JÄTTEESTÄ ARVOKKAAKSI RAAKA-AINEEKSI

Suomen bioperäiset CO₂ päästöt ~30 MtCO₂/a, joista suurin osa peräisin teollisista pistelähteistä (sellutehtaat).

Suomen metsäteollisuustuotteiden viennin arvo 12 mrd € (2023).

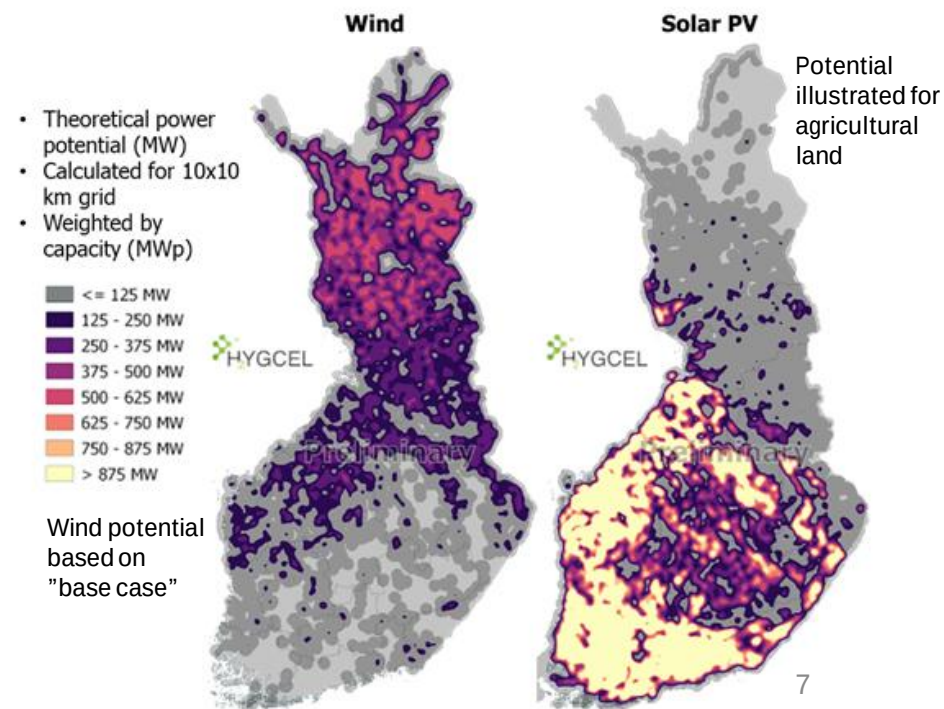
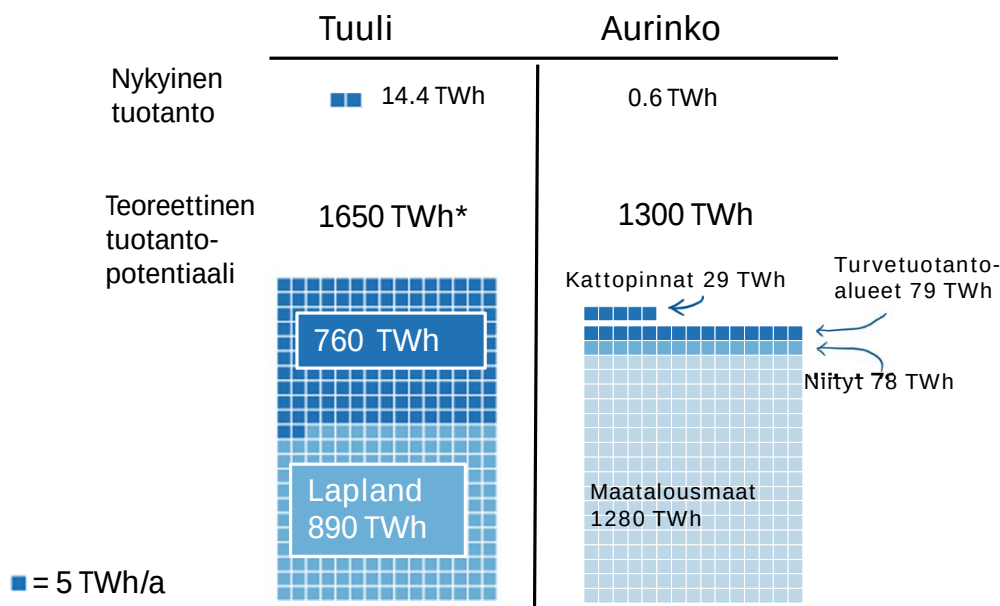
Hiilidioksiditonnin hinnalla 100-200 €/t, pelkän hiilidioksidin markkina-arvo 3-6 mrd € ja jatkojalosteiden merkittävästi suurempi.

Hiilidioksidin talteenotolla ja hyötykäytöllä (CCU) on mahdollista yli kaksinkertaistaa nykyinen metsäsektorin viennin arvo ja lisäksi vähentää merkittävästi nykyistä n. 10 mrd € fossiilisten tuontia.

Suomi pystyisi tuottamaan yli 10% EU:n uusiutuvasta sähköstä

Suomen uusiutuvan sähkön tuotantopotentiaali ylittää moninkertaisesti Suomen oman tarpeen → PtX-teknologia mahdollistaa Suomelle uuden merkittävän vientiteollisuuden

<https://www.lut.fi/en/hygcel>



* Perustuu LUT "base case"-skenaarioon maankäytön oletuksista (vaihteluväli eri skenaarioissa 700 – 2500 TWh)



Energiansiirtoverkkojen rajallinen kapasiteetti hidastaa uusiutuvan energian investointeja

Hankkeissa pitkät toimitusajat

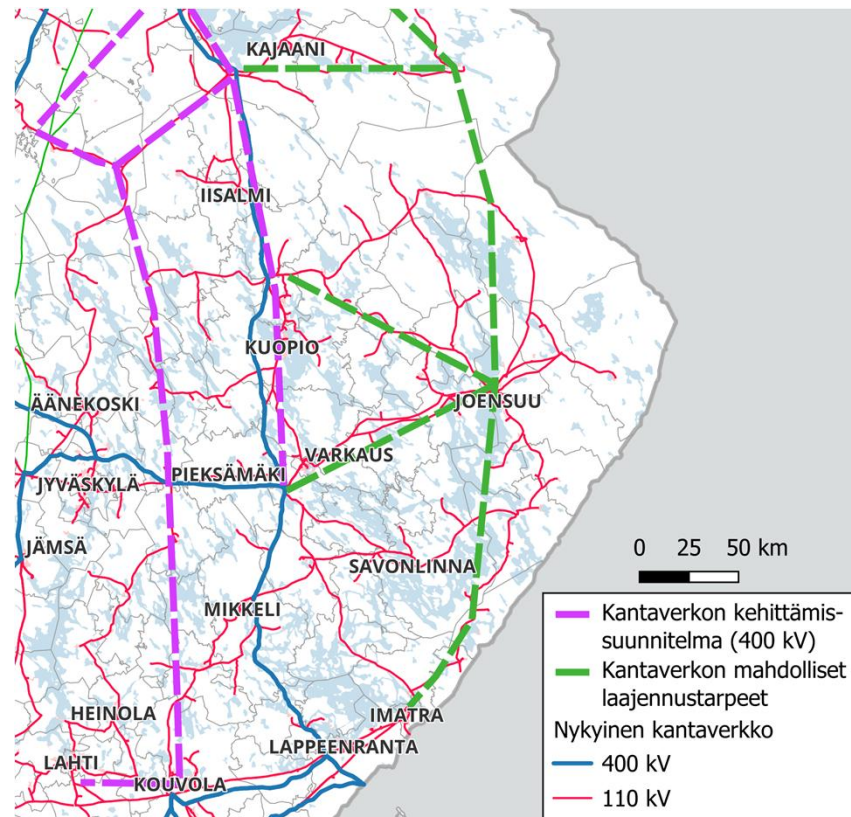
- suunnittelu, maanhankinta, kaavoitus, luvitus, valitus, ...

1. Tarvitaan hyvä visio isosta kuvasta ja suurista infratarpeista

2. Alueellinen yksityiskohtainen tarkastelu ja potentiaalisten tuotantoalueiden selvitykset

Esimerkki: Kantaverkon kehitys Itä-Suomessa

Lähde: Fingrid – Kantaverko kehittämissuunnitelma 2024-2033



Kantaverkon nykyinen liityntäkapasiteetti sähköntuotannolle

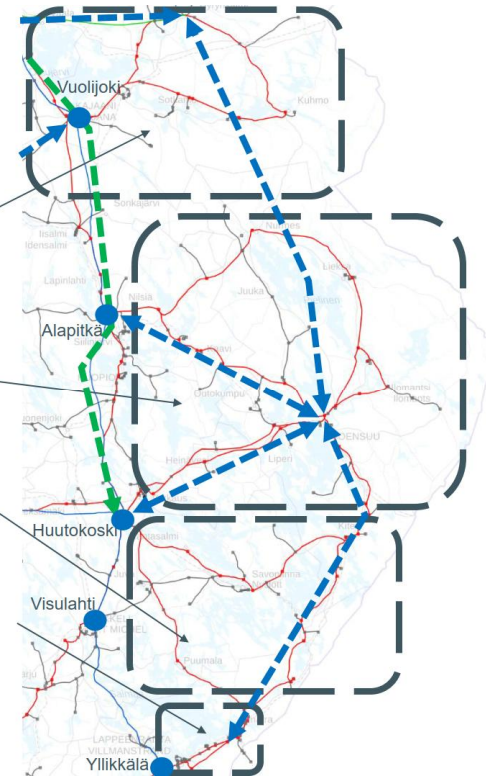
Ympyröidylle alueelle mahtuu alueittain uutta sähköntuotantoa. Alueen kantaverkkoon on liitetty merkittävä määrä tuulivoimaa ja kantaverkkoa kehitetään jatkuvasti.

Ympyröidylle alueelle mahtuu nykykantaverkolla noin 500 MW uutta sähköntuotantoa hajautetusti.

Ympyröidylle alueelle mahtuu nykykantaverkolla noin 400 MW uutta sähköntuotantoa hajautetusti.

Ympyröidylle alueelle mahtuu nykykantaverkolla noin 1000 MW uutta sähköntuotantoa liittämällä hankkeet alueen kantaverkon vahvoin pisteisiin.

Kantaverkon 400 kV sähköasema



Rakenteilla oleva kantaverkon 400 kV yhteys.

Kantaverkon mahdollinen 400 kV yhteystarve. Toteutuminen (sijoittuminen, aikataulu, laajuus) riippuu tarpeista.

Fingrid on valmis liittämään uutta sähköntuotantoa ja kulutusta alueen kantaverkkoon ja kehittämään kantaverkkoa alueen hankkeiden edetessä riittävän pitkälle. Paikallisesti Fingrid vahvistaa verkkoa 110 kV vahvistuksilla. Laajemmat vahvistukset joko 110 kV tai 400 kV vahvistuksilla.

Ympyröidyt alueet ovat suuntaa antavia ja perustuvat kantaverkon sijaintiin.

FINGRID

Esimerkki: Pohjois-Savon vetylaakso selvitys

TUULIVOIMAN SIJOITTUMINEN

» Osa potentiaalista linkittyy maakunnan raja-alueille ja jatkuu myös naapurimaakunnan puolella

PARAMETER VARIATIONS	LUT #1	LUT #2	LUT #3	TABLE OF EXCLUSION CRITERIA
Item	Buffer zone radius (km)			Comment
Urban areas	3	2	1	• Urban areas (Taajamat) are defined by Syke & Statistics Finland
Nature sites:				
• National park	3	1	0.5	• Kansallispuisto
• Nature reserve	3	1	0.5	• Luonnonpuisto
• Hiking area	3	1	0.5	• Retkeilyalue
• Conservation area	1	0.5	0	• Luonnonsuojelualue
Airports				
• Major airports	18	10	10	• Esterajoituspinta https://www.fintraffic.fi/fi/ans/korkeusrajoitukset-paikkatietoaineistona
• Airfield	10	6	6	• Dataset also includes major airports
• Helicopter landing pads	3	3	3	• Assumed to be helicopter pads when airport area less than 5000 m ²
Lakes	0.1	0.1	0.1	• Only lakes that are larger than 5 hectares are considered. The shoreline is simplified into 150 m segments
Islands	0	0	0	• Islands that are smaller than 200 hectares are excluded (methodologically done after the 100m restriction zone to lake shoreline is applied, so actually excluded islands can be larger than 200 ha)
Shooting ranges	0.3	0.3	0.3	
Roads and railroads	0.3	0.3	0.3	• Road ID number < 100 OR asphalt road with road ID number < 10000 • Simplified geometry: 250m
Buildings	1.75 ⁽¹⁾	1.25 ⁽²⁾	1 ⁽³⁾	• (1) Kernel density algorithm. Recreational buildings have a weight of 0.75, residential 1.0. Overlap of two or greater results in exclusion • (2) Each residential building projects an exclusion zone. • (3) Kernel density algorithm. Residential and recreational buildings. Different weight for residential (1.0) and recreational buildings (0.5). Overlap of three or greater results in exclusion.
Swamplands	0	0	0	
Existing wind farms	1	1	1	• Defined for a group of wind turbines (3 or more) located within 2 km of each other
Natura 2000 areas	0	0	0	
Valuable landscapes	0	0	0	

Turbiinien lukumäärä

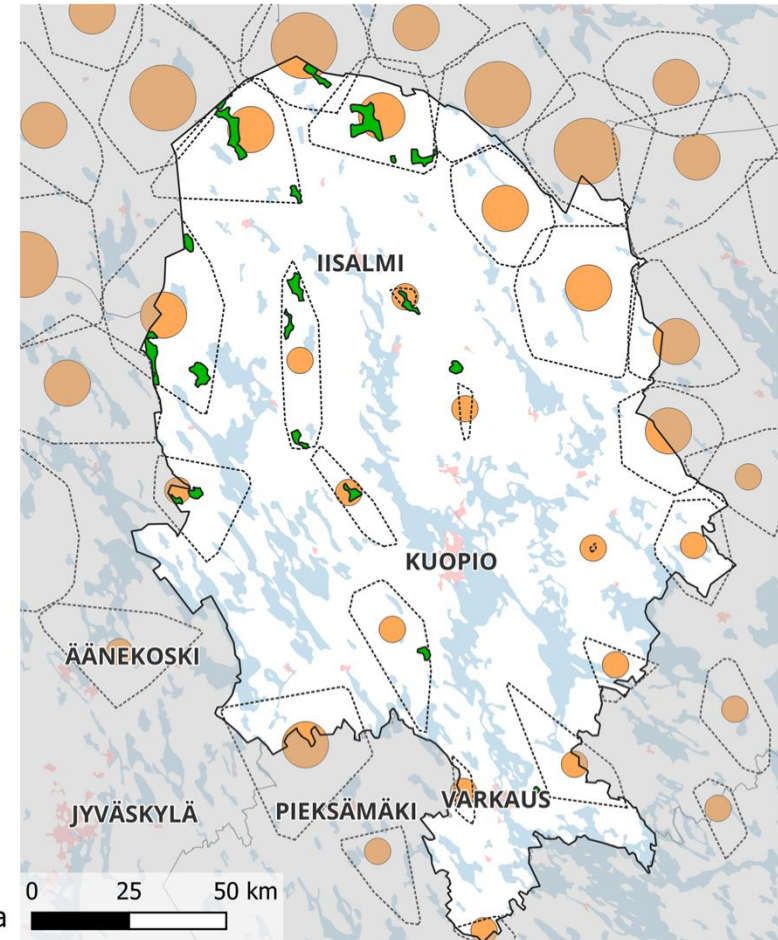
● 5 - 142

● 142 - 294

● 294 - 470

▭ Ryhmittelyraja

■ Kaavoituksessa

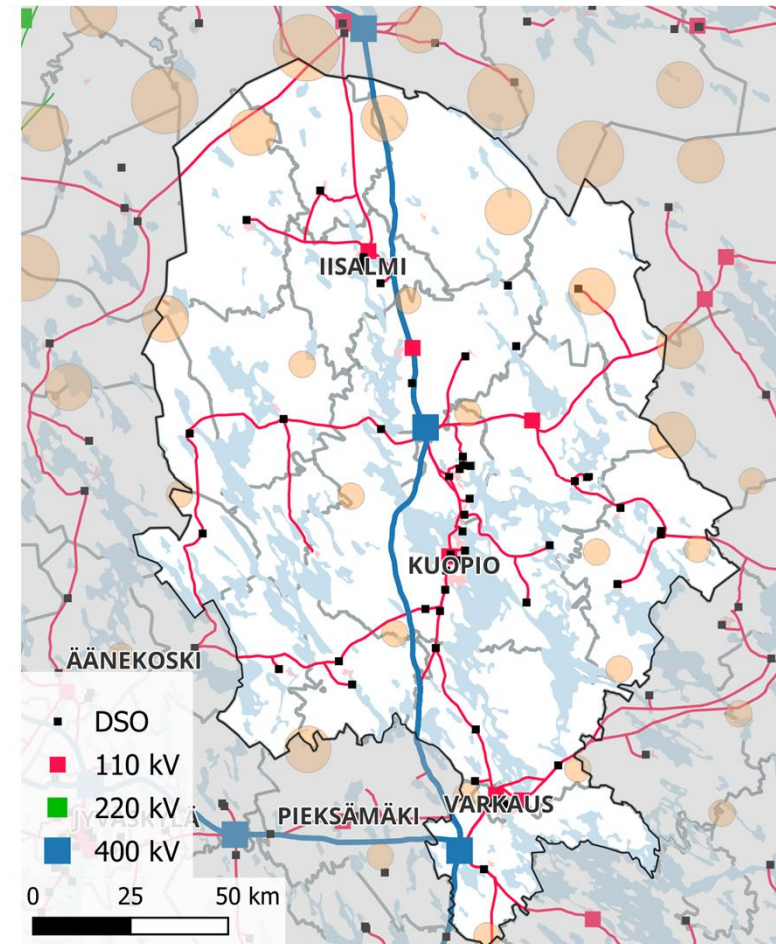
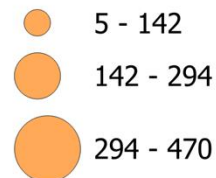


Esimerkki: Pohjois-Savon vetylaakso selvitys

TUULIVOIMAN SIJOITTUMINEN

- Alueella vahva tarve sähkönsiirtotarve pohjois-etelä suunnassa sekä kansallisesta näkökulmasta että alueen resurssien puolesta

Turbiinien
lukumäärä



Esimerkki: Pohjois-Savon vetylaakso selvitys

AURINKOSÄHKÖN TUOTANTOPOTENTIAALI

Turvetuotantoalueet

- Turvetuotantoalueet soveltuvat hyvin teollisen mittakaavan aurinkopuistoille tyypillisesti laajan aukean alan, vähäisen varjostuksen ja valmiin tie infrastruktuurin ansiosta.
- Turvetuotantoalojen potentiaalin hyödyntäminen laajamittaisesti vaatii kuitenkin uusien liityntäjohtojen rakentamisen.

Kattoasennukset

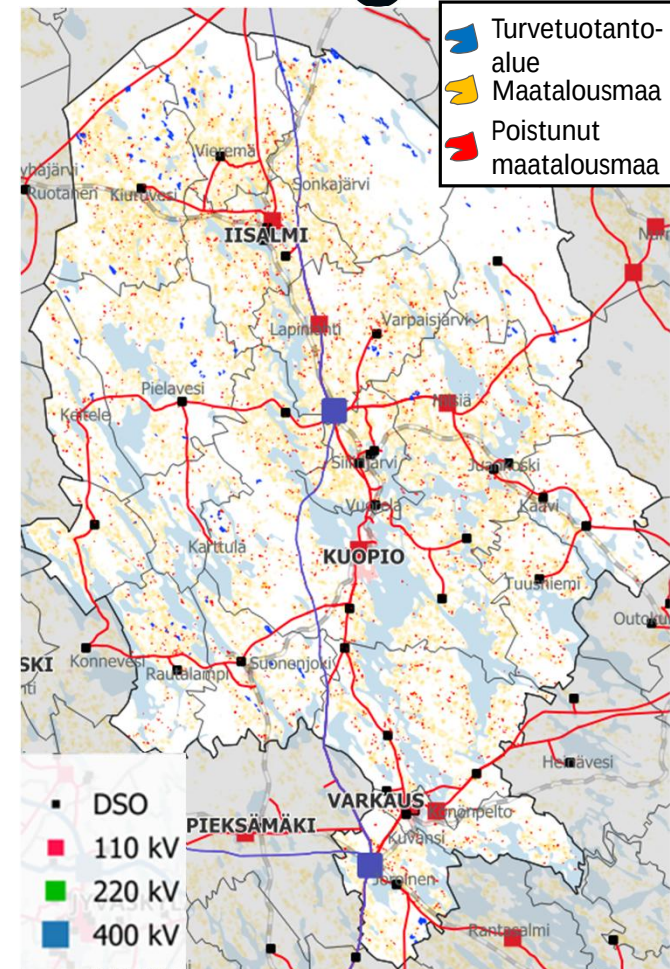
- Kattoasennukset ovat tyypillisesti yksikkökooltaan pieniä varsinkin asuinrakennuksissa, jolloin tuotanto kytketään pienjänniteverkkoon
- Suurin osa potentiaalista sijaitsee taajamissa.

Käytöstä poistuneet maatalousalueet (niityt)

- Niittyjen hyödyntämistä laajamittaiseen aurinkosähkötuotantoon haittaa yksittäisten niittyjen pieni yksikkökoko.
- Pienet ja keskisuuret alueet voitaisiin liittää olemassa olevaan 20 kV jakeluverkkoon ja 110kV siirtoverkkoon.



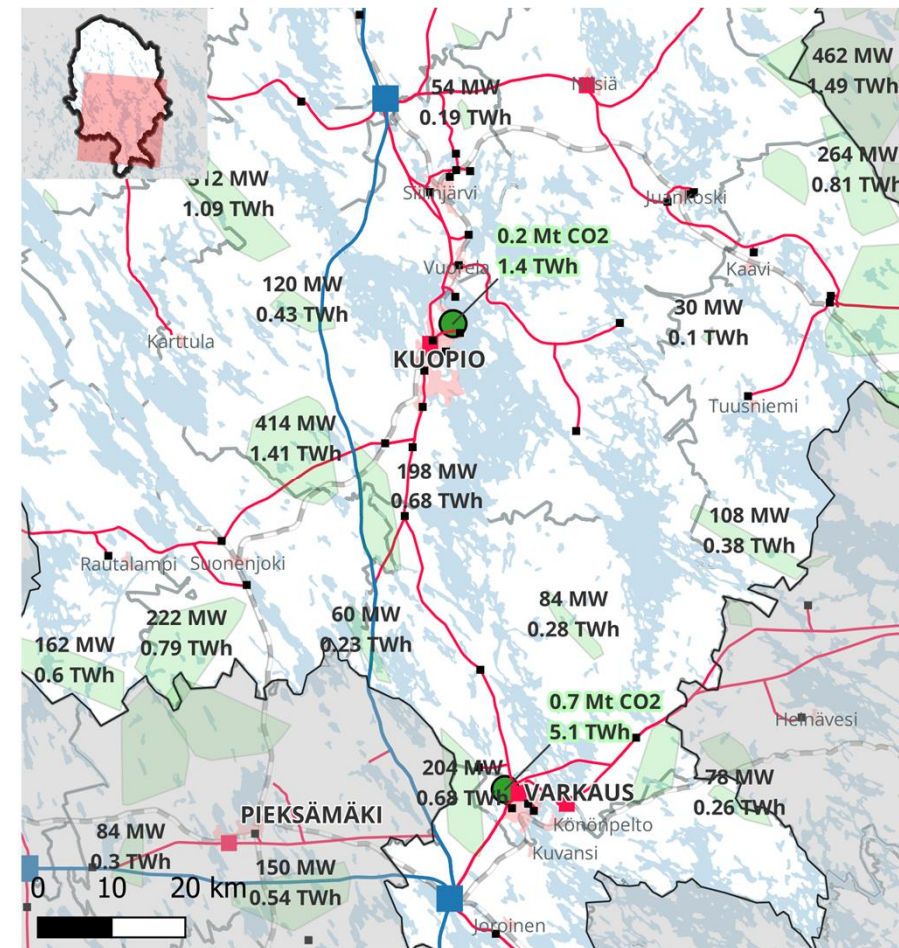
Pohjois-Savon liitto



Esimerkki: Pohjois-Savon vetylaakso selvitys

PtX laitosten sijoittuminen

- » Hiilidioksidin pistelähteet tyypillisesti suuria, joten sähköä/vetyä on kerättävä laajalta alueelta
 - » Kuvassa alueen merkittävimmät bio-hiilidioksidilähteet, sekä näitä lähellä olevat potentiaaliset tuulialueet
- » Sähkön tuotantoalueet kaupunkikeskittymien ja teollisuusalueiden ulkopuolella
- » Sivuvirtojen (lämpö, happi) hyödyntämisellä saavutettavissa kustannussäästöä
- » Lämpöä ei voida siirtää pitkiä matkoja, vaan se on hyödynnettävä paikallisesti (kaukolämpöverkot)
- » Hiilidioksidin sekä jalostettujen lopputuotteiden (metaani, metanoli, ammoniakki) kuljetus on usein teknisesti tuttua ja taloudellisesti edullista verrattuna vedyn kuljetukseen ja varastointiin.



Vetyä, virtaa Kaakkoon -hanke

- » Vetyä, virtaa Kaakkoon -hankkeen tarkoituksena oli edistää vetytalouden hyödyntämisen edellytyksiä sekä niihin pohjautuvan liiketoiminnan kehittymistä Suomessa ja erityisesti Itä- ja Kaakkois-Suomessa
- » Hankkeeseen osallistuivat: Lappeenrannan kaupunki, Imatran kaupunki, Kouvola Innovation Oy, Cursor Oy, LUT-yliopisto ja XAMK
- » Hankkeen tuloksena perustettiin Suomen vetylaakso ry, joka jatkaa uusiutuvan energian ja vetytalouden edistämistä <https://suomenvetylaakso.fi/>
- » Ramboll teki hankkeessa Lappeenrannan kaupungin tilauksesta: Vety- ja Power-to-X-hankkeet – Kaavoittajan ja hanketoimijan käsikirja <https://greenreality.fi/hankkeet/vetya-virtaa-kaakkoon>



Kuva 30: Menettely- ja lupaprosessin kehikko, josta säädetään eri laeissa ja asetuksissa.

Kuvan lähde: Vety- ja Power-to-X-hankkeet – Kaavoittajan ja hanketoimijan käsikirja

ALUEELLISIA SELVITYKSIÄ

- Carbon Negative Åland: Strategic Roadmap
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-752-5>
- Bothnian Bay Hydrogen Valley – Research report:
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-763-1>
- South-East Finland Hydrogen Valley – Research report:
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-335-852-2>
- Pohjois-Savon vetylaakso selvitys:
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-412-107-1>
- Etelä-Savon vetylaakso selvitys:
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-412-171-2>
- Vetyä, virtaa Kaakkoon hankemateriaalit:
<https://greenreality.fi/hankkeet/vetya-virtaa-kaakkoon>

