



**RAMBOLL**

Bright ideas.  
Sustainable change.

# Lappeenrannan vetyteollisuuden maankäytöllinen rakenneselvitys

Loppuraportti 26.2.2024



# Sisällys

1. Tavoite ja lähtökohdat
2. Tuotantolaitoksen ja varastoinnin sijoittumisen tarkastelukriteerit ja sijoituspaikat (kyllä- ja ei-analyysi)
3. Valittujen sijoituspaikkojen tarkempi tarkastelu
4. Johtopäätökset

Selvityksen ovat laatineet ins. AMK Henna Leppänen (projektipäällikkö, pääsuunnittelija), DI Kare Päätalo (asiantuntija), ins. AMK Helena Muukkonen (paikkatieto) Ramboll Finland Oy:lta. Selvityksen laatimiseen on osallistunut myös muita yrityksen asiantuntijoita.

# Työn tavoite ja lähtökohdat

Euroopan Unionin vetystrategian tavoite on nostaa globaalin vedyn tuotantoa merkittävästi ja vähäpäästöisesti vuoden 2019 tuotannostasosta, joka oli 200 megawattia, 40 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä. Vihreän vedyn käytön lisääminen on yksi keino saavuttaa Suomen hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi vedyllä on merkittävä rooli energian tuotannon vihreässä siirtymässä.

Tämän työn tarkoituksena on ollut laatia maankäytöllinen selvitys vetytalouden sijoittumismahdollisuuksista Lappeenrannan alueella. Maankäytöllisen rakenneselvityksen tavoitteena on mahdollistaa uusien energiamuotojen ja uudenlaisten vihreän siirtymän hankekokonaisuuksien sijoittuminen alueelle.

Maankäytöllisessä rakenneselvityksessä on kartoitettu alueen potentiaaliset sijoittumisalueet eri kokoisille vihreän siirtymän energiahankkeille perustuen paikkatietoanalyysiin. Tavoitteena on ollut etukäteen selvittää sijoittumismahdollisuuksia ja niiden reunaehdoja, ja tarjota mahdollisille toimijoille toteuttamiskelpoisia kohteita.

Yksikkö	Selite
°C	Lämpötila-aste, celsius
µS/cm	Mikrosiemensiä senttimetrillä, sähkönjohtavuuden yksikkö
m <sup>3</sup>	Kuutiometri
cm	Senttimetri
bar	Baari, paineen yksikkö
m/s	Metriä sekunnissa
kW/m <sup>2</sup>	Kilowattia per neliometri
kPa	Pascal, paineen yksikkö
m	Metri
km	Kilometri
Ha	Hehtaari
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
kWh	Kilowattitunti
TWh	Terawattitunti 1 TWh = 1 000 000 000 kWh
kW	Kilowatti
MW	Megawatti 1 MW = 1 000 kW
GW	Gigawatti 1 GW = 1 000 MW = 1 000 000 kW

Taulukko 1. Raportissa käytettävien lyhenteiden selitteet.

# Vedyn ominaisuudet ja käyttökohteet

## Vedyn ominaisuuksia: (1)

- Vety on väritön, hajuton ja erittäin helposti syttyvä kaasu.
- Puhdas vety ei itsessään ole myrkyllistä, mutta suurina määrinä hengitettynä se voi korvata hapen osuuden keuhkoissa, jolloin se voi aiheuttaa äkillisen tukehtumisen.
- Vedyllä ei ole todettu olevan haitallisia vaikutuksia ympäristöön.
- Vedyllä (H<sup>2</sup>) on useita eroja verrattuna maakaasuun (CH<sup>2</sup>): vety on reaktiivisempaa, huonommin havaittavissa ja selkeästi kevyempää.

## Vedyn nykyiset käyttökohteet:

- Kemianteollisuus, kuten ammoniakkin ja metaanin/metanolin tuotanto (Haber-Bosch prosessi)
- Öljynjalostus

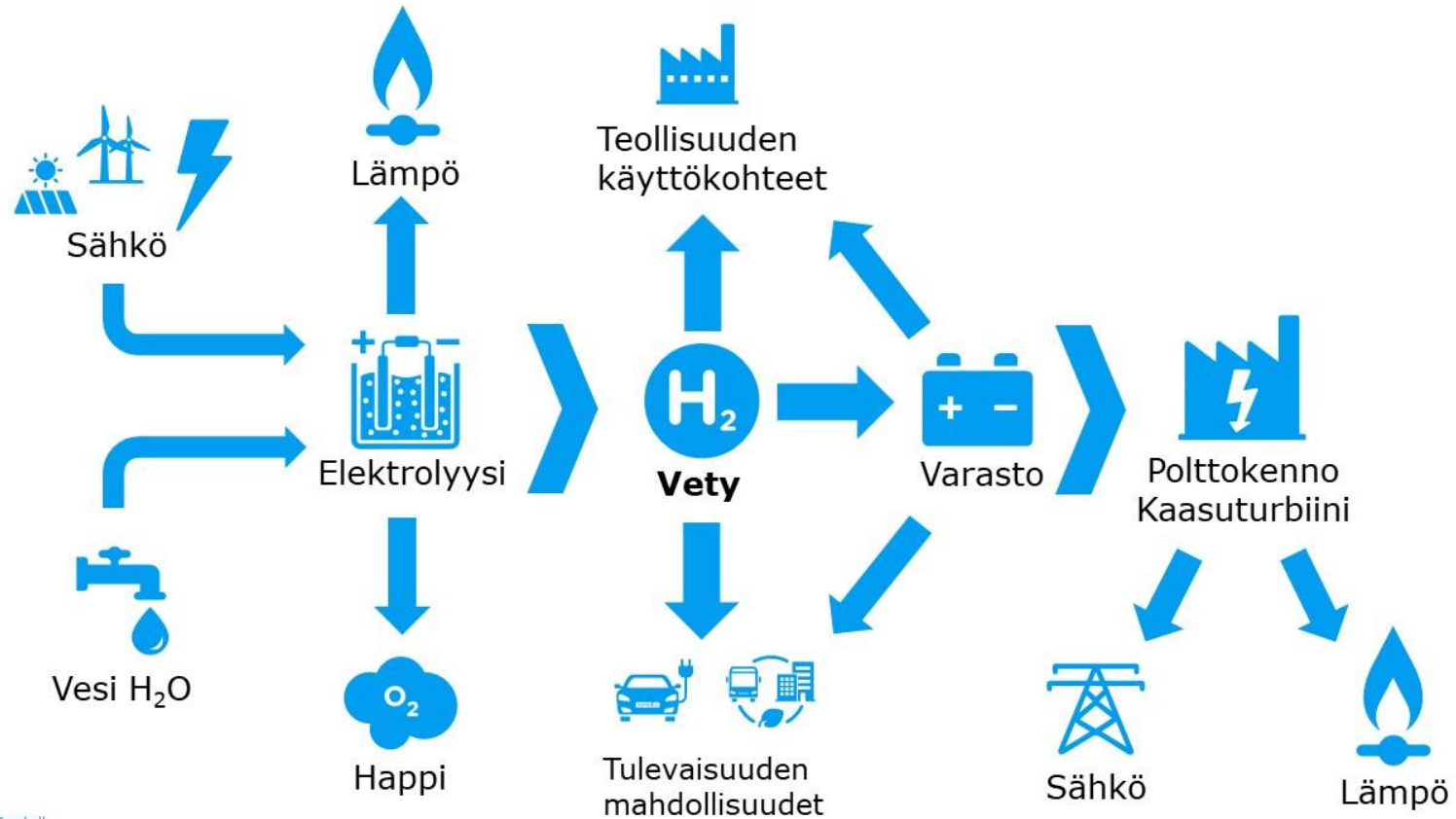
## Tulevaisuudessa vetyä voidaan hyödyntää myös muun muassa:

- Teollisuudessa, kuten terästeollisuudessa raudan suorapelkistyksessä (fossiilivapaa teräs)
- Jatkojalostaa esim. vähäpäästöisen liikenteen polttoaineeksi
- Energian varastoinnissa
  - Vetyä ei *tällä hetkellä* kannata varastoida energiavarastona huonon hyötysuhteen takia. Vedyn tuotannon hyötysuhde elektrolyysillä on tällä hetkellä noin 60–80 %. (2, 3) Mikäli vedystä tuotetaan sähköä polttokennolla tai kaasuturbiinilla, hyötysuhde on arviolta 45–55 %. Tällöin kokonaishyötysuhde on noin 20–40 %. Myös katalyytin korkea hinta nostaa polttokennon kustannuksia huomattavasti.

<b>Vihreä vety</b>	Vety tuotetaan <b>vedestä elektrolyysillä</b> , jonka tarvitsema energia saadaan <b>uusiutuvista</b> lähteistä (kuten aurinko-, tuuli- tai vesivoima).
<b>Pinkki/violetti vety</b>	Vedyn tuotannon tarvitsema energia tuotetaan <b>ydinenergialla</b> . Ydinvoimaa voidaan hyödyntää joko sähkön (tavanomainen elektrolyysi), lämmön tai molempien muodossa. Ydinvoimasta (GEN IV tyyppillisistä reaktoreista) saatavalla lämmöllä voidaan tuottaa kuumaa vesihöyryä, josta saadaan kiinteäoksidi-elektrolyysissä (SOEC) vetyä.
<b>Turkoosi vety</b>	<b>Fossiilista raaka-aineista</b> , kuten <b>maakaasusta, pyrolyysillä tuotettu</b> vety, jossa sivutuotteena syntyy hiilimustaa. Turkoosi vety voi olla lähes päästötöntä, jos prosessiin käytettävä energia on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä.
<b>Sininen vety</b>	<b>Fossiilista raaka-aineista tuotettu</b> vety, jonka <b>hiilidioksidipäästöjä pyritään vähentämään</b> hiilen talteenotolla ja varastoinnilla.
<b>Harmaa vety</b>	<b>Kivihiilestä, maakaasusta tai metaanista höyryreformoinnilla tuotettu vety</b> . Höyryreformointi on tällä hetkellä globaalisti tuotetun vedyn päätuotantotapa ja se tuottaa CO <sub>2</sub> -päästöjä noin 800 miljoonaa tonnia vuosittain.

Taulukko 2. Vedyn hiilineutraalisuutta luokitellaan sen tuotantomuodon mukaan (2)

# Vihreän vedyn kierto yhteiskunnassa tuotannosta käyttöön



Ramboll

# Vedyn nykyinen käyttö ja mahdollisuudet

Vety on jo nyt yleinen raaka-aine erityisesti teollisuudessa:

- Yli 99 % globaalisti tuotetusta vedystä on tuotetaan fossiilista raaka-aineista ja vain alle 1 % on elektrolyysillä tuotettua vähäpäästöistä vetyä. <sup>(4)</sup> Nykypäivänä taloudellisesti edullisin menetelmä on tuottaa vetyä höyryreformoinnilla. <sup>(5)</sup>
- Elektrolyysi yhdistettynä tuuli- tai aurinkovoimaan vaikuttaisi olevan vielä toistaiseksi tuotantovaihtoehtoista kalliimpaa kuin vedyn tuotanto höyryreformoinnilla johtuen elektrolyysin suuresta sähkön tarpeesta. Kuitenkin elektrolyysin etuja ovat muun muassa raaka-aineiden parempi saatavuus ja sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuudet.

Vedyn vuotuinen tuotanto Suomessa vuonna 2020 oli noin 145 000 tonnia eli noin 5 TWh, joka vastaa 1,5% Euroopassa tuotetusta vedystä. <sup>(24)</sup>

- Vedyllä on mahdollista saada jopa 1 500 MW joustoenergiaa esimerkiksi sähkön saatavuuden ja kulutuksen tasapainottamiseen ja sähköjärjestelmän tasapainon ylläpitämiseen esimerkiksi lyhytaikaisella vedyn varastoinnilla ja 50% käyttöajalla.
- Vety toimii myös mahdollistajana kasvihuonepäästöjen merkittävässä vähentämisessä energiasektorin lisäksi liikennesektorilla ja teollisuudessa.

Euroopan Unionin tavoite globaalin vedyn suhteen on nostaa vähäpäästöisen vedyn tuotantoa elektrolyysillä 40 GW vuoteen 2030. Globaali vedyn tuotanto elektrolyysillä vastasi noin 200 MW sähkötehoa vuonna 2019. Tavoitteena on siis todella nopea kasvu. Lisäksi vihreän vedyn käytön lisääminen on yksi keino saavuttaa Suomen hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä. Vedyllä on lisäksi merkittävä rooli vihreässä siirtymässä säätövoiman muodossa.

- Euroopan unionin tavoite on kasvattaa vedyn tuotantoa elektrolyysillä todella nopeasti, 40 GW:iin vuoteen 2030 mennessä.

# Vedyn nykyinen käyttö ja mahdollisuudet

## European Hydrogen Backbone (EHB) –analyysi: <sup>(6)</sup>

- Vedyn rooli on tärkeä erityisen liikenteen hiilineutraalisuuden saavuttamisessa, teollisuudessa sekä energianvarastoinnissa, sillä tulevaisuudessa vedyn kysynnästä vajaa kolmannes arvioltaan kohdistuu sähköntuotantoon energian varastoinnin muodossa.
- EHB-ryhmä on tehnyt oman analyysin kansainvälisestä vetyverkoston kehityksestä vuosiin 2030, 2035 ja 2040 mennessä.
- **Vedynsiirtoverkosto** on olennainen tekijä vetymarkkinan luomisessa ja verkoston on arvioitu kulkeutuvan Suomeen etelästä sekä länsirannikkoa pitkin Perämerelle asti, josta verkosto hajaantuisi mantereelle.
- Analyysin mukaan kysyntää vastaava vetymäärä on mahdollista tuottaa uusiutuvista energianlähteistä ja vähähiilistä vaihtoehdoista.

## Kansallinen vetyverkosto –hanke: <sup>(7)</sup>

- Vetytalouden valtava potentiaali on tunnistettu kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. Suomen kestävän kasvun ohjelman yhtenä keskeisenä tavoitteena on nostaa Suomi maailman kärkimaaksi vety- ja kiertotaloudessa.
- Raahen seudun kehitys on toteuttanut Kansallinen vetyverkosto –hankkeen (toimikausi 1.10.2021 – 31.12.2023), jonka tavoitteena on ollut kerätä ja jakaa paikallisissa vetyhankkeissa kertyvää tietoa ja osaamista alueiden välillä. Myös Lappeenrannan kaupunki osallistui hankkeeseen.
- Kansallisen kilpailukyvyyn näkökulmasta globaalin vetytalouteen liittyvien mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää aluelähtöisiä toimenpiteitä.
- Hankkeessa tuettiin kansallisesti liiketoimintamahdollisuuksia vetytalouden eri osa-alueilla ja aloitettiin paikallisesti maankäytöllinen varautuminen vetyekosysteemin edistämiseen.

- Osoitteessa <https://ehb.eu/page/european-hydrogen-backbone-maps> voi tutkia nykyistä vetyteollisuuden infrastruktuuria ja lähivuosisikymmenten tavoitetilaa Euroopassa.

# Vedyn tuotantolaitosten sijoittaminen

**Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) on julkaissut uuden Vedyn käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus –raportin 23.1.2024. Raportti on luettavissa TUKES:n nettisivuilla. Oppaassa TUKES määrittää vedyn tuotantolaitoksen sijoittamisen suunnittelusta seuraavaa:**

- Suunnittelun tarkoitus on **välttää ja minimoida mahdollisen onnettomuuden vaikutukset** kohteen läheisyydessä olevalle muulle toiminnalle.
- Sijoituksessa suhteessa ulkopuolisiin kohteisiin **huomioidaan erityisesti ns. herkät kohteet**, kuten hoitolaitokset, koulut, päiväkodit, liikekeskukset jne.
- Epätodennäköisiä onnettomuuksia ei tarvitse ottaa huomioon tuotantolaitoksen sijoitusta koskevia suojaetäisyyksiä määritettäessä.
- Vedyn tuotantolaitoksen sijoittamisessa oleellimmat huomioitavat asiat ovat vedyn paine ja varastointimäärä ja näistä aiheutuvat onnettomuusriskit.
  - pistoliekin pituus ja sen aiheuttama lämpösäteilyvaikutus
  - syttymättömän, mutta konsentraatioiltaan syttymiskelpoisen vetyilven koko
  - räjähdysten (VCE tai Jet explosion) lämpösäteily- ja painevaikutukset.
- Mallinnettavaksi valitaan myös onnettomuusskenaario, jossa vetyputken vuotoaukon koko on 10 % putken poikkipinta-alasta kansainvälisen käytännön mukaisesti. Onnettomuuden seurausten arviointia varten mallinnetaan vuoto putkesta, jonka poikkipinta-ala on suurin sekä putkesta, jossa on korkein paine.
- Vetylaitosta tai -jakeluasemaa ei saa sijoittaa ilmajohtojen alle.

Tuotantolaitoksen toimintojen sijoitteluun Tukes on antanut erikseen ohjeita, jotka tulee ottaa huomioon jatkosuunnittelussa.



# Vedyn tuotanto

# Vedyn tuotanto

## Elektrolyysi

Vedyn erotus- tai tuotantomenetelmiä on useita. Täysin päästötöntä, vihreää vetyä, tuotetaan elektrolyysin avulla. Elektrolyysillä tuotettu vety on vihreää vetyä, mikäli elektrolyysiin tarvittava sähkö on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä. Nykyisin yleisin vedyntuotantomenetelmä on höyryreformointi. <sup>(25)</sup>

Elektrolyysissä vesimolekyylit hajotetaan sähkön avulla hapeksi ja vedyksi. <sup>(3, 25)</sup>

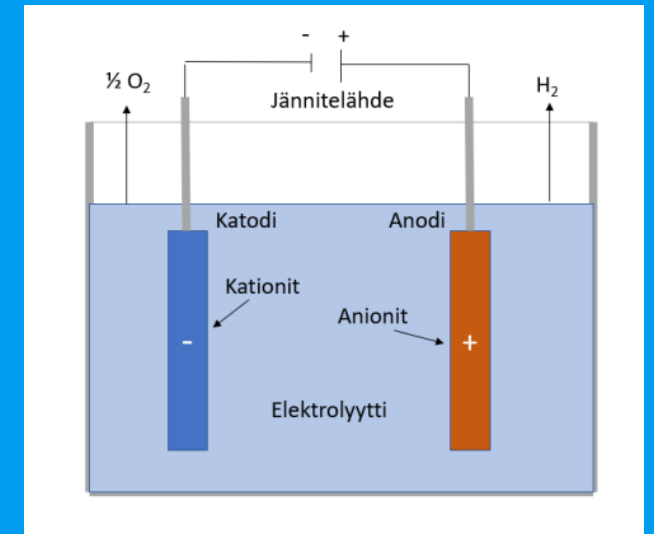
- **Prosessi tarvitsee raaka-aineeksi vettä sekä energialähteeksi sähköä.**
- Prosessi kuluttaa paljon sähköä, tyypillisesti kertaluokkaa 55 kWh/kg vetyä
- Elektrolyysin sivutuotteena syntyy happea, jota voidaan hyödyntää muissa prosesseissa.
- Elektrolyysi on prosessina hyvin endoterminen eli prosessissa syntyy lämpöä.
- Tyypillisesti elektrolyysiyksikkö tai elektrolyysiaattori sisältää katodin ja anodin upotettuna elektrolyyttiin.
- Elektrolyysimenetelmiä on olemassa tällä hetkellä kolme eri tyyppiä: alkalielektrolyysi, protonielektrolyysi (PEM) ja höyryelektrolyysi. <sup>(8)</sup>

- Fingridin mukaan kantaverkon voimajohtoihin on mahdollista liittää yhdellä voimajohtoliitännällä 60MW kulutusta / tuotantoa.
- Kytkinlaitosliitännät suunniteltava 110 kV jännitetasolle 250 MW saakka.
- Yli 250 MW liitännät tulee suunnitella liitettäväksi 400 kV tasolle

	30 MW	60 MW	100MW
<b>Vedyn tuotanto</b>	7 600 t/a	15 200 t/a	25 000 t/a
<b>Vedenotto</b>	85 000 m <sup>3</sup> /a	170 000 m <sup>3</sup> /a	283 000 m <sup>3</sup> /a

**Taulukko 3. Vedyn tuotannon reunaehdot elektrolyysin tehoon perustuen (suunnitteluarvioita). Veden ja sähkön tarve määritellään tarkemman suunnittelun yhteydessä.**

- Vedyn tuotannon kriittiset reunaehdot ovat **puhdistettu vesi ja sähkö.**



Periaatekuva vedyn tuotantoon käytettävästä elektrolyysikennosta. <sup>(8)</sup>

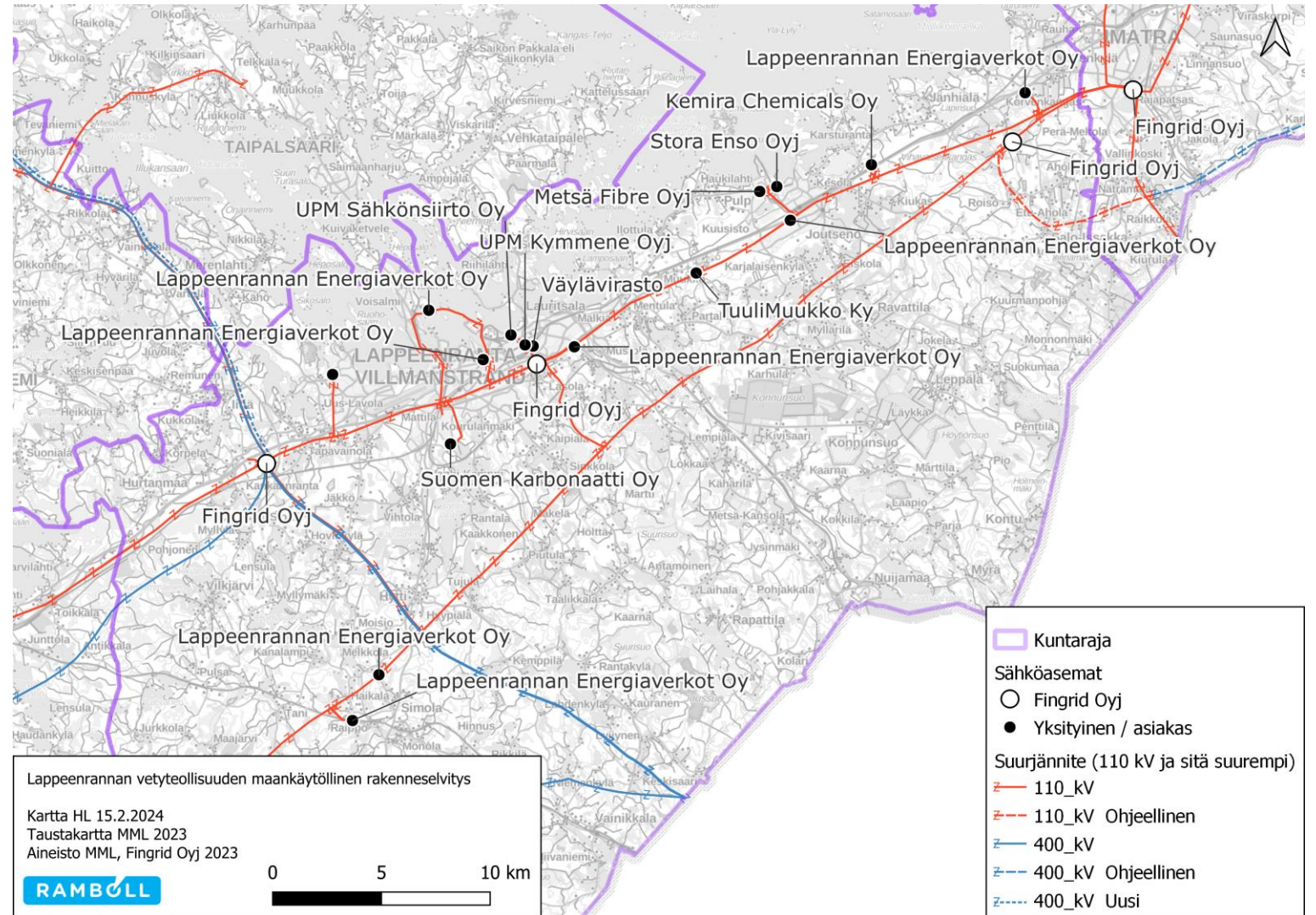
# Sähkön saatavuus

## Sähköverkko Kaakkois-Suomessa

- Kaakkois-Suomen alueen kantaverkko on kehittynyt energiaintensiivisen teollisuuden, ydinvoiman ja vesivoiman ympärille.
  - Alueella paljon metsäteollisuutta, lisäksi alueella on metalli-, kaivos- ja kemianteollisuuden tuotantolaitoksia.
  - Teollisuuden rakennemuutos on tuonut suuria epävarmuuksia kuormien kehitykseen.
  - Alueen vesivoima on sijoittunut pieniin yksiköihin eri puolille suunnittelualuetta, poikkeuksena Suomen suurin, lähes 200 MW vesivoimalaitos Imatralla.
  - Loviisan ydinvoimalasta on yhteys Korian muuntoasemalle. Lisäksi alueella on sähköä ja kaukolämpöä tuottavia laitoksia sekä teollisuuden yhteydessä olevaa yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa.
  - Kaakkois-Suomen alue liittyy 400 kV päävoimansiirtoverkkoon Korian, Kymin ja Yliskälän 400/110 kV muuntoasemilla.
  - Kaakkois-Suomesta on kolme 400 kV siirtoyhteyttä Venäjälle: kaksi voimajohtoa Yliskälästä ja yksi Kymin muuntoasemalta.
- Kaakkois-Suomen verkkoon investoitiin paljon 2000-luvulla, jolloin sähkönkulutus kasvoi voimakkaasti etenkin teollisuudessa: voimajohtoyhteyksiä rakennettiin ja uusittiin, sekä tehtiin kapasiteettilisäyksiä alueen sähköasemille.<sup>(20)</sup>
  - Fingrid on toteuttanut Lempiälä-Imatra johtohankkeen ympäristövaikutusten arvioinnin täydentämisen v. 2005. Yhtiö on valinnut jatkosuunnitteluun **vaihtoehdon A ja uuden sähköaseman paikaksi Joutsenon (Vuoksi)**.<sup>(21)</sup>
  - Alueen sähköverkossa on kehittämistarpeita lähivuosisikymmeninä: Kaakkois-Suomeen toteutetut investoinnit ovat luoneet siirtokyvyltään ja käyttövarmuudeltaan riittävän verkon alueelle.
  - Tällä hetkellä alueella on suunnitteilla isoja kulutushankkeita, jotka mahdollisesti vaativat uusia investointeja kantaverkkoon.
  - Tarvittavat investoinnit täsmentyvät hankkeiden edetessä toteutukseen.<sup>(25)</sup>

# Sähköasemat

- Kartalla on esitetty tarkastelussa huomioidut sähköasemat.





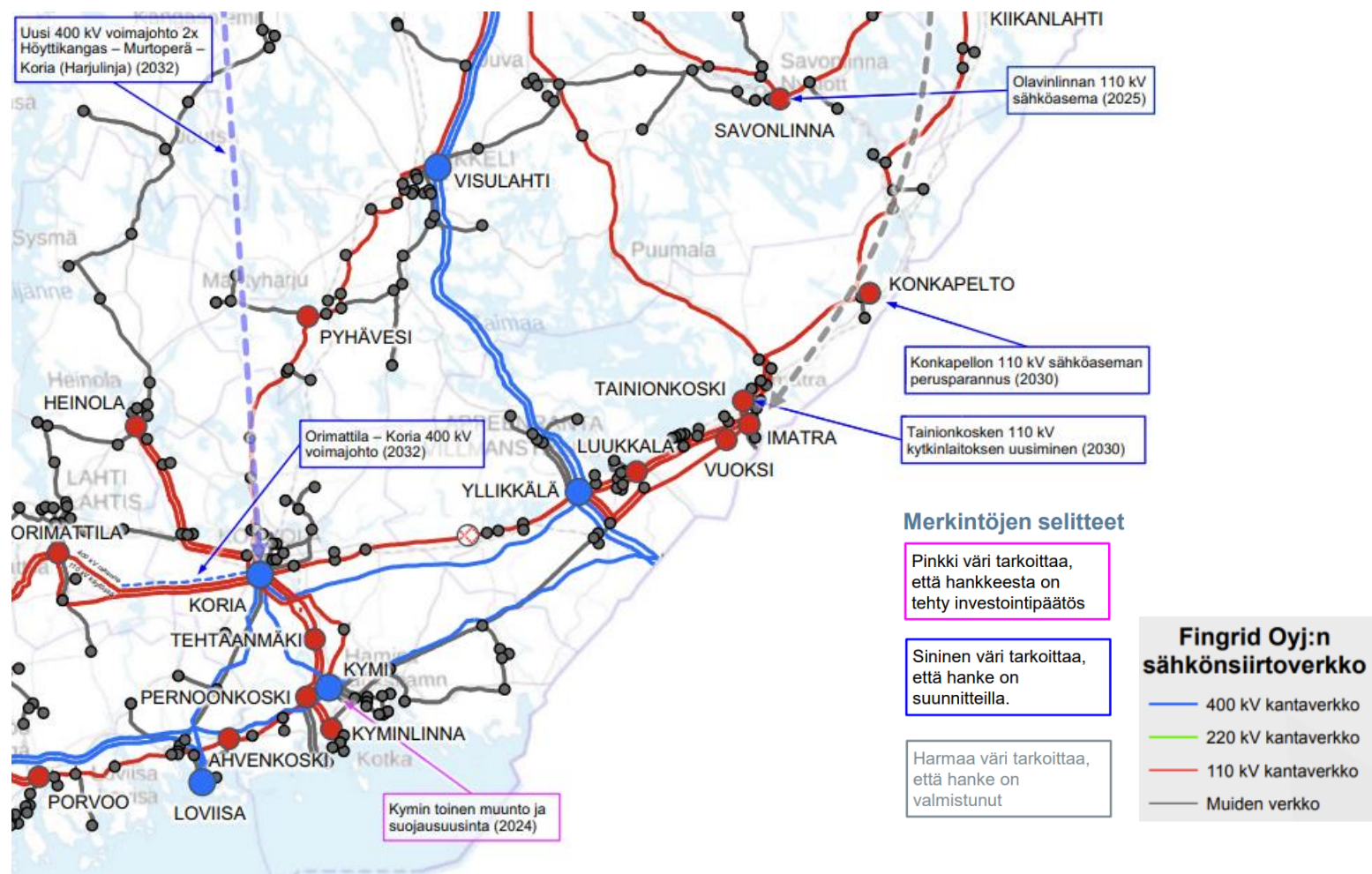
# Sähköverkko

## Fingrid, Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033

- Kantaverkon kehittämissuunnitelmassa esitetään Fingridin kantaverkon kehitystarpeet ja suunnitellut investoinnit seuraavalle kymmenelle vuodelle.
- Myös sähkömarkkinalaki edellyttää kehittämissuunnitelman laatimista.
- Kehittämissuunnitelma perustuu asiakastarpeiden, sähkömarkkinoiden, kantaverkon kunnan ja siirtotarpeiden mukaan laadittuihin verkkosuunnitelmiin.
- Suunnitelmassa on huomioitu myös Itämeren alueen kehittämissuunnitelma sekä koko Euroopan laajuinen kymmenvuotinen verkkosuunnitelma.
- Kehittämissuunnitelma toimii Suomen osalta myös pohjana EU:n laajuisen verkon kehittämissuunnitelman laatimisessa.
- Kantaverkon kehittämissuunnitelma julkaistaan joka toinen vuosi.
- Verkkosuunnitelmien lisäksi dokumentissa kuvataan kantaverkon kehittämisprosessia, toimintaympäristön muutoksia ja suunnittelun taustoja.
- Kantaverkon kehittämissuunnitelma on tämän hetken paras näkemys Fingridin tulevista verkkovahvistuksista.
- Fingridin investointisuunnitelmaa päivitetään jatkuvana prosessina muuttuvan toimintaympäristön mukaisesti.

# Sähköverkko

Fingrid, Kantaverkon kehittämissuunnitelma, Kaakkois-Suomi, 2024-2033



## Voimajohtohankkeet

Uusi 400 kV Harjulinja Höyhtikankaan ja Pysäysperän sähköasemilta Pyhäjärven kautta Etelä-Suomeen on arvioitu valmistuvan vuonna 2032. Länsi-itäsuuntaisen siirtotarpeen lisääntymiseen on pitkällä aikavälillä tarpeen varautua 400 kV yhteydellä Orimattilan ja Korian sähköasemien välille.

## Sähköasemahankkeet

Alueen kulutuksen kasvun seurauksena Kymin sähköasemalle lisätään toinen päämuuntaja vuonna 2024. Samalla asemalle tehdään toisilaitteiden uusinta. Vuonna 2030 uusitaan Tainionkosken 110 kV sähköasema kuntoperusteisesti ja Konkapellon 110 kV sähköasema perusparannetaan.

# Sähkön saatavuus

## Tuulivoima

- LUT yliopisto on tutkinut HYGCEL (*Hydrogen and carbon value chains in green electrification/Vihreään sähköistymiseen pohjautuvat uudet arvoketjut*) -tutkimuksen yhteydessä Suomen tuulivoimapotentiaalia erilaisten skenaarioiden avulla, keskeisimpänä muuttujana tuulivoiman etäisyys asutuksesta.
- Paikkatietopohjaisen tarkastelun pohjalta Etelä-Karjalan, Kymenlaakson ja Etelä-Savon alueella tuulivoimapotentiaalia on noin 13 TWh verran, josta Etelä-Karjalan osuus on 7 TWh.
- Tutkimus on teoreettinen, mutta antaa viitteitä siitä, että myös Itä-Suomeen on mahdollista kehittää tuulivoimaa, mikäli pystytään kehittämään ratkaisuja tuulivoiman aiheuttamiin häiriöihin Puolustusvoimien tutkajärjestelmiin.<sup>(22)</sup>
- Tällä hetkellä teknistä ratkaisua ei ole, vaan sähkö täytyy tuoda alueelle sähkönsiirtolinjoja pitkin. Ratkaisujen löytäminen vaatii selvitys- ja tutkimustyötä, mutta itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen tehostamiseen on mahdollista löytää ratkaisuja tulevaisuudessa.<sup>(23)</sup>

# Vedyn tuotanto

## Veden laadun vaatimukset

- Elektrolyysi käyttää raaka-aineena vettä.
- Tarvittavan **veden määrä riippuu valittavasta elektrolyysimenetelmästä, valitusta laitteistosta sekä tuotettavan vedyn määrästä.**

Esimerkki tarvittavan veden määrän laskemisesta:

- Valitaan elektrolysaattoriksi Nel A485. <sup>(9)</sup>
- Jos halutaan tuottaa 1 normaalikuutiometri (1 Nm<sup>3</sup>) vetyä, tarvitaan noin 0,9 litraa vettä.
  - Vedyn määrä ilmoitetaan normaalikuutiolina (yksikkö Nm<sup>3</sup>), joka tarkoittaa yhtä kuutiota normaalissa ilmanpaineessa 101,3 kPa ja lämpötilassa 0 °C.
- Yksi elektrolysaattori voi tuottaa vetyä enintään noin 485 normaalikuutiota (Nm<sup>3</sup>) tunnissa, jolloin vettä tarvitaan enintään noin 440 litraa tunnissa.
- Jos vetyä tarvitaan noin 120 000 normaalikuutiota tunnissa, tarvitaan tällöin noin 250 elektrolysaattoria.  
→ 250 elektrolysaattoria vaatisi vettä enintään noin 110 000 litraa tunnissa, joka vastaa 110 kuutiota (m<sup>3</sup>).

**Elektrolyysiin syötettävä vesi tulee puhdistaa epäpuhtauksista ennen prosessiin syöttämistä:** <sup>(10)</sup>

- Tällöin vältetään muun muassa mineraalien kertyminen elektrolysaattoriin sekä ei-toivotut sähkökemialliset reaktiot.
- Syöttöveden sähkönjohtavuuden tulee olla hyvin matala, alle 1 mikrosiemensia senttimetriltä (µS/cm).  
Vertailukohteena juomaveden sähkönjohtavuuden laatuvaatimus on noin 2500 µS/cm. <sup>(11)</sup>

**Kun arvioidaan vedyn tuotannon vaatimaa pinta-alarvetta, tulee huomioida todennäköinen tarve veden puhdistusprosessille, jotta voidaan taata veden laatuvaatimukset täyttävän veden saanti.**



# Vedyn tuotanto

## Hapen muodostuminen ja varastointi

Elektrolyysissä muodostuu *massaltaan* happea noin yhdeksänkertaisen määrä vetyyn verrattuna, mutta muodostuneen hapen *tilavuus* on puolet vedyn tilavuudesta samassa paineessa.

- Eli noin 1 kg vetyä kohti muodostuu noin 9 kg happea. Kun tuotetaan 1 000 kg vetyä, niin muodostuu samalla noin 9 000 kg happea.

Puolestaan, kun tuotetaan 1 500 m<sup>3</sup> normaalipaineista vetyä, niin happea muodostuu normaalipaineessa noin 750 m<sup>3</sup>.

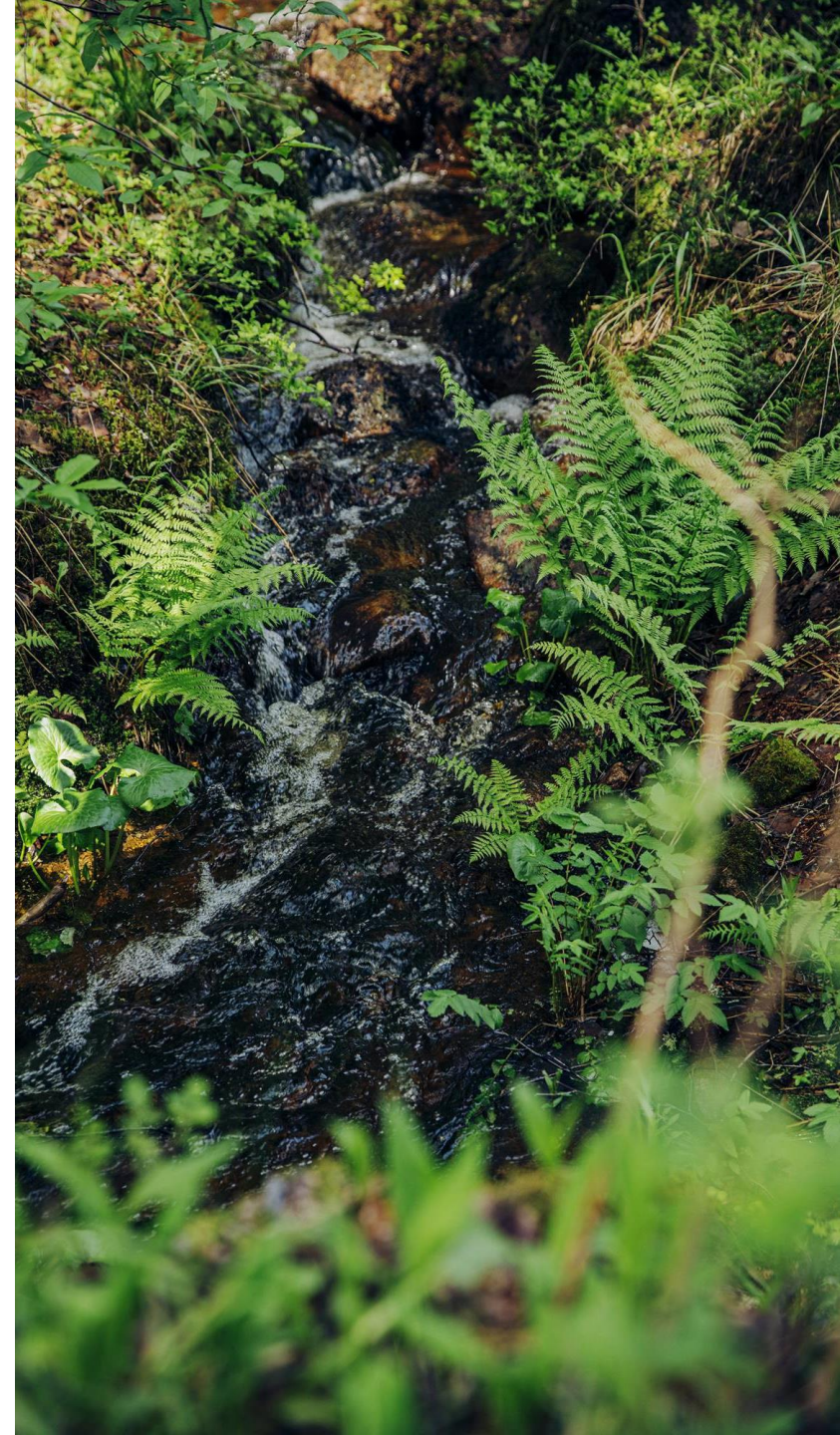
Happea käytetään muun muassa hitsauksessa ja leikkauksessa, erilaisissa polttoprosesseissa happipitoisuuden nostossa ja otsonin valmistuksessa.

Vaihtoehtoja vedyn tuotannossa muodostuvalle hapen laajamittaiselle käytölle on tarpeen selvittää.

Hapen varastoinnin vaatimukset: <sup>(12)</sup>

- Happi on voimakas hapetin ja normaalioloissa stabiili, mutta vaihtelevissa lämpötiloissa muodostaa useimpien alkuaineiden kanssa yhdisteitä, yleisimmin oksideja.
- Tulee käsitellä erillään syttymis- ja lämpölähteistä.
- Varastointi viileässä kuivassa ja suojassa auringonvalolta erillään yhteensopimattomista materiaaleista, kuten palavista kaasuista.

**Kun arvioidaan vedyn tuotannon vaatimaa pinta-alatarvetta, tulee huomioida tarve hapen väliaikaiselle tai mahdollisesti myös pitkän aikavälin varastoinnille sekä mahdolliset suojarakenteet hapen varastoinnille.**



# Vedyn tuotanto

## Jäähdytystarve

Vedyn tuotanto elektrolyysillä tuottaa sivutuotteena myös lämpöä. Elektrolyysissä muodostuvan lämmön määrä riippuu muun muassa valittavasta elektrolyysimenetelmästä sekä laitteistosta.

Elektrolyysin hyötysuhdetta voidaan parantaa ottamalla syntyvä lämpö talteen ja hyödyntämällä esimerkiksi kaukolämpöverkossa. <sup>(2)</sup>

# Vedyn tuotanto

## Suojaetäisyyden määrittäminen

Tukesin ohjeistuksen mukaan tuotantolaitos on sijoitettava sellaiselle etäisyydelle asuinalueista, yleisessä käytössä olevista rakennuksista ja alueista, kouluista, hoitolaitoksista, teollisuuslaitoksista, varastoista, liikenneväylistä sekä muusta ulkopuolisesta toiminnasta niin, että ennalta *mahdollisiksi arvioitavat* räjähdykset, tulipalot ja kemikaalipäästöt eivät aiheuta henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkojen vaaraa näissä kohteissa. Vedyn tuotantolaitokselle ja varastoinnille ei ole määritetty vakioetäisyyttä suoja- ja vaaraetäisyyksiksi, vaan tuotantolaitoksen sijoittuminen tulee arvioida riskinarvioinnin ja onnettomuusskenaarioiden avulla. Etäisyysvaatimukset eroavat riippuen kohteesta, kuten etäisyys herkkiin kohteisiin tai toisiin teollisuuslaitoksiin. Vedyn siirtoputkistoa koskevan lainsäädännön soveltamisesta saa lisätietoa Tukesilta.

Porvoon kaupungin teettämässä selvitystyössä suuronnettomuuksien huomioimisesta maankäytön suunnittelussa ja siinä esitetyjä suuronnettomuusskenaarioissa arvioitiin vedyn tuotantolaitoksen konsultointietäisyydeksi 500 metriä.<sup>(13)</sup> Porvoon teollisuusalueella on öljyjalostamo- ja petrokemianteollisuuden kokonaisuus. Yritykset käsittelevät, varastoivat ja vastaanottavat vaarallisia kemikaaleja. Alueella on myös sekä vetylaitos että CO<sub>2</sub>-talteenottolaitos. Selvitys koski yhteensä kahdeksan yrityskohteen vaarallisten kemikaalien käsittelyä. On huomioitavaa, että konsultointivyöhyke ei kuvaa varsinaisesti onnettomuusvaaran vaaraetäisyyttä vaan yleisesti aluetta, jossa on vaaran mahdollisuus.

Tarkastelun yhtenäistämiseksi vedyn tuotantolaitokselle valitaan suojaetäisyys, joka vastaa vedyn varastoinnille määritettyä suojaetäisyyttä. Suojaetäisyyteen vaikuttaa valitut onnettomuusskenaariot. Työssä on valittu onnettomuusskenaariot, jotka perustuvat kohtuullisen pienelle vedyn varastointimäärälle. Seuraavilla sivuilla on avattu vedyn varastoinnin riskeihin vaikuttavia tekijöitä.

# Vedyn siirto ja varastointi



# Vedyn varastointi

Vedyn suurimpia haasteita ovat sen kemiallisesta luonteesta johtuen varastointi ja siirto. Vetyä voidaan varastoida maanalaisiin suolaesiintymiin, mutta myös kallioluoliin. Varastointi voi tapahtua myös ammoniakkinä, nestemäisenä vetynä tai nestemäisinä orgaanisina yhdisteinä.

Pienempien määrien varastointiin soveltuvat parhaiten paineistetut säiliöt, joissa vety on kaasumaisessa muodossa. Vedyn varastoinnin vaatimukset ovat tällöin: <sup>(1)</sup>

- Varastointi viileässä, kuivassa, auringonvalolta suojattuna, hyvin tuuletetussa paikassa ja paloturvallisessa paikassa.
- Varastointi erillään syttymislähteistä, kuumista höyryputkista ja muista lämpölähteistä, palavista aineista ja yhteensopimattomista aineista.
- Vety ei saa olla kosketuksissa valurautaosien kautta, koska vedyllä on taipumus suotatutua valurautakappaleiden seinien läpi.

- Tässä selvityksessä on keskitytty skenaarioihin, joissa valmistettu vety hyödynnetään käyttöä varten paikan päällä (sis. syötön kaasuverkostoon).
- Selvityksessä olettamana on, että vedyn varsinainen loppukäyttäjä (teollisuus) arvioi omaa prosessiaan varten välivarastoinnin tarpeen ja huomioi sen oman hankkeensa teknisessä suunnittelussa.

# Vedyn varastointi

## Suojaetäisyyden määrittäminen

Kun valitaan vedyn varastoinnin tapa ja kapasiteetti, on huomioitava

- miten pitkän ajan tuotanto on pystyttävä varastoimaan (tunnit – viikot) sekä,
- missä muodossa vetyä varastoidaan. Vetyä voidaan varastoida paineistettuna, tai nesteytettynä.

### 1. Paineistettu vety

- Korkea paine (suuruusluokka 200–300 bar) → korkeammat vaarat
- Taloudellisempi vaihtoehto, vain 10 % hukkaenergiaa paineistukseen.
- Pienempi vedyn tiheys säiliössä, tarvitaan tilavuudelta **enemmän** varastointikapasiteettia

### 2. Nesteytetty vety

- Matalampi paine (suuruusluokka 20 bar) → merkittävästi pienemmät vaarat
- Nesteytykseen menee 40 % hukkaenergiaa
- Ylläpidettävä hyvin matalaa lämpötilaa
- Suurempi vedyn tiheys säiliössä, tarvitaan tilavuudelta **vähemmän** varastointikapasiteettia

Säiliöiden määrä ja koko

- Useamman säiliön kohdalla investointikustannukset suuremmat kuin yhdellä isolla säiliöllä, mutta riskit ovat pienemmät, jos varastointi tehdään useammassa säiliössä (tai sylinterissä, jos varastointimäärä on tarpeeksi pieni).

- **Vetyä voidaan varastoida monilla eri tavoilla ja erilaisilla volyymeilla. Tämän selvityksen pohjana on käytetty oletusta vedyn varastoinnista paineistettuun säiliöön.**
- Työssä määritettiin mahdolliset onnettomuuskenaariot varastoinnille perustuen työryhmän asiantuntija-arviona tehtyyn näkemykseen siitä, millaisia vetyteollisuuden tuotantokokonaisuuksia Lappeenrannan kaupungin alueella on mahdollista toteuttaa.
- Vedyn varastointia rajattiin kohtuullisen pieneen määrään. Tällöin myös mahdollisten onnettomuuksien riskejä pystytään rajaamaan tehokkaasti.

# Vedyn varastointi

## Suojaetäisyyden määrittäminen

Selvityksessä yhteydessä mallinnettiin vedyn varastoinnin syttymis- ja räjähdysvaaralliset etäisyydet.

Mallinnetut vaaraa aiheuttavat skenaariot:

1. Vuoto ja vetykaasun purkautuminen ilman välitöntä syttymistä, jolloin vetyä leviää ympäristöön  
→ **Syttymis- ja räjähdysvaara etäämmällä**
2. Vuoto ja vetykaasu syttyy palamaan, jolloin muodostuu pitkä liekki  
→ **Lämpösäteilyn vaikutukset**
3. Vuoto ja vetykaasun purkautuminen, joka räjähtää minuutin kuluttua  
→ **Räjähdyksen ylipaineen vaikutukset**

- Suojaetäisyyden määrittämiseksi on mallinnettu erilaisia onnettomuustilanteita. Mallinnukset on laskettu HyRAM+-ohjelmistolla (Sandia National Laboratories, U.S. Department of Energy's National Nuclear Security Administration) eri tilanteiden vaikutusetäisyyksiä käyttäen säiliön painetta **250 bar**.
- Vuodon kokona on käytetty 0,1cm, 1 ja 5cm (halkaisija).
- Tulokset laskettu 2 metrin korkeuteen.
- Suojaetäisyydet kasvavat huomattavasti, kun vuotokoko kasvaa. Mallinnusta ei ole tehty "ääritilanteeseen" vaan kyseessä on **skenaario, jolla on relevanssia** (asiantuntija-arvio). Tällä perusteella vuotokohdan koon maksimiksi määritettiin 5cm.

# Alustavia turvaetäisyyksiä

## Räjähdykset

Räjähdykset: vetyä vuotaa säiliöstä ja muodostunut vetysuihku räjähtää kerralla.

Tarkasteltavat räjähdysten ylipaineet:

- 30 kPa: Kantavien rakenteiden romahduksia, onnettomuuden mahdollinen laajenemisriski.
- 15 kPa: Talojen osittaisia romahtamisia, pysyvän vammautumisen riski. Teollisuusrakennusten pitäisi kestää 15 kPa:n ylipaine.
- 5 kPa: Pieniä vaurioita talojen rakenteille, vammautumisen riski.

		Etäisyydet metriä		
paine [bar]	vuodon koko [cm]	5 kPa	15 kPa	30 kPa
250	5	130	51	(ei ylity)
250	1	26	10	(ei ylity)
250	0,1	2,7	1,1	(ei ylity)

Huom.  
etäisyydet  
vuotokohdasta



# Alustavia turvaetäisyyksiä

## Pistoliekkipalo

Pistoliekkipalo: Vety syttyy vuotokohdassa ja palaa räjähtämättä. Listattu vaikutus kohdistuu luonnollisesti vain liekin suuntaan.

- Liekin pituus (ylhäältä katsottuna) on 1 cm:n vuodolla noin 19 m ja 1 mm:n vuodolla noin 2 m.

Tarkasteltavat lämpösäteilyn intensiteetit;

- 8 kW/m<sup>2</sup>: rakennukset ja rakenteet voivat syttyä palamaan.
- 5 kW/m<sup>2</sup>: voi estää ihmisten suojautumisen tai poistumisen vaikutusalueelta.
- 3 kW/m<sup>2</sup>: pelastustoimet mahdollisia, voi aiheuttaa palovammoja.
- **1,5 kW/m<sup>2</sup>: "turvaraja", jonka ulkopuolella ei ole merkittävää vaaraa ihmisille.**

		Etäisyydet metriä			
paine [bar]	vuodon koko [cm]	1,5 kW/m <sup>2</sup>	3 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	8 kW/m <sup>2</sup>
250	5	203	160	137	120
250	1	38	31	27	25
250	0,1	3	2,5	2,3	2,2

# Alustavia turvaetäisyyksiä

## Syttyvät alueet (LEL)

Syttyvät alueet (LEL):

- Käytetyt vuotokoot ja paine ovat sen verran pieniä, etteivät vetysuihkun syttyvät alueet nouse valtavan paljon ylöspäin.
- Vedylle syttyvä/räjähtävä pitoisuus (**LEL**, *lower explosive limit*) on 4 tilavuusprosenttia.
- Usein tarkastellaan myös 60 %:a syttymisrajasta (2,4 %), koska virtauksen pyörteisyyden takia vuodossa on korkeamman pitoisuuden alueita.

			Etäisyydet metriä			
LEL			sivulle	sivulle	ylös	ylös
paine [bar]	vuodon koko [cm]	vuodon nopeus [kg/s]	100 % LEL	60 % LEL	100 % LEL	60 % LEL
250	5	30,2	175	251	24	68
250	1	1,21	37	61	2	6
250	0,1	0,0121	4	7	< 0,5	< 0,5

# Vedyn varastointi

## Suojaetäisyyden määrittäminen, johtopäätökset

Tukesin opas Tuotantolaitosten sijoittamisesta ohjeistaa terveydelle vaarallisten kaasujen vuotojen lähde-termiä määrittäessä putken halkaisijaksi 25 cm ja vuotoajaksi 10 minuuttia, mikäli tarkempaa lähtötietoa ei ole saatavissa. Mikäli vetyonnettomuuden mallinnuksiin olisi valittu esimerkiksi 300 bar paineistetun säiliön vuoto 25 cm aukosta ja vetyliekin syttyminen, ihmisten "turvarajaksi" olisi saatu tällöin 1 140 metriä. Pahimman mahdollisen räjähdystilanteen etäisyys, jonka ulkopuolella ihmisten pitäisi olla turvassa on tällä skenaariolla 1 000 metriä.

On pohdittava, kuinka todennäköisesti mallinnettu vuototilanne voisi tapahtua:

- Pienet vuodot ovat todennäköisempiä kuin suuret vuodot.
- Muutamien millimetrien vuodolla suojaetäisyydet jäävät muutamaankymmeneen metriin.
- Kun vedyn paine varastosäiliöissä on pienempi, niin suojaetäisyydet ovat pienempiä.

Varastoinnin etäisyyksien määrittämisessä huomioitiin etäisyys muun muassa herkkiin kohteisiin, kuten asutukseen ja lomakiinteistöihin. Suojaetäisyys määritettiin sen perusteella, ettei herkkiin kohteisiin aiheudu haittaa (asiantuntija-arvion perusteella, valitulla skenaariolla.)

- **Suojaetäisyyden todellinen tarve ja vaade suojarakenteille tulee aina arvioida erikseen, kun vedyn varastoinnin tapa ja tuotannon laajuus on selvännyt.**

# Vedyn siirto

Lappeenrannan vetyteollisuuden  
maankäytöllinen rakenneselvitys

# Yleistä vedyn kuljetuksesta

- Vedyn säilyttämisen ja siirtämisen vaatimukset riippuvat siitä, syntyykö vety laajoissa teollisuusmittakaavan tuotantolaitoksissa vai pienemmissä, käyttöpaikan läheisyydessä toimivissa yksiköissä (esim. tankkausasema).
- Keskitetyissä laitoksissa vedyn kuljetusmatkat ja siirrettävät määrät voivat olla suuria.
- Varastointimahdollisuudet tasapainottavat kulutuksen ja tuotannon ajoittaisia eroja.
- Kun vety valmistetaan paikan päällä, se vähentää kuljetustarvetta.



# Vedyn ja maakaasun siirto

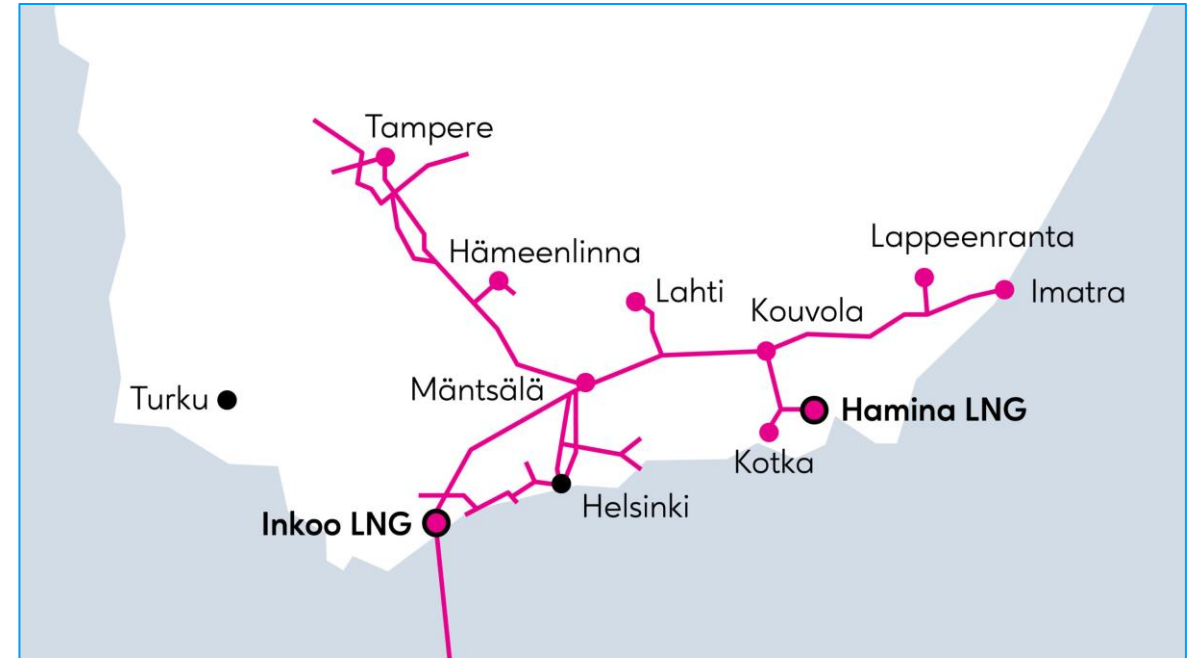
## Kaasuputkisto

Vedyn suurien määrien siirtoon soveltuu parhaiten korkeapaineistettu kaasuputkisto. Suomen osalta vetyputkisto pitää pitkälti rakentaa kokonaan, sillä olemassa olevaa putkistoa, jota voitaisiin hyödyntää vedyn kuljetuksessa (kuten maakaasuputkistoa) on rakennettu vain vähän. Maakaasuputkisto ei sellaisenaan sovellu vedyn kuljetukseen. Kansallisen kuin kansainvälisen vetyputkistoverkon rakentamisen yksi tavoite on taata vedyn saatavuus lähellä vedyn pääkäyttökohteita sekä mahdollistaa paikalliset edut vedyn tuotannon kannalta sekä hyödyntää vedyn tuotannossa syntyvää lämpöä esim. kotitalouksien lämmitykseen. <sup>(6)</sup>

Gasgrid Finland Oy ylläpitää Suomessa kaasun siirtoverkosta, johon voidaan syöttää metaania, joka on yksi vedyn jatkojalostustuote. Metaanin tuotanto tapahtuu joko kemiallisesti katalyytin avulla tai biologisesti bakteerien tuottaessa entsyymejä, joiden avulla metanointi tapahtuu. Reaktioon tarvitaan vetyä ja hiilidioksidia tai hiilimonoksidia ja lopputuotteena saadaan metaania ja vettä. <sup>(17)</sup> Metaanikaasu voidaan syöttää kaasumaisessa olomuodossa siirtoverkkoon jo nykyisellään.

Maakaasun siirtoverkosto on esitetty kuvassa oikealla. Suomen kaasun siirtoalusta sisältää kaksi valtionrajat ylittävää pistettä; Imatran rajapisteen sekä Balticconnector-yhdyspisteen. Maakaasun maahantuonti Imatran rajapisteen kautta Suomeen päättyi vuonna 2022. <sup>(16)</sup>

Mahdollisten uusien **vedyn** siirtolinjojen suunnittelussa tulee huomioida putkilinjan suojaetäisyys rakennuksiin, joka on n. 30-50 metriä puolelleen, riippuen putken paineistuksesta ja halkaisijasta. <sup>(19)</sup> Siirtoputkiston suojaetäisyys on pienempi kuin esim. varastoinnin suojaetäisyys johtuen pienemmästä vetyputkiston pienemmästä paineesta.



Kuva. Kaasun siirtoverkosto. Gasgrid Finland Oy. 2023.

# Vedyn ja maakaasun siirto

## Vedyn siirtoputken demonstraatiohanke

- Gasgrid Finland Oy:n on käynnistänyt vedyn siirtoinfrastruktuurin demonstraatiohankkeen, jossa tarkoituksena on suunnitella vedyn siirtoputki, jossa Kemira Oyj:n Joutsenon tehtaalla syntyvää vetyä siirretään Ovako Imatra Oy Ab:n Imatran terästehtaalle Gasgridin vetyputkea pitkin.
- Hanke on ensimmäinen teollisuusalueen ulkopuolinen vedyn siirtohanke.
- Hanke mahdollistaisi alueellisen vetyklusterin kehittymisen luoden edellytyksiä vedyn toimitukseen ja jatkojalostukseen. (18)






**Kuva. Joutseno-Imatra vedyn siirtohanke. Uusi vetyputki kulkee Imatran puolella samassa käytävässä maakaasulinjan kanssa. Gasgrid Finland Oy. 2023.**

# Vedyn ja maakaasun siirto

## Muut kuljetusvaihtoehdot

- Vetyä voidaan kuljettaa edellä mainitusti putkessa, joko puhtaana tai sekoitettuna maakaasuun ja lisäksi paineistettuna tai nesteytettynä säiliöautolla tai raiteita pitkin. Ohessa on esitetty siirtotapojen karkea vertailu.
- Kaasumaista ja nestemäistä vetyä voidaan kuljettaa rekoilla, junilla ja laivoilla. Kaasumaista vetyä voidaan siirtää ja varastoida kaasumaisena kaasupullokonteissa (MEK-kontti) tai putkiperävaunuissa. Säiliöiden paine on tyypillisesti 180-640 bar.
- Rekkakuljetuksissa perävaunuun lastattavan vedyn määrä riippuu käytettävästä säiliötyypistä (kaasupullo, komposiittisäiliö).
  - Kaasupulloja käytettäessä vedyn määrä voi olla 380-900 kg ja putkiperävaunun tyypillinen vedyn kuljetusmäärä on 400 kg.
  - Suuremmat määrät vaativat kevyemmät komposiittisäiliöt. Nestemäistä vetyä voidaan siirtää säiliössä kerrallaan 300-4000 kg.<sup>(25)</sup>
- Tässä paikkatietoanalyysissä oletuksena on ollut se, että **vety siirretään pääkäyttökohteeseen putkea pitkin tai kuljetetaan kumipyörillä maanteitä** pitkin jatkojalosteena käyttökohteisiin. Tarkastelussa tämä näkyy siten, että maakaasuputkiston ja hyviin tieyhteyksiin on kiinnitetty erityistä huomiota kohteiden valinnassa.
- Siirtoputkistolle on haettava erikseen Tukesilta rakentamislupa. Laitosalueen ulkopuolella kulkeva vedyn siirtoputkisto ei kuulu painelaitedirektiivin (PED) soveltamisalaan.

Putki	Laiva	Rekka
<ul style="list-style-type: none"><li>• Matalat kustannukset, koska siirtomäärät suuria ja teknologia yksinkertaista.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vety pitää nesteyttää</li><li>• Kallista, koska nesteyttäminen vaatii paljon energiaa</li><li>• Vedyn siirto esim. ammoniakkinä kustannustehokkaampi menetelmä</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Joustava ja kustannustehokas lyhyillä matkoilla ja pienissä määrissä</li></ul>
		

# Tuotantolaitoksen ja varastoinnin sijoittumisen tarkastelukriteerit ja sijoituspaikat (kyllä- ja ei- analyysi)



# Tuotantolaitoksen ja varastoinnin sijoittuminen

Ensimmäisessä vaiheessa vedyn tuotantolaitoksen, varastoinnin ja siirtoputkistojen sijoittamismahdollisuuksia Lappeenrannan kaupungin alueella selvitettiin paikkatietopohjaisella EI-alue-analyysillä.

EI-alue analyysissä otollista sijaintipaikkaa tarkastellaan niin sanotun poissulkevan kriteeristön avulla. Kriteeristöä ja tarkastelua varten määritettiin valikoitujen kohteiden suoja-alueet ja etäisyydet, joille vedyn tuotantolaitos ja varastointi eivät saa sijoittua. Sijoittumisen lähtökohtana oli, ettei onnettomuustilanteessa saa aiheutua merkittävää haittaa.

Kriteeristön perustana käytetään HyRAM+ -ohjelmistoilla toteutettuja onnettomuusmallinnuksia. Mallinuksissa on määritelty vedyn varastoinnin onnettomuustilanteessa mahdollisesti syntyvää lämpösäteilyä ja räjähdyksen paineaaltoa.

Ei-alueanalyysissä kriteereillä luotiin suojavyöhykkeet tiettyihin valikoituihin avoimeen sekä Lappeenrannan kaupungilta saatuun paikkatietoon pohjautuviin kohteisiin. Kohteet käsittivät muun muassa suuret liikenneväylät, rakennetun ympäristön kohteet, luonnonsuojelualueet sekä maisema- ja kulttuuriympäristön arvokohteet.





# Rajaavat tekijät

Tyyppi	Kohde	Etäisyys tuotantolaitoksesta ja varastoinnista (m)
Infra	Rautatie (henkilöliikenne)	Ei saa sijaita
	Rautatie (tavaraliikenne)	Ei saa sijaita
	Valtatiet, kantatiet, seututiet ja yhdystiet	Ei saa sijaita
	Suurjännitejohto	Ei saa sijaita
Rakennukset	Herkät kohteet (ks. Tukes)	VE1: 100 m, VE2: 200 m
	Muut asuin-, julkiset, palvelu-, loma, ja kirkolliset rakennukset sekä kirkko	VE1: 100 m, VE2: 200 m
	Teolliset rakennukset	VE1: 100 m, VE2: 200 m
Luonnonsuojelu	Luonnonsuojeluohjelma-alueet	Ei saa sijaita
	Luonnonsuojelualueet (yksityinen)	Ei saa sijaita
	Luonnonsuojelualueet (valtio)	Ei saa sijaita
	Natura-alueet	Ei saa sijaita
Pohjavesi	Pohjavesialueet	Ei saa sijaita*
Kulttuuriympäristö ja maisema	Muinaisjäänköhteet	Ei saa sijaita
	Muinaisjäänkösalueet	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laskettu 50m ei-alue
	Suojellut rakennukset suojelukohteet	Ei saa sijaita
	Suojellut rakennukset suojelualueet	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laskettu 50m ei-alue
	RKY-alue	Ei saa sijaita
	RKY-viiva	Ei saa sijaita, viivoille laskettu 50m ei-alue
	RKY-kohde	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laskettu 50m ei-alue
	Maakunnallisesti arvokkaat kulttuuriympäristöt	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laskettu 50m ei-alue
	Maakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet	Ei saa sijaita
	Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet	Ei saa sijaita*
Muut	Tuuli- ja rantakerrostuma	Ei saa sijaita
	Moreenimuodostumat	Ei saa sijaita
	Kivikot	Ei saa sijaita
	Kallioalueet	Ei saa sijaita
	Vesistöt	Ei saa sijaita
	Rajavyöhyke	Ei saa sijaita
	Puolustusvoimien alueet (maakuntakaavasta)	Ei saa sijaita, viivoille laskettu 50m ei-alue

\*Alustavan tarkastelun jälkeen pohjavesialueet ja valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet sisällytettiin paikkatietotarkasteluun. Ko. seikat on huomioitu jatkosuunnittelussa ja kohdekorteilla.

# Paikkatietoanalyysi

- Kartoitettu n. 10 ha laitosalueita, jonka ympärillä
  - **VE1:** 200 m suojavyöhykettä (jonkin verran varastointia)
  - **VE2:** 100 m suojavyöhykettä (ei varastointia, pieni varastointitarve)
- Tarkastelualueen (10 hehtaaria) koko määritettiin seuraavasti:
  - 4 ha vedyn tuotantolaitokselle
  - 2 ha vedyn varastoinnille
  - 2 ha hapen varastoinnille
  - 2 ha varaus mahdollisille suojarakenteille
- Lisäksi tarkasteltu kartalta:
  - liityntämahdollisuudet voimajohtoon
  - vesistön tai vesijohtoverkoston läheisyys
  - kaukolämpöverkon sijainti
  - kaupungin maaomaisuus
  - keskeiset liikenneväylät (kohteet, joista hyvä saavutettavuus vt6:lle)

**Seuraavalla dialla on esitetty KYLLÄ-EI-alueanalyysin perusteella poimitut alustavat kohteet.**

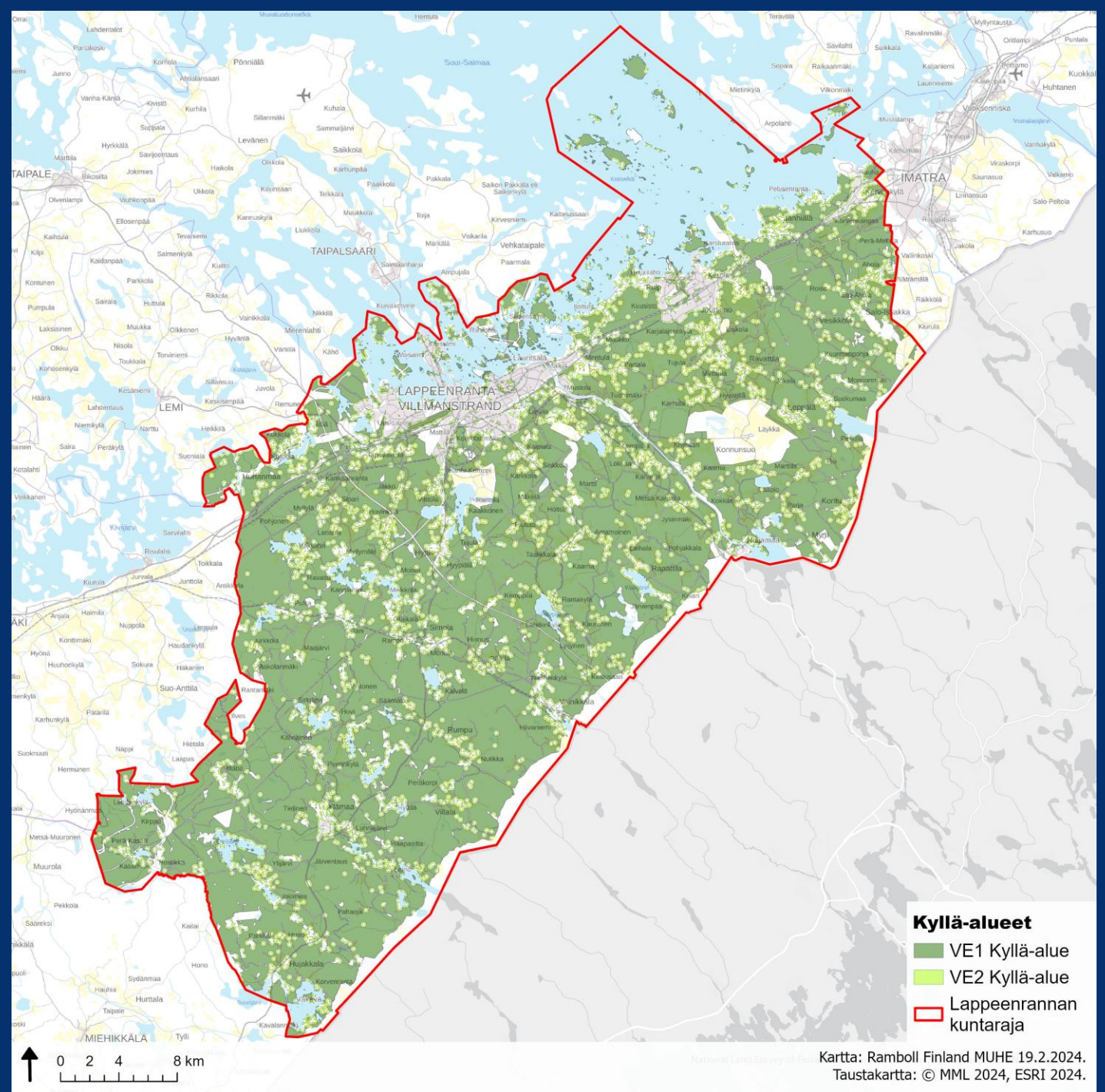
- Huomioitava, että selvitys on tehty nykyisen sähköverkoston pohjalta.
- Jatkosuunnittelua ajatellen: mahdollisten uusien sähkönsiirtolinjojen valmistelun yhteydessä tulee tarkastella, syntykö mahdollisia uusia vedyn tuotantoon soveltuvia alueita.

# Muodostuneet Kyllä-alueet

Hyödyntämällä paikkatietoja tehty poissulkuanalyysi, jonka perusteella on määritetty alueet, joissa vedyn tuotanto voi olla mahdollista ympäristön reunaehdot huomioiden.

Kartalla:

- 100 m (VE1) ja 200 m (VE2) etäisyysvyöhykkeet herkkiin kohteisiin
- EI-alueet karsittu pois (mm. kulttuuriympäristö ja luonnonsuojelu)



# Johtopäätökset



# Johtopäätökset

Vedyn valmistuksen ja siirtoputkiston suunnittelussa on syytä huomioida olemassa olevan teollisuuden sijainti. Vetyhanke voi tukea muiden teollisten toimijoiden toimintaa erityisesti tulevaisuudessa.

Vedyn käytön osalta paras tilanne olisi, jos vedyn hyödyntäjä sijaitsisi mahdollisimman lähellä vedyn tuotantoa. Tästä johtuen alueen valinnassa on syytä huomioida mahdollisuus alueen laajentamiseen.

Teollisten toimintojen keskittäminen on kannatettavaa erityisesti, jos kaupunkiympäristössä on paljon herkkiä kohteita tai muita toimintoja, joihin hankkeella voi olla merkittäviä vaikutuksia. Hankkeiden hyväksyttävyyden kannalta on parempi, että teollisuus keskittyy tietyille alueille.





# Jatkoselvitystarpeet ja luvitus

Suunnittelualueiden osalta tarkempien selvityksien lisäksi seuraavia mahdollisia tarpeita ovat:

- YVA-menettely (ympäristövaikutusten arviointi)
- Kaavoitus
- Tarvittavat luvat, kuten
  - ympäristölupa,
  - rakennuslupa,
  - maanottolupa,
  - vesilupa ja
  - kemikaaliluvat.

YVA-menettelyn tarve tulee selvittää ELY-keskuksen yhteysviranomaisen kanssa. Vedyn tuotantolaitos ei välttämättä vaadi YVA:aa, mutta esimerkiksi hiilidioksidin talteenotto voi vaatia. Mikäli hankkeesta aiheutuu merkittäviä ympäristövaikutuksia, ylittää hanke YVA-menettelyn laukaisevan kynnyksen.

Maankäytönsuunnittelun edetessä valittujen alueiden osalta on syytä toteuttaa tarkempia selvityksiä alueilla, kuten:

- Maanomistajuuden selvitys ja voimassa olevien vuokrasopimusten tarkastelu
- Rakennettavuusselvitykset
- Kasvillisuus- ja luontoselvitykset maastokauden aikana
- Sähkönsiirron voimajohtolinjojen riittävyden selvitys ja uusien linjojen aluevaraukset
- Veden saatavuuden selvitys

# Kaavoitus

## Yleiskaava

Yleiskaavan muutoksen tarvetta pohdittaessa mahdollisesti huomioitavia asioita:

- Onko yleiskaava ilmeisen vanhentunut? Onko yleiskaavasta poikkeamiseen tästä johtuen perusteltu syy?
- Sopeutuuko asemakaava yleiskaavan kokonaisuuteen?
- Täyttäisikö asemakaava riittävällä tavalla yleiskaavan sisältövaatimukset?

→ **Yleiskaavan tarve ratkaistaan tapauskohtaisesti.**

## Asemakaava

Tukes toteaa oppaassaan

### ***Tuotantolaitosten sijoittaminen***

seuraavaa:

*Suuronnettomuusvaarallisille kohteille suositellaan kaavamerkintää T/kem (teollisuus- tai varastorakennusten alue, jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan laitoksen)*

Tukes on täsmentänyt ohjeistustaan tuoreessa **Vedyn käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus** – oppaassaan.

Asemakaavoituksesta on kerrottu tarkemmin seuraavalla dialla.

- Asemakaavan päivitys voidaan toteuttaa samanaikaisesti mahdollisen YVA-menettelyn kanssa, kun varsinainen kohteeseen sijoittuva hanke on selvinnyt.
- YVA-menettelyn ja kaavoituksen yhdistäminen järkevää siltä kannalta, että YVA:n selvityksiä ja vaikutusarviointeja voidaan hyödyntää kaavassa. Toisaalta taas valmis kaupungin teettämä kaava nostaa kohteen potentiaalia investorien näkökulmasta.

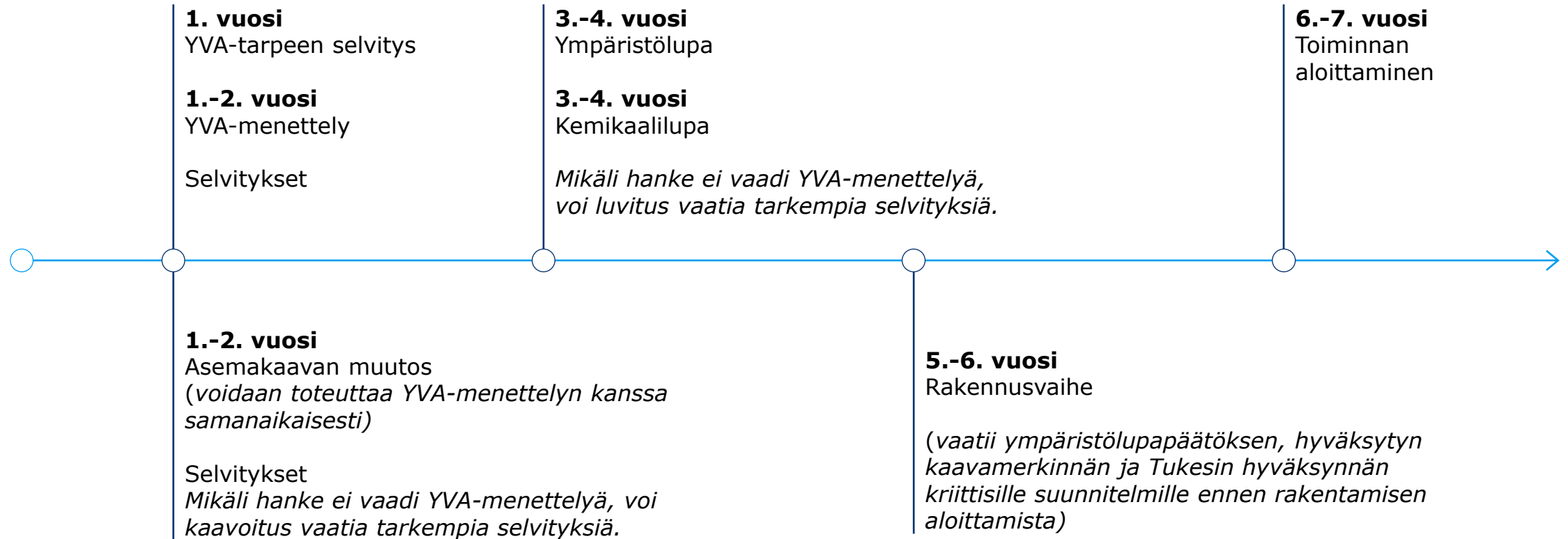
# Tukesin ohjeistus asemakaavoituksen tarpeesta

- Vedyn tuotantolaitoksen sijoittamisessa arvioidaan **laitoksen soveltuvuus** suunniteltuun kohteeseen samoin kuin minkä tahansa muun kemikaalilaitoksen.
- Tukes suosittelee kaavamerkintää **T/kem** tonteille, joille aiotaan sijoittaa **laajamittainen kemikaalilaitos**, mutta myös muu kaavamerkintä voi olla mahdollinen. Muita vetylaitokselle soveltuvia kaavamerkintöjä voivat olla esim. **T (Teollisuus- ja varastoalue)**, **TT (Ympäristövaikutuksiltaan merkittävien teollisuustoimintojen alue)** ja **EN (Energiahuollon alue)**.
- Myös muu kaava on mahdollinen, jos kaavamääräykset sen mahdollistavat, kunta puoltaa sijoitusta ko. tontille, ympäröivien tonttien kaavanmukainen käyttö ei vaarannu ja onnettomuuksien seuraukset rajoittuvat laitoksen alueelle.
- Vetylaitoksen tontin lisäksi on **huomioitava ympäröivien tonttien kaavamerkinnät**. Rakennettava vetylaitos ei saa rajoittaa ympäröivien tonttien kaavassa osoitettua käyttöä.
- Kaavan lisäksi arvioidaan aina laitoksen aiheuttamat **onnettomuusvaarat**, joten ainoastaan kaavan soveltuvuus vetylaitokselle ei varmista sijoitusta aiotulle tontille. <sup>(25)</sup>

# T/kem-kaavan tarve

- Maankäyttö- ja rakennuslainsäädännön sekä kemikaaliturvallisuuslainsäädännön yhteisenä tavoitteena on, että onnettomuuksien vaara otetaan huomioon tuotantolaitoksia sijoitettaessa sekä suunniteltaessa alueidenkäyttöä.
- Suuronnettomuusvaaralliset kohteet suositellaan edelleen kaavoitettavan kuitenkin t/kem-merkinnällä, kuten Ympäristöministeriö on alkuperäisissä ohjekirjeissään suositellut. Tausta ohjeistukselle tulee Euroopan parlamentin ja neuvoston antamasta Seveso III –direktiivistä. Direktiivin mukaista maankäytön suunnittelua ja tuotantolaitosten turvallisuutta koskeva osuus on Suomessa saatettu voimaan kemikaaliturvallisuus- sekä maankäyttö- ja rakennuslainsäädännöllä.
- Vetylaitoksia koskien Tukes suosittelee kaavamerkintää T/kem tonteille, joille aiotaan sijoittaa laajamittainen kemikaalilaitos. Laajamittainen kemikaalilaitos tarkoittaa vetyyn liittyvässä tuotannossa etenkin hankekokonaisuuksia, joihin sisältyy vedyn jatkojalostusta.
  - Näistä esimerkkejä ovat mm. synteettisen metaanin tai metanolin valmistus ja meriliikenteessä sekä lannoiteteollisuudessa tarvittava ammoniakkin tuotanto. Nämä ovat teollisia prosesseja, jotka vaativat myös YVA-lain mukaisen YVA-menettelyn (ympäristövaikutusten arviointi) toteuttamisen hankeluettelon perusteella (6 c, kemianteollisuuden integroidut tuotantolaitokset, joissa valmistetaan teollisessa mittakaavassa aineita kemiallisilla muuntoprosesseilla).
- Mikäli alueelle tuotetaan vetyä ilman jatkojalostusta, hanke ei kuulu YVA-lain liitteen 1 tarkoittamiin hankkeisiin ja YVA:n tarve arvioidaan hankekohtaisesti yhteysviranomaisen toimesta (ELY-keskus). Pelkkä vedyn tuotanto ei välttämättä vaadi YVA:a.
- T/kem-merkinnällä osoitettua tuotantolaitosta ei saa ilman erityistä perusteltua syytä myöskään sijoittaa tärkeälle pohjavesialueelle tai muulle vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella.
- Päätös sovellettavasta kaavamerkinnästä on kunnalla / kaupungilla. Pääosa vetyyn liittyvästä teollisuudesta on hyvä osoittaa T/kem -merkinnällä ja toteuttaa prosessissa lainsäädännön ja hyvän käytännön mukainen vaikutusten arviointi asemakaavaa tai asemakaavan muutosta laadittaessa.
- Tukesilta ja pelastusviranomaiselta on hyvä selvittää jo kaavaprosessin varhaisessa vaiheessa mahdolliset tarpeet osallistua viran- omaisneuvotteluihin ja lausunnon antamiseen. <sup>(26, 27)</sup>

# Arvio hankkeen aikataulusta





# Lähteet

1. Työterveyslaitos, 2017. OVA-ohje: Vety. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/ova/vety.html>.
2. Fortum, 2020. Vetytalous tulee – ennemmin tai myöhemmin. Saatavilla: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/blogi/forthedoers-blogi/vetytalous-tulee-ennemmin-tai-myoemmin>.
3. Orava, I., 2014. Diplomityö – Power to Gas – sähköenergiasta luonnonkaasua, liiketoimintamahdollisuudet Suomessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto; Energiatekniikan koulutusohjelma.
4. Himanen, O., 2020. VTT – Vedyn nykytilanne ja mahdollisuudet. Saatavilla: <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2020-AK-317559.pdf>.
5. Kiesilä, P., 2021. Kandidaatintyö – Vetytalous ja vedyn tuotanto eri teknologioilla: Teknistaloudellinen vertailu. Tampereen yliopisto; Ympäristö- ja energiategniikan tutkinto-ohjelma.
6. Jens, J., Wang, A., van der Leun, K., Peters, D. & Buseman, M., 2021. Extending the European Hydrogen backbone: A European Hydrogen Infrastructure Vision covering 21 countries.
7. Raahen seudun kehitys, 2021. Kansallinen vetyverkosto. Saatavilla: <https://www.raahenseudunkehitys.fi/kansallinen-vetyverkosto>
8. Jääskö, A., 2021. Kandidaatintyö – Vedyn tuotanto elektrolyysilla. Oulun yliopisto; Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma.
9. Nel ASA, 2019. Nel Hydrogen Electrolysers – The World’s Most Efficient and Reliable: Electrolysers. Saatavilla: <https://nelhydrogen.com/wp-content/uploads/2020/03/Electrolysers-Brochure-Rev-C.pdf>.
10. A. Ursua, L. Gandia, P. Sanchis. 2012. Hydrogen Production From Water Electrolysis: Current Status And Future Trends.
11. Valvira, 2020. Talousvesiasetuksen soveltamisohje osa III – Enimmäisarvojen perusteet. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira ohje 5/2020. Dnro V/33102/2020.
12. Työterveyslaitos, 2015. OVA-ohje: Happi. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/ova/happi.html>.
13. Gaia Consulting Oy, 2018. Kilpilahden suuronnettomuuksien huomiointi maankäytön suunnittelussa – selvityksen päivitys. Saatavilla: [https://www.porvoo.fi/library/files/5b961159ed6b97b22b000b32/KKM\\_Kilpilahden\\_suuronnettomuuksien\\_huomiointi\\_maank\\_yt\\_n\\_suunnittelussa\\_2018.pdf](https://www.porvoo.fi/library/files/5b961159ed6b97b22b000b32/KKM_Kilpilahden_suuronnettomuuksien_huomiointi_maank_yt_n_suunnittelussa_2018.pdf).
14. Ramboll Finland Oy, 2017. Nord Stream 2 – maakaasuputkilinja itämeren poikki: Ympäristövaikutusten arviointiselostus, Suomi.
15. SFS 3278 Kuljetettavat kaasusäiliöt: Vedyn, metaanin ja eteenin varastointi ja käyttö.
16. Gasgrid, 2023. <https://gasgrid.fi/kaasuverkosto/kaasun-siirtoverkosto/>
17. Haikarainen I. Hiilidioksidin käsittely p2G prosessia varten, 2015. Saatavilla: [https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/104437/Hiilidioksidin%20k%C3%A4sittely%20P2G-prosessissa\\_kandity%C3%B6\\_haikarainen.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/104437/Hiilidioksidin%20k%C3%A4sittely%20P2G-prosessissa_kandity%C3%B6_haikarainen.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
18. Joutseno-Imatra vedyn siirtoverkkohanke. Saatavilla: <https://gasgrid.fi/hankkeet/joutseno-imatra-hanke/>
19. PÄÄTÖS YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETTELYN SOVELTAMISESTA YKSITTÄISTAPAUKSESSA Gasgrid Finland Oy:n vedyn siirtoinfrastruktuuriin demonstraatiohanke, Lappeenranta ja Imatra, 2023. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/YVA-p%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s%20Gasgrid%20Finland%20Oyn%20vedyn%20siirtoinfrastruktuuriin%20demonstraatiohanke%20Joutseno%20Lappeenranta.pdf>
20. Fingrid kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022–2031. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon-kehittämissuunnitelma-2022-2031.pdf>
21. Ylikkälä-Imatra 400 kV voimajohtohankkeen ympäristövaikutusten arvioinnin täydentäminen, 2005, Sito. Saatavilla: [https://www.fingrid.fi/contentassets/4ae87d693fc140198beb6cb1b8be0b22/1240478346062\\_2\\_le\\_yl\\_raportti.pdf](https://www.fingrid.fi/contentassets/4ae87d693fc140198beb6cb1b8be0b22/1240478346062_2_le_yl_raportti.pdf)
22. YLE-artikkeli; Tuulivoimalat voisivat yli kymmenkertaistaa Suomen sähköntuotannon – tieto yllätti tutkijan: ”Luvut ovat huimaa”, 2023. Saatavilla: [https://yle.fi/a/74-20054445?utm\\_source=social-media-share&utm\\_medium=social&utm\\_campaign=ylefiapp](https://yle.fi/a/74-20054445?utm_source=social-media-share&utm_medium=social&utm_campaign=ylefiapp)
23. Valtioneuvosto, ITÄISEN SUOMEN TUULIVOIMARAKENTAMISEN TEHOSTAMINEN, 2023. Saatavilla: [https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/153287519/Tuulivoimaselvitys\\_final\\_AR\\_150323.pdf/ed8981bb-e8dd-fc65-eeb1-4d999256002c/Tuulivoimaselvitys\\_final\\_AR\\_150323.pdf?t=1678882585236](https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/153287519/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf/ed8981bb-e8dd-fc65-eeb1-4d999256002c/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf?t=1678882585236)
24. VA LT I O N E U V O S T O N S E L V I T Y S - J A T U T K I M U S T O I M I N N A N J U L K A I S U S A R J A 2022:21. Vetytalous – mahdollisuudet ja rajoitteet. Saatavilla: <https://valtioneuvosto.fi/-/10616/tutkimus-vetytalous-on-suomelle-mahdollisuus-vientiteollisuuden-kautta>
25. Tukes, 2024. Vedyn käsittelyn ja varastoinnin turvallisuus, 2024. Saatavilla: <https://tukes.fi/vedyn-kasittelyn-ja-varastoinnin-turvallisuus>
26. Ympäristöministeriön ohjekirje YM4/501/2015, 22.6.2015. Saatavilla: <https://tukes.fi/documents/5470659/6373032/Maank%C3%A4yt%C3%B6n+ohjekirje.pdf/9336785f-da9a-4b35-beb0-0c9e930c84b6/Maank%C3%A4yt%C3%B6n+ohjekirje.pdf?t=1522992049000>
27. Tukes, 2015. Tuotantolaitosten sijoittaminen. Saatavilla: <https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/Tuotantolaitosten+sijoittaminen/ab664564-66f7-49b7-96bb-316dfefe4517/Tuotantolaitosten+sijoittaminen.pdf?t=1516707669000>

# Lähteet

- Paikkatietoaineistojen lähteet:
  - Maanmittauslaitos 9/2023 Maastotietokanta
  - Maanmittauslaitos 9/2023 Maastokarttarasteri
  - Maanmittauslaitos 9/2023 Kiinteistörekisteri
  - Museovirasto 9/2023 Suunnitteluaineistot
  - Kaakkois-Suomen liitto 9/2023 Maakuntakaava
  - Imatran kaupunki 9/2023 Maanomistus
  - Syke 9/2023 Ladattavat paikkatietoaineistot
  - Syke 9/2023 Yleiskaavapalvelu
- Kuvat:
  - Ramboll kuvapankki

