



energiavirasto

Vetytalouden kortit lyödään pöytään

Uusiutuvan energian ajankohtaispäivät

18.1.2024

Tuomo Hulkkonen, yli-insinööri, TkT

Reilua energiaa

Vetytalous



Mitä on vetytalous?



- Vetytaloudessa:

- Fossiiliset polttoaineet korvataan ympäristön ja ihmisen kannalta kestäväällä tavalla tuotetulla vedyllä.
- Vety toimii raaka- ja polttoaineena, tarjoten myös ratkaisun uusiutuvan energian siirtoon ja varastointiin eri sektoreilla.
- Vety on energian kantaja.

Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

Vedyn valmistus

- Vetyä valmistetaan nykyään lähinnä fossilisesta maakaasusta höyryreformoimalla, jolloin syntyy kasvihuonekaasuja.
- Metaani + Vesi + Lämpö → Hiilidioksi + Vety
$$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$$
- Vetyä käytetään runsaasti kemianteollisuudessa.



Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

Uusiutuvan vedyn valmistus ja jatkojalostus

- Sähkö+Vesi=Vety+Happi+Lämpö



- Vety+Hiilidioksidi+Lämpö=Hiilivety+Vesi+Lämpö

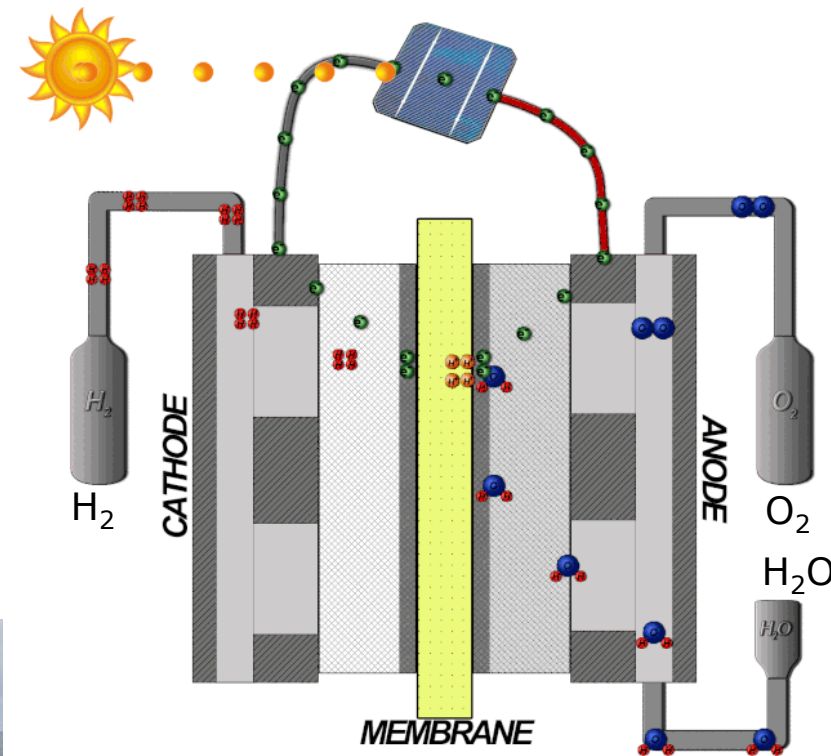


- Esimerkkejä kemianteollisuuden raaka- ja polttoaineista (RFNBO):

- Metaani, CH_4
- Metanoli, CH_3OH
- Ammoniakki, NH_3
- Polypropeeni, (C_3H_6)



Kuva:Pixabay



Kuvva: Wikimedia Commons

Vedyn varastointi

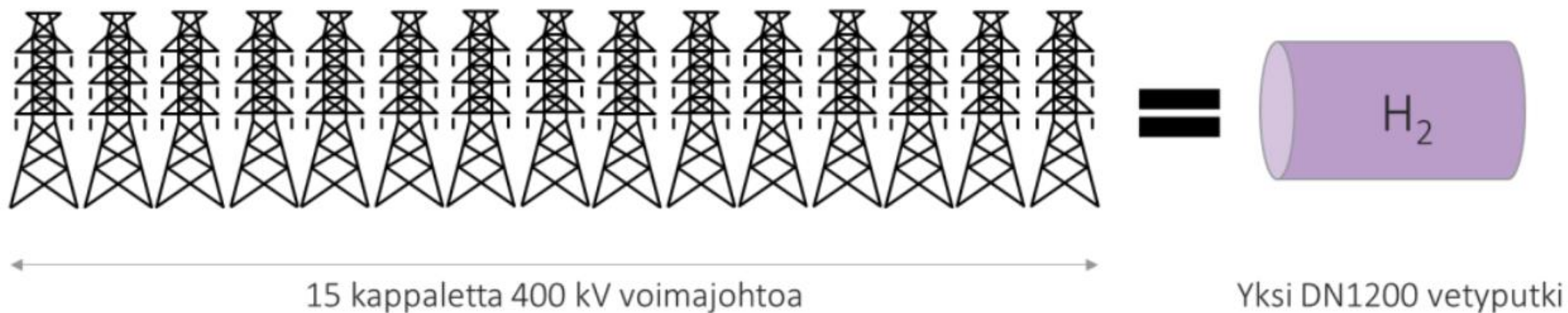


Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

- Etuja varastoidessa suuria määriä energiaa verrattuna akkuihin.
- Painoon suhteutettuna korkea energiatiheys
 - Tilavuuteen suhteutettuna huono energiatiheys
 - Varastoidaan korkeassa paineessa.
 - Voidaan varastoida myös nesteenä, mutta vaati jatkuvaa jäähdytystä.
- Helpompi varastoida esim. ammoniakkina (NH_3) tai metanolina (CH_3OH).

Energia siirtyy kaasuna tehokkaasti

Yhden suuren vedynsiirtoputken energiansiirtokyky vastaa jopa 15 kantaverkon voimajohtoa



Kuva 7: Havainnollistava kuva sähkö- ja vetyverkon energiansiirtokyvystä

Lähde: Gasgrid

Missä vetyä käytetään?



Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

- Kemianteollisuus
- Muu teollisuus
- Energiantuotanto, sähkö ja lämpö
 - Siirto
 - Varastointi
- Tieliikenne
 - Raskas liikenne
- Meriliikenne
- Lentoliikenne

Säännöt - EU



Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

EU:n ilmastolaki ja 55-valmiuspaketti



Kuva: Pixabay

- EU:n ilmastolaki velvoittaa:
 - EU:n kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää 55 % 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä.
 - Ilmastoneutraalius EU-tasolla tulee saavuttaa vuoteen 2050 mennessä.
- 55-valmiuspaketti sisälsi useita direktiiviehdotuksia ilmastolain toimeenpanemiseksi.



energiavirasto

Päästökauppa, ETS, 2024

- Päästövähennemä 43 % -> 62 % 2005 tasosta 2030 mennessä.
- Ilmaisia päästöoikeuksia vähennetään ja ehtoja kiristetään.
- Meriliikenne mukaan päästökauppaan.
- Lentoliikennettä tiukennetaan ja ilmaisjako poistuu asteittain, uusiutuville lentopolttoaineille tulee tukimekanismi.



Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

Rakennusten, tieliikenteen ja muiden toimialojen päästökauppajärjestelmä, ETS 2, 2027



Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

- Sääntely kohdistuu polttoaineen jakelijoihin.
- Kattaa tieliikenteen, rakennusten erillislämmityksen, rakentamisen sekä nykyisen yleisen päästökaupan ulkopuolisen teollisuuden ja energiantuotannon fossiilisen polttoaineen.
- 2027 päästöoikeuksien määrä saadaan vähentämällä vuoden 2024 päästötasosta 5,1 % vuosittain 2024-2026.
- 2028 päästöoikeuksien määrä saadaan vähentämällä vuosien 2024-2026 päästötasosta 5,38 % vuosittain 2025 alkaen.

Raskaan liikenteen CO2-raja-arvoasetus 2030

- Uusien raskaiden ajoneuvojen päästöjen pitää olla 2030 keskimäärin 45 % pienemmät verrattuna vuoteen 2019.
 - 2035 65 % ja 2040 90 %
- Uusien kaupunkibussien tulee olla päästöttömiä 2030. (85 % neuvosto).
- Biokaasu- ja biodieselajoneuvot eivät ole päästöttömiä.
 - Ohjaa raskaiden täyssähkö- ja vetyajoneuvojen valmistukseen ja myyntiin.



Kuva: Pixabay

Uusiutuvan energian direktiivi, RED III



Kuva: Pixabay

- Uusiutuva energia: 32 % -> 42,5 % 2030
- Liikenne: 14 % -> 29 % 2030
 - Tie-, raide, meri- ja lentoliikenne
 - Kehittyneet biopolttoaineet ja RFNBO 5,5 %
 - Vähintään 1 % RFNBO
 - Polttoaineiden valmistuksessa käytetään vetyä



FuelEU Maritime –asetus 2025 ja IMO 2027

- Aluksille asetetaan vuodesta 2025 alkaen viiden vuoden välein kiristynvä tavoite käytetyn energian kasvihuonekaasuintensiteetin vähentämiseksi.
 - Asetus edellyttää aluksia siirtymään vähitellen vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöön.

Vuosi	2025	2030	2035	2040
Vähennemä	-2%	-6%	-14.5%	-31%



Kuva: Pixabay

- Kansainvälisen merenkulkujärjestö (IMO):
 - 2030 mennessä alusten kasvihuonekaasupäästöjä tulee vähentää vähintään 20 % prosenttia 2008 verrattuna.

ReFuelEU Aviation –asetus 2025



Kuva: Pixabay

- Polttoaineiden jakelijoiden velvoite jaella lentoliikenteeseen uusiutuvia polttoaineita (sustainable aviation fuels, SAF)
 - 2025 2 % SAF
 - 2030 6 % SAF ja 1,2 % synteettistä
 - 2035 20 % SAF ja 5 % synteettistä

AFIR-asetus 2030



Kuva: Alister Thorpe, Wikimedia Commons

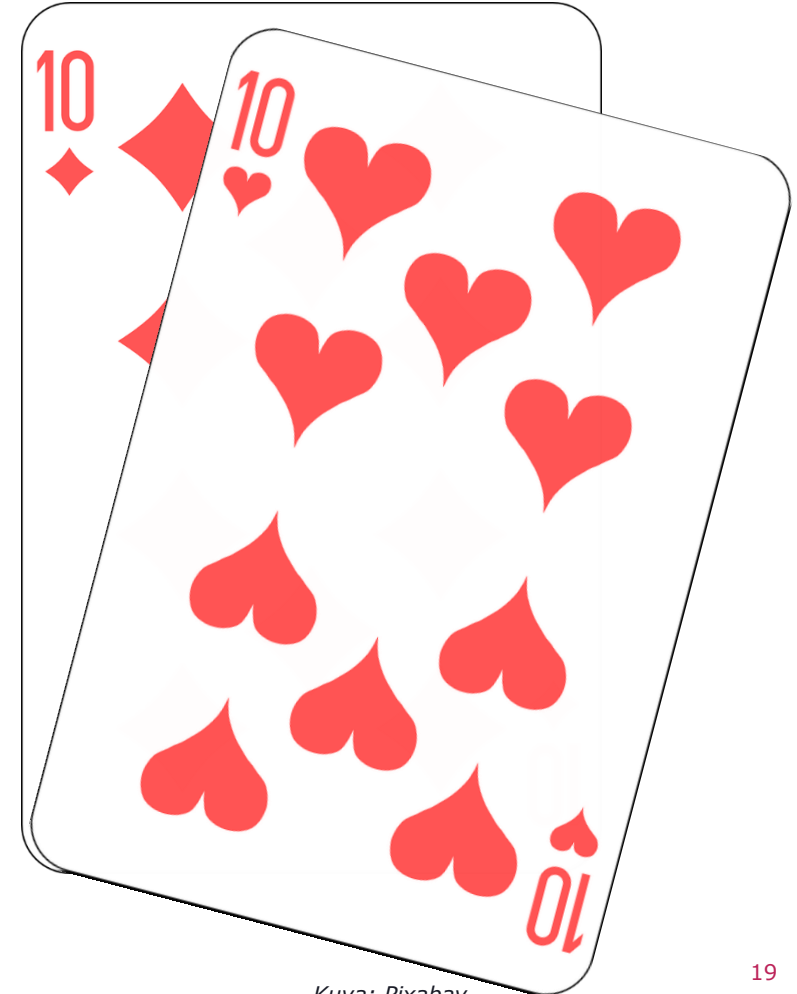
Vetytankkausasema rakennettava:

- Koko TEN-T ydinverkolla enintään 200 km välein.
 - Helsinki-Tornio ja Turku-Vaalimaa -tiet
 - Ydinverkon pituus on n. 1100 km,
- Jokaiseen kaupunkisolmukohtaan
 - Helsinki, Turku, (Tampere, Oulu, Lahti, Kuopio ja Jyväskylä).
- Rakennettava ainakin 9 julkista vedyn tankkausasemaa 2030 loppuun mennessä.



REPowerEU-suunnitelma, 2030 mennessä

- Tavoitteena vähentää riippuvuutta Venäjän fossiilisista polttoaineista ja edistää vihreää siirtymää nopeasti.
 - 10 Mt uusiutuvan vedyn tuotannolla ja 10 Mt tuonnilla korvataan fossiilisia polttoaineita aloilla, joiden saaminen hiilettömäksi on vaikeaa.
- Lainsäätäjien olisi vauhditettava vetymarkkinoita sopimalla tehostetuista alatavoitteista.



Suomen kortit

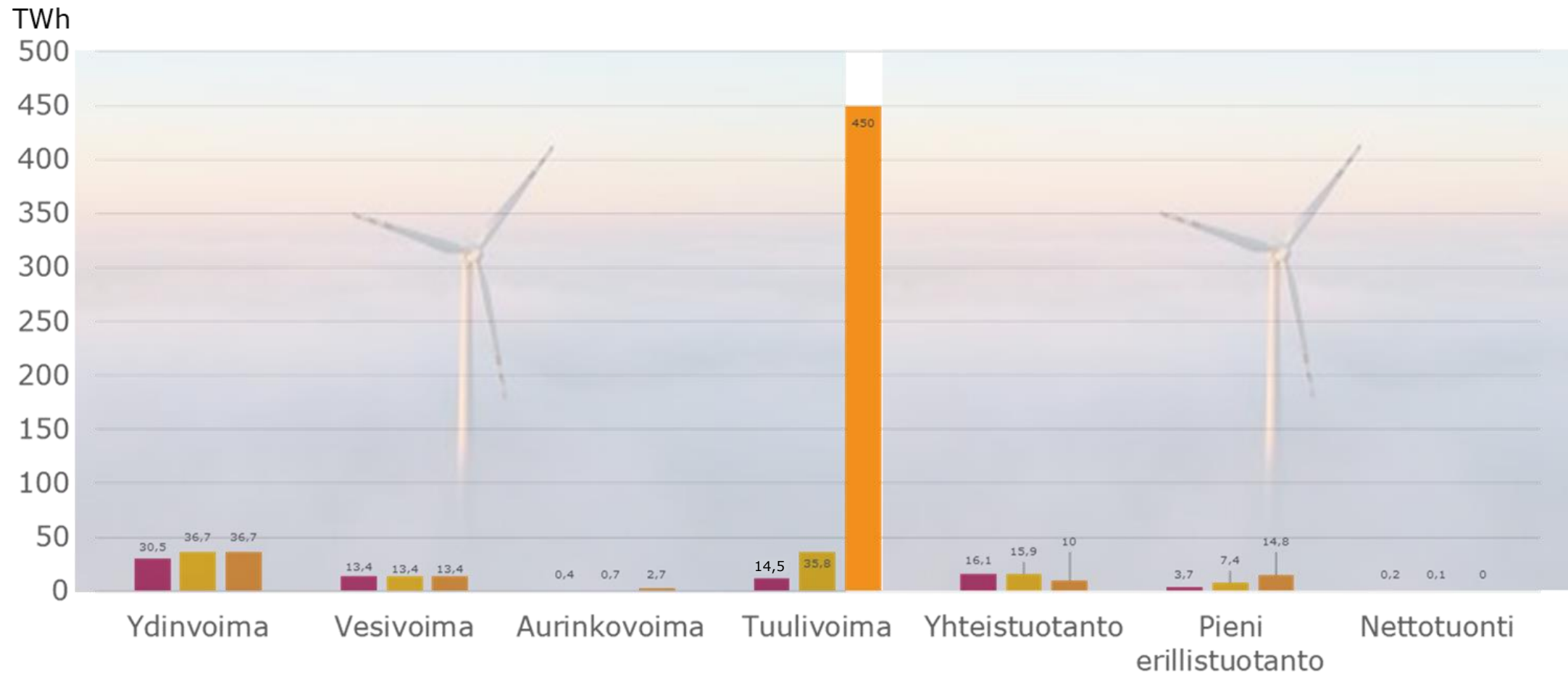


Kuva: Pixabay



energiavirasto

Sähkön vuosituotanto 30-luvulla (TWh)



Suomen kokonaistuotanto
2023 oli n. 78 TWh.

■ 2023 ■ 2028 ■ 2030-luku

Lähde: Suomen tuulivoimayhdistys, T&T

Tuulivoimaa tullaa rakentamaan runsaasti Suomeen

- Suomessa:
 - tuulivoima on edullisin tapa tuottaa sähköä
 - on hyvin tilaa rakentaa
 - on melko tuulista
 - kunnat ovat kaavoittaneet tuulivoimaa runsaasti
 - vastustus on ollut vähäisempää kuin muualla, esimerkiksi Norjassa.



Kuva: Pixabay

Suomen muut valttikortit



Kuva: Pixabay

- Kylmä, mutta kehittynyt maa.
 - Lämmölle on kysyntää ja kaukolämpöverkot ovat yleisiä.
 - Korkea koulutustaso ja mm. hyvää insinööriosaaamista.
 - Vahva teollinen pohja.
- Runsaasti biovoimaloita, joista saa uusiutuvaa CO₂.
- Sähköverkko on suhteellisen vahva ja yhtä aluetta.
- Puhtaan vedyn delegoitu säädös antaa edun käyttää verkkosähköä.
- Metaani voidaan viedä kaikkialle Euroopan markkinoille nykyisellä maakaasuverkostolla (Balticconnector.)
- Suomi on saari ja meriliikenne tarvitsee runsaasti uusiutuvia.
- Toimiva yhteistyö Balttian ja Pohjoismaiden kanssa.

Itämeren vetyverkosto 2030



- 2030 mennessä Itämeren alueelle aiotaan rakentaa yhteensä 5000 km vetyverkosto.
 - 1. Nordic Hydrogen Route.* 1000 kilometrin reitti kulkee Perämeren rannikkoa pitkin Vaasasta Ruotsiin.
 - 2. Baltic Sea Hydrogen Collector.* Merenalainen vetyputki, joka yhdistäisi Suomen, Ruotsin ja Saksan.
 - 3. Nordic-Baltic Hydrogen Corridor.* Vetyputki Suomesta Viron, Latvian, Liettuan ja Puolan kautta Saksaan.

Kortit pöytään – vai skipataanko?



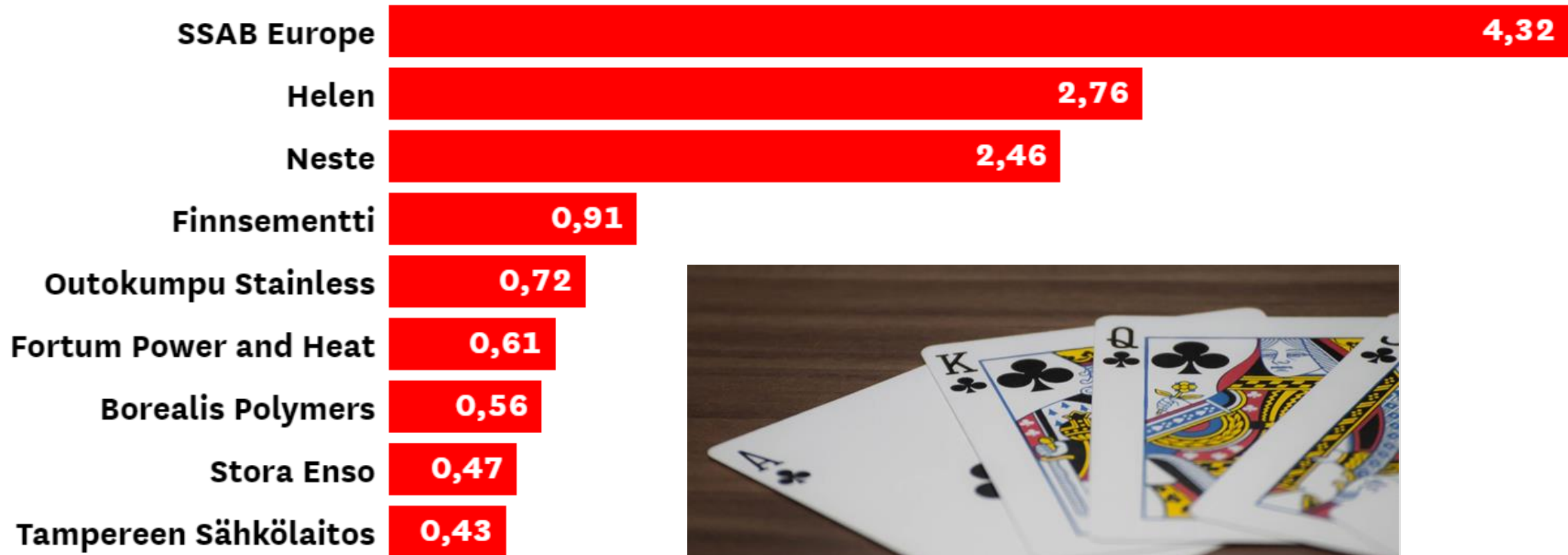
Kuva: Pixabay



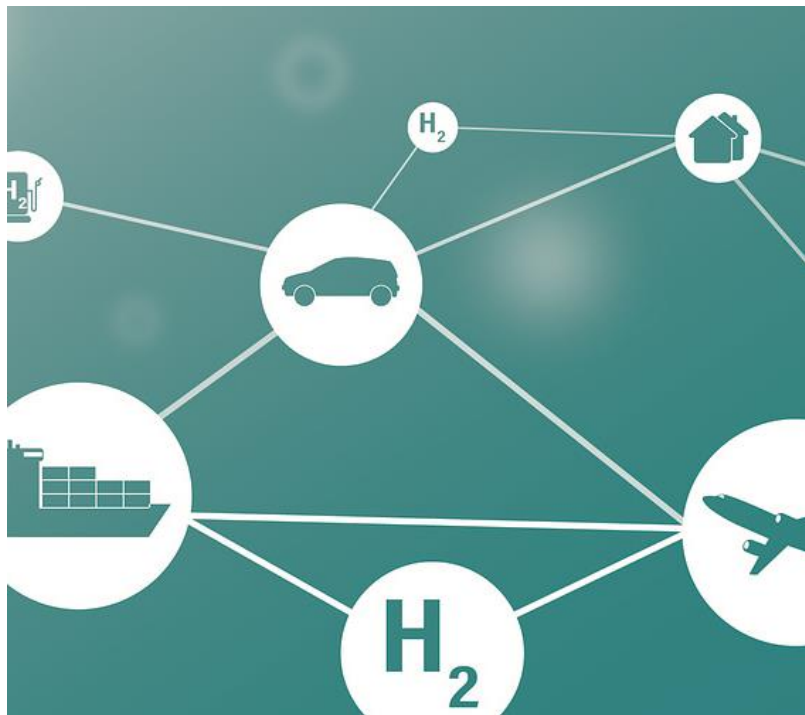
energiavirasto

Suomen ristit – suurimmat päästäjät

Suomen saastuttavimmat yhtiöt vuonna 2021, milj. hiilidioksiditonnia



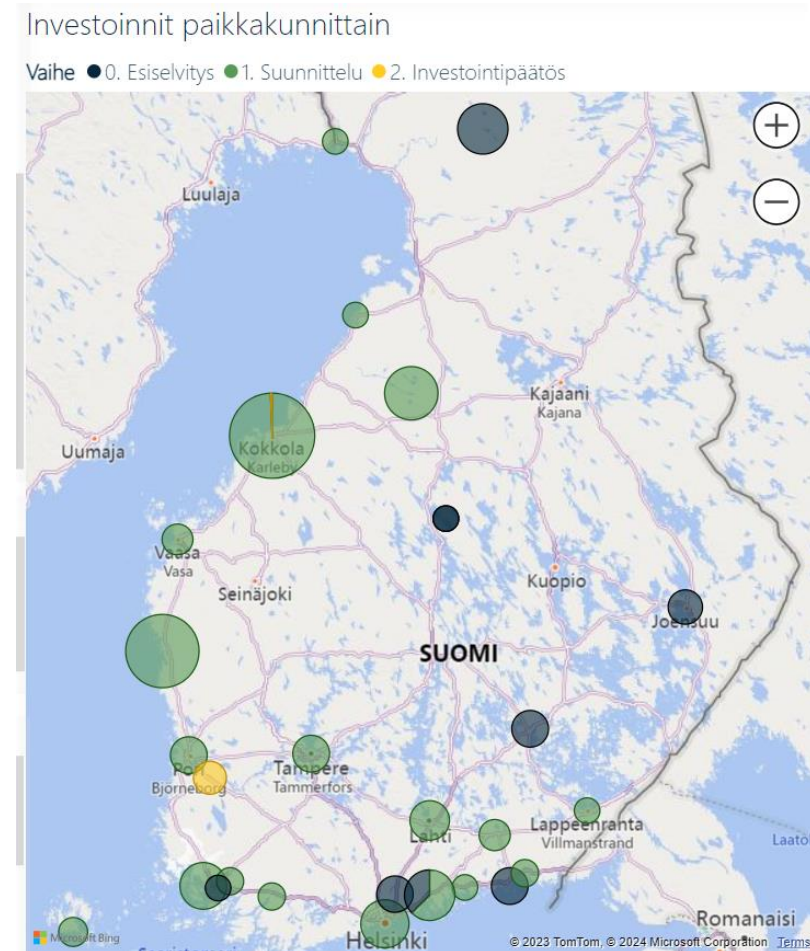
Nämä yhtiöt ovatkin etunenässä ilmoittaneet siirtyvänsä hyödyntämään vetyä



- SSAB:n fossiilivapaa teräs markkinoille 2026
 - Korvaa hiilen vedyllä rautamalmin pelkistyksessä.
- Neste luopuu öljyn jalostamisesta
 - 3 Mt/a uusiutuvaa dieseliä, lentopolttoainetta sekä polymeeri- ja kemianteollisuuden käyttämiä tuotteita asteittain 10 vuoden kuluessa.
- Helen rakentaa vedyn tuotantolaitoksen 2026
 - Yhdistää vedyntuotantoon sähkön, lämmityksen, liikenteen ja energian varastoinnin.
- Finnsementtin CO₂ metanoliksi 2026

Samoin joukko muita kuten tästä EK:kuvasta näkee.

- 28 vetyhanketta suunnitteilla ja lisäksi 9 hanketta esisuunnittelussa.
 - Jatkojalosteina metaania, metanolia, ammoniakkaa, vetyperoksidia, terästä...
 - Samalla tuotetaan sähköä ja lämpöä, energiaa varastoidaan, hiilidioksidia otetaan talteen ja vetyä jaellaan liikennekäyttöön.
 - 27 eri yritystä suunnittelee investointeja.
 - Yhteistyötä lukuisten muiden yritysten kanssa.



Kuva: EK, 21.12.2023

Jääkö käteen kuitenkin Pekka?

- 28 hankkeesta 14 on siirretty tai peruttu.
 - Peruttu: Vantaan Energia, ST1 ja Finnsement sekä SSAB ja Fortum.
 - Myöhässä ja aikataulua siirretty: Helen, Ren-Gas, Flexen, Blastr Green Steel, Westenergy...
- Syynä ovat:
 - Jätteen kohtelu uusiutumattomana EU:ssa.
 - Suomen ja Ruotsin jakeluvelvoitteen perumiset.
 - Korot ja ovat nousseet ja talous hyytyy.
 - Investointikustannukset ovat nousseet.
 - Tukipäätöksen odottaminen.



Kuva: Microsoft Image Creator, DALL-E-3

Yleisökysymys?

Tuleeko Suomesta:

A Tuulisähkön banaanitasavalta

B Uusiutuvan vedyn Norja

C Vihreän teknologian Sveitsi

D Jotain ihan muuta



Yhteenveto

- EU ajaa kohti vetytaloutta.
- Suomessa on valtava potentiaali sähkön ja vedyn tuottamiseen.
- Sähkö ja vety kannattaa jalostaa Suomessa mahdollisimman pitkälle.
 - Myös siirtoyhteydet tarvitaan.





Yhteisen hyvän puolesta

Tuomo Hulkkonen
Tuomo.Hulkkonen@Energiavirasto.fi



energiavirasto



Viimeisimpiä hyviä uutisia

- Neste siirtyy uusiutuviin polttoaineisiin 10 v. kuluessa.
- P2X Harjavalta:
 - Harjakorkeus saavutettu
 - Metaanin reaktorimoduulit ovat valmistuneet.
 - Toiminnassa syksyllä
- Gasum ostaa pitkäaikaisella sopimuksella koko tuotannon Ren-Gasin laitoksesta, jonka pitäisi valmistua Tampereelle vuonna 2026.
- Solar Foodsin pilottilaitos on valmistunut 2023
 - Tuottaa yhtä paljon proteiinia kuin 200 lypsävää lehmää.

Vedyn hinta?

Vedyn hinta liikenteessä

- Vedyn hinta riippuu kaasun hinnasta.
- **ICCT:n** (The International Council on Clean Transportation) uusiutuvan vedyn pumppuhinta Euroopassa oli keskimäärin noin **11 €/kg 2020**. Alle **6 €/kg** päästäisiin parhaassa tapauksessa **2030**.
- **IEA** pitää täysin mahdollisena skenaariona, että myyntihinta laskee **alle 6\$/kg 2030** mennessä, jolloin vety voi olla merkittävä liikenteen käyttövoimana (15 %).

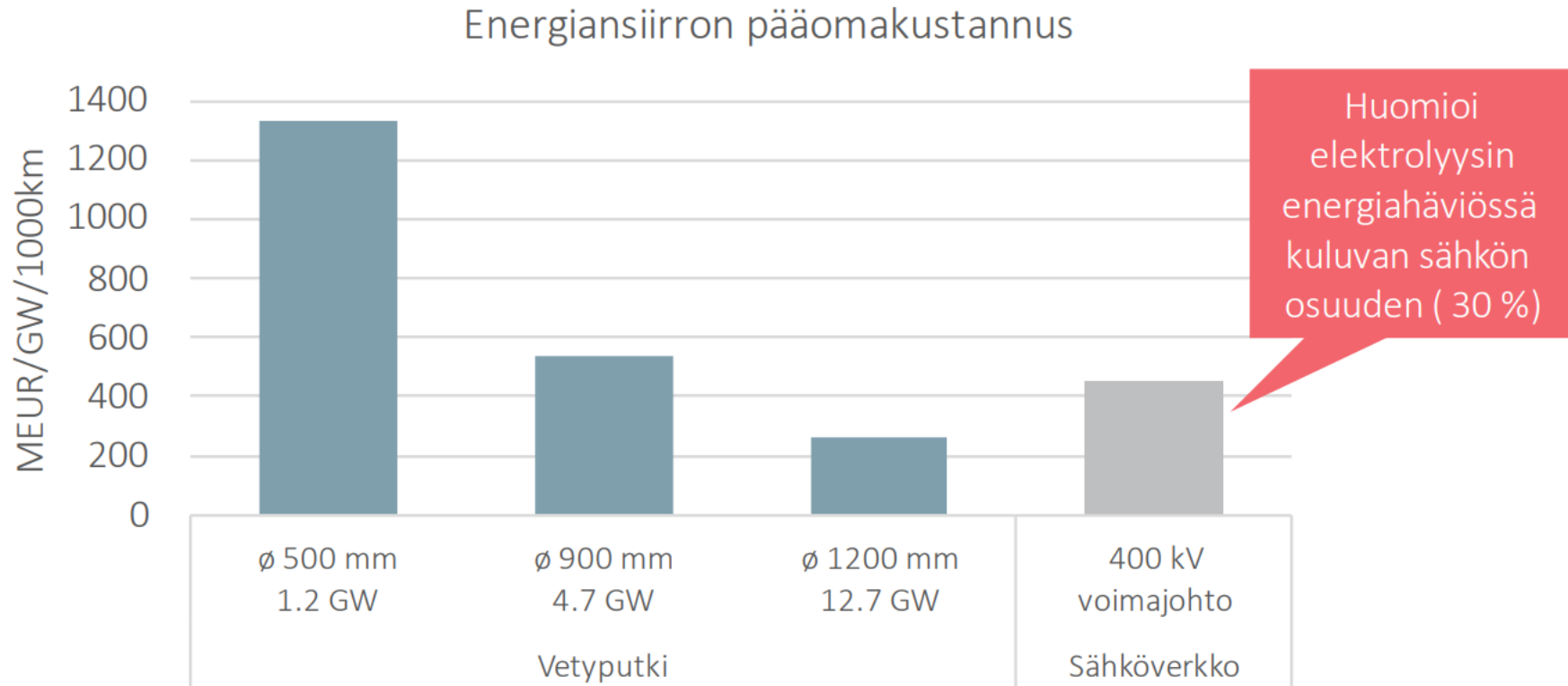
Polttoaineiden vertailuhinnat per 100km Saksassa ja Suomessa, Q1/2022 (Lähde: *EAFO*)

	Sähkö	E10 -ben- siini	Diesel	Maakaasu	Biokaasu	Vety
Suomi	3.96 €	10.75 €	10.90 €	7.21 €	6.48 €	-
Saksa	5.84 €	11.74 €	9.05 €	6.48 €	-	7.6 €

Vedyn siirtohinta



energiavirasto

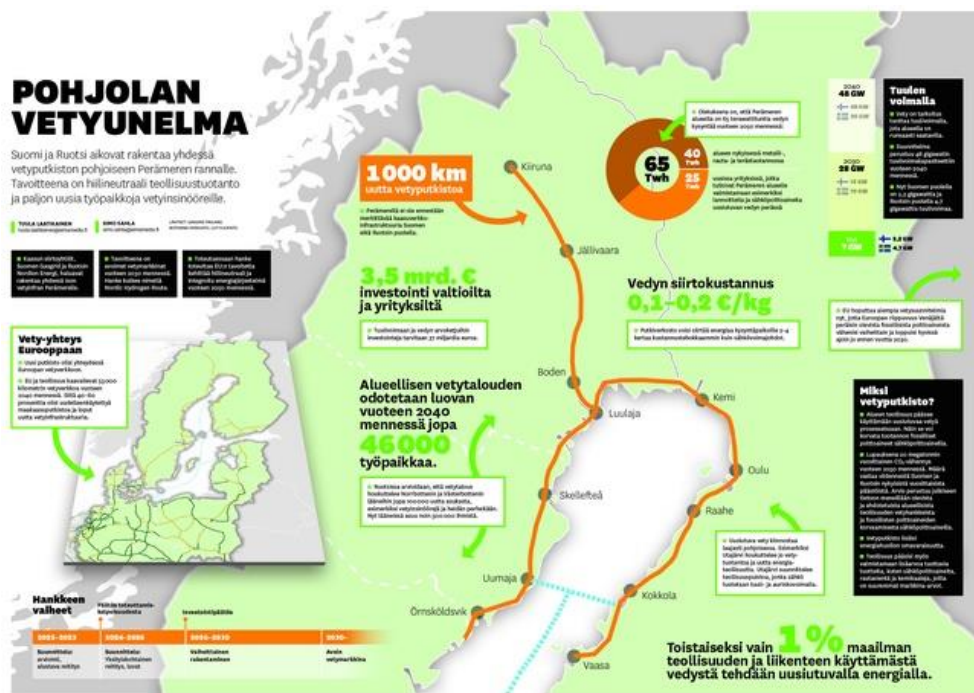


Kuva 5: Energiansiirron pääomakustannus vetyputkella ja sähköverkolla^{9,10}

Lähde: Gasgrid

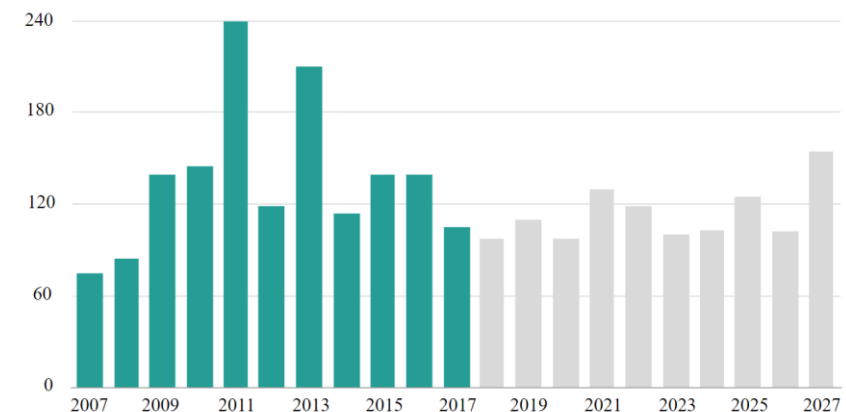
Siirtoputkien hinta Suomessa

- Siirtoputki Suomen ja Ruotsin välillä maksaa 3-3,5 miljardia euroa.
- Muiden hankkeiden hintaa ei ole julkistettu.
- Balticconnectorin kustannukset olivat 250 miljoonaa €.
- Nord Stream 2 kustannukset olivat 10 miljardia €.



Lähde: T&T

Fingridin investoinnit kantaverkkoon
Miljoonaa euroa



Lähde: Fingrid