

Tested by Jamk - Ikkuna teollisuuden tulevaisuuteen

Yrityspäivä ja laboratorion avoimet ovet
tiistaina 21.4.2026 Jamkilla, Rajakatu 35



Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus

Päivän teemat: vety, data ja tekoäly

Yrityspäivä ja laboratorion avoimet ovet tiistaina 21.4.2026 Jamkilla

- klo 8.30 - 14.00 Vety
- klo 12.30 - 16.00 Tekoäly ja data
- klo 12.30 - 16.00 Laboratoriot



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

jamk

uudistuva
teollisuus



Tested by Jamk: Ikkuna teollisuuden tulevaisuuteen

Ohjelma 21.4.2026 klo 8.30 - 16.00

- Klo 8.30 Kahvit DP70 laboratorio
- Klo 9.00–11.30 gH2ADDVA-vetyprojektin loppuseminaari DP70 laboratorio
- Klo 11.30 Lounas Café Curve ja Ravintola Cube
- Klo 12.30–14.00 Non-stop tekoälyverstas D149 ja D148
- Klo 12.30–14.00 Vetytalouden uudet avaukset (PoC) G201
- Klo 12.30–16.00 Laboratorion avoimet ovet DP70 laboratorio
- Klo 14 alkaen Kahvit laboratoriossa sekä kahvipiste D149
- Klo 14.15–15.00 Tekoälypuheenvuorot Auditorio Valjakka
- Klo 15.00–16.00 Asiantuntijat tavattavissa Valjakka, DP70



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



uudistuva
teollisuus



Vedyn arvoketjut ja verkostot

Klo 9.00–10.15

- Tervetuloa, *Eeva Pöykkö* ja *Kati Valpe-Ojala*
- Jamk vetytalouden arvoketjussa, *Mika Karjalainen*, vararehtori
- Vedyn valmistus laboratoriossa 3D-tulostetulla elektrolyyserillä, *Leena Turunen*
- Keski-Suomen vetyverkostot osana alueellista vetytalousarvoketjua, *Kati Valpe-Ojala* ja *Elja Kallberg*
- Näkökulmia vetytalouden arvoketjuun ja mahdollisiin Proof of Concept (PoC) -aihioihin, *Matti Kurki*



Euroopan unionin
osarahoittama



Vedyn valmistus laboratoriossa 3D-tulostetulla elektrolyserillä

Tested by Jamk 21.4.2026

Leena Turunen

(kuvat: L. Turunen, T. Malvisalo, T. Minkkinen)



**Euroopan unionin
osarahoittama**



jamk | **uudistuva
teollisuus**

Mitä ja miksi?

- Muuttuvia tekijöitä:
 - elektrodit:
 - materiaali, pinnoite, topologia
 - elektrolyytti
 - Tilavuus, etäisyys
 - Vedyn tuottonopeus?
- > Jamkissa valmistettu,
lähes kokonaan 3D-tulostettu elektrolyyseri



Euroopan unionin
osarahoittama



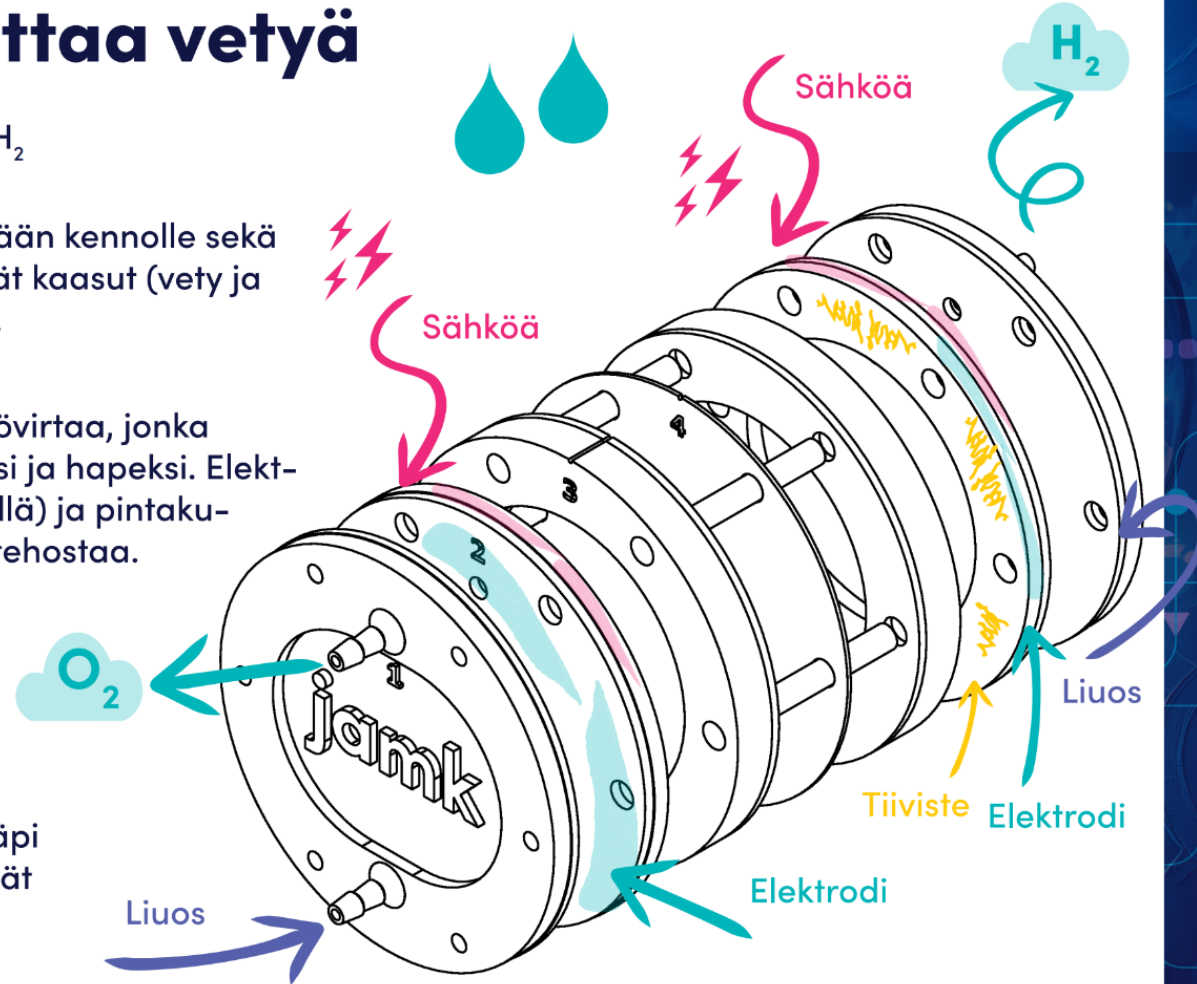
jamk | uudistuva
teollisuus



Elektrolyseri tuottaa vetyä

H₂

1. Päätylevyjien läpi vesi syötetään kennolle sekä ohjataan prosessissa syntyvät kaasut (vety ja happi) ulos elektrolyseristä.
2. Elektrodeille johdetaan sähkövirtaa, jonka avulla vesi hajotetaan vedyksi ja hapeksi. Elektrodin pinnoitteilla (katalyyteillä) ja pintakuvioinnilla prosessia voidaan tehostaa.
3. Nestekammio, jossa reaktio tapahtuu.
4. Protoninvaihtokalvo, jonka läpi ainoastaan vetyionit pääsevät kulkemaan.

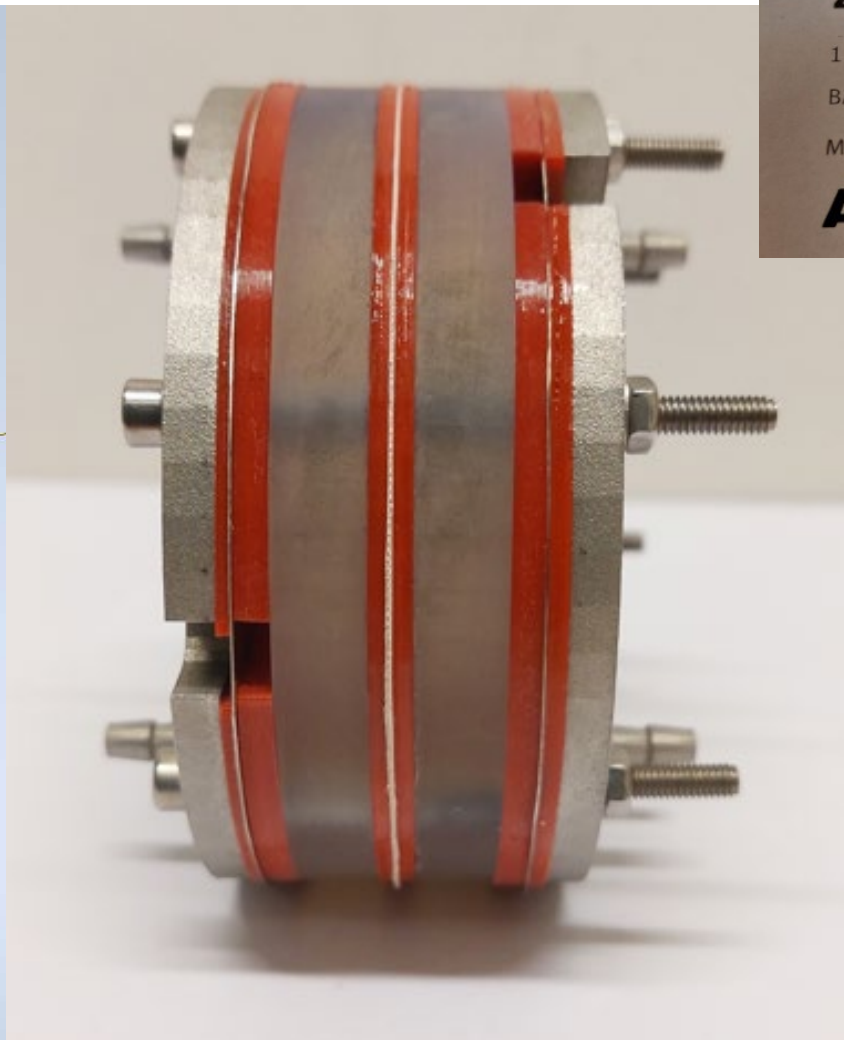
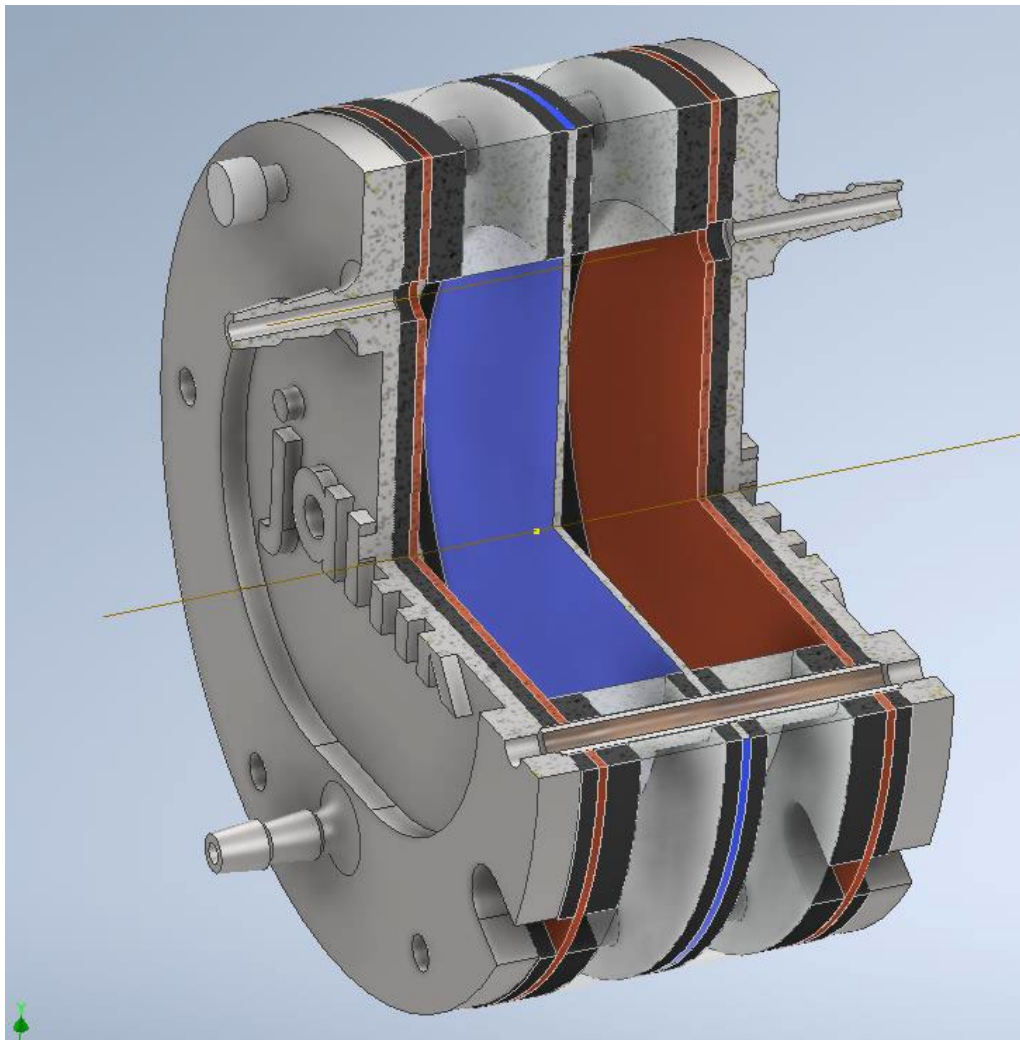


Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus






ZIRFON PERL UTP 500⁺

1 SHEET 210 x 297mm

BATCH NR. 18215311

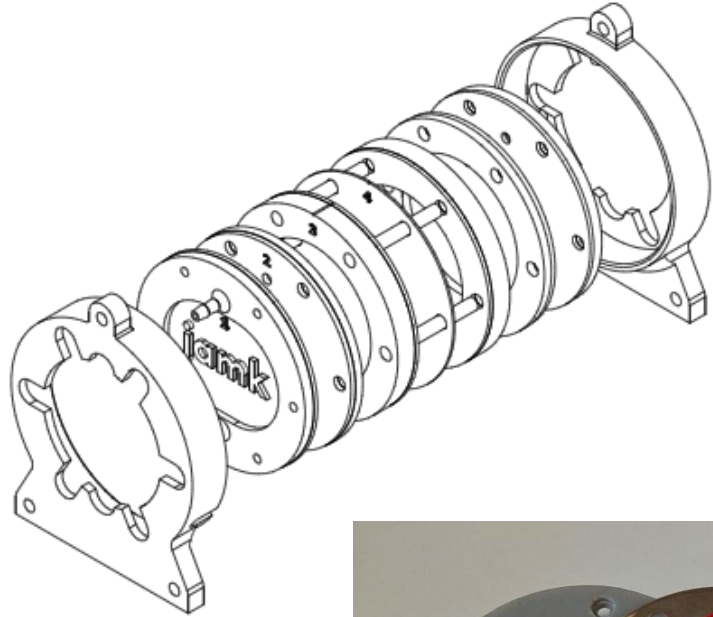
MANUFACTURED IN BELGIUM

AGFA 



**Euroopan unionin
osarahoittama**





**European unionin
osarahoittama**



3D-tulostusta, muovista...



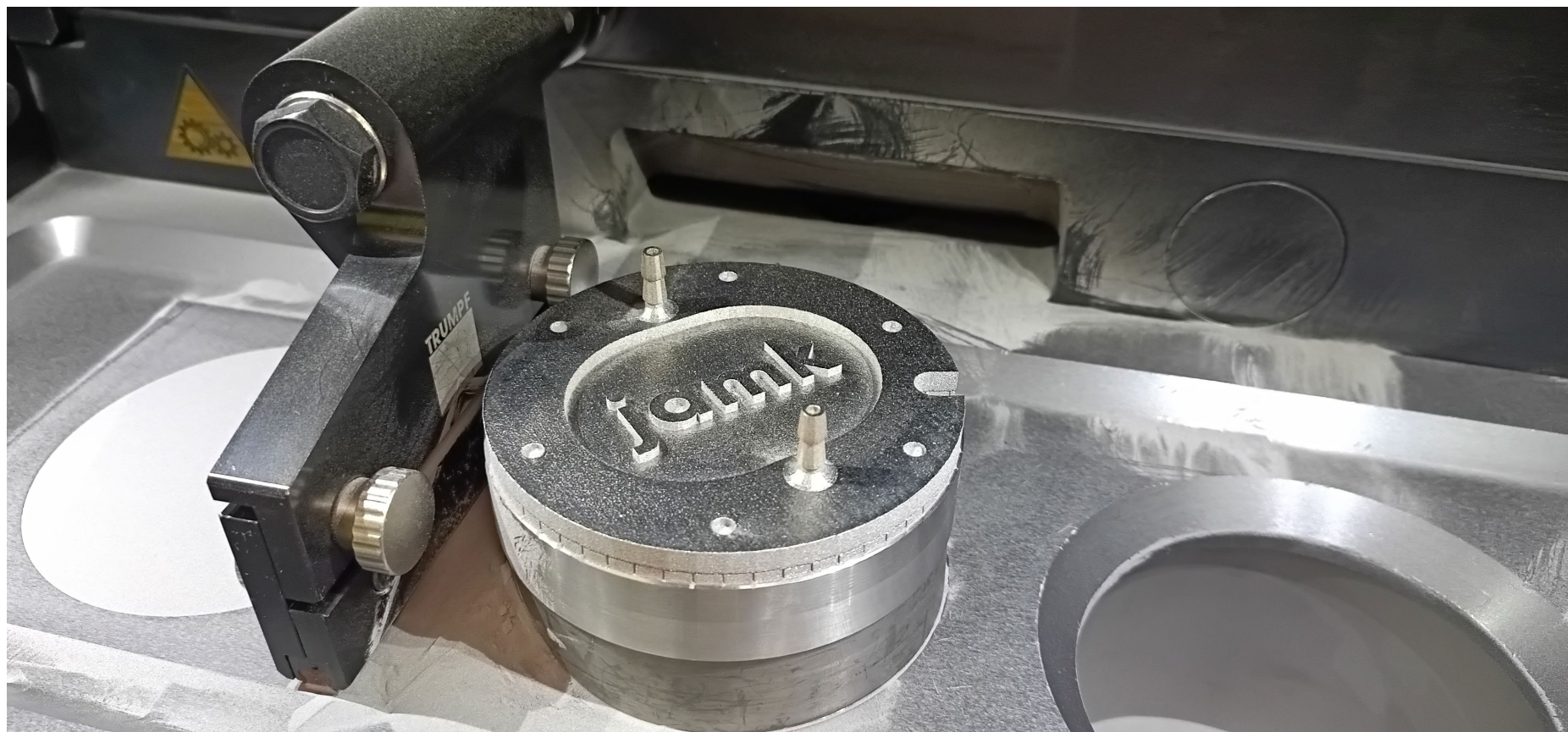
**Euroopan unionin
osarahoittama**



jamk | **uudistuva
teollisuus**



...ja 3D-tulostusta metallista (316L)

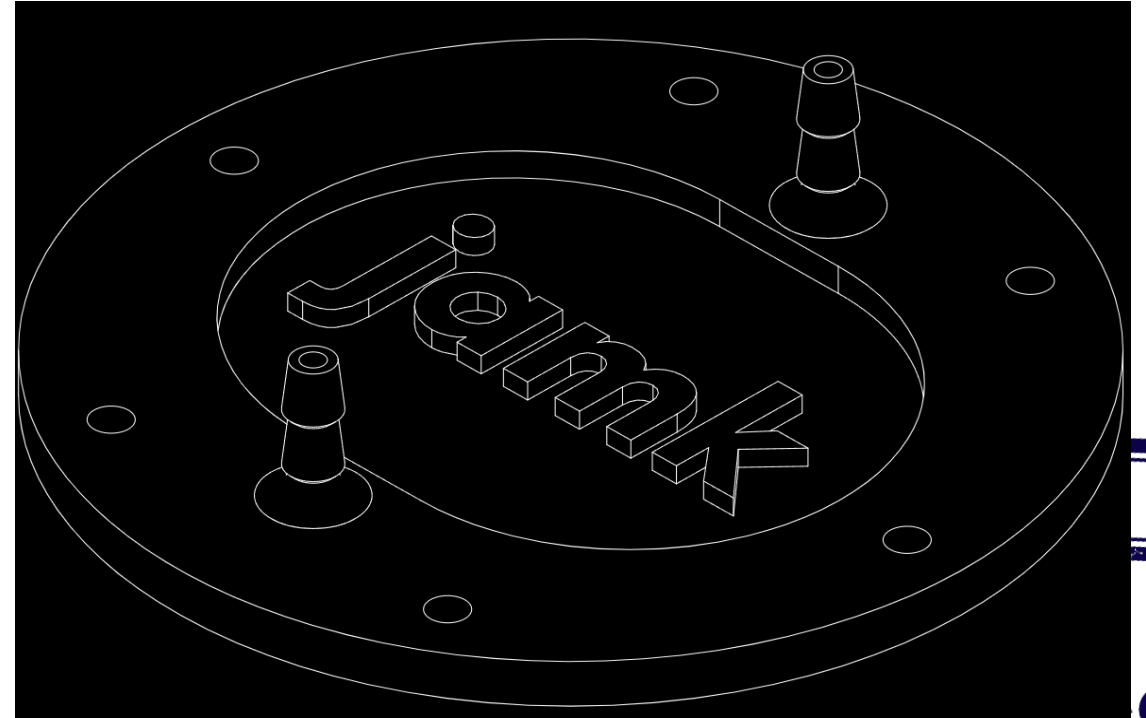
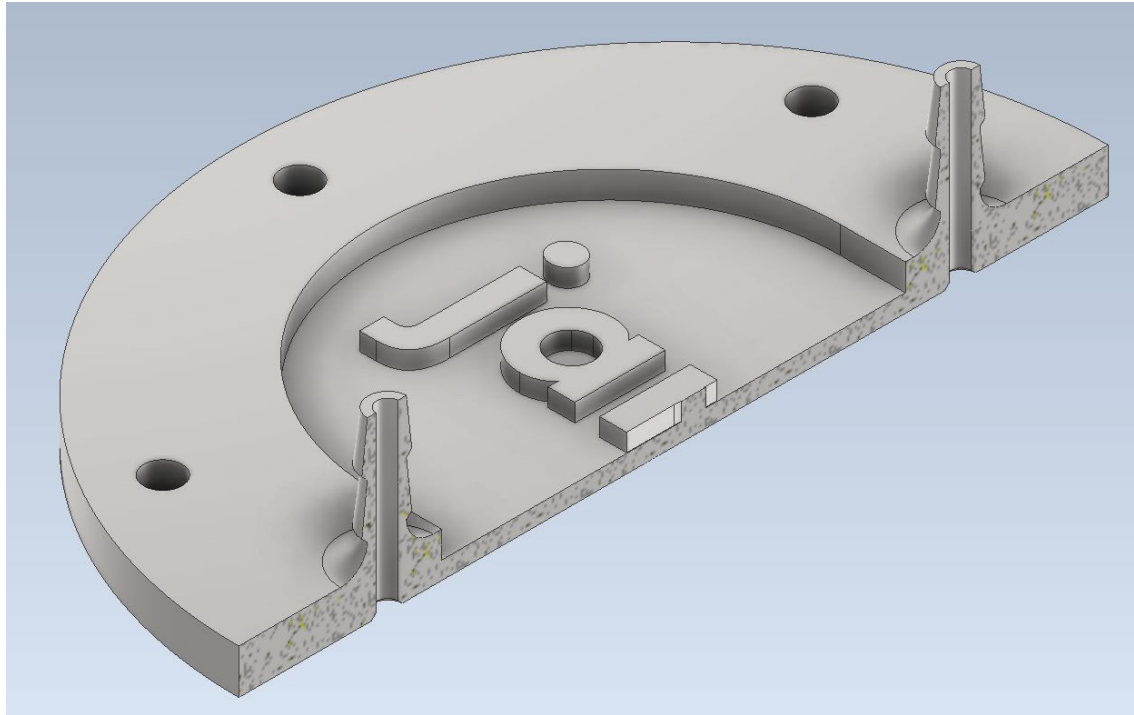


Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus

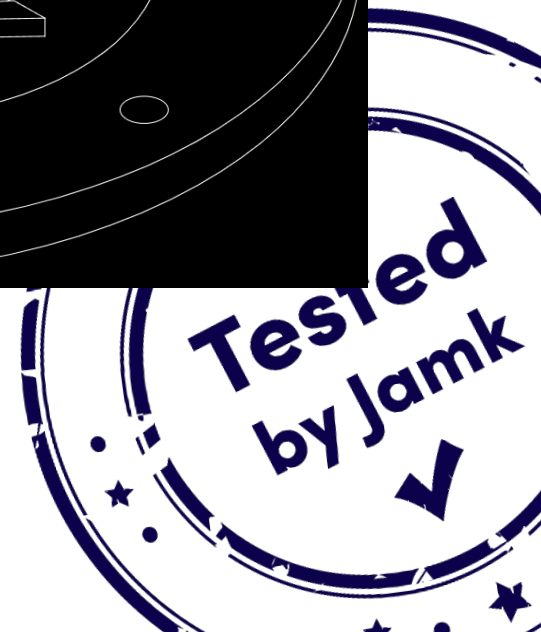
Päätylevy



Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus





European unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus



Vedyn tuottoa

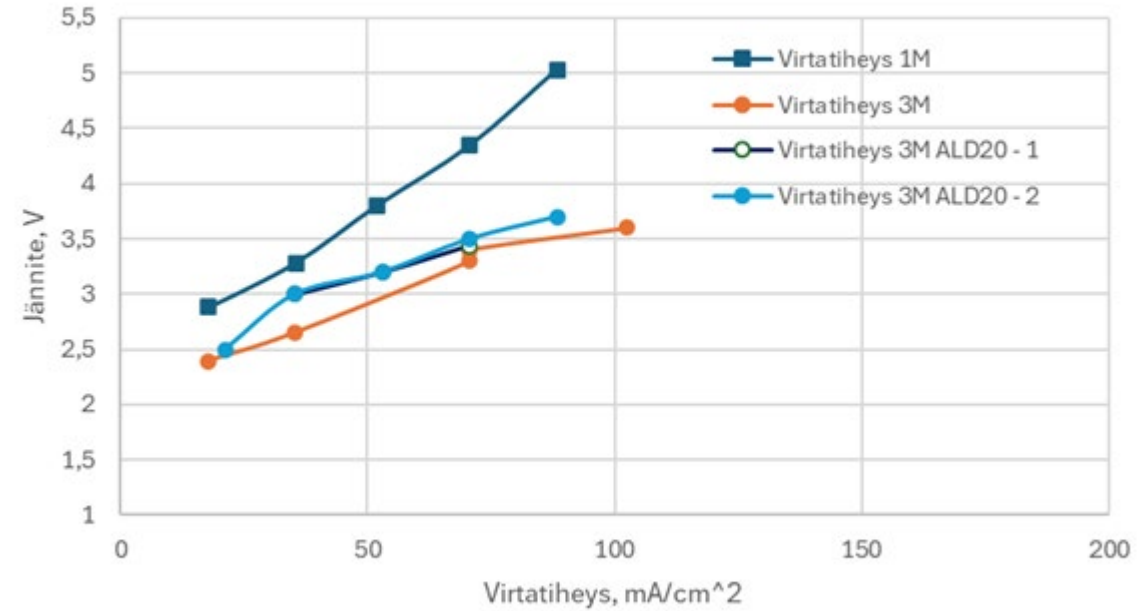
- 28 cm² pinta-ala
- ALD kerros n. 20 nm
- Molemmat elektrodit pinnoitettu
- Heikentää hiukan tehoa / virtatiheyttä
- Ominaistuotto parempi laimealla emäksellä
- Ei vertaudu kaupalliseen elektrolyysilaitteistoon



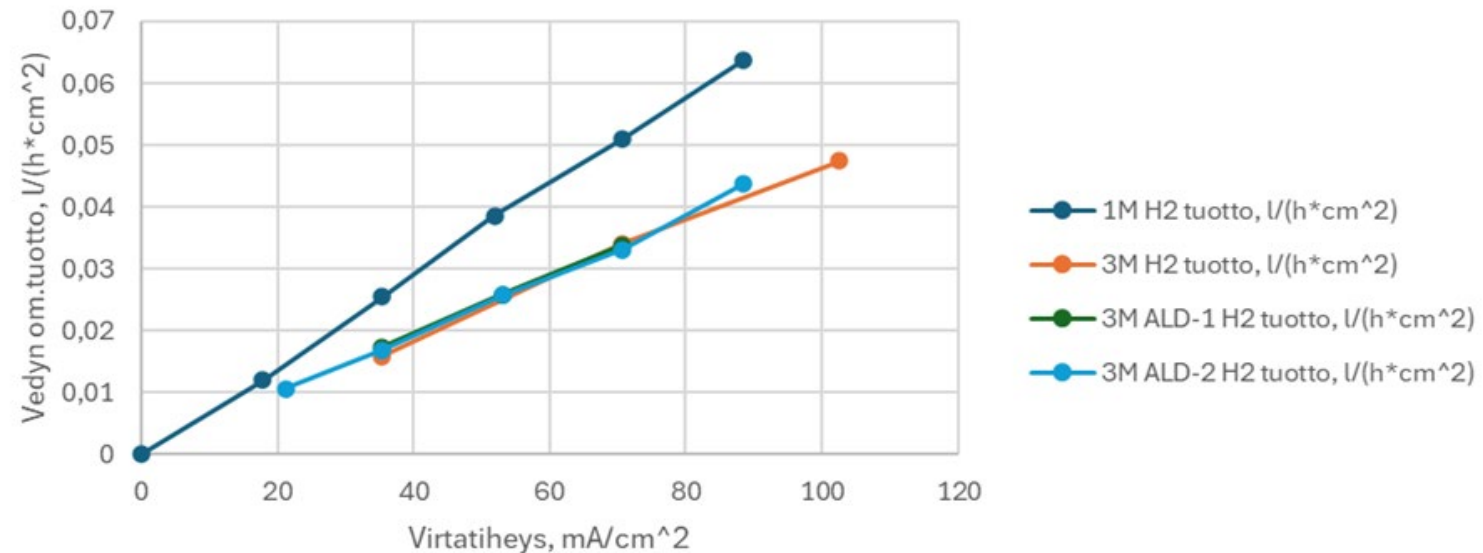
Euroopan unionin
osarahoittama



Virtatiheys - Jännite

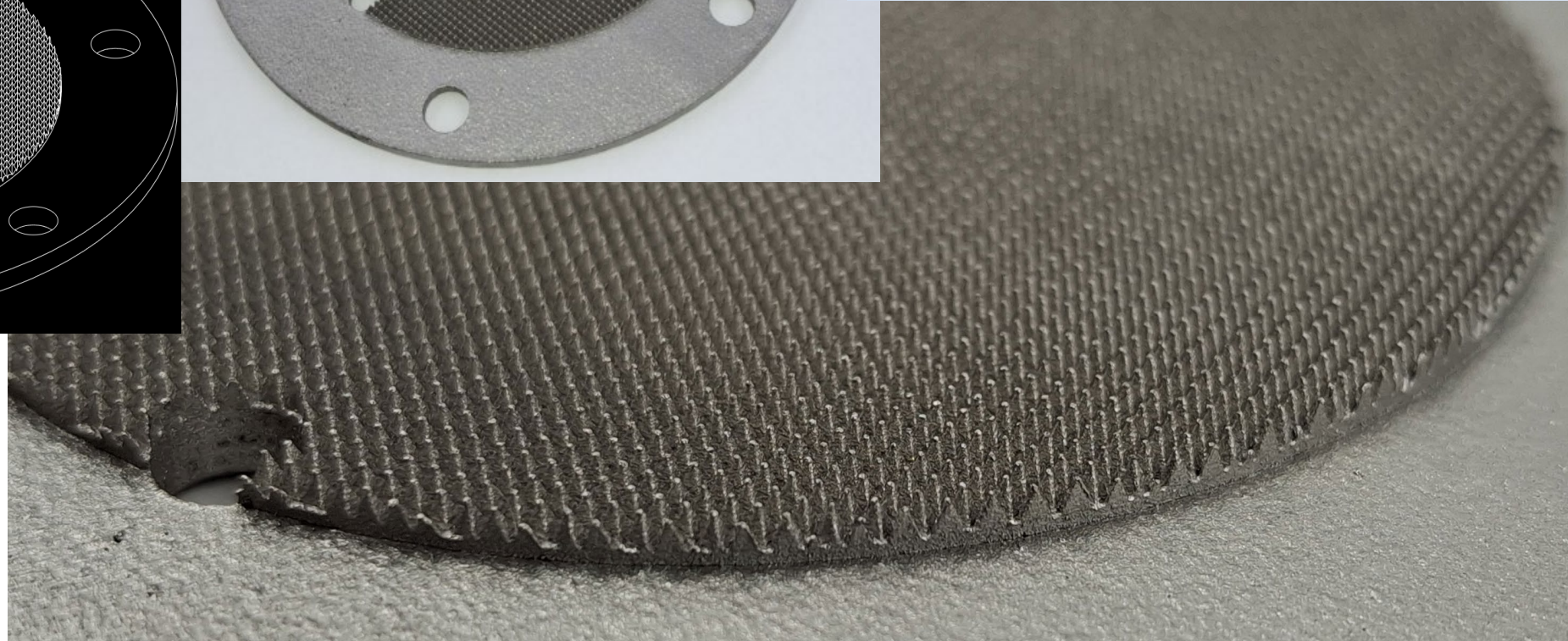
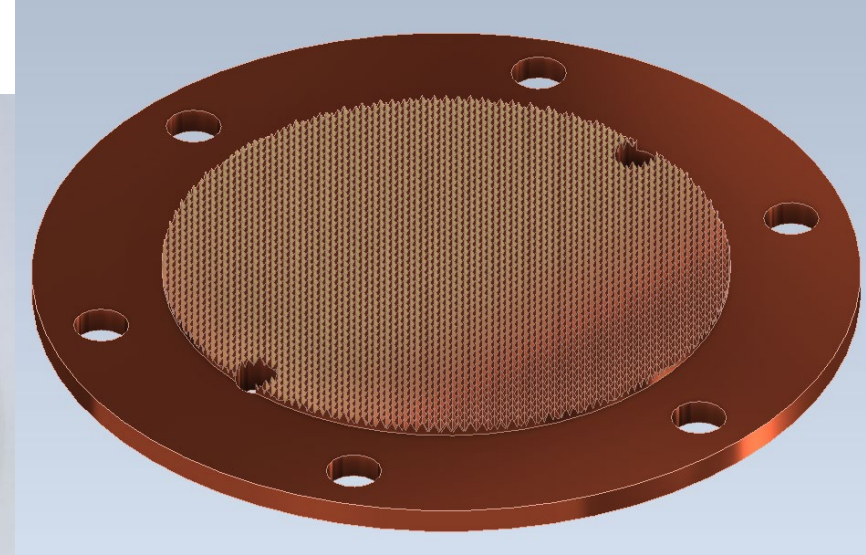
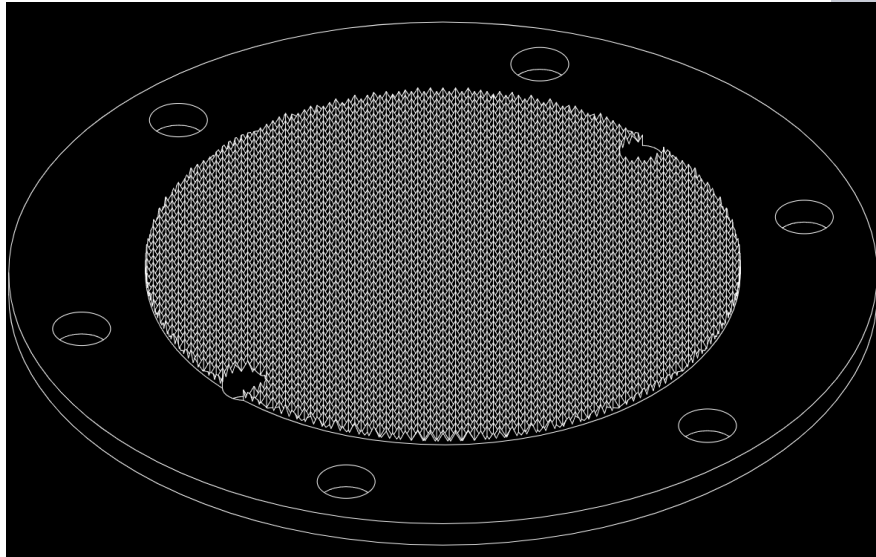


Vedyn ominaistuotto 28 cm², l / (h*cm²)



Pyramidipintainen elektrodi

Vektorikuva,
3D-metallituloste (316L)
ja 3D-malli



Euroopan unionin
osarahoittama

Pyramidipintainen elektrodi

- Testattiin myös 3D-tulostettuja, suuren ominaispinta-alan elektrodeja
- Pohjana 3D-tulostettu ruostumaton teräs 316L
- Kartiomuoto, pyöreä pohja 0.5 mm, korkeus 0.7 mm
- Ensimmäiset pinnoitukset: Cr
 - Kestää pinnassa kiinni, hiukan huonompi sähkönjohtokyky kuin nikkelillä
 - Elektroditesteissä sekä sileä että kartiotopologia-pinta



Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus

Elektrodipinnoitteet

Magnetron sputteroidut (paksuudet suuntaa-antavia)

- Taustamateriaali AISI 316L, ruostumaton ja haponkestävä austeniittinen teräs (myös 3D tulostettu)
 - Cr 3-5 μ m x2, sileä elektrodi
 - Cr 10 μ m x1, 3D tulostettu pyramidirakenne
- Sandwich rakenne Ti/Cr/TiN ~ 500 nm + 5 μ m + 500 nm x2 sileä elektrodi
 - Ti adheesiokerros, Cr sähköä johtava materiaali, TiN sähköä johtava keraami, pitäisi kestää kohtuullisesti laimeaa KOH:ia



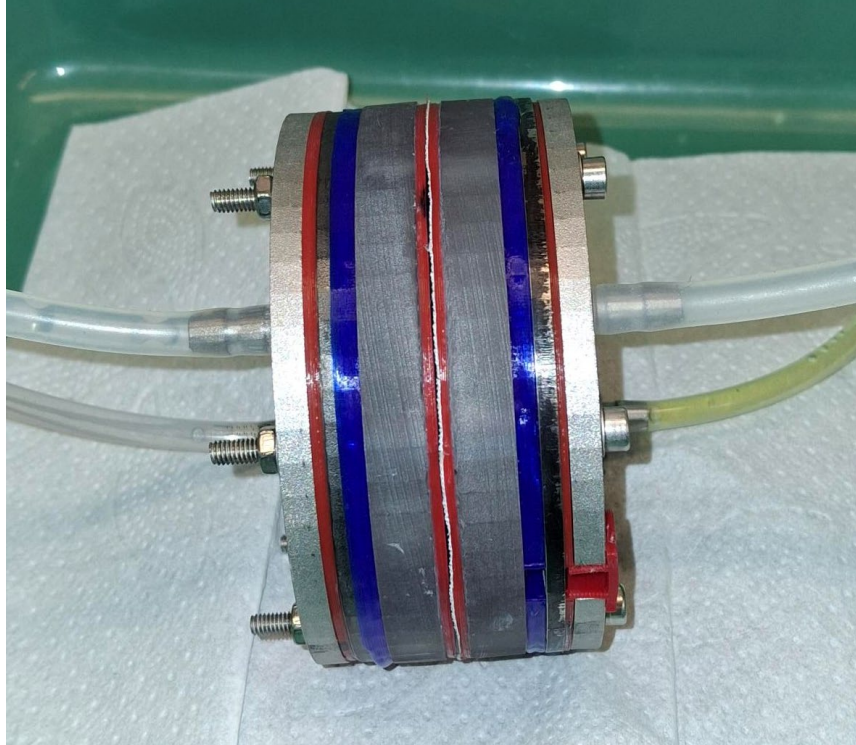
Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus



Jamk AWE elektrolyysipakka



- Happipuolella näkyy kellertävää KOH-liuosta, (sis. kromiyhdistettä)
- Elektroodin kromipinta liukenee ja muodostuu kromaattia (CrO_4^{2-})
- $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^-$



Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus



Sputterointitestit

- Ongelmana pinnoitteiden (Cr ja sandwich Ti/Cr/TiN) kiinnipysyvyys ja kemiallinen kestävyys
 - Pinnoite reagoi hapen kanssa
 - Sputteroidun katalyyttimateriaalin (Ni) kiinnipysyvyys?
 - Kiinnipysyvyyden parantaminen/katalyyttipinnoitteet (tulevaisuudessa)
- Kokeita myös suoraan 3D-tulostetuilla 316L - pohjilla
 - Huonommin sähköä johtavia -> resistanssi -> lämpötila
 - Sileä - pyramidi vertailu

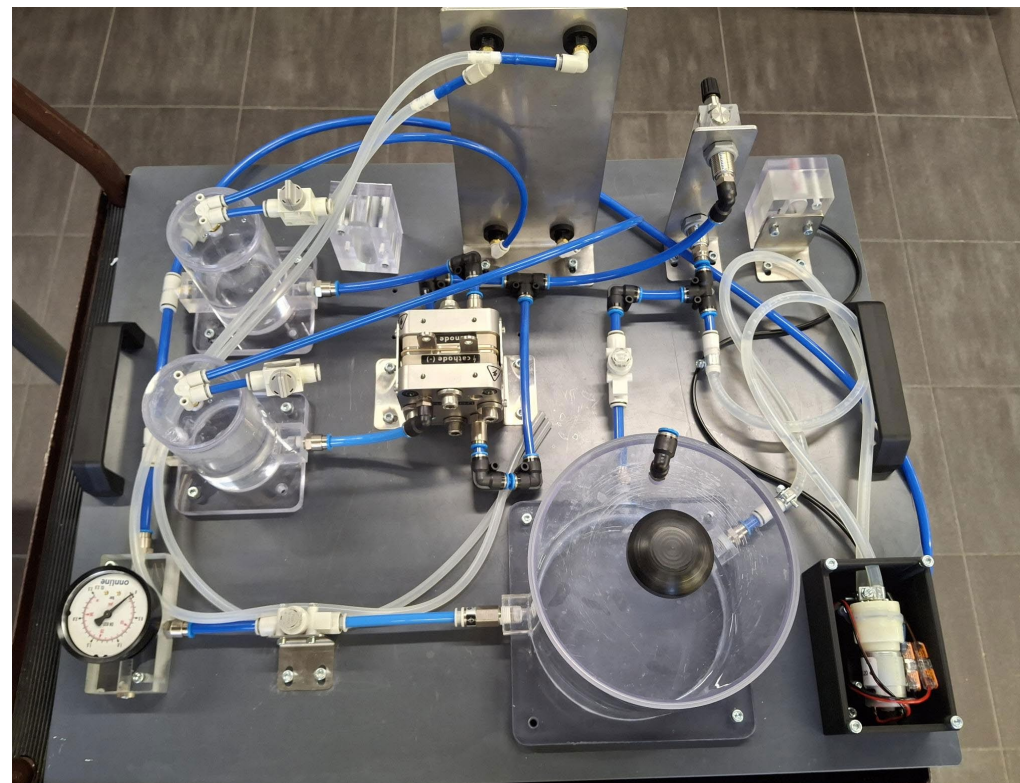
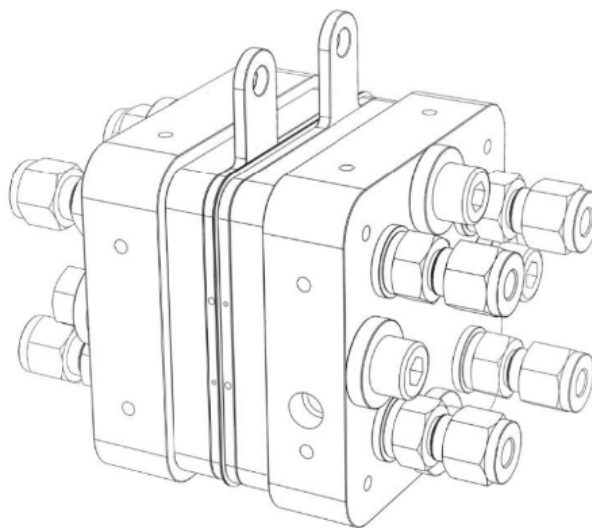


Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus

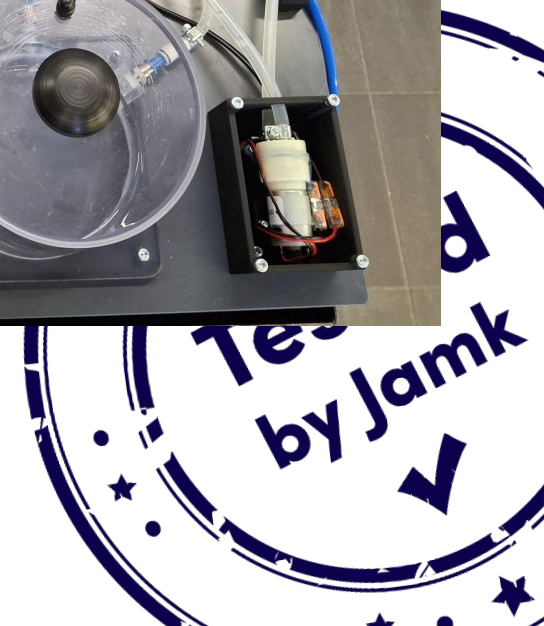
PEM (kaupallinen) + Jamkin ympäristö



European unionin
osarahoittama

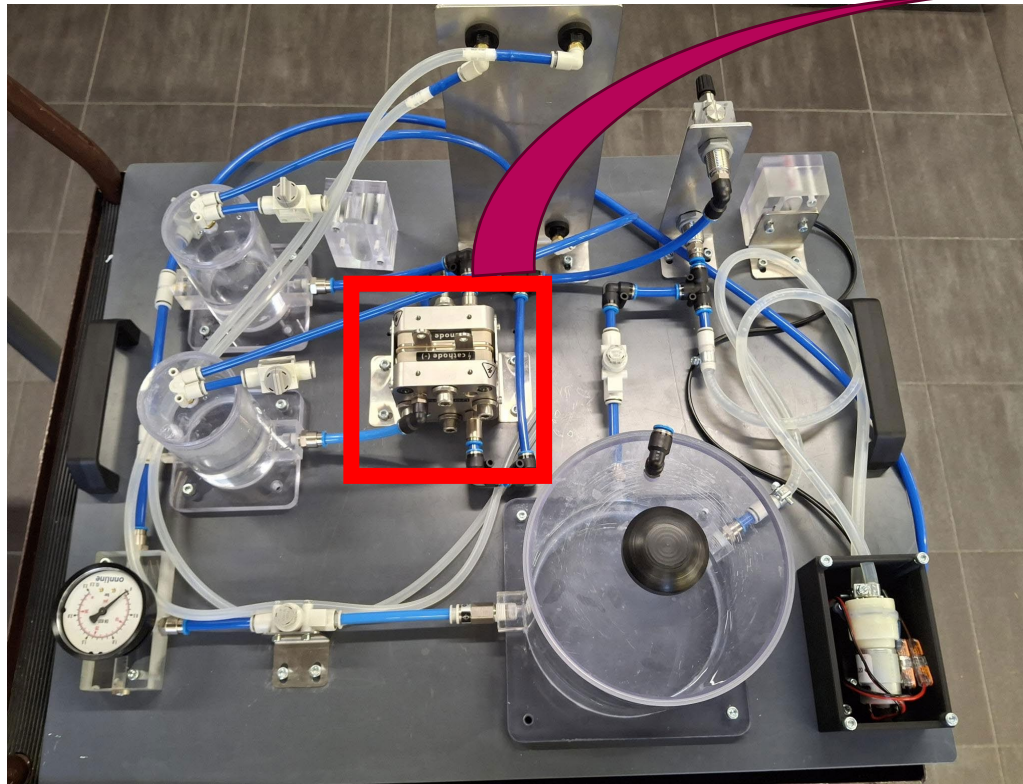


jamk | uudistuva
teollisuus



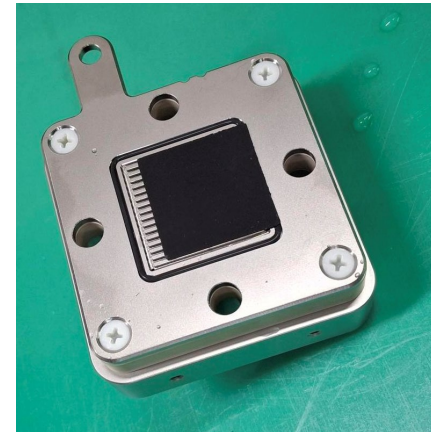
PEM-laitteisto

Laitteiston vesikierto + PEM purettuna

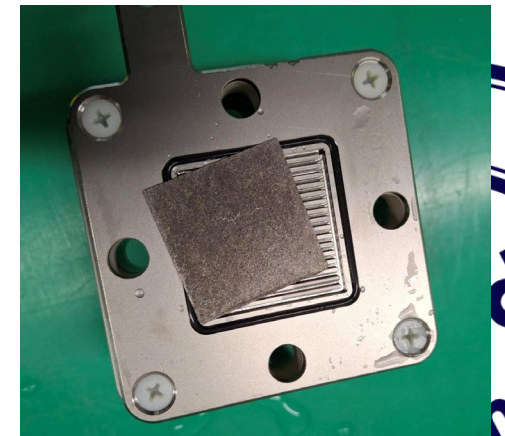


Membraani

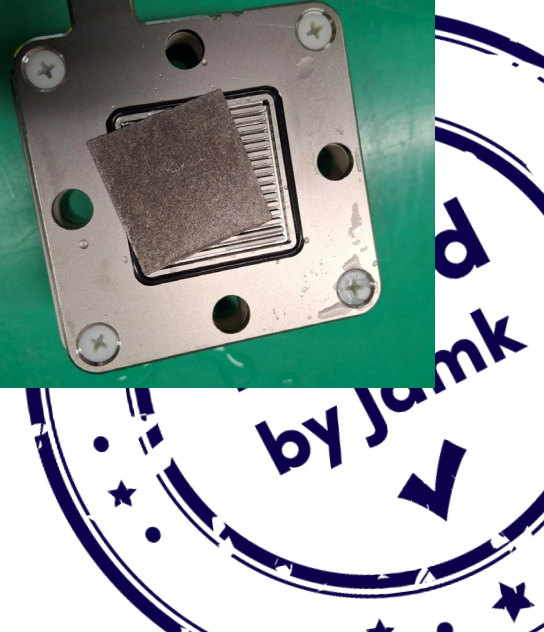
Katodi



Anodi



Euroopan unionin
osarahoittama



Keski-Suomen vetyverkostot osana alueellista vetytalousarvoketjua

Tested by Jamk 21.4.2026

Kati Valpe-Ojala ja Elja Kallberg



**Euroopan unionin
osarahoittama**



jamk | **uudistuva
teollisuus**

Keski-Suomi vetykartalla?

**Suomessa on tapahtumassa kaikessa
hiljaisuudessa vetyvallankumous –
katso kartalta, yltääkö vihreä siirtymä
kotikuntaasi** **30.1.2023**

Vihreä vety on tuomassa Suomeen 10 miljardin euron investoinnit.
Tässä hankkeet, joista "yksikään ei lentäisi ilman tuulivoimaa".

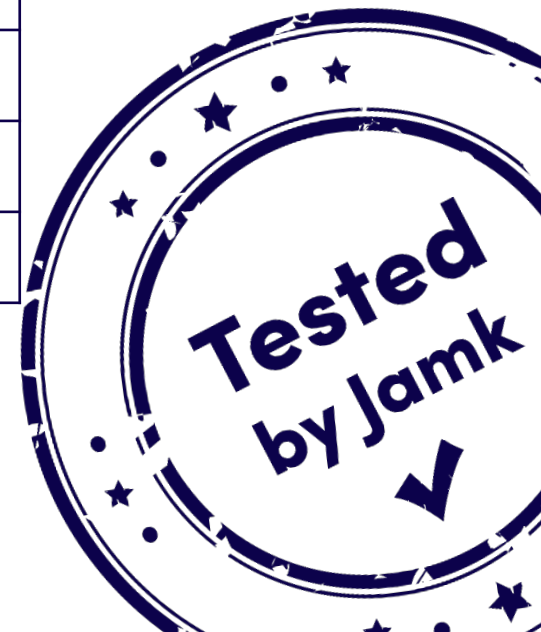


Suomeen kaavailuista yksittäisistä vetyhankkeista suurimmat liittyvät teräkseen valmistukseen Inkoossa ja Raahessa. Seuraavina tulevat investoinnit Ranualla, Kokkolassa ja Kristiinankaupungissa. Kuva: Samuli Huttunen / Yle

<https://yle.fi/a/74-20014811>

Keski-Suomen paikka kansallisessa vetytalousarvoketjussa - kehityskaari 5 vuotta

Vuosi	Asema
2021	Vetytalouden ulkopuolella
2023	TKI-toiminnan käynnistyminen
2024	Tutkimus- ja testausalustojen rakentaminen
2025	Kansallinen vetyliikenteen pilotti
2026	Paikallinen tuotanto + integroitu arvoketju



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Keski-Suomen vetyverkostot

Kansalliset:

[Hydrogen Cluster Finland](#) (2021)

- Yrityksille, esim. Elomatic

[Suomen vetytutkimusfoorumi](#) (2022)

- Yliopistot, mm. JYU, VTT, Luke

Alueelliset:

Vetyverkottamo (2023)

- Jyväskylän kaupunki vetovastuu, eri teemoja, liikenne vahvasti esillä

[H2 Innovaatioallianssi H2IA](#) (2025)

- Jyväskylän kaupunki, Cefmof, VTT, JYU, Jamk, Kasvu Open, Jyväskylän yritystehdas ja Keski-Suomen liitto, *Gradia*

H2 R&D Core group (2025)

- VTT, JYU, Jamk, Cefmof, Gradia, Luke

Vetylaakso-kumppanuus:

[Both₂nia](#) ry (2026)

- Vetylaakso, teemoina mm. koulutus ja TKI
- Jamk ja H2IA mukaan 2026



Both₂nia



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Vetyyn liittyvää toimintaa ja toimijoita

- [Central Finland Mobility Foundation \(Cefmof\) \(1/2024\)](#)
- 20.4.2024 Saimme kuulla tuoretta tutkimustietoa siitä [Millaisia mahdollisuuksia Keski-Suomella voisi olla vetytaloudessa?](#) **Petri Tuominen** selvitti sitä YAMK opinnäytetyössään – tulos on, että arvoketjussa olisi tilaa tekijöille.
 - Aiheesta myös [VetyVartti-webinaari](#) ja [artikkeli](#) (2025)
- [Keski-Suomen vetytaloustiekartta](#), 21.3.2025 (5/2025)
 - Mm. investoimalla tutkimukseen ja vedyn kehittämiseen voidaan mahdollistaa uusia teollisuusalueiden investointeja ja energiainfrastruktuuria Keski-Suomeen
- [H2 Seed Village](#) -kiihdyttämö (2025, seuraava syksyllä 2026)
- H2 Cluster - [Suomen vetyklusterin tiekartta](#) (1/2026)
 - Euroopan kilpailukykyisin vetytalous tehdään yhteisvoimin
- [FITEch Hydrogen \(aikuiskoulutus\)](#)
- [H2Excellence European Hydrogen Academy](#) 20 – 22.5.2026, Lissabon, Portugali
- [WCCM-ECCOMAS](#) 19.–24.2026, München, Saksa

JYVÄSKYLÄ 



GRADIA



Yritystehdas
The Startup Factory



Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus

Jyväskylän ammattikorkeakoulu

- Jamkilla on vahvat TKI- ja labra-alustat
 - energiajärjestelmien mallinnus ja kyberympäristö (IT-instituutti, RGCE)
 - materiaalitekniikka, vetyyn liittyvät materiaalit ja varastointi (UTI)
 - uudet energiateknologiat, biopohjainen vety ja synteettiset jatkojalosteet (BTI).
- Investoinnit ja talouden logiikka, mm. arvonmääritys, kannattavuus, kustannustehokkuus
- Jamk voi toimia investointi- ja innovaatiotarpeiden alueellisena pilotointi- ja testialustana, erityisesti pk-yrityksille ja uusille ratkaistaville arvoketjuille.
- Teimme strategisen valinnan vedystä Jamkin yhteiseksi painopisteeksi
 - Vedyn varastointi ja siirto & materiaalitekniologia
 - Koulutus ja osaamisen kehittäminen
 - Vedyn käyttö (liikenne, turvallisuus, teollisuus)



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Jyväskylän yliopisto

- JYU:ssa on vahvaa vetyosaamista erityisesti kemianlaitoksella
 - 2 uutta vetyprofessoria aloitti 2026 alussa: vedyn valmistukseen ja vedyn varastointiin



- Tänä vuonna käynnistyy turvallisuusteknologian DI koulutusohjelma
 - tuo alan viimeisimmän tiedon suoraan teollisuuden käyttöön, esim. vedyn turvallinen käyttö vaatii tarkkaa tietoa prosesseista ja turvaetäisyyksistä
- ALD CoCampus -yhteistyö, tänään 21.4.2026 MoU:n allekirjoitus



**Euroopan unionin
osarahoittama**



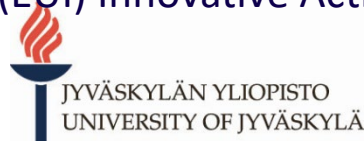
Vetyyn liittyviä projekteja

Keski-Suomessa vuodesta 2024 alkaen

- [gH2ADDVA – Vihreällä vedyllä kohti kestäväää energiantuotantoa](#), 1/2024 – 6/2026, Jamk/UTI ja BTI sekä JYU/fysiikka
- [H2VT4 – Vedyn valtatiellä](#), 6/2024 – 6/2025, Jamk
- [HyPER – Hydrogen Production and Storage as an Enabler of Industrial Renewal in Central Finland](#), 1/2024 – 12/2025, VTT ja JYU/kemia
- [H2POSSE – The Hydrogen Production Optimization, Storage Systems, and Ecosystem Development](#), 9/2025 – 12/2027, VTT ja JYU/kemia
- [Vetyinnovaatioita Jyväskylästä, Keski-Suomesta \(PoC\)](#), 9/2025 – 12/2027, Jyväskylän kaupunki
- [3K Vihreän siirtymän esiselvitys](#), 3/2023 – 10/2024, Pihtipudas, Pyhäjärvi ja Kiuruvesi
- Tikka-hanke: [Vetylogistiikan esiselvitys Jämsän alueella](#), 9.9.2025
- [HiHaCO₂ Hiili – haitasta hyödyksi](#), 1/2025 – 6/2027, Jamk/UTI ja JYU/Kemia, IT-tdk, Bio-Ymp
- LIFE Nordic H2 Transport KV-haku (JKL, Jamk, Cefmof, Koiviston Auto, Gradia, Pelastuslaitos, Esslingen), Eurooppalaisen kaupunkialoitteen (EUI) Innovative Actions haku, DL 15.6.



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Suomen vetytalouden tiekartta

Lähde: H2 cluster Finland: Vetytalouden tiekartta Suomelle: Euroopan kilpailukykyisin vetytalous, 1/2026

- Suomen tavoitteena on nousta **Euroopan kilpailukykyisimmäksi vetytalousmaaksi** ja saavuttaa **10 % osuus EU:n puhtaan vedyn tuotannosta ja käytöstä 2030 mennessä**.
- Vetytalous on tiekartan mukaan Suomen kestävän kasvun, teollisuuden energiamurroksen, huoltovarmuuden ja vihreän siirtymän **kulmakivi**.
- Markkina ei synny itsestään – vetytalouden kasvu perustuu EU-tasoisille mandaateille ja jakeluvelvoitteille (liikenne, teollisuus) sekä **samanaikaiseen etenemiseen**: puhdas sähkö, vety- ja CO₂-infra, innovaatiot, TKI, biogeeninen CO₂ ja osaaminen.
- Vuosina 2026–2027 on tehtävä useita kaupallisia investointipäätöksiä (H₂/e-polttoaineet, infra, CO₂-talteenotto), jotta tiekartan minimitalvoitteisiin päästään 2030–2035.



Euroopan unionin
osarahoittama



Mihin kannattaa suunnata

Keski-Suomi voisi omistaa vetytalouden “harmaan alueen” -
missä, milloin ja mihin vety kannattaa käyttää

1. Liikenne (raskas / julkinen / erityiskäyttö) ja tankkausinfra

- Jyväskylässä on jo kysyntä- ja käyttöympäristö: vetytankkausasema, vetybussit, -taksit, operatiivinen pilotointi.

2. Paikallinen vedyn tuotanto, varastointi ja materiaalit

- Keski-Suomessa on tutkimus- ja pilotointikykyä: kausivarastointi, luotettavuus pohjoisissa oloissa
- Jyväskylän aseman yhteyteen rakennetaan 1 MW paikallista tuotantoa.

3. Teolliset PtX- ja CO₂-ratkaisut + lämpö

- mm. Jämsänkoski ja Äänekoski potentiaalisia kohteita vedyn ja sen jatkojalosteiden tuotannolle



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Mihin kannattaa suunnata

Viimeisen viiden vuoden aikana Jyväskylä ja Keski-Suomi ovat nousseet vetytalouden katveesta kansallisesti näkyväksi pilotointi- ja osaamiskeskittymäksi, jonka rooli ei ole tuottaa eniten vetyä – vaan tehdä siitä toimivaa, turvallista ja kaupallistettavaa.



Euroopan unionin
osarahoittama



KSL
Keski-Suomen liitto



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

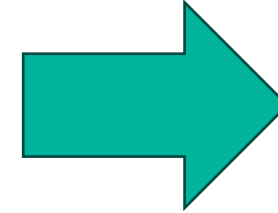
jamk

uudistuva
teollisuus



Miten mukaan

Jos kiinnostuit, [jätä yhteystiedot ja tilaa uudistuvan teollisuuden uutiskirje](#)



Testaa:

Jamkin ja JYU:n labrat ja osaaminen, vetyinnovaatiohanke (PoC)

- Klo 12.30–14, tila G201: Vetytalouden uudet avaukset (Proof of Concept, PoC) Keski-Suomessa. Mikä on PoC, mitä sillä tavoitellaan ja miten pääsee mukaan?
- Konkretiaa

Kasva:

- Rahoitusmahdollisuudet: H2 Innovaatioallianssi, Jyväskylän kaupunki
- Seed Village: [Hae mukaan syksyn 2026 ohjelmaan!](#) Haku auki 21.4.–3.6.

Verkostoidu:

- Tapahtumat, uutiskirjeet



Euroopan unionin
osarahoittama



Näkökulmia vetytalouden arvoketjuun ja mahdollisiin Proof of Concept (PoC) - aihioihin

Tested by Jamk 21.4.2026

Matti Kurki



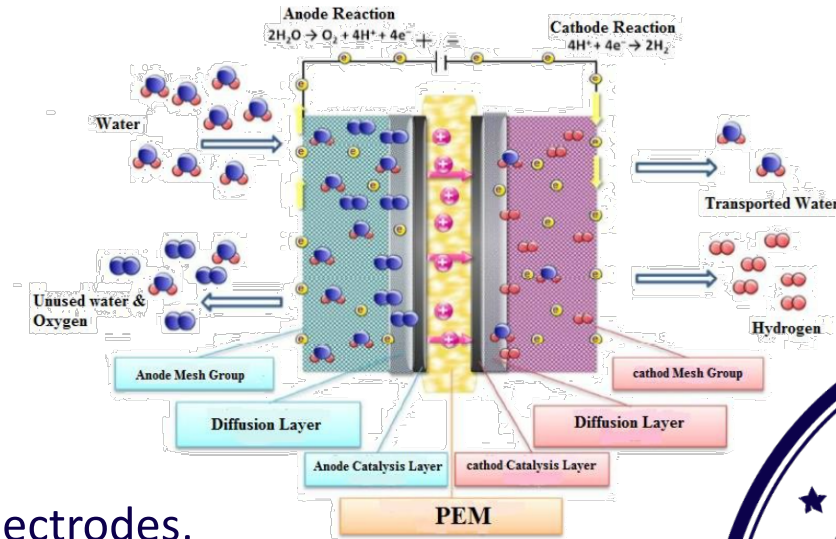
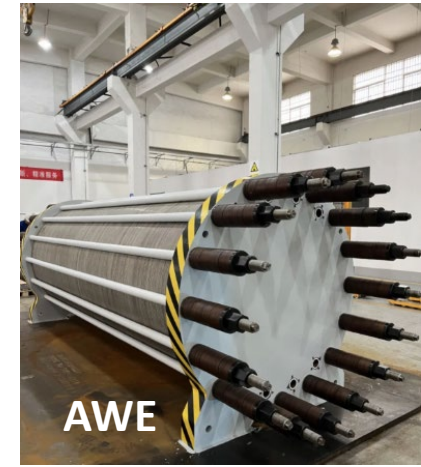
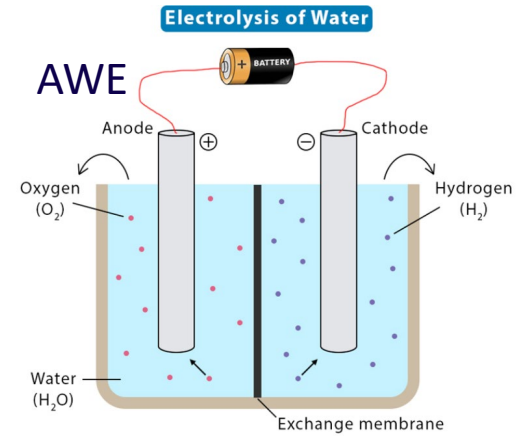
**Euroopan unionin
osarahoittama**



jamk | **uudistuva
teollisuus**

Hydrogen from electrolyzers

- AWE = Alkaline Water Electrolyser
 - Uses typically alkaline NaOH or KOH as conductive electrolyte
 - Electricity in, H₂ and O₂ out
 - Appr. 95% of all commercial electrolyzers are AWEs
- PEM = Proton-Exchange Membrane
 - More complicated
 - Based on catalytic layers on the surface of the electrodes, separated by the catalytic membrane
 - Uses de-ionized water which transports the H₂ and O₂



Euroopan unionin
osarahoittama

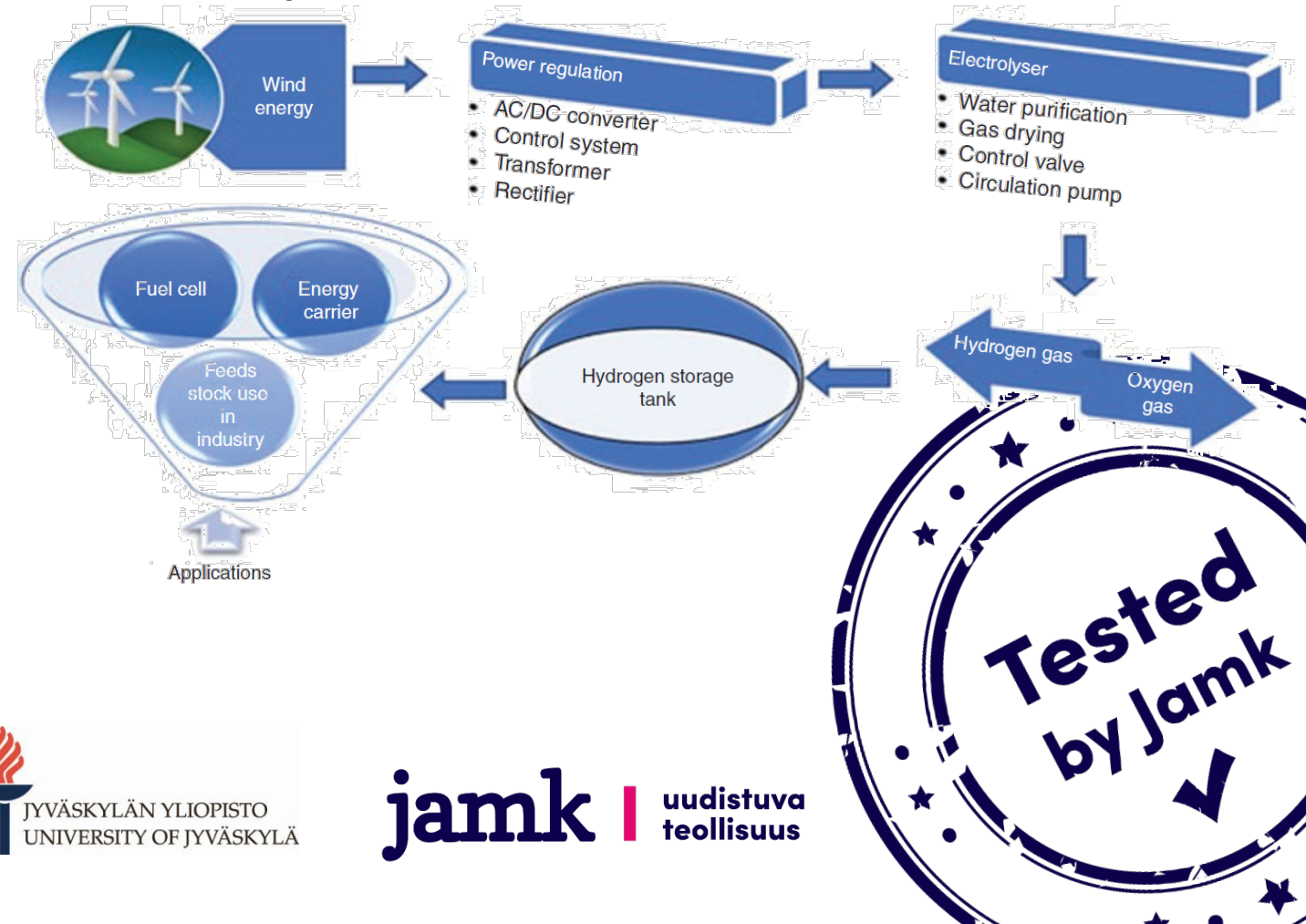


jamk | uudistuva
teollisuus

Value Chain of Green Hydrogen

Wind power electricity with electrolyser

- Simplified system
- In this analysis, wind power is the main electricity provider
- Analysis concentrates on the hydrogen, the oxygen produced usually will be stored and transferred elsewhere
- In a value chain analysis, the costs associated with the construction/procurement phase, installation and formation of each part of the process chain should be considered.



Euroopan unionin
osarahoittama



jamk | uudistuva
teollisuus



Value Chain of Green Hydrogen

- Principle 1: Steady hydrogen production
 - Produce hydrogen as evenly as possible so that the same amount of energy is always used without production fluctuations caused by wind
 - In calm weather, purchase energy (spot electricity + taxes)
 - In strong wind, the surplus is sold (depending on the power of the electrolyzer)
- Principle 2: Dynamic, variable according to the wind
 - Possible in a PEM solution (minimum 10% power requirement)
 - Requires storage capacity for continuous deliveries
- Capex estimate includes capital loan portion & interest & payback period
- OPEX estimates are percentages of CAPEX cost



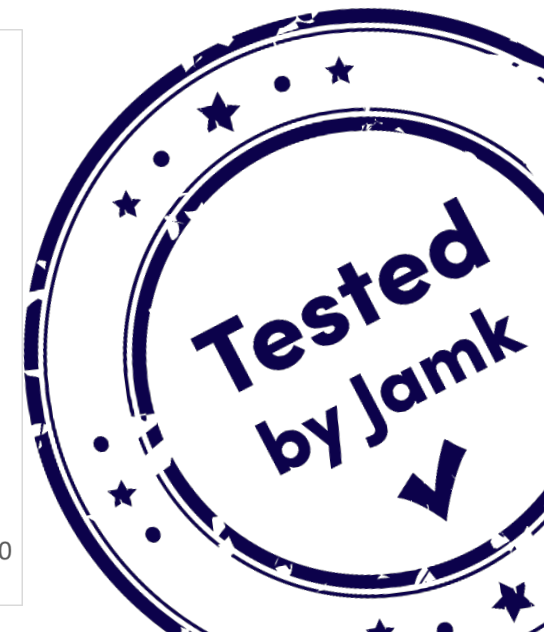
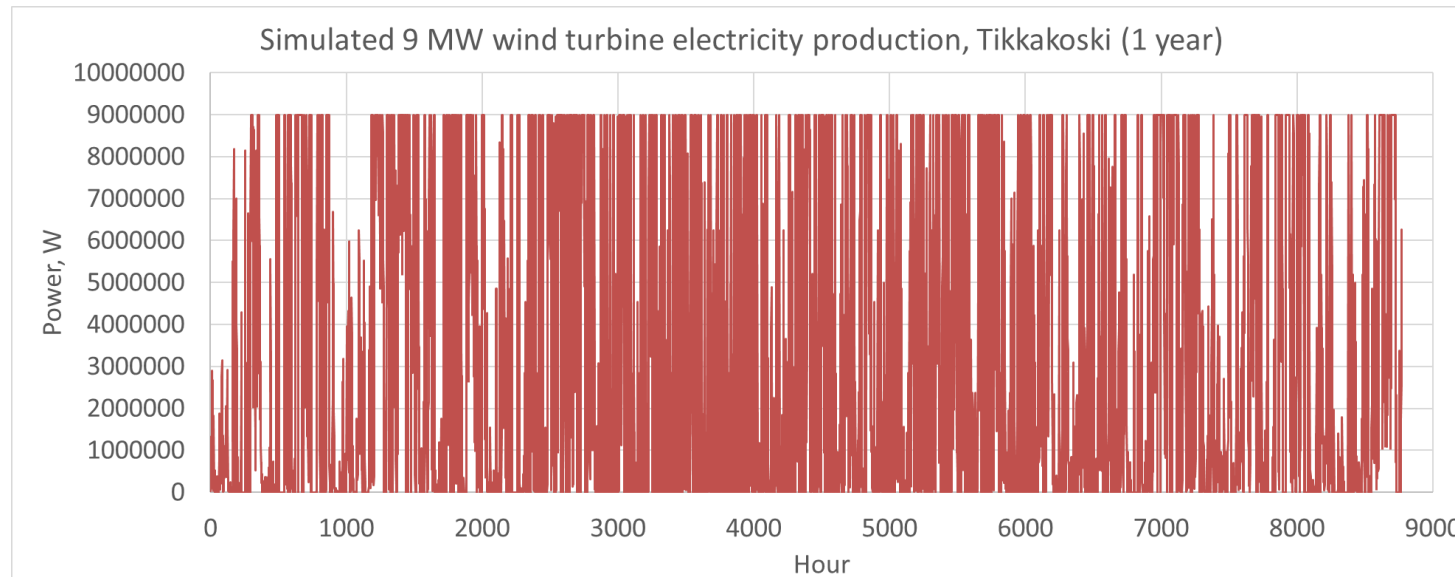
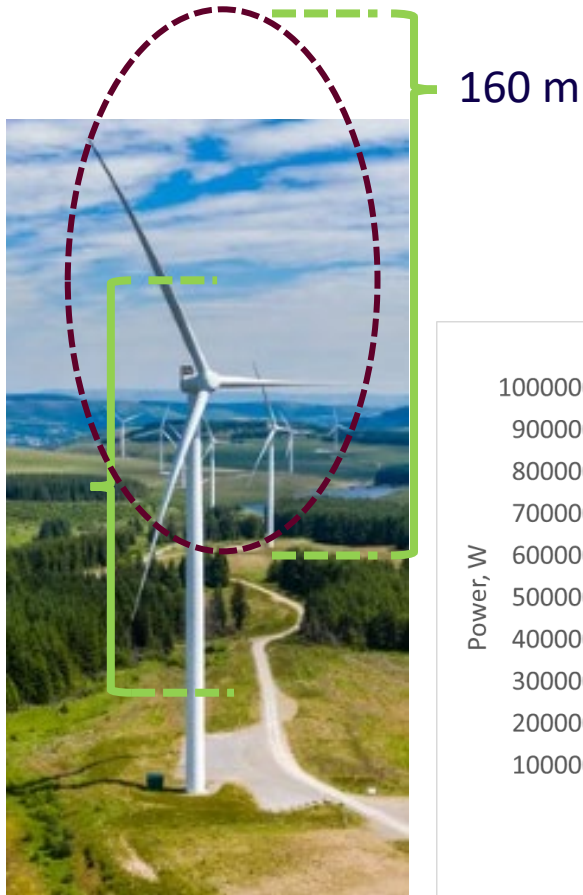
**Euroopan unionin
osarahoittama**



Wind Power

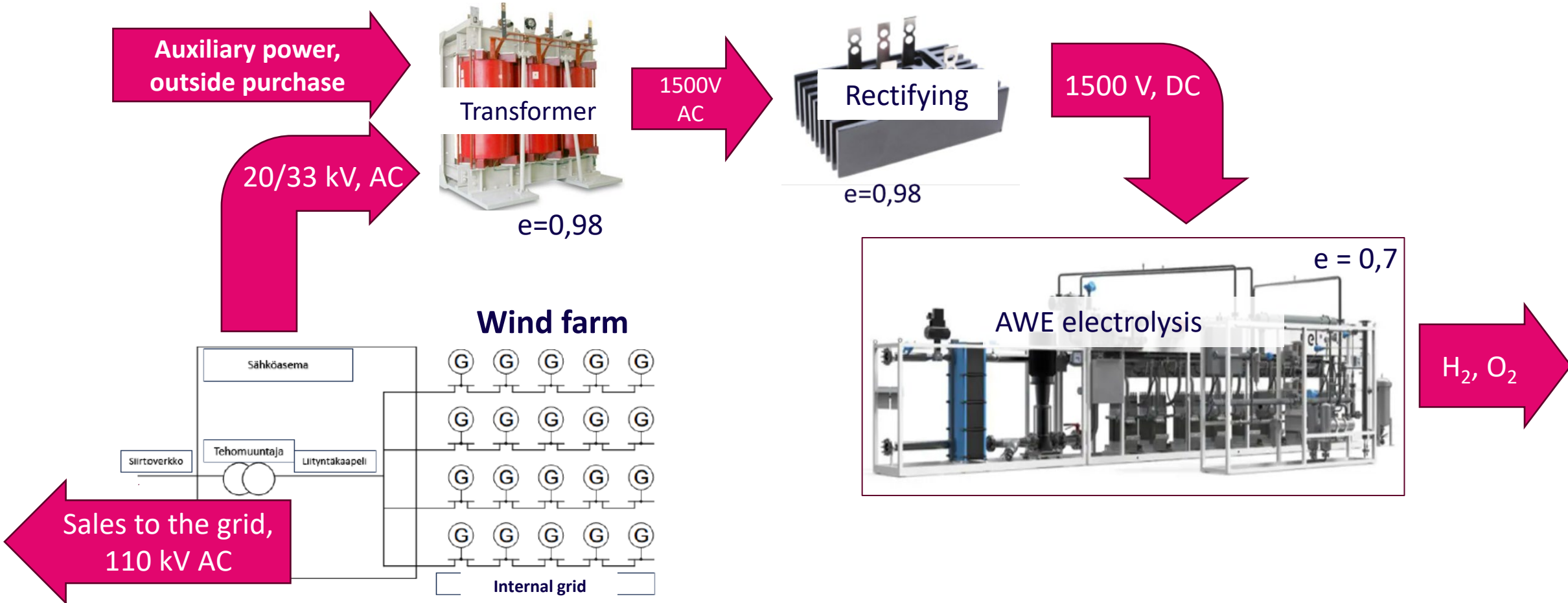
Energy production

- Wind data from Finnish Meteorological Institute (FMI), hour-based averaged wind speed, year 2024, scaled to 100 m height
- Nominal power 9 MW
- Yearly average power 3,1 MW
- Yearly energy production 24,5 GWh
- Power efficiency ~35%



Hydrogen production & electrolysis

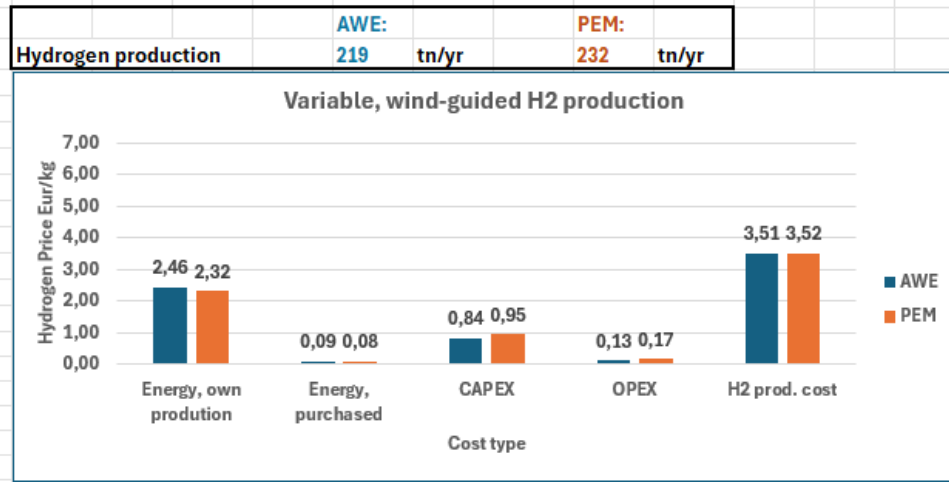
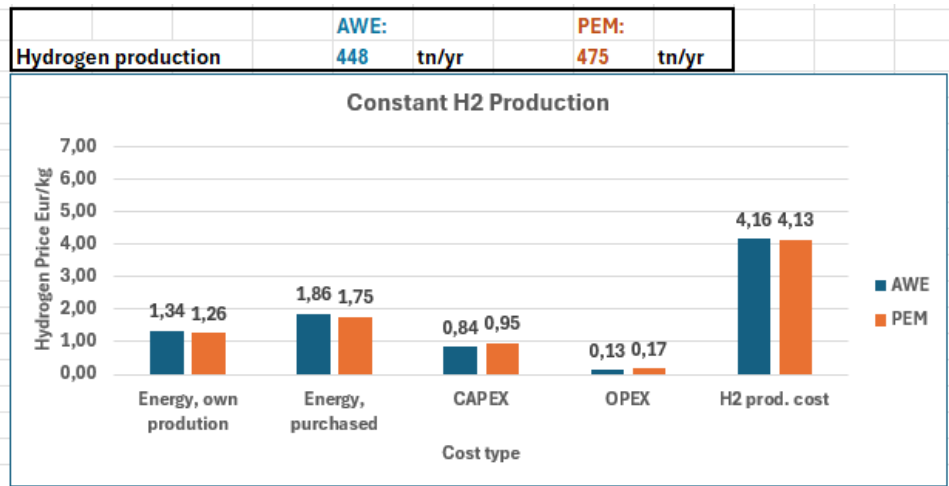
Electricity for electrolysis



Hydrogen value chain & cost model

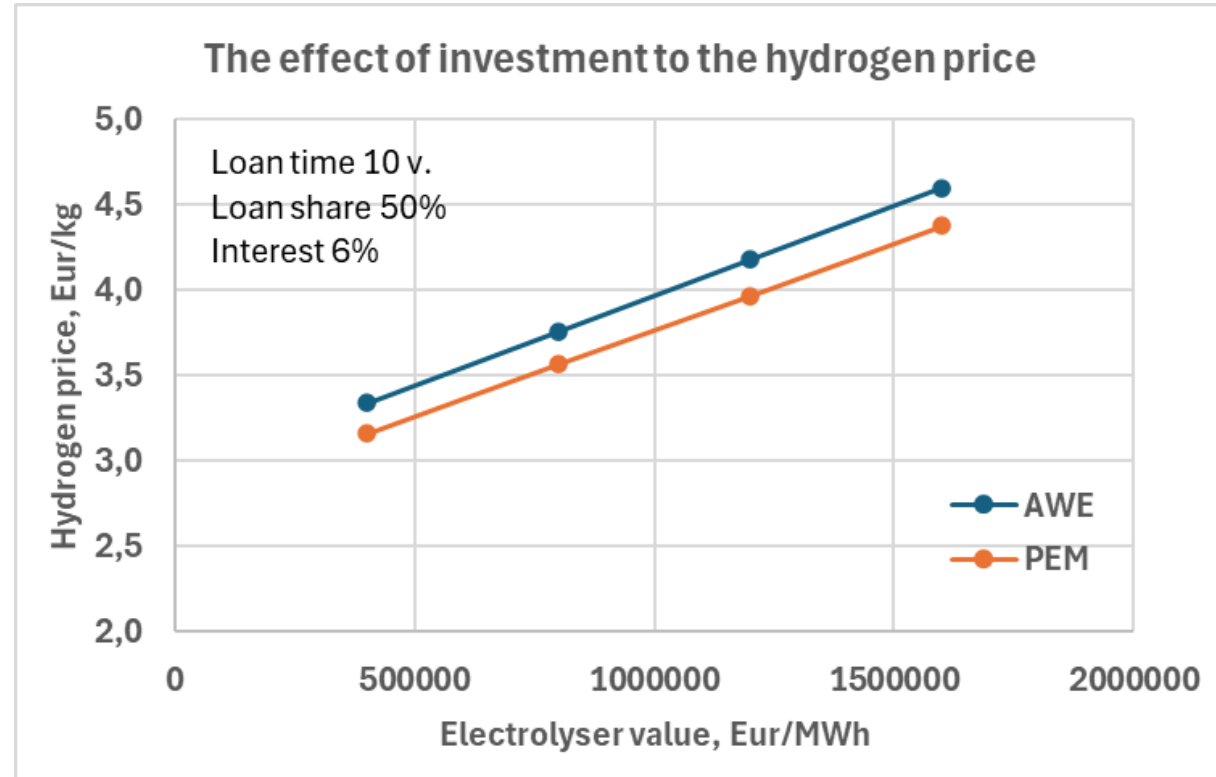
Excel tool, example parameters

Location ->	1	Wind Energy (year 2024)	24,9	GWh
Tikkakoski = 1		Hydrogen production, kg/MWs		
Viitasaari = 2		AWE	0,0050	
Pyhäjärvi = 3		PEM	0,0053	
Halsua = 4		Average time efficiency	90	%
Ylivieska = 5		Number of electrolyser units	3	kpl
Kalajoki/Ulkokalla = 6		Nominal power consumption	1	MW/kpl
Wind scaling exponent	0,23	AWE Investment price / MWh	1000000	Eur/MWh
Height of nacelles	100	PEM Investment price / MWh	1200000	Eur/MWh
Lower limit wind speed	3			
Upper limit wind speed	15			
Stopping limit	25			
Electricity tax	0,63			Eur/MWh
Efficiencies		Investment pay-back time	10,0	years
Cp, turbine	0,45	Loan share	50,0	%
n_gear	0,98	Interest	5,0	%
n_drive	0,98	Operating costs, % from CAPEX		
n_generator	0,98	AWE	5,0	%
n_transformer	0,99	PEM	6,0	%
Availability	0,95			
Internal electricity price	100			%
% spot price				

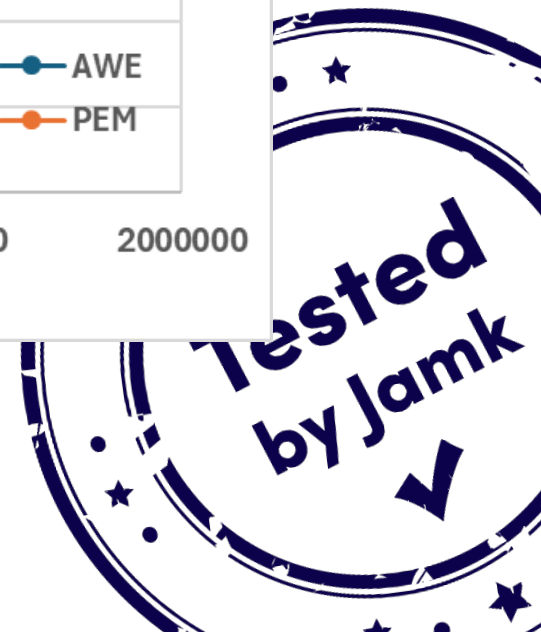


Value chain analysis and cost results

- Electrolyser investment price
 - Includes the surrounding equipment
- One of the most dominant component in the green hydrogen investment
- Here, the PEM is better due to its better hydrogen production capacity...
- ...but in practise, AWE's are usually cheaper



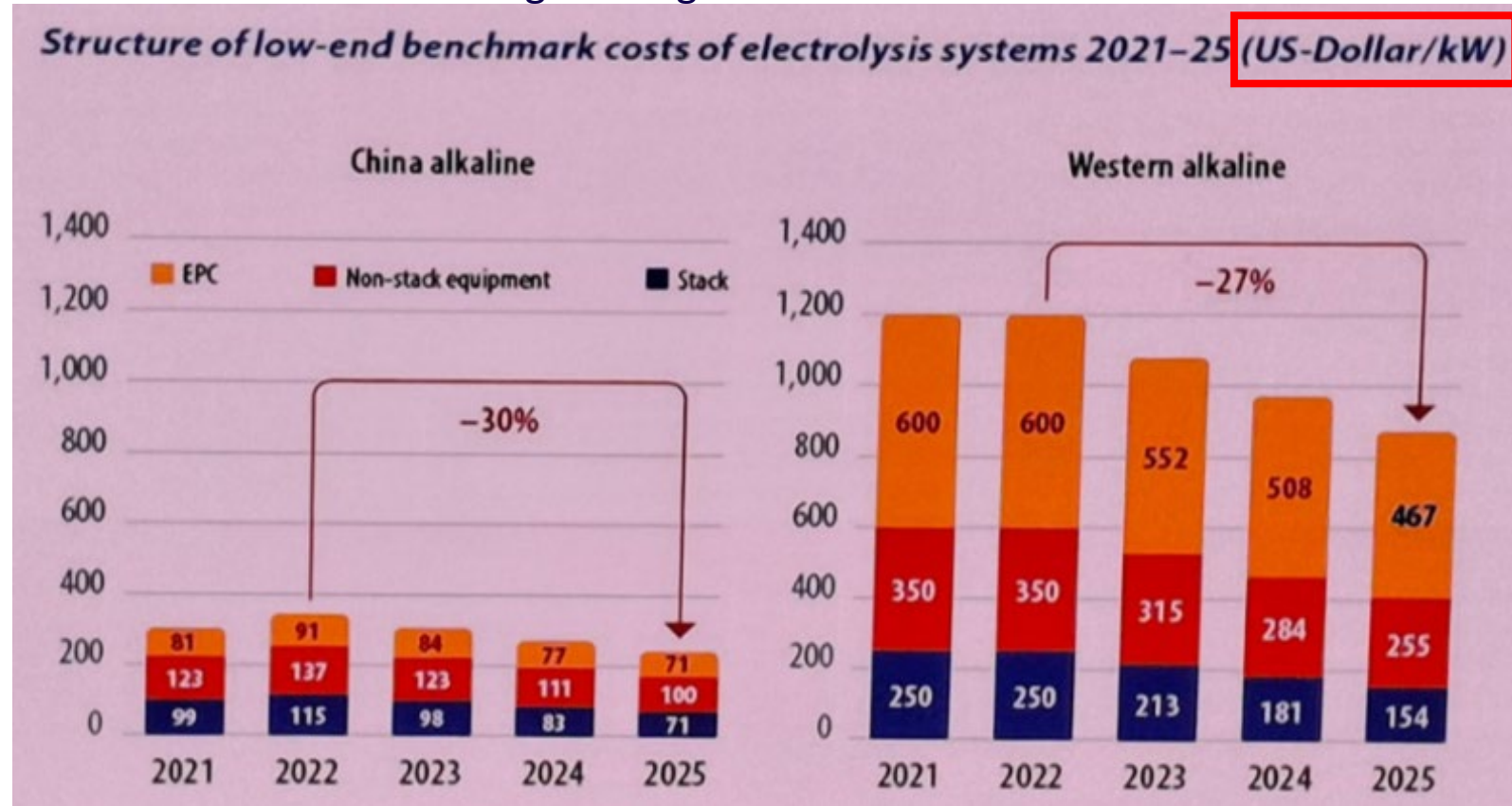
Euroopan unionin
osarahoittama



AWE price development

EPC = Engineering - Procurement - Construction

- Huge difference between the China & Western
- Price drop ~30% during last 3 years
- Note, china prices are "inside china"
 - If chinese electrolyser is brought outside from china, the stack & equipment price will be ~20-30% higher
 - EPC will be western level when made by western personnel

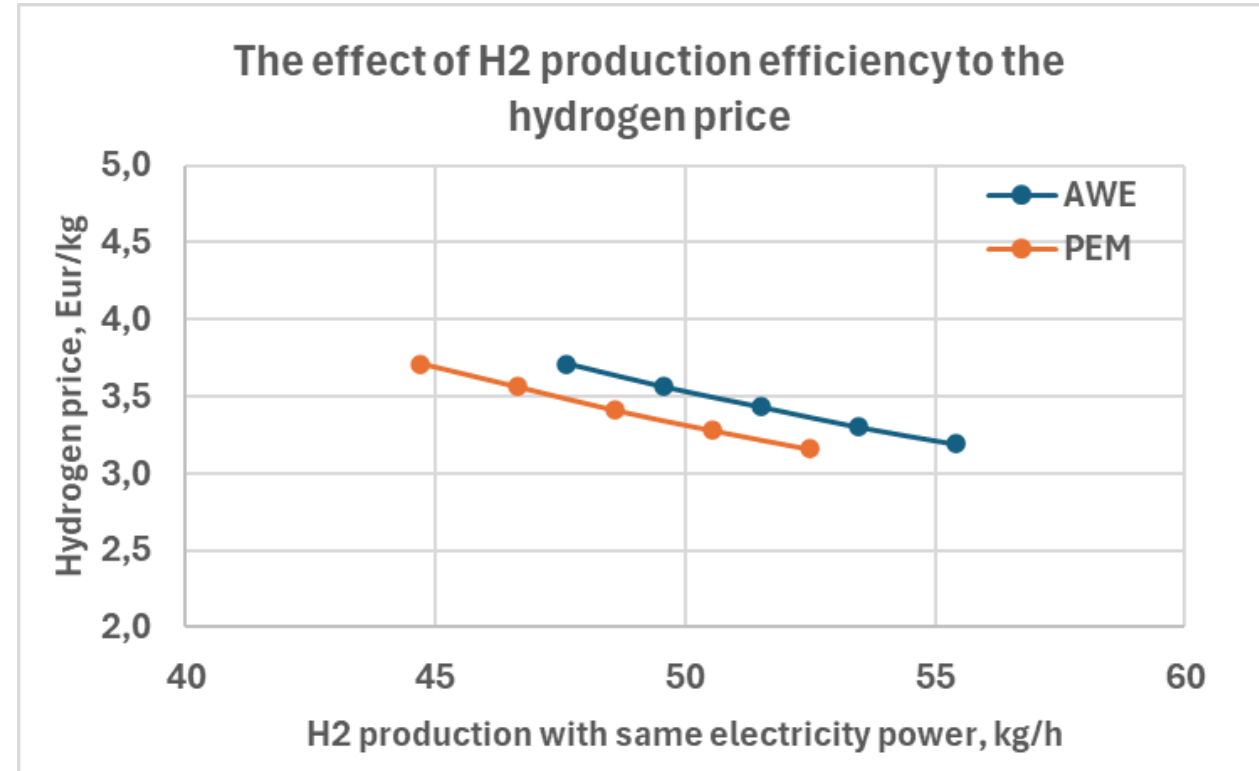


Euroopan unionin
osarahoittama



Value chain analysis and cost results

- If the efficiency of the hydrogen production is increased, the price will go down
- "The effect of hydrogen production technology development"
- With parameters used, appr. 17% efficiency improvement gives 14% price reduction



Euroopan unionin
osarahoittama



Value chain analysis and cost results

Some remarks

- AWE and PEM electrolyzers have large investment price variations, with a significant impact on the price of hydrogen produced
 - Electrolytic systems designed for China's own market may be only 25% of EU prices
- AWE is regularly cheaper than PEM despite the alkali cycle it requires
 - PEM maintenance is more expensive, as it also uses a de-ionized water circulation system
- The time-to-value ratio, i.e., how efficiently hydrogen is produced without interruptions, is significant
- If the hydrogen-producing company has its own electricity production, its price is also significant
- Hydrogen price variation between “good” and “not-so-good” production environment (investment in EU prices):

- Electrolysis-based hydrogen production:
- Time efficiency 90%
- Price of self-produced electricity 50% of the spot price
- Interest rate on the loan portion of the investment 4%

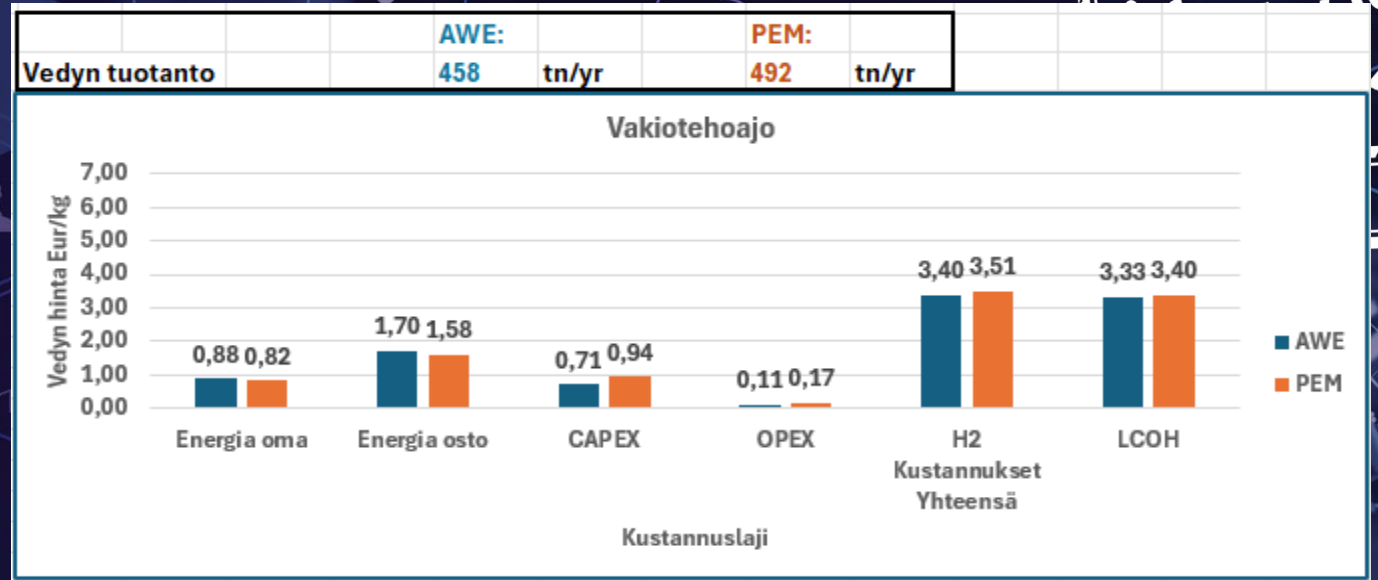


- Electrolysis-based hydrogen production:
- Time efficiency 70%
- Market / spot electricity price
- Interest rate on the loan portion of the investment 8%

LCOH

How to run electrolyser?

- Typically, LCOH (€/kg) is usually always lower than average yearly hydrogen price if the time efficiency is on the good level
- Earlier wind-variable run mode is then possible only if the hydrogen price makes possible the planned pay-back time



Operating principle:

- Run the electrolysis if the the current hydrogen price is greater than variable costs.

Investment principle:

- Your hydrogen project is healthy only when yearly average hydrogen price is higher than LCOH

	Vakiotehoajo		Vaihteleva tuulitehoajo	
	AWE	PEM	AWE	PEM
LCOH yhteensä €/kg	3,33	3,40	4,88	5,12
Vedyn tuotantokustannus €/kg	3,40	3,51	2,59	2,75



Euroopan unionin osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



uudistuva teollisuus

Conclusions

- Price creation of the hydrogen using wind power/electricity is a dynamic process
- The auxiliary power/electricity must be available due to the rapidly changing weather conditions
- Still, the hydrogen price depends not only electrolyser price and its efficiency but:
 - Availability/time efficiency (maintenance)
 - Debts/loans & interest rate for the hydrogen plant investment
 - The usage of own vs. market electricity
- The above items do not have direct connection to the electrolyser process



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Proof-of-Concept

- PoC ei ole valmis tuote, vaan menetelmä riskien hallintaan ja idean validointiin ennen suurempia investointeja
- Tekninen toteutettavuus: Varmistetaan, että suunniteltu teknologia tai ratkaisu pystyy suoriutumaan sille asetetuista ydintehtävistä
- Riskien minimointi: Tunnistetaan mahdolliset tekniset tai logistiset esteet varhaisessa vaiheessa, mikä säästää aikaa ja rahaa
- Rahoituksen ja tuen hankkiminen: Start-up-yrityksille PoC on usein välttämätön näyttö sijoittajille tai kumppaneille siitä, että idea on realistinen ja kokeilemisen arvoisen
- Rajattu laajuus: PoC keskittyy yleensä vain yhteen kriittiseen hypoteesiin tai ominaisuuteen, eikä se ota kantaa esimerkiksi käytettävyyteen tai markkinointiin



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

jamk

uudistuva
teollisuus

Proof-of-Concept -aihe 1, vedyn arvoketju



PoC-aihe →	AI-pohjainen tuuli-vety-ohjausoptimointi
Ydinidea	Säännusteen, spot-hinnan, elektrolyserin rajoitteiden ja varastotilanteen perusteella päätetään milloin ajetaan, ostetaan verkosta, myydään sähköä tai varastoidaan vetyä.
Liiketoimintaongelma	Vedyn hinta on dynaaminen ja riippuu tuulesta, apusähköstä sekä oman ja ostosähkön suhteesta.
Pääasiakas	Tuuli-vetyhankkeiden kehittäjät, energiayhtiöt, vedyn tuottajat
Mitä PoC:ssa testataan	Verrataan perusajoa ja AI-ohjattua ajoa: €/kg, LCOH, tuotetut tonnit, verkko-ostot, hukkasähkö, toimituspuutteet
Mistä raha tulee?	Ohjelmistolisenssi, optimointipalvelu, konsultointi, tulospohjainen hyötyjako



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



uudistuva
teollisuus

Proof-of-Concept -aihe 2, vedyn arvoketju



PoC-aihe →	Sopimusmallianalyysi vaihtuvakustanteiselle vedylle
Ydinidea	Kehitetään toimitussopimusmalleja, joissa vedyn hinta voi riippua sähkön hinnasta, toimitusvarmuudesta ja kapasiteetista.
Liiketoimintaongelma	Vety on halvempaa, mutta kiinteä €/kg-hinta voi olla riskialtis sekä myyjälle että ostajalle, jos sähkön ja tuotannon kustannukset vaihtelevat.
Pääasiakas	Vedyn myyjä, hankekehittäjä, vedyn ostaja
Mitä PoC:ssa testataan	Ovatko ostaja ja myyjä valmiita hyväksymään indeksisidonnaisen tai kaksiosaisen hinnoittelun
Mistä raha tulee?	Sopimusmallin suunnittelusta, kaupallinen neuvonta



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

jamk

uudistuva
teollisuus



Proof-of-Concept -aihe 3, vedyn arvoketju



PoC-aihe →	Rahoitusvalmiustyökalu vetyhankkeille
Ydinidea	Kääntää tekniset oletukset rahoittajan ymmärtämään muotoon: LCOH, herkkyydet, velkariski, toimitusriski.
Liiketoimintaongelma	Teknisesti kiinnostava hanke ei usein ole vielä investointikelpoinen rahoittajan näkökulmasta.
Pääasiakas	Hankekehittäjä, kunta, sijoittaja, pk-yritys
Mitä PoC:ssa testataan	Kuinka hyvin tekninen tuotantomalli voidaan muuntaa pankkikelpoiseksi ja sijoittajalle ymmärrettäväksi päätösaineistoksi.
Mistä raha tulee?	Palvelun / analyysin tarjonta



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



uudistuva
teollisuus



Proof-of-Concept -aihe 4, vedyn arvoketju



PoC-aihe →	Hapen paikallisen hyödyntämisen matchmaking-palvelu
Ydinidea	Etsitään happisivuvirralla paikallisia käyttäjiä ja liiketoimintamahdollisuuksia.
Liiketoimintaongelma	Hapen arvo jää usein hyödyntämättä, vaikka se voisi parantaa hankkeen kannattavuutta
Pääasiakas	Elektrolyysihanke, alueellinen kehitystoimija, mahdollinen happiasiakas
Mitä PoC:ssa testataan	Onko paikallisesti riittävästi kysyntää, oikea puhtausluokka ja kannattava toimitusetäisyys
Mistä raha tulee?	Liiketoiminta-analyysin suorittamisesta



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



uudistuva
teollisuus



Proof-of-Concept -aihe 5, vedyn arvoketju



PoC-aihe →	Tuuli-vety-ratkaisun resilienssianalyysi
Ydinidea	Pisteyttää hankkeen kestävyyttä tuulen vaihtelun, hintapiikkien, käyttökatojen ja korkotason muutosten suhteen
Liiketoimintaongelma	Pelkkä LCOH ei kerro, kuinka herkkä hanke on häiriöille, säävaihtelulle tai rahoitusmuutoksille
Pääasiakas	Sijoittaja, rahoittaja, teollinen asiakas, kunta, hankekehittäjät
Mitä PoC:ssa testataan	Voidaanko hankkeita vertailla uskottavasti riskin, ei vain hinnan, perusteella
Mistä raha tulee?	Arviointipalvelusta



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ



uudistuva
teollisuus



Kiitos!



Euroopan unionin
osarahoittama



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

jamk



uudistuva
teollisuus



Euroopan unionin
osarahoittama



jamk



uudistuva
teollisuus