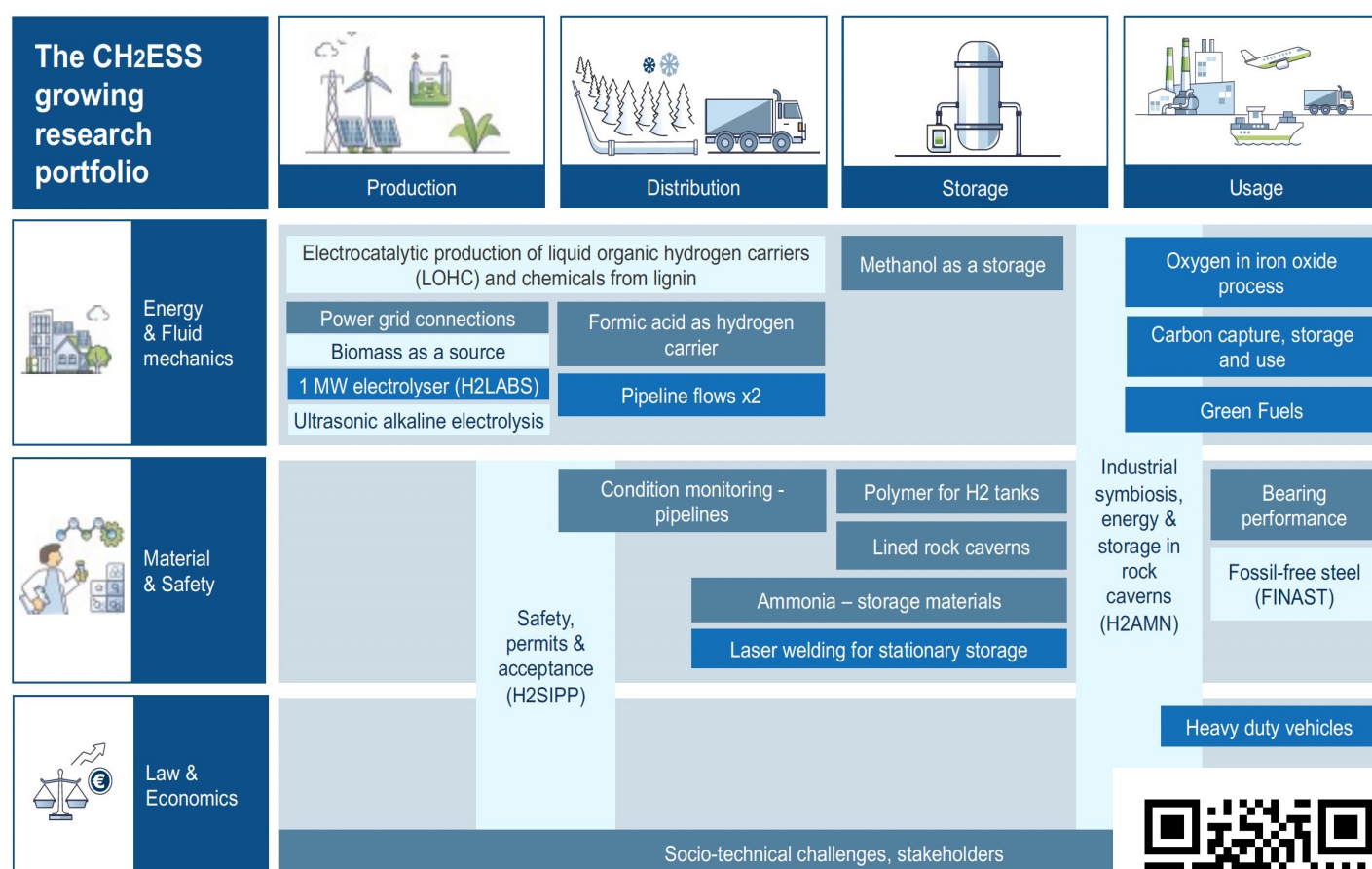


# Centre for Hydrogen Energy Systems Sweden

AT LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

*Research and education on hydrogen to reach climate targets, growth and increased security of supply in the society. In close collaboration with Swedish industry, energy companies and public stakeholders.*

## Research



## Education



## Innovation

- ▶ An open co-operation strategy. Ongoing co-operation on regional, national, Nordic, European and international level.
- ▶ > 300 MSEK in excellent, demand-driven research projects. A steadily growing research portfolio along the value chain.
- ▶ Multidisciplinary with > 25 research subjects involved.
- ▶ Unique experimental equipment on lab scale. 1 MW electrolyser test plant at LTU Green Fuels in Piteå with operation from 2025.



## Courses within hydrogen

MOOC Hydrogen for Sustainable Solutions. Join for free! Hint a friend! 12 hours online. English and Swedish.



## Newsletter



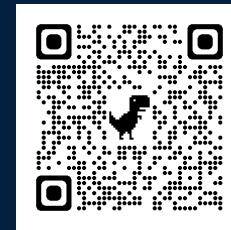
Contact: Dr. Cecilia Wallmark,  
Director of CH<sub>2</sub>ESS,  
[cecilia.wallmark@ltu.se](mailto:cecilia.wallmark@ltu.se)



# Hydrogen Production by Ultrasonic Alkaline Water Electrolysis



Örjan Johansson, Engineering Acoustics  
Luleå University of Technology



## Aim and Objectives

Improve hydrogen production based on alkaline water electrolysis (AWE) by ultrasound-controlled cavitation.

- Generate knowledge and experience regarding ultrasonic alkaline water electrolyzes
- Evaluate and refine an in house developed prototype electrolyzer for proof of concept
- Special focus on frequency-based scaling effects

## Challenges

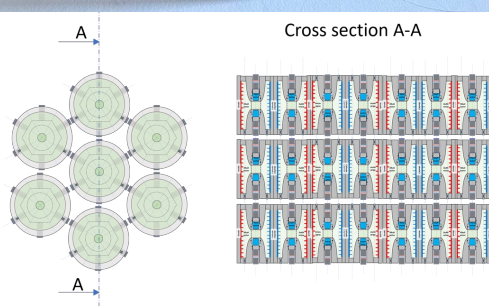
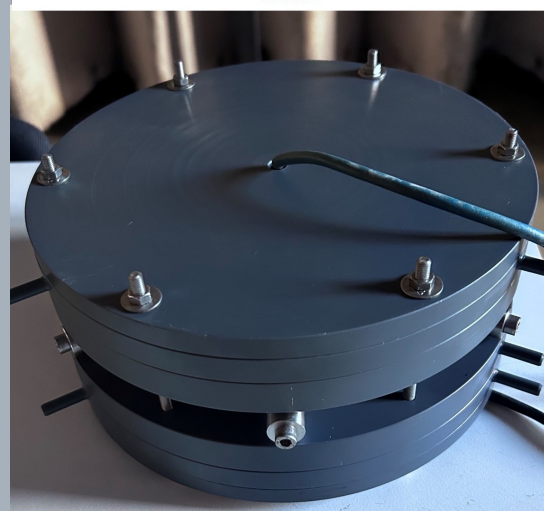
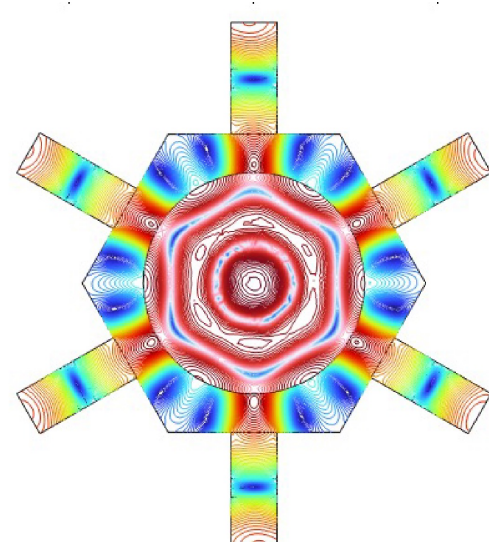
Key performance factors:

- Ultrasonic signal character and excitation frequency – Bubble size and scaling
- Electric input power – Resonance amplification – Cavitation intensity
- Electrolyte type, flow and acoustic transmission for release of gas bubbles
- Acoustic optimized electrode geometry and material – Resilience and stability of operation
- Purity grade of the produced hydrogen

## Principle Ideas

Multiphysical modeling to create a digital twin of the US-electrolyzer

- I. Acoustically optimized volumes, surface areas and positions of the anode and the cathode
- II. Improved conductivity and energy efficiency by coupled resonances and cavitation in the electrolyte
- III. Increased gas release and production rate by cavitation on electrodes
- IV. Improved activation of free radicals in the electrolyte



## Collaboration

Reference committee:

Cecilia Wallmark, CH<sub>2</sub>ESS, LTU  
Joakim Lundström, CH<sub>2</sub>ESS, LTU  
Anders Björk, IVL  
Bruno G. Pollet, Univ Quebec T-R, Canada  
Richard T Olsson, Fiber & Polymer Tech., KTH

## References:

- Slimane M., Qualid H., *The size of active bubbles for the production of hydrogen in sonochemical reaction field*, Ultrasonics and Sonochem., **32**, 2016
- Islam M.H., Burheim O.S., Pollet B.G. *Sonochemical and sonoelectrochemical production of hydrogen*. Ultrasonics and Sonochem. 2019
- A. M. Pourrahimi, R. L. Andersson, K. Tjus, V. Ström, A. Björk, R. T. Olsson. *Making an ultralow platinum content bimetallic catalyst on carbon fibres for electro-oxidation of ammonia in wastewater*. Sustainable Energy & Fuels, 2019
- G. G. Botelho, F. H. Ribeiro, and R. S. Gomes. *Ultrasound-assisted alkaline water electrolysis with nickel electrodes*, Int. J. of Hydrogen. Energy., **44**, 36, 2019
- T. R. K. Pamidi, Ö. Johansson, and T. Löfqvist, *Acoustic optimization of a flow through sonicator for fibrillation of cellulose fibers*, Chem. Eng. & Proc., Nov 2022.



# Hydrogen, Ammonia and Methanol in Hydrogen Hubs in the Nordic Region

## NORDIC HYDROGEN VALLEYS

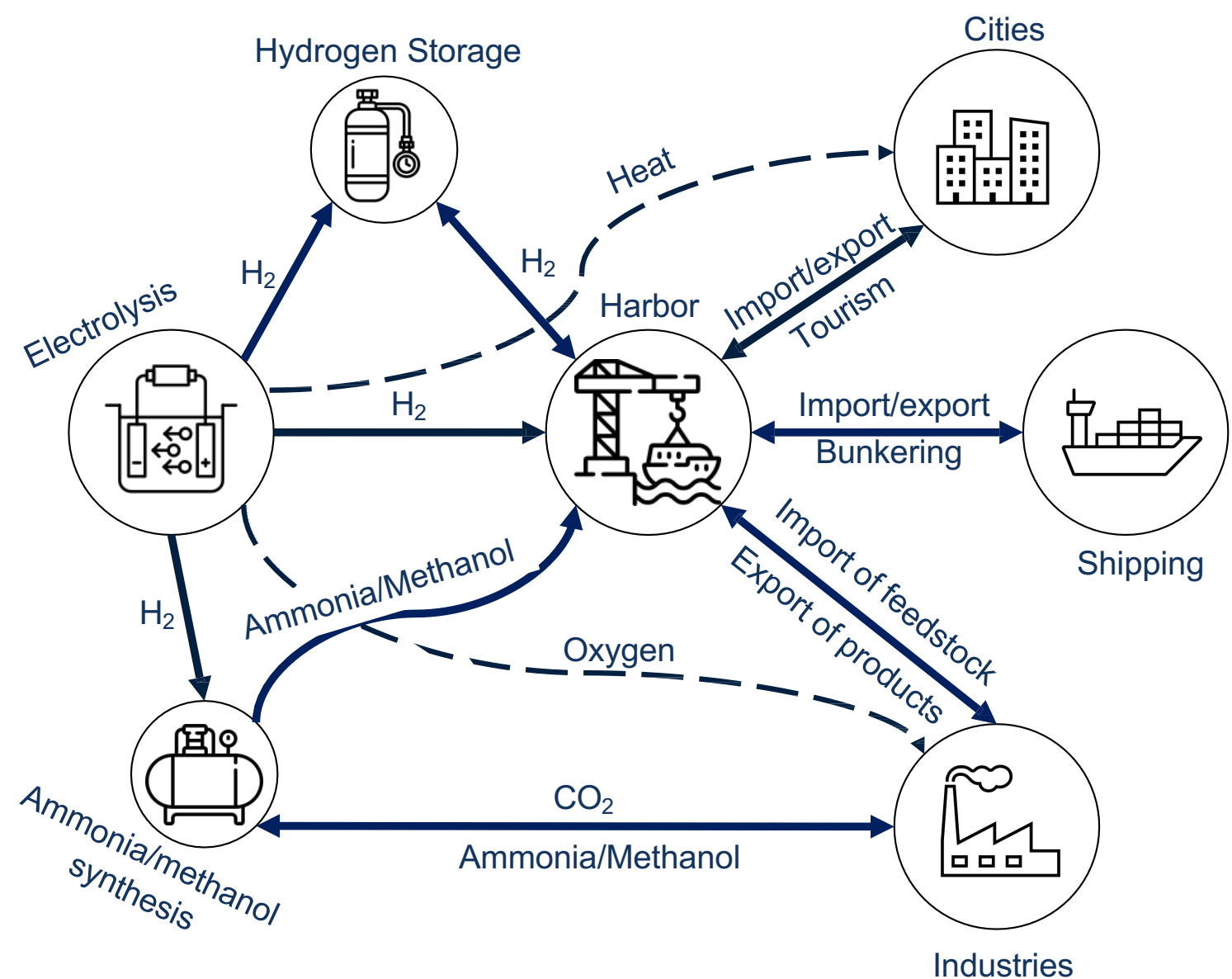
### Project Aim

Increase knowledge on hydrogen-based fuel pathways centered around ports in the Nordic region.

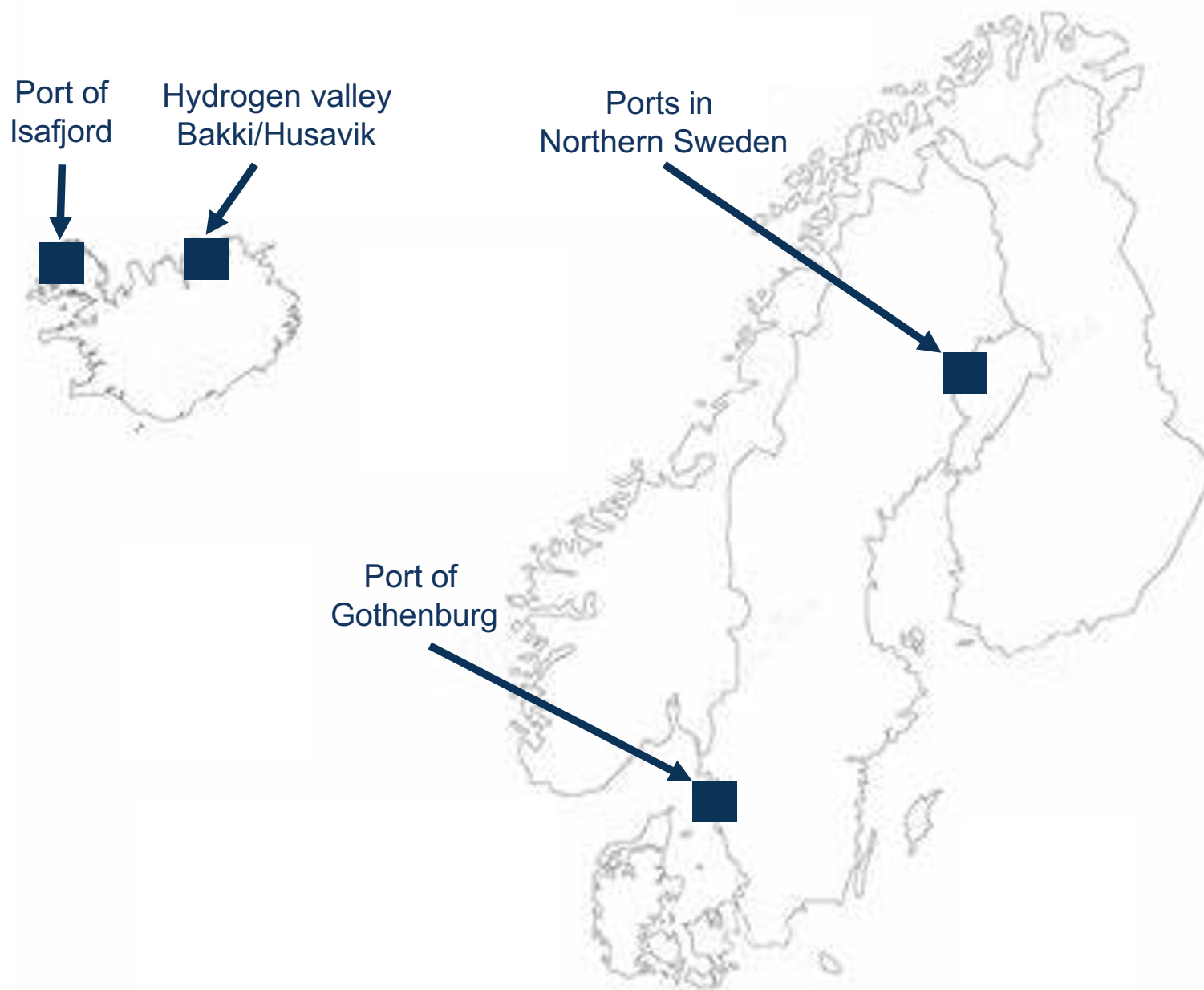
### Partners



### Ports in focus



### Four case studies in two countries



### Project Objectives

- Assess techno-economic conditions for implementation of  $H_2$ -based fuel pathways
- Assess drivers and barriers for demonstrating these pathways incl. public acceptance, policy gap analysis etc
- Assess opportunities for innovative sector couplings and energy systems integration
- Assess possibilities of using existing underground rock caverns for hydrogen and ammonia storage
- Outline ambitious pathways and strategies/guidelines for the implementation of hydrogen-based value chains in ports in the Nordics by 2030/2040.

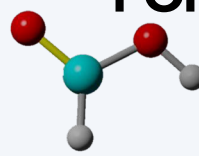
# REFORM- Renewable hydRogEn production and storage via biotechnological interconversion of carbon dioxide and FORMic acid

Eleftheria Sapountzaki, Ulrika Rova, Paul Christakopoulos, Io Antonopoulou\*

Biochemical Process Engineering, Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering,  
Luleå University of Technology, Porsön Campus, 97187, Luleå, Sweden.

\*E-mail address: [io.antonopoulou@ltu.se](mailto:io.antonopoulou@ltu.se)

## FORMIC ACID AS A HYDROGEN CARRIER



Hydrogen has a low volumetric energy density, so it needs to be compressed or liquefied to be transported and stored.

- Energy intensive
- Safety issues
- Lack of infrastructure

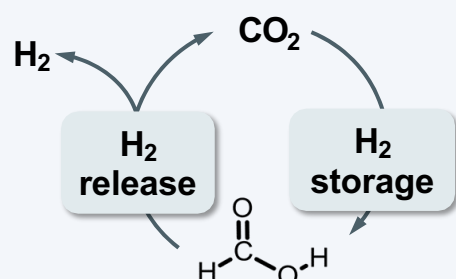
**Liquid organic hydrogen carriers** are molecules in which hydrogen can be stored by forming a chemical bond, to be released when needed.

**Formic acid (FA)** is an interesting candidate and can be produced from CO<sub>2</sub>:

- Contains 4.4 wt % H<sub>2</sub> – 53 g H<sub>2</sub>/L
- Liquid in ambient conditions
- Low flammability

➔ **Easier and safer storage and handling**

➔ **Utilization of existing infrastructure**

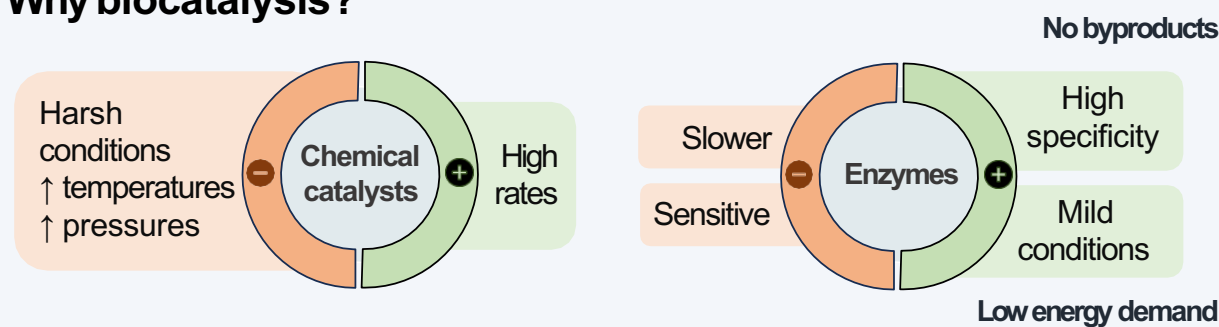


Volumetric H<sub>2</sub> content (g/L)

Compressed H <sub>2</sub>	FA	Liquid H <sub>2</sub>
42.2	53	70.8

CO<sub>2</sub> reduction to FA is conventionally performed with chemical catalysts, but it can also be catalyzed by **enzymes**.

### Why biocatalysis?



## FORMATE DEHYDROGENASE AS A BIOCATALYST

Formate dehydrogenases (FDH) are a diverse group of enzymes that can catalyze the reversible reaction:



The required electrons are usually provided by the enzyme cofactor **NADH**, when it gets oxidized:  $\text{NADH} \leftrightarrow \text{NAD}^+ + \text{H}^+ + 2\text{e}^-$

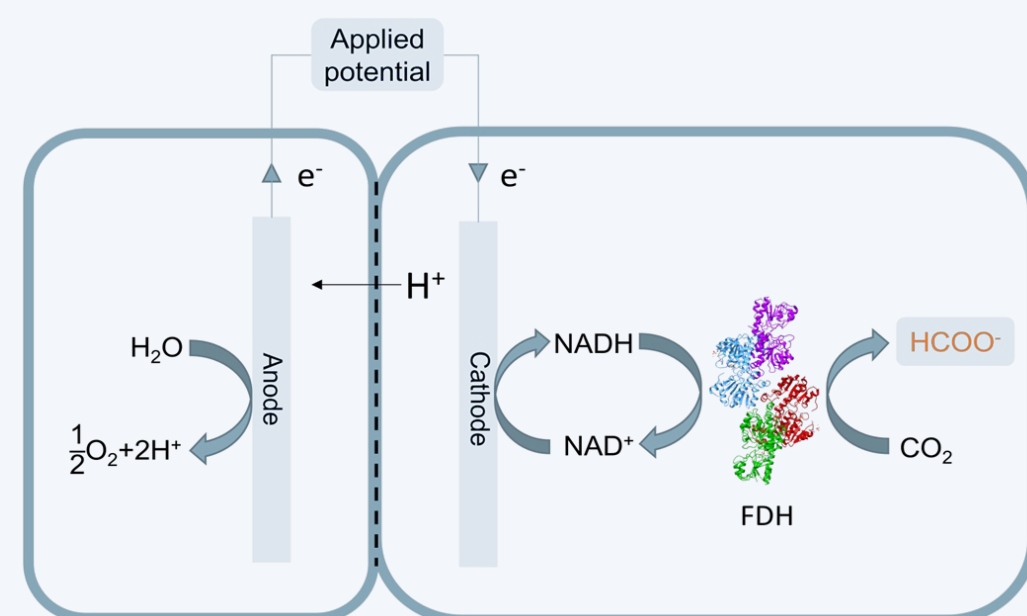
NADH is expensive ➔ **Regeneration** is required for an economically viable process

Electrochemical regeneration can:

- Be more easily controlled through applied potential
- Utilize renewable electricity

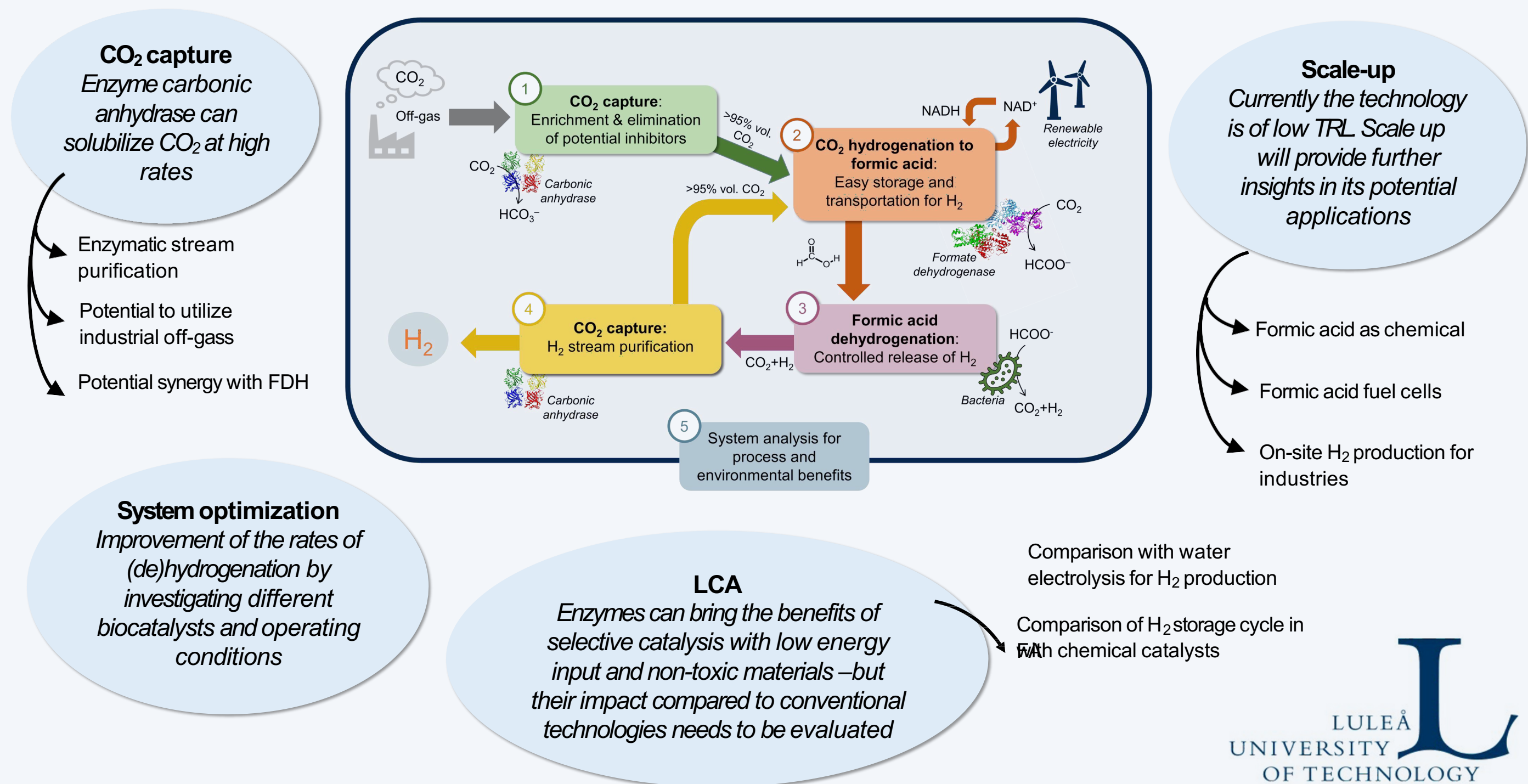


FA production from CO<sub>2</sub> catalyzed by formate dehydrogenase can be combined with electrochemical NADH regeneration in a bioelectrosynthesis cell:



## AIM OF THE PROJECT-FUTURE PROSPECTS

The aim of the project is to develop a biocatalytic cycle for hydrogen production, storage and release:



**CO<sub>2</sub> capture**  
Enzyme carbonic anhydrase can solubilize CO<sub>2</sub> at high rates

- Enzymatic stream purification
- Potential to utilize industrial off-gas
- Potential synergy with FDH

**System optimization**  
Improvement of the rates of (de)hydrogenation by investigating different biocatalysts and operating conditions

**LCA**  
Enzymes can bring the benefits of selective catalysis with low energy input and non-toxic materials –but their impact compared to conventional technologies needs to be evaluated

**Scale-up**  
Currently the technology is of low TRL. Scale up will provide further insights in its potential applications

- Formic acid as chemical
- Formic acid fuel cells
- On-site H<sub>2</sub> production for industries

- Comparison with water electrolysis for H<sub>2</sub> production
- Comparison of H<sub>2</sub> storage cycle in with chemical catalysts

# HERO

# Hydrogen Embrittlement in Rolling element bearings

Lisa-Marie Weniger<sup>1</sup>, Leonardo Pelcastre<sup>1</sup>, Pia Åkerfeldt<sup>2</sup>, Claes Olsson<sup>3</sup>, Jens Hardell<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Luleå University of Technology, Division of Machine Elements

<sup>2</sup> Luleå University of Technology, Division of Materials Science

<sup>3</sup> SKF AB



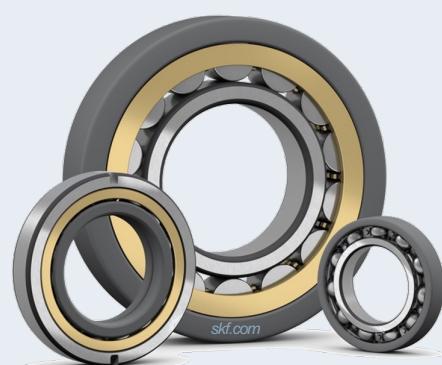
[Lisa-Marie.Weniger@ltu.se](mailto:Lisa-Marie.Weniger@ltu.se)



## Background and research questions

### How to enable a robust hydrogen infrastructure?

- Reliable hydrogen pumping and compression systems
- Hydrogen leads to premature bearing failure



### How much hydrogen is too much?

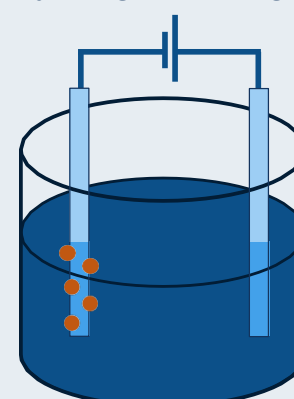
**Aim:** Understand hydrogen in rolling element bearings and link its damage **quantitatively** to hydrogen concentrations.

- What hydrogen levels are critical in bearing applications?
- Which hydrogen quantities cause which damage levels?
- What degradation mechanisms occur close to the surface in bearing steel under the influence of hydrogen?

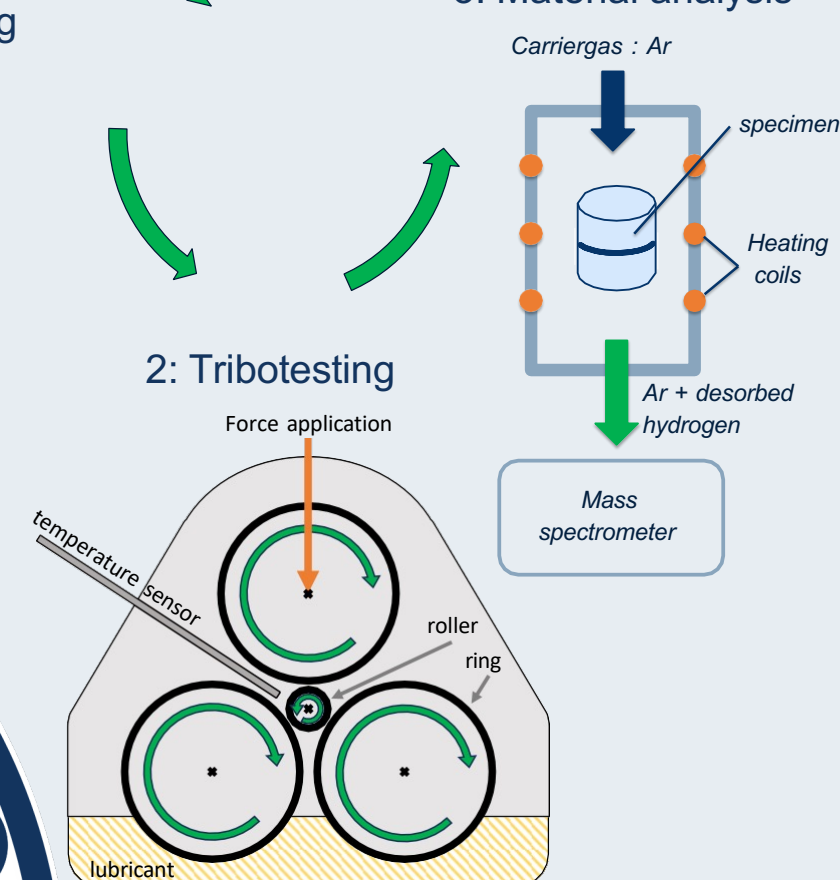
## Research methods

### How to measure the smallest atom and its influence on materials?

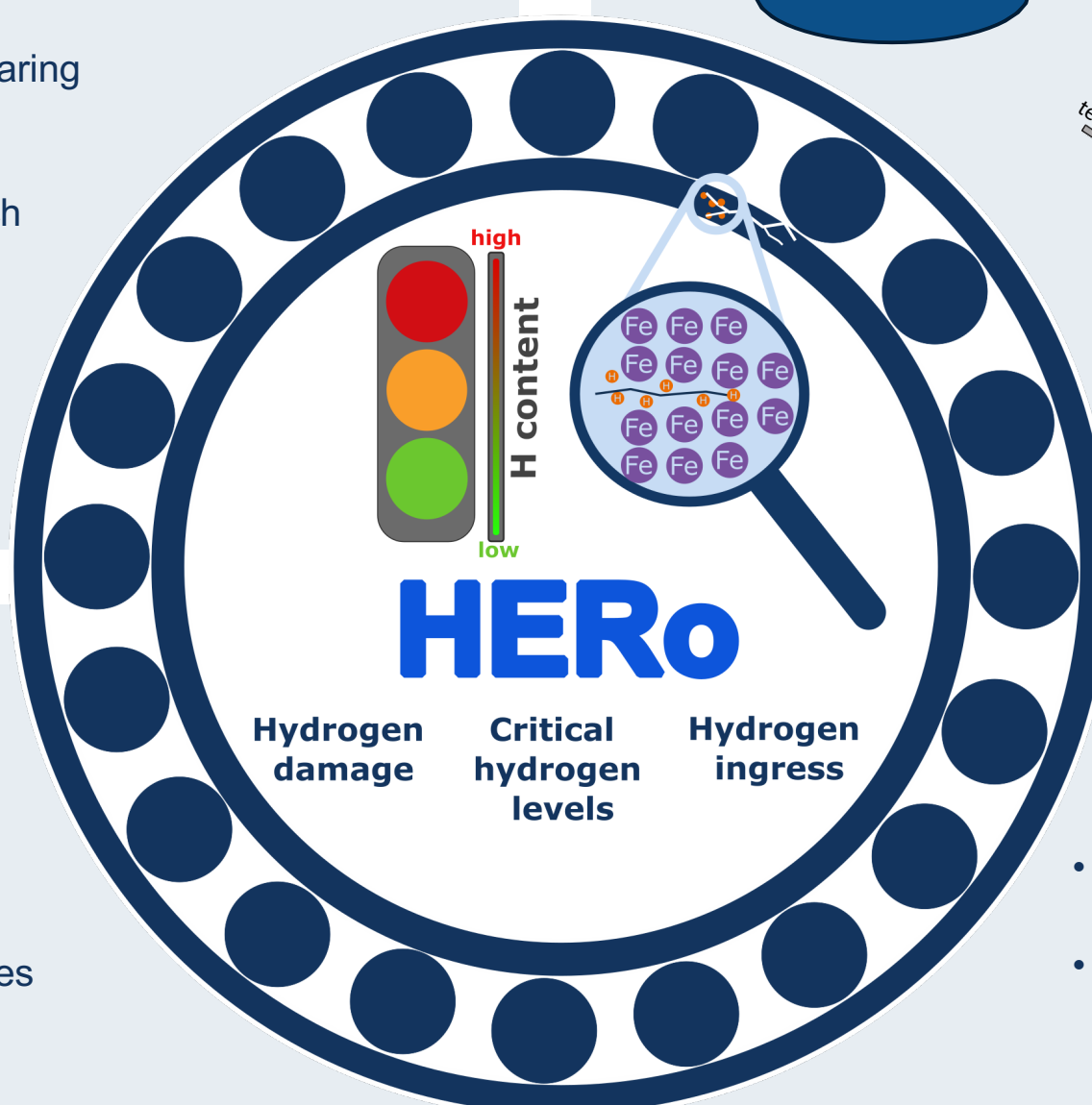
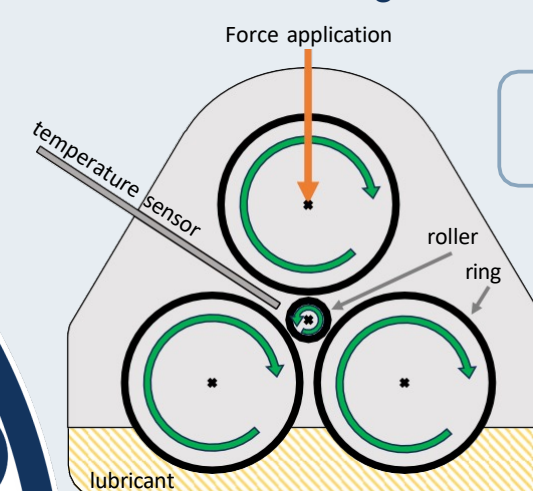
1: Electrochemical hydrogen charging



3: Material analysis



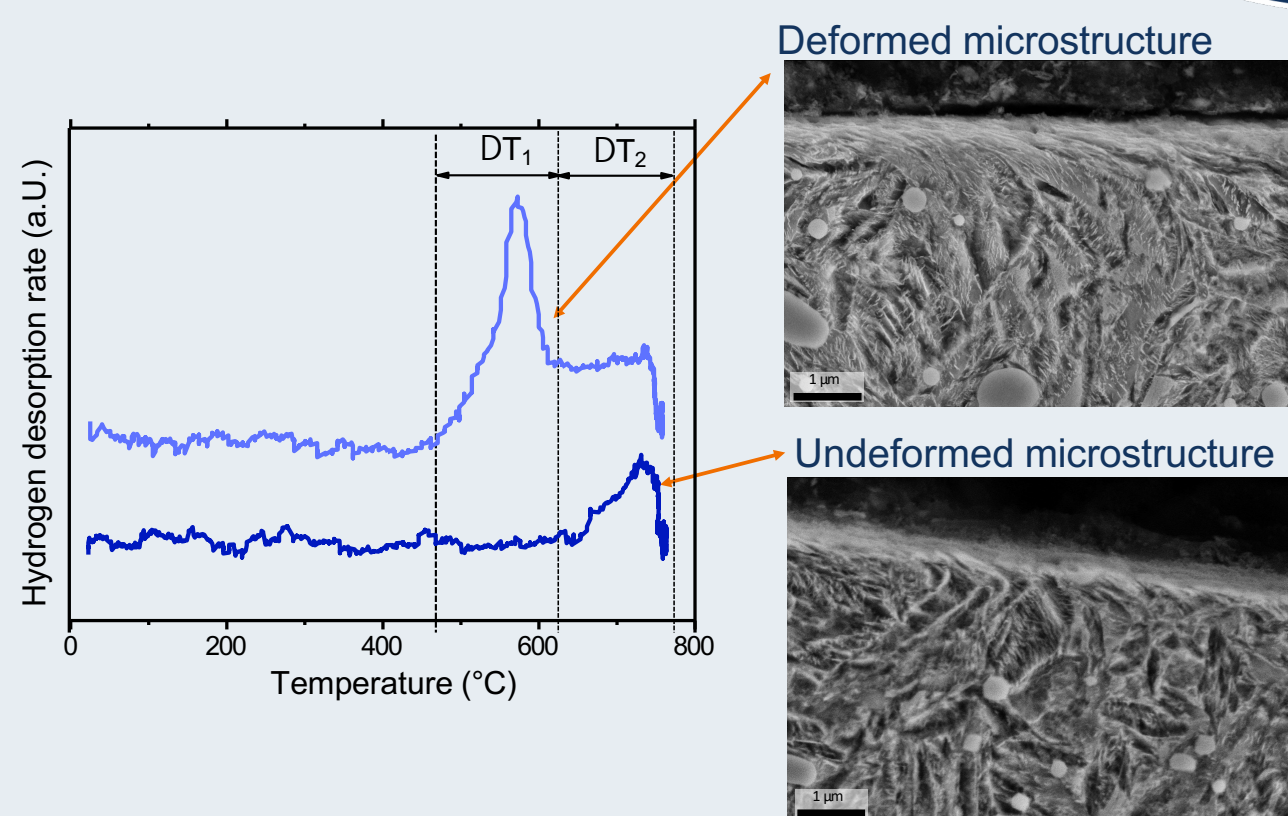
2: Tribotesting



## Research example

### Hydrogen trapping

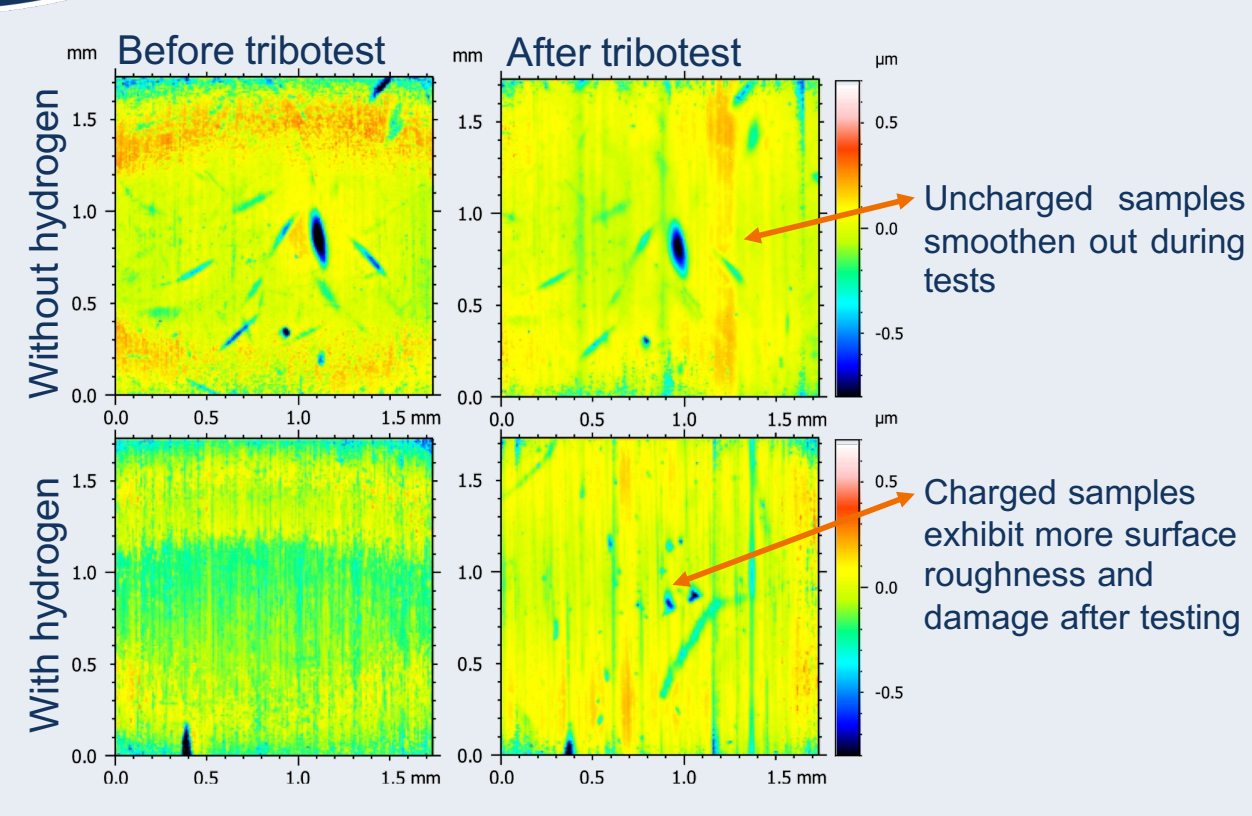
- Tribotests combined with hydrogen trapping and material analysis
- Lower hydrogen de-trapping temperatures for deformed microstructure



## Research example

### Hydrogen & fatigue

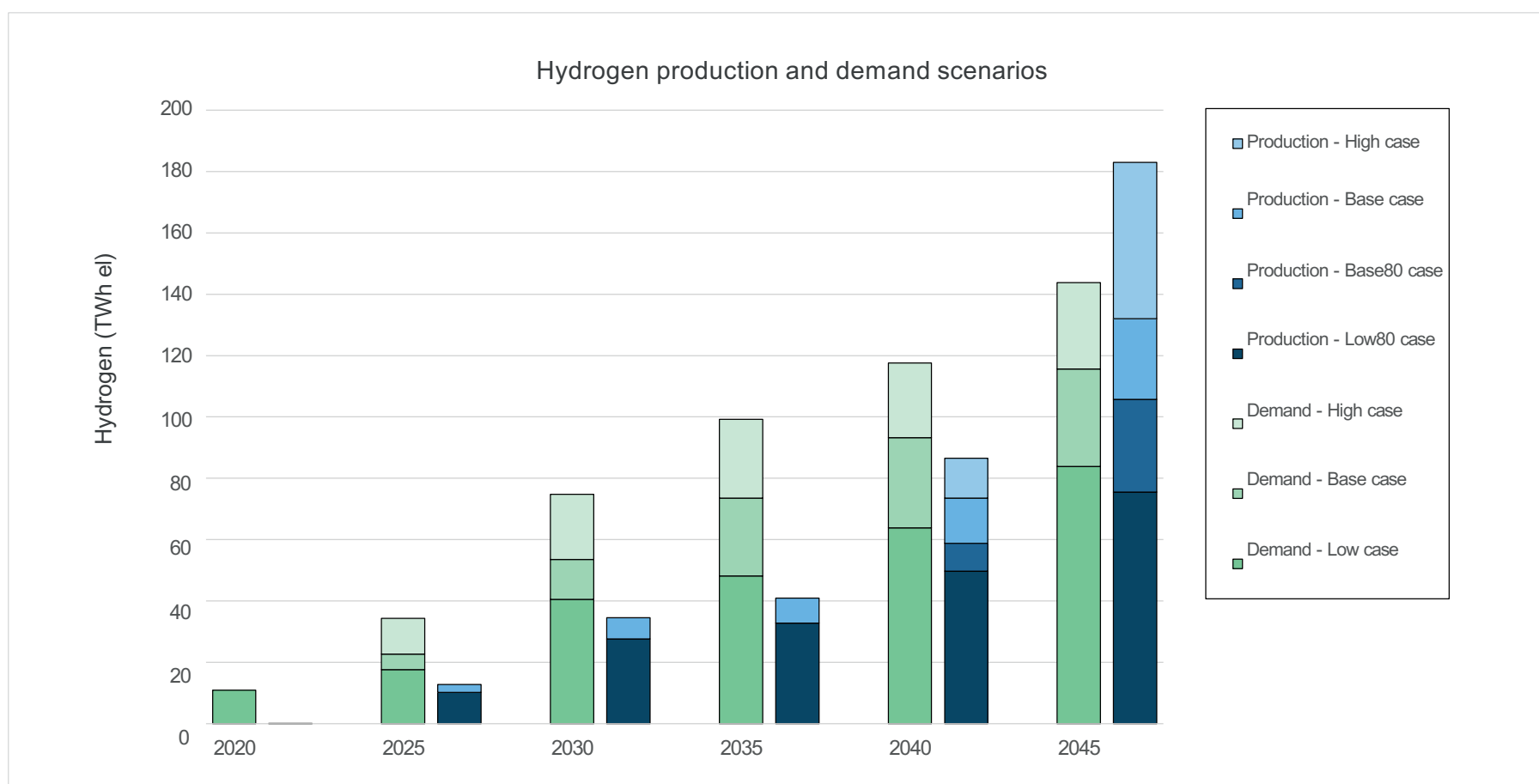
- Tribotesting of hydrogen pre-charged samples and material analysis
- Increased surface damage under the influence of hydrogen





# Vätgasens potential ur ett svenskt perspektiv

Vätgas är en möjlig fossilfri pusselbit i energi- och klimatomställningen och kan agera både som energibärare och kemisk insatsvara. Projektet Vätgasens potential har utförts av IVL Svenska Miljöinstitutet tillsammans med RISE, DNV GL och SWECO. Projektet utreder potentialen för att producera och använda vätgas i Sverige fram till år 2045.



I projektet har scenarier för potentiell efterfrågan på och produktion av vätgas tagits fram baserat på befintliga planer och strategier, bland annat i syfte att utforska Sveriges möjligheter att bli en nettoexportör av vätgas i framtiden.

Scenarierna illustrerar ett utfallsrum för produktion och efterfrågan av vätgas under de kommande decennierna och

presenteras i figuren utifrån vilket el-behov detta motsvarar. Utfallsrummet antyder att den möjliga efterfrågan på vätgas de kommande åren skulle kunna vara större än den planerade produktionen, men att produktionen gradvis ökar och skulle kunna bli större än den inhemska efterfrågan någon gång runt 2040.

Detta skulle innebära att Sverige har

## SLUTSATSER

- År 2030 skulle möjlig produktion av vätgas kunna vara 18–23 TWh medan efterfrågan är större och uppgår till 32–49 TWh.
- År 2045 kan produktionen av vätgas, 49–119 TWh, ha hunnit bli större än inhemska efterfrågan, 54–94 TWh.
- Sverige skulle kunna bli en nettoexportör av vätgas någonstans i perioden mellan 2035 och 2045, men utfallsrummet och osäkerheten är stor.

möjligheten på sikt att bli en exportör av vätgas och elektrobränslen, förutsatt att infrastruktur för storskalig distribution av vätgas utvecklas. Vad som händer bortom 2035 är dock osäkert, vilket illustreras av ett brett spann för både möjlig efterfrågan och produktion. Det faktiska utfallet beror på utbyggnaden av elsystemet och infrastruktur för export av vätgas och elektrobränslen.

Flera vätgasaktörer pekar ut avsaknaden av regelverk och standarder för alla led i vätgasens värdekedja som ett hinder för en bredare användning av vätgas och elektrobränslen och att tillståndprocessen behöver förkortas och bli mer förutsägbar för att möjliggöra en bred utveckling och användning av vätgas.

Projektrapporten publiceras i början av 2024.



## Kontaktpersoner:

Mirjam Särnbratt, [mirjam.sarnbratt@ivl.se](mailto:mirjam.sarnbratt@ivl.se)  
Julia Hansson, [julia.hansson@ivl.se](mailto:julia.hansson@ivl.se)

Benjamin Storm, [benjamin.storm@ivl.se](mailto:benjamin.storm@ivl.se)  
Anton Fagerström, [anton.fagerstrom@ivl.se](mailto:anton.fagerstrom@ivl.se)

# Vätgas för ett balanserat elsystem

## Om projektet

- ▶ Del av Energiforsks vätgasprogram. Genomförs av Profu, Sweco och RISE.
- ▶ Syfte: Att utvärdera hur vätgas kan påverka elsystemet och, i konkurrens med andra alternativ, bidra med flexibilitet.
- ▶ Projektet omfattar tre arbetspaket. AP1: Systemanalys genom energisystemmodellering; AP2: Kartläggning och analys av förutsättningar för vätgas på stödtjänstmarknaderna; AP3: Analys av industriaktörers lönsamhet för flexibilitetsinvesteringar i vätgas.

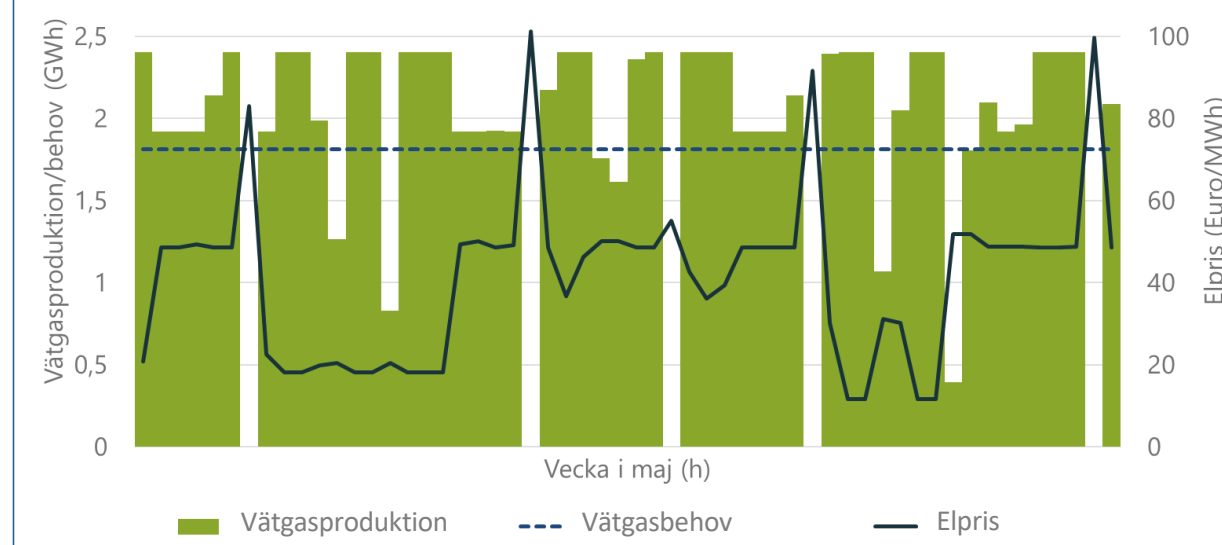
## Exempel på resultat

- ▶ **Flexibel drift av elektrolysörer för vätgasproduktion har, i kombination med vätgaslager och framtida vätgasbehov, stora möjligheter att på ett kostnadseffektivt sätt bidra till ett lägre effektbehov** vid elpristoppar gentemot en situation utan motsvarande flexibilitet. (Analysen har förutsatt ett konstant industriellt vätgasbehov.)
- ▶ Möjlighet till lönsamhet för **vätgasbaserad elproduktion** från elektrolysörsbaserad vätgas **förutsätter i hög utsträckning en betydande andel variabel elproduktion, stora vätgaslager och begränsade förutsättningar för annan flexibilitet.** Förutsättningarna är bättre i kontinentala Europa än i Sverige.
- ▶ **Batterier och vätgaslagring kan komplettera varandra genom att bidra till balansering på olika tidshorisonter:** batterier kan, i större utsträckning, hantera kortsiktiga behov och vätgaslagring mer långsiktiga behov.
- ▶ **Energilager har en utjämnande effekt på elpriset över tid** då eluttaget från nätet minskar vid höglasttimmar och ökar vid låglasttimmar. Likaså fås en utjämnande priset mellan elprisområden.
- ▶ **Elpriset av energilagring får konsekvenser för kraftslags intjäningsförmåga.** Exempelvis kraftvärmeproduktion (som i hög utsträckning producerar el vid höglasttimmar) tenderar att få en lägre genomsnittlig intäkt i ett system med lager, medan effekten för exempelvis sol (som i hög utsträckning producerar el vid låglasttimmar) generellt är den motsatta.
- ▶ Aktörsanalysen visar att **återbetalningstiden för investeringar i vätgasflexibilitet (lager samt överkapacitet i elektrolysörer) korrelerar med elprisvariationer.** Elprisscenarier med lägre prisvariationer ger längre återbetalningstider och elprisscenarier med högre prisvariationer ger kortare återbetalningstider.
- ▶ **Elektrolysörer och vätgasbaserad elproduktion skulle kunna vara en viktig resurs på stödtjänstmarknaderna eftersom de tekniska möjligheterna att bidra är goda.** Deras faktiska bidrag kommer dock bero på deras konkurrenskraft gentemot andra alternativ och kopplat till detta finns utmaningar.

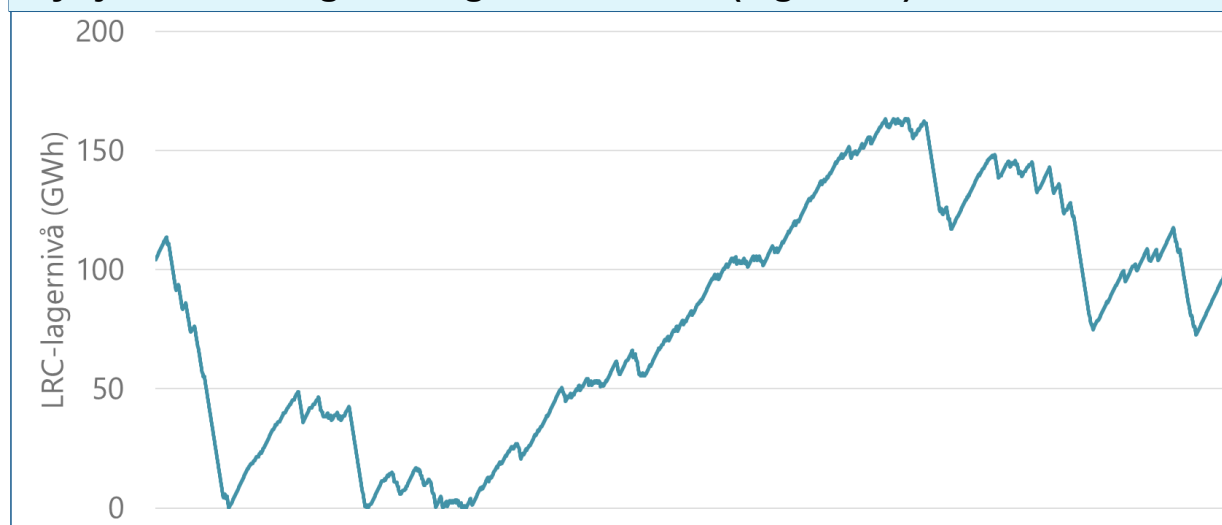
## Mer information

- ▶ Slutrapport och slutseminarium i början av 2024. Håll utkik på Energiforsks hemsida!
- ▶ För mer information, kontakta Martin Hagberg, Profu ([martin.hagberg@profu.se](mailto:martin.hagberg@profu.se))

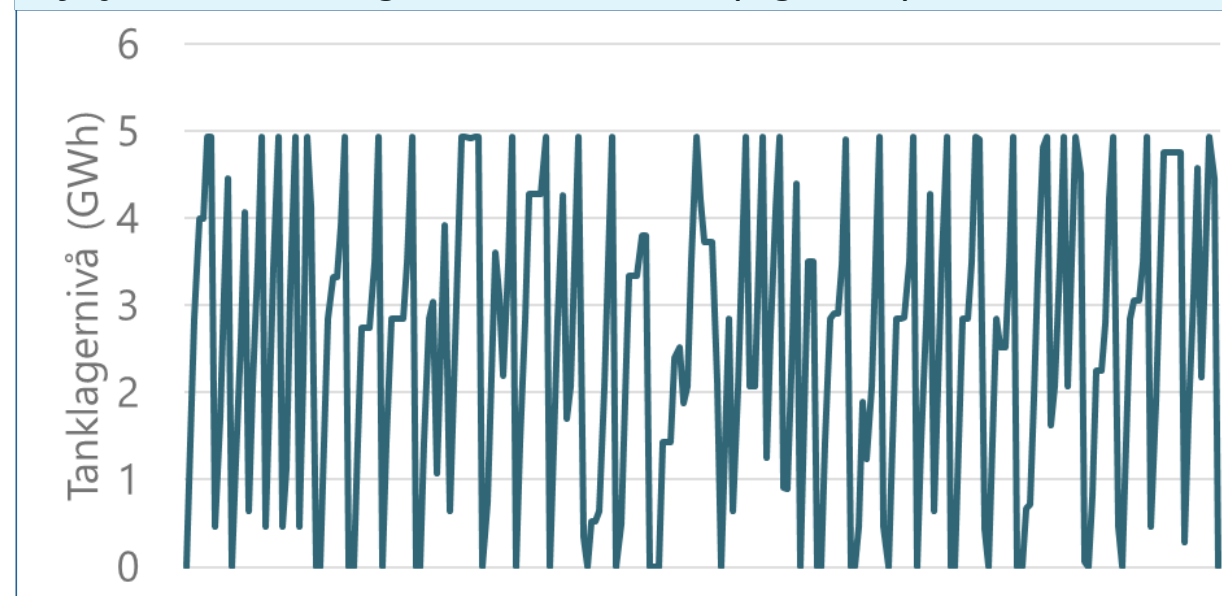
### Flexibel vätgasproduktion från elektrolysör



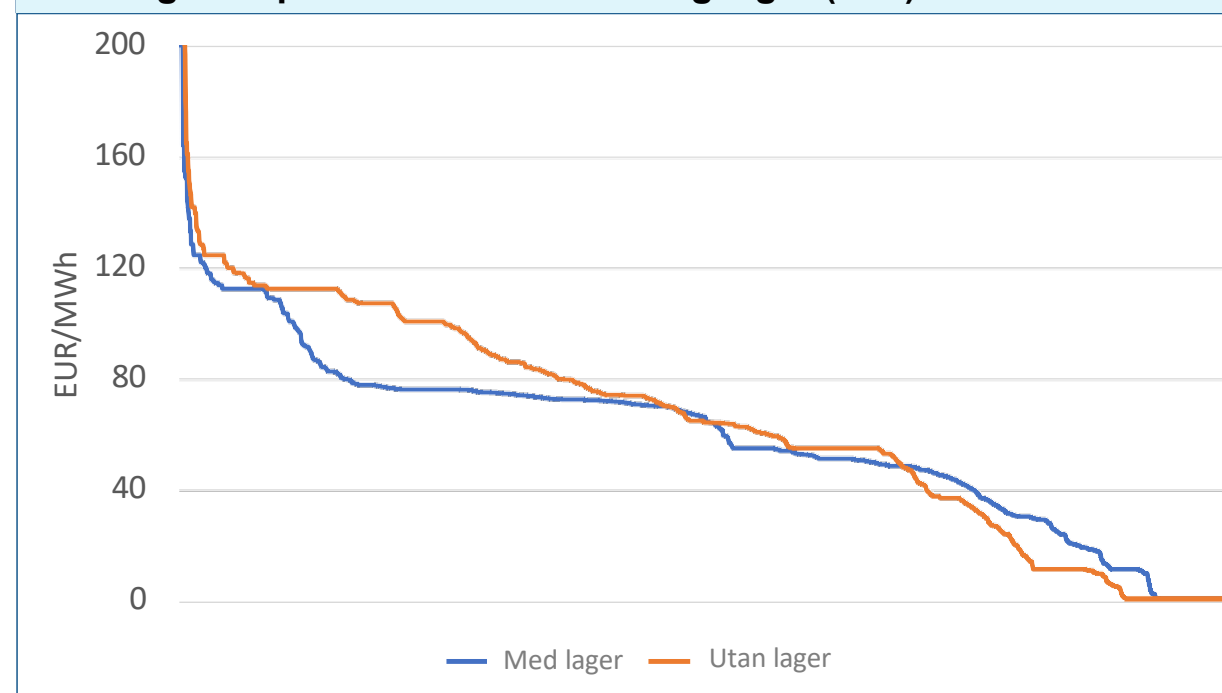
### Nyttjande av berggrumslager under 1 år (lagernivå)



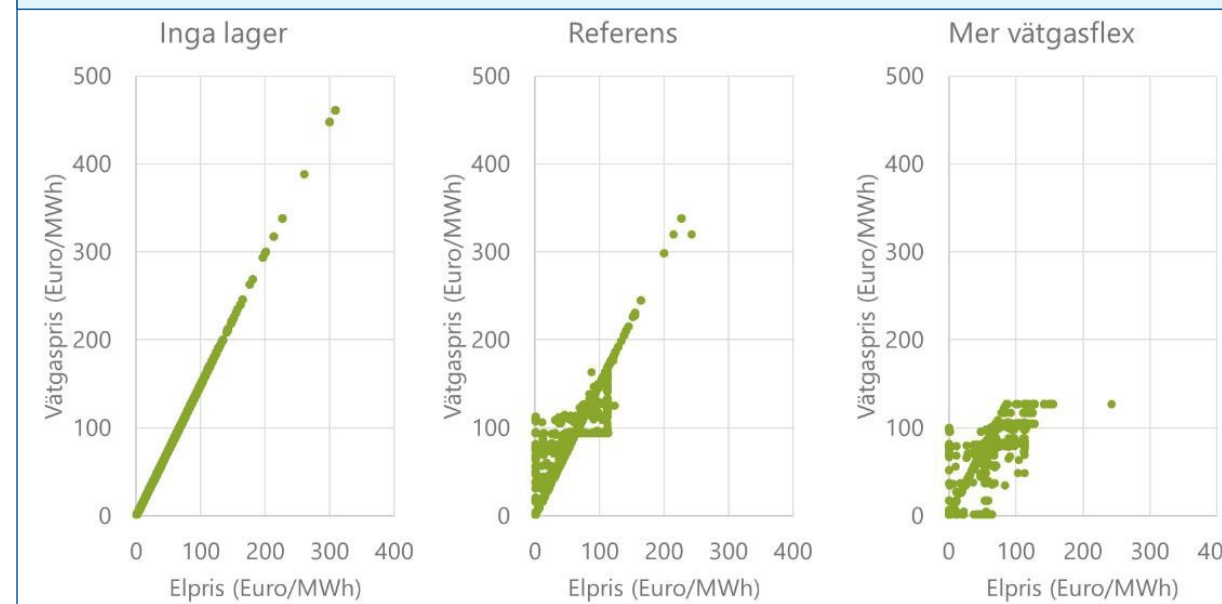
### Nyttjande av tanklager under 1 månad (lagernivå)



### Varaktighet elpris med och utan energilager (1 år)



### Vätgaspris vs elpris för ökande (→) grad av vätgasflexibilitet





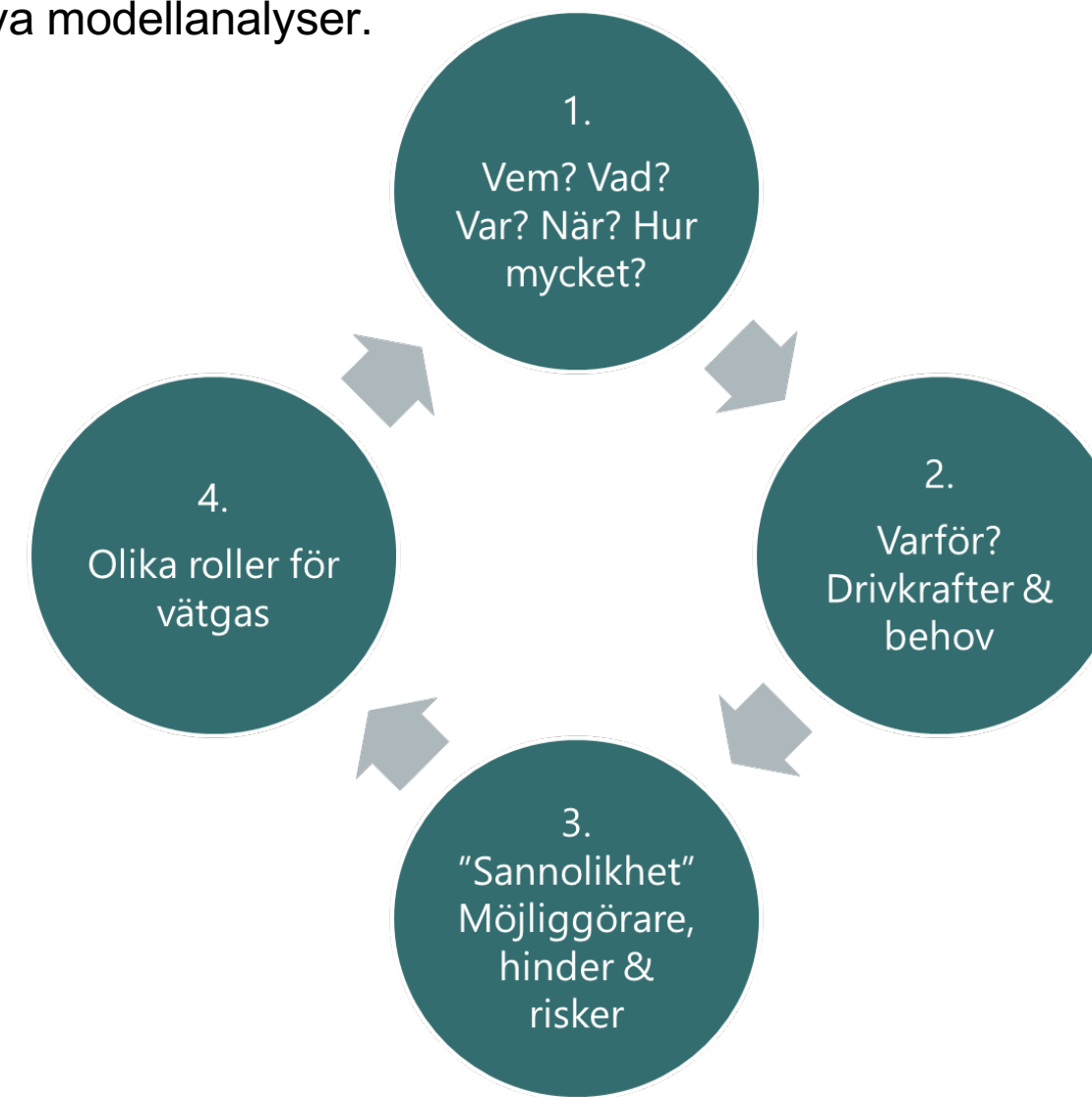
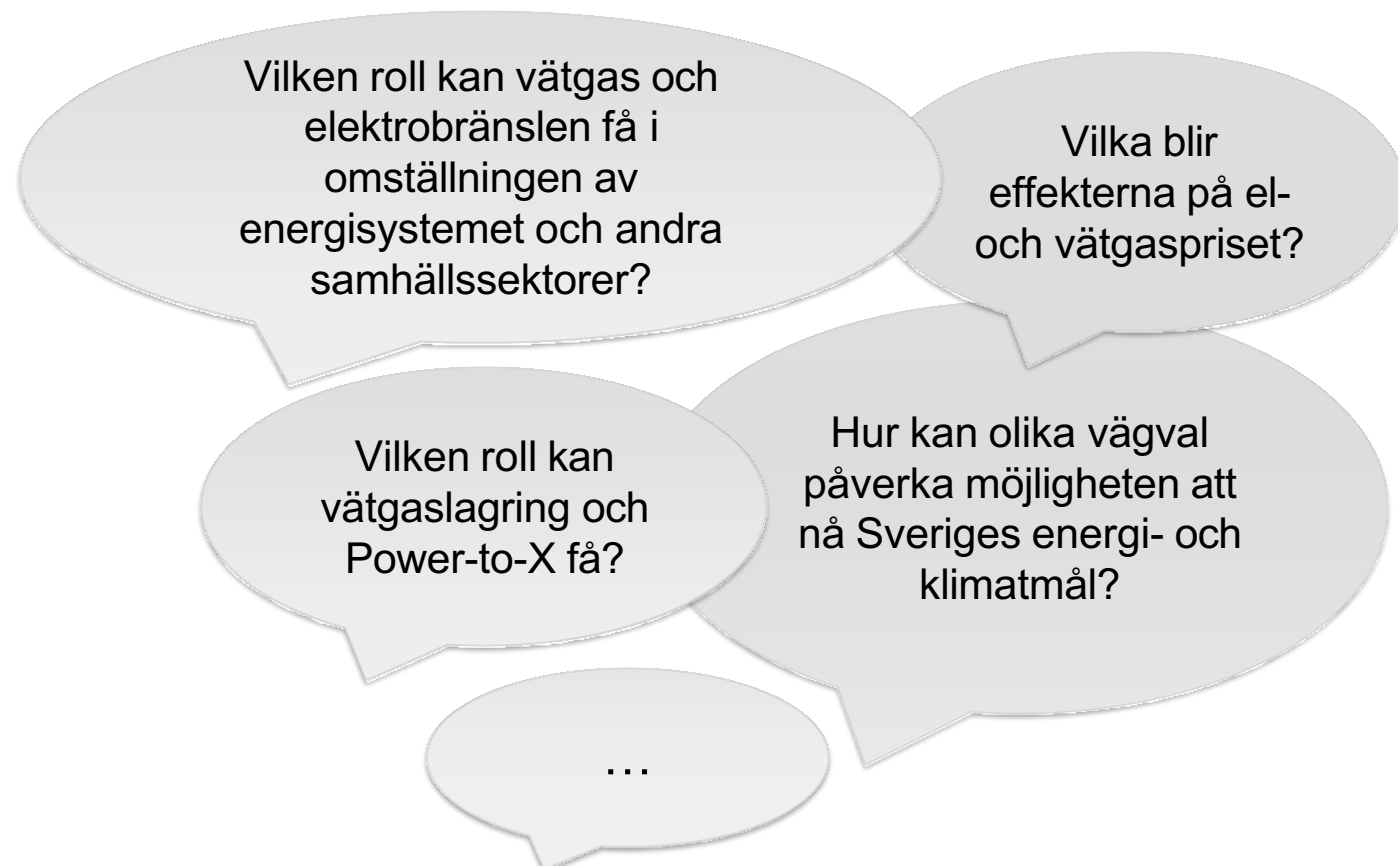
# Vätgasens roll i energi- och klimatomställningen (VREK)

*En system- och syntesstudie om vätgas och elektrobränslets roll i framtidens sektorkopplade energisystem*

## SYFTE

Undersöka och utvärdera vätgasens roll i energi- och klimatomställningen, samt dess samverkan med och påverkan på energisystemet. Detta görs genom syntes av hela Energiforsks vätgasprogram, Chalmers vätgasforskning och andra vätgasrelaterade studier, liksom med kompletterande kvantitativa modellanalyser.

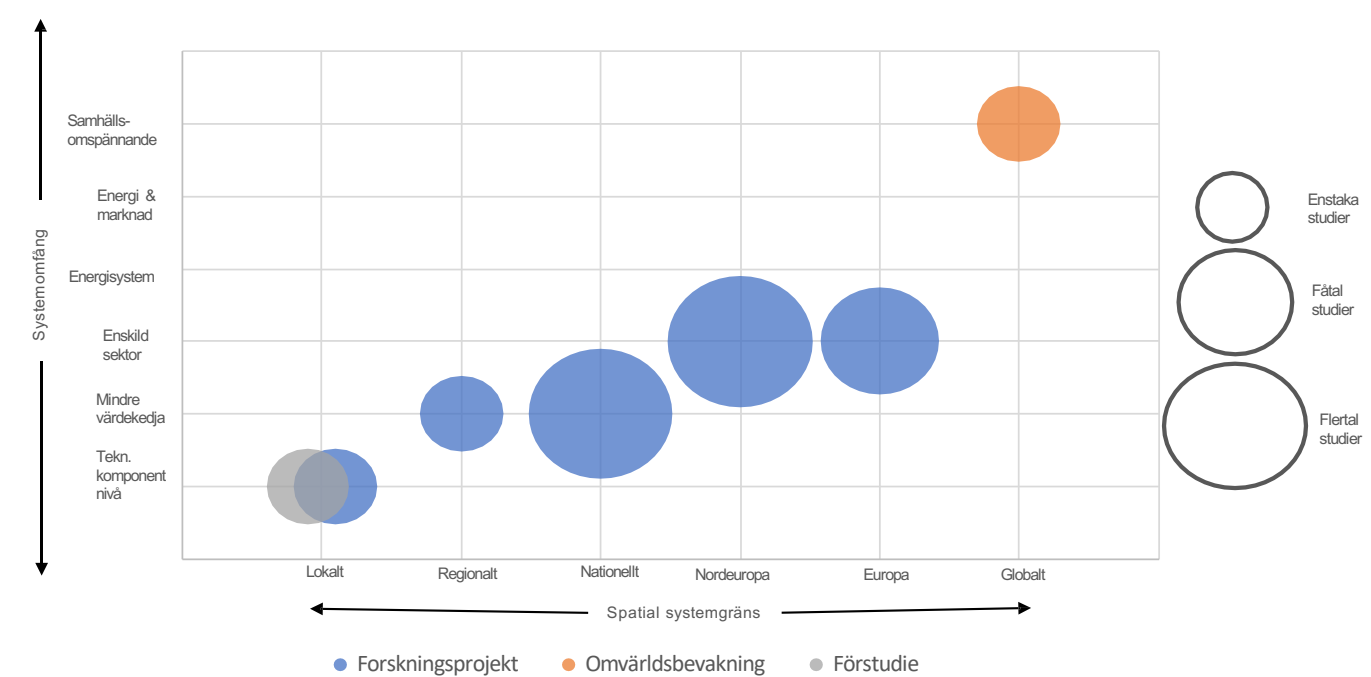
## FRÅGESTÄLLNINGAR



## SAMMANSTÄLLA, ANALYSERA OCH VIDAREUTVECKLA BEFINTLIG KUNSKAP

- Teknikdata (elektrolysörer, lager, gasturbiner etc.)
- Kostnadsdata
- Policy & styrmedel
- Mängd vätgas i systemet.... (vilket system?..)
- El- och vätgaspris, samt pris på vidareförädlingar
- Potential för utsläppsminskning
- Resultande energisystem (bland annat elproduktionsmix och infrastruktur för vätgastransport)

Iterativ process för att identifiera vätgasens roll i energi och klimatomställningen.



Visualisering av hur olika studier i syntesen förhåller sig till varandra.

**För mer information:**

Maria Grahn, [maria.grahn@chalmers.se](mailto:maria.grahn@chalmers.se)  
Julia Renström, [julia.renstrom@profu.se](mailto:julia.renstrom@profu.se)



Projektid: februari 2023 – december 2025.



# Green Hydrogen from a Socio-economic Perspective:

## Exploring the Viability of Hydrogen Pipelines over Power Grid Expansion for Hydrogen transport.

Olivia Cintas<sup>1</sup>, Johan Torén<sup>1</sup>, Erik Östling<sup>2</sup>, Bezawit Tsegai<sup>2</sup>, Lovisa Axelsson<sup>1</sup>, Karin Pettersson<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>RISE, <sup>2</sup>SWECO

### 1. Introduction:

Hydrogen is emerging as an important energy carrier for decarbonizing challenging sectors such as industry and parts of the transport sector. To unlock its potential, it is crucial to address challenges and opportunities in production, distribution, and utilization. In a hydrogen-based economy, a key question revolves around effective transportation of large H<sub>2</sub> volumes. Two options are prominent:

- pipelines for H<sub>2</sub> molecules or
- power lines for transmitting electricity with on-site H<sub>2</sub> generation via electrolysis.

### 2. Aim:

Assess when pipelines are more favourable than new electricity grids for the transport of H<sub>2</sub>, considering socio-economic conditions



### Future work

#### 4. Value chain analysis: Examples E-fuels (Methanol, Methane, SAF)

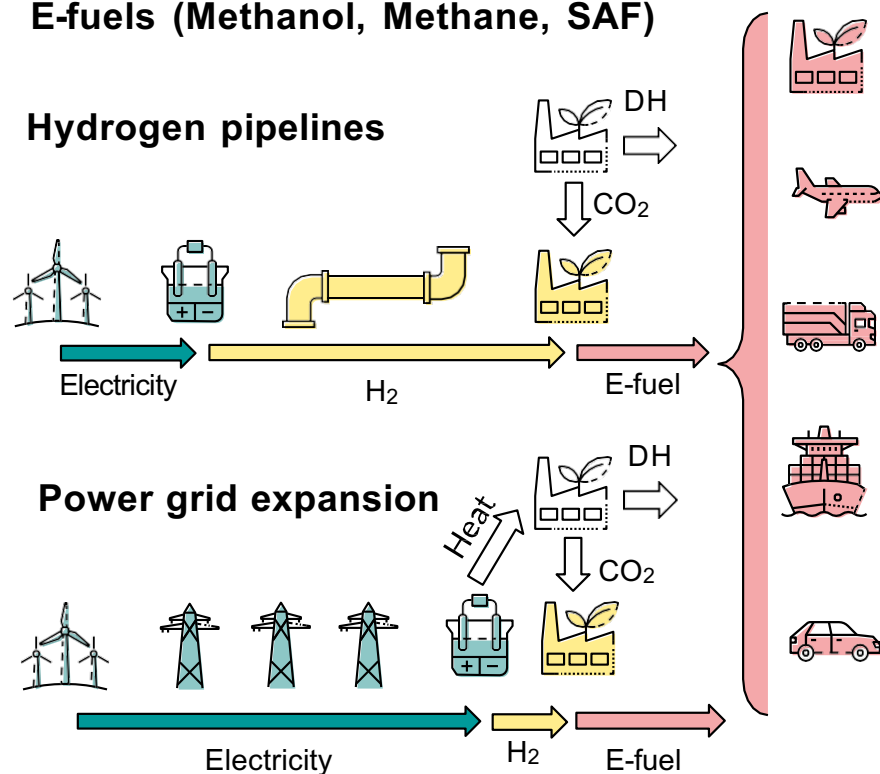


Figure 1. Example of e-fuel value chains to be analyzed. Adapted from H2esin project.

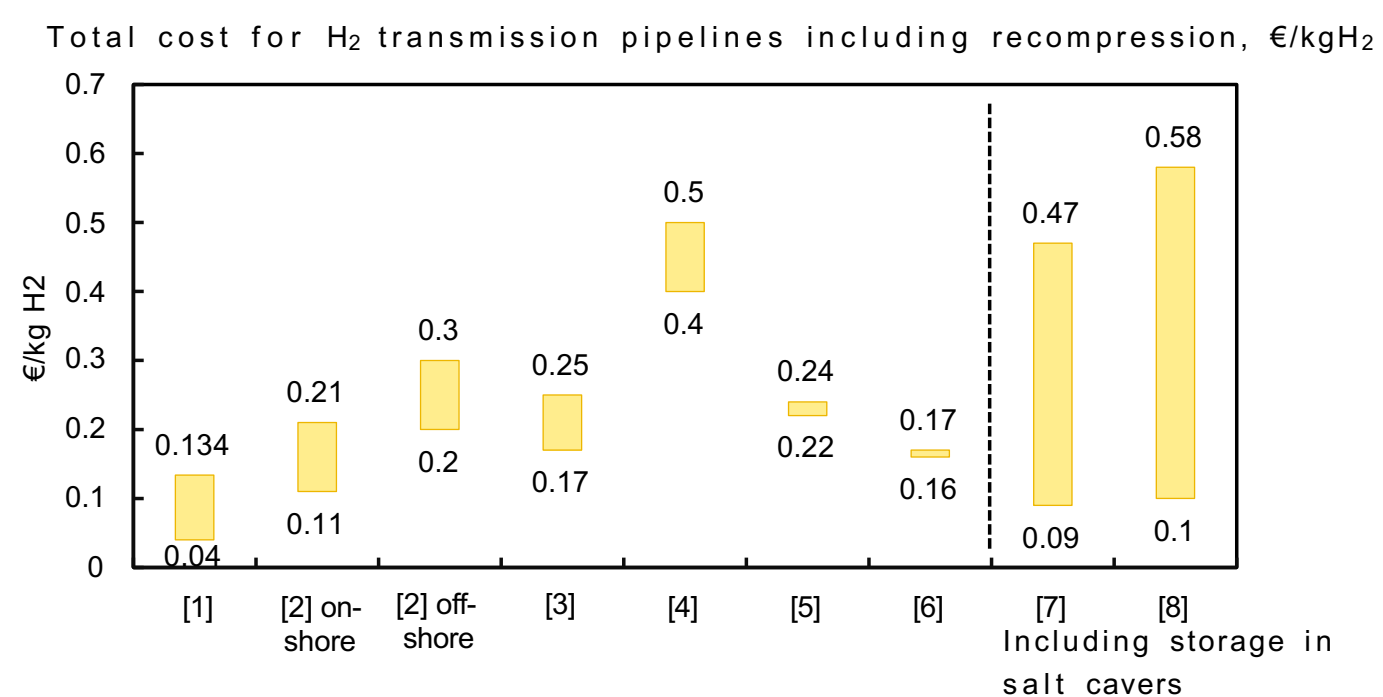
### 5. Socio-economic assessment

- Economic evaluation .
- Qualitative environmental impacts analysis.
- Analysis of stakeholders impacts across economic, social, and environmental dimensions.

### 3. Hydrogen transport infrastructure:

#### 1. Transport cost

A literature review has been conducted, focusing on studies comparing H<sub>2</sub> pipelines and power lines as transmission technologies. In cases where costs for power line transmission are reported [1,3], they are found in the same order of magnitude as for H<sub>2</sub> pipeline.



Reports	New/repurposed pipelines	Design capacity	Geo scope
[1] H2eSIN	New	100%	Swe
[2] European Hydrogen backbone	25% new 75% repurposed	75%	EU
[3] Bothnian Bay Hydrogen Valley	New	Unknown	Swe + Fin
[4] Global Hydrogen Review 2023, IEA	New	75-100%	Global
[5] Gas Decarbonisation Pathways 2020-2050	Unknown	Unknown	Unknown
[6] Cost of long-distance energy transmission by different carriers	Unknown	100%	USA
[7] Energy Transmission Commission	New	Unknown	Global
[8] Bloomberg NEF	New	Unknown	Global

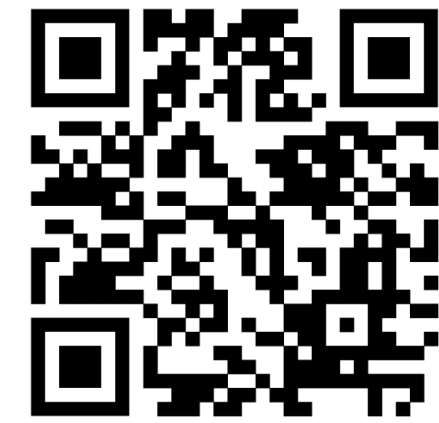
#### 3.2 SWOT analysis hydrogen pipelines vs power grid expansion

Strengths		Weaknesses	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supports grid stability.</li> <li>• Stores excess power production in H<sub>2</sub>.</li> <li>• Occupies small land areas for energy transmission.</li> <li>• Allows for flexible localization of electrolyser.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H<sub>2</sub> supply vulnerable without redundancy during disruptions.</li> <li>• Uncertain future demand changes.</li> <li>• High investment costs requires justification for large H<sub>2</sub> transmission.</li> </ul>	<p><b>Opportunities</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Repurpose natural gas pipelines to H<sub>2</sub> at a lower cost.</li> <li>• Enables connection of more H<sub>2</sub> providers and users.</li> <li>• Allows coordination of pipeline construction with other infrastructure investments.</li> </ul>	<p><b>Threats</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potential low public acceptance for underground pipelines.</li> <li>• Limited local knowledge on large-scale gas infrastructures.</li> <li>• Unclear legislative framework for H<sub>2</sub> infrastructure.</li> <li>• Uncertainties around steering of H<sub>2</sub> infrastructure.</li> <li>• H<sub>2</sub> pipelines still under technological development.</li> </ul>
Strengths		Weaknesses	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reliable transmission technology with vast local expertise.</li> <li>• Electrolyzers serve as balancing agents and load regulators, providing grid services.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Additional electric storages, such as batteries may be needed to fully minimize underutilization of expanded intermittent renewable power.</li> </ul>	<p><b>Opportunities</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrolyzer by-products like oxygen and heat may be used on or near-site.</li> </ul>	<p><b>Threats</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Constructing multiple additional 400 kV transmission lines will significantly impact the visual aesthetics and land use.</li> </ul>

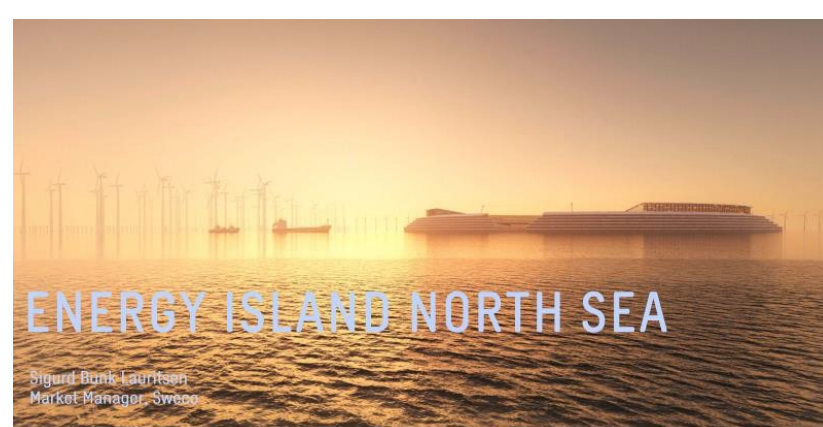
# Omvärldsbevakning och internationella samarbeten

Inom programmet bedrivs en internationell och nationell omvärldsbevakning i syfte att ge en uppdaterad bild kring hur marknaden och tekniken utvecklas. Detta sker genom att bjuda in till seminarier som är tillgängliga för deltagarna i Vätgasprogrammet. Teman för seminarier väljs utifrån trender och utmaningar inom vätgasutvecklingen genom att kontinuerligt bevaka nyheter med öronmärkta nyckelord och genomföra litteraturstudier.

Projektgruppen är öppen för inspel och önskemål gällande kommande seminarier. Lämna gärna dina önskemål idag!



QR-kod till projektets hemsida



## Seminarium 1: Sweco

Årets första seminarium arrangerades 18 april via Teams. Temat var Framtiden och avsättning för vätgasen – "vad blåser det för vindar?" och kretsade vätgasens roll i det framtida energisystemet. Tillsammans med företagsrepresentanter diskuterades vad det kommer finnas för avsättning, vilka branscher som kommer vara användare och skillnader mellan projekt internationellt och inom Sverige.

**Elin Lindblad och Erik Östling från Sweco** presenterade tre framtidsspaningar: Vätgaspipelines allt närmre att realiseras i Norden där initiativen har intensifierats senaste åren, att vätgas nästan uteslutande produceras som en intermediär innan den vidareförädlas samt det gällande policy- och styrmedelsrace mellan EU och USA, där regelutvecklingen inte riktigt hänger med marknadstakten.

**Fredrik Wibling från OX2** presenterade sin strategi kring vätgasproduktion från vindkraft, där man ser en stor potential att producera vätgas vid vindparkerna och använda sig av pipelines för att distribuera vätgas. Detta kan ofta ske till ett lägre pris än att bygga ut kraftledningar. En fördel vid vätgasproduktion vid havsbaserad vind är att använda syrgasen för att syresätta havsbotten i Östersjön.

**Caroline Båth från Liquid Wind** visade sina ambitioner att elektrifiera sjöfarten genom produktion av e-metanol. För detta behövs stora mängder förnybar vätgas samt biogen CO<sub>2</sub>. Bränslet är kompatibelt med den existerande infrastrukturen och lämpar sig väl för sjöfart.

**Marc van Doorn, Fertiberia** presenterade sina planer på att bygga storskalig produktion av förnybart gödsel från vätgas. En sådan anläggning finns driftsatt i Puertollano sedan 2022 där vätgas omvandlas till ammoniak innan det blir gödsel. Sverige är idag väldigt beroende av gödselimporter. Projektets tillståndprocess är mer komplicerad än i Spanien vilket drar ut tidslinjen mer än önskvärt.

**Gustav Rehnman från H2 Green Steel** berättade om fossilfri stålproduktion genom direktreducering av järnmalm via vätgas. Kunder som visat intresse är bilindustrin, byggindustri samt vitvaruproduktion. I Boden planeras 700 MW elektrolysör, men projekt planeras även i Nordamerika, Sydamerika (Brasilien) och Spanien.

**Sigurd Bunk Larutisen, Sweco** berättade om ett projekt med Danska Energimyndigheten där man projekterat världens första energiö – en hubb för havsbaserad vindkraft. Det planeras för elektrolysröskapacitet på 3-4 GW vilket kan expanderas med ytterligare 10 GW.

## Seminarium 2: Vätgas Sverige

Denna workshop arrangerades av Vätgas Sverige och ägde rum i Boden 25e september under temat Technology deepdive, med syftet att ge deltagarna en uppdatering och djupare förståelse för var tekniker står just nu och var vi är på väg, så att analyser och beslutsunderlag som tas fram inte använder förlegade uppgifter utan har tillgång till den senaste informationen.

Från föredragshållarnas presentationer:

**Fredrik Hertz på Permascand** presenterade utvecklingen inom elektroder och elektrolys inom både PEM och alkaliskt med globala tillväxtnivåer som förväntas och fokus på cirkularitet och kostnadsbild. En marknadstrend som fångats upp är ett mål för vätgaskostnad (LOHC) på 1.5 USD/kg.

**Henric Thorsén på Siemens** presenterade deras ambition att hantera hela värdekedjan, och en studie tillsammans med Chalmers att driva en stad på 250 000 invånare med grön energi, då ett lager på 150 ton vätgas skulle behövas. Vi fick även en uppdatering på Siemens satsningar på vätgasturbiner där 3 av modellerna kommer kunna köras på 100 % vätgas under 2024.

**Andreas Bodén på Powercell** berättade om hur mycket de olika körfallen för bränsleceller inom personbil, lastbil och flyg skiljer sig åt, samt den maritima industrin där DC-omvandlaren står för en högre kostnad än bränslecellsstacken. De har en order på 6.4 MW bränsleceller till två färjor i Nordnorge, vilket blir världens största bränslecellsinstallation på en farkost.

**Jørn Løvdal på Umoe** presenterade de glasfibertankar de tar fram för bl a lagring i stationära applikationer och för frakt av vätgas. Fördelarna mot ståltankar är att de inte är mottagliga för korrosion och lättare, samtidigt som de är billigare än kolfibertankar. De kör ett projekt med två båtar i Norge som har vätgaslager i containrar som byts i hamn istället för att fyllas direkt. De påbörjar även ett projekt med glasfibertankar på havsbotten vid vindkraft som är 2 m i diameter.

**Vikram Gulliani på Atlas Copco** visade vilka kompressorer de tillverkar för vätgas för olika tryck och volymer, där olika ursprung och kvaliteter ger olika förutsättningar. De ser en stor efterfrågeökning och ser en möjlighet i att bemöta detta med en modulär approach, samt kloka val av PEM/alkaliskt samt rätt kompressorteknik.



## Seminarium 3 - RISE

European Hydrogen Week gick av stapeln 20-24 november i Bryssel och samlade forskare och företag inom vätgas från hela Europa.

Hydrogen week arrangeras årligen av Hydrogen Europe och Clean Hydrogen Partnership. Konferensen består av en mässdel och en High level konferensdel. I år var mässdelen nästan dubbelt så stor som året innan och många företag har satsat mycket pengar på denna aktivitet. SHDC/omvärldsbevakning var där och rapporterade om de centrala frågorna som behandlas på EU nivå vilket rapporterades i ett seminarium den 30 november som sändes digitalt.

## European Hydrogen Week

EU:s största vätgassammankomst



# Är vätgas praktiskt och ekonomiskt för tunga långväga transporter? - Casestudie av ett livsmedelsåkeri

Vätgas bedöms i flera fall vara ett viktigt drivmedel för att ställa om tunga transporter till fossil- och emissionsfria. Denna studie har analyserat den praktiska och ekonomiska möjligheten för ett åkeri att ställa om en del av flottan till vätgasdrift istället för dagens HVO-drift.

Gustav Green<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>RISE

Livsmedelsåkeriet Stay Fresh Sweden har verksamhet i bland annat Karlstad. Här utgår nio tunga lastbilar som dagligen kör och lastar gods i Göteborg som sedan distribueras i Värmland. Idag drivs samtliga lastbilar med HVO (Hydrerad Vegetabilisk Olja).

Studien har undersökt om det är praktiskt möjligt för Stay Fresh att bibehålla nuvarande rutiner kring tanking, vilotider och arbetstider om samtliga fordon övergick från HVO till vätgasdrift. Studien har även undersökt hur Total Cost of Ownership (TCO) skulle påverkas för Stay Fresh del, inklusive statligt stöd.

Projektet har utvecklat två separata modeller för att beräkna drivmedelsbehov (både HVO och vätgas) och TCO. En jämförande analys har därefter utförts där dagens nio HVO-drivna tunga lastbilar med respektive rutter inom Stay Fresh har jämförts med olika vätsdrivna lastbilarr med bibehållna rutter.

## Få praktiska hinder

Det är praktiskt möjligt för Stay Fresh att utföra sina transportuppdrag med vätgasdrift.

Det finns tillräckligt god tankinfrastruktur för vätgas, förutsatt att planerade tankstationer etableras, utan att några extra tankstopp behövs för rutterna eller att drivmedelsnivån blir för låg under rutten.

Stay Fresh chaufförer uttrycker att en övergång från diesel till vätgasdrift förväntas vara smidig. Detta eftersom skillnader i räckvidd och tanktider är små jämfört med nuvarande diesellastbilar.

Externa parter såsom leverantör av nödvändiga komponenter, exempelvis temperaturaggregat för fordonets lastutrymme, kan enkelt anpassas till att bli kompatibel med bränslecellsfordon. Likaså ser lokala fordonsserviceföretag positivt på att utföra service, förutsatt att fordonstillverkare tar fram tydliga utbildningar och instruktioner.



Flera tankstationer för vätgas planeras i Värmland och Västra Götalands län. Gula markörer är redan etablerade tankstationer.

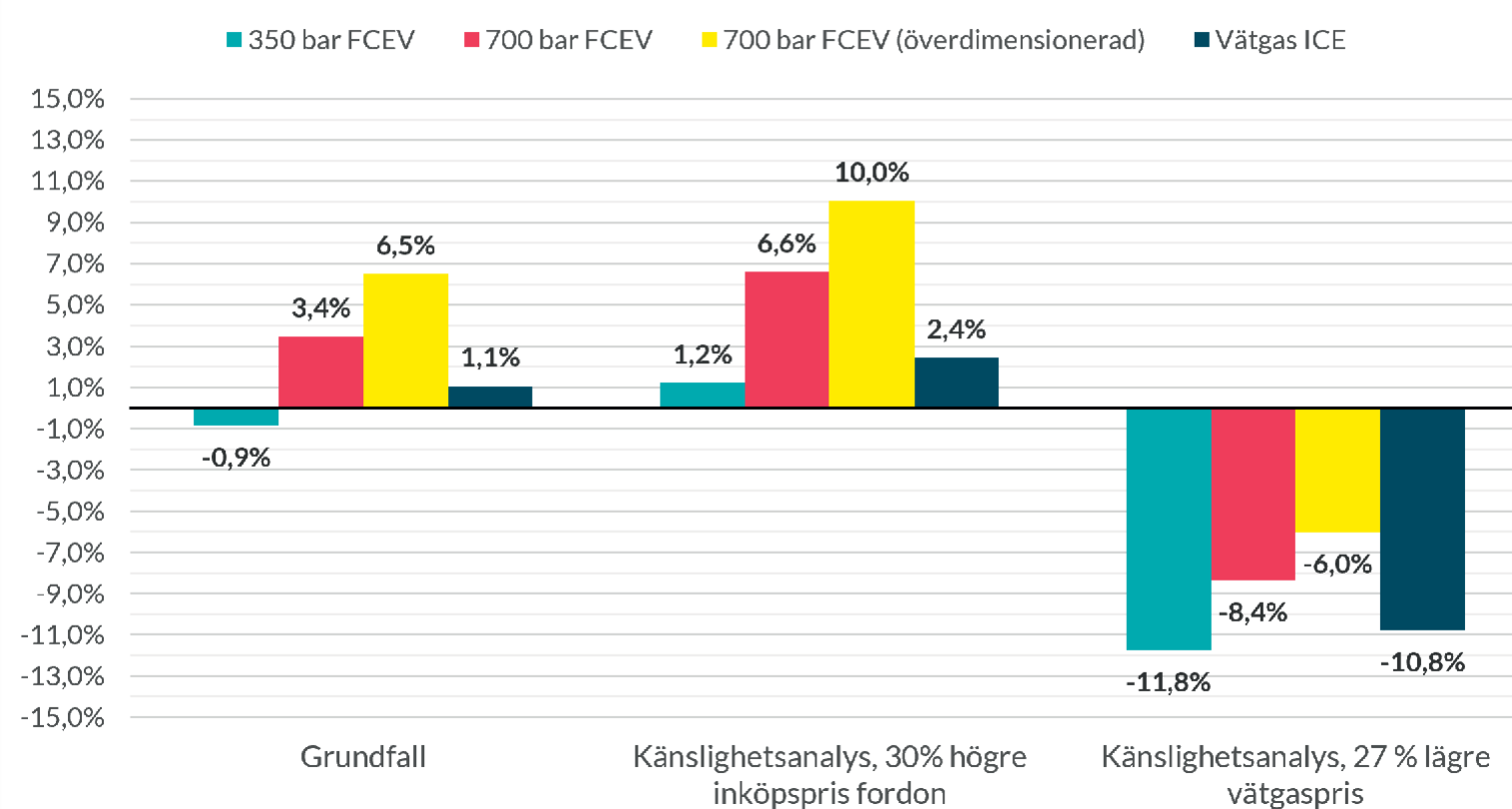
## Liten ekonomisk påverkan

Ur ett ekonomiskt perspektiv blir det generellt något dyrare att utföra transportuppdrag med vätgasdrift jämfört med dagens HVO, se figur till vänster. En bränslecellslastbil med en tank om 350 bar tryck har potential att bli billigare sett till TCO i grundfallet, men kommer bl.a. kräva ett extra tankstopp per dag. Fordonet 700 bar FCEV (röd stapel) är mest likt prestandamässigt och gul stapel är ett överdimensionerat fordon sett till Stay Fresh nuvarande diesellastbilar. En lastbil som kör på vätgas i förbränningsmotor har potential ur ett kostnadsperspektiv, men fordonsspecifikationer finns ännu inte tillgängligt och data är därför uppskattat.

I en känslighetsanalys varierar inköpspriset för vätgasfordon samt priset att tanka vätgas. Ett högre inköpspris gör vätgasdrift blir fördyrande oavsett fordonmodell sett till TCO jämfört med dagens HVO-drift. Däremot skulle ett lägre vätgaspris medföra att vätgasdrift blir billigare och ha en procentuellt större påverkan på TCO jämfört med inköpspriset för vätgasfordon.

Slutsatsen är att jämfört med HVO så är vätgasdrift fördyrande, men ett lägre vätgaspris är den drivande faktorn som gör att vätgasdrift blir ekonomiskt fördelaktig.

Förändrat TCO jämfört med HVO-driven lastbil



Vätgaspriset i grundfallet är 80 kr/kg. Pris för vätgasfordon baseras på tidigare studier. 350 och 700 bar är trycket på vätgastanken för respektive bränslecellsfordon (FCEV).

# Lifetime Test on Anion Exchange Membrane Water Electrolysis

This study describes the outcomes of conducting a 2500-hour lifetime test and Accelerated Stress Testing (AST) on a commercial Membrane Electrode Assembly (MEA) for Anion Exchange Membrane Water Electrolysis (AEMWE).

Sepanta Dokhani<sup>1,2</sup>, Anders Lundblad<sup>1,2</sup>, Amirreza Khataee<sup>2</sup>, Göran Lindbergh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> RISE, <sup>2</sup> KTH Royal Institute of Technology

## Introduction

Anion exchange membrane water electrolysis (AEMWE) is attracting considerable interest due to its use of cost-effective materials and high efficiency, drawing attention from both researchers and industries. However, the widespread adoption of AEMWE faces two primary hurdles: its current early-stage technology and the limited understanding of its durability and stability. As part of the ongoing efforts within the Production, Use, and Storage of Hydrogen (PUSH) research center, collaborating with RISE, there's a project in progress. It aims to evaluate the durability of components and devices in AEMWE through the application of advanced characterization techniques.

## Materials and methods

The MEA used in this study is:

- Membrane: Aemion+
- Cathode electrode: NiFeCo (Commercial hand painted on nickel fiber paper)
- Anode: Ni<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (Commercial hand painted on stainless steel fiber paper)

Cell condition: 55°C, 1M KOH and 1ml /min, DI water added to catholyte tank.

The test protocol which is shown in figure 2, has 13 cycles where each cycle is:

- Cell will be hold at 1 A/cm<sup>2</sup> for 100 h and then electrochemical characterizations will be performed.
- Then a dynamic mode (i.e. AST) consisting in maintain 0.2 A/cm<sup>2</sup> for 18sec and then 1A/cm<sup>2</sup> for 18sec and this two steps repeated 10 000 (= 100h ) times should correspond to 100 h of dynamic ageing.

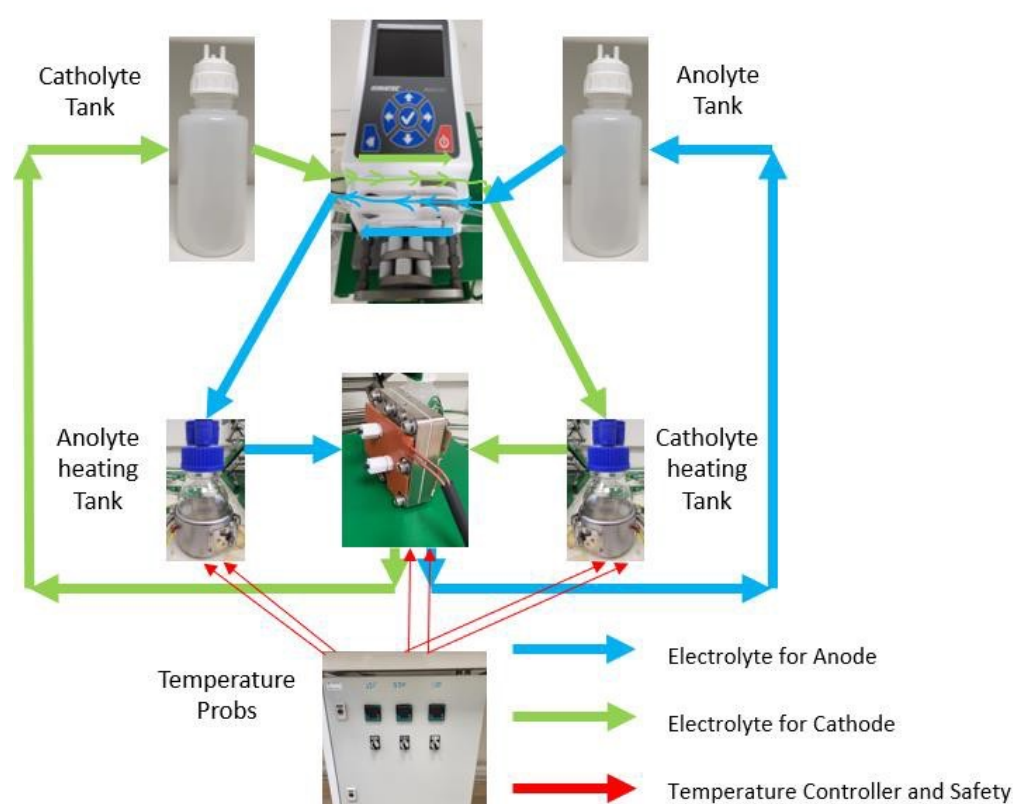


Figure 1: AEMWE lab build up in RISE

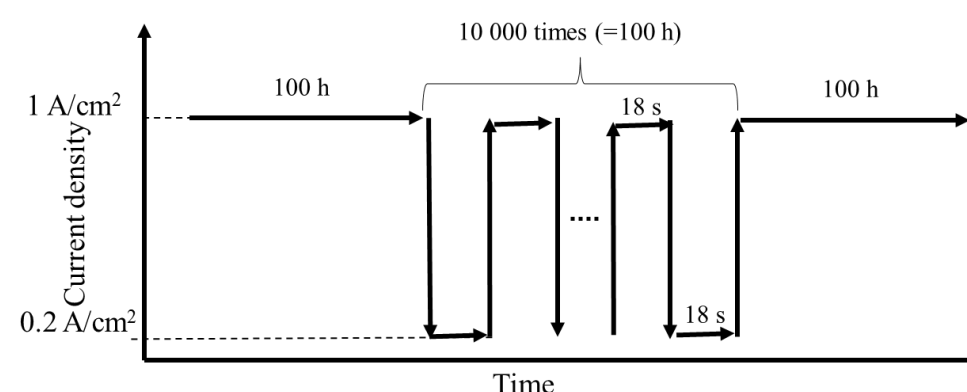


Figure 2: Designed test protocol for each cycle

## Results and discussions

It's important to note that due to experimental issues, the cell was subjected to a test at 0.1 A/cm<sup>2</sup> and room temperature (15-20°C) after 700 hours for 24h. These conditions yielded interesting results in terms of stability, impedance, and polarization tests.

### 1. Galvanostatic stability and AST testing at 1000 and 200 mA/cm<sup>2</sup> (5.76 cm<sup>2</sup> cell area)

As can be seen in Figure 3, the electrolyzer has shown acceptable stability during the 2500h test. As was mentioned, after 700 h, the cell were held at low current and temperature which surprisingly improve the efficiency of the cell. After that the performance was not significantly changed even up to more than 2500 h.

### 2. Impedance

Though impedance analysis, we observed the stability of High Frequency Resistance (HFR). Additionally, we noted variations in HFR due to changes in operational conditions. This phenomenon is presented in Figure 4.

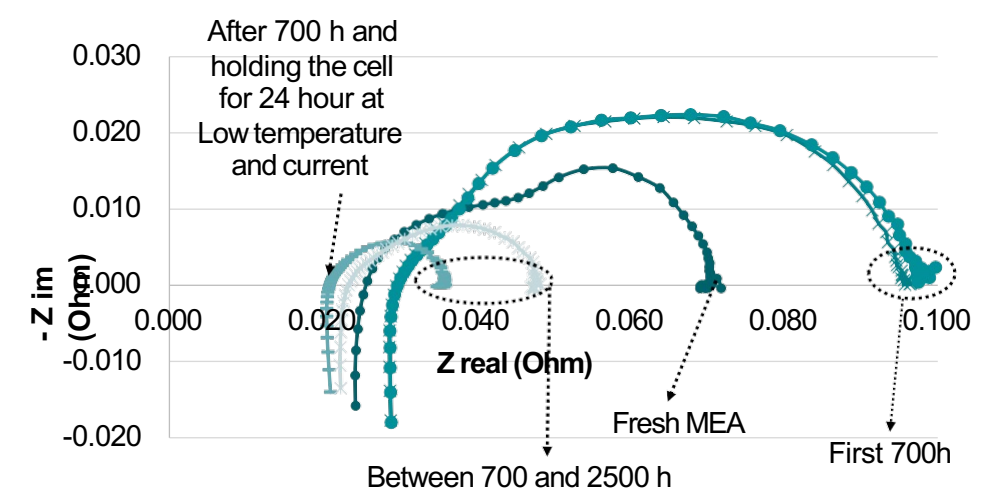


Figure 4: EIS analysis at different cycles

### 3. Polarization curve

Holding the cell to 0.1 A/cm<sup>2</sup> at room temperature (15-20°C) improved the polarization curve. Surprisingly, we observed voltage levels below the standard electrolysis potential, leaving us puzzled without an explanation for this occurrence.

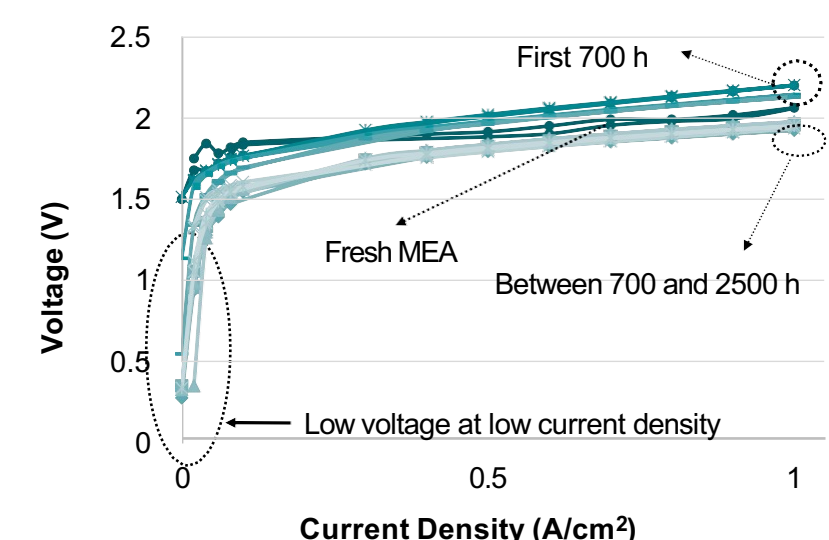


Figure 5: Polarization curve for different cycles

## Conclusions

- The MEA shows good stability for 2500h.
- Putting the cell in low current density and low temperature (at 700h) apparently improves the efficiency of the cell.
- The reason for having voltage drop lower than standard potential for electrolysis in low current should be investigated further.

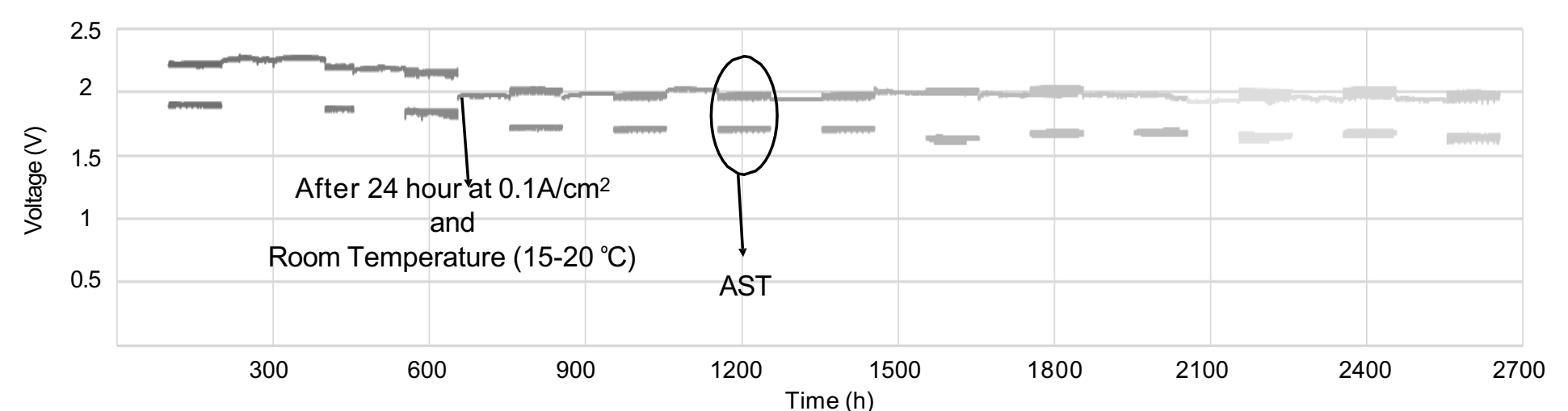


Figure 3: Galvanostatic stability and AST testing at 1000 and 200 mA/cm<sup>2</sup>.

## ACKNOWLEDGEMENTS

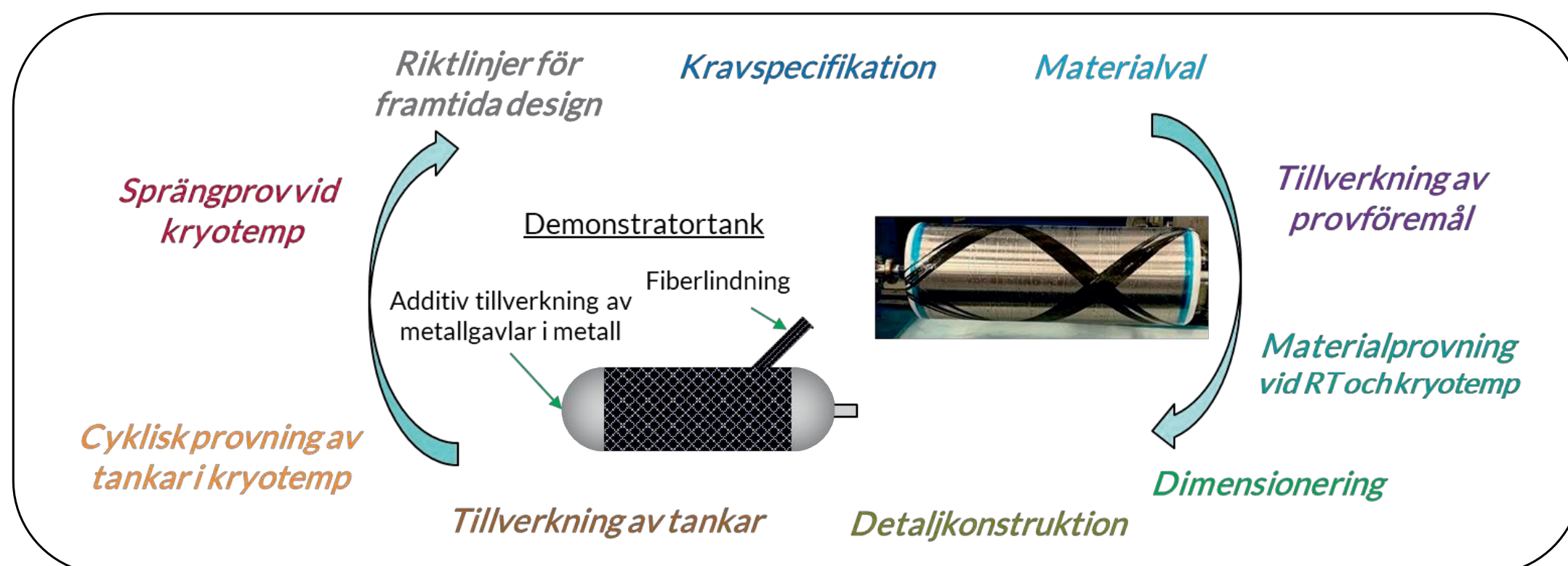
This work is financially supported by the Swedish Foundation for Strategic Research (SSF) and Research Institutes of Sweden (RISE).

# Projekt LH2-Tanks – Komposittankar för flytande väte

Tvåårigt projekt (2021-2023) om tankar i kolfiberarmerad plast för lagring av flytande väte

Parter: RISE, Oxeon, KonveGas, Chalmers, Linköpings Universitet

Budget: 9,6 Mkr Finansiering: Energimyndigheten (Projekt 52439-1) + medfinansiering från Oxeon och KonveGas



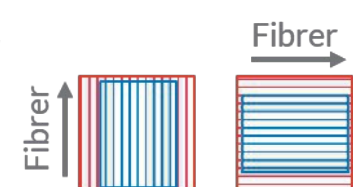
Flytande vätgas måste förvaras vid  $-253^{\circ}\text{C}$  (kryogen temperatur)

Kompositter tillverkas vid  $+50$  till  $+180^{\circ}\text{C}$   $\Rightarrow$  temperaturskillnader på över  $300^{\circ}\text{C}$

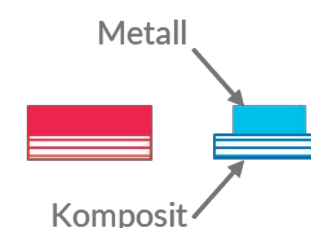
## Utmaning 1

Stora temperaturskillnader

Ger stora inre spänningar i kompositlaminat med fibrer i olika riktningar



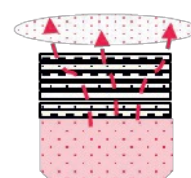
Ger stora spänningar i fogar mot andra material



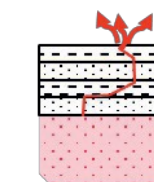
## Utmaning 2

Vätgasmolekyler är mycket små

Molekylerna diffunderar med tiden genom de flesta material



Molekylerna diffunderar snabbt genom öppna sprickor



## Lösning

Mikrosprickor kan undertryckas genom användning av tunna komposittskikt ( $<0.1\text{ mm}$ )

Materialprov vid  $-253^{\circ}\text{C}$



Fiberlindning av tank



Färdig tank



20 cykler till 4 bar



Sprängning vid 30 bar



Webbsida



Video



Projektledare  
Robin Olsson



### CONTACT

# HyCoGen: Systemperspektiv för effektiv produktion av vätgas via sektorkoppling till fjärrvärme

RISE har drivit ett projekt, HyCoGen, som analyserat möjligheten till lönsam vätgasproduktion genom sektorkoppling till fjärrvärme. Syftet har varit att visa hur vätgas i ett energisystem kan bli både lönsamt och göra klimatnytta.

## Slutsatser från slutrapporten:

**1**  
Projektet har redovisat i detalj hur restvärmen, som uppstår i elektrolysen, kan tillgodogöras som fjärrvärme och därigenom **öka processens verkningsgrad från cirka 66 till 95 %**. EU:s mål om produktion av 10 miljoner ton vätgas per år till 2030 innebär att det bildas 230 TWh restvärme, motsvarande fyra gånger Sveriges totala fjärrvärmeenergi.

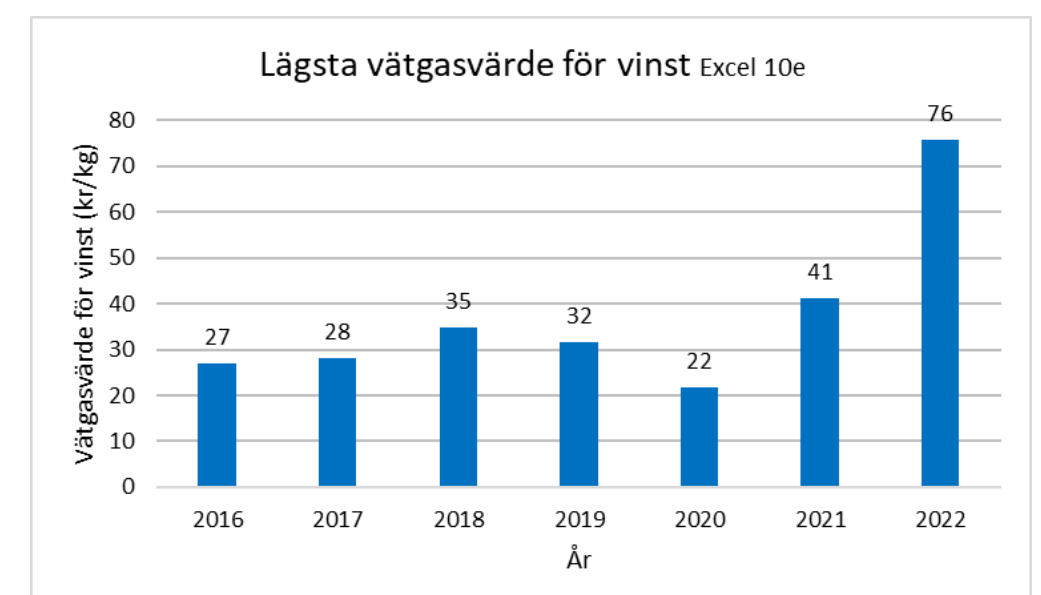
**2**  
För varje kilo vätgas som produceras bildas åtta kilo **syrgas**, som **kan användas** i för att förbättra förbränningen i en avfallspanna. Alternativt kan syrgasen transporteras till ett närliggande vattenreningsverk, vilket minskar elanvändningen för de pumpar som idag cirkulerar luft i de biologiska reningsstegen.

**3**  
Vätgasproduktion har goda förutsättningar att delta med **systemtjänster**, särskilt med FCR-D. Analyserna visar att **intäkter** från dessa tjänster kan vara större än både restvärmen och syrgasen, förutsatt att restvärmen inte ersätter bränslen som har en högre kostnadsprofil, som exempelvis bio-olja eller pellets.

**4**  
Sektorkopplingen mot fjärrvärme skapar ett **resurseffektivt** energisystem där alla restflöden kan komma till nytta. Vätgaslager kan också bidra till ett mer robust och **resilient energisystem**, med möjligheter att förse kritiska verksamheter med reservkraft eller för att starta lokala elnät i ö-drift.

**5**  
**För bästa lönsamhet**, utifrån befintliga data om elpriser och vätgasens värde, **bör vätgasen säljas vidare** som bränsle till tunga transport eller som råvara till industrier istället för att lagras för senare omvandling tillbaka till el.

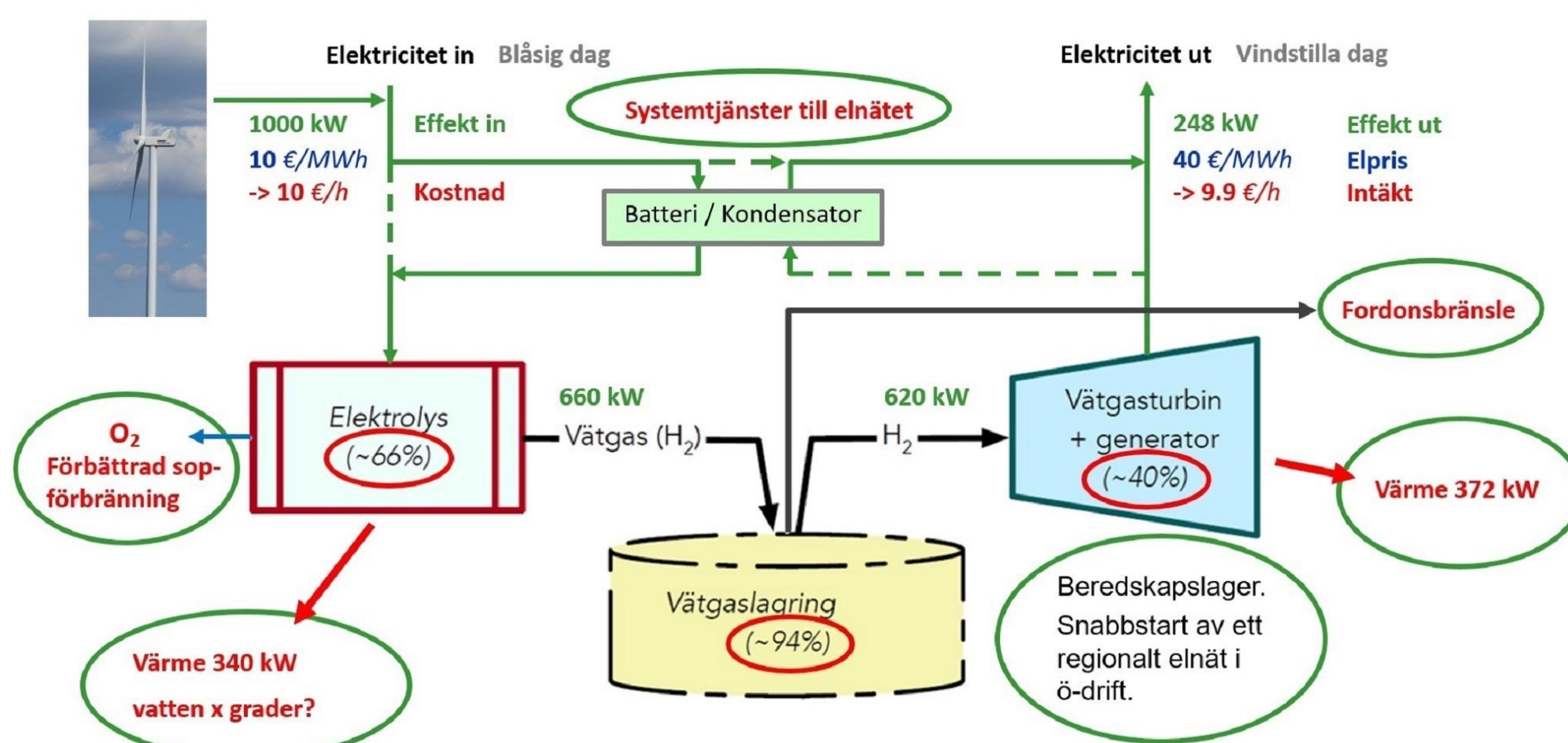
**6**  
Baserat på indata och förutsättningar från omvärldsanalyserna visar att kostnaden för att producera vätgas (kr/kg) minimeras när **elektrolysen är i drift cirka 80 % av årets timmar** eftersom avskrivningskostnaderna annars blir högre i relation till producerad mängd vätgas. Förutsatt avsättning för vätgasen bör produktionen dras ner enbart vid de allra högsta elpriserna.



Produktionskostnad av vätgas vid sektorkoppling. Beräkning endast för år 1 utan hänsyn till kalkylränta.

År	Spotpris årsmedel SE3 (kr/MWh)
2016	278
2017	301
2018	458
2019	405
2020	221
2021	672
2022	1 379

Spotpris på el, årsmedelvärde i SE3



Principskiss för vätgasproduktion med sektorkoppling till fjärrvärmeanläggning

- **Sammanfattning**
- **Projektnamn**
- HyCoGen
- **Status**
- Avslutat
- **RISE roll i projektet**
- Projektledare & projektpartner
- **Projektstart**
- 2020-12-01
- **Varaktighet**
- 2,5 år
- **Total budget**
- 7.4 MSEK
- **Partner**
- [Karlstads Energi](#), [Stockholm Exergi](#), [Tekniska verken](#), [Mälarenergi](#), [Göteborg Energi](#), [Siemens Energy](#), [Mälardalens Universitet](#)
- **Finansiärer**
- [Energimyndigheten](#), [Göteborg Energis stiftelse för Forskning och Utveckling](#)

# Corrosion studies on coated aluminium for bipolar plates

Yao Yao<sup>1\*</sup>, Smita G. Rao<sup>2</sup>, Live Mölmen<sup>3</sup>, Richard Westergård<sup>4</sup>, Karin Beaussant Törne<sup>2</sup>, Tomas Kubart<sup>1</sup>, Peter Leisner<sup>5</sup>, Anders Lundblad<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Solid State Electronics, Department of Electrical Engineering, Uppsala University, Sweden; <sup>2</sup> RISE Research Institutes of Sweden, Kista, Sweden; <sup>3</sup> RISE Research Institutes of Sweden, Borås, Sweden; <sup>4</sup> Gränges AB, Sweden; <sup>5</sup> Jönköping University, Sweden.

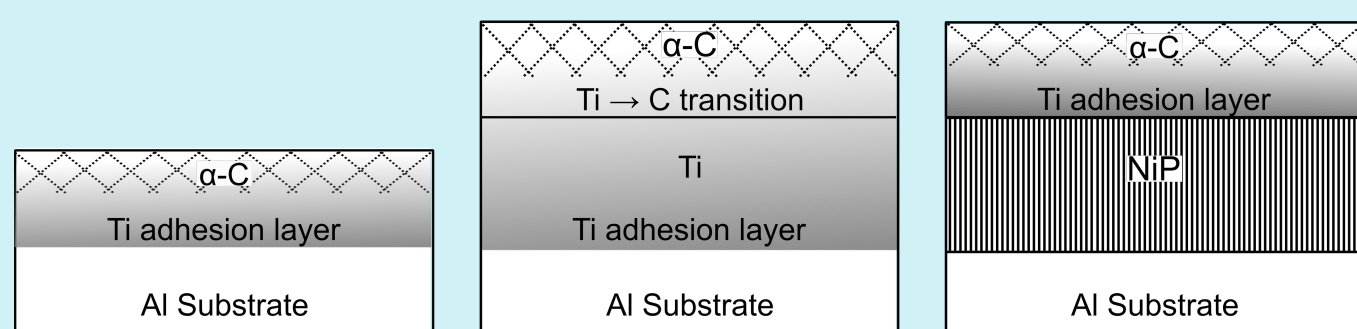
\* Author to whom correspondence should be addressed: [yao.yao@angstrom.uu.se](mailto:yao.yao@angstrom.uu.se)

## Motivation

- **Motivation:** Replacing stainless steel with aluminum offers the possibility to produce lightweight bipolar plates for hydrogen fuel cells.
- **Challenge:** Al cannot withstand the corrosive environment of the fuel cell.
- **Solution:** Surface engineering of Al plates through deposition of functional coatings.
- **This study:** Compare the corrosion resistance and interfacial contact resistance of different coatings on Al.

## Design of study / samples

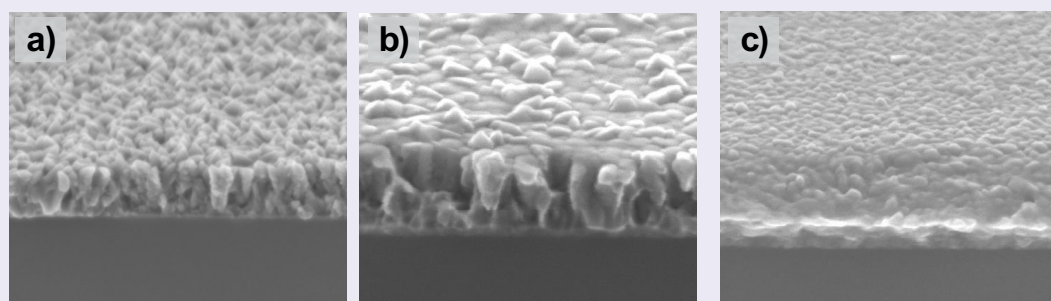
Three types of coating designs investigated to achieve good adhesion, corrosion resistance, and electrical conductivity.



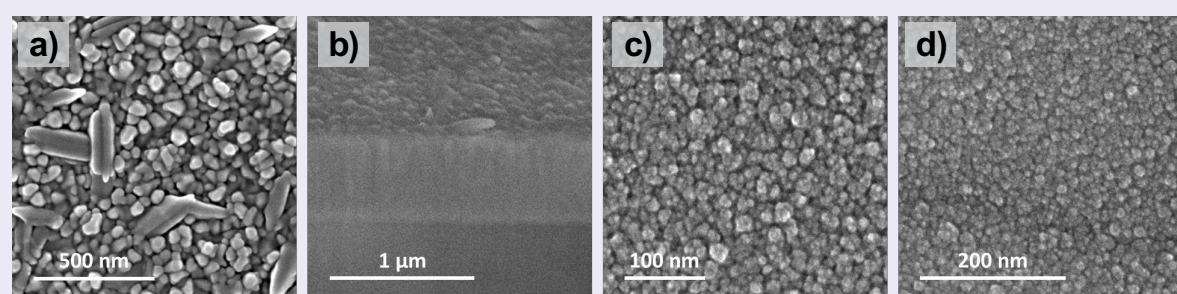
## 1. Film Deposition techniques:

Sample name	Deposition technique	Thickness
Ti	HiPIMS	800 nm
NiP	Electroless plating	10 μm
α-C	HiPIMS	100 nm
Ti + α-C	HiPIMS	800 nm + 100 nm
NiP + α-C	Electroless plating+HiPIMS	10 μm + 100 nm

- **Electroless plating:** plating solution contains a reducing agent that react on catalytic active surfaces, thereby forming a coating.
  - **Advantages** – thick coatings
- **High power impulse magnetron sputtering (HiPIMS):** target sputtered in short power pulses to increase material ionization.
  - **Advantages** – dense films with good adhesion



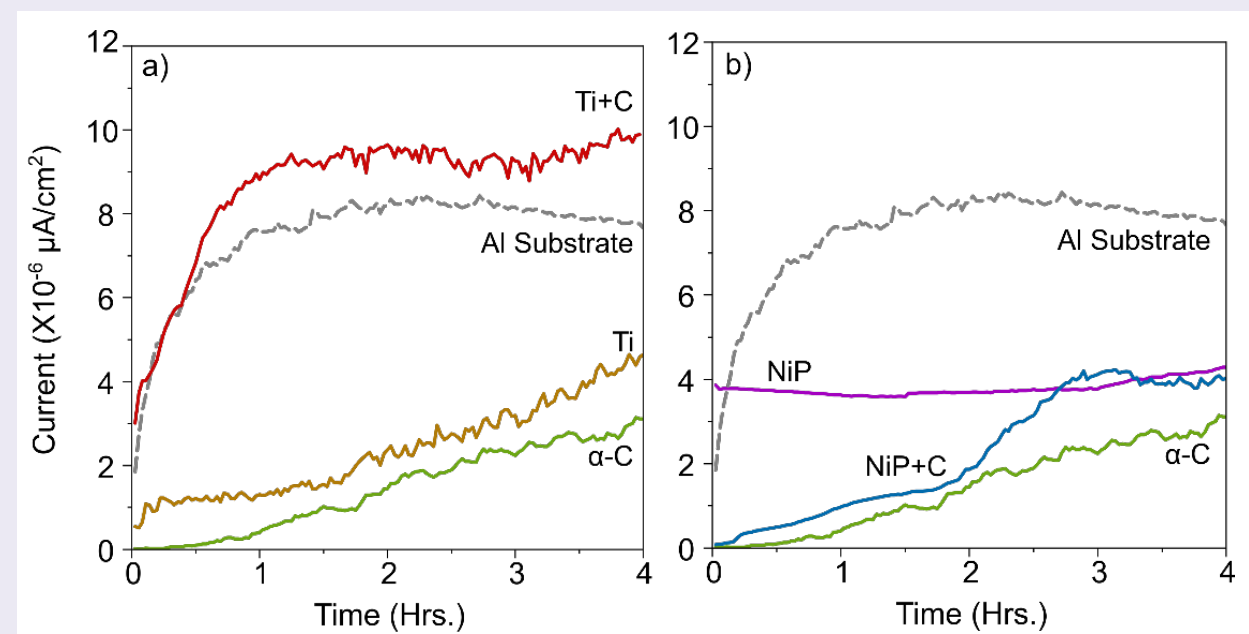
Microstructures of Ti thin films on Si deposited by sputtering: a) columnar film, b) HiPIMS without substrate bias, and c) HiPIMS with substrate bias of -100V (Conditions used in this study).



SEM images of coated Al samples: a) plan view and b) cross-sectional view of Ti coating, c) plan view of α-C coating, and d) plan view of NiP + α-C coating.

## 2. Electrochemical measurements

- Corrosion properties studied according to DOE standards.
- Electrochemical testing - 0.05 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 0.1 ppm HF, adjusted pH to 3±0.1 at 80°C.

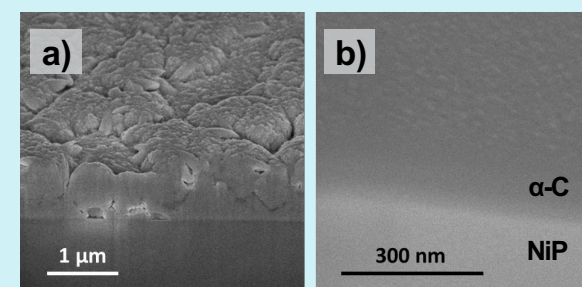


Sample	E <sub>corr</sub> (V)	J <sub>corr</sub> (×10 <sup>-6</sup> A/cm <sup>2</sup> )
Al substrate	-907.52	17.8
Ti	-358.12	0.25
NiP	-121.20	6.69
α-C	-274.83	3.65
Ti + α-C	-201.05	3.19
NiP + α-C	-121.19	1.01

- **Al substrate** - current increases rapidly due to dissolution of the natural oxides.
- **NiP** - stable current (~400 μA), significantly lower than Al but above DOE target of 1 μA.
- **NiP + α-C** - initially low current increase, suggests breakdown of the α-C coating.
- **Ti** - initially low current indicating initial protective nature.
- **Ti + α-C** - rapid current increase similar to Al. α-C top layer increases the failure rate. Possible galvanic mechanism.

## 3. Discussion

- Surprisingly, small differences between the different surfaces despite the very different materials and thicknesses.
- Indications of pitting corrosion, pointing towards defects acting as the initiation spots.
- From preliminary focused ion beam examination, defects present in the Ti coating that can act as initial point for corrosion. The NiP seems to be free from such defects, however, does not have the necessary corrosion resistance. A thin carbon layer is performing best.



SEM images of coated Al samples: cross-sectional view of a) Ti coating and b) NiP + α-C coating.

## Ongoing work:

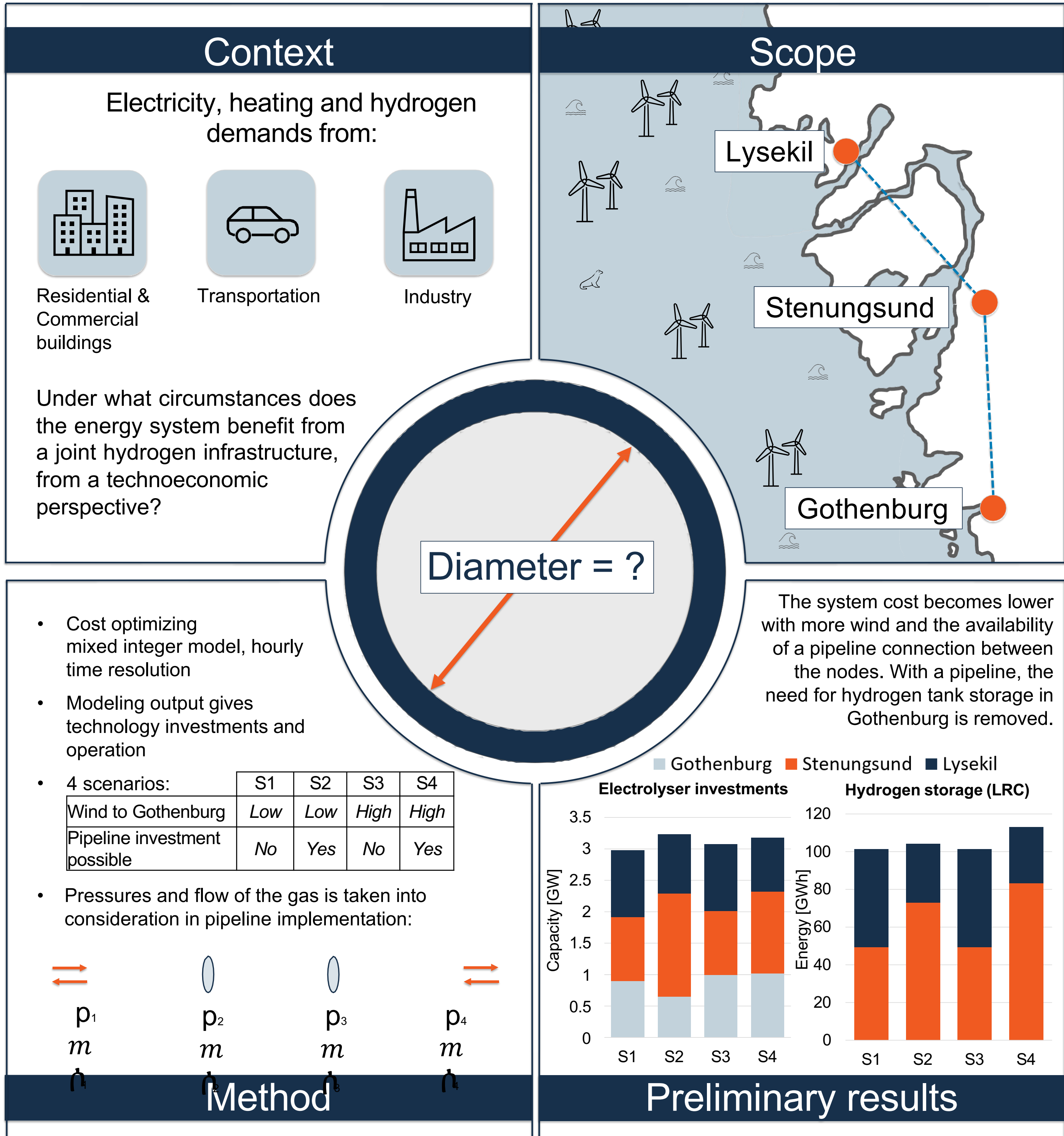
- Study interfacial contact resistance measurements to gas diffusion layer.
- Further corrosion tests through exposure in climate chamber cycling.
- Fuel cell tests to evaluate how realistic the DOE targets are.
- Understand initiation of the pitting corrosion and the effect of the substrate and coating microstructure

Acknowledgements: This project is financed by the Swedish Energy Agency (project no: P2021-00373).

Other participating companies: LPTech AB, Powercell and AP&T.

# Hydrogen Infrastructure in an Urban Context

S. Rosén<sup>a</sup>, L. Göransson<sup>a</sup>, M. Taljegård<sup>a</sup>, M. Lehtveer<sup>b</sup>





# Nordich<sub>2</sub>ubs Nordic Hydrogen Hubs – Roadmaps towards 2030 and 2040

- Utvärdera hur framgångsrika **vätgasvärdekedjor** kan/bör se ut med fokus på utmaningar/möjligheter
- Utvärdera hur **synergier** kan nås mellan länder, sektorer och aktörer
- Genomföra **fallstudier** som belyser ovan frågeställningar och använda resultat som input till modellering
- Presentera **scenarion** för vätgasens roll i det framtida nordiska energisystemet 2030/2040



**2023-2026**  
**Budget: 20 MNOK**

## Fallstudie 1 – Tvärsektoriella vätgasvärdekedjor i Sverige Litteratur- & intervjustudie



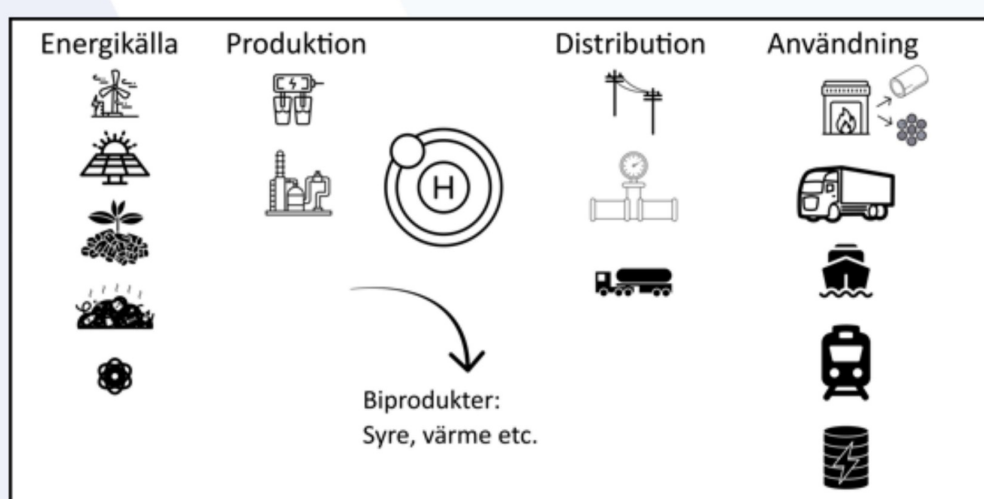
**Mål**

<https://www.regiongavleborg.se/samverkanswebben/regional-utveckling/energi-och-klimat/mid-sweden-hydrogen-valley/>

- Få en övergripande bild av hur en framgångsrik vätgasvärdekedja ser ut
- Bidra med frågeställningar och underlag till modellering av det nordiska energisystemet 2030/2040

### Forskningsfrågor:

- Hur ser en lämplig vätgasvärdekedja ut?
- Vad är potentialen (vätgasbehov etc.) vid etablering av dessa?
- Vilka tekniska lösningar finns?
- Vilka aktörer bör involveras och hur?
- Vilka möjligheter/utmaningar finns? Hur kan dessa tas tillvara på/lösas på bästa sätt?
- Hur kan synergier nås mellan olika aktörer?
- Vilka socio-ekonomiska faktorer är viktigast?



## Fallstudie 2 – Infrastruktur för tunga lastbilar



Utvärdera nuvarande, planerad och framtida vätgasinfrastruktur för tunga transporter längs vägsträckan Oslo-Hamburg.

### Forskningsfrågor:

- Beroende på olika grad av marknadspenetration av vätgasdrivna lastbilar – Hur bör infrastrukturen se ut 2030/2040? Definiera olika lösningar.
- Vilka möjliga synergier/kopplingar finns till andra sektorer?
- Vilka utmaningar/möjligheter finns för framgångsrik etablering av infrastrukturen?



[https://stringnetwork.org/wp-content/uploads/2021/04/STRING-Hydrogen-Corridor\\_project-idea.pdf](https://stringnetwork.org/wp-content/uploads/2021/04/STRING-Hydrogen-Corridor_project-idea.pdf)

- Vill du bidra med inspel kring vilka utmaningar/möjligheter du ser i den framtida vätgasvärdekedjan?
- Är du intresserad av att ta del av forskningsresultaten framöver?



Prata med oss här på konferensen eller hör av dig via mail!

## Kontaktuppgifter Hydrogen H<sub>2</sub>ubs



Viktor Stenberg  
[viktor.Stenberg@chalmersindustrieteknik.se](mailto:viktor.Stenberg@chalmersindustrieteknik.se)



Pontus Bokinge  
[pontus.bokinge@chalmersindustrieteknik.se](mailto:pontus.bokinge@chalmersindustrieteknik.se)



Maria Grahn  
[maria.grahn@chalmers.se](mailto:maria.grahn@chalmers.se)



Hans Hellsmark  
[hans.hellsmark@chalmers.se](mailto:hans.hellsmark@chalmers.se)



Projektets hemsida:  
<https://nordich2ubs.com/>





# Mot klimatneutralitet 2030 med Vätgas i tanken

## Bakgrund och mål

**Vätgas i tanken** är en fortsättning på "Stångbyprojektet" där olika anläggningsstorlekar i just Stångby norr om Lund simulerades. Där fokuserades på energilagring för spotpris- och stödtjänstmarknader samt värmeavsättning till det lågtempererade fjärrvärmånätet, men ingen djupare analys av vätgas- och syreavsättning gjordes. I detta projekt fördjupas arbetet med lokalisering och affärsmodell men med ett ökat fokus på vätgas- och syreavsättning samt övriga sektorskopplingar och potentiella aktörskonstellationer.

Transportsektorn står för en knapp tredjedel av Sveriges totala utsläpp. För att åstadkomma en klimatneutral fordonsflotta 2030 behövs olika typer av drivmedel såsom el, biogas och vätgas. Det här projektet vill undanröja hinder för att gå över till vätgasdrift inom vissa sektorer där tillförlitlighet och tillgänglighet är A och O. En trygg bränsleförsörjning i en rimlig prisnivå är grunden för att kommunala fordon, räddningstjänst och renhållningsbolag ska ta steget över till helt utsläppsfria vätgasfordon.

Projektledare är Kraftringen Energi AB, ett energibolag samägt av Lund, Lomma, Eslov och Hörby kommuner, medverkande är Novowind, vindkraftsägare; Modity, balansansvarig gas och el; VA SYD, avloppsrening; samt Lunds Tekniska Högskola. Referensgrupp utgörs av Lunds kommun, Karlstad VA, Hynion AB, Nilsson Energy. I fokusgrupp för drivmedel medverkar övriga ägarkommuner, räddningstjänst, renhållningstjänst samt privata fraktbolag.

Projektet är delfinansierat av Vinnova och ska slutrapporteras september 2024, och om resultatet faller väl ut räknar vi med att en implementering av produktion kan ske runt 2027, vilket stämmer väl överens med fordonsindustrins analyser av utrullning av vätgasfordon.

Fiktivt pressmeddelande

**NU KÖR VI!**  
...men inte så det ryker...

**Fyra skånska kommuner har tagit klimatneutralitet 2030 på allvar och satsar nu tillsammans med räddningstjänst och renhållningstjänst XX miljoner på vätgasfordon för att ställa om.**

**Genom gott samarbete och skapande av synergieffekter i hela värdekedjan kan de regionala spelarna nu tillsammans trygga lokal försörjning av vätgas som drivmedel till en driftskostnad som klart understiger dagens.**

**Vinsten är inte bara ett tryggt och prisvärt drivmedel utan även det kapade beroendet av importerad olja och gas.**



## Vätgas som drivmedel

**Syftet med arbetspaketet är identifiera och undanröja eventuella hinder för omställningen av delar av fordonsflottan till vätgasdrift, samt att peka på samarbetsmöjligheterna för att investera i vätgasfordon.**

Förutom en trygg bränsleförsörjning i en rimlig prisnivå är värdekedjan kring fordon och fordonsmarknad en nyckel för att ta steget över till vätgasdrift.

**Arbetspaketet fokuserar på följande delar:**

- Identifiera vilken typ av fordon som är mest intressant: storlek, funktion, körmönster.
- Omvärldsbevakning: tidplan för lansering av nya typer av fordon, kostnadsbild, prestanda, garantier och eftermarknad.
- Kartläggning av möjliga stöd för att köpa in, testa och utvärdera vätgasfordon.
- Kartläggning av tankstationsutvecklingen i Skåne, tidplan för implementering och tillgänglighet.
- Etablera samarbete för upphandling av vätgasfordon.

**Ett examensarbete** vid LTH realiserar inom projektet – här görs bl.a. en jämförelse av vätgasfordon med andra fossilfria alternativ

I initiala möten med **fokusgrupp och fordonsleverantörer** såsom Volvo och Scania diskuteras bl.a. hinder och möjligheter för vätgasdrift samt bäst lämpade fordon att starta med. Ekonomiskt, klimatmässigt och nyttighetsmässigt

För att **omställningen mot ett klimat neutralt transportsystem** ska ske behöver fordonsbrukarnas kännedom om och attityd mot vätgas under motorhuven förbättras. Beteendeförändring krävs även för acceptans av produktionsanläggning, tankstation och annan infrastruktur i medborgarens närhet ute i samhället.



## Affärsmodell och styrning

**Syftet med arbetspaketet är att utforma en affärsmodell där produktion och distribution av vätgas kostnads-optimeras utifrån modellering av olika scenarier.**

Intäkts- och kostnadsströmmar modelleras med hjälp av Moditys optimeringsverktyg, optimering sker utifrån

- CAPEX, OPEX
- El-, effekt-, frekvens-, och balansmarknader,
- Reservkraft, ö-drift, dödnätstart
- Spotprisprognoser
- Avsättning vätgas, värme, syrgas samt ev.
- Förädling till e-bränsle / metanisering

**Styrning och mjukvara**  
Fördjupade beräkningssimuleringar på olika anläggningsstorlekar samt vidare undersökning av mjukvarans uppbyggnad för ekonomisk styrning samt undersökning av mjukvarulösningar på marknaden.

**Sektorskopplingar**  
Avsättning för och tillgång till värme, vatten, syrgas, el är starkt kopplat till lokaliseringstudier och kommer att simuleras vad gäller kostnader och intäkter

**Möjliga intäktsströmmar reningsverk**

- Potentialbedömning: behovet av syre för den biologiska behandlingen och ozonbehandling på VA SYD:s avloppsreningsverk uppskattas och sätts i relation till förväntad syrgasproduktion.

- Teknisk mognad: i dagsläget finns mycket begränsad erfarenhet av syresättning med syrgas vid kommunala reningsverk i Sverige. Dock finns kommunala anläggningar utomlands och anläggningar i Sverige för behandling av processvatten från industrier som använder syrgas. Den tekniska mognadsgraden bedöms genom analys av befintliga anläggningar, vetenskaplig litteratur och offentliga rapporter samt samarbete med andra VA-verk. Planering och budgetering av eventuella experimentella pilotförsök genomförs.

- Systemberäkningar: elenergianvändningen för luftning vid några av VA SYD:s reningsverk uppskattas och jämförs med den energianvändning som skulle krävas för att kunna utnyttja den producerade syrgasen

- Metanisering: även möjlighet till metanisering på reningsverk analyseras övergripande som en möjlig intäktsström

## Lokalisering och teknisk utformning

**Syftet med arbetspaketet är att utvärdera lokalisering för lokal vätgasproduktion, definiera den tekniska utformningen samt att upprätta en investeringskalkyl och en potentiell finansieringsplan. Här ingår även att initiera ett konsortium för produktion och distribution av vätgas.**

**Lokalisering**  
Brainstorming kring potentiella lokaliseringar, utvärdera potential för respektive plats med avseende på :

- Tillgång till vatten ,avlopp, el
- Möjlighet till intäktsströmmar
- Transportvägar, tillgänglighet
- Mark, detaljplan, omgivning
- Säkerhet

Identifiera styrkor, svagheter, möjligheter och hot för potentiell lokalisering, varpå val av två intressanta lokaliseringar för fördjupad analys av möjliga intäktsströmmar och teknisk utformning av anläggningen görs.

**Teknisk utformning**

Baserat på vald lokalisering samt utfall av affärsmodellens arbetet föreslås en lämplig anläggningsstorlek.

**Investeringskalkyl och finansieringsplan**

Investeringskalkyl upprättas efter vald lokalisering, och beslut om teknisk utformning av anläggningen. Parallellt pågår arbetet med att upprätta en potentiell finansieringsplan.

**Konsortium**

En implementering kräver utökade samarbeten och flera investerare. Här utreds hur ett ägarkonsortium skulle kunna se ut och vilka intressenter som finns.

