



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

**Kennissessies waterstof Deel 1:
Water elektrolyse
6 april 2021**



Welkom

Sarah Vaessen,
RVO adviseur waterstof
Afdeling Energie en Innovatie

Alfred Mosselaar,
RVO adviseur waterstof
Afdeling Energie en Innovatie



TKI NIEUW GAS
Topsector Energie

*>> Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal ondernemen*



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Alkaliflex

Thijs de Groot, Ahad Zarghami, Rodrigo Lira
Barros, Bert Vreman, Niels Deen

TU/e

NOBIAN
A Nouryon company

Alkaliflex: vergroting
van de flexibiliteit en
productiecapaciteit van
alkalische
waterelektrolyse

Thijs de Groot
(Nouryon / TuE)

>> *Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal ondernemen*



TKI NIEUW GAS
Topsector Energie

Alkaliflex

Thijs de Groot, Ahad Zarghami, Rodrigo Lira Barros, Bert Vreman,
Niels Deen

TU/e

 **NOBIAN**

A Nouryon company

Alkaliflex project



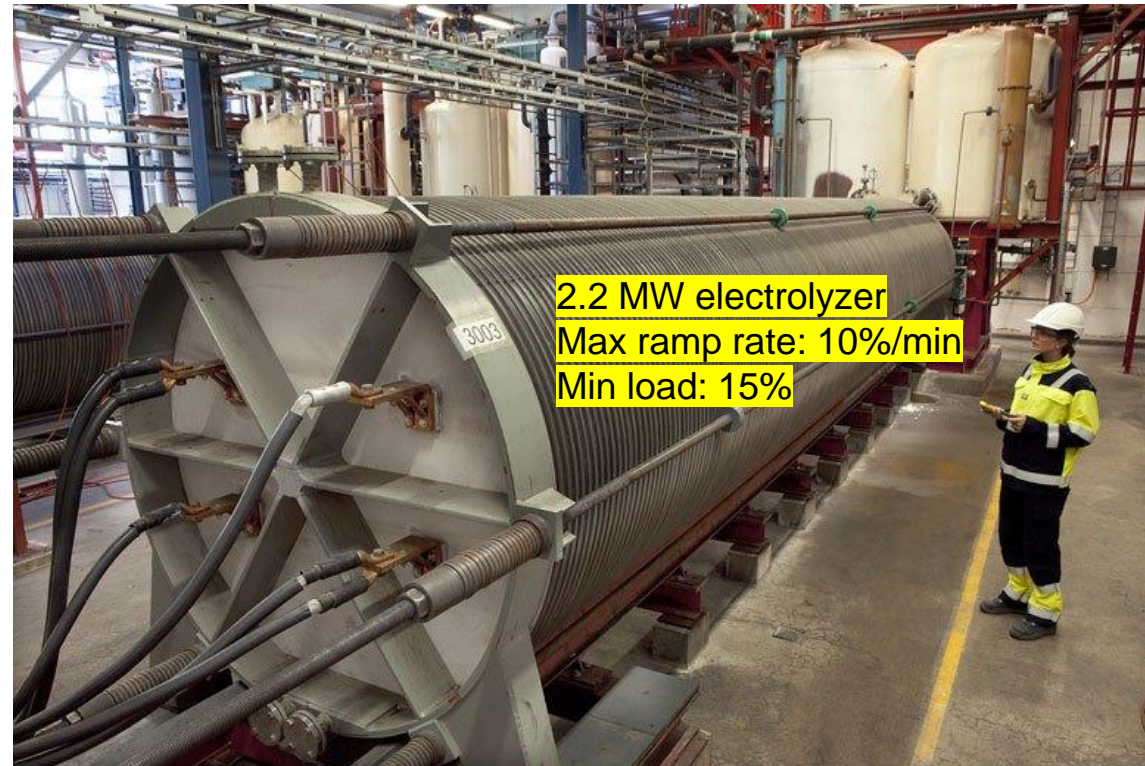
- Project goal: enhance the flexibility of alkaline electrolysis
- Duration: April 2010 – Dec 2019
- Partners: Nouryon/Nobian and TU/e
- Research question: What technical constraints limit flexibility in alkaline electrolysis?

TU/e



Types of flexibility

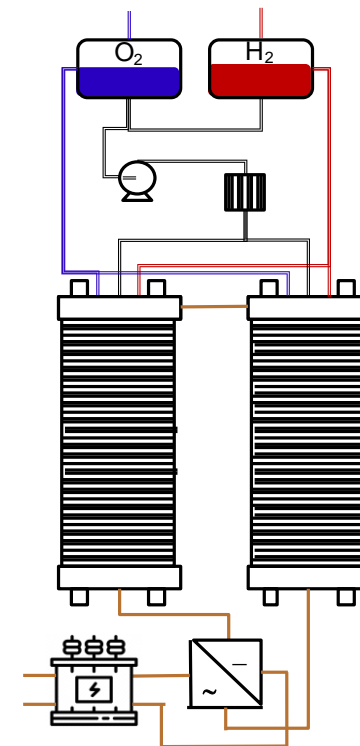
- **Ramp rate:** rate at which the load of an electrolyzer can be changed
- **Minimal load:** lowest load at which an electrolyzer can be operated



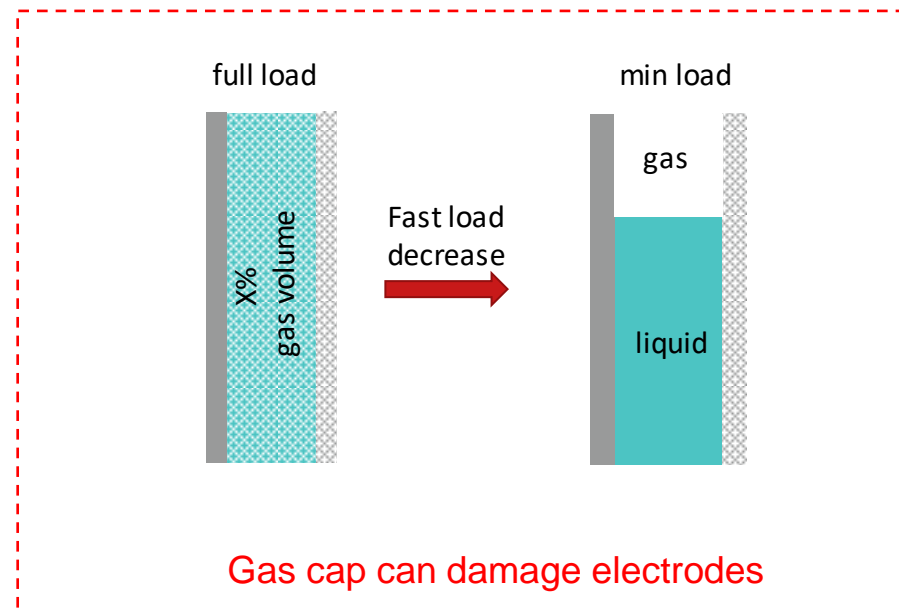
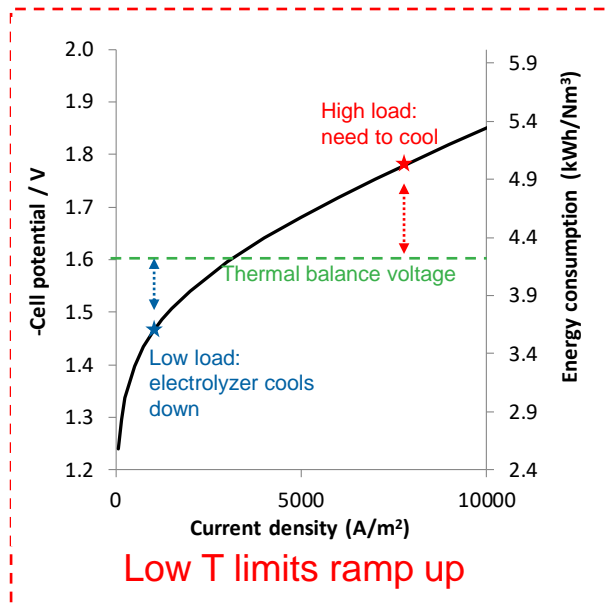
Flexibility limitations in water electrolysis

	Ramp rate	Min load
Transformer-rectifier system	130	STOP
Gas purity	130	STOP
Downstream processing of H ₂	130	STOP
Heat management	STOP	130
Gas hold-up variations	STOP	130

TU/e

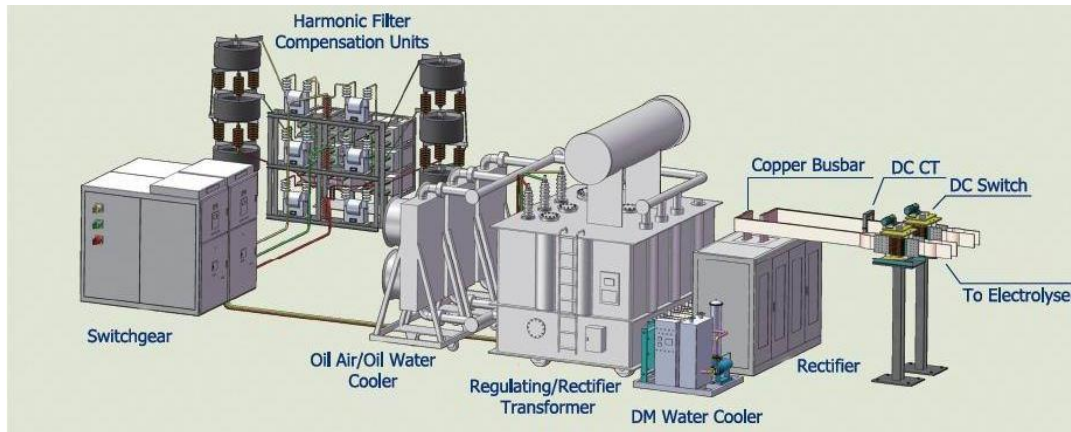


Ramp rate limitations: Heat management and gas hold-up



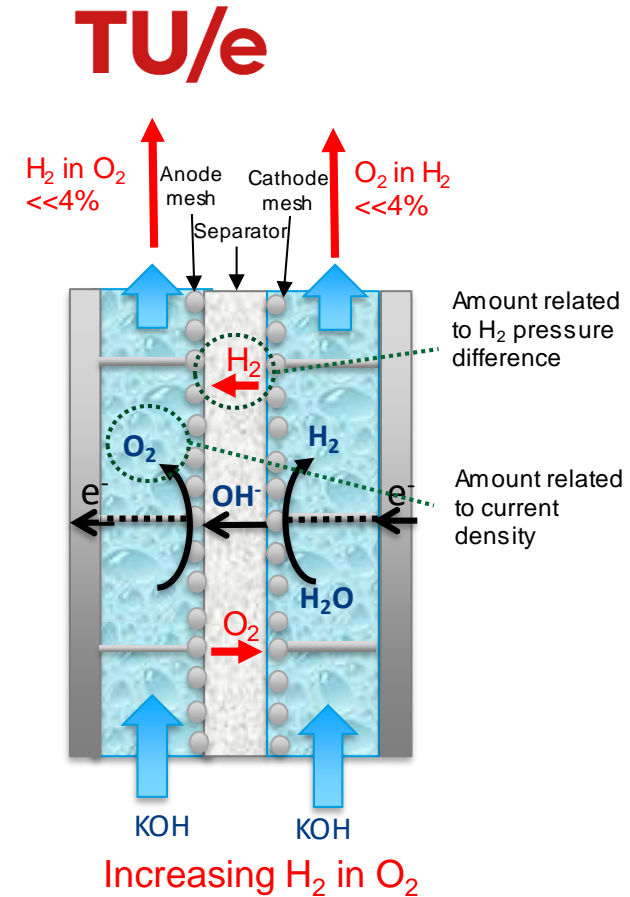
Conclusion: warm pressurized alkaline electrolyzers can be quickly ramped up (~100%/min), more care needs to be taken with atmospheric and cold electrolyzers

Minimal load limitations: Rectifiers and gas purity



Increasing harmonics at low load

Conclusion: gas purity limits minimal load of alkaline electrolyzers to 15-20%, the exact number depending on operating pressure, temperature and type of diaphragm.



What to do below the minimum load?

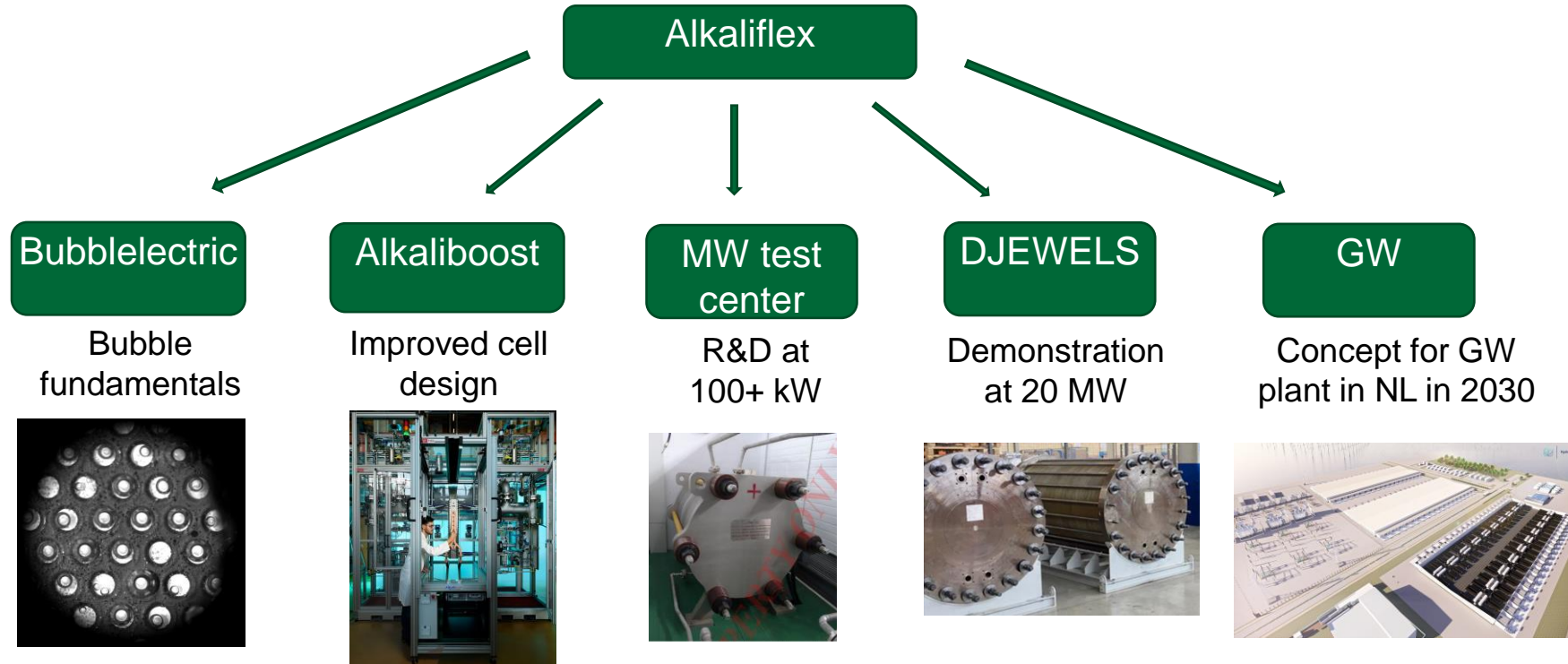
TU/e

1. **Hot standby:** stop individual electrolyzers, but keep H₂ and O₂ pressure. Hot standby is limited to a certain time.
2. **Cold standby:** flush with nitrogen

Stopping electrolyzers can potentially lead to damage of electrode coatings due to reverse currents, so it should not be done too often!

Alkaliflex was just the start...

TU/e



Thank you!

thijs.degroot@nouryon.com



TU/e

 **NOBIAN**

A Nouryon company



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

**Kennissessies waterstof Deel 1:
Water elektrolyse**
6 april 2021



Power to clean gas

Robert Makkus
Projectmanager bij Hygear



POWER TO CLEAN GAS

—
ROBERT MAKKUS

6-4-2021

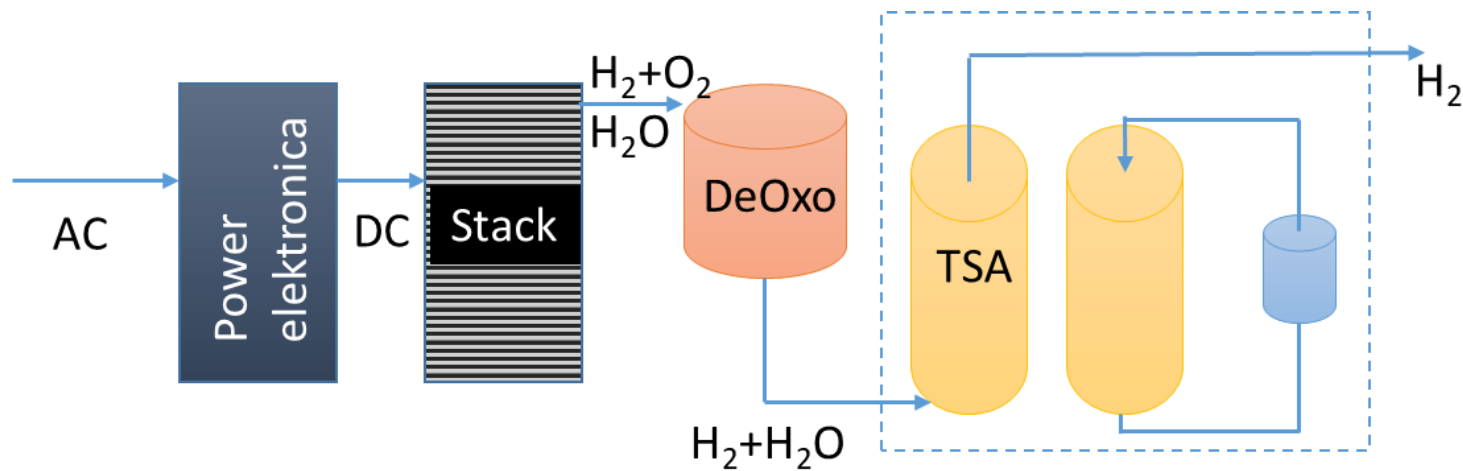
KENNISSIESSIE RVO/TKI

PROJECTGEGEVENS

Titel	Power to Clean Gas
Projectcode	DEI419001
Looptijd	22 februari 2019 – 30 september 2020
Budget	€304.914,-
Penvoerder Projectleider	HyGear Robert Makkus

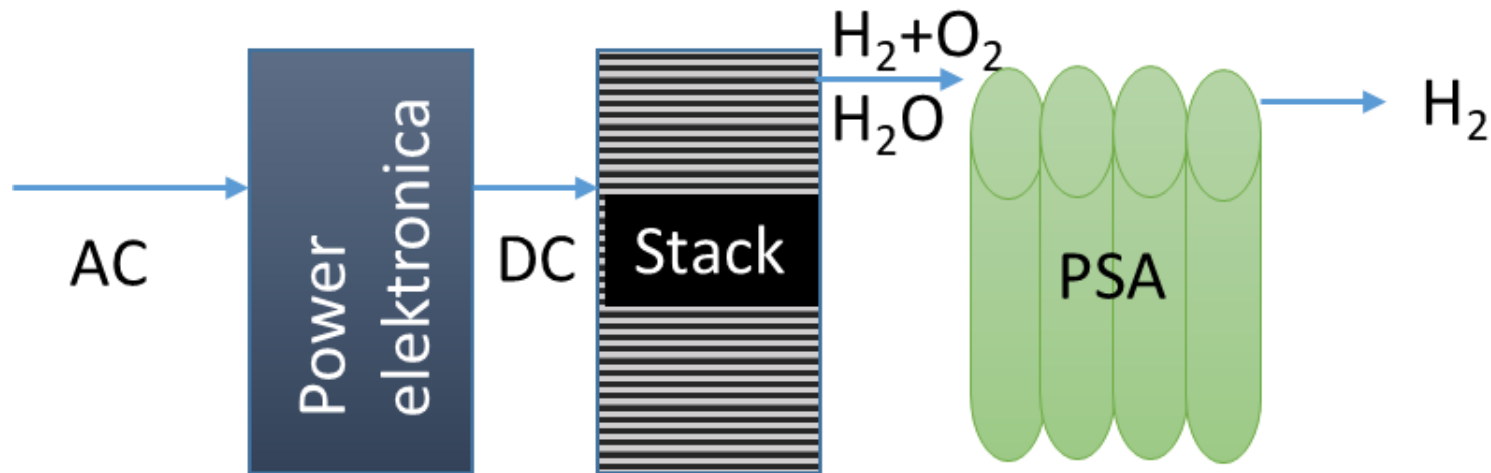
ACHTERGROND

- Hoge aanschafprijs (CAPEX) van elektrolyse-systemen door:
 - Nazuiveringstap (katalytische O_2 -verwijdering, De-Oxo)
 - Drogingstap (Temperature Swing Adsorption, TSA)



DOEL

- Verlaging aanschafprijs (CAPEX) door De-Oxo en TSA te vervangen door:
- Low-cost Pressure Swing Adsorption (PSA) systeem
 - Lagere kosten en energieverbruik
 - Hoge zuiverheid haalbaar



RESULTATEN

PROJECTUITVOERING

- Projectuitvoering heeft vertraging opgelopen
- Spaanse partner zou elektrolyse stack en power electronics leveren
 - Te druk met projecten in de VS
 - Switch naar kleine systemen, concurrent van HyGear
- Selectie elektrolyse stack nodig
 - Aanbieders zonder “trackrecord”
 - Lange levertijd

RESULTATEN

PROCESONTWERP

- Stack
 - 10 Nm³/u
 - Proceswater gekoeld
 - Druk 1 – 40 bar

- Ontwerpopties
 - Drukregeling kathode- en anodezijde
 - Watertoevoer
 - Temperatuurregeling
 - Druk 7 bar

RESULTATEN

PROCESONTWERP

- Process Flow Diagram



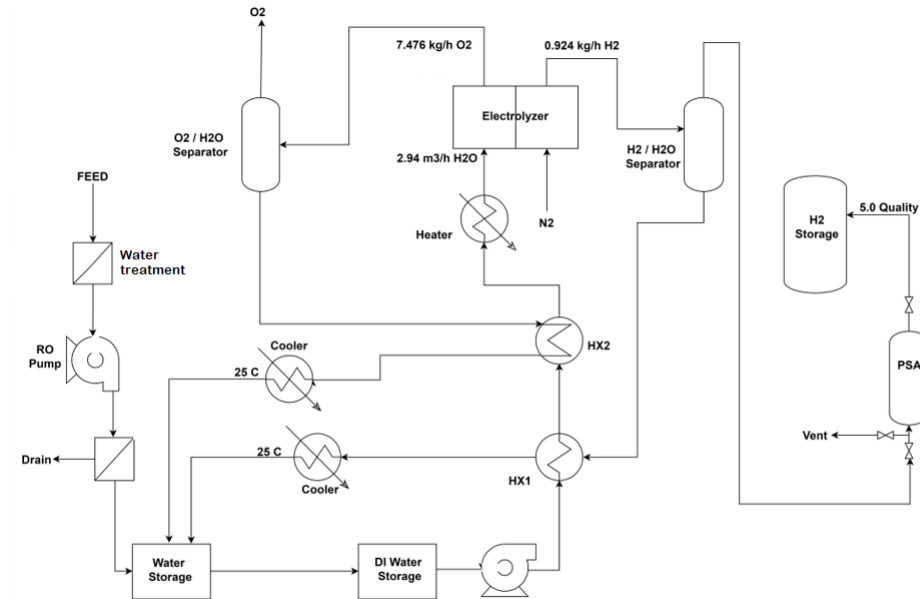
- Massa- en energiebalansen



- Piping en Instrumentation Diagram

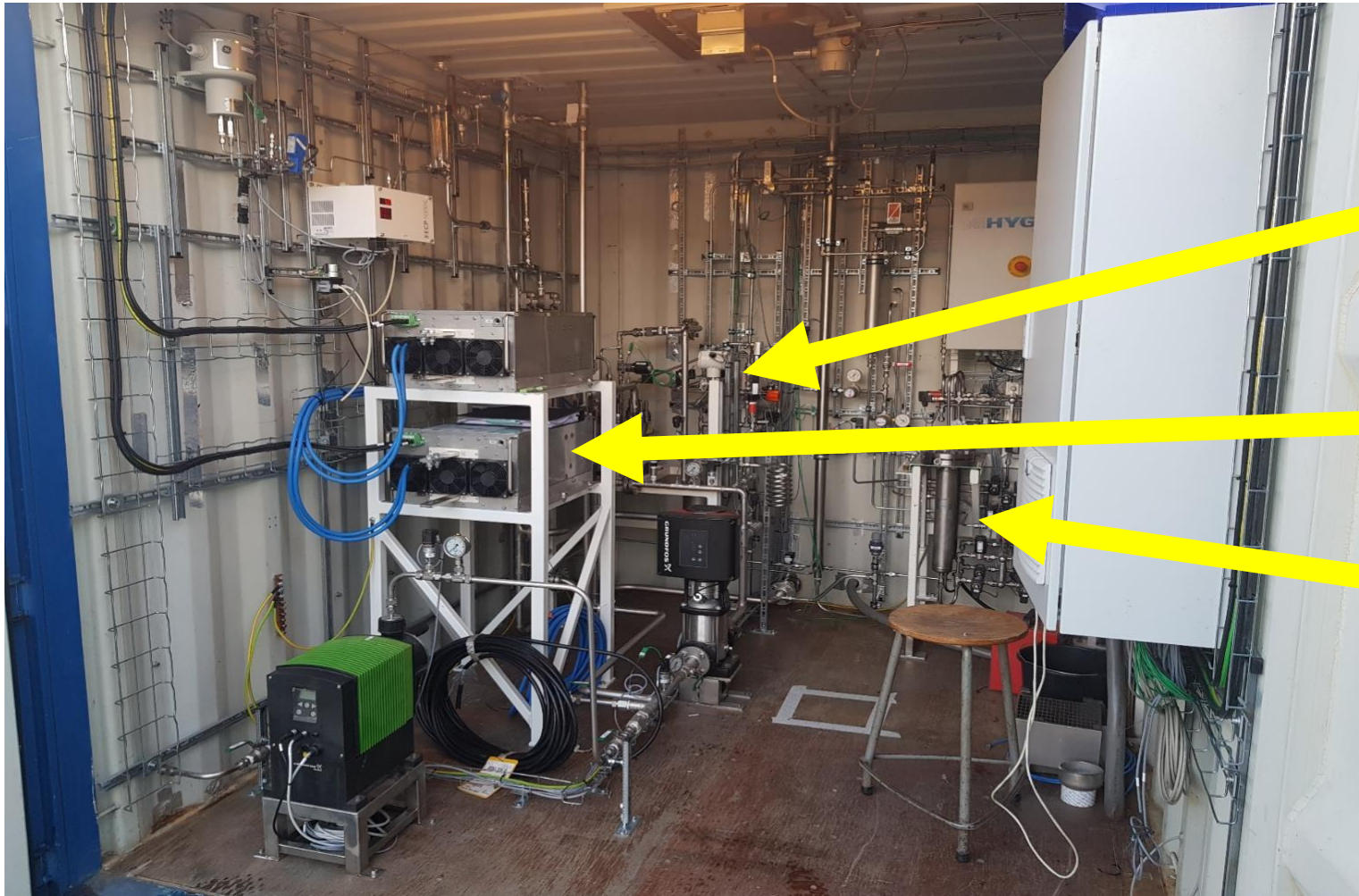


- 3D systeem ontwerp



RESULTATEN

SYSTEEM



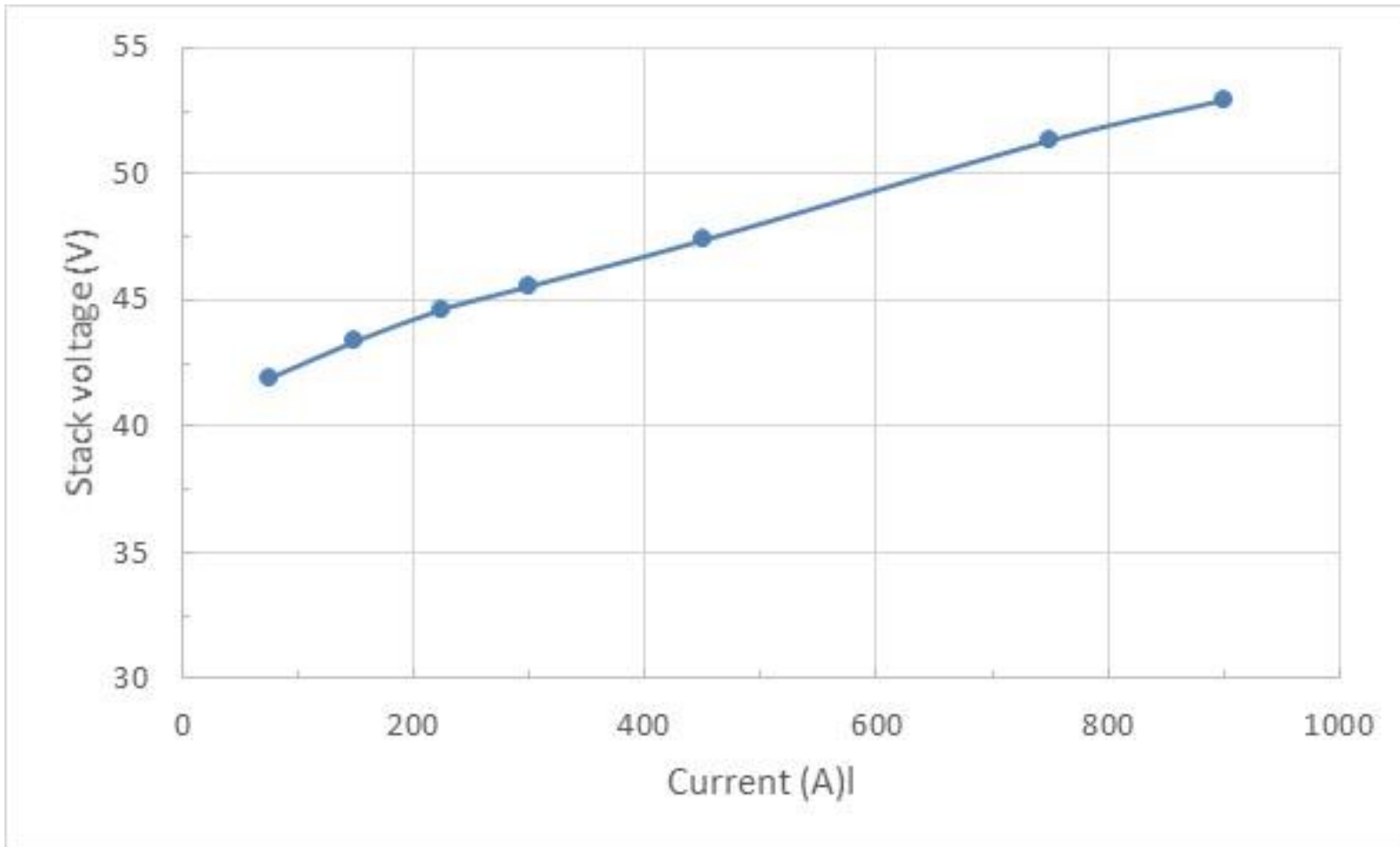
Stack

Power
elektronica

PSA

RESULTATEN

SYSTEEMTEST



RESULTATEN

PSA RESULTATEN

- Dauwpunt van het productgas van $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Opbrengst 65 – 70%
 - Geverifieerd door modelberekeningen
 - Water condenseert in poriën van sorbentmateriaal

DISCUSSIE

- Single stage TSA-systeem vergelijkbaar met lage druk PSA
- Volledig TSA-systeem met de-oxo reactor: opbrengst richting 100%
Investering 40% hoger dan (V)PSA systeem
- Opbrengst PSA-systeem afhankelijk van druk, 40 bar 93%
- Energieverbruik per Nm³ waterstof te verlagen door lagere stroomdichtheid
=> lagere operationele kosten
=> hogere investeringskosten

CONCLUSIE EN AANBEVELING

- PEM-electrolyse systeem ontworpen en gebouwd voor 10 Nm³/u
- Rendement belangrijk: keuze voor de-oxo TSA systeem
- Lagere CAPEX: (V)PSA aan te bevelen, waarbij aangemerkt moet worden dat een verhoging van stackdruk aan te bevelen is.

- Binnen vervolgproject test op 40 bar in combinatie met TSA en PSA
- Huidig systeem toepassen voor testen van andere (NL) stacks

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

**—
QUESTIONS & ANSWERS**



Keep In Touch
With Us

www.hygear.com



HEAD OFFICE

Westervoortsedijk 73 HG
6827 AV, Arnhem
The Netherlands

T +31 88 9494 308
E sales@hygear.com

ASIA

133 Cecil Street
#09-01B Keck Seng Tower
Singapore 069535

T +65 6909 3064
E asia@hygear.com



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

**Kennissessies waterstof Deel 1:
Water elektrolyse
6 april 2021**



**Hydrogen from
seawater via
Membrane Distillation
and Polymer Electrolyte
Membrane Electrolysis**

Sander ten Hoopen
Directeur van Hydron Energy

Jolanda van Medevoort
Scientist Separation and
Purification

Wageningen Food & Biobased
Research (WFBR)

>> *Duurzaam, Agrarisch, Innovatief
en Internationaal ondernemen*



TKI NIEUW GAS
Topsector Energie

SEA2H2 Waterstof uit zeewater en windenergie

via Membraan Destillatie & PEM water electrolyse

