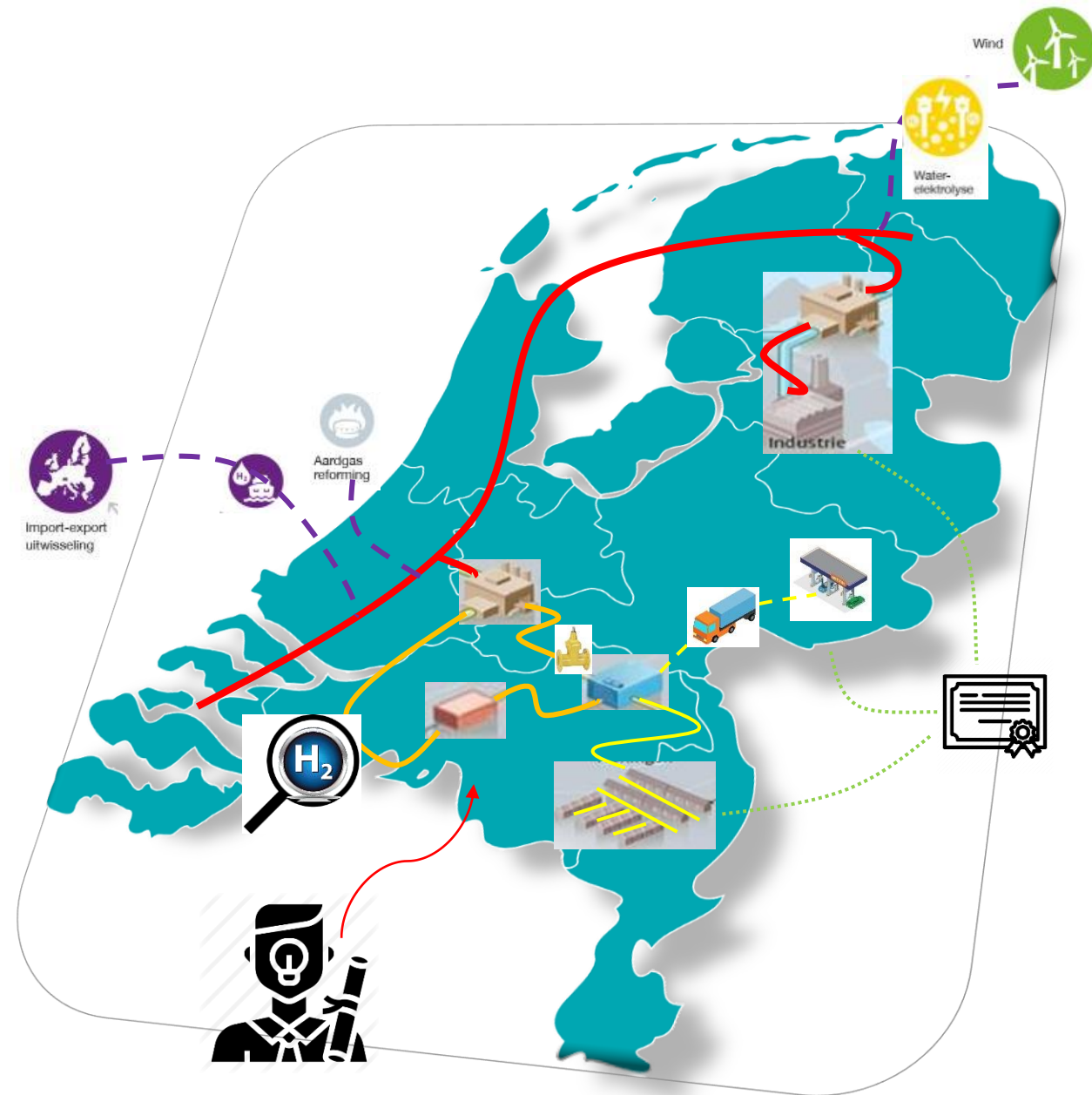




HyDelta 1 Slotbijeenkomst

Jörg Gigler – Directeur TKI Nieuw Gas

17-06-2022



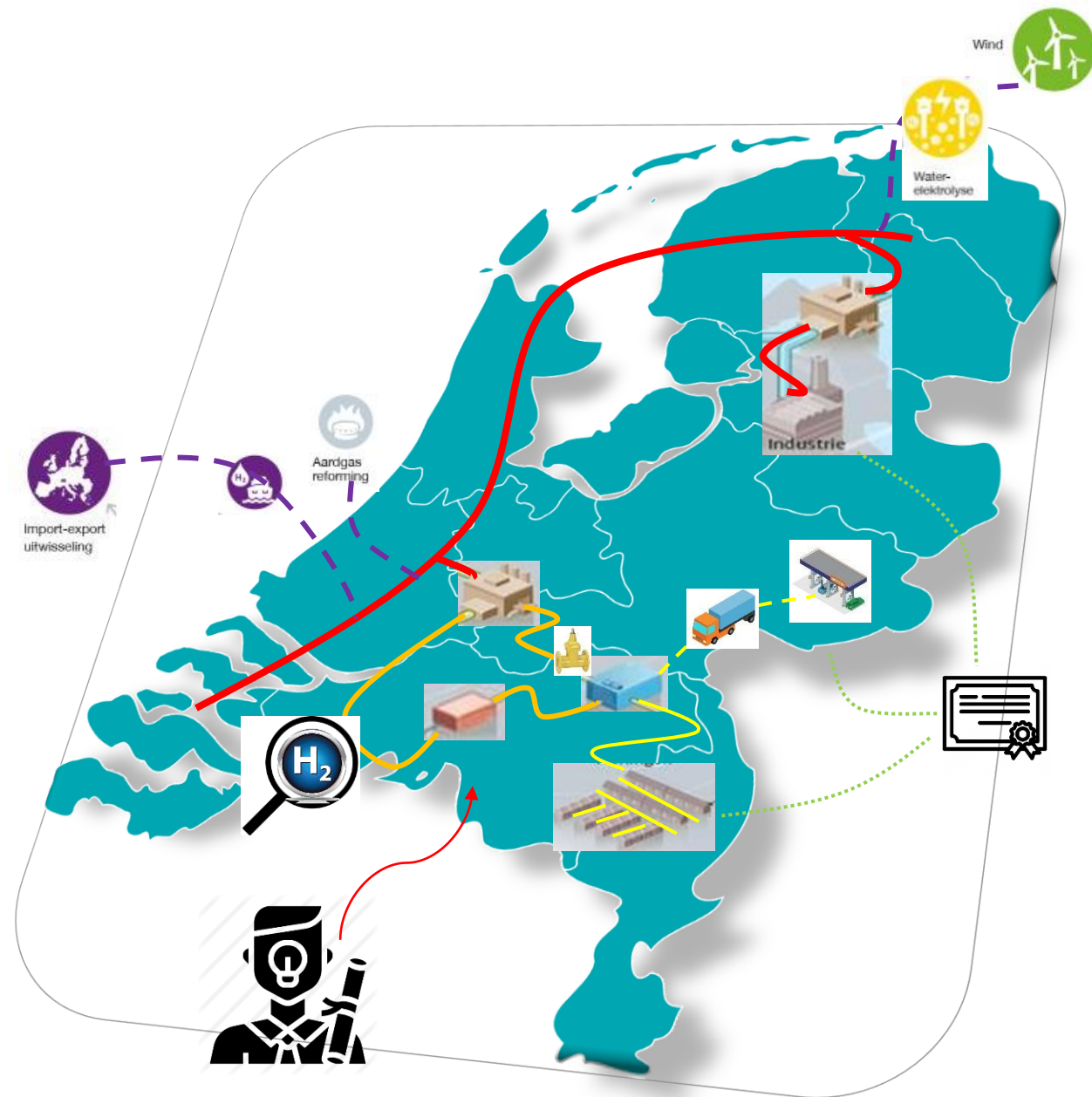
Agenda van de dag



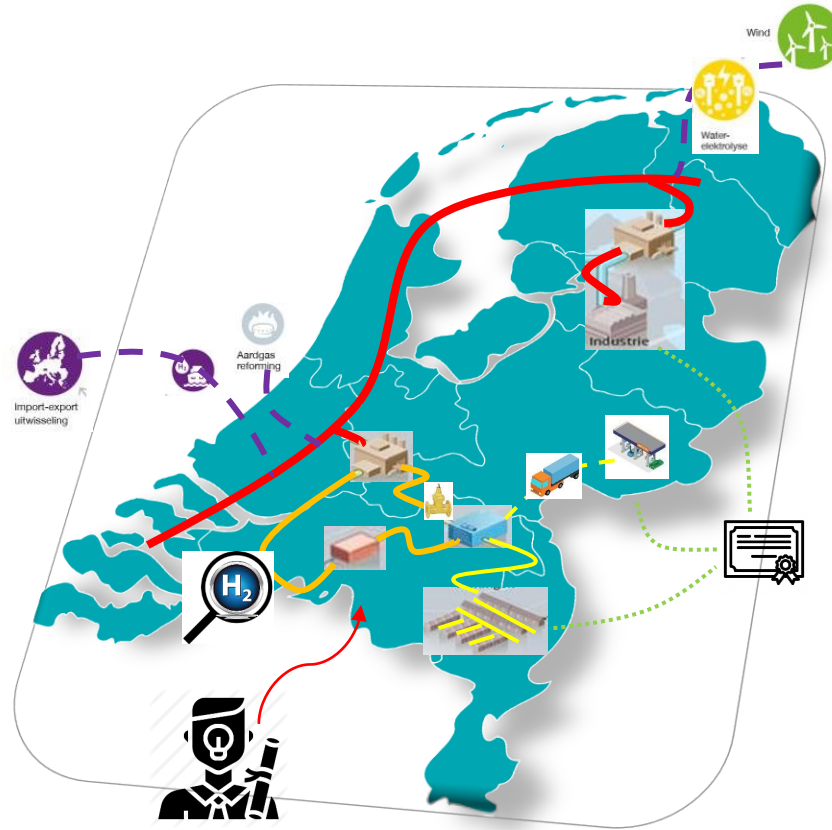
Start: 9:00 uur		
Duur	Onderwerp	Spreker
5 min	<u>Welkom</u>	Jörg Gigler, TKI
10 min	Introductie: HyDelta samenvattend rapport	Catrinus Jepma, New Energy Coalition
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging	
	Technische analyse van internationale waterstofwaardeketens	Thomas Hajonides van der Meulen, TNO
	Systeemwaarde van waterstof	Martijn Duvoort, DNV
	Technoeconomische (binnenlandse) waardeketenanalyse	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
	Admixing en waterstofbijmenging	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 2: waterstofveiligheid	
	Waterstof risicoanalyse (waterstof en veiligheid)	Albert van den Noort, DNV
	Impact van stromingsnelheid van waterstof op componenten in het bestaande gasnetwerk	Leonard van Lier, TNO
	Odorisatie van waterstof	Erik Polman, Kiwa
	Standaarden voor waterstof	Hans de Laat, Kiwa
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 50 mins totaal	Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk	
	Gasstations	Sander van Woudenberg, Kiwa
	Leidingen en binnenapparatuur	Sander Lueb, Kiwa
	Hoeveelheidsmeting van waterstof	Hans de Laat, Kiwa
	Testen van afsluitventielen in het transmissie netwerk (>16 bar)	Nard Vermeltfoort, Kiwa
	Ontwikkeling van trainingstrajecten voor technisch personeel	Suzanne van Greuningen, Kiwa
Einde: 12.00 uur	Afronding van de sessie	



Introductie – samenvatting HyDelta 1

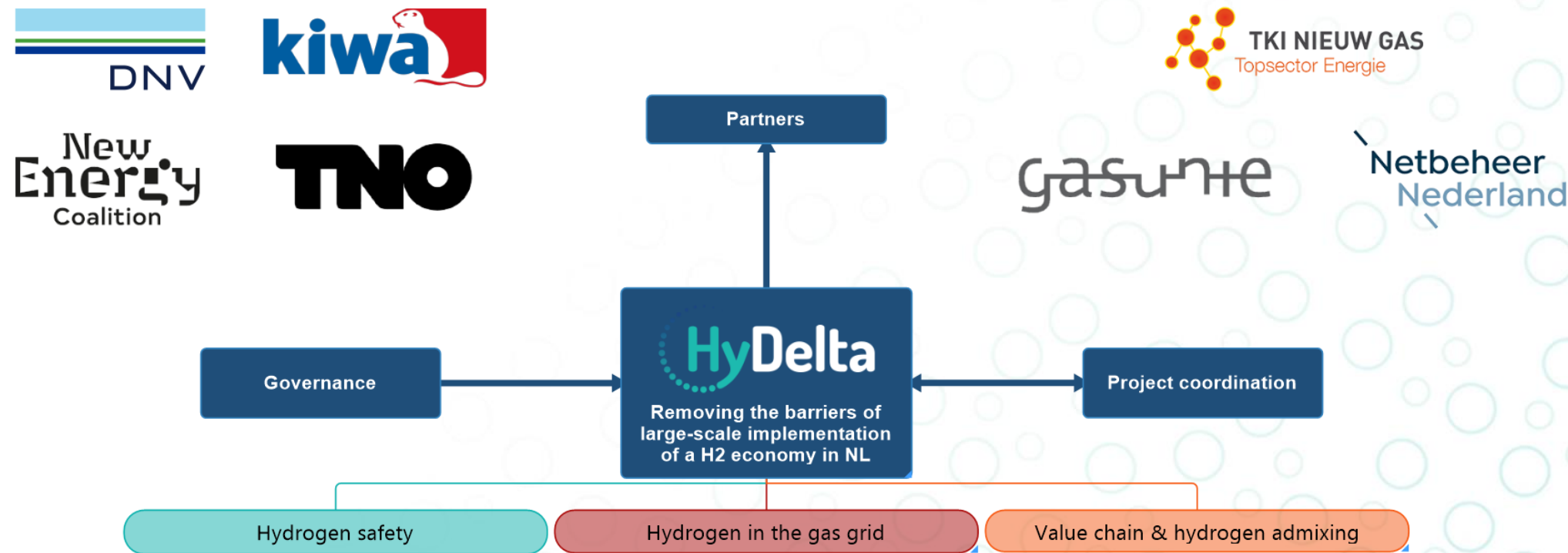


HyDelta



Samenvatting HyDelta 1
Catrinus Jepma & Julio Garcia-Navarro
New Energy Coalition
17-06-2022

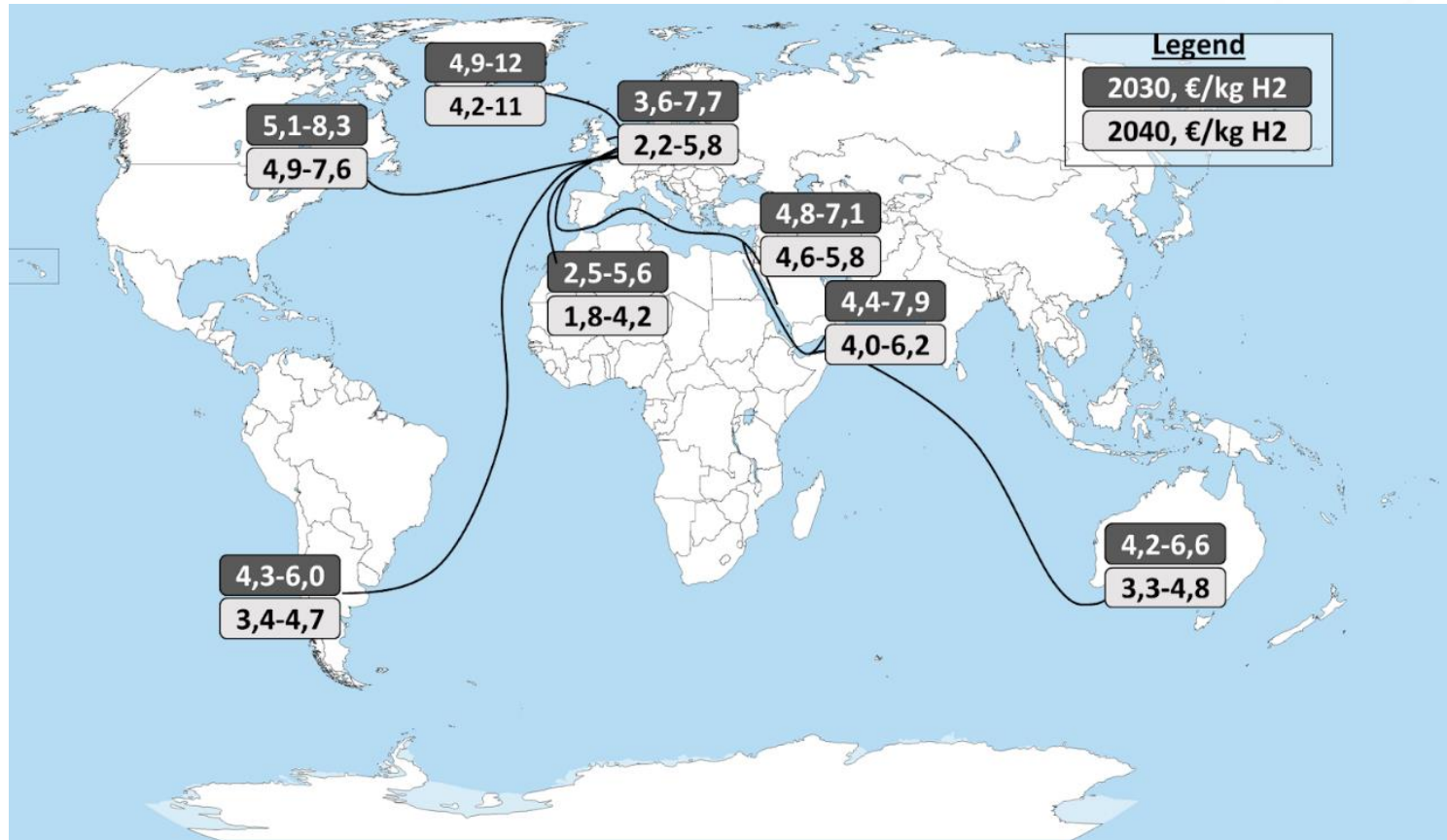
HyDelta 1 – kerngegevens van het project



Het HyDelta consortium: een publiek-privaat samenwerkingsverband tussen onderzoeksinstituten en de Nederlandse TSO en RNB's ten einde de economische en veiligheidsaspecten te onderzoeken van waterstoftransport via het bestaande aardgasnetwerk

Het HyDelta 1 project in getallen	
Duur	17 maanden
Budget	€2.3M
Aantal deliverables (alle publiek beschikbaar*)	37 (*gedownload ~5000 keer per 1 juni)
Coördinator	New Energy Coalition

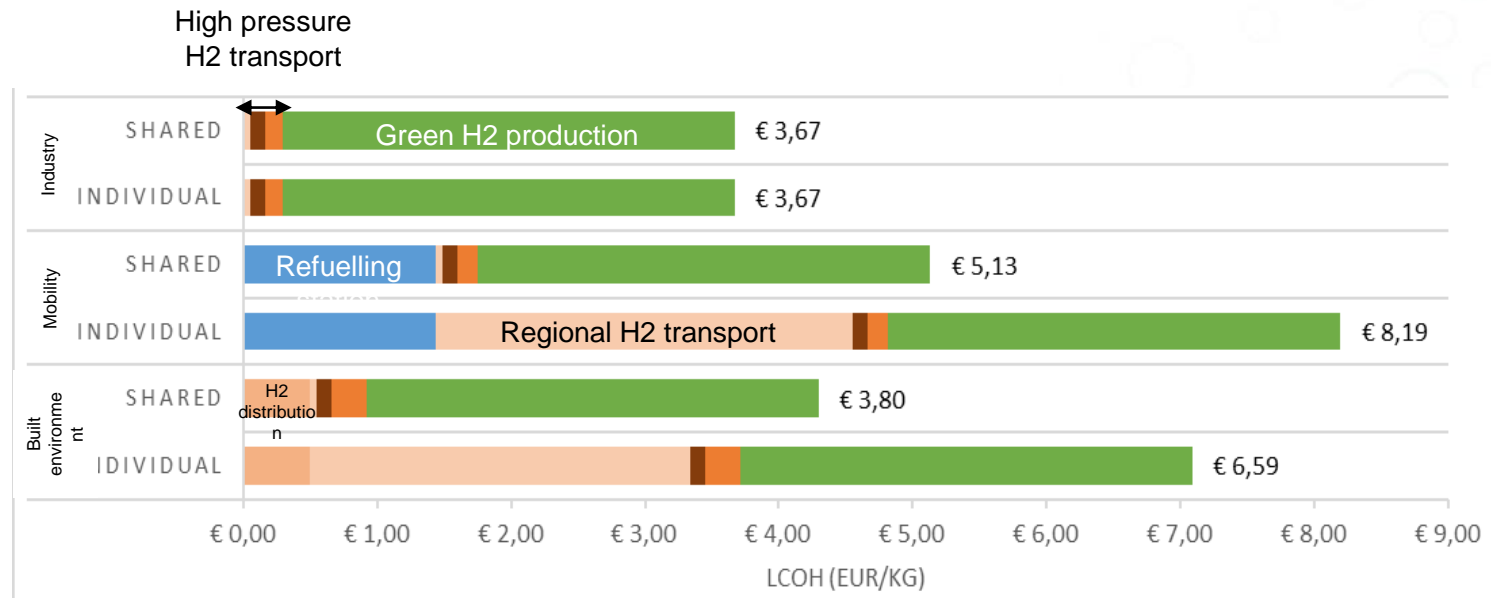
Waterstofwaardeketens



De nationale productie van schone waterstof is opmerkelijk concurrerend ten opzichte van (toekomstige) import van groene waterstof (zie beeld links)

Blauwe waterstof kan al concurreren met grijze waterstof, en groene waterstof mogelijk al per 2030

Waterstofwaardeketens

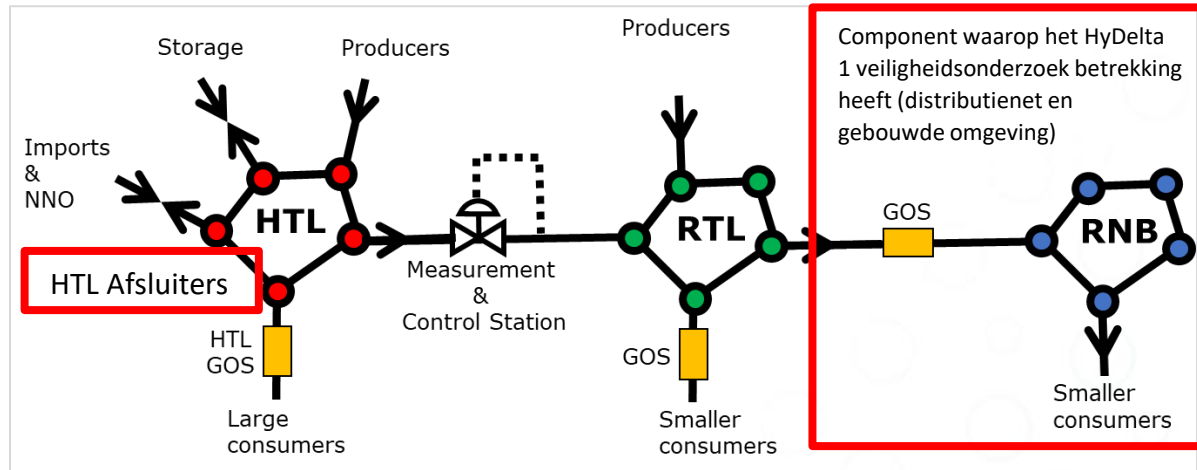


De kosten van waardeketens kunnen aanzienlijk worden teruggebracht wanneer het gebruik van de bestaande transportcapaciteit door meerdere gebruikers kan worden gedeeld.

Conclusie

Voor wat betreft de kosten van waterstof, moeten we denken in termen van de volledige waardeketen

Veilig transport van waterstof in het distributienet



- De twee meest kritische maatregelen om veiligheidsrisico's te verminderen ten aanzien van waterstoflekkages in het distributienet en de gebouwde omgeving betreffen:
 - Odorisatie van waterstof
 - Optimale ventilatie in gesloten ruimtes
- De meeste van de geteste onderdelen van het aardgasnet (drukregelaars, gasstations, gasafsluiters en leidingen en binneninstallaties) vertoonden dezelfde lekdichtheid voor waterstof als voor aardgas

Conclusie

Afgezien van enkele kleine aanpassingen, is het gasdistributienet grotendeels geschikt voor de introductie van waterstof

Hoe waterstof te introduceren in het gasnet

Onderwerp	Norm	Status/ Actie	Inhoud	CEN/NL normcom.	Opmerkingen
Druktesten voor leidingen	EN 12327	Alle clausules uitbreiden voor waterstof	De parameters voor de testprocedures moeten worden aangepast	CEN: TC234 NL: 349008	veilig werken. Definitie in NEN 7244-7. Reeks is op H2 gescand, moet nog aangepast worden.
gashoeveelheids meting; EVHI	EN 12405	EVHI's geschikt maken (H2 IGO 2.3.1.2). Goedkope gassensoren ontwikkelen. Aantal meetpunten vergroten?	bij variabele gassamenstelling H2 concentratie individueel meten	CEN: TC 237 NL: 310066	Meetinrichtingen kunnen H2 als dragergas toepassen, waardoor ze H2 niet detecteren
wisselende gassamenstelling; met hoge frequentie de gassamenstelling bepalen	nieuw	Geografische aspecten en tijdsafhankelijke verschillen H2-aardgasmengsels (H2IGO 2.3.1.4)	H2 sensoren die in staat zijn om in een aardgasmatrix te meten zijn commercieel beschikbaar	CEN: n.v.t. NL: NBNL / H2IGO platform bijeenkomst 2021.	Nog geen start van dit onderwerp. Meterleveranciers en Meetverantwoordelijken hebben een voorkeur voor constant H2 gehalte.
Veiligheid en ATEX classificatie	ATEX richtlijnen	Waterstof is beschreven in ATEX regelgeving	Voor > 75% H2 in aardgas geldt MESG IIc	ATEX	Voor EVHI's is dit kritisch mits deze in de gasruimte ondergebracht zijn.
Veiligheid Dichtheidseisen en -beproeving	nationale richtlijnen	acceptabele waarden definiëren	Er ligt geen norm wat we acceptabel lekkage vinden.	CEN: NL: NBNL	

Om alle relevante veiligheidsaspecten van waterstoftransport af te dekken, moet men diverse nieuwe standaarden introduceren dan wel bestaande aardgas standaarden uitbreiden voor waterstof

Hoe waterstof te introduceren in het gasnet

Proposed schemes			
Proposed scheme	1: Industrial	2: Fuels	3: Generic gas mix
Market sectors	Chemical industry	Mobility	Public gas delivery
Obligated parties	Industries currently using hydrogen	Fuel suppliers	Gas suppliers
Base of the quota	% of H2 used	% of fuels (GJ) sold	% of gas delivered
Type of pilot	Virtual pilot	Pilot by adapting existing regulations	Pilot in specific region

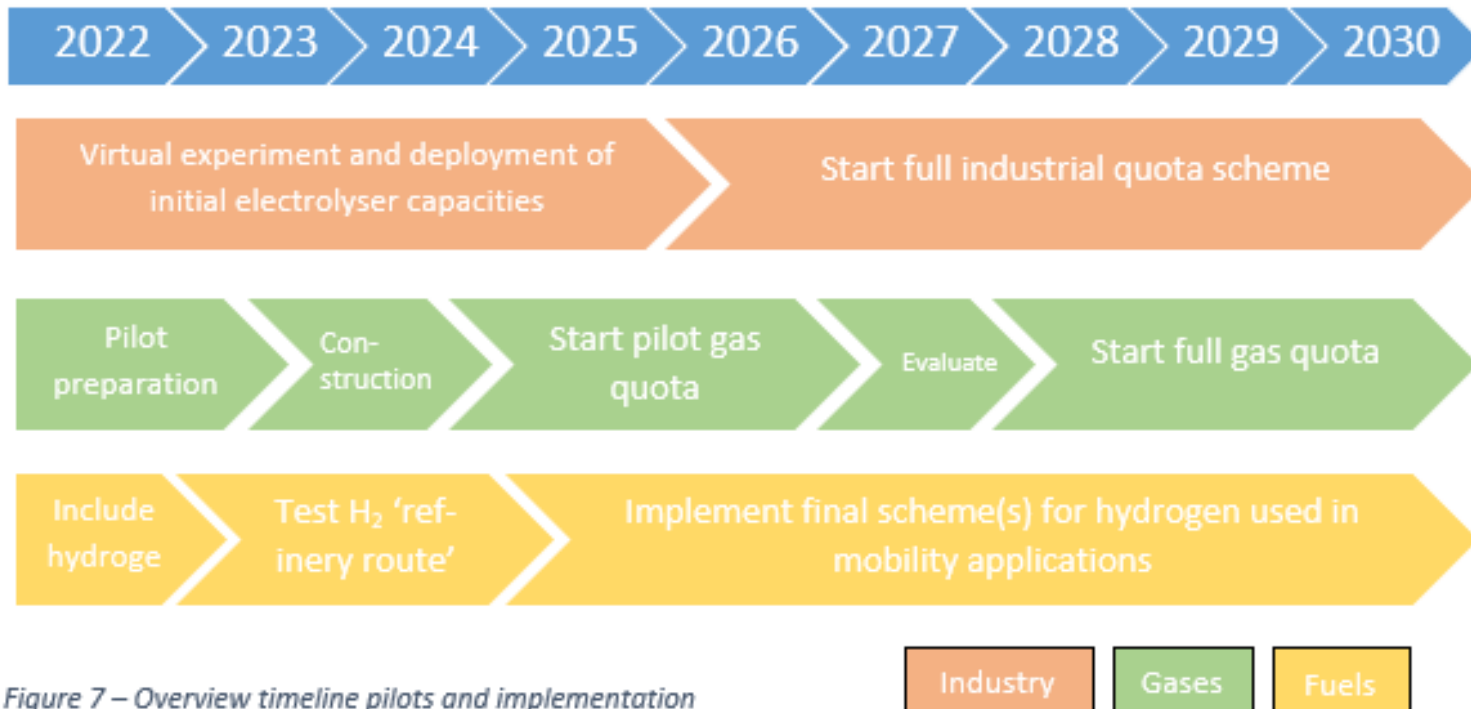


Figure 7 – Overview timeline pilots and implementation

Het is zinvol om snel een set van pilots uit te voeren rond de industriële en overige toepassingen van waterstof ter voorbereiding op de verplichte afname en/of bijmenging van waterstof in het gastransportsysteem. Daarbij moet zorgvuldig worden nagegaan wat dit vereist zowel voor fysieke als administratieve bijmenging

Conclusie

De vraag naar waterstof kan worden versneld door verplichte afname en bijmenging; voorafgaande pilots zijn daarbij functioneel en op korte termijn al nodig



Bedankt voor uw aandacht
www.hydelta.nl

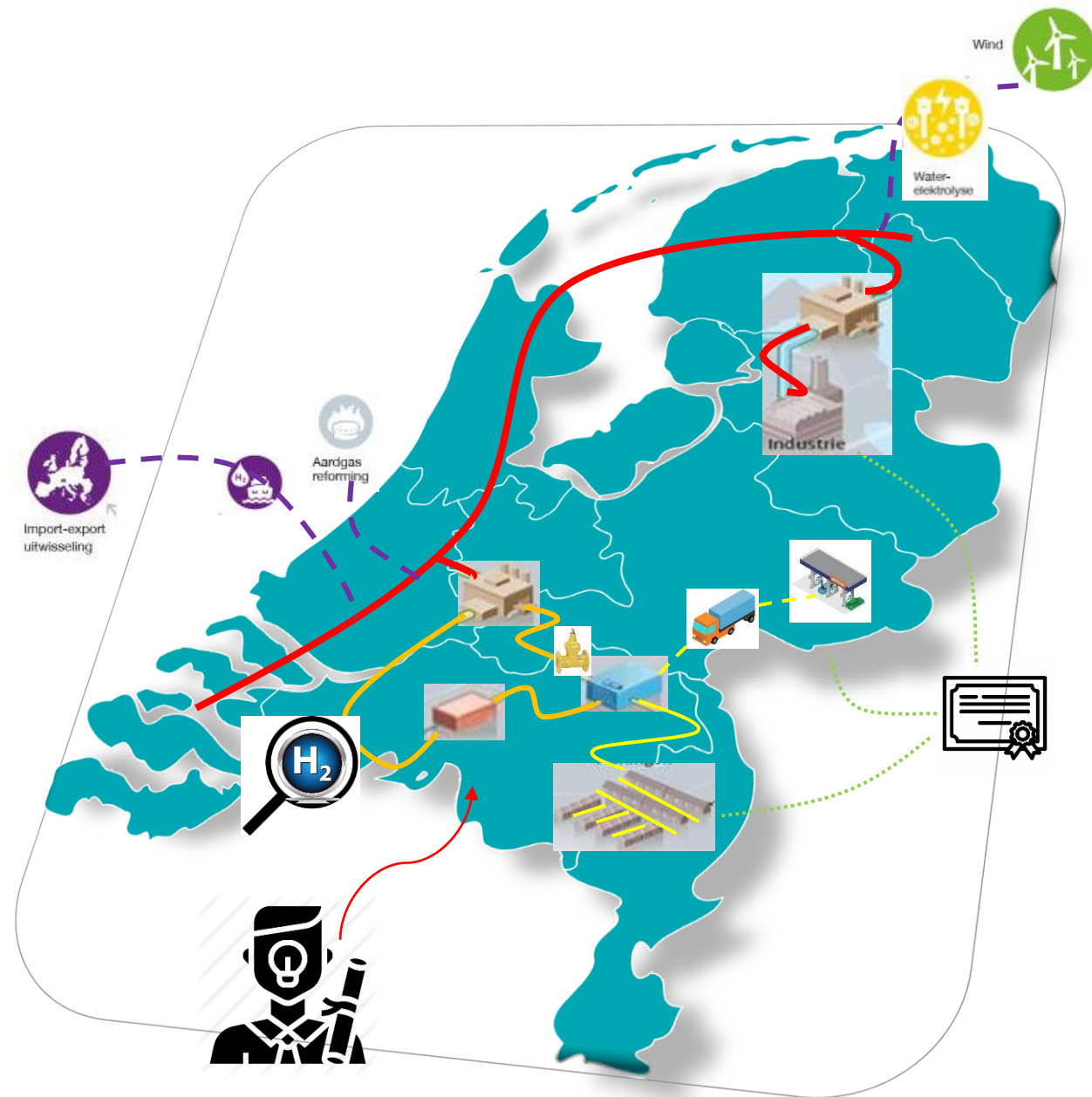
Agenda van de dag

Start: 9:00 uur		
Duur	Onderwerp	Spreker
5 min	<u>Welkom</u>	Jörg Gigler, TKI
10 min	Introductie: HyDelta samenvattend rapport	Catrinus Jepma, New Energy Coalition
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging	
	Technische analyse van internationale waterstofwaardeketens	Thomas Hajonides van der Meulen, TNO
	Systeemwaarde van waterstof	Martijn Duvoort, DNV
	Technoeconomische (binnenlandse) waardeketenanalyse	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
	Admixing en waterstofbijmenging	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 2: waterstofveiligheid	
	Waterstof risicoanalyse (waterstof en veiligheid)	Albert van den Noort, DNV
	Impact van stromingsnelheid van waterstof op componenten in het bestaande gasnetwerk	Leonard van Lier, TNO
	Odorisatie van waterstof	Erik Polman, Kiwa
	Standaarden voor waterstof	Hans de Laat, Kiwa
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 50 mins totaal	Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk	
	Gasstations	Sander van Woudenberg, Kiwa
	Leidingen en binnenapparatuur	Sander Lueb, Kiwa
	Hoeveelheidsmeting van waterstof	Hans de Laat, Kiwa
	Testen van afsluitventielen in het transmissie netwerk (>16 bar)	Nard Vermeltfoort, Kiwa
	Ontwikkeling van trainingstrajecten voor technisch personeel	Suzanne van Greuningen, Kiwa
Einde: 12.00 uur	Afronding van de sessie	



Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging

TNO, DNV Netherlands, New Energy Coalition





Work package 7B, by TNO

Cost analysis and comparison of different hydrogen carrier import chains and expected cost development

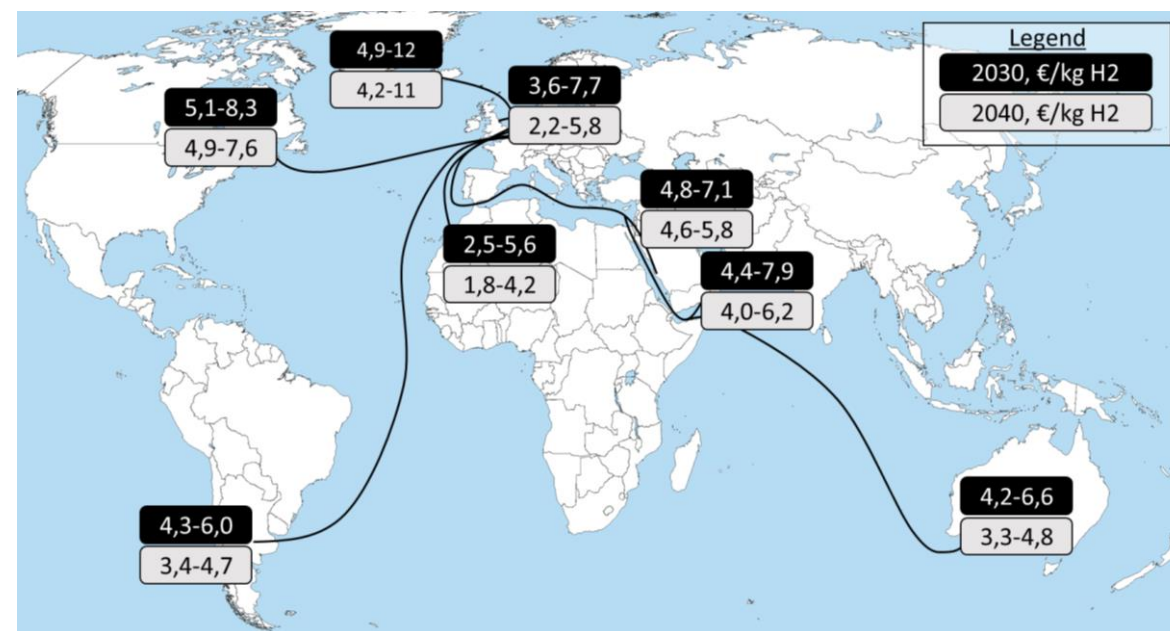
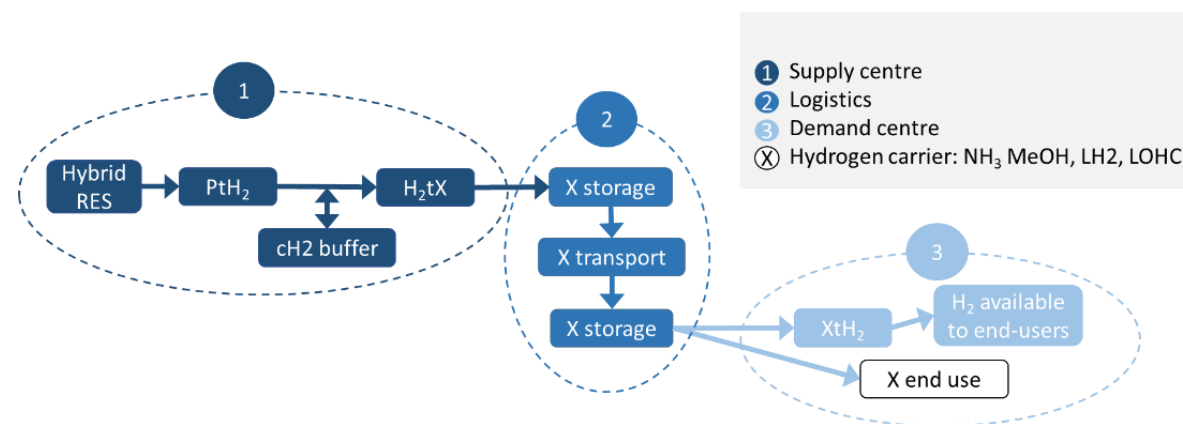
Authors:

T.C. Hajonides van der Meulen (thomas.hajonides@tno.nl)

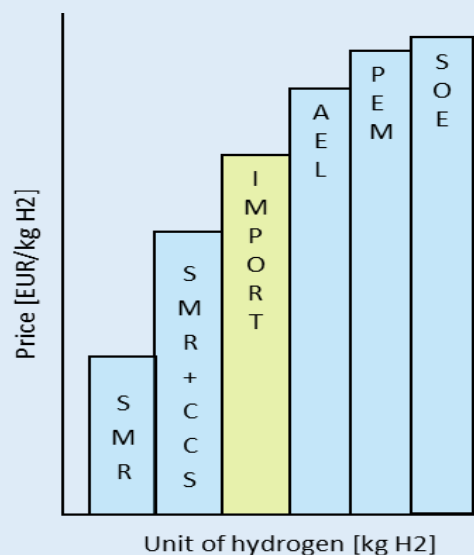
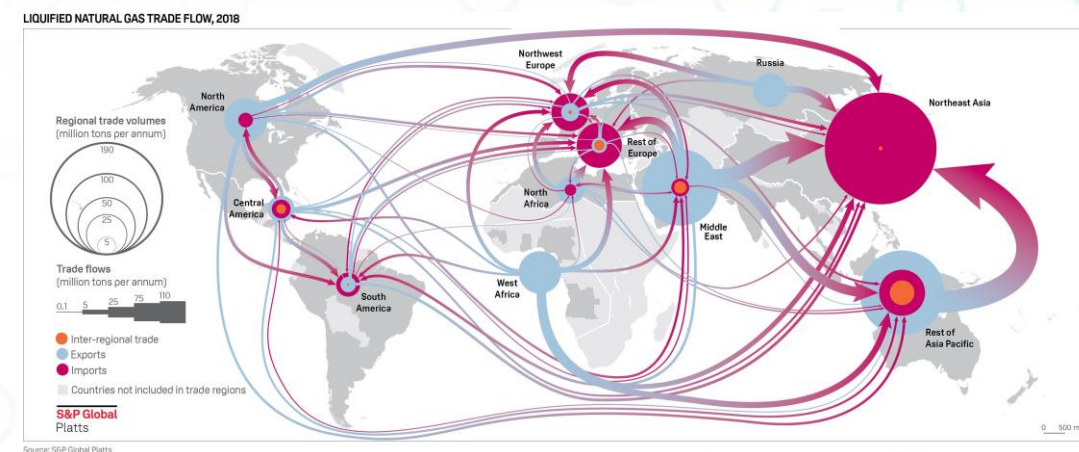
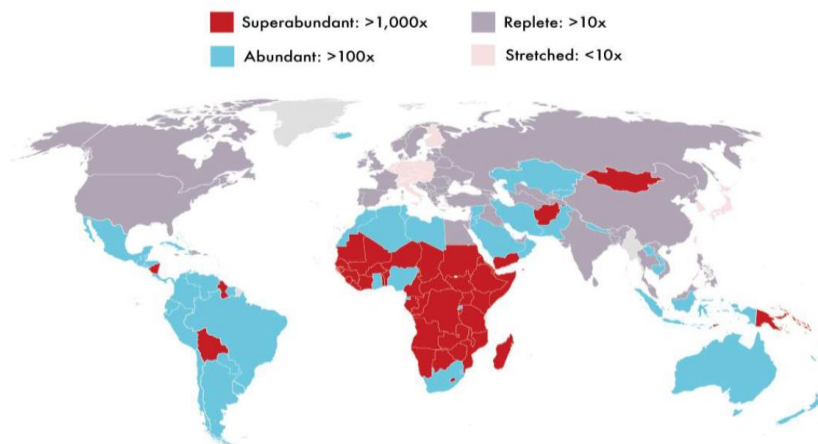
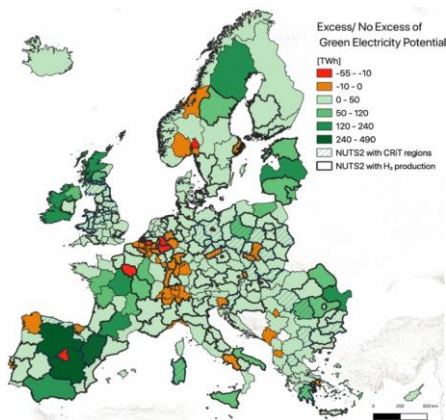
M. Sariç, I. Tyraskis, T. Van Leeuwen, P. Verstraten, S.

Wieclawska

June 2022



Molecule import is crucial but challenging



Carrier type?

Country?

Timeframe?

Research questions:

1. What are the **import costs (EUR/kg)**?
2. How do import cost of H₂/NH₃/MeOH compare?
3. What are **dominant cost drivers (%)**?
4. Which chain has the highest **round trip efficiency**?
5. What is the **uncertainty range**?

Research questions:

1. What are the **import costs (EUR/kg)**?
2. How do import cost of $\text{H}_2/\text{NH}_3/\text{MeOH}$ **compare?**
3. What are **dominant cost drivers (%)**?
4. Which chain has the highest **round trip efficiency?**
5. What is the **uncertainty range?**

A) The cost ranges are too large to distinguish the single most cost-effective export country and carrier.

TASK 2 - ASSESS TECHNOLOGY

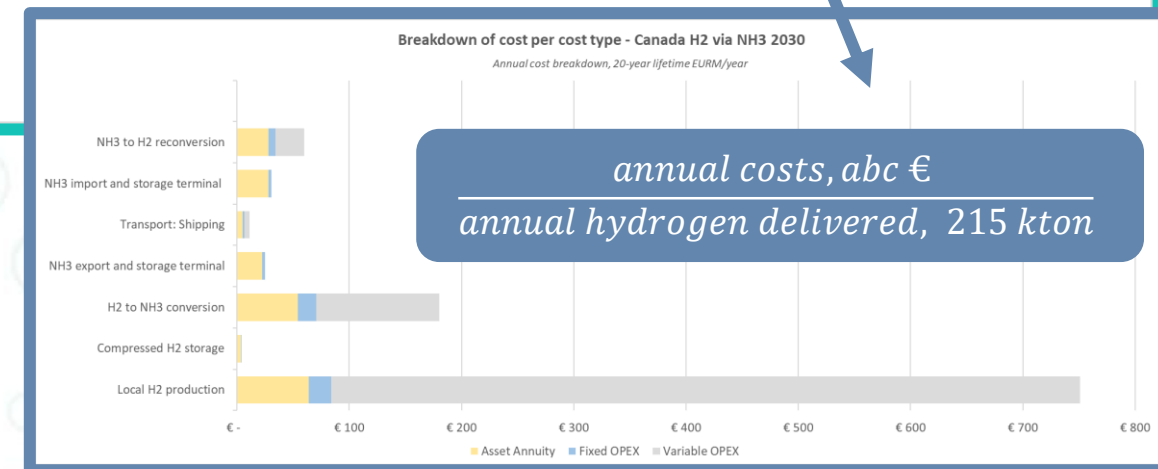
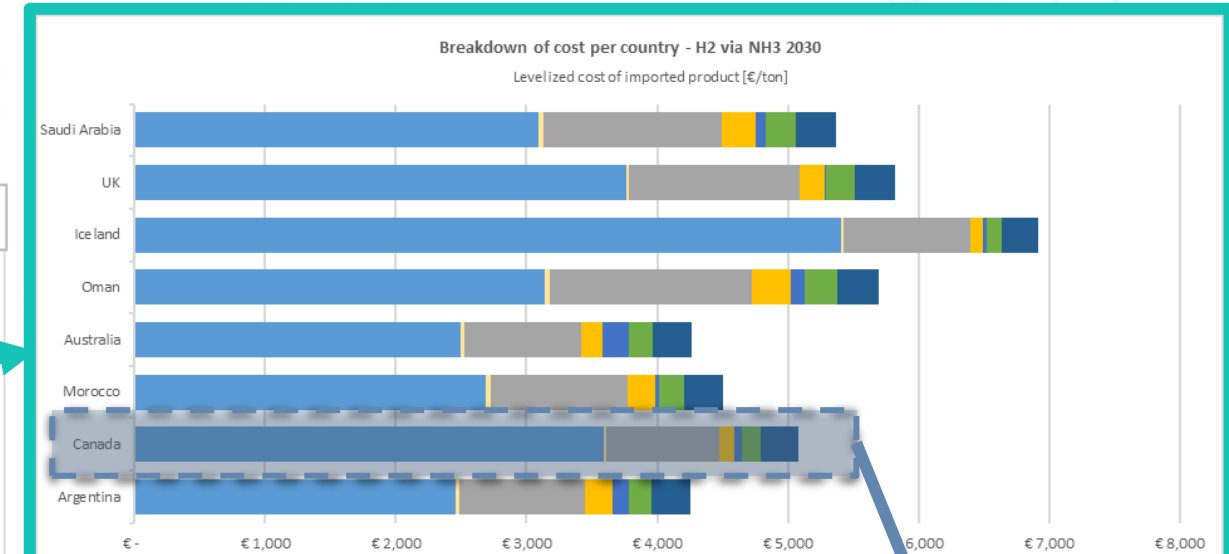
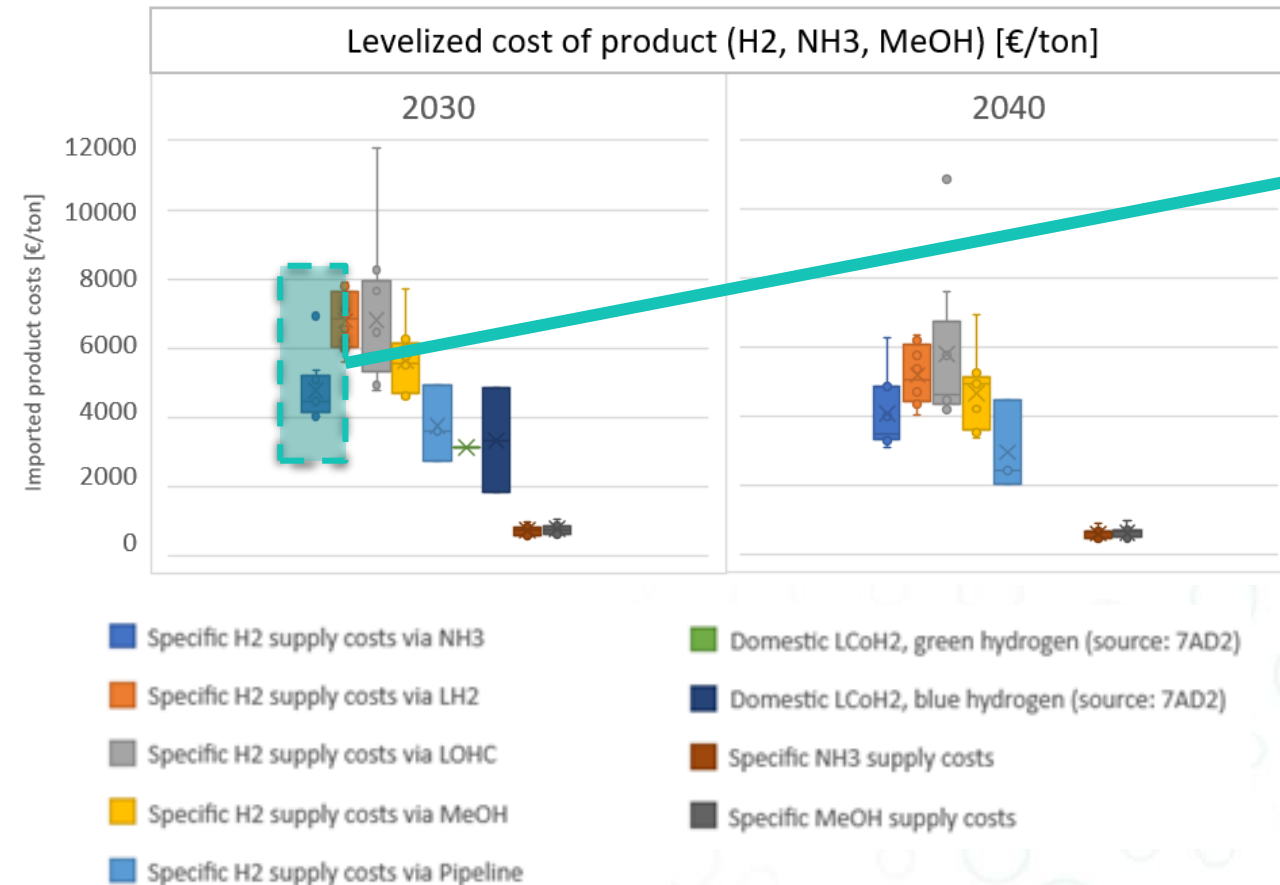
B) Technological (CAPEX, economies of scale) and geographical factors (LCoE, FLH, travel distance) are both dominant cost drivers.

C) Maximizing the mass flows of molecules is important.

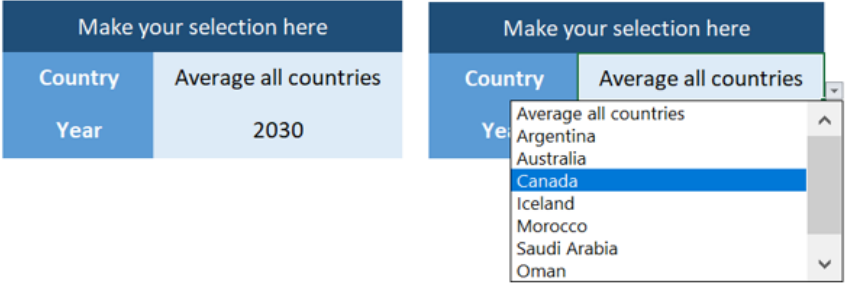
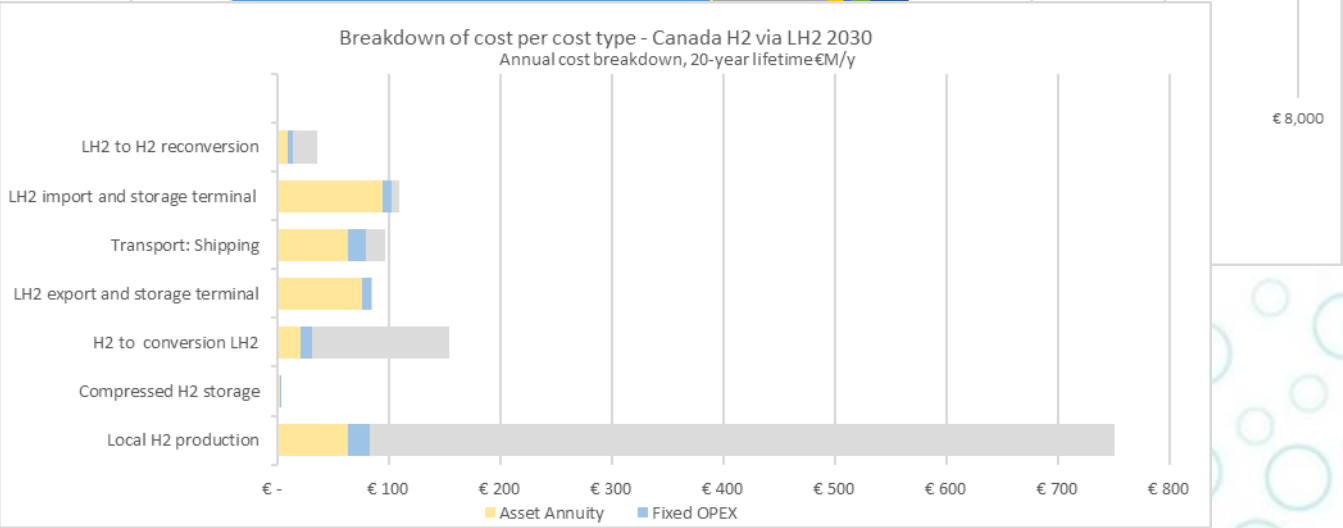
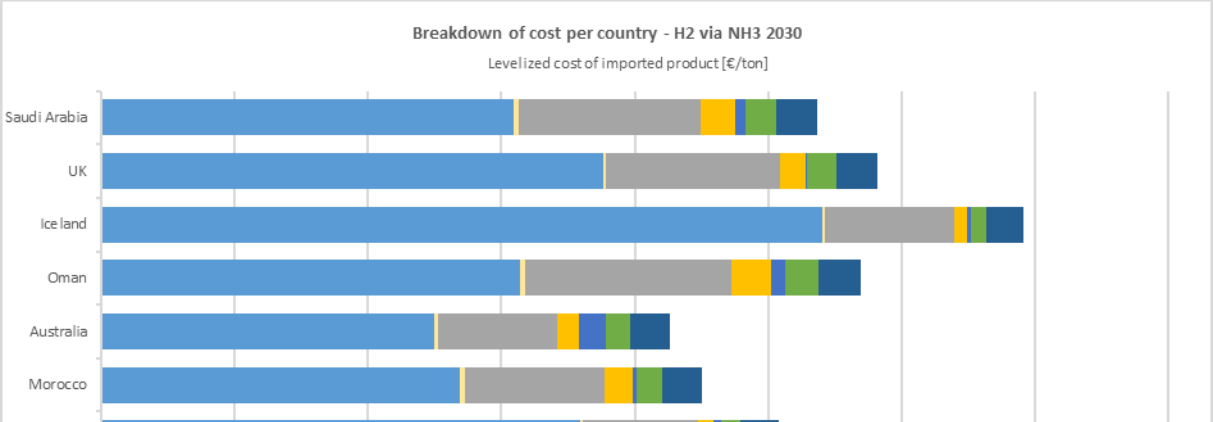
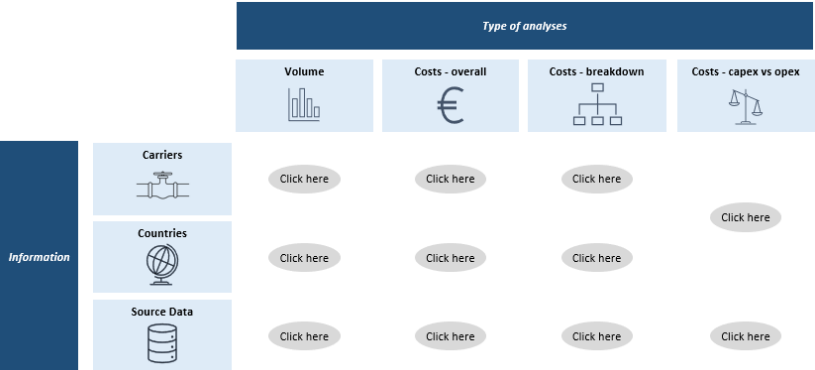
D) Current uncertainties in technology-specific costs lead to large spreads of cost estimates

A) The cost ranges of the selected hydrogen import chains is too large to distinguish the single most cost-effective export country.

*8 countries * 5 carriers = 40 data point
Boxplots show robustness of outcomes.*



Link to: *HyDelta hydrogen carrier import cost analysis dashboard*



B) Technology-related costs and geographical factors are both dominant cost drivers of the levelized cost of imported hydrogen.

Dominant technological cost drivers are:

- The H₂ production step:
 - cost of power
 - efficiency losses
- Specific investment costs H₂tX and XtH₂
- Economies of scale of H₂tX and XtH₂

Dominant geographical cost drivers are:

- The local cost of renewable electricity
- The full load hours (load-following PtH₂ assumption)
- Distance of country for shipping LOHC and LH₂

	H2 via NH3	H2 via LH2	H2 via LOHC	H2 via MeOH	H2 via pipeline (low)	H2 via pipeline (high)	NH3	MeOH
Local H2 production	€ 2,691	€ 2,840	€ 3,206	€ 3,193	€ 2,228	€ 2,228	€ 395	€ 449
Compressed H2 storage	€ 33	€ 34	€ 62	€ 43			€ 5	€ 6
Additional feedstock				€ 952				€ 134
H2 to carrier conversion	€ 1,047	€ 876	€ 323	€ 378	€ 118	€ 118	€ 154	€ 53
Carrier export and storage	€ 216	€ 780	€ 266	€ 43	€ 96	€ 96	€ 32	€ 6
Transport: Shipping	€ 33	€ 300	€ 420	€ 59			€ 5	€ 8
Transport: Pipeline					€ 87	€ 2,027		
Carrier import and storage	€ 187	€ 704	€ 192	€ 35			€ 27	€ 5
Carrier to H2 reconversion	€ 300	€ 192	€ 732	€ 124				

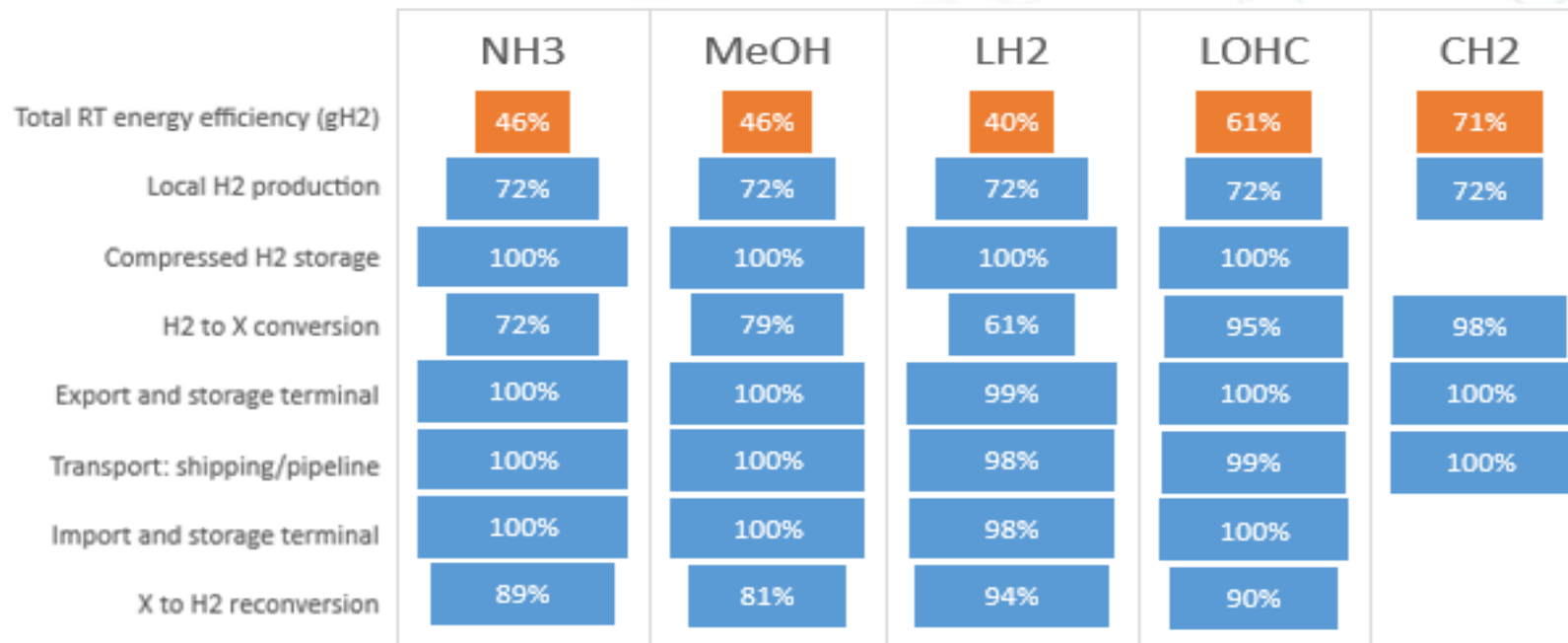
Assumptions:

2 GW RES
 1.7 GW AEL
 Morocco-NL
 2030
 PtH₂ load-following

C) Chain efficiencies and load-following hydrogen production volumes illustrate the importance of maximizing the mass flows of molecules.



- Improvement of the process efficiency in the P-t-H₂, H₂-t-X and X-t-H₂ → savings in cost and energy. May be thermodynamically challenging and/or costly.
- Maximization of the full load hours of each asset along the supply chain → more constant hydrogen production annually → larger mass flow of hydrogen carriers → lower LCoH₂.

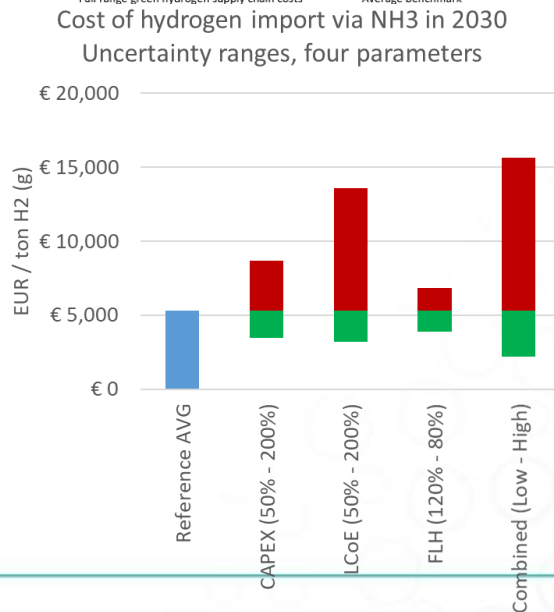
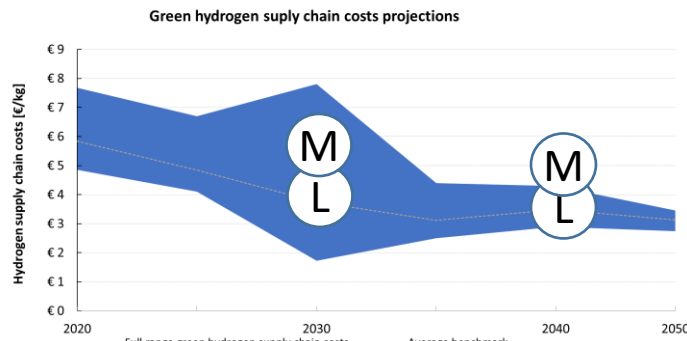


Assumptions:

2 GW RES
1.7 GW AEL
Morocco-NL
2030
PtH₂ load-following

Recommended focus in future research

D) Current uncertainties in technology-specific costs lead to large spreads of cost estimates.



1. Strive for a maximization of asset utilization

- maximizing the full load hours of assets up to the carrier production assets
- optimize the dimensions of assets in the logistics network
- incorporate end-user demands in dimensioning the reconversion assets.

2. To assess the value of storage and investments that are required to guarantee a secured supply of hydrogen by **shifting the perspective to supply network analysis** and increase the level of detail of the **time-scale relevant to the security of supply**. (e.g. days, hours).

3. Adding more types of molecules (e.g. fuels and feedstock) can enrich the comparison, and by making deliberate decisions on the **location of each supply chain element**, the costs of more complex supply chains can be compared.

4. By **adding the imported hydrogen purity levels** to the cost comparison, the levelized cost of hydrogen can more accurately represent the quality of each product that is imported.



Workpackage 7B, by TNO

Cost analysis and comparison of different hydrogen carrier import chains and expected cost development

Authors:

T.C. Hajonides van der Meulen, M. Sariç, I. Tyraskis, T. Van Leeuwen, P. Verstraten, S. Wieclawska

June 2022



Contact details:

T.C. Hajonides van der Meulen

E: thomas.hajonides@tno.nl

The *why* and the objective of this study

The relevance: Given the variety of hydrogen import supply chains that can be developed towards the Netherlands and NW Europe, it is of importance to have a thorough understanding of the technological and economic performance of these import chains to be able to make informed strategic, policy and investment decisions.

The challenge: The decisions to be made by each actor in the hydrogen import supply chain that lead to the materialization of scalable hydrogen import supply chains is not yet clear as the upstream, midstream and downstream processes of the future are yet to be developed. Uncertainties remain regarding (1) the process and technology mixes involved, the (2) demanded hydrogen volumes-over-time, and the (3) dependencies between each of the hydrogen carrier import supply chain element that need to be aligned to safe-guard an efficient global supply chain.

The objectives of this study are: Identify and compare import supply chains to the Netherlands from a technical and logistical perspective, and to gain insight into the expected cost development of these various import chains, as a result of technical innovations.

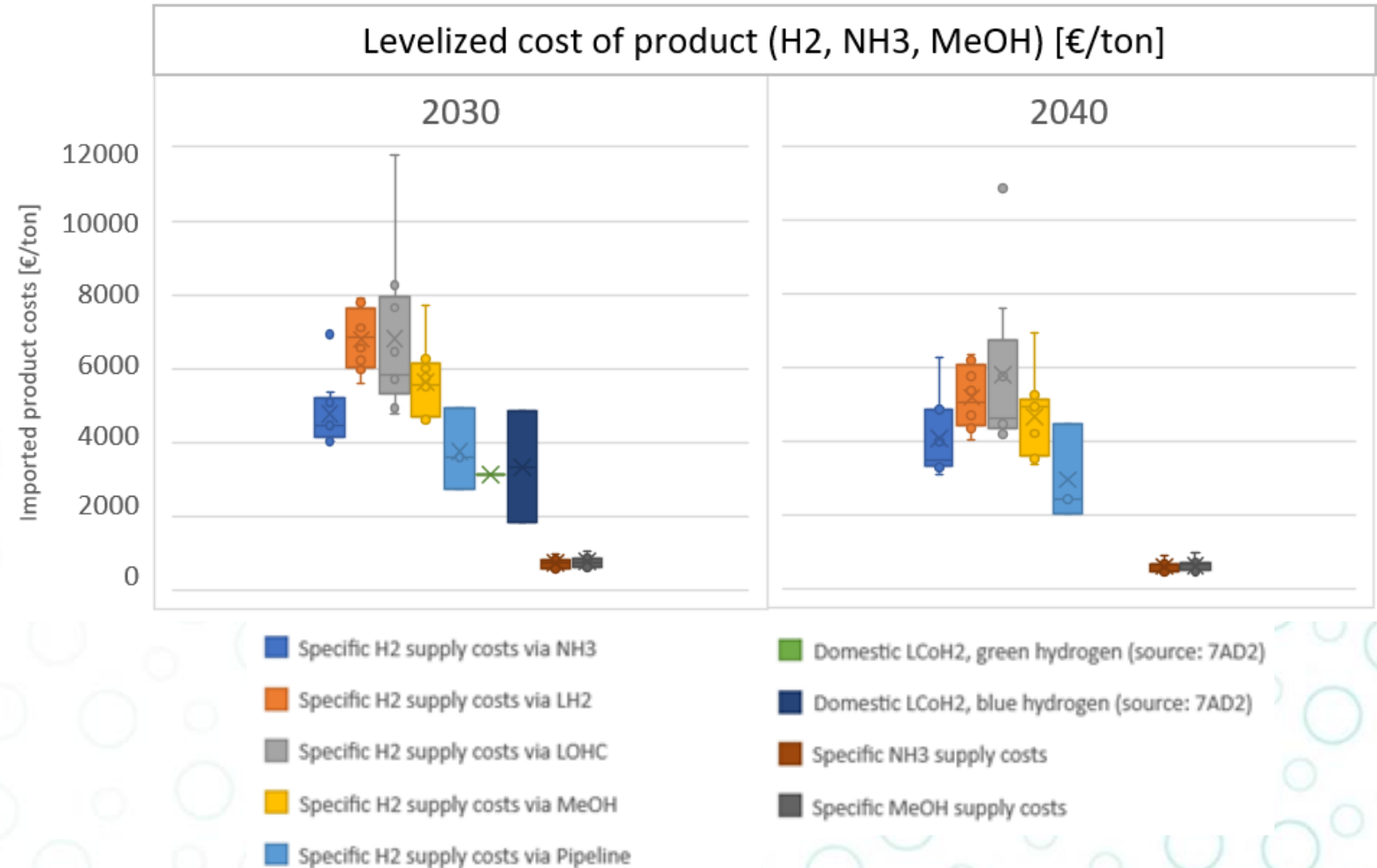
Our five research questions:

The following research questions were defined and answered during the execution of the study:

1. What are the **import costs (EUR/kg)** of green hydrogen, synthetic ammonia and synthetic methanol, for different arche-type production locations globally towards the Netherlands?
2. How do the import cost of $H_2/NH_3/MeOH$ **compare** with the cost of a locally produced equivalent in NL?
3. Which supply chain elements are **dominant cost drivers (%)** in the import cost breakdown per carrier?
4. Which import chain has the highest (energy-based) **round trip efficiency**?
5. What is the **uncertainty range** of the import cost per carrier import supply chain?

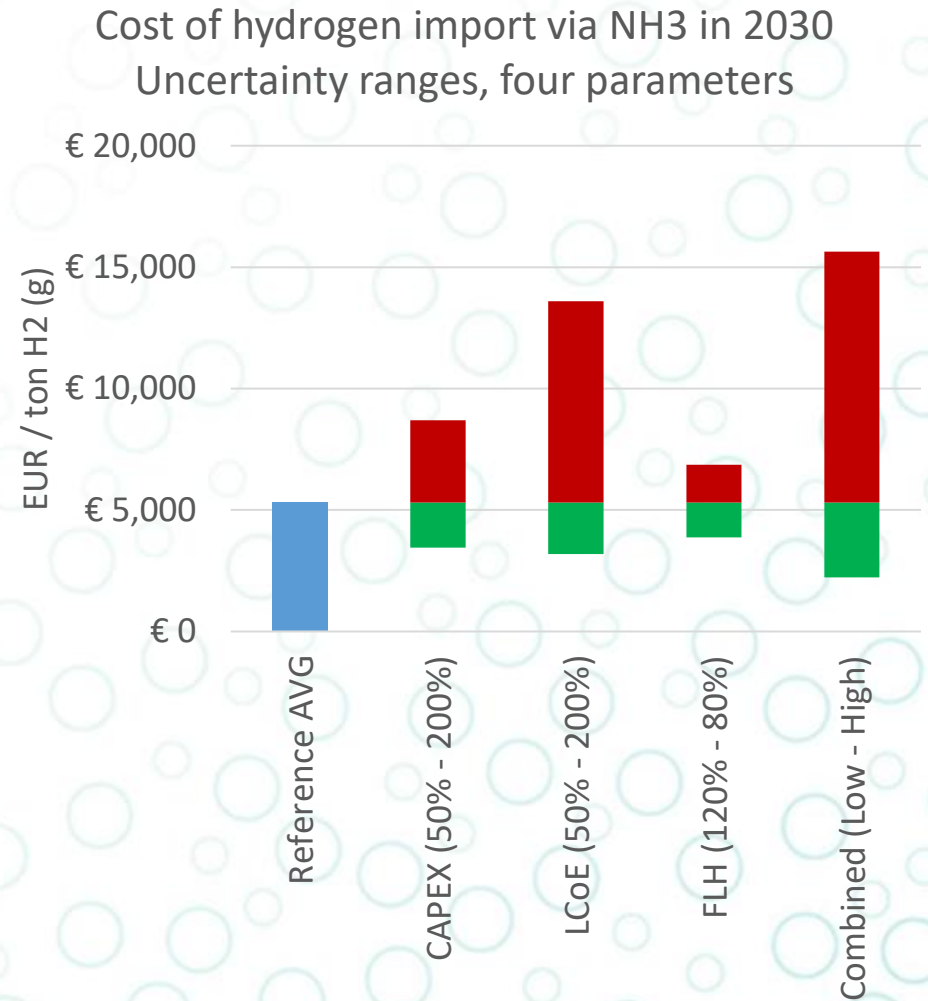
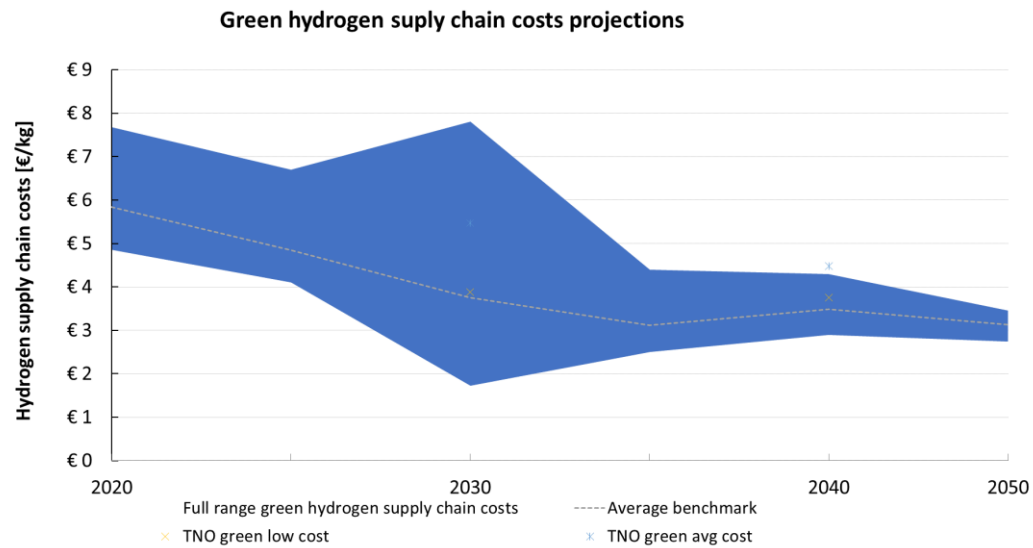
The cost ranges of the selected hydrogen import chains is too large to distinguish the single most cost-effective export country.

- There is no clear consistency in the lowest cost estimates for countries and carriers.
- Domestic production of H_2 without carrier conversion has lower costs than importing hydrogen carriers with ships and is competitive to low-cost pipeline import from specific countries.
- CH_4 via pipeline is the most cost-effective option for import. This option is restricted to countries close to the Netherlands and costs are highly uncertain.
- In 2030, the NH_3 chain is the most cost-efficient solution when H_2 transport cannot be conducted via pipeline. In 2040 or later, LH_2 , LOHC and MeOH become competitive.
- NH_3 and MeOH import, without the aim to reconvert to H_2 , have a smaller cost spread and follow the same cost reduction trend as the other hydrogen carriers.



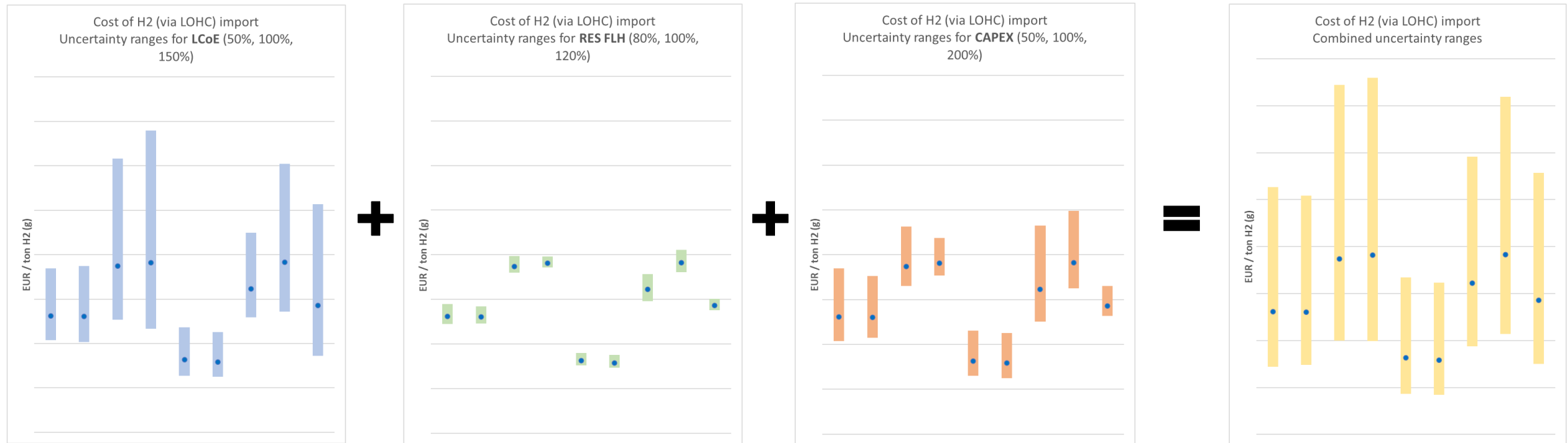
Current uncertainties in technology-specific costs lead to large spreads of cost estimates.

- Current uncertainties in the techno-economic input parameters of many assets in the supply chains lead to large spreads of cost estimates.
- Results in this study are on the expensive end of the cost ranges in benchmark studies.
- The aggressive uncertainty analysis shows that imported LCoH₂ estimations with optimal site specific conditions and optimized and integrated assets can be lower.



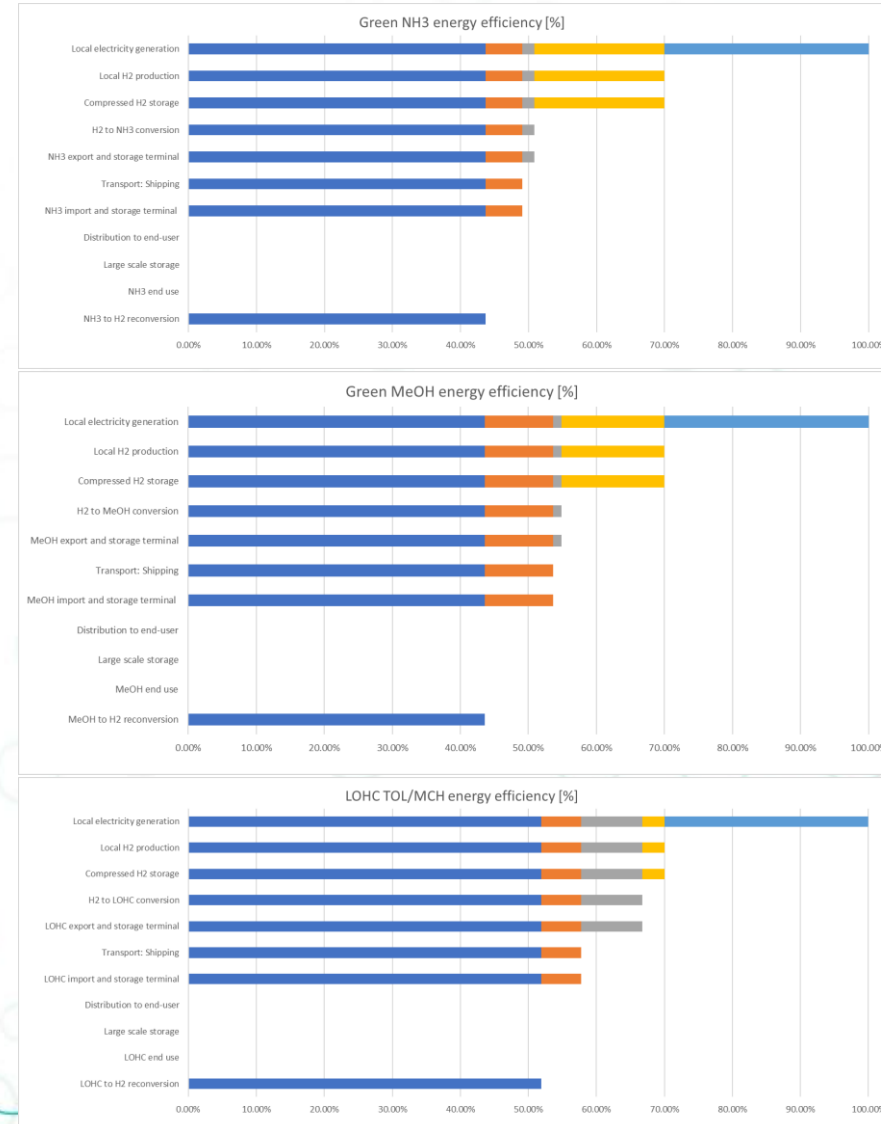
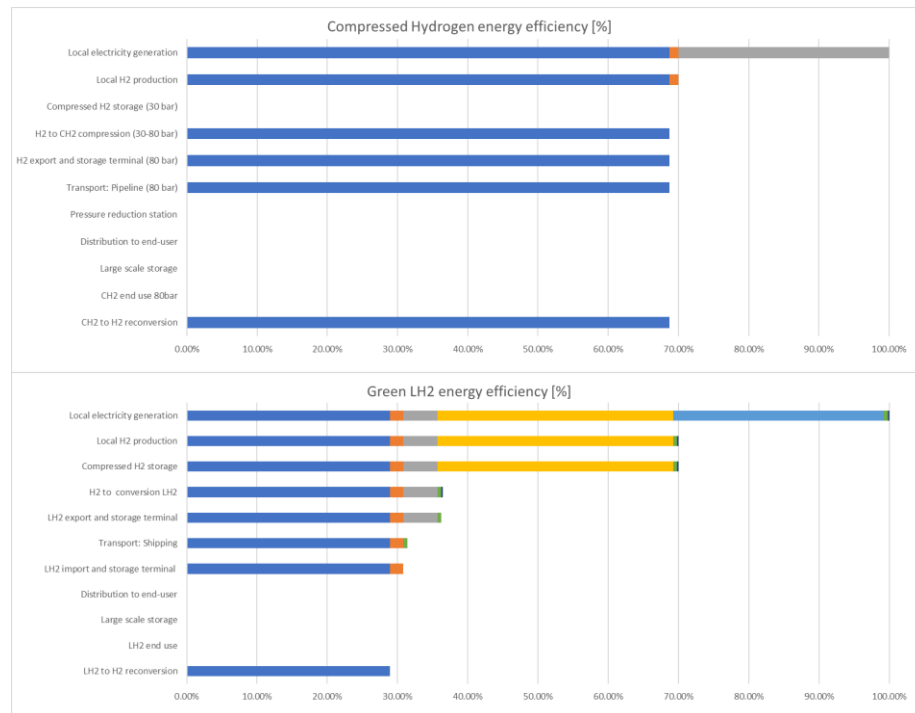
Location-specific *project level* details are required to provide accurate cost estimates (I)

Example of uncertainty analysis in cost ranges H₂ import (9 countries, hydrogen import via LOHC):



Location-specific *project level* details are required to provide accurate cost estimates (II)

Round trip efficiencies of 5 chains (Country X → NL):





Thank you for your attention!

Thomas Hajonides van der Meulen
thomas.hajonides@tno.nl



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltanl



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)



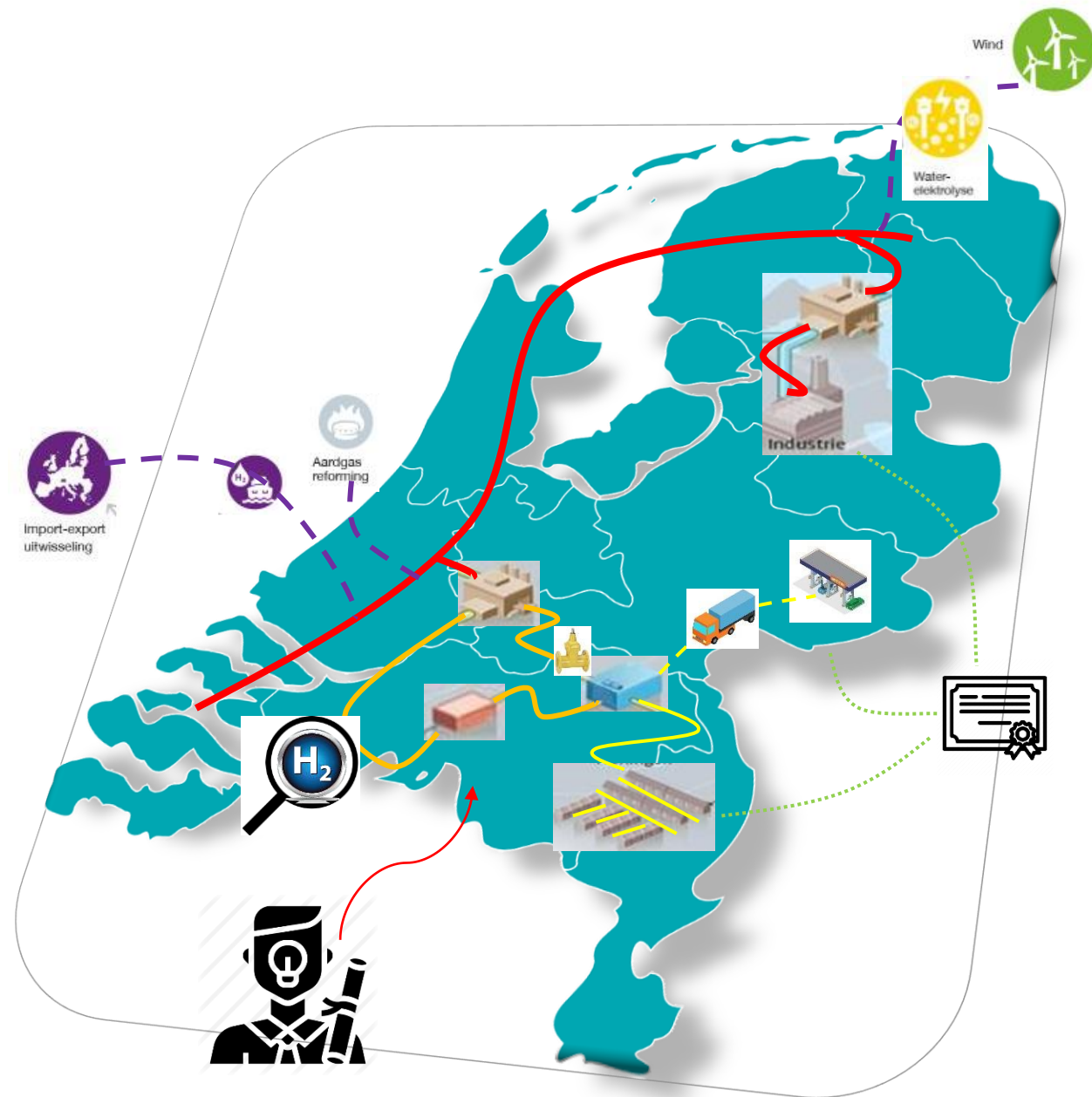
WP7A

Waterstof waardeketens

Presenter: Rob van Zoelen - NEC

Team: Joris Kee, Catrinus Jepma (NEC), Thomas Hajonides van der Meulen (TNO), Albert van den Noort (DNV)

17-06-2022

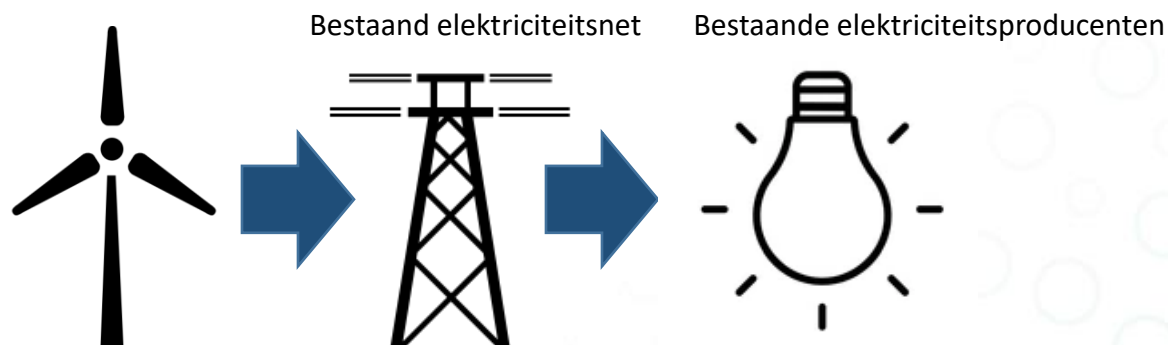


Waarom waterstof vanuit waardeketen perspectief?



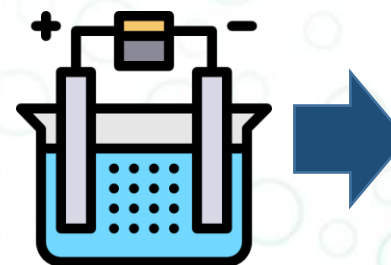
Producent hernieuwbare elektriciteit:

“Eureka! Ik kan kosteneffectief hernieuwbare elektriciteit produceren”



Producent hernieuwbare waterstof:

“Eureka! Ik kan kosteneffectief hernieuwbare waterstof produceren”



En nu...?

- Nauwelijks transport mogelijkheden
- Nauwelijks opslagmogelijkheden
- Beperkt aantal eindgebruikers

Oftewel, het van de grond krijgen van ‘schone’ waterstof productie is niet genoeg om de molecule te decarboniseren: alle waardeketen componenten moeten op de juiste tijd en plek kosteneffectief ingezet om waterstof beschikbaar te maken voor eindgebruikers. Bij het ontbreken van één component komt de keten, en waterstof niet van de grond.

Potentiele waterstof waardeketen componenten

Obtaining the hydrogen

Moving the hydrogen over time and space

Using the hydrogen

Sources	Production
<ul style="list-style-type: none"> - Natural gas - Biomethane - Oil 	Reforming (+CCS) <ul style="list-style-type: none"> - SMR - ATR
<ul style="list-style-type: none"> - Coal - Biomass 	Gasification (+CCS)
Electricity <ul style="list-style-type: none"> - Renewable - Nuclear - Fossil 	Electrolysis
Industrial by-product	

Conversion, reconversion, compression, purification					
Carrier	Transport			Storage	
	Pipeline	Truck	Ship/ barge /train	Tank	Geological underground
Gaseous H ₂ (g)	X	X		X	X
Liquid H ₂ (l)		X	X	X	
LOHC (MCH) (l)		X	X	X	
Ammonia (l)	X	X	X	X	
Methanol (l)		X	X	X	
Formic Acid (l)		X	X	X	
NaBH ₄ (s)		X	X	X	

End use	Carrier		
	gH ₂	NH ₃	MeOH
Industrial heat	X		
Built environment	X		
Mobility	X		
Electricity generation	X	X	
Industrial feedstock		X	X

Inzicht 1: Groene en blauwe productie van waterstof



- Voor alle typen eindgebruikers vormen de productiekosten het grootste aandeel in de ketenkosten
- Verschillen gekoppelde wind-electrolyse parken en ATR + CCS (kosten projecties 2030)

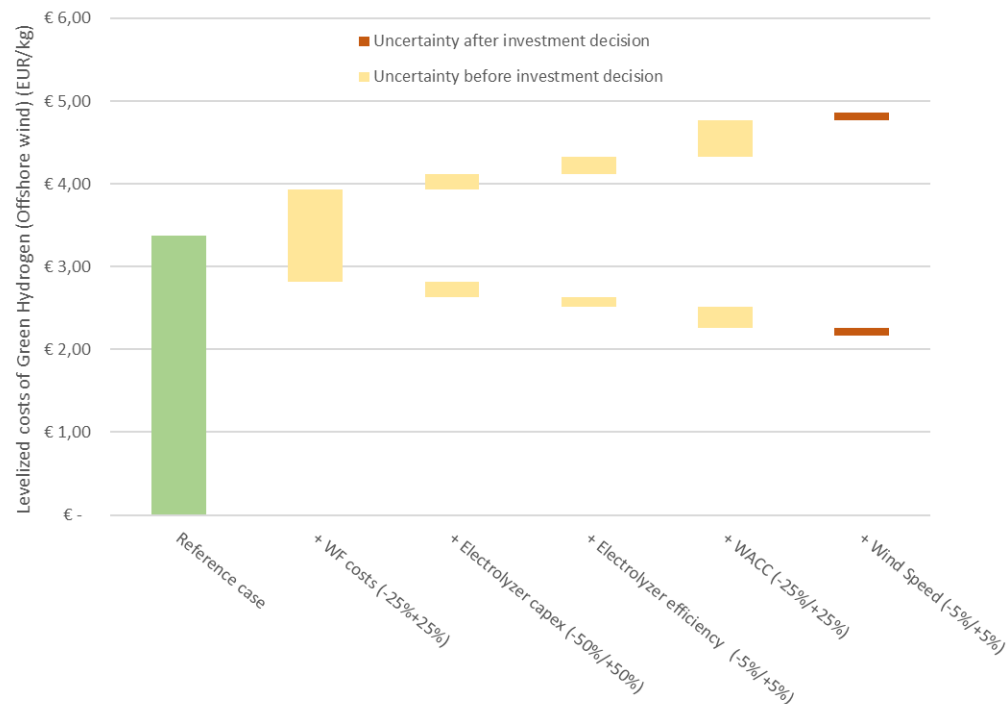


Figure 29 - Future cost of green hydrogen production via offshore wind (North Sea) in the Netherlands, 2030. Assumptions: Alkaline technology, CAPEX 450 EUR/kW, annual OPEX 2% of CAPEX, efficiency 47.6 kWh/kg of hydrogen, stack lifetime 60000 FLH, WACC 7%, dedicated Dutch offshore wind farm LCOE incl. 100km cabling result in 60 EUR/MWh.

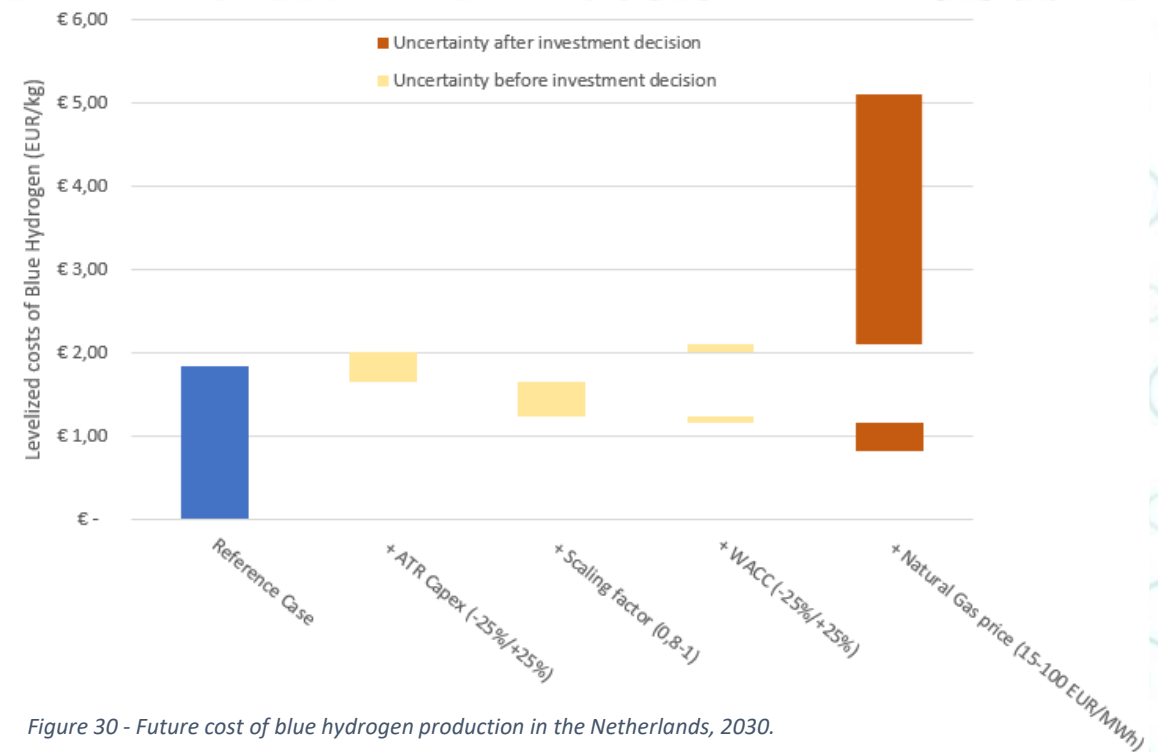
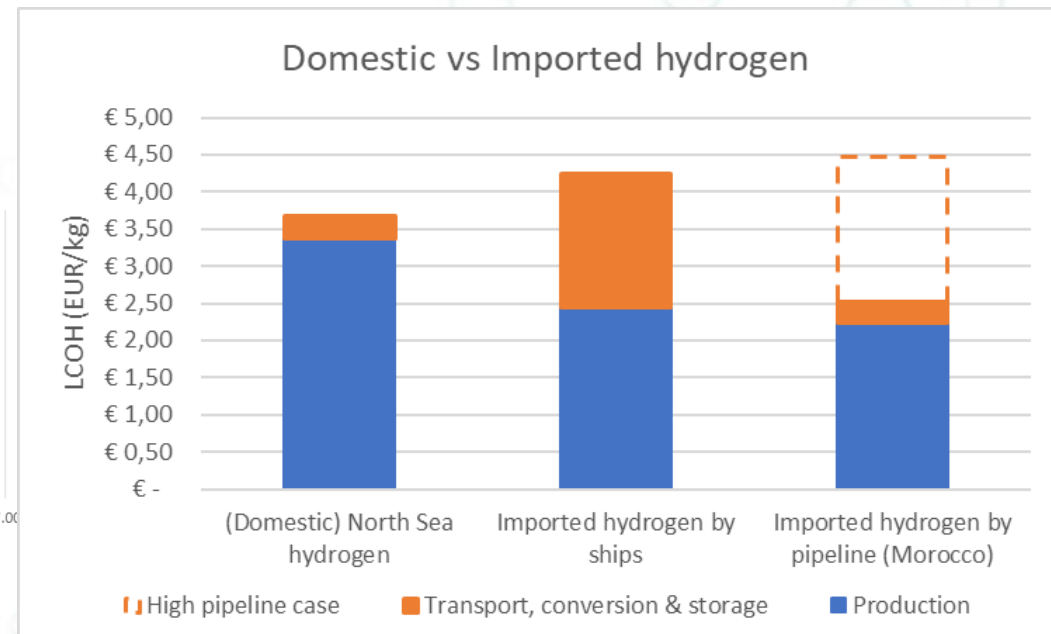
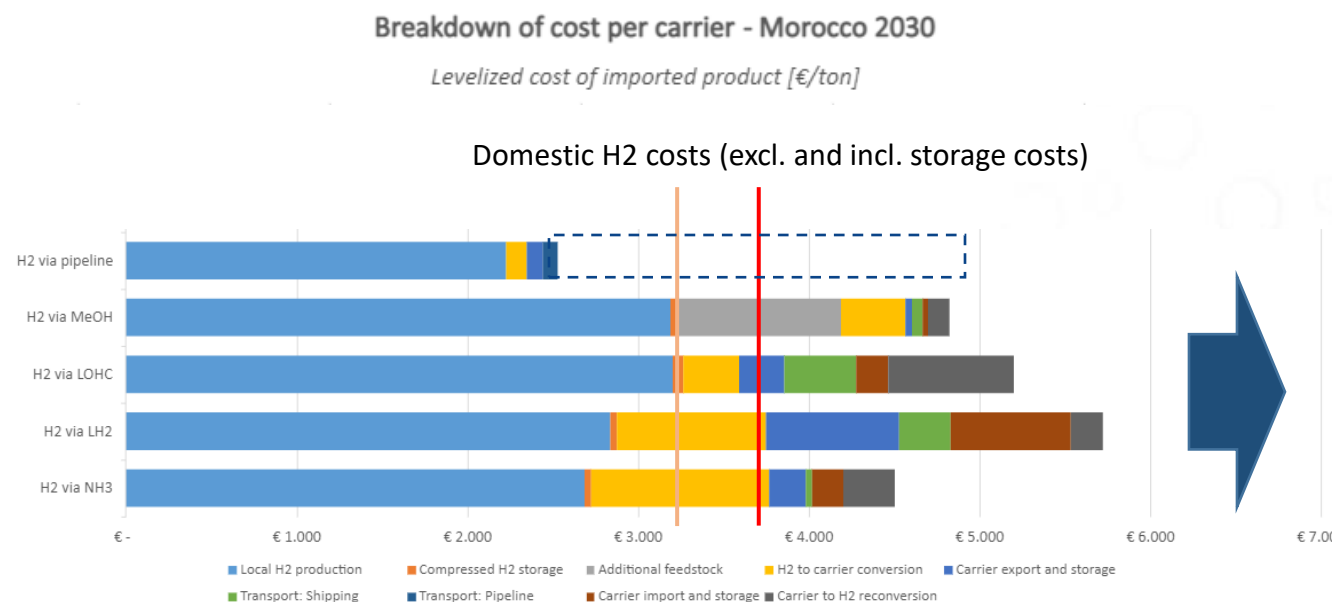


Figure 30 - Future cost of blue hydrogen production in the Netherlands, 2030.

Assumptions: ATR+CCS technology, CAPEX 1.3 MEUR/MW, annual OPEX 4% of CAPEX, capacity factor 92%, base scaling factor 1, Natural gas feed 1.2 MJ NG/MJ H2 LHV, Power consumption 0.014 kWh/MJ H2 LHV, base natural gas price 25 EUR/MWh, electricity price 60 EUR/MWh.

Inzicht 2: Geïmporteerde en binnenlandse waterstof



→ Als er door eindgebruikers om gasvormige waterstof wordt gevraagd, lijkt de importroute via schepen niet vanzelfsprekend kosteneffectief vergeleken met 'Noordzee' waterstof

Insight 3: Geïmporteerde en binnenlandse waterstof

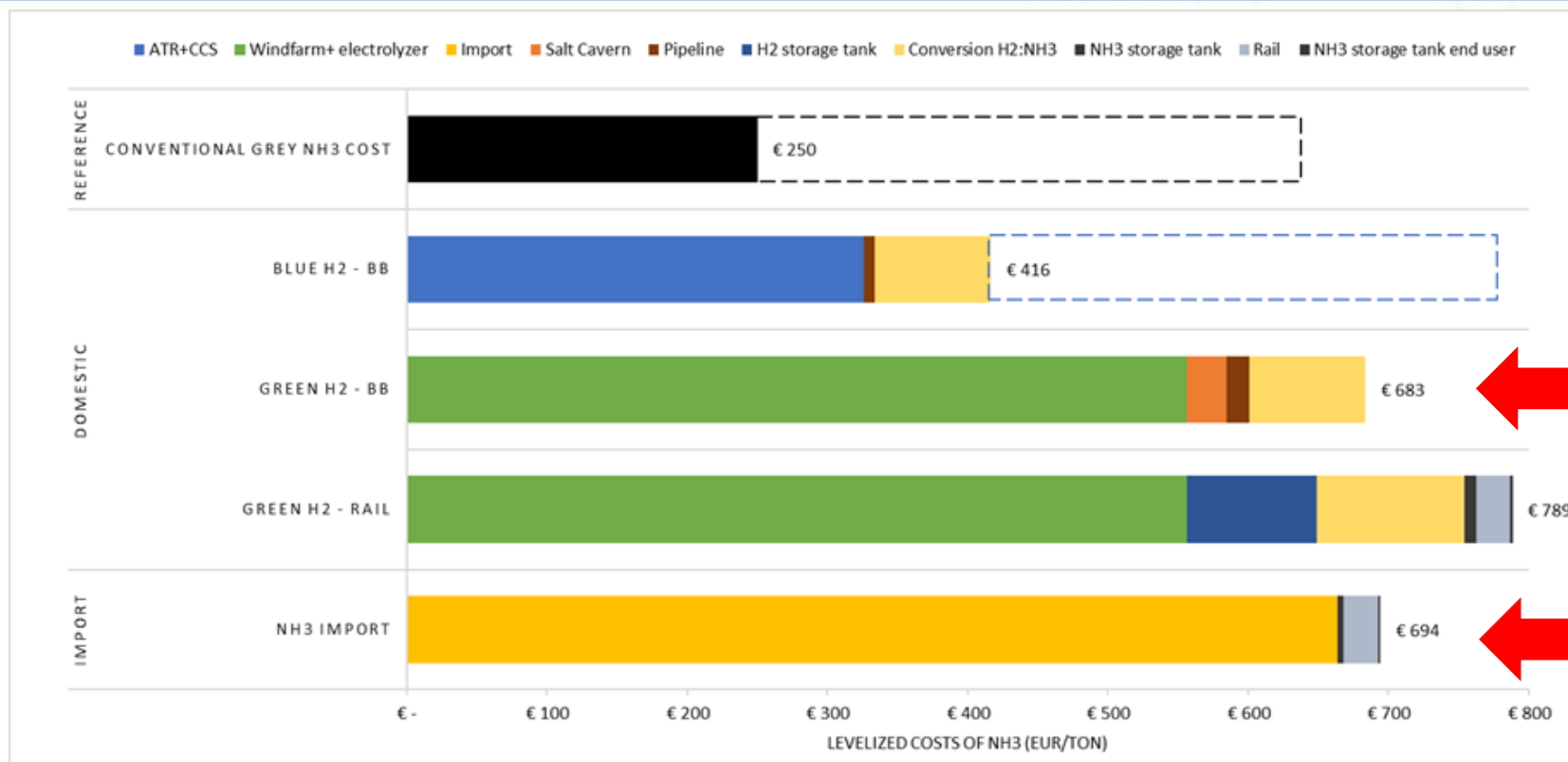


Figure 34 - Results of 2030 cost decompositions for ammonia value chains. Main assumptions: Natural gas price 25 EUR/MWh (dotted bars show impact of a natural gas price of 75 EUR/MWh: grey reference LCOA increases to 650 EUR/ton and Blue H2 BB increase to 770 EUR/ton), electricity grid price 60 EUR/MWh, LCOE of connected domestic offshore windfarm to electrolyser resulted in 60 EUR/MWh, green NH3 import costs include the average import costs by ship from Canada, Australia and Morocco, for the Green H2 Rail chain results of flexible conversion operation mode are presented.

- Als er directe vraag is naar dragers van waterstof, zoals ammoniak zijn geïmporteerde ketens vergelijkbaar in kosten met binnenlandse ketens
- De importketen impliceert dat er ook binnenlands transport van ammoniak benodigd is

Voorbeeld: Impact CO2 en aardgas prijzen

- De CO2 en aardgas prijzen hebben grote invloed op de groene, blauwe en grijze ketens
- Voorbeeld: stel de aardgasprijs blijft in 2030 boven de 75 EUR/MWh en CO2 prijs 60 EUR/ton, dan is groene ammoniak in 2030 competitief met grijs en blauw onder de veronderstelde kostenprojecties



Figure 36 - Visualization of the impact of the natural gas and CO₂ price on the reference price of NH₃ and on carbon-neutral NH₃ produced from blue hydrogen. The resp. green and blue areas mark the uncertainty cost ranges of the green and blue hydrogen production cost developments until 2030, the grey area represents the uncertainty in fossil NH₃ costs based on the CO₂ allowance price (7.5 EUR/ton low, 120 EUR/ton high). The levelized costs presented are including transport to end-use site. The reference costs of NH₃ are calculated using 1.75-ton CO₂/ton NH₃ [2], the Natural gas price and the CO₂ costs of the past decade have been, respectively, +- 25 EU/MWh and 5-15 EU/ton CO₂ [3] [4] [5]. However, in 2021 a sharp increase of both European natural gas and carbon emission allowance prices is seen (since the autumn of 2021, the natural gas price 80-180 EUR/MWh and the carbon allowance price exceeded 60 EUR/ton CO₂).

Zie ook inzichten over de competitiviteit van andere sectoren in D7A.2 en kwalitatieve analyse van toekomstige marktdynamieken in bijlage E

Inzicht 3: Het bereiken van decentrale eindgebruikers

- Met name voor decentraal gelegen eindgebruikers kan de zogenoemde ‘laatste mijl’ van transport nog voor aanzienlijke kosten zorgen.
- Als de volumes laag zijn en lokaal restwarmte beschikbaar is, kan transport via LOHC trucks een optie zijn in eerste fases. De pijpleiding optie wordt goedkoper naarmate volume toeneemt
- Eindgebruikers met kleine volumes, zoals een enkel vulpunt of een wijk, kunnen significant goedkoper aangesloten worden als een pijpleiding kan worden gedeeld met andere nabij gelegen eindgebruikers, zoals lokale industrie

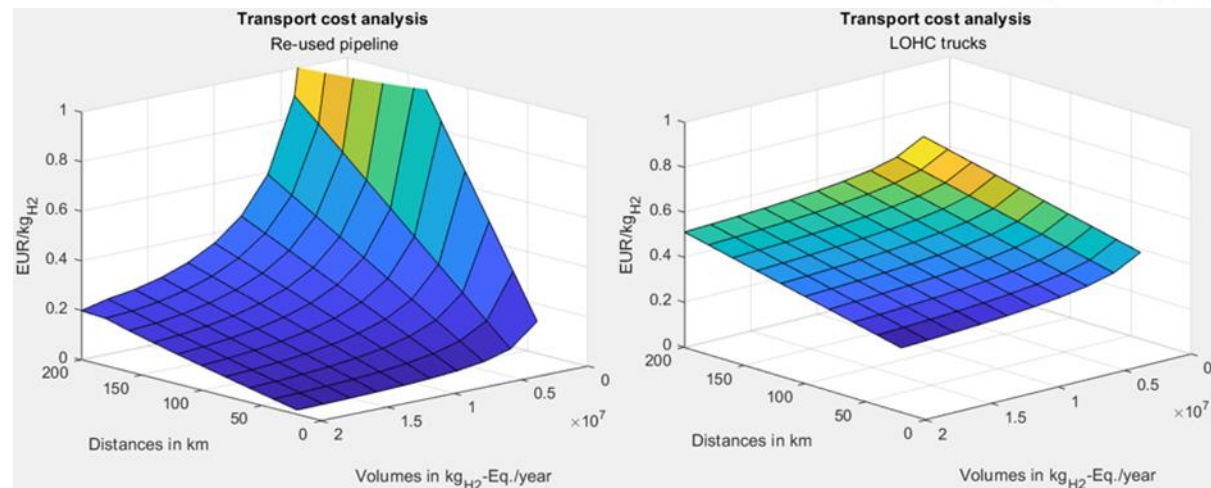


Figure 47 – Impact of distance and volumes on transport costs. The volumes are presented in kilograms of hydrogen equivalents transported towards a single location per year (for example 2×10^7 kg equals 20 kT). Assumptions: transport to 51 locations, existing pipeline diameter is 0.21 meter (based on Dutch regional natural gas transport grid). LOHC truck transport costs include costs for conversion and reconversion per location, heat for LOHC reconversion is considered to be waste heat of 0 EUR/MWh, if these costs for heat would be 25 EUR/MWh, additional 0.24 EUR/kg costs are added in those chains, however released heat during conversion to LOHC can potentially be sold as well. Note: the transport costs for LOHC trucks presented in this figure could be reduced with 0.10 €/kg if conversion for all 51 locations will be done centrally at one location, due to economies of scale in the conversion costs. As described in Figure 43, central conversion is assumed in the costs presented in Figure 44.

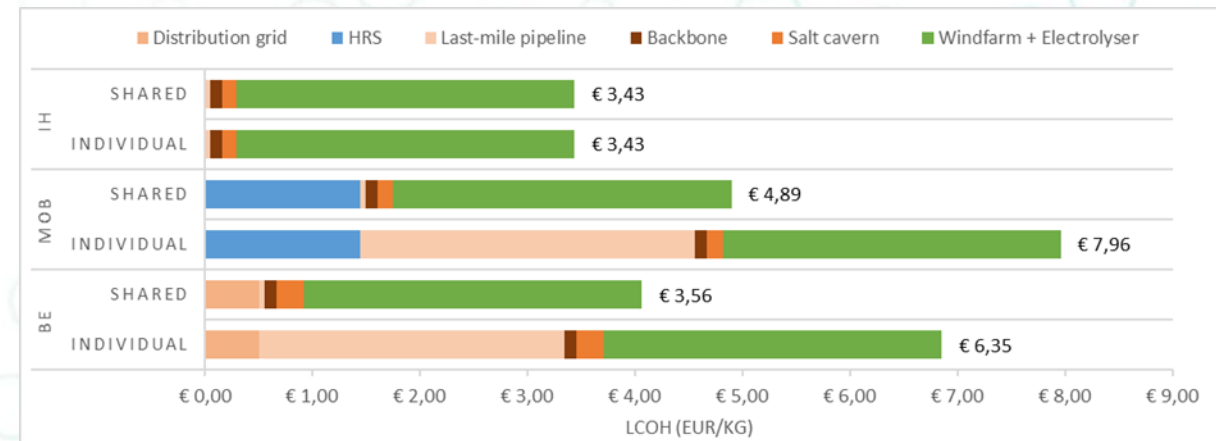


Figure 1 – Cost reduction of sharing last mile (regional) pipelines compared to using individual pipeline infrastructure per end use. Assumptions: in the individual chains a single end user (industrial plant (IH), HRS (Mob) or neighbourhood (BE)) is connected to the last-mile pipeline of 25 km connecting the end user with the backbone. If that pipeline can be shared among the one of each three types of end users, the pipeline costs are based on the consumption volumes of those three end users together.

- Decentrale hoge temperatuur warmte
 - Kan als accelerator dienen voor regionale waterstofclusters
- FCEV mobiliteit
 - Drie mogelijk effectieve ketens o.b.v. regionale factoren:
 - Gekoppeld aan regionaal waterstofnet
 - Via lokale productie
 - Via drager
- Gebouwde omgeving
 - Koppeling met nationaal net nodig door fluctuaties in seizoensvraag
 - Dichtheid in vraag in bepaalde regio bepaald de transportkosten per kilogram

→ Een regionale clusteraanpak is nodig die sectoren overstijgt, niet alleen om praktische maar ook economische redenen

- **D7A.1:** Hydrogen value chain literature review
- **D7A.2:** Techno-economic analysis of hydrogen value chains in the Netherlands: value chain design and results
- **D7A.3:** Summary for policymakers: hydrogen value chains in the Netherlands



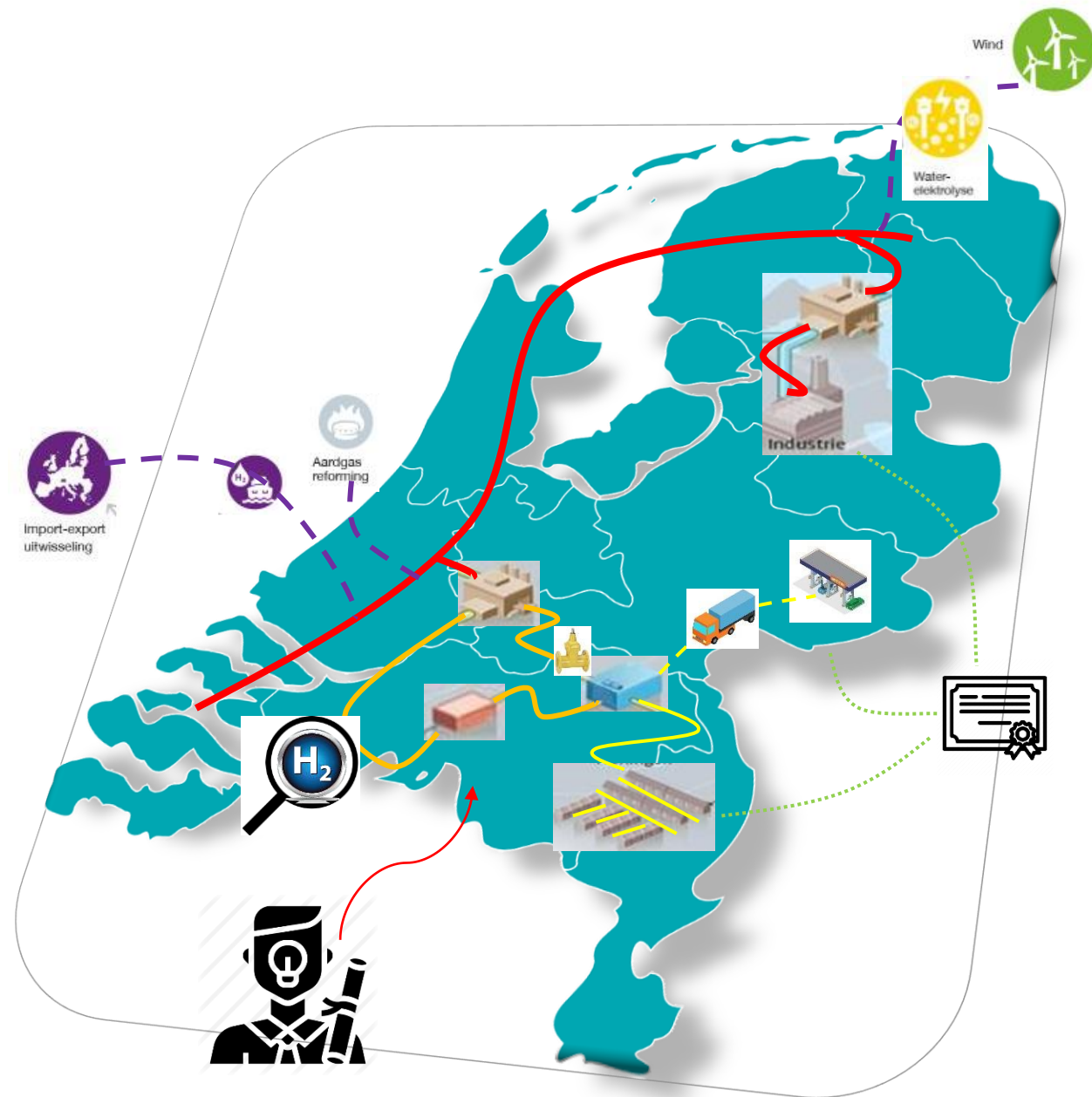
WP8

Bijmengverplichtingen voor waterstof

Presentator: Rob van Zoelen (NEC)

Team: Catrinus Jepma (NEC)

14-06-2022



De relevantie van een bijmengverplichting

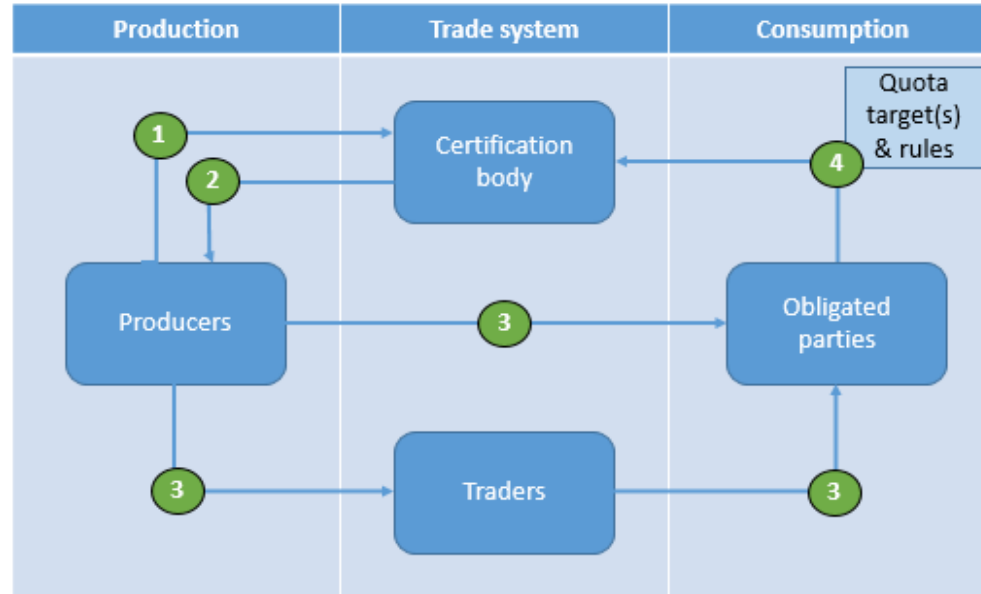
- Zoals gezegd: waterstof waardeketens komen niet van de grond zolang er geen vraag is.
- Vaak gehoord: “Het is onbekend of, en wanneer vraag voor waterstof van de grond komt.”
- Een aantal voordelen van een bijmengverplichting:
 - Het zorgt voor een acceleratie van de vraag en een markt voor waterstof;
 - Het reduceert het budget en de duur van mogelijke subsidies voor waterstof productie → afnemers betalen direct de meerkosten in plaats van de samenleving via belasting;
 - Het is een op de markt-gebaseerd mechanisme;
 - Het helpt om ‘schone’ waterstof in een beginfase beschikbaar te maken voor potentiële afnemers.

- Main aim: to assess if and to what extent mandatory admixing policy regimes involving green hydrogen can effectively be introduced

Activities		Method
D8.1	Literature review of physical and administrative admixing	Literature study
D8.2	Assessment of comparable admixing regimes	Qualitative assessment
D8.3	Introducing dedicated experiments to roll out admixing regimes in practice	Qualitative, interviews
D8.4	Economic analysis of potential market developments in hydrogen certificate markets	Qualitative, small calculations
D8.5	Listing the possible implications of the research for policies	

Physical and administrative blending

- Physical blending means that carbon neutral hydrogen is admixed into the existing flows of fossil gases or liquids
 - Existing examples: Biofuels are added to gasoline and diesel that you're tanking at the pump (E5, E10, B7 etc.), biomethane is added to the natural gas grid, renewable electricity is added to the fossil electricity in the electricity grid.
 - Potential examples related to hydrogen: renewable hydrogen is added to fossil hydrogen flows, clean hydrogen is blended into the natural gas grid, clean hydrogen is used to produce traditional fuels (i.e. the 'refinery route').
- Administrative or 'virtual' blending means that physical blending is not necessary, but that the blending obligation is fulfilled with the help of certificates that prove that carbon neutral hydrogen has been introduced into the energy system anywhere else.



1. Producer shares required production data with certification body
2. Certification body issues the fitting amount of certificates on the account of the producer
3. Certificates can be traded between producers, traders and obligated market parties, separate from the physical energy trade
4. Based on the quota, a specific amount of certificates should be cancelled every period by the obligated market parties

- **EU**
 - 50% of the hydrogen used for final energy and non-energy purposes by industry in 2030 should be ‘renewable fuels of non-biological origin’ (e.g. renewable hydrogen related) [Proposed amendment of RED II (2021/0218) [6], article 22a]
 - A sub target for ‘renewable fuels of non-biological origin’ (e.g. renewable hydrogen related) of 2.6% in 2030 [Proposed amendment of RED II (2021/0218), article 25b]
 - A minimum share of 5% ‘sustainable aviation fuels’, including at least 0.7% synthetic aviation fuels in 2030 [Proposed amendment of ReFuel EU (2021/0205), article 4 and annex I]
 - Transmission system operators shall accept up to 5% of physical hydrogen (volume) flows in their gas flows at interconnection points from 1 Oct 2025 onwards [Proposal amendment of the gas markets and hydrogen regulation (2021/0424), article 20.1]
- **National (Netherlands)**
 - The existing Dutch blending obligation for transport fuels accepts renewable hydrogen as of January 2022. For 2023 and 2024 accepting the ‘refinery route’ will be considered [Revised (as of January 2022) Dutch national blending obligation of transport fuels based on RED II (2018/2001)]
 - The new government proposed to start mandatory blending for biomethane [Coalition Agreement, 2022]
 - In the ‘National Hydrogen Program’ (Nationaal Waterstof Programma) stimulation of demand of the industry between 2022 and 2025 is named as one of the main actions [Werkplan Nationaal Waterstof Programma 2022-2025]

Hence: mandatory blending, especially administrative, of hydrogen is a topic that obtains an increasing political interest

→ As the impact of a mandatory scheme could be tremendous, those schemes should be implemented very carefully

1. The degree in which physical and virtual blending are accepted
2. The degree in which differentiation within the quota is applied
3. The design of the certificate scheme and its market
4. Uncertainty and volatility of (future) certificate prices
5. The way that is dealt with imported hydrogen (carriers)

- Potentiële issues:
 - Mismatch tussen vraag en aanbod
 - Sterke fluctuatie in certificaatprijzen

Table 3 – Overview of policy measures to stabilise certificate markets

Minimum/ maximum price	Guarantee (full/partial)	Measure
Maximum price	Fully	Fixed penalty price
	Partially	Market Stability Reserve
		Adaptable quota target
Minimum price	Fully	Minimum fee price
	Partially	Market Stability Reserve
		Adaptable quota target
		Flexible subsidy scheme
Remaining price stability measures		Banking/borrowing
		Headroom (referring to UK RO)
		Transparent market information

Differentiatie binnen bijmengverplichtingen

- Risico's:
 - lock-in van bepaalde technologieën
 - Windfall profits
- Maatregelen:
 - Carve-outs (sub-targets)
 - Technology banding
 - Bonus-malus

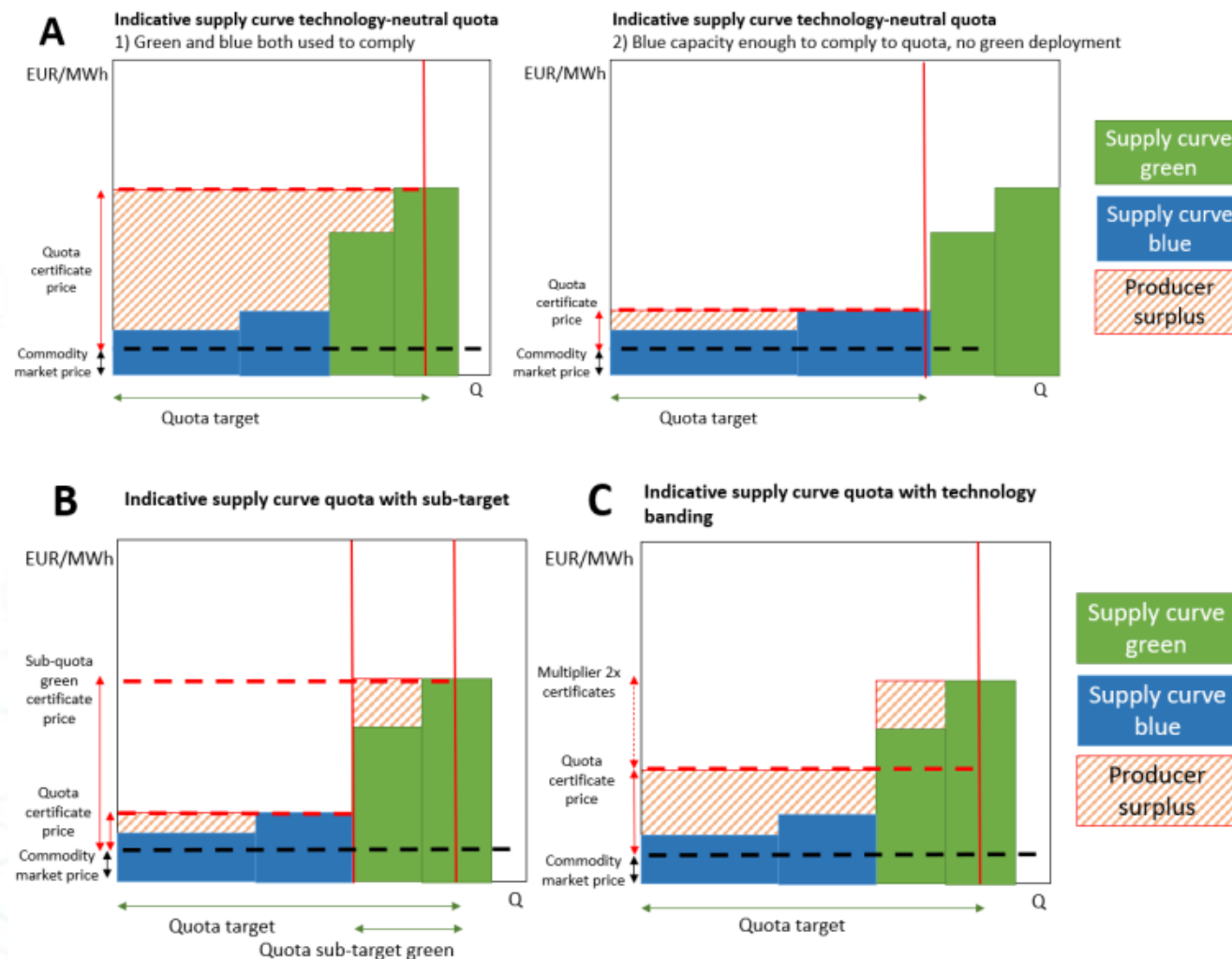


Figure 6 – Indicative quota supply curves showing the impact of A) a technology-neutral quota and B&C) a quota obligation including technology specific measures on the producer surplus

How to proceed?

- WP8 provided suggestions for three potential mandatory hydrogen blending schemes, including pilots to initially test them. These pilots are suggestions for first steps to determine if and how mandatory blending can be implemented

Proposed schemes			
Proposed scheme	1: Industrial	2: Fuels	3: Generic gas mix
Market sectors	Chemical industry	Mobility	Public gas delivery
Obligated parties	End-user: industries using hydrogen	Suppliers: fuel suppliers delivering sufficiently large volumes	Suppliers: gas suppliers
Base of the quota	% of total H2 used in processes	% of total taxed fuel volumes (GJ) sold	% of total gas delivered
Accepted quota energy carriers	<ul style="list-style-type: none"> Renewable H2 (Low-carbon H2) 	<ul style="list-style-type: none"> Renewable H2 Currently accepted renewable fuels 	<ul style="list-style-type: none"> Renewable H2 (Biomethane) (Synthetic methane)

Proposed pilots for schemes			
Scheme	1: Industrial	2: Fuels	3: Gases
Type of pilot	(Virtual) pilot	Pilot by adapting existing regulations	Pilot in specific region
Main challenges / points of attention	<ul style="list-style-type: none"> What industries/processes included? How/if to include import? Speed of quota size adjustment 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrogen in separate quota or not Quota compatible with demand Which certificates can be used? 	<ul style="list-style-type: none"> Safety and grid integrity Testing local grid conversion Social aspects incl. safety of appliances
Indicative year of pilot finalization and introduction full scheme	2026	2022*/2025	2028

Note: For an extensive description of the detailed characteristics of the proposed pilot schemes, see D8.3 'Pilots for introducing hydrogen blending quota'.

^[1] E.g. similar to existing fuel blending obligation: >500.000 litres, kg or Nm3 of fuel annually.

^[2] This point also relates to a discussion in the Netherlands on whether certificates from refinery processes can be used for fuel blending purposes.



Thank you for your attention!

Rob van Zoelen

r.vanzoelen@newenergycoalition.org



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltanl



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Agenda van de dag

Start: 9:00 uur	Onderwerp	Spreker
Duur		
5 min	<u>Welkom</u>	Jörg Gigler, TKI
10 min	Introductie: HyDelta samenvattend rapport	Catrinus Jepma, New Energy Coalition
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging	
	Technische analyse van internationale waterstofwaardeketens	Thomas Hajonides van der Meulen, TNO
	Systeemwaarde van waterstof	Martijn Duvoort, DNV
	Technoeconomische (binnenlandse) waardeketenanalyse	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
	Admixing en waterstofbijmenging	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 2: waterstofveiligheid	
	Waterstof risicoanalyse (waterstof en veiligheid)	Albert van den Noort, DNV
	Impact van stromingsnelheid van waterstof op componenten in het bestaande gasnetwerk	Leonard van Lier, TNO
	Odorisatie van waterstof	Erik Polman, Kiwa
	Standaarden voor waterstof	Hans de Laat, Kiwa
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 50 mins totaal	Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk	
	Gasstations	Sander van Woudenberg, Kiwa
	Leidingen en binnenapparatuur	Sander Lueb, Kiwa
	Hoeveelheidsmeting van waterstof	Hans de Laat, Kiwa
	Testen van afsluitventielen in het transmissie netwerk (>16 bar)	Nard Vermeltfoort, Kiwa
	Ontwikkeling van trainingstrajecten voor technisch personeel	Suzanne van Greuningen, Kiwa
Einde: 12.00 uur	Afronding van de sessie	

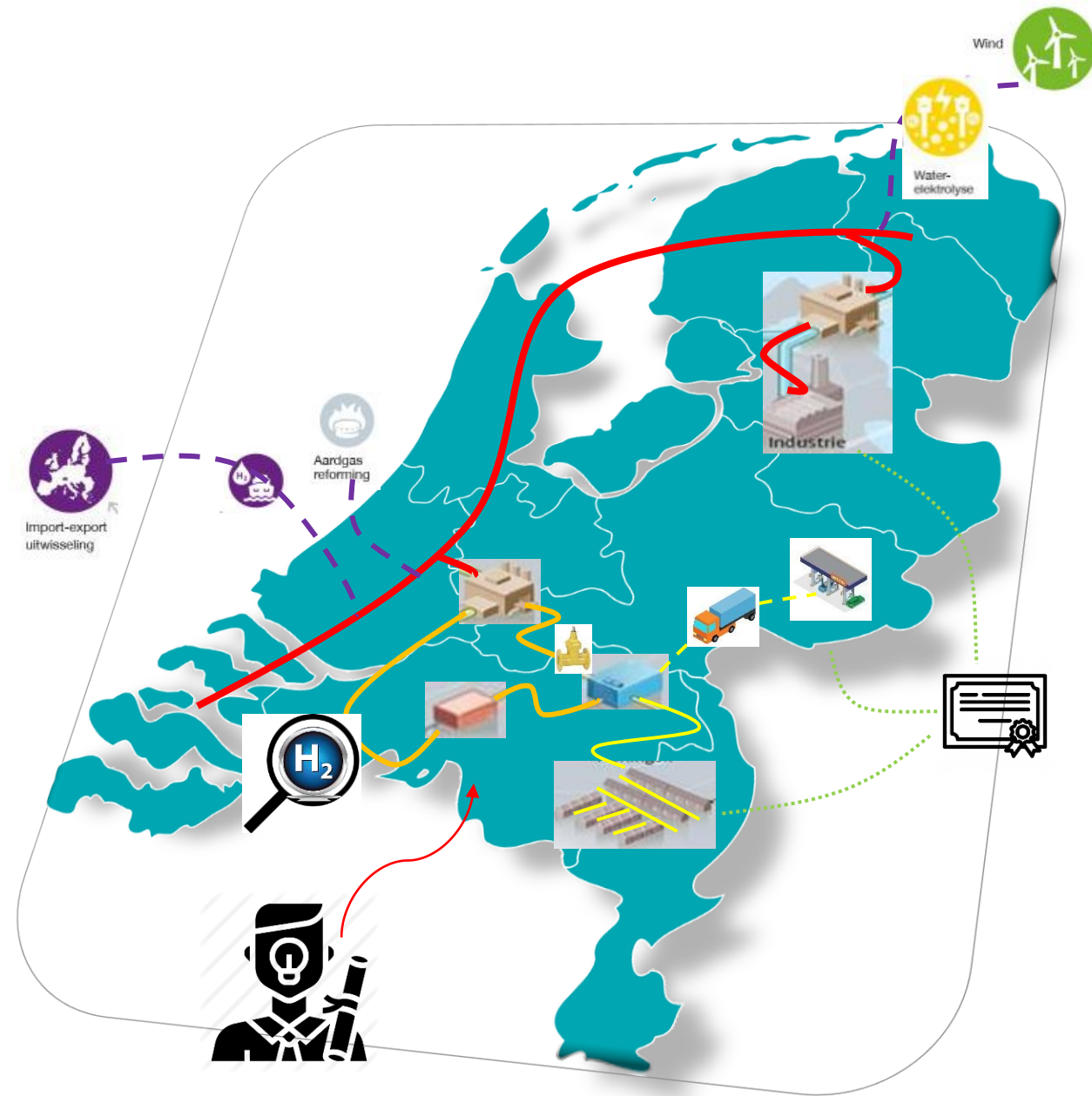
Agenda van de dag

Start: 9:00 uur		
Duur	Onderwerp	Spreker
5 min	<u>Welkom</u>	Jörg Gigler, TKI
10 min	Introductie: HyDelta samenvattend rapport	Catrinus Jepma, New Energy Coalition
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging	
	Technische analyse van internationale waterstofwaardeketens	Thomas Hajonides van der Meulen, TNO
	Systeemwaarde van waterstof	Martijn Duvoort, DNV
	Technoeconomische (binnenlandse) waardeketenanalyse	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
	Admixing en waterstofbijmenging	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 2: waterstofveiligheid	
	Waterstof risicoanalyse (waterstof en veiligheid)	Albert van den Noort, DNV
	Impact van stromingsnelheid van waterstof op componenten in het bestaande gasnetwerk	Leonard van Lier, TNO
	Odorisatie van waterstof	Erik Polman, Kiwa
	Standaarden voor waterstof	Hans de Laat, Kiwa
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 50 mins totaal	Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk	
	Gasstations	Sander van Woudenberg, Kiwa
	Leidingen en binnenapparatuur	Sander Lueb, Kiwa
	Hoeveelheidsmeting van waterstof	Hans de Laat, Kiwa
	Testen van afsluitventielen in het transmissie netwerk (>16 bar)	Nard Vermeltfoort, Kiwa
	Ontwikkeling van trainingstrajecten voor technisch personeel	Suzanne van Greuningen, Kiwa
Einde: 12.00 uur	Afronding van de sessie	



Thema 2: waterstofveiligheid

DNV Netherlands, TNO, Kiwa Technology



Plenary Progress Meeting

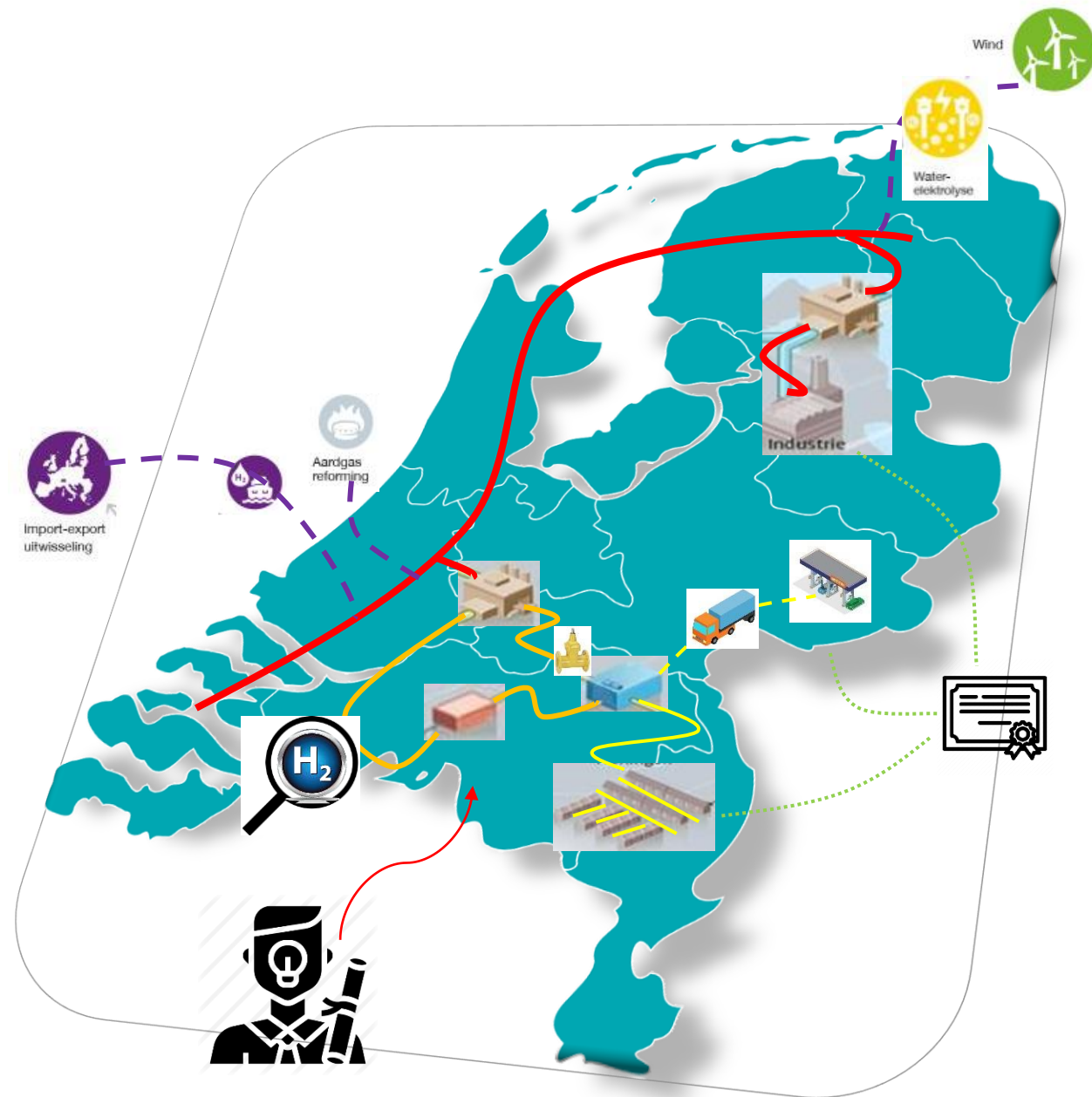
HyDelta

WP1a

Waterstof en veiligheid

DNV / KIWA

Albert van den Noort

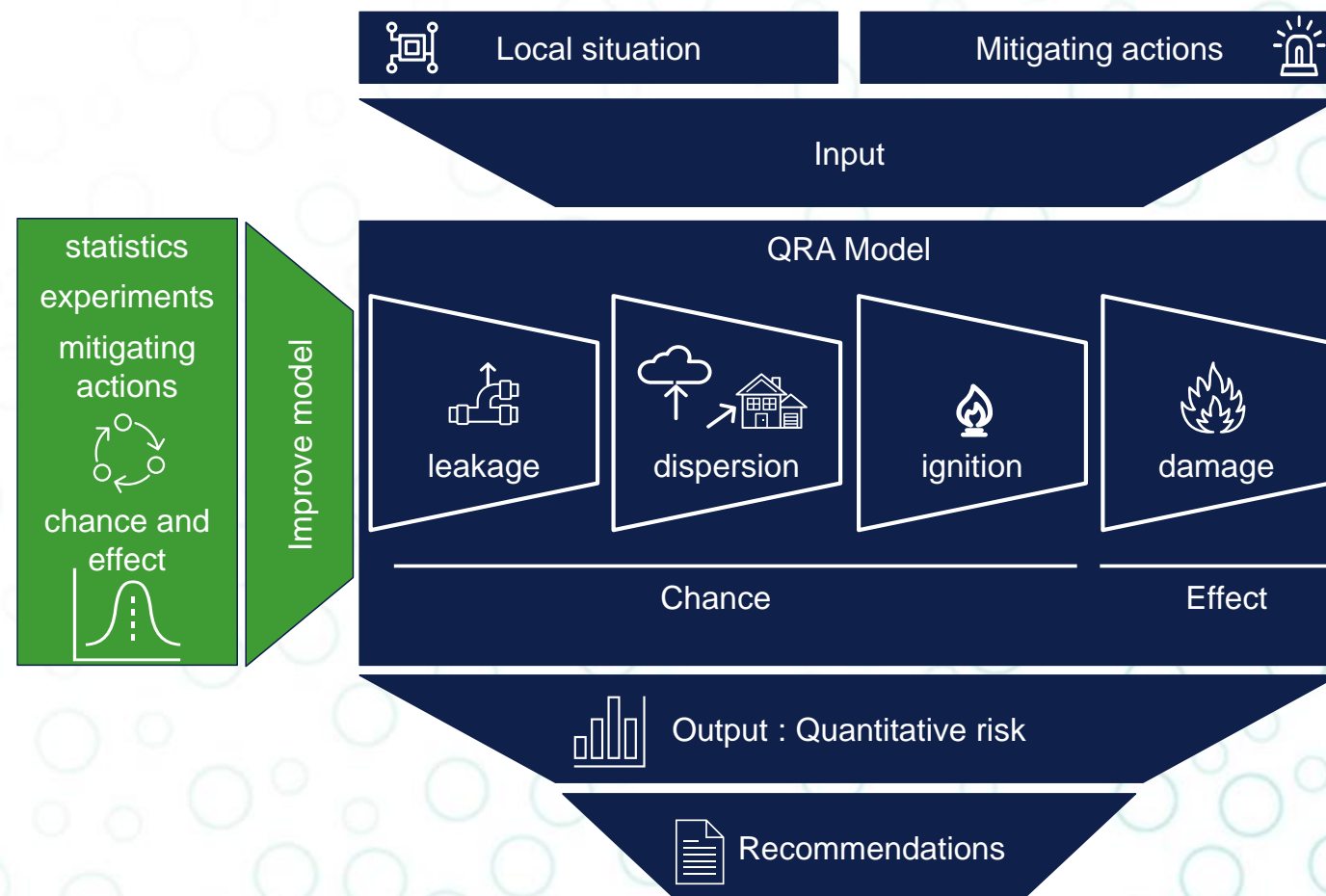


Doelstelling WP waterstof en veiligheid

- Risico's in kaart brengen omtrent het gedrag van waterstof bij lekkages in huizen en in het distributienet en aan de hand van de risico's beheersmaatregelen definiëren.

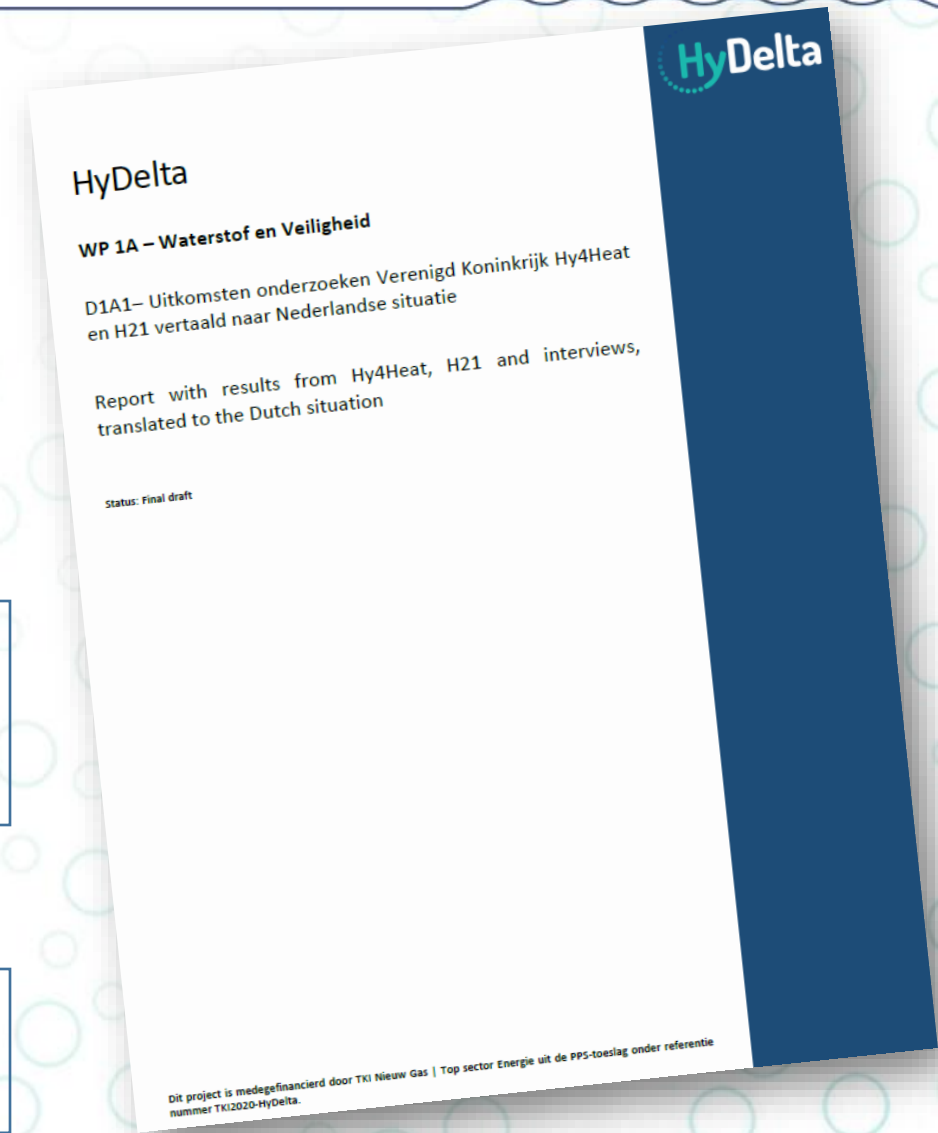
- 2 fasen:

- Inventarisatie van bestaande kennis vanuit VK (H21, Hy4heat etc)
- QRA, Additionele experimenten en aanbevelingen



Vergelijk met VK

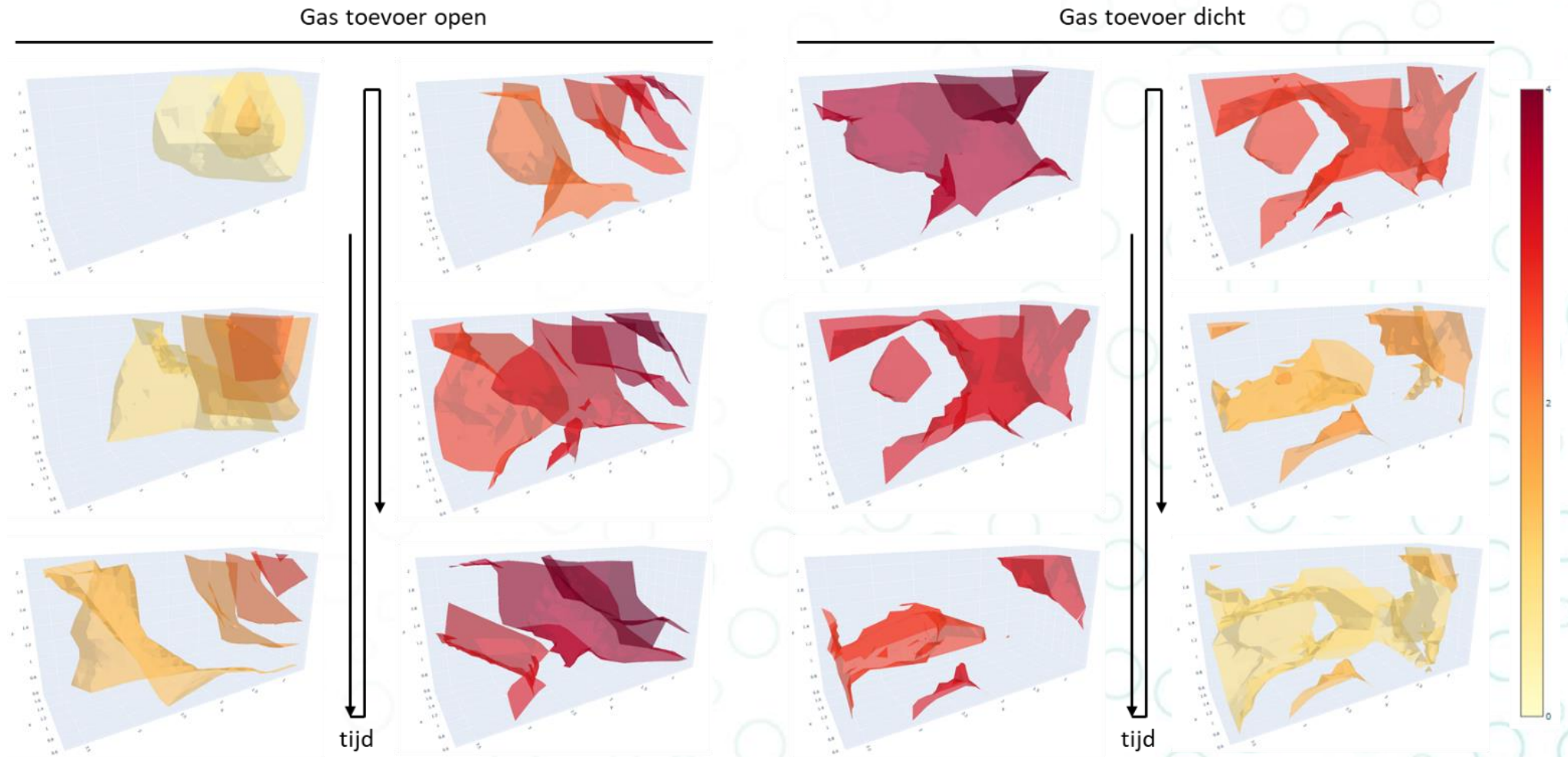
- Uitgebreide review van H21 en Hy4Heat
 - Beide projecten maken een risico analyse voor waterstof in het distributie net (H21) en achter de meter (Hy4heat)
 - Rapporten (deels) publiek beschikbaar
- Typische verschillen met Nederlandse situatie
 - Verschil in materialen, drukken en diameters voor gebruikte distributie netten: nog deels grijs gietijzer in UK
 - 50% van de meterkasten is buiten de woning geplaatst
 - Verschillen in typische huizen: geen kruipruimte / meer oudere huizen met hoge ventilatie graad



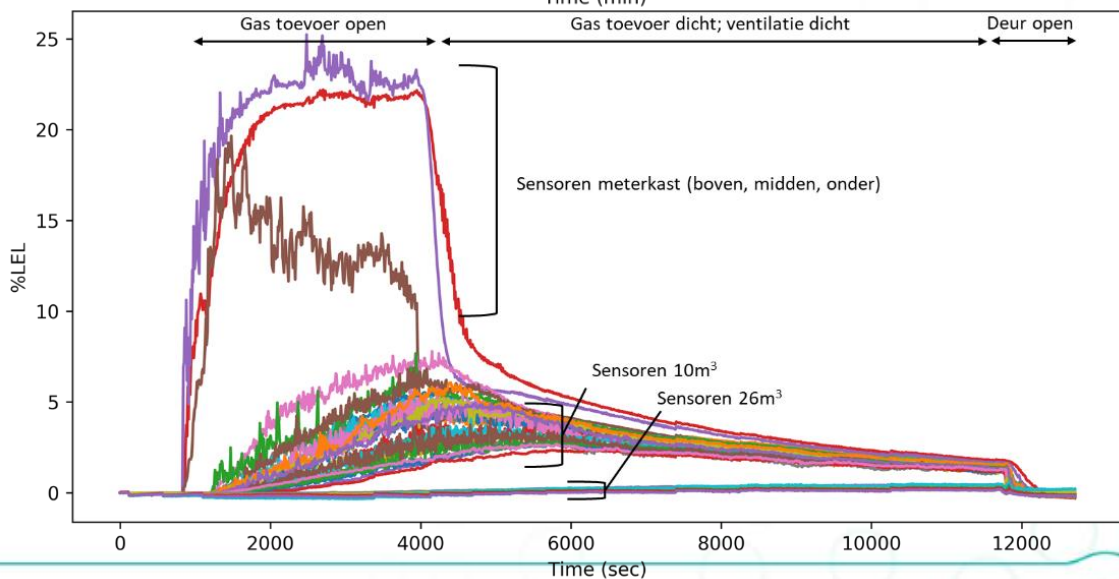
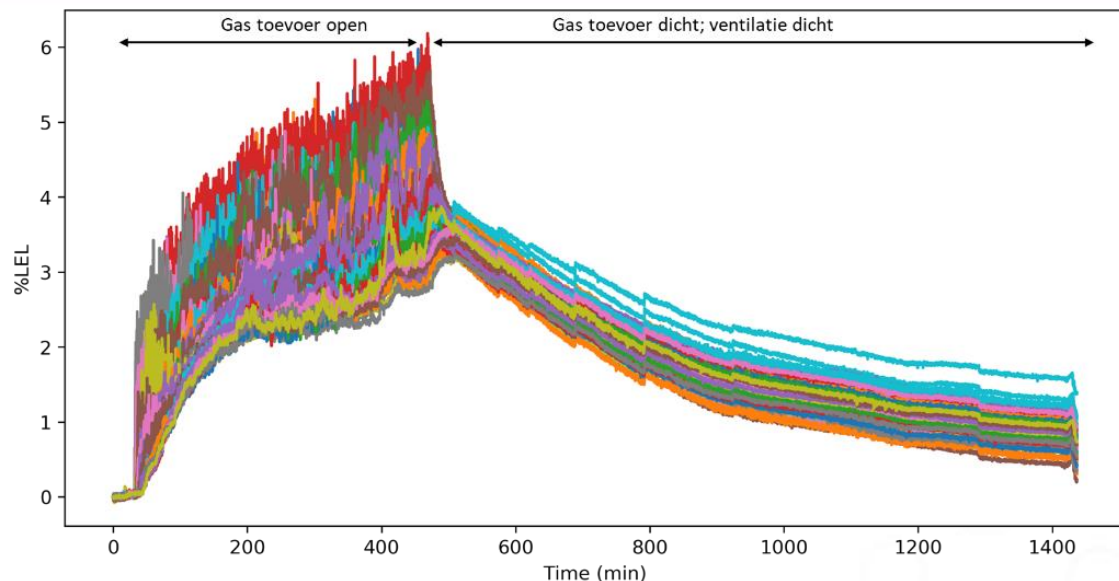
Experimenteel: invloed van ventilatie bij kleine lekkages



Kleine lekkages tot 20 l/h leiden tot lage concentraties (<LEL)



Kleine lekkages leiden tot lage concentraties (< LEL)

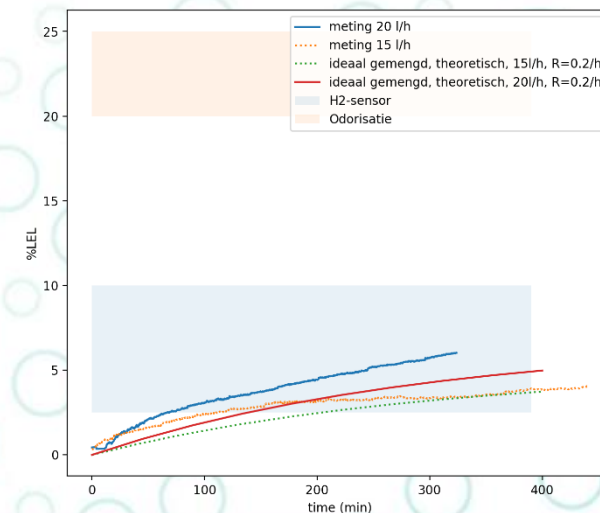
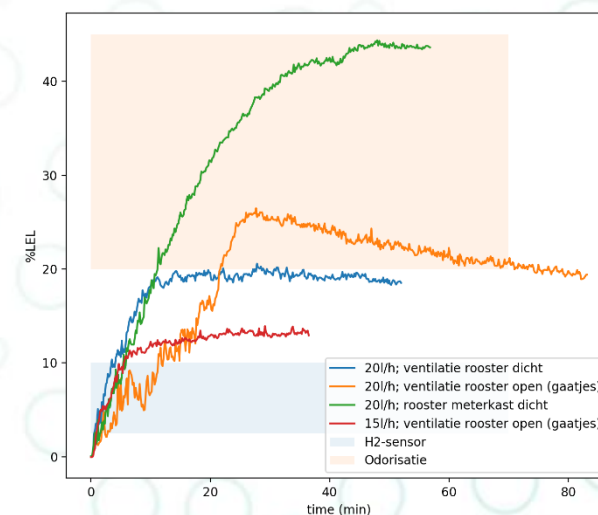


1. Concentratie opbouw is langzaam. Na sluiten van de toevoer neemt de concentratie (langzaam) af:

- Geen: \sim paar uur ($R=0.2$ /h)
- Deur: \sim 1-2 minuten ($R=15-20$ /h)
- Rooster: \sim 30 minuten ($R=1$ /h)

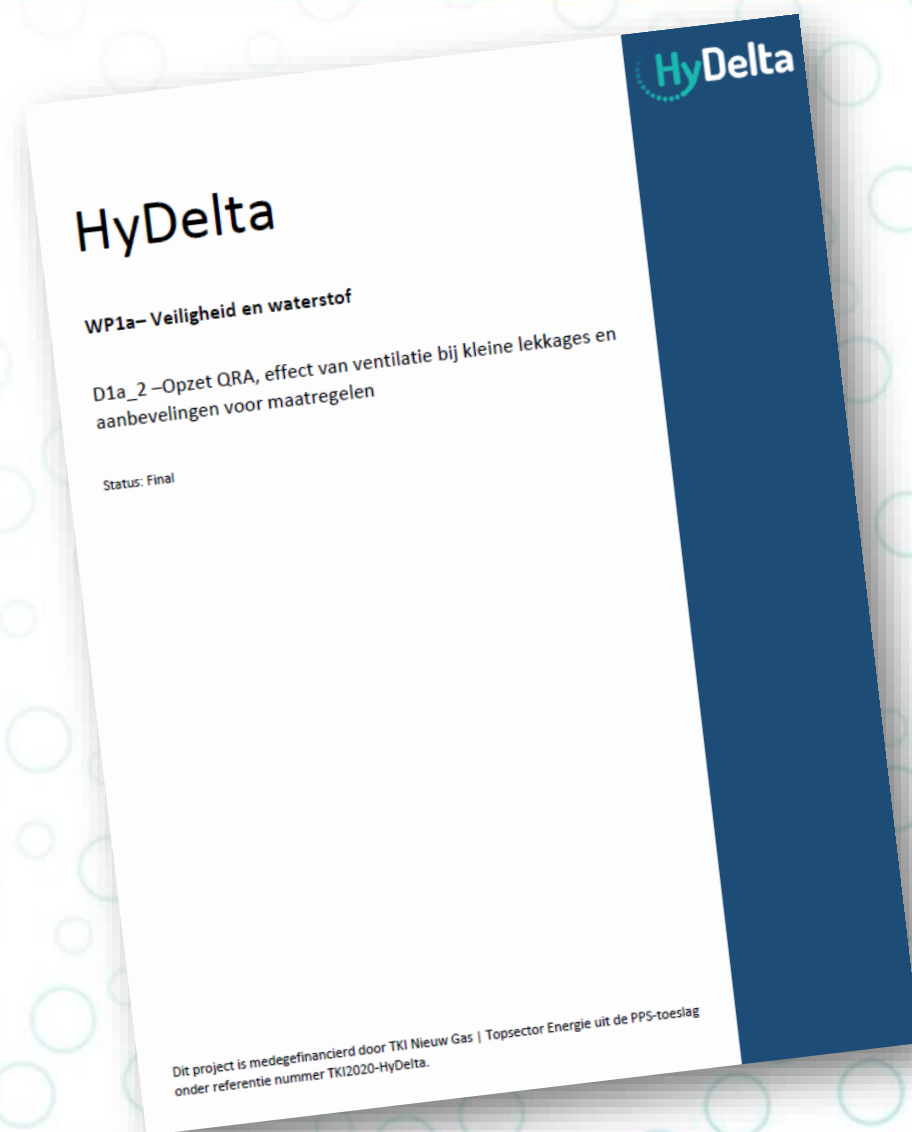
2. Concentraties in de meterkast vlakken af door ventilatie naar hal, en blijven laag

3. Odorisatie en H2-sensoren kunnen helpen bij detectie



Aanbevelingen voor mitigerende maatregelen

- Lijst met aanbevelingen voor maatregelen
 - Voor distributie net en 'achter de meter'
 - Gesorteerd op project fase
 - Voorkomen van (grote) lekkages, vroegtijdige detectie en inperken van de consequenties
- Op basis van input van de pilots
 - Long list, per pilot te bepalen wat relevant is
 - Later evalueren en aanpassen voor 'normale' H2 netten





Thank you for your attention!

Albert van den Noort

Albert.vandenNoort@dnv.com



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltanl



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Plenary Progress Meeting



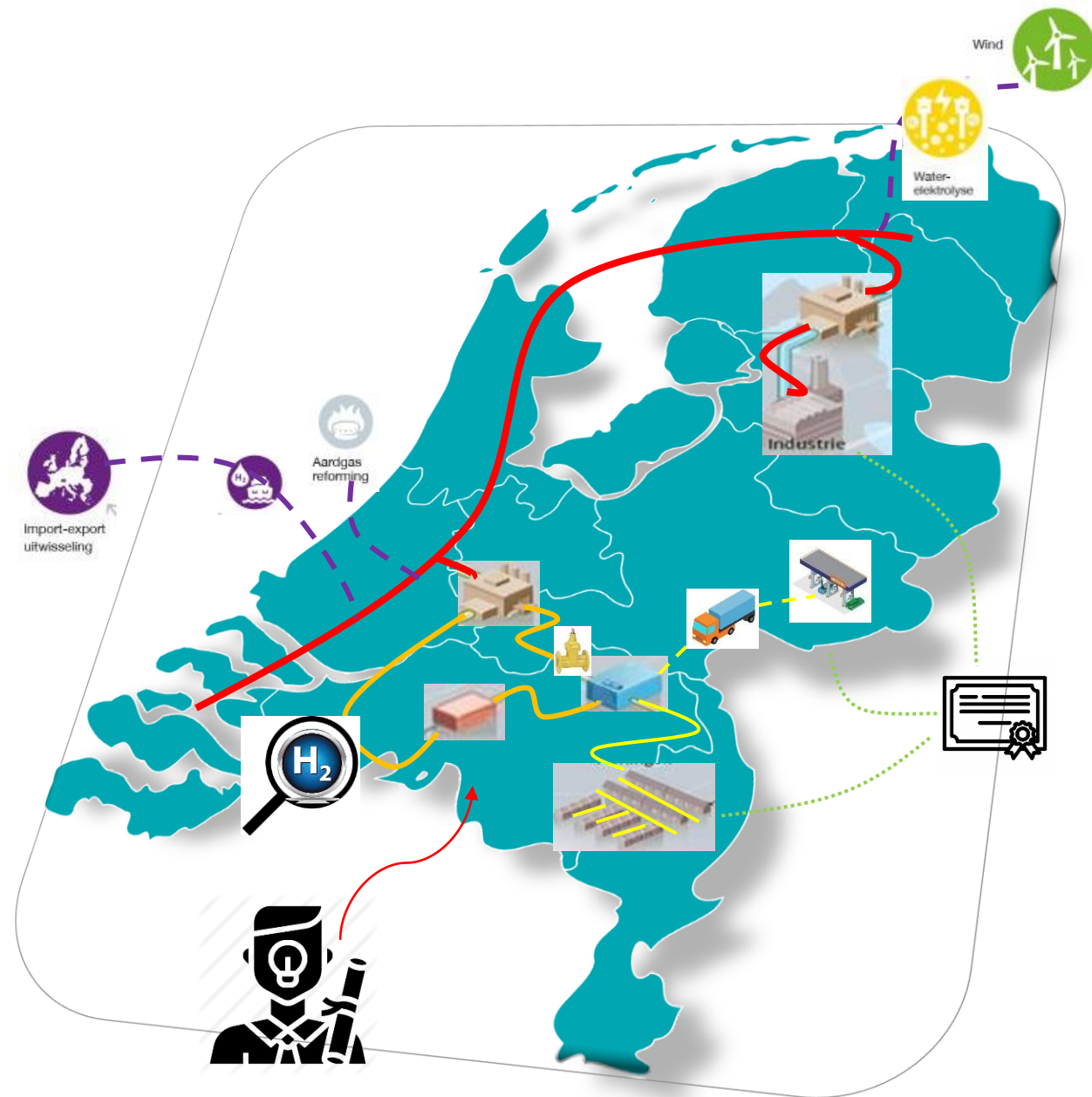
WP1E

Invloed van waterstof transport bij hoge stroomsnelheid op integriteit en geluid

TNO

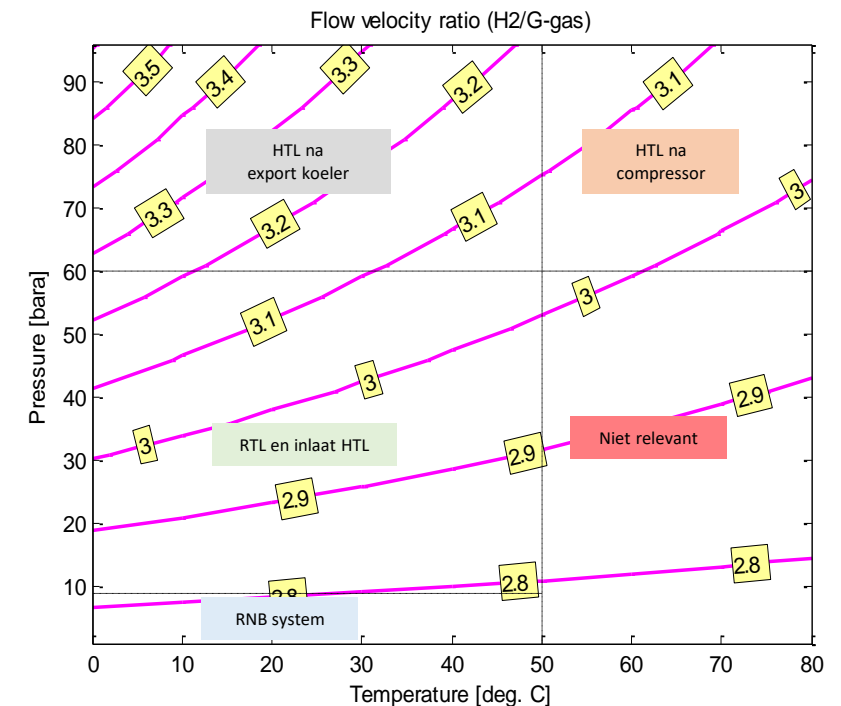
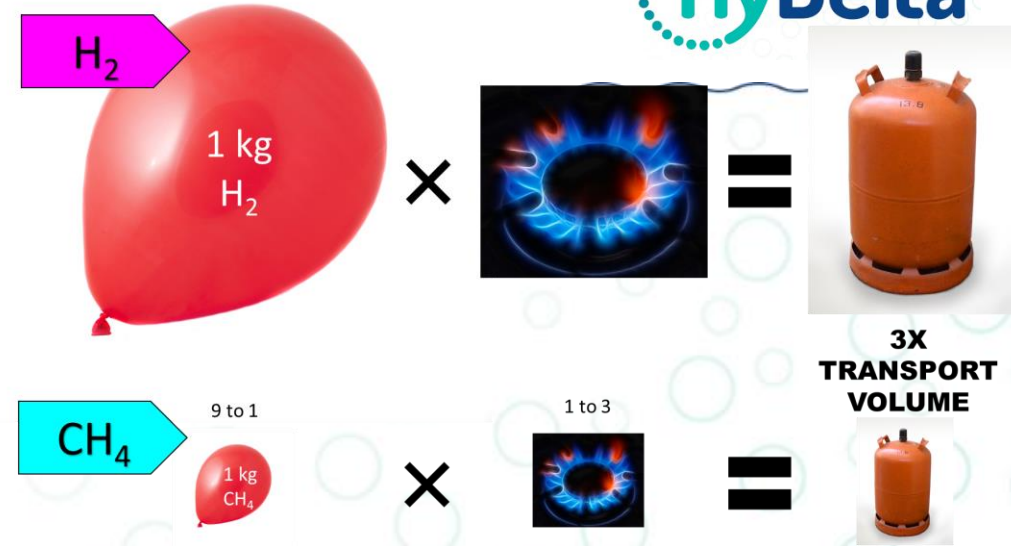
Leonard van Lier, TNO

17-6-2022



Introductie

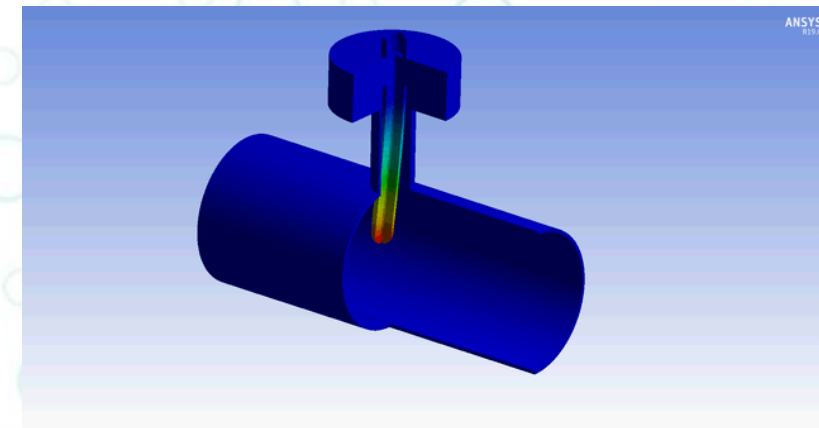
- Wanneer dezelfde hoeveelheid energie met waterstof wordt getransporteerd als met aardgas, zal de stroomsnelheid sterk toenemen.
- De figuren rechts, die H_2 vergelijken met CH_4 , illustreren dat een volumedebiet x3 nodig is. Voor aardgas van afwijkende samenstelling (moleculair gewicht en verbrandingswaarde) kan het verschil nog groter zijn. HyDelta focust op typisch G-gas).
- Het is essentieel te begrijpen of bestaande transportinfrastructuur een verhoogd risico ondervindt, door het waterstof transport bij hoge stroomsnelheid, vergeleken met aardgas.



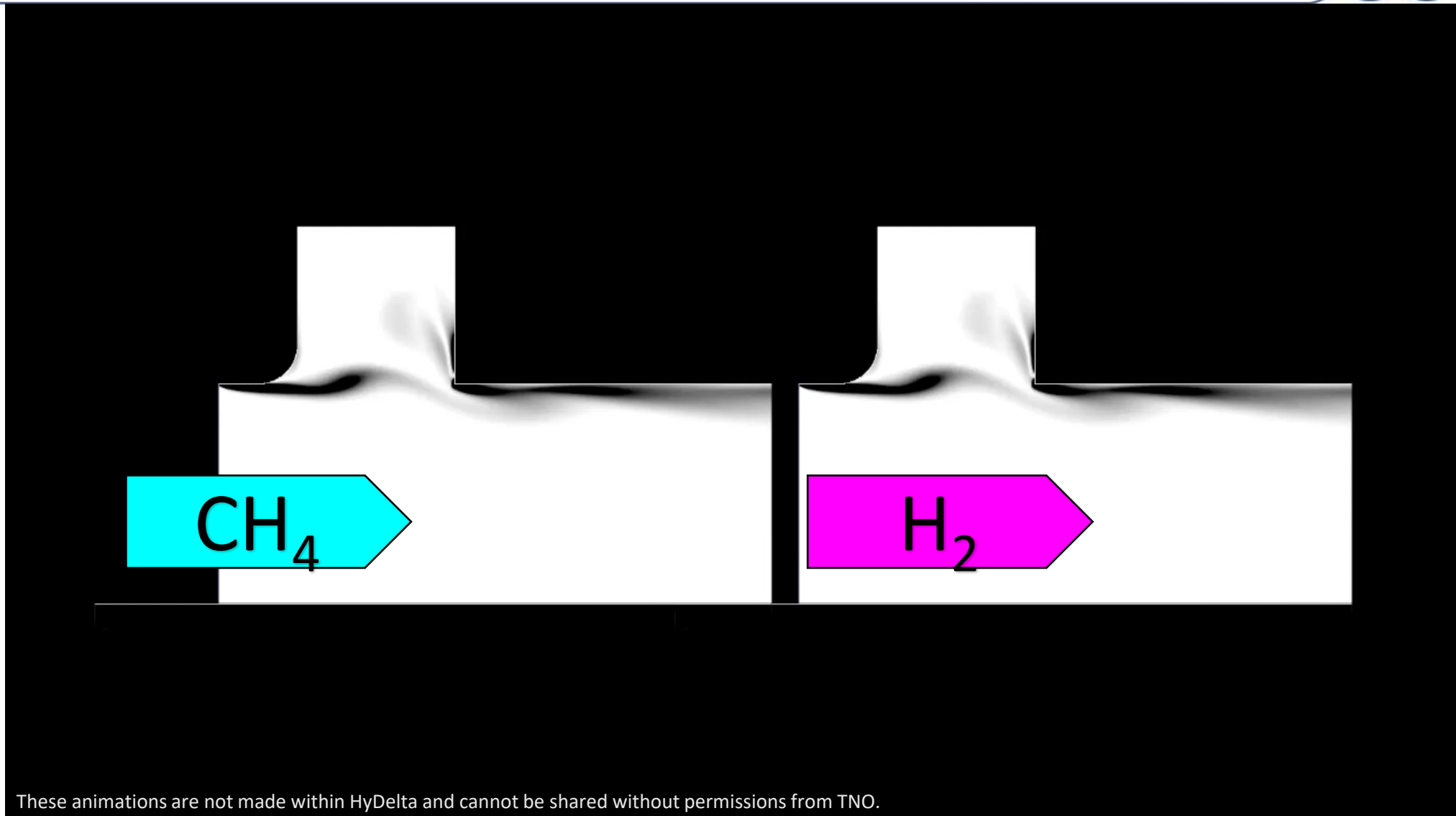
- Onderzoeksdoelstelling
 - Begrijpen van de invloed van verhoogde stroomsnelheid met H_2 op verschillende onderdelen van de bestaande infrastructuur. In het bijzonder waar dit een risico voor de integriteit is en verstoring van instrumentatie geeft: flow meters, filters, dempers, mixers, regelkleppen etc.
- Onderzoeksvraag:

Wat is de invloed van verhoogde H_2 stroomsnelheid op:

 - Geluidproductie in leidingen en druk reduceer installaties?
 - Stromings-geïnduceerde pulsaties en trillingen?
 - Ingestoken onderdelen (thermowells)?
 - Erosie?



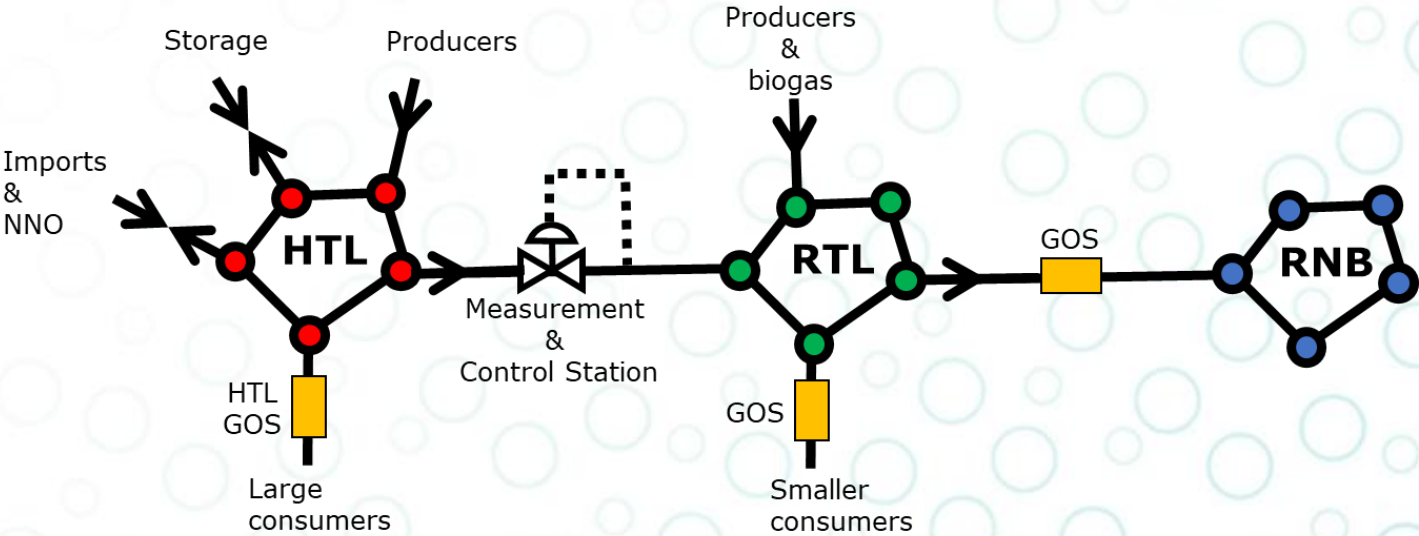
Achtergrond: vergelijk CH_4 met H_2



These animations are not made within HyDelta and cannot be shared without permissions from TNO.

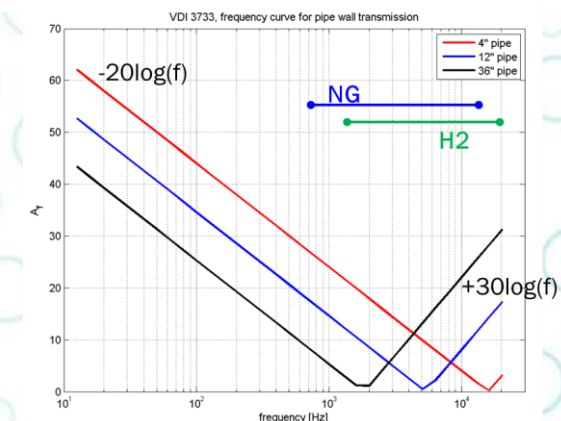
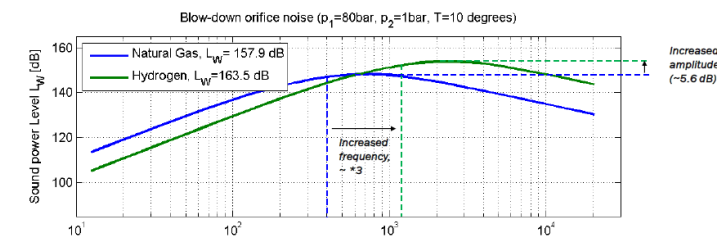
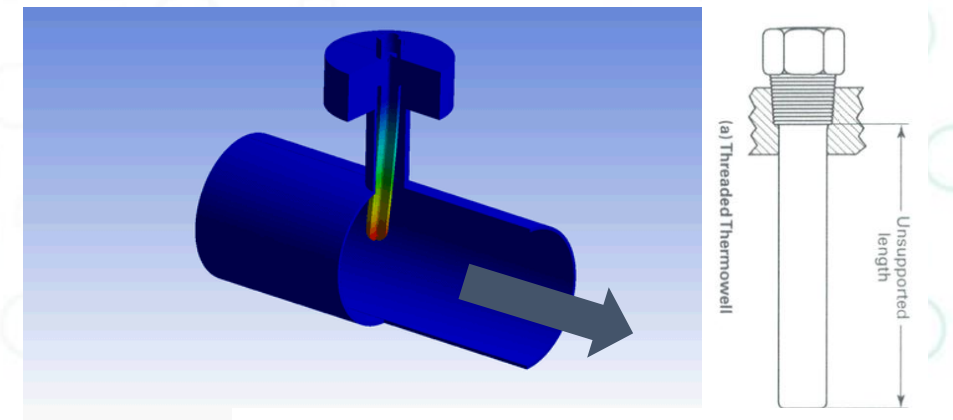
Overzicht typische “hoge stroomsnelheid” issues

Onderdeel	Drukval	Ingestoken instrumentatie	Turbulentie	Pulsaties	Klep geluid	Stromings geluid	Erosie
HTL leiding	x						x
HTL compressor station	x	x	x	x	x	x	x
HTL opslag	x	x	x	x	x	x	x
HTL M&R station	x	x	x	x	x	x	x
HTL GOS	x	x	x	x	x	x	x
RTL leiding	x						x
RTL GOS	x	x	x	x	x	x	x
RNB leiding HP	x	x				x	x
RNB leiding LP	x	x				x	x
RNB overslag stations	x	x	x		x	x	x
RNB district stations	x	x	x		x	x	x



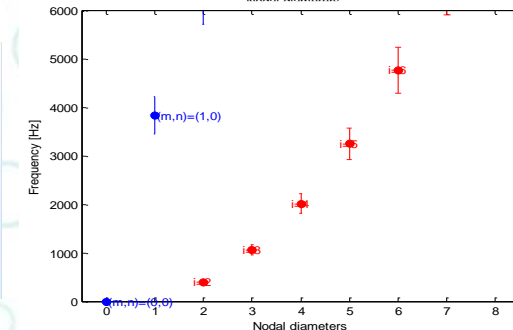
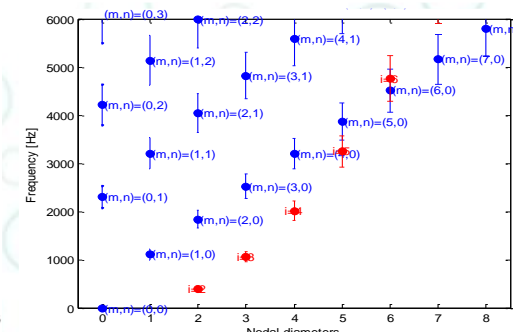
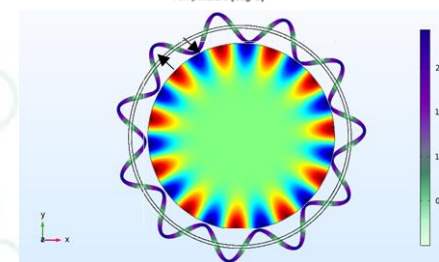
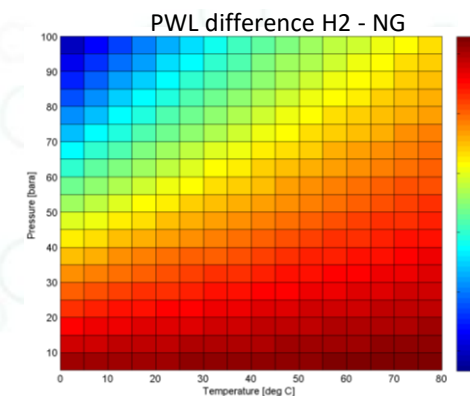
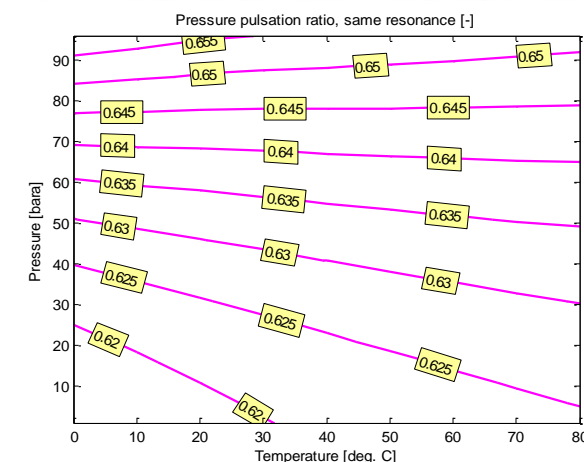
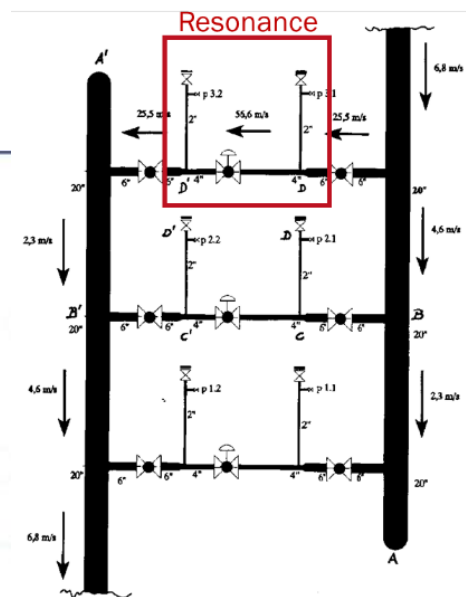
Samenvatting

- In eerdere webinars (2021,2022) zijn verschillende effecten van H_2 transport bij hoge snelheid behandeld.
- Korte, afgeschuinde thermowells blijven conform de ontwerp richtlijnen. Lang en recht ontwerp blijft niet conform richtlijnen; vervanging is aan te raden, voor HTL/RTL/RNB.
- Geluidproductie verschuift naar hogere frequenties (factor 3) bij drukafbouw. Diverse, tegenwerkende, mechanismes spelen een rol voor afgestraald geluid. In de meeste gevallen neemt afgestraald geluid af, in vergelijking met aardgas. Beoordeling van-geval-tot-geval blijft noodzakelijk.
- Erosie is vastgesteld als een mogelijk obstakel om de stroomsnelheid te laten toenemen. Aanvullend onderzoek is hiervoor noodzakelijk.
- Effecten van stromings-geïnduceerde pulsaties, turbulentie en klep geluid zijn onderzocht.

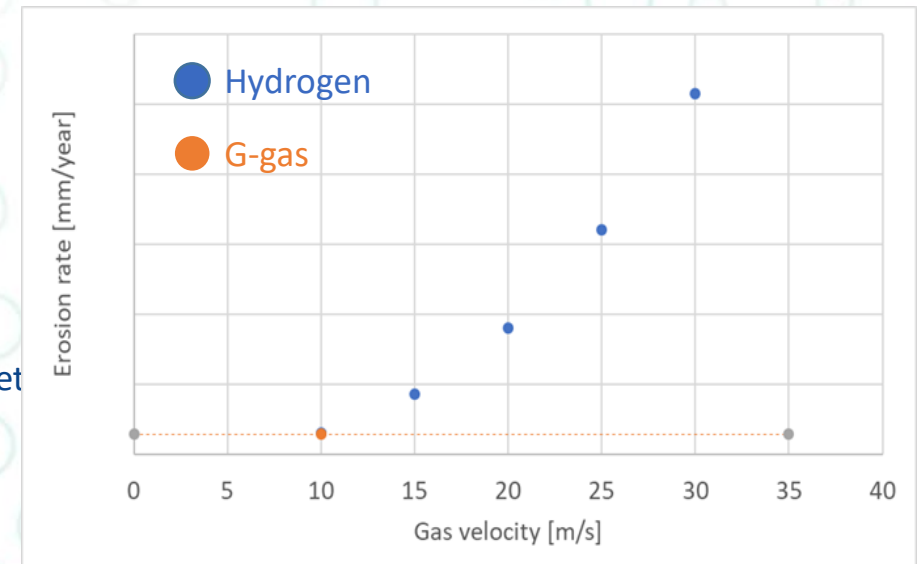
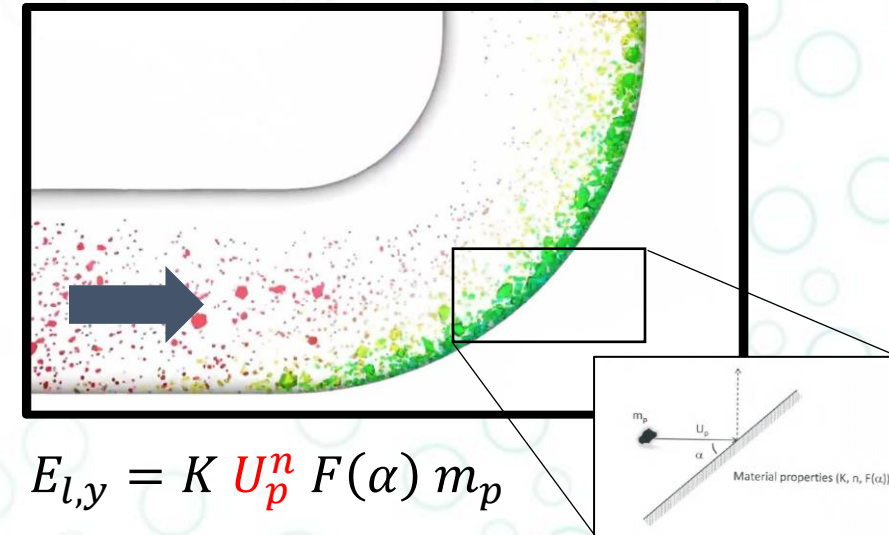


Turbulentie, pulsaties, klepgeluid

- Verwachte trillingen tgv stromings turbulentie zijn milder voor H_2 , zelfs bij hogere snelheden. Bestaande ondersteuning van de leidingen zijn voldoende om de dynamische belasting door turbulentie te weerstaan.
- Verwachte stromings-geïnduceerde pulsaties blijven vergelijkbaar met huidige bedrijf in aardgas. Pulsatie amplitudes nemen af. Frequenties nemen toe: groter risico op aanstoot van mechanische resonanties. Bestaande methodieken blijven geldig en dienen te worden toegepast op nieuw ontwerp.
- Klepgeluid tgv druk reduceer installaties is meer intens in geval van H_2 . Echter, het is niet waarschijnlijk dat dit leidt tot een hoger risico of falen. Bij hergebruik voor H_2 dienen de regelkleppen te worden onderzocht conform huidige ontwerp richtlijnen. Voor RNB is falen door klepgeluid nooit eerder vastgesteld als een faalmechanisme.

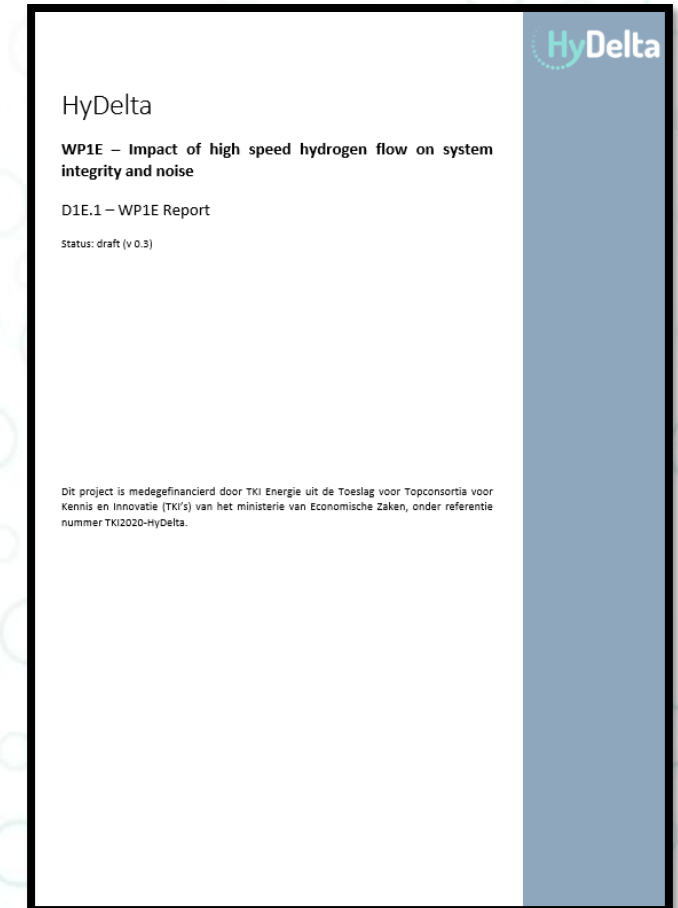


- In huidig bedrijf geen probleem in HTL, RTL of RNB. Dit is het gevolg van maatregelen om intrede van vaste deeltjes te beperken. Slechts beperkte hoeveelheden vaste deeltjes, in abnormale bedrijfssituaties.
- De slijtage door erosie is berekend op basis van *DNVGL-RP-O501 Managing sand production and erosion*
- De hogere snelheden leiden tot hogere erosie slijtage, bij dezelfde intrede van vaste deeltjes.
- Incidentele intrede van zand levert acceptabele erosie slijtage, zelfs bij hogere stroomsnelheid (ordegrootte: sub-micron slijtage per uur)
- Niet mogelijk om een vaste uitspraak te maken, of erosie een obstakel is om de stroomsnelheid te verhogen:
 - Kwantificering van realistische worst-case vaste deeltjes intrede ontbreekt (wettelijke grenswaardes zijn te conservatief)
 - Het gebruikte model is niet geldig voor H₂ systemen bij lage druk
 - Alternatieve richtlijnen (ASME, API) geven verschillende resultaten
 - Gebrek aan informatie voor PVC materiaal eigenschappen, consistent met de aannames in het rekenmodel
 - Verkennende studies in UK en Duitsland suggereren een terughoudende houding mbt erosie
- Realistische worst-case zand intrede moet nader onderzocht worden. Vergelijking met huidige aardgas bedrijf, mogelijk CFD of testen.



Conclusies

- Alle mechanismes die mogelijk beperkend zijn voor de stroomsnelheid in transportinfrastructuur zijn onderzocht.
- Geen 'show-stoppers', voor een toename van in stroomsnelheid tot dezelfde energiestroom als bij G-aardgas.
(H₂ transport via pijpleidingen, met verhoogde stroomsnelheid, wordt reeds toegepast)
- Enkele aspecten/onzekerheid dienen nader te worden onderzocht:
 - Erosie: welke intrede van vaste deeltjes kan verwacht worden in toekomstige H₂ systemen, met name voor RNB systemen?
 - Hoge frequenties: meer energie, verschuivend naar hoge f (pulsaties, klepgeluid), moeilijker te bestrijden
 - Meetfouten van debietmeters zijn niet onderzocht voor H₂
- Rapport is gepubliceerd, stay tuned voor HyDelta 2.0!





Thank you for your attention!

Leonard van Lier, TNO
Leonard.vanlier@tno.nl



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltanl



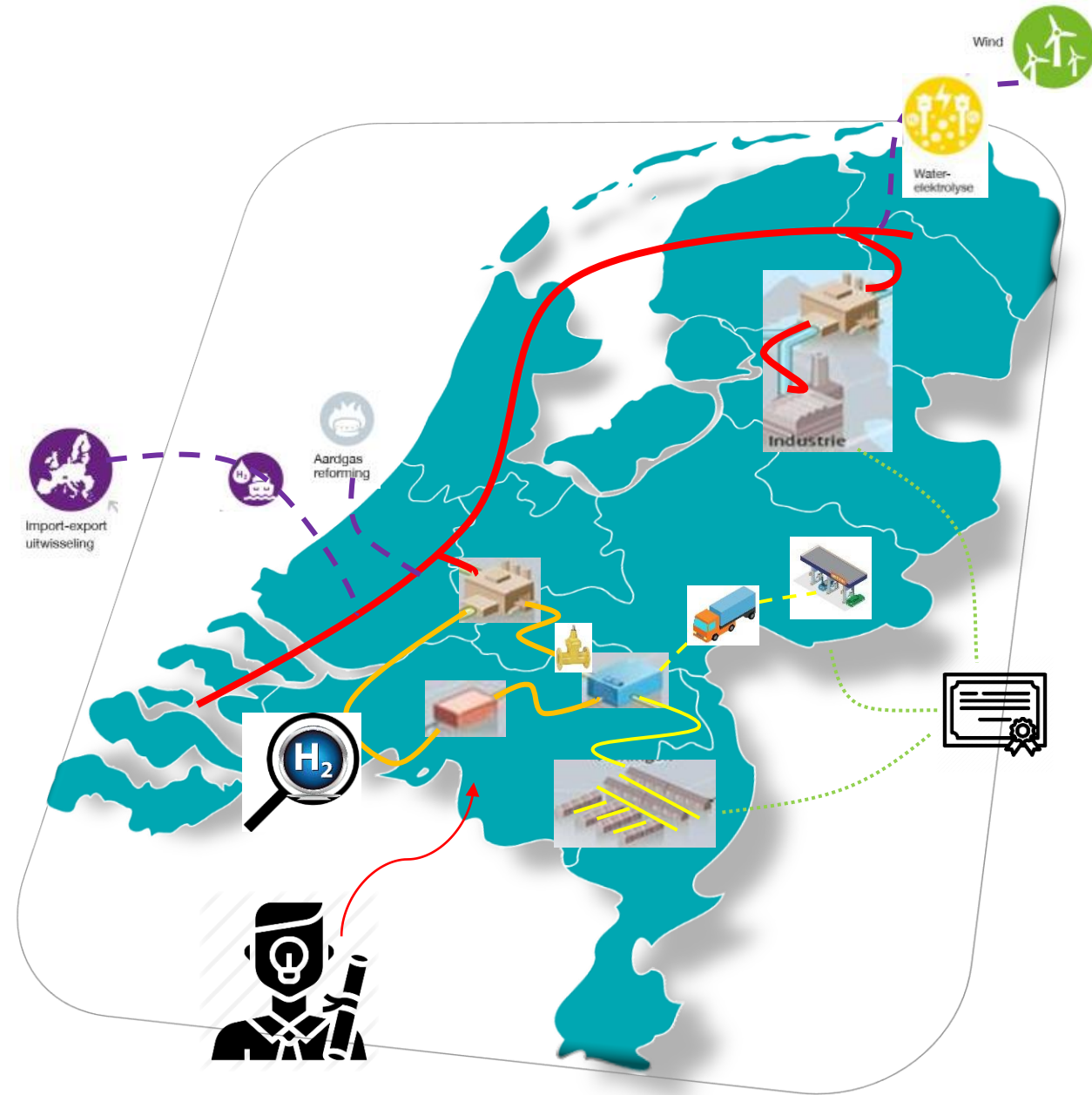
[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Closing session

HyDelta

WP2
odorisation

Kiwa Technology/DNV
Erik Polman/Harm Vlap
17/06/2022



Waterstof distributie moet op een veilige manier plaatsvinden. Dit werkpakket is bedoeld om een deel van de kennislacunes op te vullen om de weg vrij te maken voor de introductie van een waterstofodorant

Onderzoeksvragen en deliverables:

1. Wat is een geschikt zwavelvrij odorant?
2. Wat is de invloed van zwavelhoudende odoranten op gastoepassingen?
3. Wat is de stabiliteit van een odorant in waterstof?
4. Wat is het risico van het niet odoriseren van waterstof?
5. Welk odorant wordt geadviseerd met de huidige kennis?

Rapporten D1 t/m D5 opgeleverd en beschikbaar of spoedig beschikbaar beschikbaar

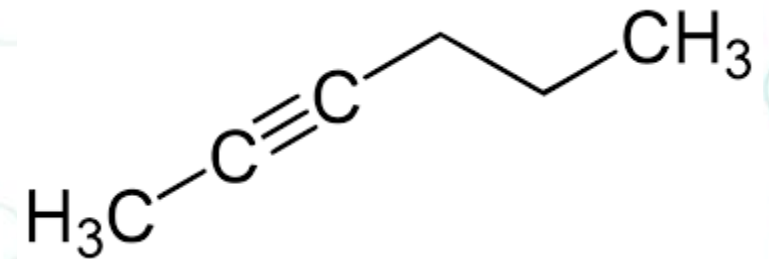
Belangrijkste resultaten D1

Vind een geschikt zwavelvrij odorant:

- 20 kandidaat-odoranten zijn geïnventariseerd:
 - Hieruit zijn drie kandidaten getest op fysische eigenschappen:
 - 5-Ethylideen-2-norbonene
 - Tert-butyl methyl ether
 - 2-hexyn

Uiteindelijk is **2-hexyn** geselecteerd en opgenomen in het testprogramma naast THT en GASODOR® S-free. De keuze is gebaseerd op:

- goede ruikbaarheid en lage geurdrempel
- een onaangename karakteristieke geur
- zwavelvrij
- een geschikte nominale concentratie van 15 mg/m^3_n



Wat is de invloed van zwavelhoudende odoranten op gastoepassingen?

- Impact onderzocht in literatuurstudie op:
 - CV- en warmwaterketels;
 - Keukenapparatuur;
 - Gasmotoren;
 - Gasturbines;
 - Brandstofcellen;
 - Feedstock en industrie;
 - Overige toepassingen (o.a. sierhaarden, buitenkachels etc.)

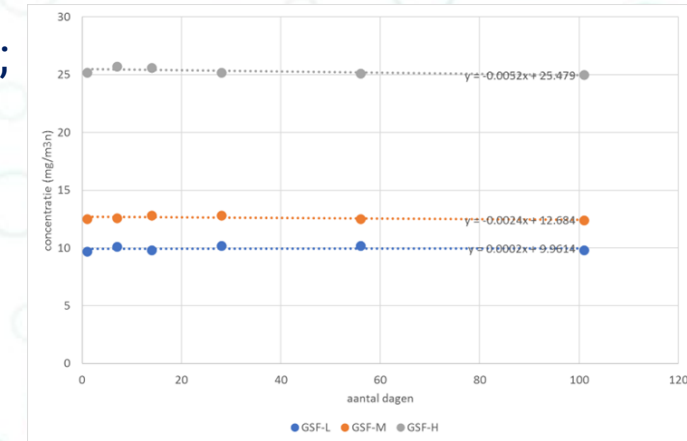
Resultaten:

- Meeste toepassingen zijn geschikt voor aardgas en daarmee voor zwavelhoudende odoranten
- Een waterstofgedreven turbine hoort ontworpen te zijn voor zwavelhoudende odoranten
- (Polymere) brandstofcellen worden irreversibel aangetast bij gehalten vanaf 1 ppm zwavel
- Feedstock toepassingen zijn specifiek en vaak niet tolerant voor zwavel, deze zijn aangesloten op niet geodoriseerd gas

Belangrijkste resultaten D3

Wat is de stabiliteit van een odorant in waterstof?

- Gedrag onder hoge druk in de gasfase op lange termijn van drie type odoranten in H_2 ;
 - stabiel gedurende minimaal 3 maanden bij 100 bar;
 - zie voorbeeld voor zwavelvrij odorant Gasodor® S-Free; →
- Lit. onderzoek Hy100, Hyhouse en kenniscentrum gasnetbeheer:
 - geen spontane ontmenging van lichtere of zwaardere componenten in een gaswolk
 - ook odorant blijft in een gaswolk van waterstof → geen ontmenging
- Onderzoek uit kenniscentrum gasnetbeheer, gedrag in de bodem, laboratoriumproef ("schoon" speelzand):
 - Odorant THT migreert langzamer uit de bodem na een gaslek dan waterstof en langzamer dan het odorant migreert in aardgas → reden voor verder onderzoek



Belangrijkste resultaten D4: het risico van niet odoriseren van waterstof

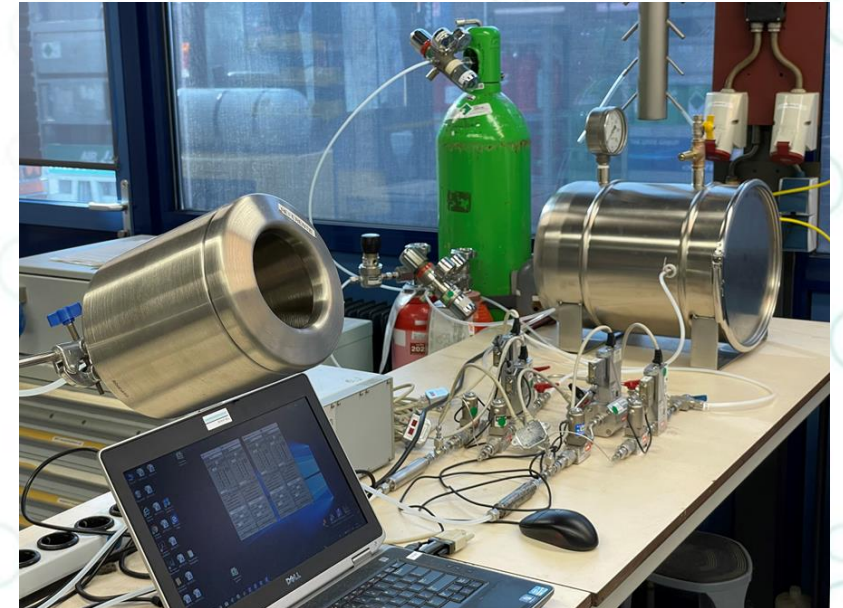


- Scope is de gasdistributie in de openbare gasvoorziening:
 - Onderzoek Bilfinger/Tebodin: de barrière odorisatie heeft een effectiviteit van 98%
 - Er zijn jaarlijks 25.000 geregistreerde aardgas/lucht meldingen in NL → de barrière functioneert
- Binnenshuis kunnen waterstofdetectoren een aanvullende veiligheidsbarrière geven met randvoorwaarden (onderhoud en adequate plaatsing)
- UK ervaringen na veiligheidsstudie (Hy4Heat) → odorant is noodzakelijk met minimaal dezelfde alarmerende functie als het huidige aardgasodorant

Bij de toepassing van waterstof in de openbare gasvoorziening is odorisatie momenteel een noodzakelijke maatregel

Belangrijkste resultaten D5: advies odorant

- Geurproeven: drie kandidaatodoranten (THT, GASODOR® S-free en 2-hexyn) geven in waterstof een vergelijkbare geur als in aardgas (geurkenmerk, geursterkte en geurdrempel)
- Buitenlandse ervaringen: een nieuw type odorant kan een andere geurperceptie geven dan beoogd
- Veranderen van odorant kan een veiligheidsrisico zijn
- Voor de eerste waterstofprojecten is THT de beste keuze ondanks de aanwezigheid van zwavel
- Voor de langere termijn moet een aantal onderzoeksvragen worden beantwoord en kan de keuze anders zijn





Thank you for your attention!

Erik.Polman@Kiwa.com /Harm.Vlap@DNV.com



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltaNL



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Plenary Progress Meeting

HyDelta

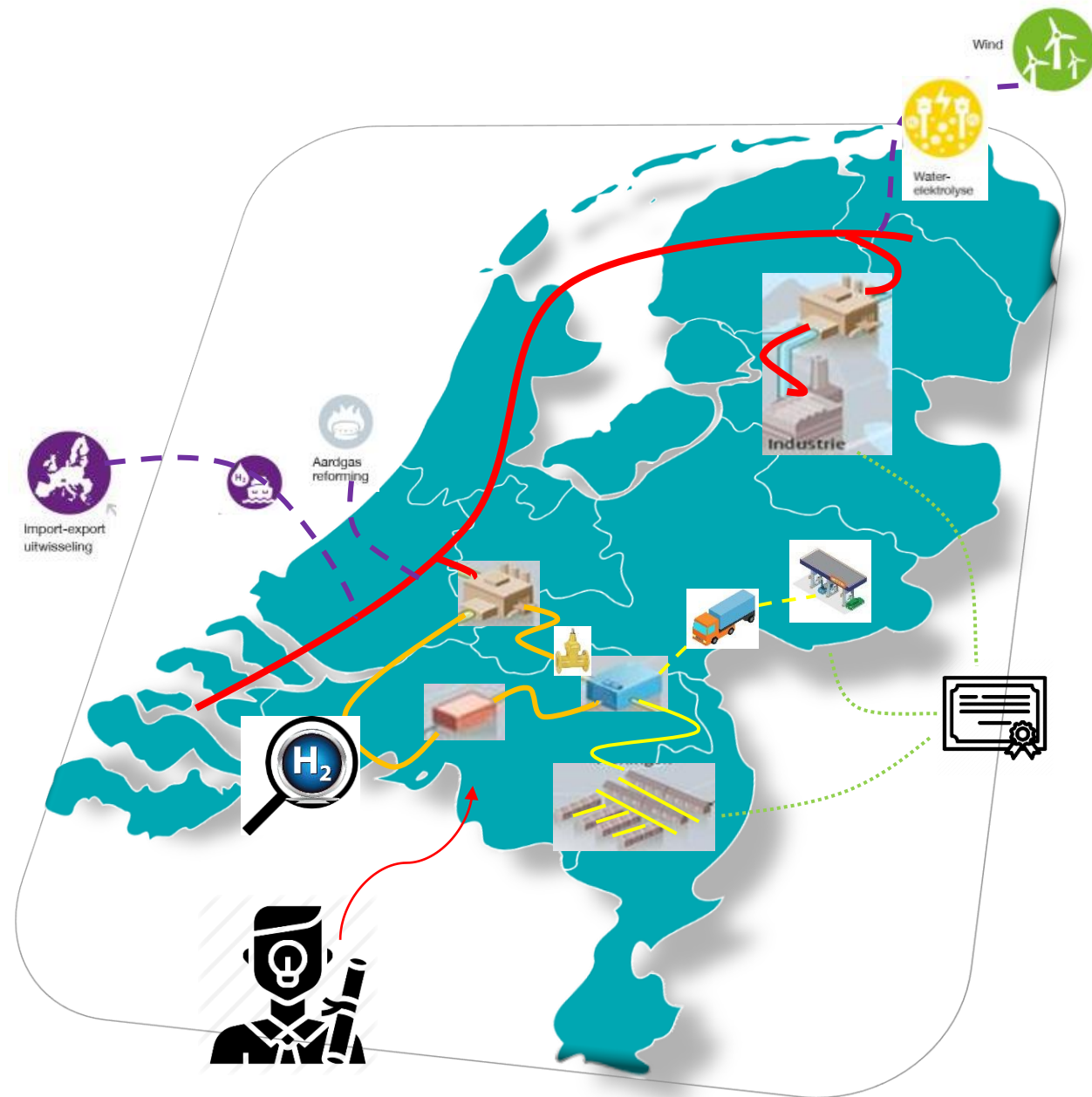
Work Package 3

Standards for hydrogen

Kiwa Technology

Hans de Laat

17-06-2022



- Main objective of WP3
- Methodology
- Sources
- How to prioritize subjects
- Overview of subjects
- Presentation of the results
- Priority subjects
- Conclusions and recommendations

Main objectives of the WP

- Insight in (European) standardization developments and status overview
- Gap analysis to missing knowledge
- How to develop the missing knowledge
- Reinforce the knowledge structure within Dutch standardization committees to contribute to the development of hydrogen networks in The Netherlands
- Outside the scope: mobility
 - natural gas vehicles and refueling stations
 - Hydrogen vehicles and refueling stations

Discussions with standardization experts

- Project group (Kiwa Technology)
- Counseling group (Enduris, Liander, Enexis, Gas Transport Services)

Experts take actively part in standardization committees or have a wide overview of standards for gas networks

National and international bodies already have done work on categorization of subjects for hydrogen standardization

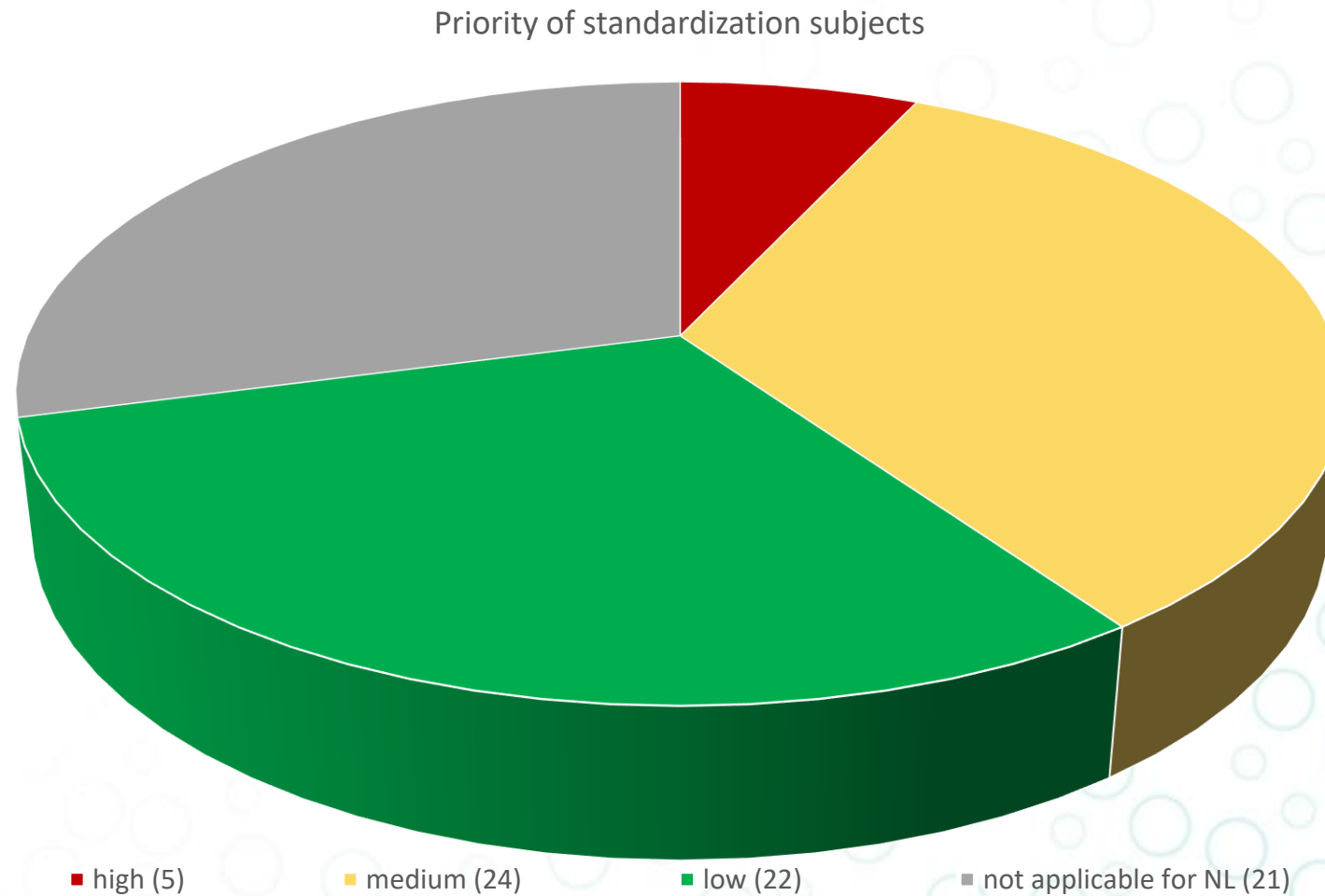
- Dutch platform H2IGO
- CEN/TC 234 Gas infrastructure
- SFEM Hydrogen
- Netbeheer Nederland
- Marcogaz

How to prioritize subjects?

Five criteria

- Specific Dutch interest
- Urgency (Relevant to the development of hydrogen networks)
- Responsibility (Network operator or component supplier?)
- Contribution of network operators (necessary or not?)
- Progress of the standardization activities

72 standardisation subjects identified



Presentation of the results

Tables with standardization subjects. Per subject:

- Priority (Red/Yellow/Green)
- Source
- Standard number
- Status and/or action to be taken
- Technical content
- Standardization committee (CEN/ISO/NEN)
- Remarks

Hy ID	Ref ID	Prio	Onderwerp	Norm	Status/ Actie	Inhoudelijk	CEN/NE normcom.	Opmerkingen
31	H2IGO 2.2.1.1, SPM	3	gashoeveelheidsmeting grootverbruik	EN 12480, 12409, 12261;	Toepasbaarheid voorlopige resultaten nagaan.	effecten nieuwe gaspen in onderzoek in EU RAA/ET verband	CEN: TC 237 (gasmeters) NL: 310066	effecten nog niet bekend. Resultaten onderzoek medio 2022
32	H2IGO 2.2.1.2, SPM	3	gashoeveelheidsmeting; meetverantwoordelijken	Reglementen meetverantwoordelijken	Toepasbaarheid voorlopige resultaten nagaan.	Acties zijn afhankelijk van onderzoeksresultaten, o.a. van NEWGASMET	CEN: n.v.t.	nog niet bekend wat de geschiktheid van de meters is
33	H2IGO 2.2.1.1, SPM	3	gashoeveelheidsmeting; themische hoeveelheidsmeting	EN 17526	Dialoog met meterleveranciers is gestart (Hydelta WP 1D). Extra aandacht geven aan kalibratieproces met lucht.	normen beschrijven nog geen waterstof, uitbreiding gestart.	CEN: TC 237 NL: 310066	MID-toegelaten meter verwacht vóór de start van de waterstof demo's kleinverbruik
34	H2IGO 2.2.1.2, SPM	3	gashoeveelheidsmeting; ultrasone hoeveelheidsmeting	EN 14236	Dialoog met meterleveranciers is gestart (Hydelta WP 1D). Extra aandacht geven aan kalibratieproces met lucht.	normen beschrijven nog geen waterstof, uitbreiding gestart.	CEN: TC 237 NL: 310066	MID-toegelaten meter verwacht vóór de start van de waterstof demo's kleinverbruik
35	H2IGO 2.2.1.3, SPM	3	gashoeveelheidsmeting; turbijnemeters	EN 12261	Bestaande meetrichtingen	effect nieuwe gaspen in onderzoek. NEWGASMET	CEN: TC 237 NL: 310066	effecten nog niet bekend. Resultaten onderzoek medio 2022
36	H2IGO 2.2.1, SPM	3	gashoeveelheidsmeting; EVH	EN 12405	EVH's geschikt maken (H2-IGO 2.3.1.2). Goedkope gassensoren ontwikkelen. Aantal meetpunten vergroten?	bij variabele gassamenstelling H2 concentratie individueel meten	CEN: TC 237 NL: 310066	Meetrichtingen kunnen H2 als dragegas toepassen, waardoor ze H2 niet detecteren
37	H2IGO 2.2.2, SPM	3	wisselende gassamenstelling; met hoge frequentie de gassamenstelling bepalen	nieuw	Geografische aspecten en tijdsafhankelijkheid verschillen H2-aardgasmengsels (H2IGO 2.3.1.4)	H2 sensoren die in staat zijn om in een aardgasmatrix te meten zijn commercieel beschikbaar	CEN: n.v.t. NL: NBNL/H2IGO platform bijeenkomst 2021.	Nog geen start van dit onderwerp. Meterleveranciers en Meetverantwoordelijken hebben een voorkeur voor constant H2 gehalte.
38	H2IGO 2.2.3	3	Veiligheid en ATEX classificatie	ATEX richtlijnen	Waterstof is beschreven in ATEX regelgeving	voor > 75% H2 in aardgas geldt MEG lic	ATEX	voor EVH's is dit kritisch mits deze in de gasruimte ondergebracht zijn.
39	H2IGO 2.2.4	3	Wet- en regelgeving; Verzekering	nieuw	Nagaan wat wettelijk mogelijk is. Huidge opvatting: je moet opgeven wat je levert, in dit geval kubieke meters.	Nog niet gestart. Is een belangrijk aspect van de waterstof demo's.	CEN: n.v.t. NL: o.a. NBNL	verrekening van waterstof (niet in de gascodes opgenomen)
40	H2IGO 2.2.4	3	Wet- en regelgeving; Hierid controleren van de miswijzing van waterstofmeters	nieuw	Overleg met VSL over technische aspecten gestart (H2IGO 2.3.1.1 en 2.3.2.1)	Terste specificatie van een meetstelsel geformuleerd	CEN: n.v.t. NL: NBNL	haalbaarheid nog onbekend. Het lijkt erop dat controle met lucht zal blijven. Wat is de relatie tussen waterstof en lucht?
41	H2IGO 2.3.2.2	3	Meetcode gas	nationaal document	Nagaan wat er niet wordt afgedekt door de Meetcode gas	Toepasbaarheid voor H2/aardgasmengsels onbekend	CEN: n.v.t. NL: NBNL	
42	H2IGO 3.2	3	Keuze odorant voor H2	nationale richtlijnen	Totdat het odorant wordt toegepast, THT gebruiken in de waterstof demo's	Er is nog geen odorant gekozen. Alternatieven worden nu onderzocht.	CEN: n.v.t. NL: NBNL Hydelta WP 2	Het odorant moet voldoen aan de Nederlandse eisen. Er zijn enkele kandidaten.
43	H2IGO 3.2	3	Odorant voor H2 in aardgas	nationale richtlijnen	Ruikbaarheid testen voor mengsels definiëren.	THT kan gebruikt worden.	CEN: n.v.t. NL: NBNL	De ruikbaarheid van een mengsel is nog niet voldoende aangegeven.

Priority standardization subjects

Five high priority subjects

- Pressure testing for pipelines
- Gas metering and flow computing
- Rapidly changing gas compositions
- ATEX classification
- Leak requirements and leak testing

Conclusions

European Standardization planning for hydrogen in networks is expected from 2021 until 2024 (Progress varies per Technical committee)

Dutch network operators are sufficiently represented in EN/ISO Technical committees by experts

Focus on subjects needs constant attention and adjusting, but is secured by co-operation between the experts

Conclusions

Standards are the best language for network operators to communicate with Safety and Metrology regulators (SodM and Agentschap Telecom)

Standardization requires practical experience. Demonstration projects are a source for practical knowledge

Recommendations

Priority international technical committees are:

- CEN/TC 234 Gas infrastructure
- CEN/TC 237 Gas meters
- ISO/TC 193 Natural gas
- ISO/TC 158 Gas analysis
- Liaison with CEN/TC 238 Appliances : for gas compositions

Recommendations

Focus on the five urgent subjects

Watch medium subjects

Update the priority tables in the report periodically, twice per year (frequency of TC plenary meetings)



Thank you for your attention!

Hans de Laat
hans.de.laat@kiwa.com



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltaNL



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Agenda van de dag

Start: 9:00 uur		
Duur	Onderwerp	Spreeker
5 min	<u>Welkom</u>	Jörg Gigler, TKI
10 min	Introductie: HyDelta samenvattend rapport	Catrinus Jepma, New Energy Coalition
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging	
	Technische analyse van internationale waterstofwaardeketens	Thomas Hajonides van der Meulen, TNO
	Systeemwaarde van waterstof	Martijn Duvoort, DNV
	Technoeconomische (binnenlandse) waardeketenanalyse	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
	Admixing en waterstofbijmenging	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 2: waterstofveiligheid	
	Waterstof risicoanalyse (waterstof en veiligheid)	Albert van den Noort, DNV
	Impact van stromingsnelheid van waterstof op componenten in het bestaande gasnetwerk	Leonard van Lier, TNO
	Odorisatie van waterstof	Erik Polman, Kiwa
	Standaarden voor waterstof	Hans de Laat, Kiwa
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 50 mins totaal	Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk	
	Gasstations	Sander van Woudenberg, Kiwa
	Leidingen en binnenapparatuur	Sander Lueb, Kiwa
	Hoeveelheidsmeting van waterstof	Hans de Laat, Kiwa
	Testen van afsluitventielen in het transmissie netwerk (>16 bar)	Nard Vermeltfoort, Kiwa
	Ontwikkeling van trainingstrajecten voor technisch personeel	Suzanne van Greuningen, Kiwa
Einde: 12.00 uur	Afronding van de sessie	

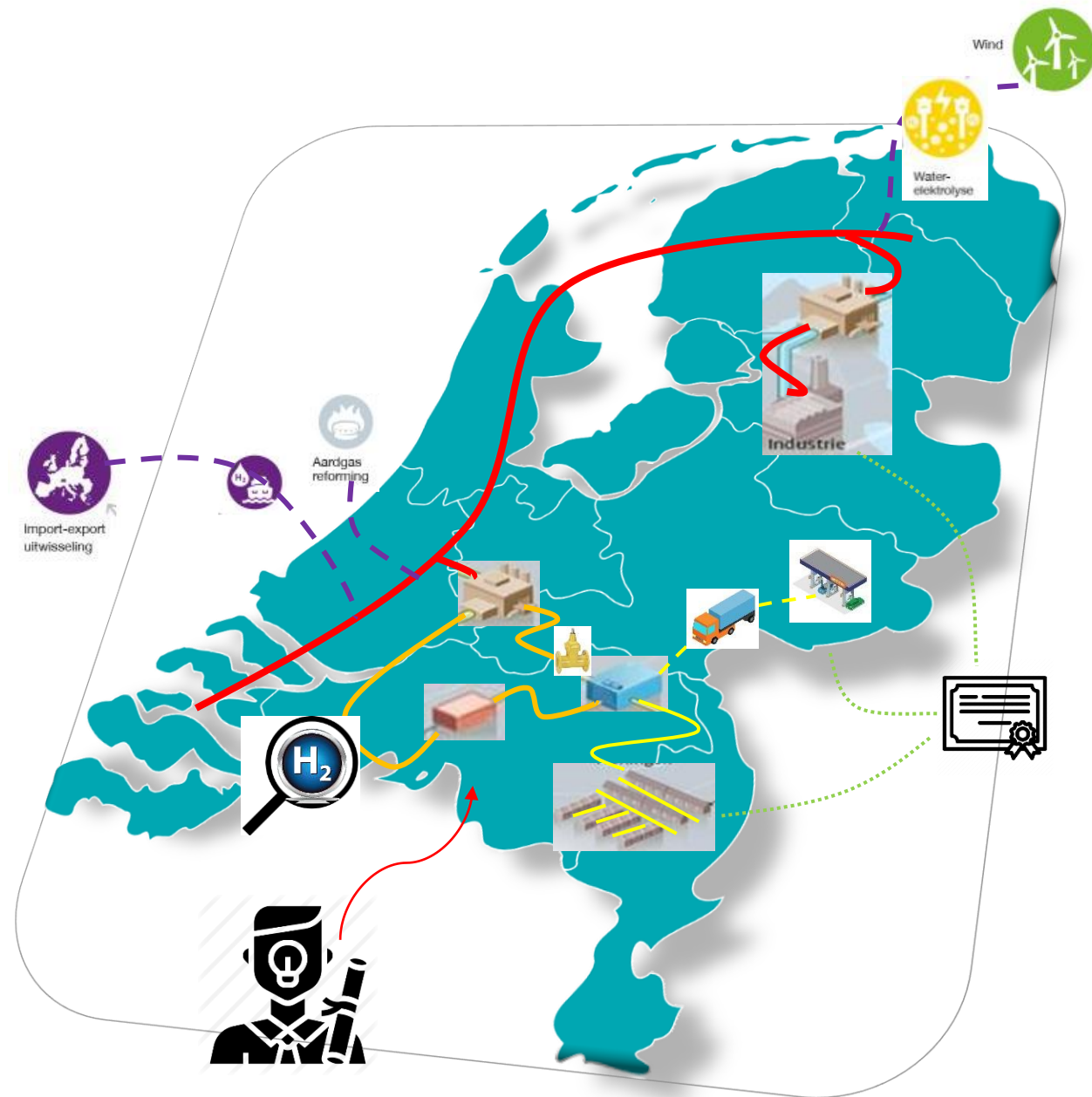
Agenda van de dag

Start: 9:00 uur	Onderwerp	Spreker
Duur		
5 min	<u>Welkom</u>	Jörg Gigler, TKI
10 min	Introductie: HyDelta samenvattend rapport	Catrinus Jepma, New Energy Coalition
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging	
	Technische analyse van internationale waterstofwaardeketens	Thomas Hajonides van der Meulen, TNO
	Systeemwaarde van waterstof	Martijn Duvoort, DNV
	Technoeconomische (binnenlandse) waardeketenanalyse	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
	Admixing en waterstofbijmenging	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 2: waterstofveiligheid	
	Waterstof risicoanalyse (waterstof en veiligheid)	Albert van den Noort, DNV
	Impact van stromingsnelheid van waterstof op componenten in het bestaande gasnetwerk	Leonard van Lier, TNO
	Odorisatie van waterstof	Erik Polman, Kiwa
	Standaarden voor waterstof	Hans de Laat, Kiwa
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 50 mins totaal	Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk	
	Gasstations	Sander van Woudenberg, Kiwa
	Leidingen en binnenapparatuur	Sander Lueb, Kiwa
	Hoeveelheidsmeting van waterstof	Hans de Laat, Kiwa
	Testen van afsluitventielen in het transmissie netwerk (>16 bar)	Nard Vermeltfoort, Kiwa
	Ontwikkeling van trainingstrajecten voor technisch personeel	Suzanne van Greuningen, Kiwa
Einde: 12.00 uur	Afronding van de sessie	



Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk

Kiwa Technology, DNV Netherlands



Plenary Progress Meeting

HyDelta

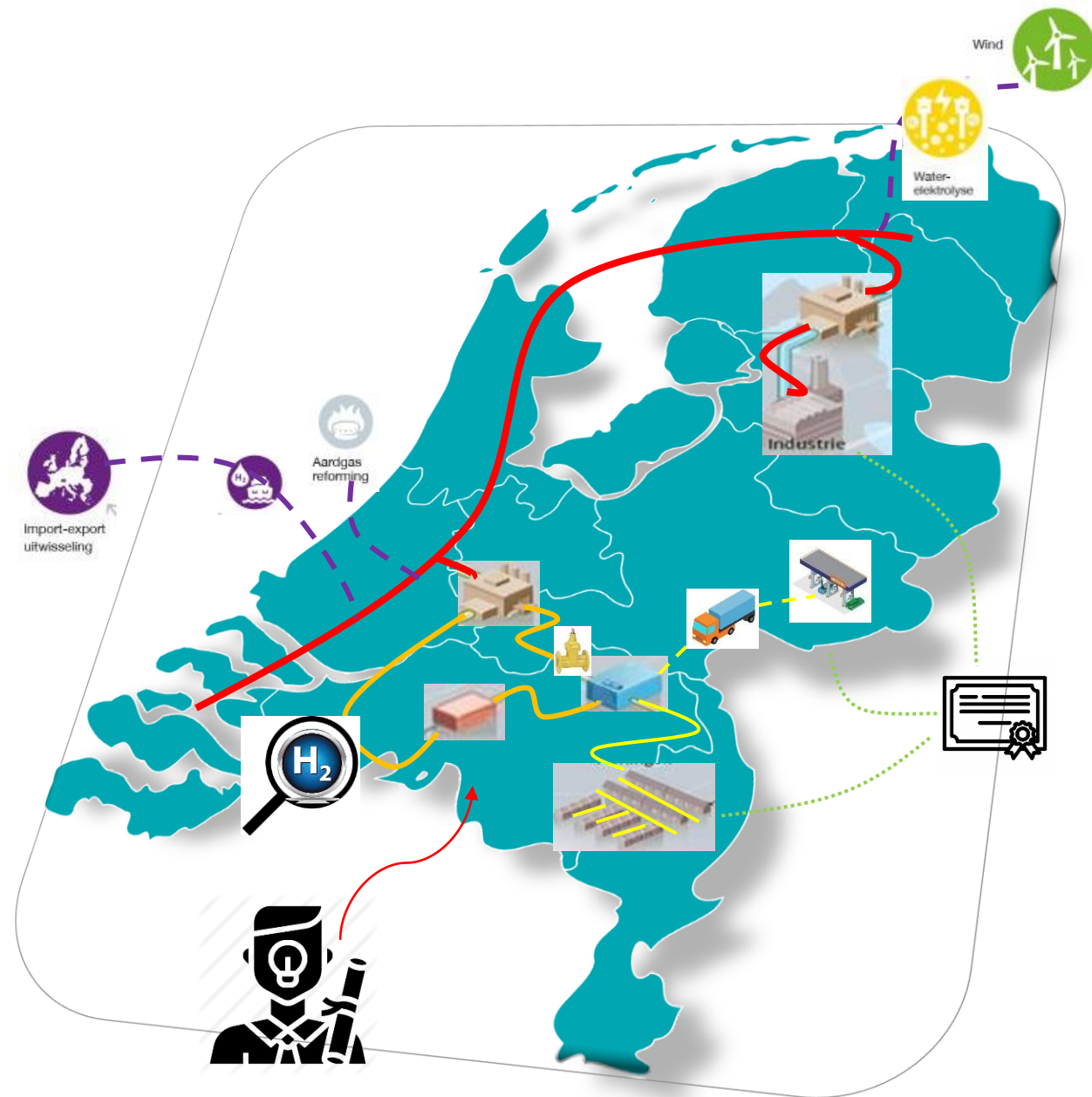
WP1B

Gas stations

Kiwa Technology

Sander van Woudenberg

17-06-2022



Hoofdvragen binnen het werkpakket 1B

- Het in kaart brengen of én hoe gasdrukregel- en meetstations voor aardgas gebruikt kunnen worden bij een overschakeling naar waterstof
 - Zijn de gebruikte materialen geschikt voor waterstof?
 - Functioneren bestaande stations naar behoren met waterstof?
 - Hoe kan onderhoud veilig uitgevoerd worden aan stations die bedreven worden met waterstof?



- Functioneren bestaande stations naar behoren met waterstof?
 - Methode: testen van een districtstation (DS) met een standaard capaciteit van 65/100 m³_n/h (bij 3 bar) en een HAS met een capaciteit van 30 m³_n/h (bij 3 bar)
 - Drie veerbelaste regelaars getest in DS en één veerbelaste regelaar getest in HAS (met aardgas en waterstof)
 - Test plan met 8 deeltesten uitgevoerd om verschillen tussen aardgas en waterstof in kaart te brengen
 - Resultaten:
 - Het gedrag van veerbelaste regelaars met aardgas en waterstof komen overeen
 - De capaciteiten van de veergelaste regelaars is een factor 3 hoger voor waterstof in vergelijking met aardgas
 - De druk waarbij de regelaars ingrijpen (aardgas vs waterstof) zijn bij benadering gelijk per geteste regelaar

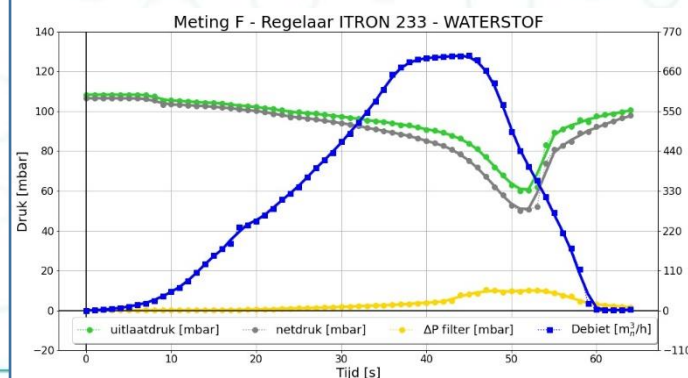
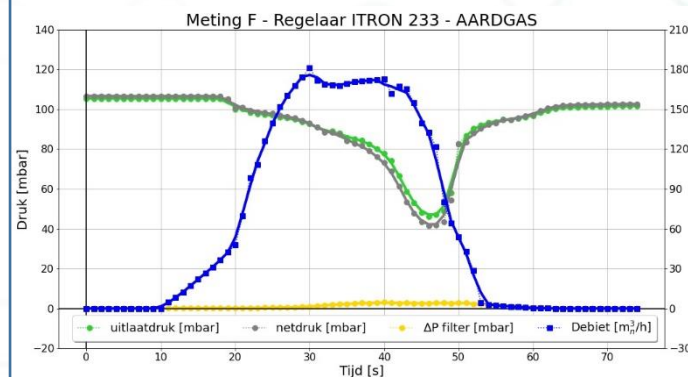


D1B.1 – Resultaten (2) – Gas stations met veerbelaste regelaars op waterstof

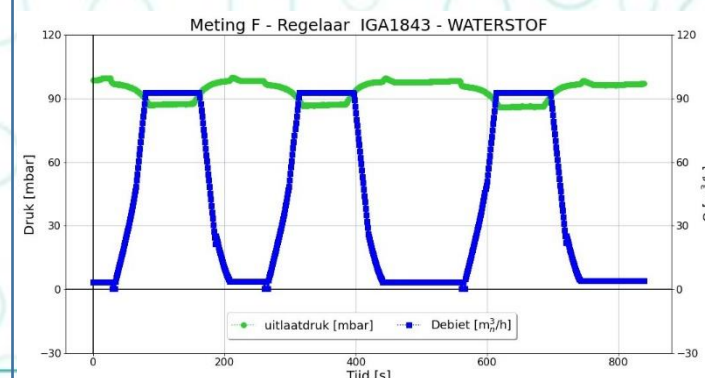
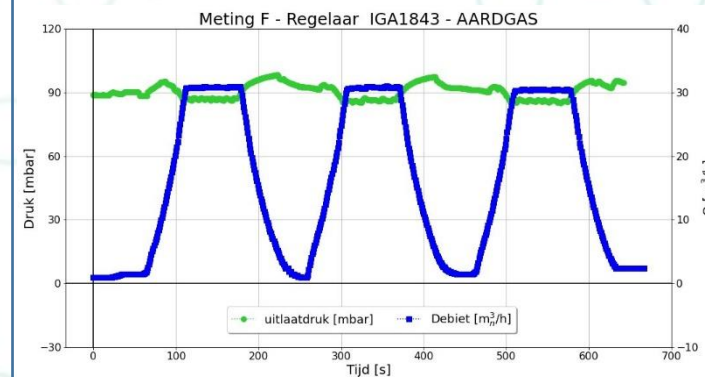
- Districtstation getest met 3 regelaars
 - Itron 233/ Elster 243/ Fiorintini Dival 600
- Test protocol
 - Interne lekdichtheid
 - Externe lekdichtheid
 - Capaciteitstest
 - Sluitdruk
 - Geluidsmeting
 - Drukval over het gasfilter
- HAS* getest met 1 regelaar
 - IGA1843, kleinere capaciteit
 - Identiek test protocol



Itron 233



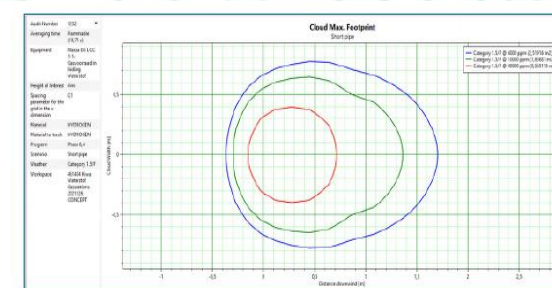
IGA 1843



- Hoe kan onderhoud veilig uitgevoerd worden aan gas stations die bedreven worden met waterstof?
 - Interviews afgenomen met RNB's. Voornaamste doel om de LOC (loss of containment) scenario's gedurende installatie- en onderhoudswerkzaamheden in kaart te brengen en te spreken over de huidige werkinstructies voor aardgas. Op basis hiervan, twee voornaamste LOC's gedefinieerd;
 - LOC 1: druk aflaten van een station and stroomopwaartse gas leiding bij installatie
 - LOC 2: druk aflaten gedurende een functionele test (B-inspectie)
 - LOC scenario's zijn gemodelleerd voor zowel aardgas als waterstof
 - Voornaamste resultaat van analyse voor werkzaamheden aan gas stations op waterstof
 - Bij zowel affakkelen als bij afblazen een waterstofvlamdoover toepassen.
 - Zorg er voor dat er zich geen obstakels in de directe nabijheid van het uitstroompunt van de fakkel of afblaas bevinden.
 - Hanteer een afstand tussen uitstroompunt en mogelijke ontstekingsbronnen van 2 tot 3 groter dan bij aardgas (indicatief 7 meter, praktijkonderzoek is nodig te verificatie).



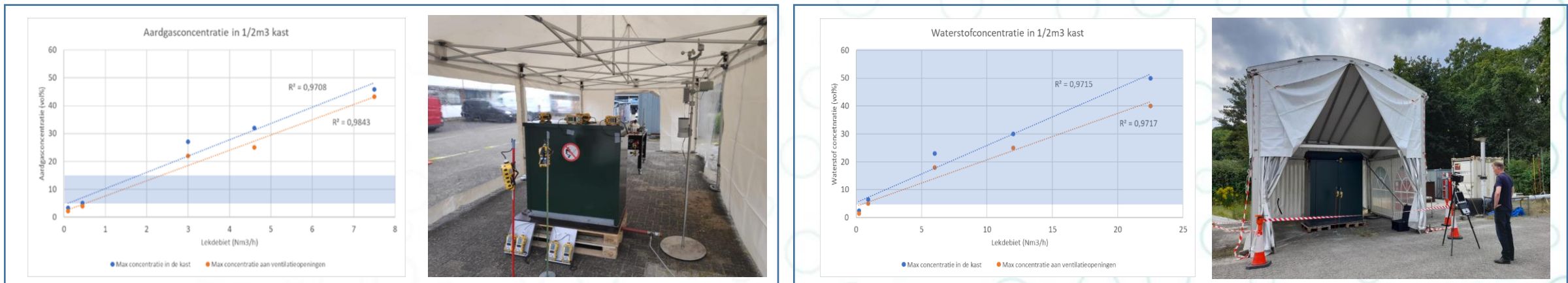
Figuur 5-8: Zijaanzicht brandbare wolk D5 Scenario 1 Waterstof – horizontale uitstroming (rood = LEL, groen = 25% LEL, blauw = 10% LEL)



Figuur 5-9: Horizontale dwarsdoorsnede op 3 m. hoogte D5 Scenario 1 Waterstof – verticale uitstroming (rood = LEL, groen = 25% LEL, blauw = 10% LEL)

D1B.3 – Resultaten (1) – Ventilatie

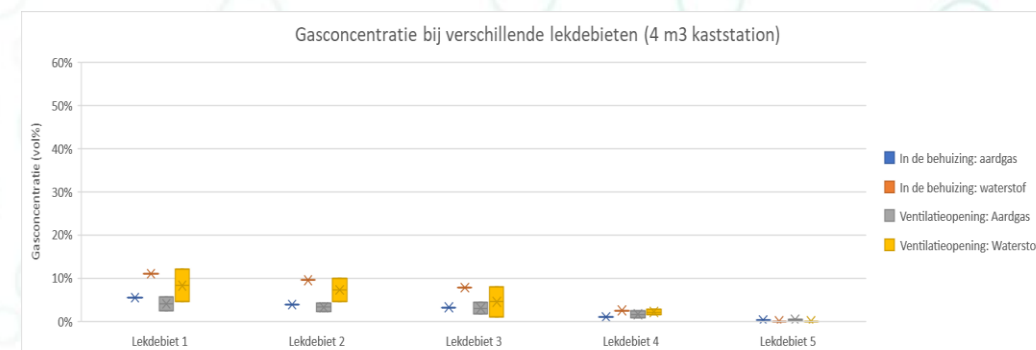
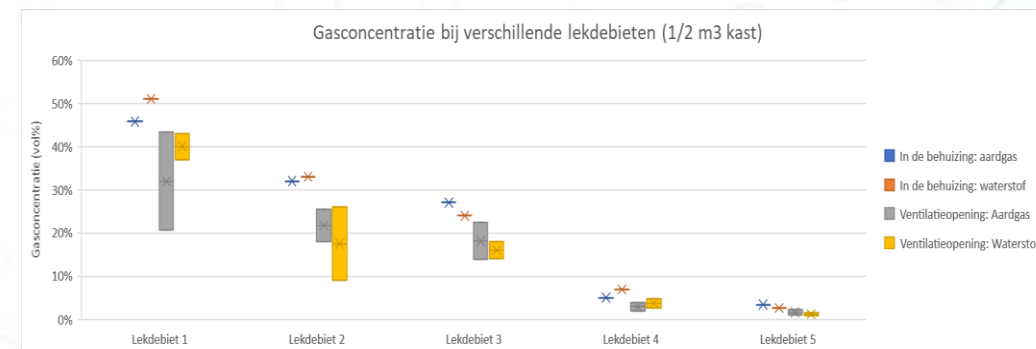
- Gerelateerd aan veiligheid en ontwerp van gas stations: zijn behuizingen die over een gas station geplaatst worden ook geschikt voor een toekomst met waterstof?
- Methode: testen met een gedefinieerde lekkage van aardgas of waterstof. Zowel in als rond de behuizing wordt de gasconcentratie gemeten.
- Twee behuizingen getest – kast (klein, $1/2\text{m}^3$) and kaststation (groot, 4m^3):
 - Een vergelijkbare lekkage leidt tot meer volumetrisch debiet wanneer waterstof en aardgas vergeleken worden.
 - In de nabijheid van de ventilatie kan de gas concentratie dezelfde waarde bereiken als in de behuizing.
 - Op 0,5 meter afstand van de behuizing zijn de gemeten gasconcentratie bijna altijd lager dan 10% LFEL. Zelfs wanneer een lekkage zo groot (in debiet) is dat deze goed hoorbaar is.



Q212/ D1B.3 – report if it is safe to adjust the zoning around hydrogen installations

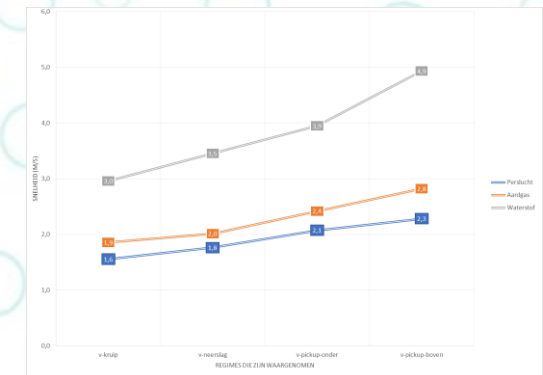
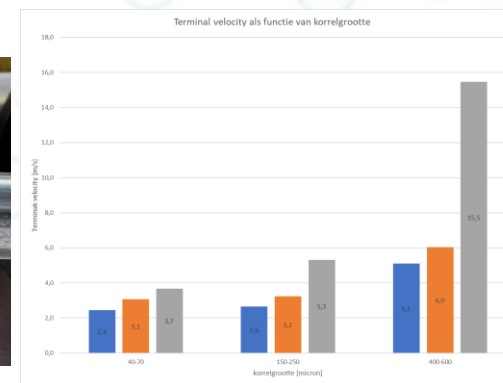
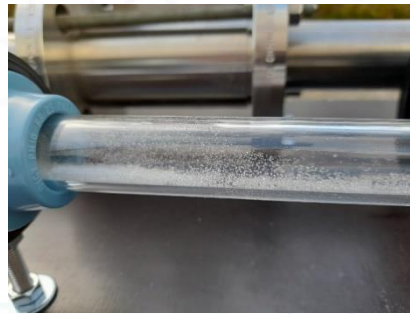
- 1/2m³ kast en 4m³ kaststation

- Er kan bij zowel de kast als kaststation worden geconcludeerd dat waterstof vaker leidt tot een brandbaar mengsel bij de ventilatieopeningen dan aardgas. Dit blijkt vooral het geval bij de grootste lekdebieten ($\geq 6 \text{ m}^3_{\text{n}}/\text{h}$). Dit laatste is terug te leiden naar de combinatie van grotere lekdebieten en de ruimere ontstekingsgrenzen van waterstof in vergelijking met aardgas.
- De invloed van wind (bandbreedte grijs/ geel)
- Het gedrag van een aardgas- of waterstoflekkage bleek verschillend voor de twee geteste behuizingen. De gasconcentratie in de behuizing is gemiddeld hoger dan bij de ventilatie openingen voor de 1/2m³ kast. Voor het 4m³ kaststation is dit verband precies andersom. Het gedrag omtrent de ventilatie van deze behuizingen verloopt anders.
- De geselecteerde lek opening van 1 mm² leidt tot aanzienlijke lekdebieten. De 1 mm² zou daarbij moeten worden beschouwd als een incident en niet als een reguliere lekkage/ storing. Er zal verder onderzoek nodig zijn op dit gebied, alsmede voor de ATEX zonering voor gas stations op waterstof (HyDelta 2.0).



D1B.4 – Resultaten (1) – Stoftransport met aardgas/ waterstof tbv gasfilters

- Gerelateerd aan veiligheid en ontwerp van gas stations: kan het huidige type stoffilter zonder aanpassingen worden toegepast voor het veilig en efficiënt filteren van deeltjes in het gasdistributienet wanneer er wordt overgestapt op waterstof?
 - Methode: literatuur studie, mathematische modelering & testen. Opzetten van mathematisch model om de test parameters te begrijpen en zo een geschikte testopstelling te bouwen.
 - Eerste resultaten:
 - Ontwerp van een transparante test opstelling om stoftransport te visualiseren en kwantificeren.
 - Stof in het gasnet bestaat vooral uit zand en roest (hoge dichtheid). Gekarakteriseerd straalgrit ($> 70\% \text{SiO}_2$) is gekozen voor doen van alle testen (dichtheid $\sim 2450 \text{ kg/m}^3$, veilig en goed gedefinieerd qua maatvoering).
 - Invloed van gas dichtheid, reproduceerbaarheid en duur van een experiment eerst in kaart gebracht.

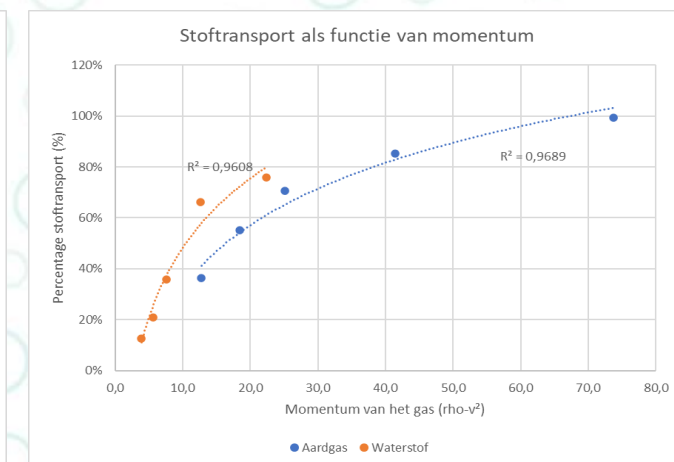
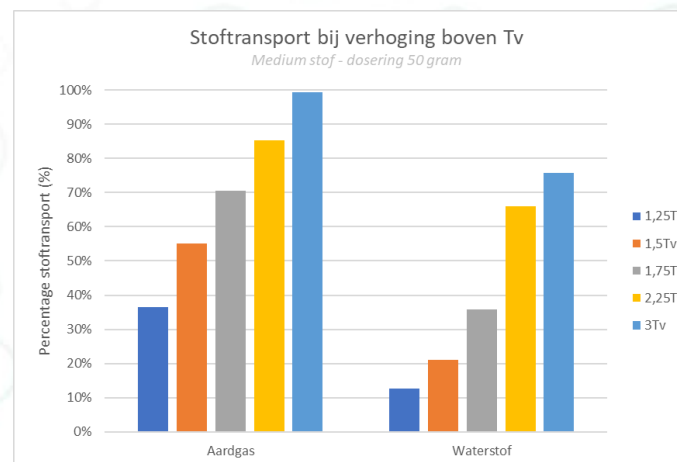
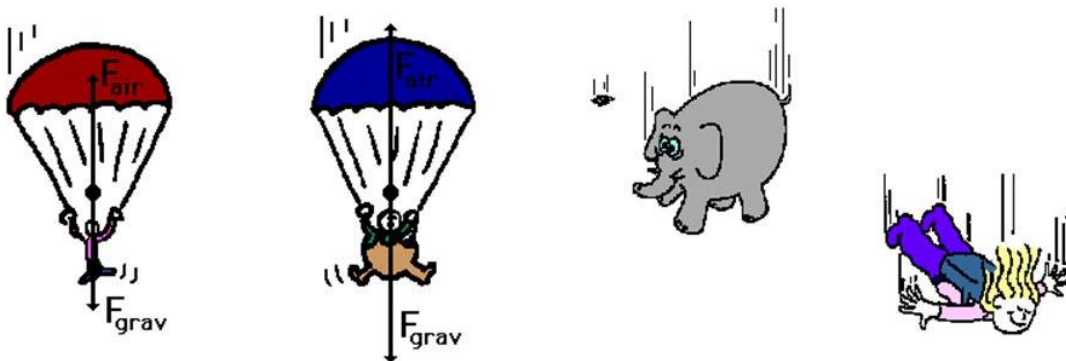


Q173/ D1B.4 – report on insights about the effect of the increased gas velocity in hydrogen networks on the risk of an accelerated contamination of filters

D1B.4 – Resultaten (2) – Stoftransport met aardgas/ waterstof tbv gasfilters

- Testen met fijn, medium and grof stof and verschillende gassen (lucht, aardgas en waterstof).
- Stof gekozen in drie maatvoeringen; 40-70 micron, 150-250 micron and 400-600 micron.
- Bepalen van de kritische gassnelheid voor verschillende gassen met bovenstaande stofsoorten. Deze kritische snelheid ligt voor waterstof een factor 1,2 tot 2,6 hoger dan bij aardgas.
- Echter, om dezelfde hoeveelheid energie te transporteren zal de verwachte snelheid voor waterstof een factor 3 hoger liggen. Door dit te combineren kan er dus initieel meer stoftransport worden verwacht wanneer de distributienetten worden overgezet van aardgas naar waterstof. De grootste nuancering hierbij is dat dit afhangt van zowel de gemiddelde korrelgrootte als de dichtheid van het stof. Frequentere checks van gasfilters kort na een overzetting naar waterstof nodig.
- Bepalen van het effect van het verhogen van de gassnelheid boven de kritisch gassnelheid.
- Stoftransport in relatie tot de wet van impuls ($\rho \cdot v^2$).

Wat is mijn kritische snelheid?



- Zijn de gebruikte zachte materialen in gas stations geschikt voor een toekomst met waterstof?
 - Onderzoek gestart in opdracht van NBNL voor de start van Hydelta 1.0
 - Literatuur studie heeft aangetoond dat zachte materialen zoals gebruikt door de RNB's in gas stations ook geschikt zijn wanneer het gas station in de toekomst gebruikt gaat worden voor het distribueren van waterstof.
 - De volgende stap na deze literatuur studie kan zijn om de risico's van verhoogde permeatie (van waterstof) in kaart te brengen en te vergelijken met aardgas mbv testen. Dit kan vervolgens gebruikt worden als eerste stap in het stimuleren van een certificeringsprogramma voor huidig en toekomstig toegepaste materialen in gas stations (en componenten).





Thank you for your attention!

Sander van Woudenberg

sander.van.woudenberg@kiwa.com



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltanl



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Slotbijeenkomst

HyDelta

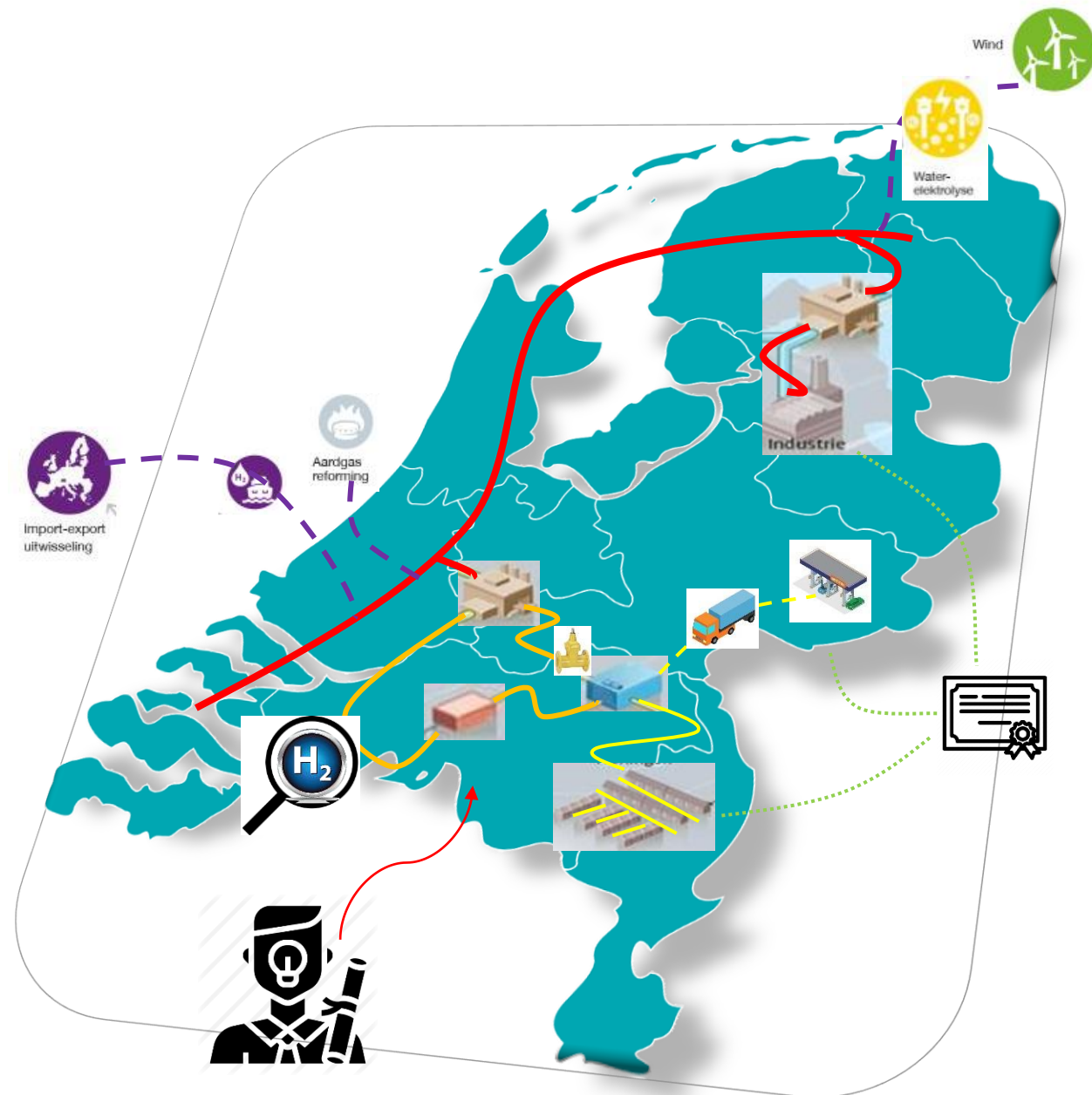
WP1C

Leidingen en binneninstallaties

Kiwa Technology

Sander Lueb

17 juni 2022

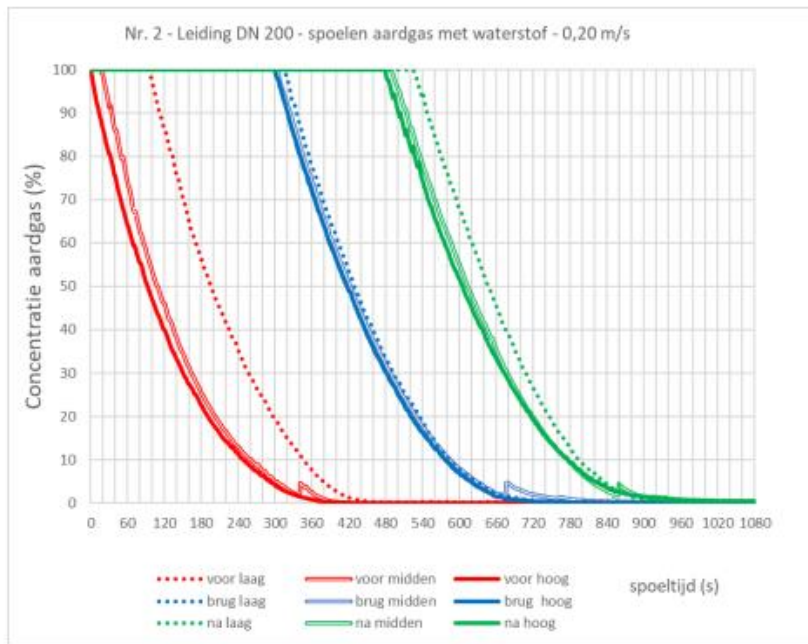


- Bepaal of het spoelen van een aardgasleiding (distributie) op veilige manier kan worden gedaan met waterstof.
- Bepaal of lekdichtheidseisen zoals toegepast bij aardgas ook geschikt zijn voor de toepassing met waterstof (nadruk op de aansluitleidingen).
- Bepaal wat de risico's zijn in de situatie dat een huisdrukregelaar niet wordt vervangen bij de omzetting naar waterstof.

- Bepaal de invloed van het bestaande gasnet op de kwaliteit van waterstof
 - Desorptie van THT
 - Permeatie van zuurstof, stikstof en water
- Bepaal de risico's bij het gebruik van waterstof in plaats van aardgas bij consumenteninstallaties na omzetting.
- Stel vast welke ontwikkelingen er zijn op het gebied van binneninstallatie-componenten geschikt voor 100% waterstof.

Deelonderzoek	Onderzoekers (allen Kiwa Technology)
Spoelen	Cees Lock & Sander Lueb
Lekdichtheid	Arie Kooiman & Sander Lueb
Huisdrukregelaars	Arie Kooiman & Sander Lueb
Risico's binneninstallaties	Hella Rijpkema & Henk Salomons
Ontwikkelingen binneninstallaties	Hella Rijpkema & Henk Salomons
Permeatie en THT	Sjoerd Jansma & Danny Reekers

Conclusies – spoelen van aardgas met waterstof

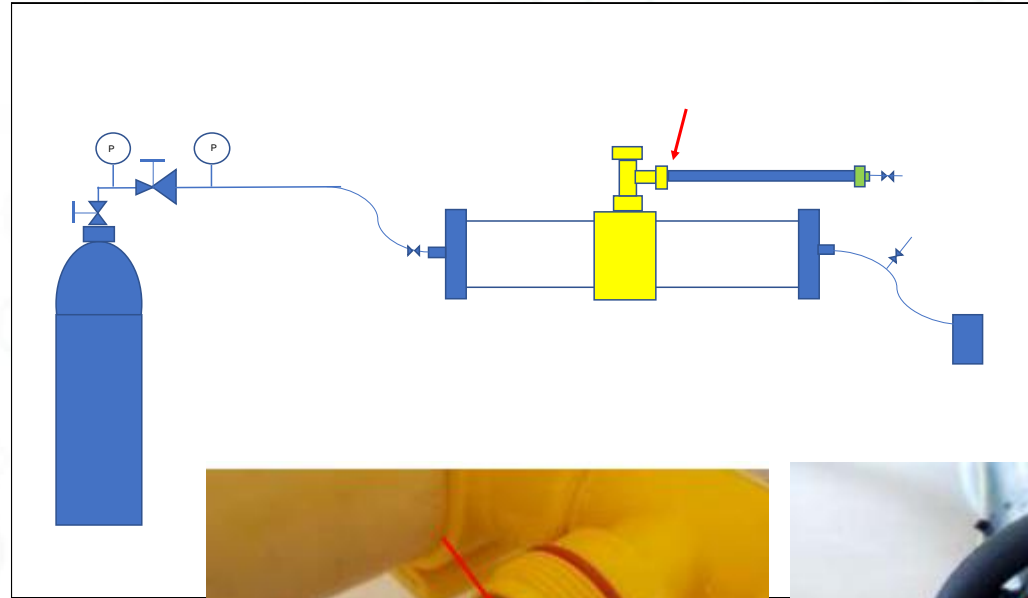
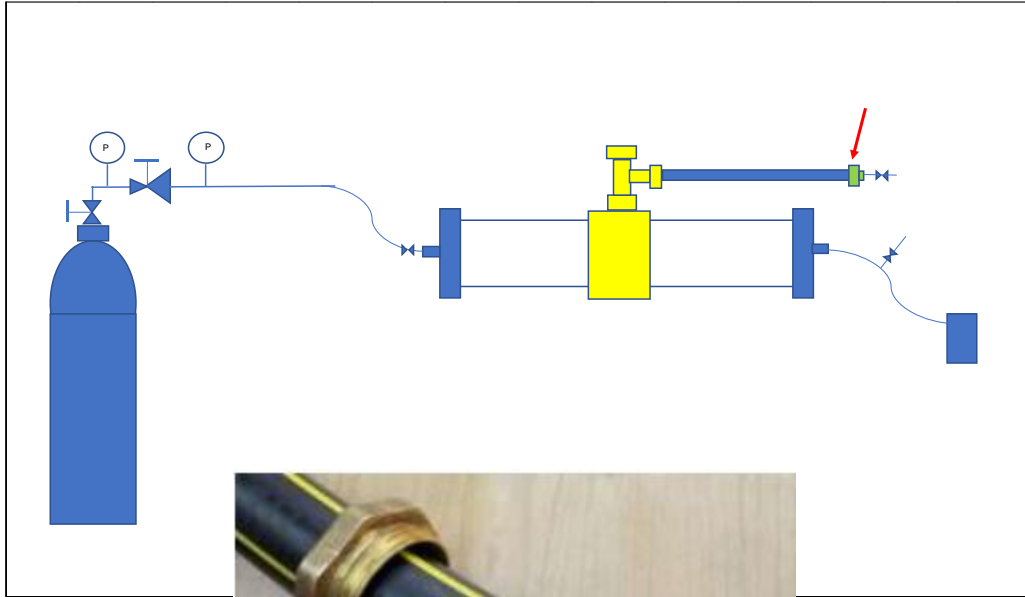


Brugleiding en afstroomzijde brugleiding

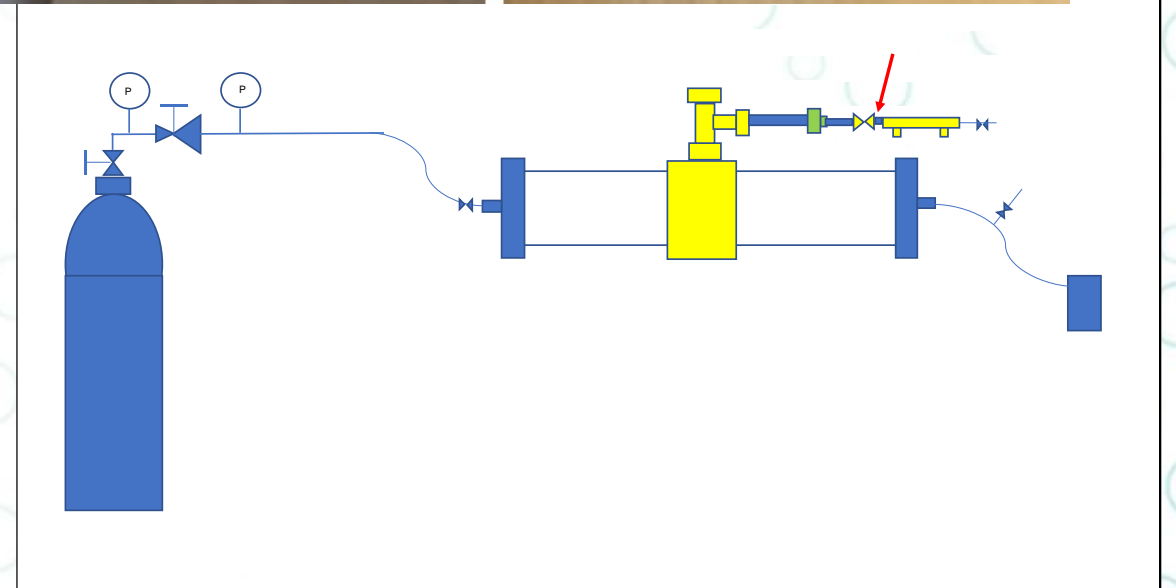
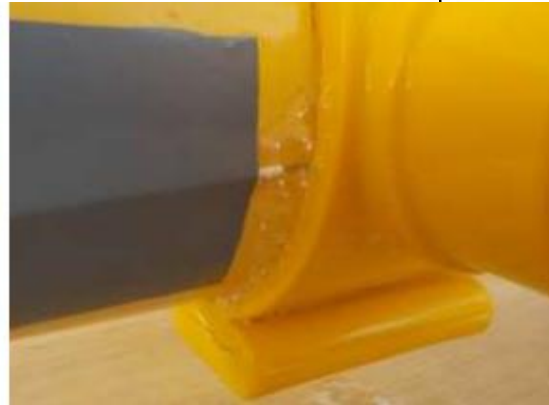
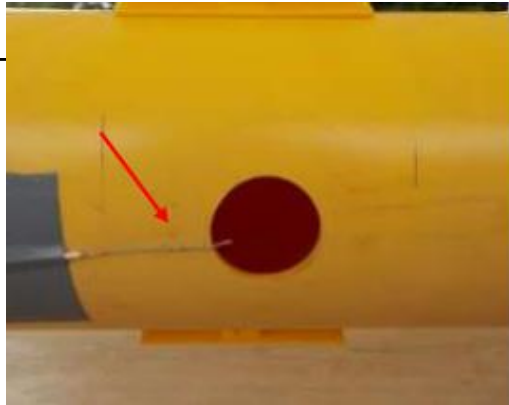
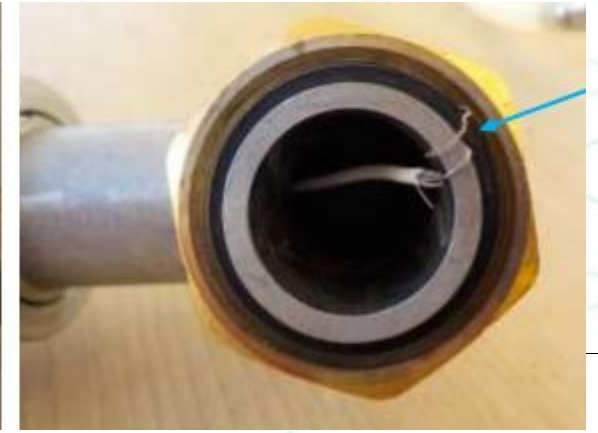
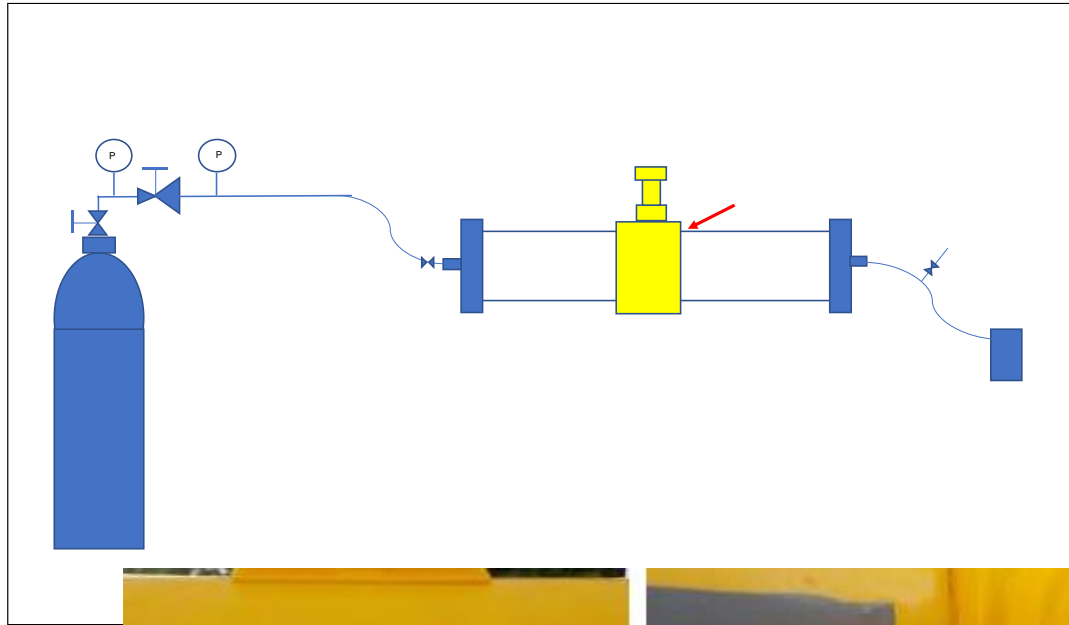


- Rechtstreeks spoelen van aardgas met waterstof is goed uitvoerbaar.
- Affakkelen is veilig en technisch goed uitvoerbaar.
- Een minimale spoelsnelheid van 0,4 m/s is noodzakelijk om het aardgas volledig te verdrijven.
- Een spoelsnelheid van 1,0 m/s wordt aanbevolen om de totale spoeltijd te verkorten.

- Richten op aansluitleidingen.
- Lekkage van hoofdleidingen (eis op dit moment < 5 l/h) zal niet leiden tot een hoger risico (zelfs niet als het lekdebiet bij waterstof drie keer hoger is vergeleken met aardgas).
- Vier type lekkages (± 1 l/h) in aansluitleidingen zijn getest bij 30, 100 en 200 mbar .
- Bepaling van lekdebieten gebaseerd op drukdalingen.
- Rekening gehouden met rapportage DNV GL - Gedrag van waterstoflekkages



Metingen - lektheidseisen



Conclusies – lekdichtheidseisen distributieleidingen



- Het gemiddeld lek van waterstof is 1,83 maal hoger vergeleken met aardgas (4 type lekkages gemeten, bij drukken van 30, 100 en 200 mbar)
- Aanbevolen waarden voor aanpassing NEN 7244-7;

Maximale lekgrootte bij een testdruk gelijk aan bedrijfssdruk		
Type leiding	aardgas (dm ³ /h)	waterstof (dm ³ /h)
Hoofdleiding	5,0	5,0
Aansluitleiding - nieuw	0,2	0,2
Aansluitleiding - bestaand	1,0	0,7
Meteropstelling	0,1	0,1
<i>Beproeving met lucht of stikstof</i>		

- Aanbevelingen voorafgaande aan het omschakelen van aardgas naar waterstof
 - Iedere aansluitleiding beproeven op lekdichtheid via een drukdalingsproef.
 - Hoofdleidingen op lekdichtheid beproeven via bovengrondslekzoeken.

- Geen veiligheidsrisico's te verwachten als bestaande huisdrukregelaars worden toegepast met Waterstof.
- Bij omschakeling naar waterstof zal de gasgebrekbeveiling (B-klep) mogelijk sneller geactiveerd worden.
- Regelgedrag van de 40 met waterstof geteste regelaars is vergelijkbaar met de toepassing van aardgas.
- Geluid of trillingen zijn niet waargenomen.
- Er is een beslisboom opgesteld die netbeheerders kunnen gebruiken bij de keuze van vervanging (huisdrukregelaar met/zonder B-klep en met of zonder by-pass).

- Door desorptie van THT en door permeatie van stikstof, zuurstof en water zal de kwaliteit van waterstof worden beïnvloed.
- Er zijn kentallen bepaald waarmee voor een specifiek net berekend kan worden in welke mate deze componenten in het waterstof terecht komen.
- Voorbeelden;
 - Na circa 50 dagen en circa 50 keer spoelen met het inwendig buisvolume is het THT-gehalte in de meeste gevallen lager dan het minimale THT-gehalte voor odorisatie (<10 mg/m³)
 - Voor een PE-aansluitleiding kan het zuurstofgehalte in waterstof in 24 uur toenemen van 0% naar 0,3 % (aannahme geen diffusie mogelijk naar de hoofdleiding, stilstaand gas).

- Risico's veranderen.
- Het grootste deel van de aardgasincidenten wordt veroorzaakt door koolmonoxide. Bij omzetting naar waterstof is dit **risico nul**.
- Bij kleine gas lekkages ($< 1 \text{ dm}^3 / \text{h}$ gebaseerd op aardgas) zijn de risico's bij gebruik van waterstof **gelijk** aan de risico's zoals bij aardgas.
- Bij grote gas lekkages ($> 10 \text{ dm}^3 / \text{h}$ gebaseerd op aardgas) worden de risico's bij gebruik van waterstof **groter** in vergelijking met de risico's bij aardgas.
- Verzachtende maatregelen zullen zich moeten richten op het voorkomen van grote gaslekkages.

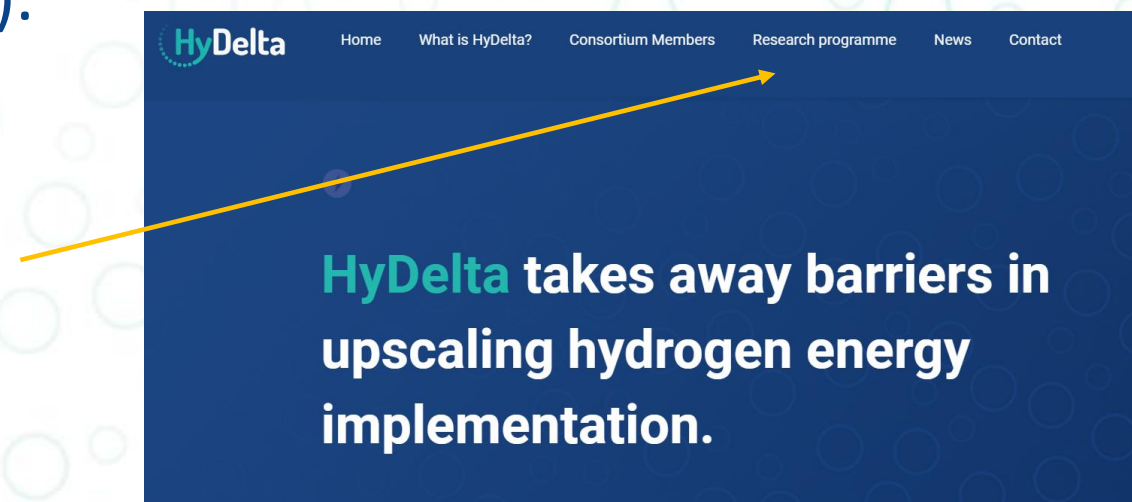
Voorbeelden van aanvullende maatregelen

- Toepassing van excess flow valves.
- Inspecties en beproeving bestaande binneninstallaties.
- Installatie en onderhoud van volledige binneninstallatie door gecertificeerde installateurs.
- Controle op aanwezigheid ventilatievoorzieningen in de meterkast conform Bouwbesluit.
- Bij afkoppelen van toestellen (bijvoorbeeld kooktoestellen) leidingwerk deugdelijk inkorten en afdoppen.

- Bestaande installaties zijn niet één op één over te zetten op 100% waterstof.
- CV-combi-toestelen welke worden ontwikkeld voor 100% waterstof zijn niet geschikt om te functioneren op aardgas, zelfs niet enkele seconden.
- Op dit moment worden er CV-combi-toestellen ontwikkeld welke op aardgas functioneren én eenvoudig te modificeren zijn voor het functioneren op waterstof.
- Naar verwachting komen vanaf 2023 leidingssystemen en cv-combi-toestellen op de consumentenmarkt welke gecertificeerd zijn voor waterstof.

Waar zijn de resultaten te vinden?

- Nederlandstalige en Engelstalige rapporten
- www.hydelta.nl (klikken op “research programme”)
- Verwijzingen naar Zenodo-website
- Rapportage met betrekking tot risico's binneninstallaties nog niet publiekelijk vrijgegeven (verwachting eind juni 2022).





Thank you for your attention!

Sander Lueb
sander.lueb@kiwa.com



hydelta.nl



linkedin.com/company/hydelta



facebook.com/hydelta



twitter.com/hydeltanl



youtube.com/channel/hydelta

Plenary Progress Meeting

HyDelta

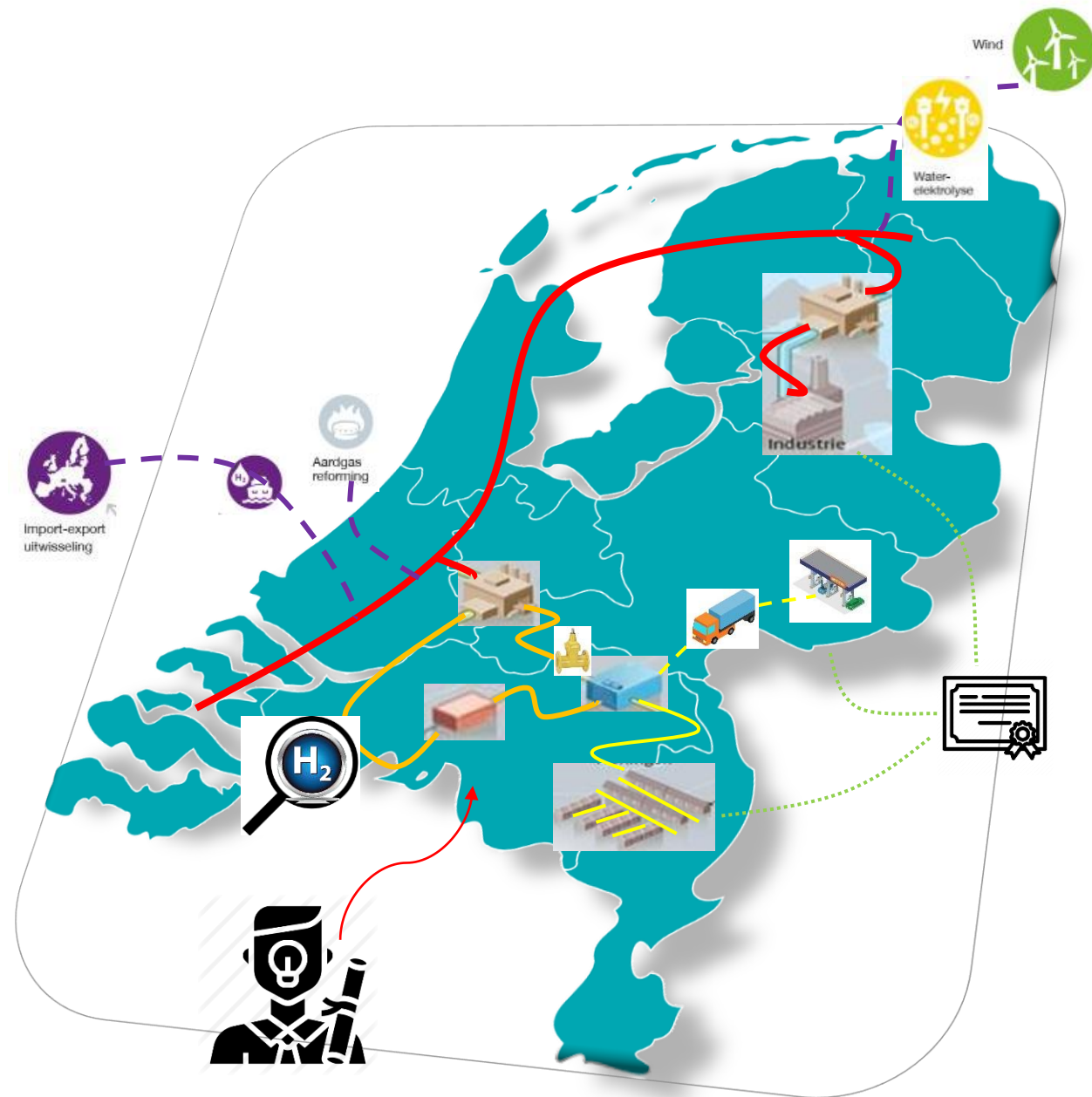
WP 1D

Metering of Hydrogen

Kiwa Technology

Hans de Laat

17-06-2022



- Main objectives of the WP
- Integration in the metering cabinet
- 12 steps for integration in the *Meterpool KV*
- Conclusions and recommendations

Main objectives of the WP

Suitability of Ultrasonic and Thermal mass flow meters for hydrogen

Availability of the meters

Describe the integration of these meters in existing cabinets at the end-user

Effect of practical gas composition of hydrogen on meters

Implementation strategy for hydrogen meters in the *Meterpool Kleinverbruik*

Integration in the metering cabinet

Gas Meters delivered to Dutch DSO's shall comply with *NPR 7028*

This is a Dutch regulation, prevails EU Standards

- Screw thread according to “*Gasmeterschroefdraad*” for G4/G6 equivalent meters
- Distance between the connections for G4/G6 equivalent meters is 220 mm

Hydrogen meters are not (yet) available with NPR 7028 specification

- 2 out of 3 shortlisted manufacturers are new to the Dutch market
- When necessary, use adaptors for the time being, e.g. in demonstration projects
 - inform safety regulator (SodM)

Pressure absorption by the meter expected to be within limits at Q_{\max}

Example of a prototype hydrogen meter

- Sample ultrasonic meter
- Gas type: hydrogen
- Capacity: 20 m³/h (eq. to G4 natural gas)



12 steps for integration in the *Meterpool KV*

The steps are defined and text proposals are included in the report

- 1 Extension of the *Meterpool Kleinverbruik Regulation* with hydrogen meters
 - The regulation is an official document and publicly available

- 2 Agree with the Dutch Metrology Regulator (Agentschap Telecom) on the text.
 - Every update is agreed upon with the regulator. Usually, this requires one or two iterations

12 steps for integration in the *Meterpool KV*

3 Extend the text of corresponding documents for hydrogen meters

- Internal action for members of Netbeheer NL

Implementing provisions:

- Technical and statistical requirements
- for hydrogen meters the statistics do not change
- The test procedures for hydrogen meters change (purge, flows, test duration)

Work instructions:

- Application for a Dutch meter code
- Execution of meter checks
- Application and management of a meter test installation (required capacity is bigger)

12 steps for integration in the *Meterpool KV*

4 Application procedure for a Dutch meter code

- Metercode for kWh starts with E, for m³ starts with G, **for hydrogen tbd.**
- A meter that is able to measure **both** natural gas **or** hydrogen receives a meter code for natural gas and one for hydrogen
- Hydrogen composition shall be mentioned on the meter (ISO 14687, grade 2)

12 steps for integration in the *Meterpool KV*

5 Implementation of the periodical meter check procedures

- (At Liander IJklaboratorium, CIJ Borculo and Enexis)

Upgrade of test installations

- Capacity (when the hydrogen meter exceeds 40 m³/h)
- Software (parameters of the measuring points and information in the test report)



12 steps for integration in the *Meterpool KV*

7 Auditing subjects

Technical audits with the operator

- Implementation of hydrogen meters in the test installations
- Ability of the operator for hydrogen meters

Administrative audits of the network operator

- Purchase process of hydrogen meters
- Metrological performance of the test installations

12 steps for integration in the *Meterpool KV*



8 To admit test installations to the Meterpool

- Sign up procedure and admittance protocol

9 To admit meter controllers and licensed meter controllers to the Meterpool

- Add hydrogen abilities to the audit subjects and
- field checks of the test installation

12 steps for integration in the *Meterpool KV*

10 Implement a traceable calibration procedure for hydrogen meters in The Netherlands

- There is no traceable calibration chain for hydrogen meters in The Netherlands yet

12 steps for integration in the *Meterpool KV*

Extension of the data analysis software

11 Extension of the files monthly uploaded by the Network operator

- Needs minor adaptation

12 Extension of the front-office at the Co-ordinator (MPS++); Extension of the back-office (GMS)

- Needs minor adaptation

Checking a hydrogen meter with air has not yet been confirmed by a meter manufacturer

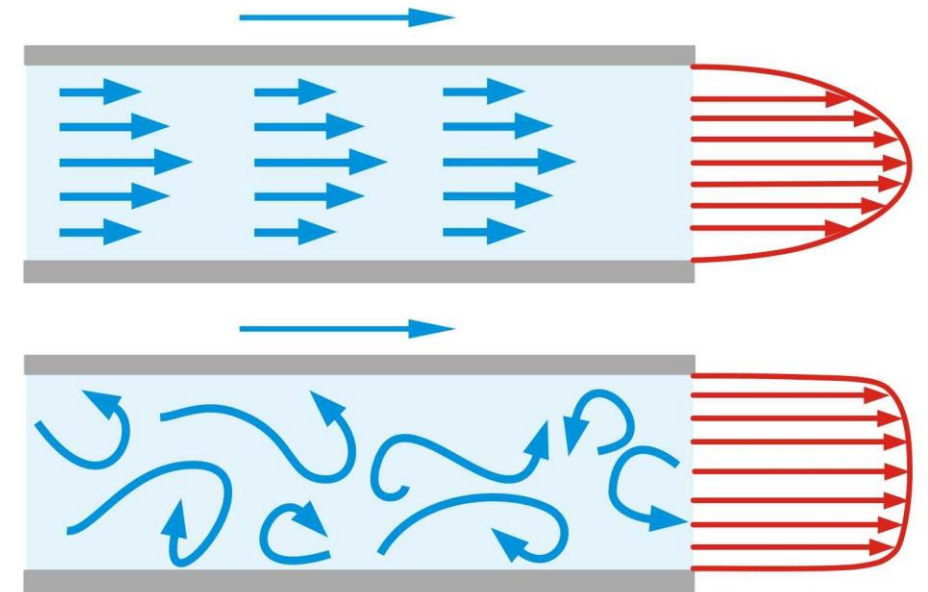
MID approved hydrogen meters are available in time for demonstration projects. Installation with adapters to be discussed with the safety regulator

Extension of the *Meterpool* regulations, provisions and work instructions for hydrogen meters is fully described.

A traceable calibration facility for hydrogen meters in The Netherlands will consolidate the trust of Dutch consumers in hydrogen as a heating fuel

Effect of practical gas composition of hydrogen on meters

- Comparison of flow patterns with air and hydrogen
- Reynolds number shows difference :
 - Air remains turbulent over meter bandwidth
 - Hydrogen becomes laminar at low flow



Meters shall correct for this difference : a true smart meter is required !

Conclusions

Gas network operators require a distinct separation for meters between small and large consumers for hydrogen, as currently exists for natural gas.

Equivalent to 40 m³/h of natural gas

Analyse the behaviour of hydrogen meters before they are installed at a client

Implement the testing parameters for domestic hydrogen meters in the software of meter check installations

Extend the scope of the *Regulation Meterpool Kleinverbruik* and the corresponding documents with hydrogen meters

Develop a traceable test facility for hydrogen meters

Define a separation between meters in the regulated domain (small consumers) and those in the free domain (industrial consumers) for hydrogen



Thank you for your attention!

Hans de Laat
hans.de.laat@kiwa.com



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltanl



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Slotbijeenkomst



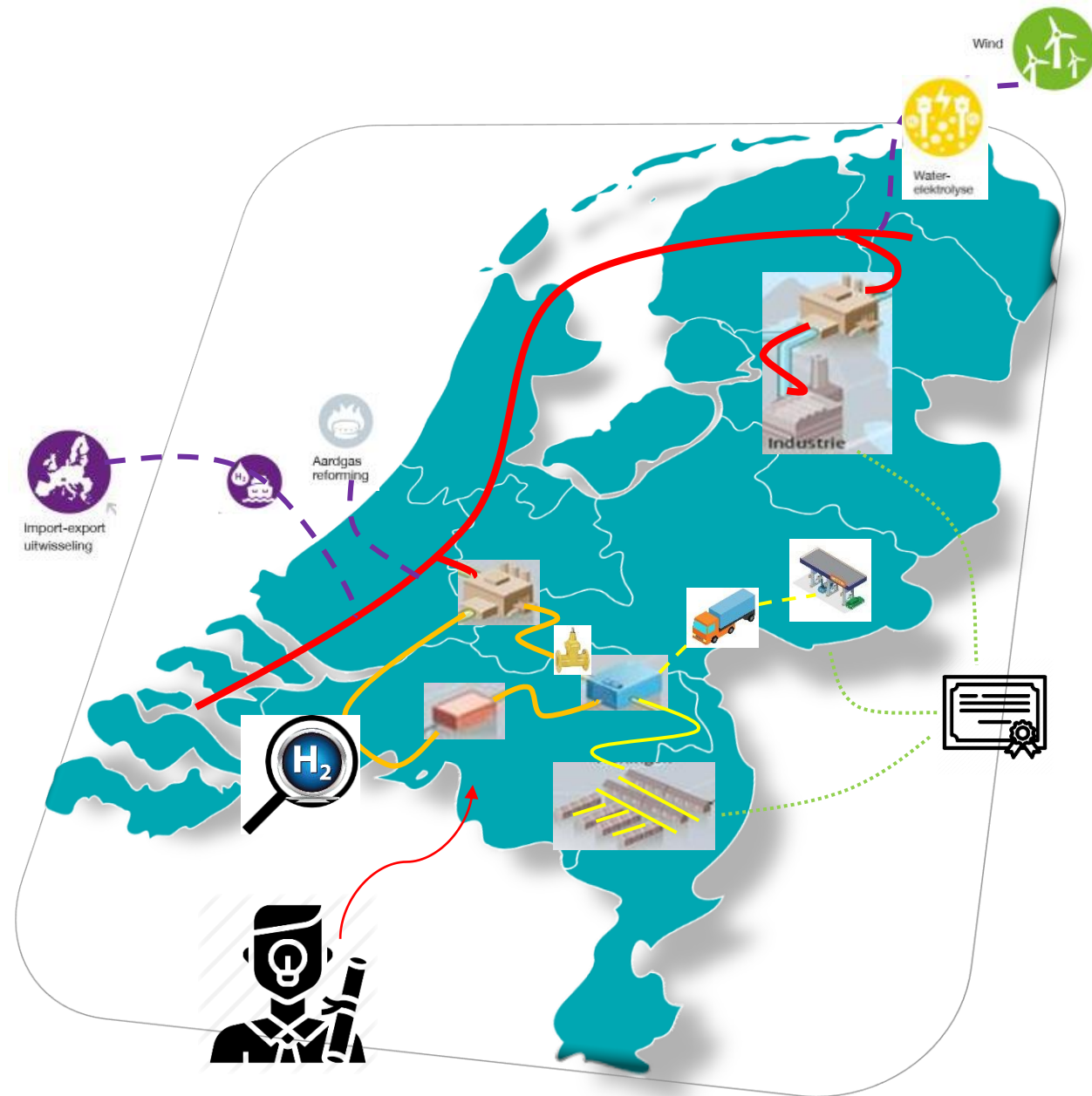
WP 1F

Testen van afsluiters in transportleidingen

Kiwa Technology

Nard Vermeltfoort

17-06-2022



Kennis opbouwen over de geschiktheid van afsluiters voor het hoge druk transport van waterstof.

- Kunnen afsluiters zoals deze momenteel in gebruik zijn in het aardgastransportnetwerk gebruikt worden in een waterstoftransportnetwerk?
- Wat is de inwendige en uitwendige lektheid van willekeurig selecteerde afsluiters die momenteel in gebruik zijn?
- Zijn de toegepaste (afdichtings) materialen in afsluiters geschikt voor gebruik in een transportnet voor waterstof?
- Kunnen de resultaten gebruikt worden om een indicatie te geven of de ingebouwde afsluiters geschikt zijn voor gebruik in een transportnet voor waterstof?

- Doel van het meetprotocol: vastleggen welke metingen gedaan worden, bepalen van volgorde van meting, metingen op een eenduidige manier vastleggen.
- Inventarisatie en willekeurige selectie van 16 afsluiters.

Producent	Type	DN-reeks	Bouwjaar	Aantal	Lekdichtheid
Grove	Kogelafsluiter	900 – 1200	1963-1993	4	In- en uitwendig
Cameron	Kogelafsluiter	900 – 1200	1974-2000	4	In- en uitwendig
RMA	Kogelafsluiter	900 – 1200	2006-2011	4	In- en uitwendig
Christensen	Plugafsluiter	400	1975 -2009	4	Uitwendig

- Naast het meetprotocol en de metingen ook :
 - Literatuuronderzoek gedaan naar geschiktheid van materialen (er worden geen problemen verwacht)
 - Berekening gemaakt voor het verwachte lekdebiet (ongeveer een factor 3x zo veel H₂).
 - Navraag gedaan bij leveranciers over de H₂-geschiktheid van afsluiters. (bij nieuwere afsluiters worden geen problemen verwacht)

Hoe gaan de metingen?



Hoe gaan de metingen?



Hoe gaan de metingen?



- Er wordt altijd begonnen met aardgas. Daarna wordt er bij kogelafsluiters beproefd met waterstof.
- Externe lekkage wordt beproefd volgens ISO 15848; A.2
- Interne lekkage wordt beproefd volgens EN 12266-1; A. 4.2
- Het lekdebiet wordt gemeten met een Hi Flow Sampler en in enkele gevallen met een debietmeter opstelling.

Geteste kogel afsluiters

Uitwendig

Nummer	Fabrikant	Locatie	LDAR	HFS	Uitwendig debiet	LDAR		Uitwendig debiet
			Aardgas			Waterstof		
			ppm	m3/h	m3/h	ppm	max druk (bar)	m3/h
1	Grove	Montfort	< 500	-	-	-	-	-
2	Grove	Nieuwstadt Zuid	< 500	-	-	<100	30	-
3	RMA	Angerlo	< 500	-	-	<100	46	-
4	Cameron	Spijk	500	0	0	150	62	0
5	Grove	Noordbroek	< 500	-	-	<100	39	-
6	Borsig	Nieuwediep	< 500	-	-	<100	59	-
7	Cameron	Nieuw Balinge	< 500	-	-	<100	60	-
8	Cameron	Beltrum	2.000	0	-	-	-	-
9	Grove	Windeweer	< 500	-	-	<100	60	-
10	RMA	Workum	< 500	-	-	>12.000	60	0
11	RMA	Workum	700	0	-	>12.000	62	0
12	Cameron	Anjum	< 500	0	-	2500	64	0

Inwendig

Nummer	Fabrikant	Locatie	Inwendige lekkage bij ΔP van ...				
			16 bar	25 bar	40 bar	ΔP max	ΔP max
			(m3/h)	(m3/h)	(m3/h)	(m3/h)	(bar)
1	Grove	Montfort	> 70	-	-	-	-
2	Grove	Nieuwstadt Zuid	30,0	38,3	42,2	33,8	54
3	RMA	Angerlo	28,8	18,8	7,5	4,9	56
4	Cameron	Spijk	~ 62	-	-	-	-
5	Grove	Noordbroek	-	-	-	2,6	64
6	Christensen	Nieuwediep	-	-	-	23,0	59
7	Cameron	Nieuw Balinge	1,36	0,78	1,66	0,56	60
8	Cameron	Beltrum	-	-	-	> 70	-
9	Grove	Windeweer	7,5	4,3	7,0	4,2	60
10	RMA	Workum (36)	13,5	7,5	1,35	0,31	59
11	RMA	Workum (04)	7,5	8,4	5,8	6,2	59
12	Cameron	Anjum	10,5	6,4	3,4	1,54	64

Geteste plug afsluiters (Uitwendig)

Nummer	Fabrikant	Locatie	LDAR	HFS	Uitwendig debiet
			Aardgas		
			ppm	l/h	l/h
1	Christensen	Nieuwediep	< 500	-	-
2	Audco	Nieuw Balinge	>50000	135	280
3	Christensen	Beltrum	< 500	-	-
4	Audco	Beltrum	< 500	-	-
5	Christensen	Windeweer	< 500	-	-
6	Audco	Windeweer	>50000	32	-
7	Christensen	Workum	< 500	-	-

Totaal 19 afsluiters getest

- Sommige kogelafsluiters waren inwendig zo doorlatend dat deze niet gevuld konden worden met waterstof.
- Uitwendige lekken zijn wel gedetecteerd maar dusdanig laag dat deze niet meetbaar waren met de HFS of debietmeter.
- Bij de plugafsluiters is een inwendig lek minder van belang. Bij twee afsluiters is een meetbare lekkage gevonden, waarbij het er van een al bekend was.

- 19 Afsluiters beproeft
- Bij de kogelafsluiters geen lekkage gemeten
- Hierdoor geen in-situ experimentele lekfactor kunnen bepalen.
- Wel getest: als een afsluiter gasdicht is voor aardgas is deze dat ook voor waterstof.
- Van de informatie tot nu toe verzameld blijken er geen technisch aanwijsbare redenen te zijn die het (her)gebruik van bestaande afsluiters in een waterstof transport netwerk onmogelijk maken.
- Aanbeveling: test alle afsluiters die in aanmerking komen voor (her)gebruik.



Thank you for your attention!

Nard Vermeltfoort

Nard.Vermeltfoort@kiwa.com



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltaNL



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Slotbijeenkomst



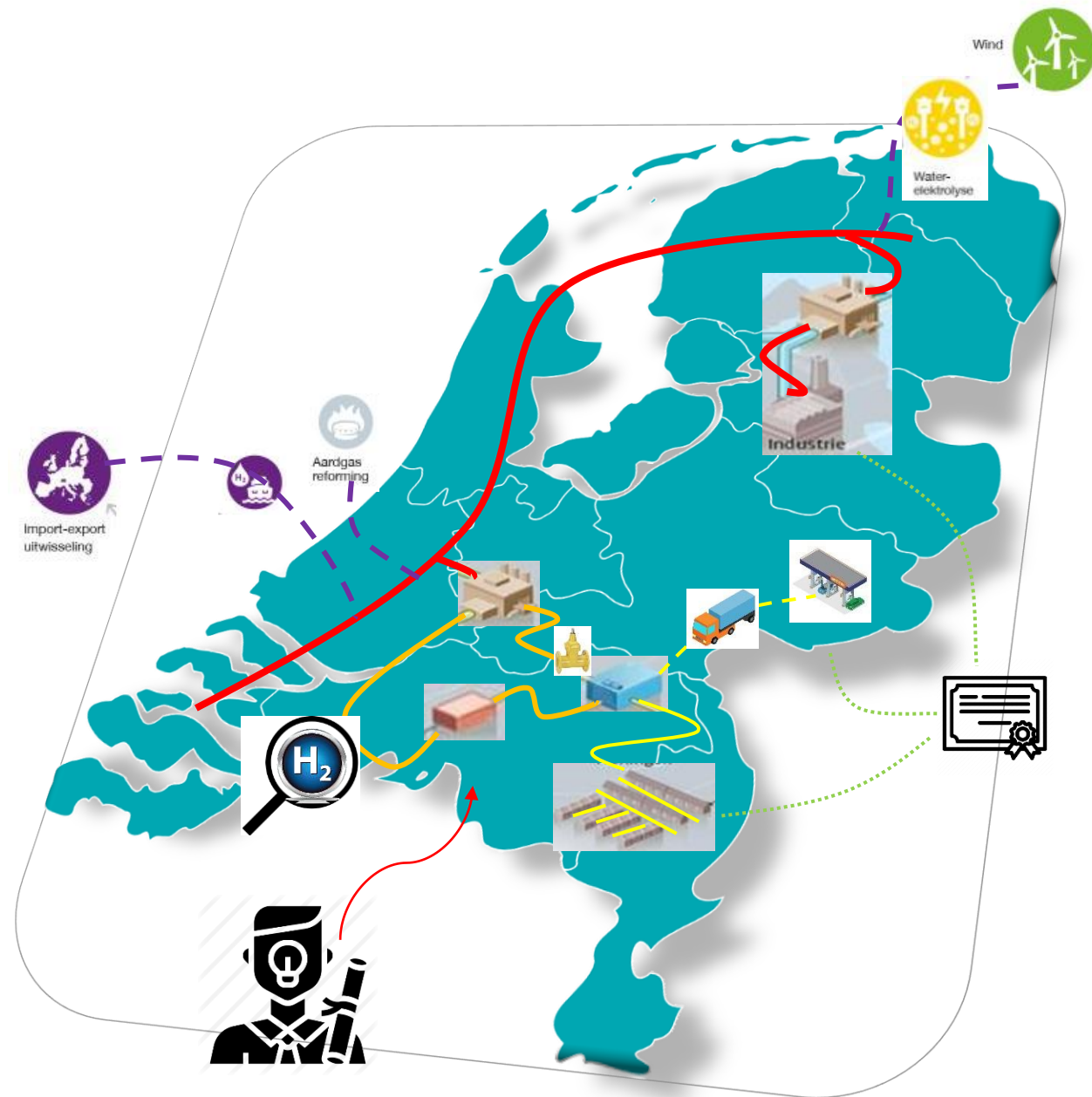
WP 4

Ontwikkeling van trainingstrajecten
voor technisch personeel

Kiwa

Suzanne van Greuningen

17-6-2022



Belangrijkste doelstellingen

Een bijdrage leveren aan het huidige onderwijsaanbod op het gebied van waterstof op mbo-niveau

- Doelstelling 1: inzicht krijgen in de toekomstige arbeidsvraag aan de hand van beschikbare literatuur, onderzoeken en input van netbeheerders
- Doelstelling 2: inzicht krijgen in de huidige status en omvang van het waterstof curriculum in het mbo-landschap
- Doelstelling 3: gap-analyse waaruit de benodigde ontwikkelingen in het onderwijsaanbod naar voren komen
- Doelstelling 4: aanvullen van het huidige onderwijsaanbod op het gebied van waterstof op mbo-niveau. De ontwikkeling van eindtermen voor een opleiding op het gebied van waterstof voor monteurs in de sector infrastructuur en distributie.

Uitkomsten van vraagscenario literatuuronderzoek

- Bijna alle scenario's voorzien vraag naar monteurs met gespecialiseerde kennis over waterstof
- Eenmalige en terugkerende arbeid

Terugkerende arbeid

- 2040-2050

Gasunie en regionale netbeheerders gecombineerd: 0-3.500 fte's per jaar voor exploitatie en onderhoud

- >2050

Gasunie en regionale netbeheerders gecombineerd: 0-7.000 fte's per jaar voor exploitatie en onderhoud

- <2030

Enkele teams van monteurs met kennis van waterstof voor de geplande (pilot) projecten van zowel regionale netwerkbeheerders als Gasunie

Eenmalige arbeid

- 2030-2040

Gasunie: 573 fte's per jaar voor gereed maken van de Hydrogen Backbone

- 2040-2050

Regionale netwerkbeheerders: 0-161 fte's per jaar voor het gereedmaken van het distributienetwerk

- >2050

Regionale netwerkbeheerders: 0-161 fte's per jaar voor het gereedmaken van het distributienetwerk

Uitkomsten van internetonderzoek en rondgang

Mbo-niveau waterstof voor monteurs

- *Er bestaan geen volledige waterstof mbo-opleidingen of cursussen voor monteurs in de sector infrastructuur en distributie.*
- *Netwerkbedrijven bieden sessies over basiskennis van waterstof aan personeel aan.*

Relevante beschikbare en in ontwikkeling zijnde waterstof cursussen.

- *Training waterstof (Noorderpoort)*
- *Praktijkcursus waterstof (Kiwa)*
- *Training voor monteurs gericht op transitie van aardgasnet naar waterstofnetwerk wordt ontwikkeld (een samenwerking tussen Alliander & Kiwa)*

Aandachtspunten

- *In alle delen van de sector zijn er zorgen over het beschikbare personeel. Hierbij gaat het om zowel technisch geschoold werkend personeel als docenten om deze monteurs op te leiden.*
- *Het complexer worden van het energiesysteem vereist meer kennis van verschillende energievormen, dragers, netten en buffers.*

- Een opleiding voor monteurs die aan de waterstoftransport of distributienetten moet worden ontwikkeld
- Het gebrek aan technisch geschoold personeel en docenten in de sector is een groot probleem waar aandacht aan besteed dient te worden

Eindtermen als basis

Eindtermen beschrijven wat iemand aan het eind van een opleiding moet kennen en kunnen.

- *achtergrond in aardgas*
- *zowel hogedruk als lagedruk*

Leerdoelen als vervolg

Leerdoelen zijn de uitwerking van eindtermen. Ze beschrijven de specifieke kennis en vaardigheden die een deelnemer moet beheersen.

- *verschillen in hogedruk als lagedruk*
- *afzonderlijke WI's samenvoegen tot landelijke VWI's*

Eindtermen zoals geformuleerd in het rapport

Eindtermen

Onthouden

Benoemen van de aanleiding van het gebruik en toepassingsmogelijkheden van waterstof.

De fysische en chemische eigenschappen van waterstof benoemen.

De verschillen in fysische en chemische eigenschappen tussen aardgas en waterstof benoemen.

De reden benoemen van het gebruik van een inert gas bij het werken met waterstof.

Benoemen van de risico's die zijn verbonden aan het werken met waterstof.

Benoemen van de risico's zijn bij het vermengen van diverse (inert)gassen met waterstof.

Benoemen van de maatregelen genomen moeten worden aan de hand van de risico's die de verschillende gassen met zich meebrengen.

Benoemen welke maatregelen genomen moeten worden om de vermenging van waterstof en lucht te voorkomen.

Begrijpen

De consequenties van verschil in fysische en chemische eigenschappen van aardgas en waterstof vertalen naar de werksituatie zoals beschreven in de VWI's.

Uitleggen met welke (veiligheids)risico's rekening gehouden moet worden bij het werken in het waterstofnet.

Uitleggen welke (veiligheids)risico's verbonden zijn aan het werken met inert gassen.

Uitleggen welke (veiligheids)risico's optreden bij het werken met verschillende gasmengsels.

Uitleggen welke maatregelen en handelingen anders zijn bij het werken in het waterstofnet dan in het aardgasnet om veilig te kunnen blijven werken.

Toepassen

In een gegeven werksituatie de juiste persoonlijke veiligheidsmaatregelen nemen bij het werken met waterstof, om de risico's te verkleinen en beheersen.

In een gegeven werksituatie de juiste veiligheidsmaatregelen voor de omgeving nemen bij het werken met waterstof, om de risico's te verkleinen en beheersen.

In een gegeven werksituatie de juiste PBM's, gereedschappen en meetapparatuur gebruiken bij werkzaamheden aan het waterstofnet.

Aan de hulpdiensten en omgeving kunnen uitleggen welke risico's er zitten aan het bestrijden van calamiteiten in het waterstofnet.

- Verder ontwikkelen van de cursus voor monteurs (leerdoelen, lesmateriaal en theorie- en praktijklessen)
- Stimuleren voor technische mbo-studie en docentschap
- Inventarisatie voor hbo- en wo-niveau



Bedankt voor uw aandacht!

Suzanne van Greuningen

E: suzanne.van.greuningen@kiwa.com

T: +31 (6) 57 77 04 98



hydelta.nl



[linkedin.com/company/hydelta](https://www.linkedin.com/company/hydelta)



[facebook.com/hydelta](https://www.facebook.com/hydelta)



twitter.com/hydeltaNL



[youtube.com/channel/hydelta](https://www.youtube.com/channel/hydelta)

Agenda van de dag

Start: 9:00 uur		
Duur	Onderwerp	Spreker
5 min	<u>Welkom</u>	Jörg Gigler, TKI
10 min	Introductie: HyDelta samenvattend rapport	Catrinus Jepma, New Energy Coalition
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 1: Waardeketen en waterstofbijmenging	
	Technische analyse van internationale waterstofwaardeketens	Thomas Hajonides van der Meulen, TNO
	Systeemwaarde van waterstof	Martijn Duvoort, DNV
	Technoeconomische (binnenlandse) waardeketenanalyse	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
	Admixing en waterstofbijmenging	Rob van Zoelen, New Energy Coalition
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 40 min totaal	Thema 2: waterstofveiligheid	
	Waterstof risicoanalyse (waterstof en veiligheid)	Albert van den Noort, DNV
	Impact van stromingsnelheid van waterstof op componenten in het bestaande gasnetwerk	Leonard van Lier, TNO
	Odorisatie van waterstof	Erik Polman, Kiwa
	Standaarden voor waterstof	Hans de Laat, Kiwa
15 min	Koffiepauze	
10 min per presentatie, 50 mins totaal	Thema 3: waterstof in het aardgasnetwerk	
	Gasstations	Sander van Woudenberg, Kiwa
	Leidingen en binnenapparatuur	Sander Lueb, Kiwa
	Hoeveelheidsmeting van waterstof	Hans de Laat, Kiwa
	Testen van afsluitventielen in het transmissie netwerk (>16 bar)	Nard Vermeltfoort, Kiwa
	Ontwikkeling van trainingstrajecten voor technisch personeel	Suzanne van Greuningen, Kiwa
Einde: 12.00 uur	Afronding van de sessie	

HyDelta 1.0 – summary of the results

The HyDelta 1.0 project led to a total of **42 publications**, divided as follows:

- **37 deliverables**, where all the research results have been published
- **4 plenary presentations**, where the researchers involved in the HyDelta 1.0 project discussed the progress of the different work packages
- **1 summary report**, to be published in June 2022

All publications from the HyDelta 1 project are publicly available and can be found in the hydelta.nl/research-programme website. Example of how the reports are displayed on the website:

Value chain & Hydrogen admixing

Besides the technical requirements for the transport of hydrogen in the existing gas transport infrastructure, the financial case needs to be proven. Furthermore, the inclusion of hydrogen as an extra fuel in the existing fuel trading and consumption systems i.e., the trading of certificates, the standards for admixing and the availability of subsidies and other policy instruments, will have consequences that we need to investigate before being able to provide a full picture of the potential of hydrogen as a booster to our economy. The value chain and hydrogen admixing work packages aim at investigating the state of the art of the hydrogen technologies, the potential business cases that exist around them, and an investigation into the topic of hydrogen admixing from a policy perspective. We have four WPs dedicated to this topic namely,

Below is a list of deliverables resulting from the aforementioned work packages, as well as a link to download them (when available):

Number	Deliverable title	Publication date	Link
D7A.1	Hydrogen value chain literature review	22-10-2021	Link
D7A.2	Techno-economic analysis of hydrogen value chains in the Netherlands: value chain design and results	22-04-2022	Link
D7A.3	Summary for policymakers: hydrogen value chains in the Netherlands	06-05-2022	Link
D7B.1	Database with the filled out factsheets about different components of the H2 value chain elements to be modeled	19-04-2022	Link
D7B.2	Accompanying report to D7B.1 where the factsheets are explained in more detail	19-04-2022	Link
D7B.3	Cost analysis and comparison of different hydrogen carrier import chains and expected cost development	03-05-2022	Link
D7B.4	A roadmap on transport and storage of hydrogen and hydrogen carriers for five sectors in the Dutch economy	01-06-2022	Link
D8.1	Admixing literature review	28-07-2021	Link
D8.2	Assessment Admixing Schemes	13-10-2021	Link
D8.3	Pilots for introducing hydrogen blending quota	11-02-2022	Link
D8.4	Economic analysis of potential market development in hydrogen certificate markets	07-04-2022	Link
D8.5	Mandatory blending of hydrogen: summary for policy makers	08-04-2022	Link

1. **WP7A: Techno-economic value chain analysis** - analyzing the levelized cost of hydrogen (LCOH) of different value chains
2. **WP7B: Technical analysis of H2 supply chains** - mapping of the state of the art for hydrogen technologies and a subsequent roadmap for the ongoing technology development
3. **WP7C: System value of green hydrogen** - discerning the potential benefits of green hydrogen in the Dutch economy
4. **WP8: Admixing & mandatory blending** - evaluating the existing Dutch policies regarding mandatory blending and certificates trading towards the creation of a hydrogen mandatory blending and certificates trading system



Thanks for following us in HyDelta 1

Be sure to follow us in HyDelta 2!

HyDelta 1: 2020-2022

HyDelta 2: 2022-2023



Visit us on
hydelta.nl
to access all our research results



Or follow us on social media at
linkedin.com/company/hydelta
to find out about our latest
developments