

## SHOWCASE

### HYGENESYS: HYdrogen GENERation SYStem for decentral applicationstie

Belangrijke uitdagingen binnen de energietransitie is het terugdringen van het gebruik van fossiele brandstoffen, maar ook het voorkomen van netcongestie door het toenemende aanbod van groene elektriciteit. Waterstof kan als energiedrager hierin een belangrijke positie innemen. Decentrale productie, opslag en toepassing van waterstof biedt voor beide uitdagingen een oplossing, maar om dit te realiseren zijn innovaties en kennisontwikkeling nodig.

In het **RAAK MKB project HYGENESYS** willen bedrijven en kennisinstellingen als partners van het groeiende netwerk rondom waterstof innovatiecentrum H<sub>2</sub>Hub Twente, expertise ontwikkelen voor realisatie van decentrale elektrolyse systemen. De betrokken bedrijven zijn zich aan het ontwikkelen om systeemoplossingen voor de markt van decentrale elektrolyse aan te kunnen bieden, maar hebben nog stappen te maken in de benodigde expertise hiervoor.

De kloof die de bedrijven in dit project willen overbruggen: van theoretisch inzicht en expertise op deelaspecten naar expertise om goed werkende systemen in de waterstofketen te kunnen realiseren en optimaliseren. Om die reden wordt het project vorm gegeven rondom de ontwikkeling en bouw van een prototype elektrolyse systeem dat wordt geïntegreerd met de duurzame energievoorziening van H<sub>2</sub>Hub Twente.

De ontwikkeling van waterstof systemen in het algemeen en elektrolyse systemen in het bijzonder vraagt om expertise op alle opleidingsniveaus die nog weinig beschikbaar is. Door de energietransitie neemt de vraag naar deze expertise de komende jaren sterk toe.

De kennisinstellingen willen met dit project via praktijkgericht onderzoek expertise binnen de betrokken onderzoeksgroepen verder opbouwen. Belangrijk hierin is het leerproces structuur en borging te geven waardoor dit kan doorwerken binnen het onderwijs richting studenten en bedrijfsmedewerkers.



In dit project werkt een groot aantal studenten tegelijkertijd en vanuit verschillende invalshoeken aan de ontwikkeling van een decentrale alkaline waterstof elektrolyser. De elektrolyser is bedoeld voor onderzoeksdoeleinden en toekomstige opleidingsactiviteiten. Alle betrokken studenten werken daarbij met verschillende probleemstellingen/uitdagingen aan de ontwikkeling van het systeem door de tijd heen. Het einddoel is daarbij voor iedereen gelijk: een veilig en robuust ontwerp voor een 70 kW alkaline elektrolyser.

“

*Boessenkool is een van de oprichters van de H<sub>2</sub>Hub en tevens als project partner betrokken bij HYGENESYS. We hopen dat in dit project een nieuw type elektrolyser ontwikkeld wordt, waarbij zowel bedrijven als ook studenten samenwerken en van elkaar leren. De ervaringen tot nu toe zijn heel erg goed en volgens mij geldt dat voor alle projectpartners en de studenten/opleidingen. Wij vinden het belangrijk dat bedrijven de ontwikkeling van waterstof aanjagen en hoe meer studenten/opleidingen we daarbij betrekken hoe beter. Uiteindelijk gaan we daar als regio beter van worden, om niet achterop te gaan lopen, maar voorop. Dat geeft economische impuls, dat is belangrijk voor de regio, het bedrijfsleven en zeker ook de opleidingen en studenten.*

Eelco Osse, CEO Boessenkool

”

Om hier meer over te weten te komen, gaan we in gesprek met studenten van zowel Saxion University of Applied Sciences als de HAN University of Applied Sciences die in de verschillende fases aan dit project hebben meegewerkt of nog bezig zijn.

## 1. De eerste fase (september 2022 tot september 2023)

Thom Schreuder was ten tijde van zijn opdracht 4de jaars student Werktuigbouwkunde en werkte aan dit project vanuit zijn afstudeerstage bij Machinefabriek Boessenkool, een van de betrokken bedrijven bij dit project. Thom: “Het proces flow diagram (PFD) is bekend en daarvoor moet een mechanisch ontwerp gemaakt worden. Op basis daarvan kan dan een bouwtekening gemaakt worden als basis voor de verdere ontwikkeling.”

Tjeerd Vogelzang studeerde in dezelfde periode Technische Natuurkunde en voerde zijn afstudeerstage uit bij projectpartner Powerspex. Tjeerd was in het eerste semester ook betrokken bij HYGENESYS maar dan vanuit een project van Saxion. Tjeerd: “In het 1ste semester heb ik vooral parameter onderzoek gedaan. Zo heb ik onderzocht welk effect parameters zoals temperatuur, concentratie en flow hebben op het grotere systeem.

Daar heb ik advies over uitgebracht en dat heeft bijvoorbeeld geresulteerd in het gebruik van kaliumhydroxide omdat dat de meest efficiënte optie was. Het project was in eerste instantie bedoeld voor realisatie van een electrolyzer voor productiedoeleinden maar dat is uiteindelijk omgezet naar een systeem voor onderzoeksdoeleinden. Dit had vooral te maken met de kosten. Zo heb je een operator nodig, genoeg stroom vanuit zonnepanelen en ook de opslag en de puurheid van de waterstof zijn belangrijk.”

“

*“Powerspex is lid van de H<sub>2</sub>Hub Twente en een van de stakeholders in het HYGENESYS project. Powerspex had geen twijfel aan deelname omdat we maatschappelijke betrokkenheid combineren met enthousiasme voor jonge mensen met passie voor techniek.*

*Bij aanvang van het project hoopten we op een inspirerende samenwerking tussen bedrijven, scholen, universiteit en studenten. En deze verwachtingen en hoop zijn meer dan waargemaakt. Vooral de fysieke vrijdagochtend bijeenkomsten op de H<sub>2</sub>Hub Twente ervaren we als enorm inspirerend en motiverend. We hopen met onze deelname aan het HYGENESYS project ons steentje bij te dragen aan het inspireren en motiveren van jonge mensen en onze passie voor techniek aan hen over te dragen.”*

**Maarten Rinket, senior engineer Powerspex**

”

Tjeerd: “We maken gebruik van een proefopstelling. Dit doen we omdat er te weinig bekend is op het gebied van waterstof bij de betrokken bedrijven. Ik werk nu vanuit Powerspex aan dit project. Powerspex is een automatiseringsbedrijf. Ik werk aan de modellering van systeembesturing via PsxCAD, de eigen ontwikkelde software van Powerspex. Deze software bestaat uit verschillende lagen: de bediening voor operators (HMI schermen), de modellering van de processen en de regelingen.

Auke Bomers was bezig met zijn 3de jaar van de opleiding Chemische Technologie in deze periode. Auke: “Ik ben bezig met het samenstellen van een Piping and Instrumentation Diagram (P&ID). Dit is een gedetailleerde tekening, veel gedetailleerder dan de PFD. Dit diagram wordt de basis voor het mechanisch en elektrisch design van de elektrolyser. Het bestaat uit een ontwerp van de besturing en een lijst van benodigheden. Ook meet- en regelapparatuur en veiligheidsaspecten zoals alarmen en overdrukventielen worden daarin meegenomen. Er is veel raakvlak tussen de verschillende projecten en daarom werken we veel samen. De P&ID is een iteratief document. Er zijn altijd aanpassingen. En elke aanpassing moet ook weer overgenomen worden in andere plannen zoals de PsxCAD simulatie van Tjeerd.”

Jelmer Brinkhuis was 4de jaars student Werktuigbouwkunde in dit semester. Jelmer: “Ik houd mij bezig met gasseparatie en condensleidingen. In een eerste stap moet na de elektrolyzer stack de vloeistof worden gescheiden van het gas. Het gas wordt daarna gezuiverd, terwijl de vloeistof terug naar de stack wordt gerecycled. Ik ben nu vooral bezig met literatuuronderzoek en ik moet uiteindelijk een rekenmodel opleveren. Hiermee maak je inzichtelijk welke effecten de verschillende ontwerpkeuzes hebben. Elke verandering kan zo direct doorgevoerd worden en zo kun je ook direct zien welke keuze de beste is.”

## 2. Werkwijze

Elke semester werken er 5 tot 10 studenten vanuit verschillende opleidingen aan het project HYGENESYS. Iedereen werkt aan zijn/haar eigen opdracht. Sommige (tweedejaars) studenten werken in een projectgroep, anderen werken aan hun stage- of afstudeeropdracht. Naast Saxion is ook de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen, ROC van Twente en Universiteit Twente betrokken als kennisinstelling. Tussen de studenten is onderling veel contact. Als er mechanisch iets veranderd wordt, dan moet dat gecommuniceerd worden want anders levert dat veel extra werk op voor anderen. Zeker in de eerste fase is er tussen Thom, Auke en Tjeerd veel onderling contact, maar ook in de laatste fase zien we dat studenten uit verschillende opleidingen elkaar nodig hebben om de opdracht uit te voeren. Naast dat ze op de vrijdagochtend allemaal op locatie werken in de H<sub>2</sub>Hub Twente, hebben de studenten ook een Whatsapp groep aangemaakt zodat ze elkaar snel kunnen bereiken. Tegenstrijdige belangen zijn ze nog niet tegen gekomen. “We werken allemaal aan hetzelfde doel en kunnen het daardoor ook vanuit alle kanten belichten. Overleggen en dan samen beslissen is belangrijk” aldus de studenten.

## 3. Kennistransfer tijdens wisseling van studenten

Het project HYGENESYS heeft een looptijd van 2 jaar en volgt 4 opeenvolgende semesters bij de betrokken kennisinstellingen. De semesters hebben binnen het project verschillende uitdagingen en dat betekent voor studenten in het 2de semester dat zij verder moeten borduren op de beslissingen die in het 1ste semester gemaakt zijn. Ondanks de zorgvuldigheid bij de kennisoverdracht, zorgde dat voor wat hick-ups bij sommige onderdelen. Gelukkig was, naast de betrokken onderzoekers en bedrijfsexperts, Tjeerd ook in het 1ste semester als student bij het project betrokken en kon hij ondersteunen bij vragen van medestudenten. Niet alles kon direct overgenomen worden en soms waren er ook vragen waarom bepaalde beslissingen genomen zijn. Er zijn wel overdrachtsdocumenten, maar de juiste interpretatie van deze info door nieuwe studenten blijft lastig en het snel up-to-speed krijgen van nieuwe studenten heeft aandacht nodig. Het scheelt dat studenten uit vorige semesters vaak wel bereikbaar blijven voor vragen.

Ook richting de laatste fase van het project start weer een nieuwe groep studenten. Ook zij moeten aan de slag met de overdrachtsdocumenten van de vorige groepen. Hebben de studenten ook nog tips voor de nieuwe groep? Tjeerd: “Vanuit Powerspex wordt specifieke software gebruikt. Ik zou eerst PsxCAD leren om goed te weten hoe alles is geprogrammeerd.” De andere studenten vullen aan: “Pak die vrijdag aan om dingen te bespreken. Er zijn hier mensen met veel ervaring. Schrijf vooraf vragen op en maak gebruik van de beschikbare kennis. Je hoeft niet het wiel opnieuw uit te vinden.” Communicatie is het belangrijkste vinden de studenten. “Begin meteen met informatie verzamelen en documenteren, praat met professionals. Communicatie is essentieel. Stel vooral veel vragen, dat geeft duidelijkheid. Ook door te vertellen waar je mee bezig bent, krijg je meer duidelijkheid voor jezelf en voor anderen.”

Het consortium rondom het RAAK-MKB project HYGENESYS is een mix van generalisten en specialisten.

De volgende partners hiernaast zijn aangesloten:

Gefinancierd door:



## 4. De laatste fase (september 2023 tot september 2024)

Tegen het einde van het HYGENESYS project zijn we terug gegaan naar de H<sub>2</sub>Hub om met nieuwe studenten over hun ervaringen te praten. Sommige studenten zijn nu in de afrondende fase van hun afstudeer- of stageopdracht en nieuwe studenten staan te trappelen om te starten aan de laatste fase van het HYGENESYS project.

Twee studenten die bijna klaar zijn met hun opdracht zijn de internationale studenten Ayokunle Adu (Ayo), 4de jaars student Electrical Engineering aan Saxion Hogeschool en Abdulhadi Alwattar (Hadi), 3de jaars student Electrical Engineering aan de HAN. Samen met een derde student, Daniel Operaocha (Saxion), werken zij sinds september 2023 aan een opdracht binnen het HYGENESYS project.

De drie studenten werken aan de vraag hoe de zonnepanelen het beste aangesloten kunnen worden op de electrolyser. Binnen dit project hadden ze alle drie een eigen taak, de verdeling daarvan is opgesteld in samenspraak met hun stagebegeleider Trung Nguyen van de HAN. Ayo houdt zich bezig met market research en kijkt naar de wet- en regelgeving over dit onderwerp en dan vooral naar de veiligheidsvoorschriften. Hadi doet de simulatie en inspecties. Hij bekijkt vooral de NEN normen en achterhaalt welke vereisten nodig zijn. Daniel maakt de technische tekeningen. Het drietal werkt veel samen, de bevindingen hebben consequenties voor de taken van de anderen dus goede communicatie is noodzakelijk. Op dit moment werken de studenten aan hun eindproduct: een rapportage met alle bevindingen en de definitieve tekeningen.

## 4.1 Nieuwe studenten in de startblokken

En waar Hadi en Ayo nu bijna klaar zijn met hun project, staan de nieuwe studenten in de startblokken om in februari te beginnen. Een van deze studenten is Merijn Dicker, student Integrale Veiligheidskunde aan Saxion. Hij gaat in het HYGENESYS project zijn afstudeeropdracht volbrengen.

“Ik ga me bezig houden met omgevingsveiligheid. De gevaren en risico's van de electrolyser in kaart brengen.” Veiligheidskunde speelt een grote rol in het traject van ontwikkeling naar realisatie. Zodra de stekker in het stopcontact gaat, heeft dat effect. De veiligheid voor de omgeving moet geborgd zijn. Dus is er een veiligheidsrapport nodig voor omgevingsdiensten en gemeentes en voor de aanvraag van vergunningen. Merijn hoopt aan het einde van zijn opdracht een veiligheidsrapport voor de electrolyser op te leveren. Ook medeveiligheidskunde studenten Naomi Wormskamp en Wouter Korten zijn in deze laatste fase betrokken bij het project HYGENESYS. Naomi ontwikkelt voor haar stage-onderzoek het ExplosieVeiligheidsDocument (EVD) voor de opstelling. Zij voert haar onderzoek uit bij KIWA, partner van het project HYGENESYS. Wouter buigt zich over de machinerichtlijn en ISO-22734 norm voor de ontwikkeling van de decentrale elektrolyser.

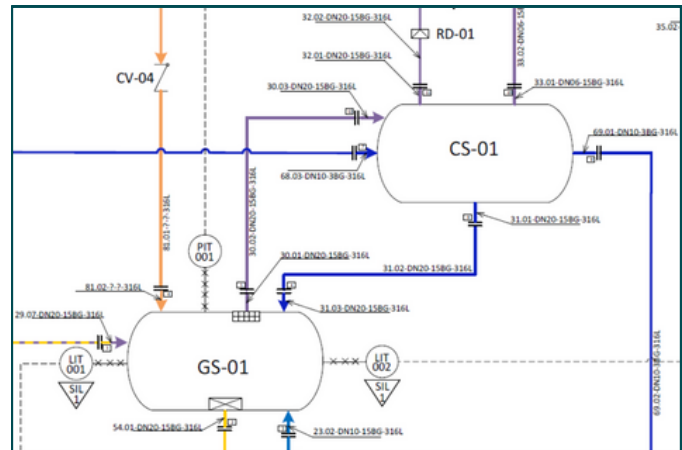
Merijn heeft veel zin in zijn afstudeerproject. Hij kwam bij HYGENESYS terecht via school. Werken met waterstof sprak hem wel aan. “Het is waardevol voor de toekomst. Bovendien is het een nieuwe energiedrager, dus er valt veel in te ontdekken en te onderzoeken. Hierdoor kan ik nu ook echt wat toevoegen aan het onderzoek.” Hij vindt het ook waardevol dat het bedrijfsleven betrokken is bij het project om zo samen met de bedrijfs-specialisten stappen te kunnen maken en kennis en kunde op te bouwen.

Sowieso verwacht Merijn veel interactie met de andere studenten in de Learning Community. Als veiligheidskundige heb je dan ook een eigen rol, als criticaster in het proces. Bas van der Wurf, docent en onderzoeker Integrale Veiligheidskunde aan Saxion, voegt daaraan toe “Als veiligheidskundige sta je in het midden. Je moet met iedereen samenwerken en verbinden. Dat komt mooi samen in dit project.

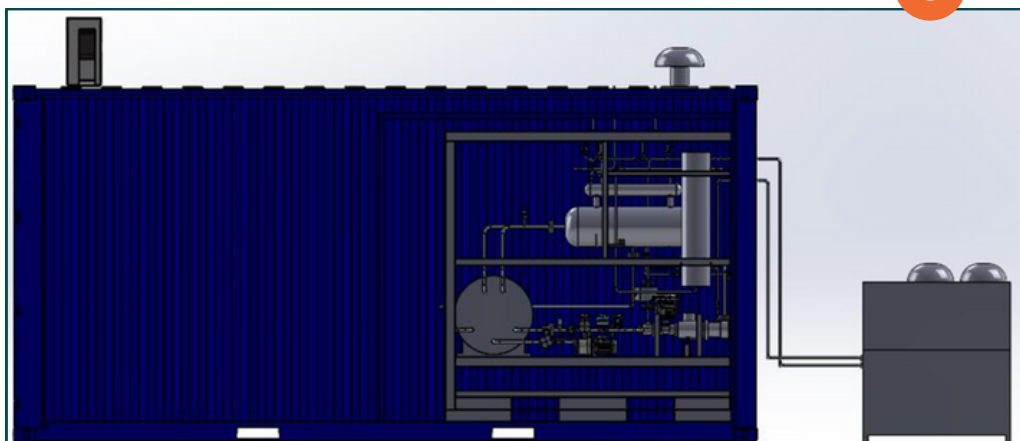
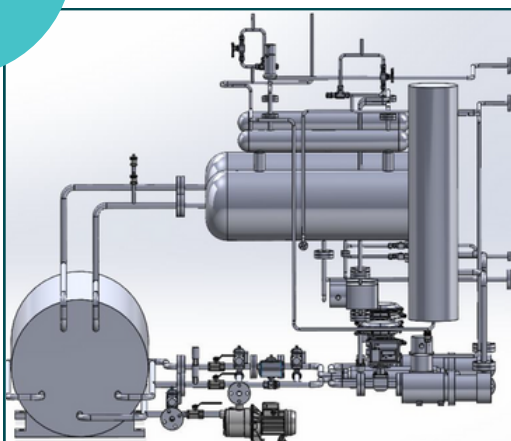
## 5. Resultaten

De projecten en inspanningen van alle studenten hebben tot nu toe vele mooie resultaten opgeleverd, die allemaal bijdragen aan de ontwikkeling van de 70 kW elektrolyser. De P&ID's werden door Auke Bomers opgesteld volgens een gestructureerd proces om een gedetailleerd overzicht te bieden van het systeem en de processen die betrokken zijn bij de waterstofproductie.

Het opgeleverde concept is doorontwikkeld door bedrijfsspecialisten, heeft een uitgebreide 'hazard and operability analysis' (HAZOP) doorstaan en dit heeft geresulteerd in de definitieve P&ID, waarin alle procestechnologische details zijn doorgevoerd. Hiernaast staat een deel van de P&ID weergegeven.



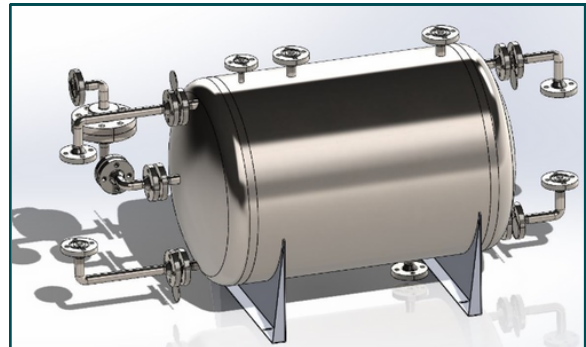
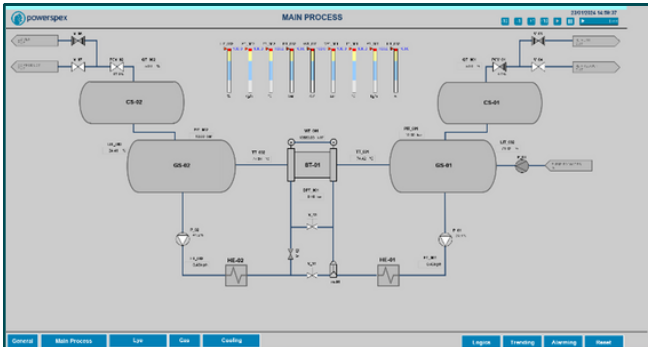
Thom Schreuder heeft het proces ontworpen volgens de PFD en P&ID, inclusief frame die de subsystemen overeind houdt. Op het frame is een FEM-analyse gedaan en er is gekeken naar de veiligheidseisen. Bij het ontwerp is ervoor gekozen de apparatuur in één container van 20 voet te plaatsen. Uit onderzoek naar de ATEX-richtlijnen is gebleken dat het plaatsen van een gasdichte tussenwand tussen de regelkamer en de proceskamer tot een ontwerp leidt dat voldoet aan de gestelde veiligheidseisen.



Jelmer Brinkhuis heeft voor zijn Werktuigbouwkunde afstudeerstage de drukvaten voor het proces ontworpen. Voor de gas-vloeistof scheidertank wordt gebruik gemaakt van gravitatie zodat, in tegenstelling tot andere methoden, in voldoende mate gas uit vloeistof gescheiden kan worden en een explosief mengsel voorkomen wordt. Door het vergroten van de kleinste gasbubbel diameter die in de scheidingstank kan voorkomen, kan de scheidingstank worden verkleind. Elke verdubbeling van deze kleinste bubbel diameter, resulteert in een vier keer kleinere scheidingstank. Het vergroten van de gasbellen kan in theorie gedaan worden door bellen te laten smelten met behulp van een poreus medium.

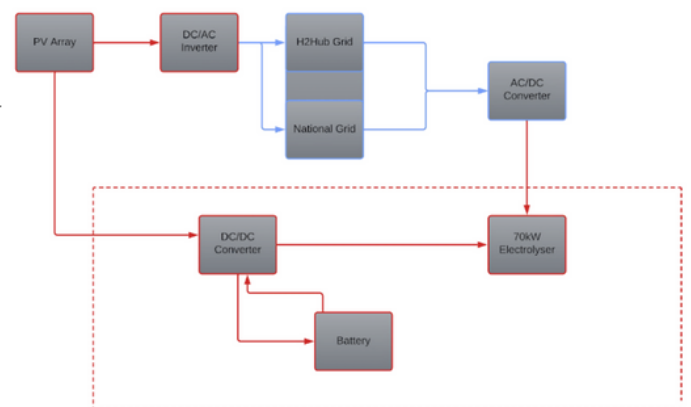


Daarnaast heeft Tjeerd Vogelzang een eerste versie van het besturing- en regelsysteem ontwikkeld in PsxCAD die de gehele alkaline elektrolyser installatie kan besturen en regelen. De regelingen zijn duidelijk beschreven en vervolgens geïmplementeerd. Ook zijn er verschillende versies van het procesmodel ontwikkeld die elk een deel van het proces of installatie beschrijven. Deze eerste versie is door student Tom van Oosten, verder doorontwikkeld tot een meer volledige simulatie van het systeem, dat gebruikt wordt voor de meet- en regeltechnieken. Ook zijn de definitieve HMI-schermen voor procescontrole ontwikkeld.



Een optimaal elektrisch ontwerp werd door Hadi Alwatter, Ayo Adu en Daniel Operaocha niet alleen geselecteerd, maar ook in detail onderzocht en gevalideerd aan de hand van de strenge industriële normen en veiligheidsvoorschriften. Door gebruik te maken van geavanceerde simulatietools zoals MATLAB en Vision werden de specificaties van de stroomomvormer zorgvuldig ontwikkeld en verfijnd, waardoor efficiëntie, robuustheid en naleving van de NEN-norm werden gegarandeerd. Het uiteindelijke systeem werd met behulp van EPLAN volgens de industrie-standaarden ontwikkeld en getekend.

In het laatste semester van het project HYGENESYS (februari 2024 tot september 2024) is een groep studenten bezig met de het gedetailleerde ontwerp van de elektrolyser. Zo zijn vanuit Integrale Veiligheidskunde Naomi Wormskamp, Wouter Korten en Merijn Dicker met de veiligheidsaspecten voor deze opstelling bezig,



werken Jander Lansink en Lyam Janse vanuit werktuigbouwkunde aan de mechanische detaillering, Sajjad Feizasgari is aan zet voor de ontwikkeling van een gedetailleerd elektrisch single line diagram en zullen Mats Oelering en Giorgos Tsaousakis zich buigen over de procestecnologische ontwikkeling en beschrijving van de 70 kW elektrolyzer. Deze studenten werken allen toe naar de definitieve Bill of Materials voor dit decentrale systeem.



## 6. Ervaringen van studenten

De studenten geven stuk voor stuk aan het een leuk en interessant project te vinden. Niet iedereen had al eerder met waterstof gewerkt. Zo vertelt Auke dat hij bewust gekozen heeft om met waterstof te werken omdat hij hier kansen in ziet. Ook Tjeerd koos bewust voor dit project. “Ik volgde een minor Duurzame Energiesystemen en vanuit die minor heb ik meegewerkt aan een project over het verduurzamen van het Go Ahead Eagles stadion. Dit heeft mijn interesse in de duurzame energie en waterstof gewekt. In de wandelgangen hoorde ik van het HYGENESYS project dus ik heb gevraagd of ik ook vanuit mijn studie kon aansluiten. Ik was daardoor al betrokken bij het project voordat het gestart was.” Thom heeft ook dezelfde minor gedaan en koos ook bewust voor duurzaamheid. Hij vond het project via het interne opleidingsinformatiesysteem van Saxion en besloot zich in te schrijven. Jelmer was in zijn stage veel bezig met mechanica en machinelijnen en daarom wilde hij nu juist bezig met thermodynamica. Zo heeft iedereen zijn eigen motivatie om deel te nemen aan deze Learning Community.

De studenten hebben veel nieuwe kennis opgegaan tijdens hun opdrachten. Volgens hen heeft werken met waterstof de toekomst en het is fijn om daar nu al ervaring mee op te doen, ook met betrekking tot de veiligheidsaspecten die daarbij komen kijken. Er worden door de studenten verschillende leerzame ervaringen genoemd:

- Tjeerd vertelt dat hij ook veel geleerd heeft over netwerken, presenteren en kennis ophalen. Ze zijn bijvoorbeeld bij het Waterstof-event van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen geweest om daar een presentatie te geven over hun opdracht.
- Voor Thom was het een eye-opener hoeveel veiligheid er rondom waterstof nodig is. “Het is heel explosiegevoelig dus daar moet je echt rekening mee houden.”
- Auke ziet door dit project juist het belang van projectmanagement. “Je werkt samen met al die verschillende bedrijven. Het gaat niet altijd alleen om de technische kant. Samenwerken en sturen is ook echt belangrijk.”
- Ook Jelmer heeft veel geleerd op het gebied van samenwerking. “Het was heel fijn dat we op vrijdag allemaal op de H<sub>2</sub>Hub waren. De lijntjes waren daardoor kort. Elke week gaf iedereen een korte presentatie met wat je die week hebt gedaan. Bedrijven zien waar je mee bezig bent en kunnen dus makkelijker hulp bieden.
- Hadi geeft aan dat hij het echt heel leuk vond om een nieuw werkveld te ontdekken. “Het was voor mij ook de eerste keer om echt samen te werken met professionals in het veld.”

Niet alleen op het gebied van waterstof hebben de studenten veel geleerd. Ook hebben ze meer training in presenteren gekregen en hun sociale vaardigheden verbeterd. Verder wordt de input van andere disciplines op hun werk als heel waardevol omschreven.

## 7. Einddeliverables HYGENESYS

Het project loopt ten tijde van het laatste interview 1,5 jaar. Wat zijn de laatste stappen richting het einde van het project? De laatste challenges zijn gericht op realisatie van het definitieve elektrische, mechanische en procestechnologische (detail-) ontwerp van de elektrolyser, en het opstellen van een Bill of Materials voor de inkoop van materialen en componenten. Het project HYGENESYS heeft als einddoel een volledig in detail ontworpen elektrolyzer, waarbij de noodzakelijk documenten (P&ID, mechanisch en elektrisch ontwerp, HAZOP) in definitieve versie worden opgeleverd. Dit ontwerp en de eerste fysieke onderdelen vormen een basis voor een vervolgproject dat zich gaat richten op de fysieke realisatie van het systeem.

