

# HyDelta 2

## **WP11 – Arbeidsmarkt- en trainingimplicaties van waterstof**

D11.1 – De toekomstige eisen voor HBO-, WO- en postacademische/post-hbo-arbeidskrachten in de waterstofsector

Status: final

## Document samenvatting

### Corresponderende auteur

<b>Corresponderende auteur</b>	Adrian Serna Tamez, Mariska Hulsing, Julio Garcia-Navarro
<b>Verbonden aan</b>	New Energy Coalition
<b>E-mailadres</b>	<a href="mailto:a.sernatamez@newenergycoalition.org">a.sernatamez@newenergycoalition.org</a> <a href="mailto:m.hulsing@newenergycoalition.org">m.hulsing@newenergycoalition.org</a> <a href="mailto:j.garcia@newenergycoalition.org">j.garcia@newenergycoalition.org</a>

### Documenthistorie

Versie	Datum	Auteur	Verbonden aan	Samenvatting van de belangrijkste wijzigingen
1	04-feb-2023	Adrian Serna Tamez, Mariska Hulsing	New Energy Coalition	Eerste concept
2	28-feb-2023	Adrian Serna Tamez, Mariska Hulsing	New Energy Coalition	Eerste herziening
3	22-mei-2023	Adrian Serna Tamez, Mariska Hulsing	New Energy Coalition	Tweede versie na sessie bij Gasunie en verwerking van op- en aanmerkingen
4	25-mei-2023	Julio Garcia-Navarro	New Energy Coalition	Derde versie na verdere op- en aanmerkingen
5	08-Jun-2023	Julio Garcia-Navarro	New Energy Coalition	Vierde versie na een nieuwe ronde opmerkingen door de Expert Assessment Group

### Verspreidingsniveau

<b>PU</b>	Publiek	X
<b>RE</b>	Beperkt tot <ul style="list-style-type: none"> <li>Projectpartners, inclusief Expert Assessment Group</li> <li>Externe entiteit waarmee een geheimhoudingsovereenkomst bestaat</li> </ul>	

### Document review

Partner	Naam
Gasunie	Theo Wieleman
Stedin	Gilles de Kok
Alliander	René Oussoren
NBNL, Gasunie, Kiwa, DNV, TNO, NEC, Hanze	HyDelta Supervisory Group

## Samenvatting

Aangezien de Nederlandse overheid en organisaties steeds meer plannen implementeren voor de productie en toepassing van waterstof ten behoeve van de energietransitie, is de verwachting dat er steeds meer vraag komt naar menselijk kapitaal met kennis en vaardigheden op het gebied van waterstof, zowel op HBO-, WO- als postacademisch/post-hbo-niveau. Hoewel een deel van deze kennis en vaardigheden vanuit bestaande sectoren kan worden overgedragen, zoals exploitanten van aardgasnetwerken en ontwikkelaars van hernieuwbare energie, betekent de aard van de plannen van de overheid om waterstof op grote schaal uit te rollen waarschijnlijk dat vraag en aanbod op het gebied van gespecialiseerd personeel in diverse disciplines niet op elkaar aan zullen sluiten.

Het doel van deze studie was om kwalitatief onderzoek te doen naar de vaardigheden en competenties die Nederland nodig heeft voor geschoolde arbeidskrachten op HBO-, WO- en postacademisch/post-hbo-niveau in de waterstoftransportsector. Hierbij lag de focus op de vaardigheden en training die nodig zijn voor exploitatie van het gasnet.

In dit document geven we een overzicht van het aantal geschoolde arbeidskrachten dat naar schatting nodig is voor het transport van waterstof in Nederland. Uit onze cijfers blijkt dat er in 2030 waarschijnlijk tussen de 1800 en 4700 voltijdbanen nodig zouden zijn voor de aanleg van waterstofdistributiesystemen en werkzaamheden ten behoeve van het transport van waterstof naar de gebouwde omgeving. Daarnaast zouden er nog eens tussen de 4200 en 12.500 voltijdbanen nodig zijn voor de exploitatie en onderhoud van dergelijke netwerken. Hoe deze cijfers in werkelijkheid zullen uitpakken is sterk afhankelijk van de mate waarin waterstof daadwerkelijk in de gebouwde omgeving gebruikt zal gaan worden.

Ook hebben we een reeks interviews gevoerd met stakeholders in de waterstofindustrie in Nederland en hebben we de belangrijkste harde vaardigheden in kaart gebracht waarover geschoolde arbeidskrachten in de waterstofsector moeten beschikken. Uit de interviews en de analyse kwam naar voren dat in dit verband de verschillende technische disciplines het vaakst werden genoemd.

Naast de interviews met stakeholders hebben we ook gekeken naar de actuele vacatures op een populaire vacaturewebsite, waarbij we 40 vacatures vonden waarin specifiek gevraagd werd naar professionals op waterstofgebied. Vervolgens hebben we gekeken welke harde en zachte vaardigheden het meest werden gevraagd in de vacatures, en het vereiste opleidingsniveau voor de vacatures. Hieruit bleek dat er vooral gevraagd werd naar technici met ofwel een bachelordiploma (c.q. een HBO-opleiding) of een masterdiploma (WO-opleiding) in technische disciplines, waarbij de meeste vraag was naar chemische technologie (gevolgd door werktuigbouwkunde en elektrotechniek).

Tot slot bevat het rapport een reeks aanbevelingen voor diverse stakeholders (onderwijsinstellingen, bedrijfsleven en overheid) over hoe het onderwerp waterstof beter kan worden geïntegreerd in de huidige curricula en wat er moet gebeuren om ervoor te zorgen dat er in de komende jaren voldoende geschoolde arbeidskrachten op het gebied van waterstof beschikbaar zijn teneinde te voldoen aan de verwachte toename van het aantal vacatures in het kader van de energietransitie - en waterstof in het bijzonder- en zo te voorkomen dat de transitie stagneert.

## Executive summary

As the Dutch government and organisations continues to implement plans for the production and use of hydrogen in the ongoing energy transition, there is an expected surge in demand for human capital with hydrogen-related skills at applied universities (HBO), universities (WO), and postgraduate levels. While it's true that some of these skills can be transferred from existing sectors such as natural gas network operators and renewable energy developers, the scale of the government's plans to rollout hydrogen at large scale means that a mismatch between the supply and demand of specialized personnel across various disciplines is likely to arise.

The goal of this study was to qualitatively examine the skills and competences needed for trained personnel in the HBO (applied sciences education), WO (scientific education), and postgraduate education (retraining of professionals) levels in the Netherlands, in order to work in the hydrogen transport sector; this was done with a focus on the skills and training needed for the gas network operation sector.

In this work, we present an estimation of the number of trained personnel that will be needed in the hydrogen transport industry in the Netherlands, where we found that between 1,800 and 4,700 full time jobs could be required in 2030 for the construction of hydrogen distribution systems or work in commissioning hydrogen transport to the built environment, and between 4,200 and 12,500 full time jobs could be made available to work in the operation and maintenance of such networks. These values are heavily dependent on the degree of uptake of hydrogen in the built environment.

Moreover, we carried out a series of interviews with stakeholders in the hydrogen industry in the Netherlands, and we identified the most important hard skills that are needed by trained personnel in the hydrogen industry. The interviews and analysis revealed that engineering skills, across various disciplines, were the most frequently mentioned.

Next to the stakeholder interviews, we analysed the current job postings on a popular job posting website, where we identified 40 job postings that are specifically recruiting hydrogen professionals. We proceeded to carry out an analysis regarding the most common hard and soft skills requested by the job postings, as well as the levels of education needed to fulfil those vacancies. We found that most of the vacancies are looking for engineers with either a Bachelor's Degree (that can also be understood as HBO training) or a Master's Degree (WO training) in engineering disciplines, with Chemical engineering being the most frequently asked (followed by mechanical and electrical engineering).

We finalise this report by adding a series of recommendations for different stakeholders (educators, industry and government) on how to enhance hydrogen in the existing curricula and what practices could ensue that sufficient trained personnel in the area of hydrogen are made available in the following years to fulfil the expected rise in job openings in the energy transition and hydrogen in particular, thereby preventing potential gridlocks caused by a lack of specialized personnel.

## Inhoudsopgave

Document samenvatting .....	2
Samenvatting.....	3
Executive summary .....	4
1. Inleiding .....	7
Doel en opzet van dit rapport .....	8
2. Behoeftte aan geschoolde arbeidskrachten voor de waterstofeconomie en de gastransportsector in Nederland .....	9
3. Stakeholder-inventarisatie .....	11
4. Voor de waterstofeconomie benodigde vaardigheden .....	12
Business-/commerciële vaardigheden .....	12
Didactische vaardigheden .....	13
Technische vaardigheden.....	13
Financiële/bedrijfseconomische vaardigheden .....	13
ICT-vaardigheden .....	13
Vaardigheden op het gebied van wet- en regelgeving .....	14
Vaardigheden op het gebied van beleid en toezicht.....	14
Vaardigheden op het gebied van projectmanagement/-ontwikkeling.....	14
Onderzoeks- en wetenschappelijke vaardigheden .....	14
Sociologische vaardigheden .....	14
Vaardigheden op het gebied van supply chain management.....	15
Vaardigheden op het gebied van de handel/energiemarkt .....	15
Enkele afsluitende woorden over de hierboven beschreven vaardigheden .....	15
5. Data-analyse van vacatures.....	17
Methoden.....	17
Resultaten .....	17
Harde vaardigheden .....	19
Zachte vaardigheden .....	21
6. Overzicht van het huidige onderwijsaanbod van instellingen voor hoger onderwijs.....	22
Onderwijs op waterstofgebied in Nederland .....	22
Inventarisatie bestaande opleidingen op het gebied van waterstof .....	22
Motivatie van studenten en studiekeuze.....	23
7. Conclusies.....	25
Analyse van de huidige arbeidsmarkt voor waterstofprofessionals .....	25
Benodigde vaardigheden en huidig onderwijsaanbod met betrekking tot waterstof.....	26

8. Aanbevelingen voor het tijdig ontwikkelen van het menselijk kapitaal dat nodig is voor de waterstofeconomie .....	28
Voor stakeholders in onderwijsinstellingen .....	28
Voor netbeheerders/sector .....	29
Overheid .....	30
Referenties .....	32
Bijlage A: Stakeholder-inventarisatie .....	34
Bijlage B: Geïnterviewde organisaties .....	35
Bijlage C: Interview-template .....	36
Bijlage D: Harde vaardigheden genoemd in de geanalyseerde waterstofgerelateerde vacatures .....	37
Bijlage E: Zachte vaardigheden genoemd in de geanalyseerde waterstofgerelateerde vacatures .....	38
Bijlage F: Overzicht van waterstofgerelateerd onderwijs in Nederland op HBO, WO en post-hbo/-universitair niveau .....	39

## 1. Inleiding

In een poging om klimaatverandering af te remmen staat de energietransitie dit moment hoog op de agenda van overheden en organisaties over de hele wereld; Nederland heeft, net als veel andere landen, ambitieuze doelstellingen als het gaat om het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen in 2050 [1]. Er wordt de afgelopen jaren steeds vaker naar waterstof gekeken als een middel om de emissiereductiedoelstellingen wereldwijd te halen: waterstof is een veelzijdige energiedrager en biedt kansen voor decarbonisatie van lastige sectoren (d.w.z. sectoren die niet geëlektrificeerd kunnen worden). Daarnaast is waterstof aantrekkelijk vanwege zijn vermogen om hernieuwbare energie op te slaan en zo vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen en energiesystemen flexibeler te maken.

Deze ongekenkende transitie naar schone waterstof en de mogelijke toepassing ervan in verschillende sectoren betekenen niet alleen een technologische, economische en politieke verandering, maar vereisen ook menselijk kapitaal met de vaardigheden, competenties en expertise die nodig zijn om de nieuwe technologieën en infrastructuur voor de waterstofeconomie te ontwerpen, bouwen, exploiteren én onderhouden.

Een van de belangrijkste recente ontwikkelingen in Nederland is de ontwikkeling van de landelijke waterstofbackbone<sup>1</sup>, waarbij gastransportbedrijf Gasunie een hogedruk-waterstoftransportnetwerk wil ontwikkelen dat de belangrijkste industriële clusters in het land en potentiële import- en exportlocaties met elkaar moet verbinden, waardoor er miljoenen tonnen waterstof per jaar kunnen worden getransporteerd [2].

Verder zijn de beheerders van het aardgasnet in Nederland<sup>2</sup> begonnen om beter inzicht te krijgen in de mogelijkheden van waterstof voor het decarboniseren van kleinere verbruikers, zoals de gebouwde omgeving. De afgelopen jaren hebben ze een reeks waterstofpilots opgezet in diverse gemeenten in Nederland [3], waarbij onderzoek wordt gedaan naar de veiligheid van waterstofdistributie (via retrofitting van het bestaande aardgasnet) en naar het verbruik in woonhuizen op locaties als Rozenburg, The Green Village, Uithoorn en (onlangs) Lochem, waar sinds december 2022 twaalf monumentale panden worden verwarmd door 100% waterstof in plaats van door aardgas [4].

De ontwikkeling van zowel de transport- als de distributie-infrastructuur voor waterstof zijn ongekend en vormen als zodanig een uitdaging voor de aardgasnetbeheerders in Nederland.

Bovendien wordt een en ander nog bemoeilijkt door het effect dat de coronapandemie heeft gehad op de Nederlandse arbeidsmarkt. Volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek is het aantal vacatures in Nederland tussen de eerste helft van 2020 (toen de lockdowns begonnen) en het eerste kwartaal van 2023 met 230% toegenomen, na een sterke stijging van het aantal vacatures tussen 2020 en 2023 ten opzichte van de situatie op de arbeidsmarkt tussen 2017 en 2019 [5]. Bovendien is de werkloosheid in Nederland in 2023 op het laagste punt ooit in de afgelopen 10 jaar [6].

De aan de energietransitie gelinkte werkgelegenheid wordt daarbij extra sterk getroffen door de tekorten op de arbeidsmarkt in Nederland. Volgens de arbeidsmarktindicator van ABN AMRO is er een tekort aan installatiemonteurs, mensen die in de woningisolatiesector werken en personeel in de bouw [7]. Daarnaast maakt ABN AMRO melding van een personeelstekort in de energietransitiesector, waar maar liefst 36% van de vacatures de afgelopen maanden onvervuld is gebleven [7].

Dit alles onderstreept het feit dat als het tekort aan geschoolde arbeidskrachten wordt onderschat, dit ertoe kan leiden dat de ontwikkeling van de energietransitie in Nederland (en daarmee de ontwikkeling

---

<sup>1</sup> De door PWC in opdracht van de Gasunie uitgevoerde studie heet HyWay27 [17].

<sup>2</sup> Alliander, Coteq, Enexis, Rendo, Stedin en Westland Infra.

van waterstofinfrastructuur) stagneert. Daarom is het belangrijk dat de arbeidsmarkt zich snel aanpast met als doel studenten te trekken die geïnteresseerd zijn in de energietransitie en opleidingsprofielen te ontwikkelen die ervoor zorgen dat deze vacatures kunnen worden vervuld door geschoolde arbeidskrachten met voldoende en adequate kennis.

Er zijn verschillende studies uitgevoerd om te bepalen wat voor soort opleiding arbeidskrachten nodig hebben om te voldoen aan de vraag naar menselijk kapitaal<sup>3</sup> ten behoeve van een waterstofeconomie, waarbij gekeken werd naar verschillende groeiscenario's [8] [9]. Deze studies zijn voornamelijk gericht op MBO-niveau<sup>4</sup>; voor zover wij weten zijn er nog geen studies gedaan naar dit soort geschoolde arbeidskrachten op HBO-niveau<sup>5</sup>, universitair (WO-)niveau<sup>6</sup> of postacademische/post-hbo-programma's (MBA's, executive programma's, enz.).

### Doel en opzet van dit rapport

Het doel van deze studie is om kwalitatief onderzoek te doen naar de vaardigheden en competenties die nodig zijn voor geschoolde arbeidskrachten op HBO-, WO- en postacademisch/post-hbo-niveau in Nederland ten behoeve van de waterstoftransportsector; bij dit onderzoek lag het zwaartepunt op de vaardigheden en training die nodig zijn voor de exploitatie van het gasnet. In de volgende paragrafen wordt de inhoud van dit rapport uiteengezet.

Eerst hebben we op basis van interviews met de stakeholders de vaardigheden en competenties in kaart gebracht, waarbij we een stakeholder-inventarisatie hebben gebruikt om de belangrijkste spelers in de waterstofeconomie te identificeren (zie Bijlage A: Stakeholder-inventarisatie). We hebben bestaand kwantitatief onderzoek uit andere waterstofsectoren (bijv. de waterstofproductie-industrie) als referentie gebruikt [8] en hebben ons gericht op Nederland, en dan met name op functies op HBO-, WO- en postacademisch/post-hbo-niveau. Daarna zijn de gegevens aangevuld met een kwantitatieve analyse van vacatures op een vacaturebank.

Vervolgens hebben we (op de betreffende onderwijsniveaus) een online onderzoek uitgevoerd waarbij we ons met name hebben gericht op waterstof en een inventarisatie hebben gemaakt van het huidige onderwijs dat gericht is op waterstof. Dit heeft geresulteerd in een lijst van het aanbod aan opleidingen in Nederland (zie

---

<sup>3</sup> In de Nederlandse onderwijssector wordt het opleiden van geschoolde arbeidskrachten de "Human Capital Agenda (HCA)" genoemd.

<sup>4</sup> Middelbaar beroepsonderwijs

<sup>5</sup> Hoger beroepsonderwijs

<sup>6</sup> Wetenschappelijk onderwijs



Bijlage F: Overzicht van waterstofgerelateerd onderwijs in Nederland op HBO, WO en post-hbo/-universitair niveau).

Tot slot hebben we een aantal aanbevelingen gedaan om het tekort aan geschoolde arbeidskrachten op HBO-, WO- en postacademisch/post-hbo-niveau in de waterstoftransportsector op te lossen, met speciale aandacht voor de Nederlandse aardgasnetbeheerders. Deze aanbevelingen zijn aangevuld met perspectieven uit semigestructureerde interviews met stakeholders en studenten, waarbij met name is gekeken naar hun motivatie en perspectieven.

## 2. Behoefte aan geschoolde arbeidskrachten voor de waterstofeconomie en de gastransportsector in Nederland

Om de ontwikkeling van menselijk kapitaal op een gerichte en integrale manier te laten verlopen, is het belangrijk dat eerst een gemeenschappelijke definitie wordt vastgesteld van de vaardigheden en competenties. Per definitie verwijst menselijk kapitaal naar de economische waarde van de ervaring en vaardigheden van een werknemer, waardoor deze bijdraagt aan de productiviteit en dus de winstgevendheid van een organisatie [10]. Dit betekent dat vaardigheden de basis vormen van menselijk kapitaal. Maar vaardigheden dragen niet alleen bij aan de winstgevendheid van een organisatie, ze zijn ook onontbeerlijk voor de persoonlijke ontwikkeling van werknemers. Menselijk kapitaal moet voortdurend ontwikkeld worden, wat inhoudt dat een organisatie hierin continu moet investeren door opleiding of bijscholing, of dit nu via een opleiding is of in de praktijk (d.w.z. 'on-the-job').

Grofweg kunnen vaardigheden worden ingedeeld in twee soorten vaardigheden: harde en zachte vaardigheden (ook wel hard en soft skills genaamd). Harde vaardigheden verwijzen naar de specifieke technische vaardigheden en kennis die nodig zijn om een bepaalde functie uit te oefenen [11]. Zachte vaardigheden daarentegen zijn de persoonlijke eigenschappen die mensen in staat stellen op een efficiënte manier met anderen samen te werken, zoals communicatievaardigheden, teamwork, probleemoplossend vermogen en leiderschapskwaliteiten [12]. Hoewel iemand zijn werk natuurlijk niet kan doen zonder harde vaardigheden, ontstaat steeds meer het besef dat zachte vaardigheden essentieel zijn voor succesvolle en productieve arbeidskrachten. Zachte vaardigheden bieden werknemers een breder perspectief op hun werk. Als zij over goede zachte vaardigheden beschikken, kunnen zij beter omgaan met complexe interpersoonlijke relaties, beter samenwerken met anderen en zich beter aanpassen aan een snel veranderende werkomgeving. Uiteindelijk zijn zowel harde als zachte vaardigheden nodig voor maximalisatie van het menselijk kapitaal en voor het waarborgen van de productiviteit en persoonlijke groei van werknemers [13].

In hernieuwbare-energiesectoren wordt vaak gesproken over de 'skills gap': het tekort aan mensen met harde vaardigheden, nodig om de energietransitie mogelijk te maken. Deze skills gap vormt een risico voor het tijdig bereiken van de doelstelling van netto-nul-uitstoot in 2050. Onderzoeken naar dit onderwerp zijn vaak vooral gericht op de kwantitatieve aspecten van de arbeidsmarkt, waarbij gekeken wordt naar technisch geschoolde arbeidskrachten (d.w.z. degenen met een (MBO-)beroepsopleiding) die betrokken zijn bij het ontwikkelen, exploiteren en onderhouden van assets op het gebied van hernieuwbare energie. Er is echter weinig aandacht voor hoogopgeleid menselijk kapitaal (d.w.z. mensen met een HBO-, WO- en/of postacademische/post-hbo-opleiding)<sup>7</sup>.

Door de ontwikkeling van een waterstofeconomie in Nederland is de factor menselijk kapitaal in de belangstelling komen te staan. In het onderzoek van Leguijt et. al. is bijvoorbeeld de vraag naar arbeid geraamd op basis van scenario's met een hoge en lage vraag, waarbij schattingen worden gemaakt van het potentiële gebruik van waterstof in de gebouwde omgeving in Nederland, rekening houdend met de hele waardeketen [8]. In de onderstaande tabel worden de resultaten van het onderzoek van Leguijt et al. weergegeven.

---

<sup>7</sup> Dit onderzoek is bedoeld als aanvulling op het onderzoek van Kiwa Technology, waarbij werd gekeken naar de eisen aan en training van personeel op MBO-niveau [9].

Tabel 1. Geschat aantal banen gerelateerd aan de bouw en exploitatie van waterstofdistributie-installaties in Nederland in 2030, 2040 en 2050, en geschat waterstofverbruik in de Nederlandse gebouwde omgeving (huizen en utiliteitsbouw). Bron: [8]. Ter referentie: in 2021 was het totale finale energieverbruik in de Nederlandse gebouwde omgeving 680 PJ [14].

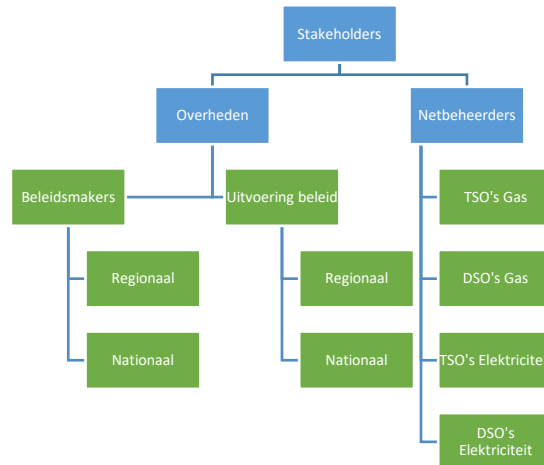
Parameter	2030	2040	2050
Banen in verband met bouw en aanleg (eenmalige activiteiten)	1.800-4.700 fte <sup>8</sup>	2.000-13.000 fte	2.200-20.000 fte
Banen die verband houden met het onderhoud of de exploitatie (doorlopende werkgelegenheid)	4.200-12.500 fte	9.200-43.000 fte	14.200-72.600 fte
Geschatte scenario's voor waterstofverbruik in de gebouwde omgeving in Nederland	10–40 PJ (69-277 kton H <sub>2</sub> /jaar)	132–317 PJ (916-2.201 kton H <sub>2</sub> /jaar)	254–593 PJ (1.763-4.118 kton H <sub>2</sub> /jaar)

Er was echter wel enige literatuur te vinden die gedetailleerde informatie geeft over de vereiste vaardigheden voor de hoogste opleidingsniveaus binnen de waterstofsector. Deze informatie kan helpen om een proactieve en strategische aanpak te volgen om in te spelen op de snel veranderende eisen van de sector, en om te voorkomen dat de waterstofeconomie stagneert.

<sup>8</sup> fte = full-time equivalents, hetgeen volgens de Europese referentie overeenkomt met 1.720 arbeidsuren per jaar.

### 3. Stakeholder-inventarisatie

Het uitgangspunt van dit onderzoek was om op basis van het werk van Schlund et. al. [15] de stakeholders van een waterstofeconomie te inventariseren, met aanvullende informatie die specifiek is voor de Nederlandse situatie. Er is gekeken naar vier verschillende sectoren: overheid, netbeheerders, het bedrijfsleven en onderwijsinstellingen. Hieronder volgt een samenvatting van de stakeholder-inventarisatie in het kader van deze studie (zie voor meer details Bijlage A: Stakeholder-inventarisatie).



*Figuur 1. Stakeholder-inventarisatie van deze studie met betrekking tot de vereiste vaardigheden voor geschoolde arbeidskrachten in de waterstofsector in Nederland, met een focus op de gasnetbeheerders. Bron: zelf gemaakt op basis van het werk van Schlund et al. [15].*

Bij de overheid werd een onderscheid gemaakt tussen beleidsmakers en degenen die verantwoordelijk zijn voor de uitvoering van het beleid, zowel op regionaal als nationaal niveau. Tussen de overheid en het bedrijfsleven werden (vanwege hun organisatiestructuur) de netbeheerders geplaatst. Daarnaast werd bij stakeholders uit het bedrijfsleven een onderscheid gemaakt tussen enerzijds partijen die betrokken zijn bij de waardeketen van koolstofarme waterstof (d.w.z. van productie tot eindgebruik), en andere bedrijven. En in die laatste categorie weer tussen tech-bedrijven en dienstverleners. Tot slot werden de opleidingen onderverdeeld in de drie opleidingsniveaus waar dit onderzoek zich met name op richt: HBO-, WO- en postacademische/post-hbo-opleidingen.

## 4. Voor de waterstofeconomie benodigde vaardigheden

Op basis van de stakeholder-inventarisatie zijn semigestructureerde interviews gevoerd met een aantal van de belangrijkste stakeholders. Hun werd gevraagd om hun mening te geven over de specifieke vaardigheden die nodig zijn om te werken in de energietransitie in Nederland, en dan specifiek gericht op waterstoftransport. Er werden in totaal 19 interviews<sup>9</sup> met 14 verschillende organisaties gehouden, die waardevolle inzichten hebben opgeleverd over de soorten vaardigheden die volgens de verschillende stakeholders (waaronder de overheid, energiebedrijven, netbeheerders en onderzoeks- en onderwijsinstellingen) zijn vereist. In de interviews kwamen telkens drie hoofdthema's aan de orde:

- 1) Het interne perspectief: d.w.z. de vaardigheden waarvan de organisatie van de respondent denkt dat die nu en in de toekomst nodig zijn.
- 2) Het externe perspectief: d.w.z. de omgeving van de stakeholders waarmee ze interageren en vergelijkbare afwegingen
- 3) Aanbevelingen om de 'skills gap' in verband met de waterstofeconomie aan te pakken.

Business-/commerciële vaardigheden	Didactische vaardigheden	Technische vaardigheden	Financiële/bedrijfseconomische vaardigheden
ICT-vaardigheden	Vaardigheden op het gebied van wet- en regelgeving	Vaardigheden op het gebied van beleid en toezicht	Vaardigheden op het gebied van projectmanagement/-ontwikkeling
Onderzoeks- en wetenschappelijke vaardigheden	Sociologische vaardigheden	Vaardigheden op het gebied van supply chain management	Vaardigheden op het gebied van de handel/energiemarkt

*Figuur 2. Overzicht van de in de interviews met stakeholders geïdentificeerde vaardigheden die nodig zijn op HBO- en WO-niveau in Nederland. Opmerking: de vaardigheden staan in alfabetische volgorde.*

Onderstaand worden per bovengenoemd punt de belangrijkste vaardigheden opgesomd die tijdens de interviews naar voren kwamen en de reden waarom ze belangrijk werden gevonden; de vaardigheden staan in alfabetische volgorde.

### Business-/commerciële vaardigheden

Waterstof wordt steeds vaker gebruikt als energiebron. Bedrijven spelen een cruciale rol bij de ontwikkeling, het beheer en de exploitatie van waterstofproductie en -distributie. Dit vraagt van managers in het bedrijfsleven een veelomvattend en multidisciplinair begrip van de technische,

<sup>9</sup> De volledige lijst van geïnterviewde stakeholders is te vinden in Bijlage B: Geïnterviewde organisaties.

economische en regelgevende aspecten van de waterstofsector. Ook moeten zij in staat zijn om complexe financiële en wettelijke kaders op de juiste manier te benaderen én om investeringskansen te identificeren om de groei van de waterstofeconomie te stimuleren. Bovendien speelt het bedrijfsleven een cruciale rol bij de ontwikkeling en toepassing van waterstofgerelateerde producten en diensten in de beginfase van de waterstofeconomie. Dit vereist een strategische aanpak van marktonderzoek en een gedegen inzicht in de behoeften en voorkeuren van klanten, afnemers, gebruikers en andere stakeholders die van belang zijn voor het functioneren van de organisatie.

#### Didactische vaardigheden

Een cruciaal aspect van de waterstofeconomie is de scholing van arbeidskrachten. Daarom spelen de didactische vaardigheden van professionals een cruciale rol: 'educate the educator'. Om goede curricula te ontwerpen en ontwikkelen om zo het benodigde menselijk kapitaal op te kunnen trainen, is er niet alleen een diepgaande kennis van de materie nodig, maar ook het vermogen om de materie boeiend te maken en effectieve leerervaringen te creëren. Opleiders moeten dus naast over kennis van de waterstoftechnologie en de mogelijke toepassingen ervan ook beschikken over expertise op het gebied van leerstrategieën. Alleen als er effectieve onderwijsprogramma's worden ontwikkeld, zal de waterstofsector kunnen beschikken over goed geschoolde arbeidskrachten die de groei en ontwikkeling ervan kunnen ondersteunen. Didactische vaardigheden zijn daarom een essentieel onderdeel van de waterstofeconomie: alleen hierdoor kunnen individuen de nodige kennis en vaardigheden verwerven die ze nodig hebben in deze sector.

#### Technische vaardigheden

De technische vaardigheden zijn nodig voor het ontwerpen, bouwen en onderhouden van waterstofproductiefaciliteiten, inclusief zeer specifieke technologie zoals elektrolyse-installaties en brandstofcellen voor diverse toepassingen. Daarnaast zijn ze nodig voor het ontwerp, de bouw en het onderhoud van de infrastructuur voor de opslag en het transport van waterstof. Een onderwerp dat binnen de technische vaardigheden extra aandacht behoeft, zijn de veiligheidsaspecten. Waterstof is een zeer licht ontvlambaar gas dat onder bepaalde omstandigheden explosief kan zijn. Om ongevallen te voorkomen en de werknemers, het publiek en het milieu te beschermen zijn veiligheidsmaatregelen en voorzorgsmaatregelen daarom van het grootste belang. Iedereen die omgaat met waterstofgas dient dus te beschikken over VGM-vaardigheden (Veiligheid, Gezondheid en Milieu) zodat zij de risico's kunnen onderkennen en beoordelen, veiligheidsprocedures kunnen implementeren en kunnen voldoen aan alle voorschriften en normen.

#### Financiële/bedrijfseconomische vaardigheden

Deze vaardigheden zijn nodig om businessplannen te kunnen ontwikkelen en investeringsvoorstellen te doen met betrekking tot de waterstofeconomie. Daarbij gaat het onder andere om het beoordelen van de kosten en baten van verschillende technologieën en projecten, het inschatten van potentiële bronnen van inkomsten en het voorspellen van de financiële resultaten op de langere termijn. De ontwikkeling en toepassing van waterstoftechnologieën vergen daarnaast aanzienlijke investeringen, en dat vraagt om mensen met vaardigheden op het gebied van investeringen en financiering zodat er zowel publieke als private middelen kunnen worden binnengehaald. Zoals bij alle vormen van financiering zijn er ook aan projecten op waterstofgebied bepaalde risico's verbonden, zoals technologierisico, marktrisico en wet- en regelgevingsrisico. Er is doelmatig risicomanagement nodig om deze risico's te identificeren, te beoordelen en te beperken. In bedrijfseconomische zin moet iemand een analyse kunnen maken om inzicht te krijgen in de kosten en baten van verschillende waterstoftechnologieën en hun mogelijke impact op de nationale en mondiale economie.

## ICT-vaardigheden

Naarmate de digitalisering van de waterstofsector voortschrijdt, zijn er steeds meer mensen met ICT-vaardigheden nodig om de technologische infrastructuur te ontwerpen, ontwikkelen en onderhouden die nodig is om de sector te ondersteunen. Deze vaardigheden zijn ook nodig voor de ontwikkeling van softwaretoepassingen, bijvoorbeeld ten behoeve van de automatisering van de waterstofinfrastructuur; denk daarbij bijvoorbeeld aan de digitalisering van het netbeheer, de analyse van gegevens die kunnen worden gebruikt om de activiteiten te optimaliseren, en de ontwikkeling en implementatie van cybersecurity.

## Vaardigheden op het gebied van wet- en regelgeving

Net als elke andere ontwikkeling moet de waterstofeconomie voldoen aan de diverse lokale, nationale en internationale wet- en regelgeving. Om de vereiste vergunningen voor waterstofprojecten te verkrijgen, dient men te beschikken over juridische kennis van de toepasselijke wet- en regelgeving. Daarnaast zijn deze vaardigheden essentieel om met de betreffende toezichthoudende en regelgevende instanties en andere stakeholders te kunnen onderhandelen en overleggen, zodat aan de compliance-eisen kan worden voldaan. Tot slot zijn er juridische vaardigheden vereist voor het onderhandelen over en regelen van contracten met stakeholders.

## Vaardigheden op het gebied van beleid en toezicht

Beleidsmakers en uitvoerende, regelgevende en toezichthoudende instanties spelen een cruciale rol bij het opstellen van wetten en regels op het gebied van de productie en het gebruik van waterstof, waaronder stimuleringsmaatregelen en beleid om de haalbaarheid en acceptatie van koolstofarme waterstof te bevorderen. Daarnaast zijn deze instanties verantwoordelijk voor het opstellen van regelgeving met betrekking tot de waardeketen als geheel. In dit verband is het dus belangrijk dat arbeidskrachten beschikken over kennis van de politieke kaders omtrent waterstof en van de instrumenten die er bestaan om de markt te subsidiëren en/of te reguleren. Het ontwikkelen van goed en doelmatig beleid en regelgeving op dit gebied vormt (samen met een goed begrip ervan) een belangrijke voorwaarde voor een stabiel en voorspelbaar regelgevingsklimaat dat de groei van de duurzame waterstofeconomie ondersteunt.

## Vaardigheden op het gebied van projectmanagement/-ontwikkeling

Voor de succesvolle implementatie van de waterstofeconomie zijn grootschalige infrastructuurprojecten nodig. Goede projectmanagementvaardigheden zijn daarbij van cruciaal belang om deze projecten te kunnen plannen, coördineren en uit te voeren. Dit speelt vooral een rol in de vroege stadia van de ontwikkeling van waterstofprojecten, met name wanneer er nog weinig eerdere ervaring beschikbaar is met soortgelijke projecten: dan kan het succes van dit soort vroege projecten (pilots, demonstraties, enz.) op een positieve manier bijdragen aan andere projecten en deze helpen uitrollen.

## Onderzoeks- en wetenschappelijke vaardigheden

Deze vaardigheden zijn nodig voor het onderzoek naar en de ontwikkeling van nieuwe en efficiëntere methoden voor de productie, het transport en het gebruik van waterstof. Daarnaast zijn er onderzoeks- en wetenschappelijke vaardigheden nodig om nieuwe en veilige materialen en technologieën te ontwikkelen en te testen. Ook zijn deze vaardigheden nodig om onderzoek en modellen te ontwikkelen op het gebied van alle andere disciplines die betrokken zijn bij de waterstofeconomie, zoals financiën, economie, beleid, veiligheid en regelgeving.

## Sociologische vaardigheden

De energietransitie zal aanzienlijke maatschappelijke gevolgen hebben, zoals veranderingen in de beroepsbevolking, nieuwe kansen voor innovatie en ondernemerschap, maar mogelijk ook sociale

ongelijkheid. Er zijn mensen met sociologische vaardigheden nodig om deze gevolgen te beoordelen en aan te pakken. Daarnaast moeten eventuele sociale en culturele obstakels voor de invoering van waterstoftechnologieën worden geïdentificeerd en aangepakt: alleen dan kunnen er begrip en draagvlak worden gecreëerd onder het publiek voor de transitie naar waterstof<sup>10</sup>.

#### Vaardigheden op het gebied van supply chain management

Deze vaardigheden zijn nodig om oog te hebben voor het hele de hele keten, van inkoop en productie tot logistiek en verspreiding van technologieën. Supply chain management omvat het succesvol onderhandelen over contracten, het beheren van voorraden, het voorspellen van de vraag en het optimaliseren van transport- en opslagnetwerken. Doelmatig supply chain management is van cruciaal belang om ervoor te zorgen dat de productie en distributie van waterstof op een efficiënte en kosteneffectieve manier plaatsvinden, hetgeen op zijn beurt bijdraagt aan de uitbreiding en het succes van de waterstofeconomie. Vaardigheden op het gebied van supply chain management zullen zelfs nog meer aan gewicht winnen nu zich een wereldwijde waterstofeconomie ontwikkelt: dit zeker gezien de hiermee gepaard gaande complexe dynamiek en bijbehorende aanzienlijke verstoringrisico's.

#### Vaardigheden op het gebied van de handel/energiemarkt

Nu waterstof op steeds grotere schaal wordt verhandeld, zullen mensen met deskundigheid op het gebied van handel en financiële markten een belangrijke rol spelen bij het faciliteren van de aan- en verkoop van waterstof, zeker als er een waterstofbeurs komt. Deze specialisten moeten een goed begrip hebben van de marktdynamiek en de geopolitieke factoren die deze potentiële wereldmarkt beïnvloeden. Daarom is een goed begrip van de complexiteit van de waterstofmarkt essentieel om ervoor te zorgen dat de handel doelmatig en efficiënt verloopt.

#### Enkele afsluitende woorden over de hierboven beschreven vaardigheden

Het is belangrijk om te vermelden dat de meeste expertise die nodig is voor de waterstofeconomie al wordt aangeboden in de bestaande onderwijsprogramma's of reeds aanwezig is in andere sectoren (bijv. chloorproductie door elektrolyse of thermodynamische principes van gassen). Het unieke maar ook uitdagende is echter de interactie tussen de waterstofeconomie en andere sectoren. Professionals moeten bijvoorbeeld niet alleen inzicht hebben in de waterstof- en gasmarkt, maar ook in de hernieuwbare-elektriciteitsmarkt: al deze informatie samen bepaalt de prijs en de kosten van waterstof uit een elektrolyser. Daarom is het van cruciaal belang dat we mensen opleiden die niet alleen over interdisciplinaire vaardigheden beschikken maar ook over het vermogen tot systeemdenken. Alleen dan kunnen de verschillende functies in de waterstofeconomie op een succesvolle wijze worden ingevuld. Ze moeten kritisch én creatief denken om complexe problemen op te lossen en door het snel veranderende landschap van de sector te kunnen laveren.

Bovendien zal de ontwikkeling van de waterstofeconomie een verscheidenheid aan vaardigheden en kennis vereisen om de doorgroei conform het tijdpad te ondersteunen. Op dit moment ligt de focus vooral op onderzoek en projectontwikkeling, maar op de middellange termijn zullen de implementatie en het onderhoud van waterstofinfrastructuur en de commercialisering en marketing van waterstofproducten steeds belangrijker worden. Professionals met expertise op gebieden zoals engineering, constructie, projectmanagement, marketing en business development zullen een belangrijke rol gaan spelen in de waterstofeconomie. Naarmate de sector zich verder uitbreidt, zal de vraag naar gespecialiseerde functies (zoals ontwerpers van waterstofsysteem, mensen die de gasnetwerken onderhouden en veiligheidsexperts op het gebied van waterstof) toenemen.

---

<sup>10</sup> Als voorbeeld van lopend onderzoek naar de maatschappelijke inbedding van waterstof noemen we hier het onderzoek dat wordt uitgevoerd in het kader van het HyDelta-programma [18].



De waterstofeconomie zal ook nieuwe kansen creëren voor ondernemers en startups om te innoveren en nieuwe technologieën en business-modellen te ontwikkelen die de groei van de sector ondersteunen. Dit vraagt om vaardigheden op het gebied van ondernemerschap, financiering en het opzetten van bedrijven, waardoor een gevarieerd aanbod aan banen in de waterstofsector ontstaat.

Hoewel het onderzoek zich niet specifiek richtte op zachte vaardigheden, werd regelmatig benadrukt dat deze bij veel functies essentieel zijn. Je zou echter kunnen stellen dat dit eigenlijk geldt voor alle banen op de arbeidsmarkt, zij het dat er kleine verschillen bestaan, afhankelijk van het soort werk.

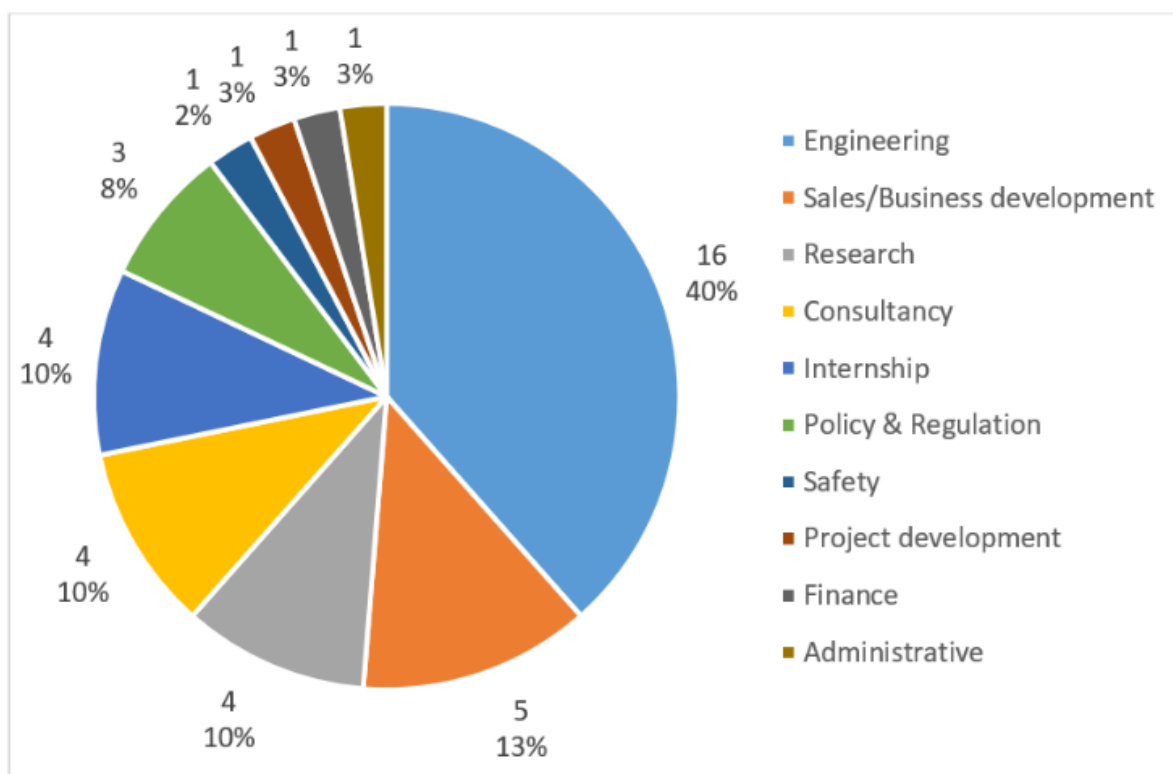
## 5. Data-analyse van vacatures

Om de resultaten van de interviews te valideren en beter inzicht te krijgen in de huidige arbeidsmarkt, hebben we informatie van een vacaturewebsite geanalyseerd. Hiervoor is er een kwantitatieve analyse uitgevoerd van de vacatures op LinkedIn. We hebben ons gericht op actieve vacatures, d.w.z. vacatures die nog steeds op LinkedIn stonden toen het onderzoek werd uitgevoerd in de tweede helft van januari 2023. Hoewel de gegevens die via deze analyse zijn verkregen, beperkt zijn door het feit dat niet elk bedrijf zijn vacatures op dit platform plaatst én mogelijk door het tijdstip van de analyse (na de coronapandemie), bieden deze resultaten desondanks een goed inzicht in de huidige arbeidsmarkt.

### Methoden

De volgende methodologie werd gehanteerd. Op basis van de data-analyse werd een lijst samengesteld van vacatures met de zoekwoorden 'hydrogen' en 'waterstof'. Nadat alle dubbelingen waren verwijderd, bleven 285 vacatures over. Hiervan bleken 42 vacatures de zoekwoorden 'waterstof', 'elektrolyzers' en 'brandstofcel' zowel in het Engels als in het Nederlands in de titel te hebben, hetgeen bevestigt dat de vacatures uitsluitend waren gericht op waterstof<sup>11</sup>. Nadat alle banen op MBO-niveau waren uitgesloten, werden in totaal 40 vacatures nader bestudeerd om erachter te komen welke functiebeschrijvingen en vaardigheden worden gezocht in de huidige arbeidsmarkt.

### Resultaten



Figuur 3. Uitsplitsing van de geanalyseerde vacatures naar het soort baan.

Van de 40 geanalyseerde banen bleek het bij het merendeel te gaan om technische functies ( Figuur 3). Denk hierbij aan producttechnologie, elektrotechniek, werktuigbouwkunde, systemen, onderhoud, proces- en materiaaltechniek. Dit geeft aan dat er een flinke vraag is naar mensen die verstand hebben van technologie en de proceskant van waterstof. Deze uitkomst wekt enigszins af van de antwoorden

<sup>11</sup> NB: Van belang is dat er geen onderscheid is gemaakt tussen banen in de productie-, consumptie- en transportsector; er werd vooral geselecteerd op banen die specifiek waren voor de waterstofsector.

in de interviews, waar stakeholders benadrukten dat er op dit moment een grotere behoefte is aan projectontwikkelaars/projectleiders, onderzoekers en commerciële functies. Een mogelijke verklaring voor deze discrepantie is dat dit soort functies wellicht nog redelijk recent zijn ingevuld en dat er nu een trend is in de richting van de functies die nodig zijn om de projecten ontwikkelen die op dit moment in de pijplijn zitten. Een andere mogelijke verklaring is dat er sprake is van een discrepantie tussen de arbeidsmarkt (d.w.z. de vacatures op LinkedIn) en de perceptie van de respondenten, waarbij de laatstgenoemden er misschien enigszins 'old-school' vanuit gaan dat er eerder projectleiders nodig zijn dan monteurs en technici.

Het veranderende energielandschap (denk bijvoorbeeld aan de nieuwe vormen van energietransport die steeds belangrijker worden in onze economie) en in het bijzonder de komst van waterstof als een belangrijke grondstof (die moet worden geproduceerd, geconsumeerd en getransporteerd) vraagt bovendien om nieuwe werkwijzen en werkinstructies. Dit veranderende landschap vereist dan ook een andere aanpak als het gaat om bijvoorbeeld veiligheid.

Toch waren business development-, sales- en onderzoeksfuncties nog steeds de op één na meest gevraagde functies, hetgeen nog eens het belang benadrukt van de vaardigheden die nodig zijn om deze projecten daadwerkelijk te realiseren en van innovatie bij alle waterstofgerelateerde technologieën.

Tot slot werd er ook nog een klein aantal banen genoemd op een aantal andere gebieden, zoals beleid en regelgeving, veiligheid, financiën en administratie, hetgeen illustreert dat er ook op deze gebieden mogelijkheden zijn voor professionals om bij te dragen aan de ontwikkeling van de waterstofeconomie. Opmerkelijk was dat in de interviews met de stakeholders het vooral de beheerders van aardgastransport- en distributiesystemen waren die de rol van veiligheid en regulering sterk benadrukten. Deze respondenten gaven aan een sterke behoefte te zien aan veiligheidsexperts op het gebied van waterstof: gezien de ontvlambare en ontstekings-eigenschappen van waterstof zijn dit wezenlijke aspecten. Maar het veiligheidsaspect wordt door veel (zo niet alle) stakeholders uiterst belangrijk gevonden <sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> Ongetwijfeld zal de vraag naar specifieke banen, bijvoorbeeld op het gebied van veiligheid, op termijn snel toenemen.

## Harde vaardigheden

Als tweede stap in de analyse hebben we gekeken naar het opleidingsniveau dat werd gevraagd in de vacatures, en hebben we de soorten vaardigheden geëxtraheerd die worden gevraagd bij de verschillende WO-opleidingen (bachelor, master en PhD). Meer specifiek tonen de resultaten de frequentie waarmee specifieke bachelor-, master- en PhD-diploma's werden gevraagd in deze vacatures.



Figuur 4. Uitsplitsing op basis van diploma's en studierichtingen die werden gevraagd in de geanalyseerde vacatures. (Bovenaan) Het vereiste opleidingsniveau bij alle 40 geanalyseerde vacatures, resp. bachelor (linksboven), master (middenboven) en PhD (rechtsboven). (Onder) Uitsplitsing naar de specifieke opleidingen die werden gevraagd bij 40 geanalyseerde vacatures, resp. bachelor (linksonder), master (middenonder) en PhD (rechtsonder). Opmerking: het aantal vereiste opleidingen in vacatures kan meer dan één soort opleiding zijn, waardoor de totale som van het aantal opleidingen dus hoger kan zijn dan 40.

Uit Figuur 4 blijkt dat technische opleidingen nog steeds vaker werden gevraagd dan andere opleidingen Figuur 4. Dit geeft aan dat mensen met een technische opleiding waarschijnlijk kansrijker zijn en in alle soorten functies in de waterstofsector meer gewild zijn.

Slechts in een klein percentage van de vacatures wordt een PhD in een technische discipline gevraagd, hetgeen suggereert dat een hogere opleiding dan een master wellicht geen gebruikelijke vereiste is voor banen in de waterstofsector. Aan de andere kant geven vacatures waarvoor een master is vereist aan dat een hoger opleidingsniveau kan leiden tot een grotere kans op werk in de waterstofsector. Hieruit blijkt dat er vanwege de complexe aard van waterstofsysteem waarschijnlijk vraag is naar mensen met geavanceerdere kennis en vaardigheden.

Als we kijken naar de individuele disciplines wordt chemische technologie het meest gevraagd als opleiding. Dit kan wijzen op de behoefte aan een diepgaande kennis van chemische reacties, thermodynamica en procestechniek: allemaal expertisegebieden die nodig zijn bij de productie en het gebruik van waterstof. Naast chemische technologie worden ook elektrotechniek en werktuigbouwkunde vaak gevraagd, waarschijnlijk vanwege hun relevantie voor het ontwerp, de ontwikkeling en het onderhoud van waterstofinstallaties en -systemen.

In

Bijlage D: Harde vaardigheden genoemd in de geanalyseerde waterstofgerelateerde vacatures is een volledig overzicht te vinden van de harde vaardigheden die werden gevraagd in de vacatures.

## Zachte vaardigheden

Hoewel de analyse van zachte vaardigheden niet de primaire focus van dit onderzoek was, is het cruciaal om zachte vaardigheden te meten en in de ontwikkeling van arbeidskracht die in de waterstofeconomie nodig zijn en om goede prestaties op het werk te garanderen. In

Bijlage E: Zachte vaardigheden genoemd in de geanalyseerde waterstofgerelateerde vacatures staan de meest genoemde zachte vaardigheden met betrekking tot de 40 geanalyseerde vacatures.

Op basis van de verzamelde gegevens is het duidelijk dat communicatievaardigheden zeer gewild zijn op de arbeidsmarkt, hetgeen bevestigt wat de respondenten in de interviews zeiden. Dit onderstreept nog eens hoe belangrijk het in een praktische setting is om goed informatie en ideeën over te kunnen brengen: dit is cruciaal is voor een goede samenwerking, de productiviteit en het opbouwen van relaties met klanten en collega's. Daarnaast wordt ook belang gehecht aan een goede kennis van het Engels. Dit heeft waarschijnlijk onder andere te maken met de internationale handelsachtergrond van Nederland, maar ook met het wereldwijde karakter van de opkomende groene waterstofsector.

Bij belangrijke zachte vaardigheden kan onder andere gedacht worden aan teamwork en personeels- en stakeholdermanagement. Aspecten die van cruciaal belang zijn om de doelstellingen van een organisatie te bereiken en resultaten te boeken. Daarnaast worden er ook zachte vaardigheden genoemd zoals zelfmotivatie, aanpassingsvermogen en resultaatgerichtheid. Dit zijn aspecten die steeds belangrijker worden op een snel veranderende arbeidsmarkt. De resultaten van de interviews geven de werkzoekenden een idee van wat de meest gevraagde vaardigheden in hun sector zijn. Voor werkgevers vormen zij een leidraad voor het stellen van prioriteiten als het gaat om deze vaardigheden.



## 6. Overzicht van het huidige onderwijsaanbod van instellingen voor hoger onderwijs

### Onderwijs op waterstofgebied in Nederland

Het Nederlandse onderwijs omvat een breed scala aan onderwerpen op energiegebied, waaronder duurzame energiesystemen, hernieuwbare energiebronnen, energiemanagement en energie-efficiëntie. Verschillende universiteiten en hogescholen bieden zowel bachelor- als masteropleidingen aan op dit gebied, waaronder gerenommeerde instellingen zoals de TU Delft, de TU Eindhoven en de Universiteit Twente.

Onderwijs in Nederland op dit gebied komt steeds meer in trek. Op nationaal niveau wordt er actief ingezet op de ontwikkeling en implementatie van waterstoftechnologie (vooral in Noord-Nederland). Diverse universiteiten en hogescholen in Nederland bieden programma's aan op het gebied van waterstoftechnologie, brandstofcellen en vergelijkbare thema's. Daarnaast zijn er andere instellingen (zoals de Universiteit Utrecht) die een meer multidisciplinaire aanpak hebben. De TU's bieden bachelor- en masterprogramma's op het gebied van energietechniek, chemische technologie en aanverwante vakgebieden, met een specifieke focus op waterstoftechnologie.

Naast theoretische (bachelor- en master)programma's zijn er praktijkgerichte trainingsprogramma's, workshops en cursussen voor professionals die hun kennis op energiegebied willen vergroten. Er zijn ook onderzoeksinstituten en organisaties die zich bezighouden met het onderzoek en de ontwikkeling op het gebied van energie en waterstof. TNO (Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek) is een toonaangevend onderzoeksinstituut op het gebied van waterstoftechnologie, en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) biedt financiering en ondersteuning voor waterstofgerelateerde projecten.

Nederland kent een sterke focus op duurzame energie. Daarnaast wordt het onderwijssysteem voor waterstoftechnologie steeds verder ontwikkeld. Dit vormt een goede uitgangsbasis om de ambitieuze waterstofdoelen in termen van menselijk kapitaal mogelijk te maken. Dit zich steeds verder ontwikkelende systeem kan ook de innovatie en vooruitgang op dit gebied ondersteunen. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de huidige opleidingen op nationaal niveau.

### Inventarisatie bestaande opleidingen op het gebied van waterstof

Nederland heeft in totaal 43 hogescholen (HBO-niveau) en 13 universiteiten (WO-niveau), waarvan 3 TU's (Technische Universiteiten). Om in kaart te brengen welke opleidingen er bestaan op het gebied van de energietransitie en waterstof, is er een analyse uitgevoerd van het huidige aanbod aan de hand van de websites van de onderwijsinstellingen<sup>13</sup>. Daarnaast is er gebruik gemaakt van de kwalitatieve interviews om beter inzicht te krijgen in het educatieve perspectief van kennis vergaren over waterstof en hoe er voldoende menselijk kapitaal beschikbaar kan komen voor de zich ontwikkelende waterstofeconomie.

De opleidingen op het gebied van waterstof variëren van korte cursussen en workshops tot volledige studieprogramma's. Daarvoor kunnen studenten terecht bij verschillende studierichtingen, waaronder diverse technische opleidingen, scheikunde, natuurkunde en milieuwetenschappen. Veel

---

<sup>13</sup> Het volledige overzicht is te vinden in

Bijlage F: Overzicht van waterstofgerelateerd onderwijs in Nederland op HBO, WO en post-hbo/-universitair niveau.

universiteiten, zoals de TU Delft, de RuG en de TU Eindhoven, bieden opleidingen en programma's aan op het gebied van waterstoftechnologie, zoals waterstofproductie, -opslag en -gebruik, brandstofcellen, waterstofveiligheid en waterstofbeleid en -economie. Daarnaast zijn er opleidingscentra en -instituten, zoals NLHydrogen, RVO en DIFFER (Dutch Institute for Fundamental Energy Research), die steun en mogelijkheden bieden voor onderzoek en praktische training op het gebied van waterstoftechnologie en -toepassingen. Deze opleidingsmogelijkheden zorgen ervoor dat studenten en professionals beschikken over de kennis en vaardigheden die nodig zijn om bij te dragen aan de ontwikkeling en implementatie van waterstof, waardoor ze goed gepositioneerd zijn om te profiteren van de groeiende vraag naar waterstofexpertise in Nederland en daarbuiten.

Tot slot zijn er diverse postacademische/post-hbo-opleidingen die zich richten op waterstof en die stakeholders kunnen helpen bij het omscholen van hun personeel als deze moeten overstappen op waterstof. Een ervan is het programma dat Brunel samen met de New Energy Business School (het vroegere Energy Delta Institute) aanbiedt<sup>14</sup>. Dit is een relatief nieuw postacademisch/post-hbo-programma, dat gericht is op ervaren technische en juridische professionals die hun kennis op het gebied van waterstof en de energietransitie willen vergroten. Het bestaat uit een reeks lezingen die over een periode van zes maanden worden gegeven en waarin alle aspecten van waterstof (en bepaalde aspecten van de energietransitie) aan bod komen: technologieën, geopolitiek, systeemintegratie, waterstoftransport, wet- en regelgevingsaspecten met betrekking tot waterstof, enz. Daarnaast wordt ook (in beperkte mate) aandacht besteed aan de ontwikkeling van de zachte vaardigheden van de deelnemers.

### Motivatatie van studenten en studiekeuze

Het kiezen van een studie is een belangrijk moment voor studenten: het heeft vaak grote invloed op hun toekomstige carrière en op hoe hun verdere leven eruit gaat zien. Bij deze keuze spelen vele individuele, maatschappelijke en omgevingsfactoren een rol, hetgeen het een niet-eenvoudige beslissing maakt, waar vele kanten aan zitten. Om dit proces beter te begrijpen, kan er gebruik gemaakt worden van kwalitatieve onderzoeksmethoden (zoals semigestructureerde interviews), die waardevolle inzichten kunnen verschaffen over de ervaringen, attitude en percepties van studenten bij het kiezen van een studie. Met dat doel zijn met negen studenten met verschillende achtergronden informele interviews en een enquête gehouden, die allemaal hebben deelgenomen aan de eerdere edities van het post-hbo waterstofprogramma van Brunel en de New Energy Business School<sup>15</sup>. Deze interviews hebben diepgaande informatie opgeleverd over de ervaringen van studenten met betrekking tot hun (vroegere) studiekeuze.

### Overwegingen met betrekking tot huidige en toekomstige opleidingen

Nederland heeft ambitieuze plannen om een waterstofhub te worden en een voortrekkersrol te vervullen wat betreft waterstoftechnologie en -innovatie. Maar hiervoor zijn wel geschoolde arbeidskrachten nodig met expertise wat betreft de diverse aspecten van waterstof: van productie en distributie tot gebruik. Naar verwachting zal de vraag naar waterstofonderwijs en -opleidingen blijven groeien, en universiteiten, hogescholen en opleidingscentra zullen hun programma's moeten aanpassen en uitbreiden om aan de behoeften van de sector en de arbeidsmarkt te voldoen.

De lijst met de opleidingen op het gebied van waterstof kan wat betreft als indicatief worden beschouwd. In de interviews met stakeholders gaven studieleiders van zowel universiteiten als

---

<sup>14</sup> <https://www.brunel.net/nl-nl/waterstof>

<sup>15</sup> De achtergrond van de ondervraagde studenten is zeer uiteenlopend: sommige studenten hebben ervaring in de waterstoftransportsector, andere in de energiesector, en ook is er een aantal studenten afkomstig van overheidsinstanties en energiebedrijven.

hogescholen aan dat er binnen het onderwijs veel meer gebeurt op het gebied van innovatieve wetenschappen zoals waterstof dan kan worden gemeten of formeel wordt gedocumenteerd. Docenten moeten ervoor zorgen dat hun cursussen relevant, boeiend en up-to-date zijn wat betreft de trends in de sector. In het geval van de waterstofsector, die in een snel tempo groeit en zich ontwikkelt, zijn er veel uitdagingen en mogelijkheden die gebruikt kunnen worden als basis voor cursusmateriaal en projecten. Docenten kunnen bijvoorbeeld ingaan op de technische, economische en milieuaspecten van waterstofproductie, -opslag en -transport in het kader van specifieke opdrachten bij energiegerelateerd onderzoek. Ze kunnen ook aan de slag met het beleid en de regelgevingskaders voor de waterstofsector, of met de sociale en culturele factoren die van invloed zijn op de acceptatie en draagvlak van waterstoftechnologieën door het brede publiek.

In het hoger onderwijs en learning-community's worden op alle niveaus diverse cursussen over waterstof geïnitieerd. De sector werkt aan complexe uitdagingen in de zich ontwikkelende waterstofeconomie en er zijn meerdere perspectieven die moeten worden meegenomen. Learning community's met een multi-level-aanpak vormen een uitstekende manier om onderzoek te doen naar de feitelijke complexiteit in de praktijk. Professionals (en studenten) met een verschillende achtergrond spreken verschillende talen en lossen problemen op verschillende manieren op. Door als een learning community aan een project te werken, worden studenten met verschillende achtergronden samengebracht, worden multidisciplinaire communicatievaardigheden gestimuleerd en vormt het werken in teams een aanvulling op de harde leervaardigheden. Instellingen zoals EnTranCe en Saxion Hogeschool zijn een voorbeeld voor de manier waarop instellingen dit soort initiatieven aanbieden.

Een van de belangrijkste principes voor het creëren van een succesvolle learning community met behulp van real-life uitdagingen is goede communicatie met de sector en andere stakeholders. Sommige van de geïnterviewde experts stelden dat ze problemen hadden met dit aspect van hun werk. Het vraagt veel tijd en inzet om de relaties tussen onderwijsinstellingen en het bedrijfsleven aan te halen. En dat is precies waar het veel docenten aan ontbreekt. Sommige instellingen hebben dit probleem opgelost door docenten aan te nemen die een uitgebreid professioneel netwerk hebben. Dit kan de verbinding en communicatie tussen het onderwijs en het bedrijfsleven daadwerkelijk bevorderen.

## 7. Conclusies

In een poging om klimaatverandering af te remmen staat de energietransitie dit moment hoog op de agenda van overheden en organisaties over de hele wereld; Nederland heeft, net als veel andere landen, ambitieuze doelstellingen als het gaat om het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen in 2050 [1]. Er wordt de afgelopen jaren steeds vaker naar waterstof gekeken als een middel om de emissiereductiedoelstellingen wereldwijd te halen: waterstof is een veelzijdige energiedrager en biedt kansen voor decarbonisatie van lastige sectoren (d.w.z. sectoren die niet geëlektrificeerd kunnen worden). Daarnaast is waterstof aantrekkelijk vanwege zijn vermogen om hernieuwbare energie op te slaan en zo vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen en energiesystemen flexibeler te maken.

Het doel van deze studie was om kwalitatief onderzoek te doen naar de vaardigheden en competenties die Nederland nodig heeft voor geschoolde arbeidskrachten op HBO-, WO- en postacademisch/post-hbo-niveau in de waterstoftransportsector. Hierbij lag de focus op de vaardigheden en training die nodig zijn voor exploitatie van het gasnet.

In dit document geven we een overzicht van het aantal geschoolde arbeidskrachten dat naar schatting nodig is voor het transport van waterstof in Nederland. Uit onze cijfers blijkt dat er in 2030 waarschijnlijk tussen de 1800 en 4700 voltijdbanen nodig zouden zijn voor de aanleg van waterstofdistributiesystemen en werkzaamheden ten behoeve van het transport van waterstof naar de gebouwde omgeving. Daarnaast zouden er nog eens tussen de 4200 en 12.500 voltijdbanen nodig zijn voor de exploitatie en onderhoud van dergelijke netwerken. Deze waarden zijn sterk afhankelijk van het draagvlak van waterstof in de gebouwde omgeving.

Bestaand onderwijs in Nederland in de vorm van keuzevakken, tracks en specialisaties op HBO-, WO- en post-hbo-niveau gericht op de energietransitie en waterstof, bieden een goed opstapje als het gaat om het bereiken van de toekomstige waterstofdoelen in termen van menselijk kapitaal. Bovendien is de agenda voor menselijk kapitaal goed gepositioneerd om de gegeven doelstellingen te halen, aangezien de bijscholingsmogelijkheden voor stakeholders zoals gasnetbeheerders naar verwachting steeds meer in de richting van waterstof zullen gaan. Om proactief te handelen en een mogelijke mismatch tussen vraag en aanbod van gespecialiseerde arbeidskrachten te voorkomen, is het belangrijk om een strategische zienswijze te hebben. Dit zou (onder andere) bottom-up acties moeten omvatten - van het verhogen van het bewustzijn en de motivatie van studenten met betrekking tot klimaatverandering en de energietransitie, tot het aanmoedigen van netbeheerders en het bedrijfsleven om omscholingskansen te creëren. Maar ook top-down maatregelen, zoals overheidsacties om het waterstofgerelateerde aanbod en omscholingsondersteuning te verbeteren, zijn belangrijk.

Gezien de wisselwerking tussen waterstof en veel andere disciplines is het belangrijk dat iemand over multidisciplinaire vaardigheden beschikt. Deze kunnen tegelijkertijd de mate van onzekerheid als het gaat om waterstofontwikkelingen verminderen en professionals in staat stellen hun expertise gemakkelijker over te dragen naar andere sectoren van de energietransitie. Gezien de behoefte aan integrale oplossingen en de interacties tussen waterstof en andere energiedragers/-vectoren, is bovendien vooral een systeemintegratie- of systeemvisiebenadering vereist door de stakeholders, met name de netbeheerders/sector.

### Analyse van de huidige arbeidsmarkt voor waterstofprofessionals

Op basis van een kwalitatieve analyse van alle 285 vacatures die het woord 'hydrogen' of 'waterstof' bevatten (niet alleen in de titel van de vacature maar ook elders in de beschrijving), kan worden geconcludeerd dat de meeste banen in de waterstofeconomie momenteel een bredere aanpak

vereisen, die naast waterstof ook diverse andere gebieden op het gebied van duurzame energie omvat. Dit is nog duidelijker als je een vergelijking maakt tussen de verhouding tussen het aantal vacatures met de term "hydrogen/waterstof" in de titel en het totale aantal geanalyseerde vacatures (40/285). De bevindingen ondersteunen nog maar eens dat vaardigheden die gemakkelijk overdraagbaar zijn tussen verschillende sectoren van de hernieuwbare energiesector, zeer gewild zijn in de huidige markt. Niettemin kunnen we op basis van de inzichten van de gegevensanalyse concluderen dat voor de meeste banen in de sector een basale kennis van de technische kant van waterstof is vereist. Dit betekent dat de basale kennis van bijvoorbeeld de (aard)gassector al de basis legt voor een beter begrip van waterstof. Voor (nieuwe) studenten betekent dit dat waterstofs specifieke kennis kan worden toegevoegd als onderdeel van het curriculum van bestaande opleidingen voor nieuwe studenten. Uiteindelijk onderstreept dit het belang van technische studies, of studies die deze discipline omvatten, als basis voor het werken in de waterstofeconomie.

In diverse functies, zoals thermodynamica van verschillende gassen of in functies zoals projectleider/-ontwikkelaar, kunnen veel fundamentele principes en vaardigheden worden toegepast op verschillende energiesectoren, waaronder waterstof. Als gevolg daarvan bevinden conventionele energie en andere hernieuwbare energiesectoren en de betreffende stakeholders zich in een goede positie om hun werknemers en vaardigheden over te dragen op waterstofprojecten. Dit biedt een kans voor de omscholing van bestaand personeel in plaats van volledig nieuwe arbeidskrachten op te leiden, vooral voor aardgasstakeholders in het land, zoals transport- en distributiebedrijven. Postacademische/post-hbo-opleidingen, zoals business schools, zouden een belangrijke rol kunnen spelen in het aanbieden van gespecialiseerde opleidingen om eventuele kennislacunes op te vullen en de nodige vaardigheden te ontwikkelen voor een succesvolle overgang naar de waterstofeconomie.

Er is sprake van een steeds grotere mate van integratie van het huidige energiesysteem zodat er uiteindelijk een nul-emissie-economie kan worden gerealiseerd. Dit betekent dat er meer interactie zal zijn tussen verschillende energiebronnen/vectoren en industrieën, waaronder waterstof en andere sectoren. Professionals op deze gebieden hebben interdisciplinaire vaardigheden nodig en een systeemgerichte aanpak die rekening houdt met alle mogelijke disciplines in verband met hun werk. In de interviews met de geselecteerde stakeholders worden deze vaardigheden meermaals genoemd. Bovendien kan het feit dat arbeidskrachten deze vaardigheden bezitten ook helpen om de onzekerheid te bestrijden die inherent is aan de ontwikkeling van de waterstofeconomie. Door in deze vaardigheden te investeren is het risico kleiner dat er geschoolde arbeidskrachten verloren gaan als de waterstofplannen niet uitpakken zoals verwacht. Dit kan zowel op macro-economische schaal als op bedrijfsniveau voordelen hebben, namelijk doordat deze werknemers kunnen worden ingezet in andere duurzame energiesectoren of -afdelingen. Deze bevindingen worden ondersteund door de resultaten op basis van de data-analyse van de vacatures.

De algemene bevindingen geven aan dat de waterstofeconomie snel aan terrein wint, met een gevarieerd aanbod aan banen, waarbij de expertise van arbeidskrachten uit diverse disciplines nodig is om samen een succesvolle duurzame waterstofeconomie te ontwikkelen. Naarmate dit vakgebied zich verder uitbreidt, zullen er professionals nodig zijn met de bovengenoemde vaardigheden (of idealiter een combinatie daarvan), waardoor het een aantrekkelijk gebied wordt voor iedereen die geïnteresseerd is in duurzame energieoplossingen en een veelbelovende kans biedt voor werkzoekenden en mensen die een carrièreswitch willen maken in de richting van de energietransitie.

### Benodigde vaardigheden en huidig onderwijsaanbod met betrekking tot waterstof

Om te helpen bij een proactieve aanpak bij de ontwikkeling van waterstofgerelateerde vaardigheden en om een 'skills gap' te voorkomen, is op basis van de interviews met de verschillende stakeholders een lijst opgesteld van de harde vaardigheden en wat zij bijdragen aan de waterstofeconomie. Van

business/commerciële vaardigheden tot veiligheids-, technische, juridische en digitale vaardigheden: ze werden allemaal in kaart gebracht en beschreven. Deze lijst werd gevalideerd aan de hand van een analyse van de bestaande waterstofgerelateerde banen op een specifiek moment tijdens het onderzoek. Uit de interviews en analyse kwam naar voren dat men de verschillende technische disciplines (inclusief vaardigheden op het gebied van veiligheid) het vaakst noemde.

Gezien de wisselwerking tussen waterstof en veel andere disciplines is het belangrijk dat iemand over multidisciplinaire vaardigheden beschikt. Deze kunnen tegelijkertijd de mate van onzekerheid als het gaat om waterstofontwikkelingen verminderen en professionals in staat stellen hun expertise gemakkelijker over te dragen naar andere sectoren van de energietransitie. Gezien de behoefte aan integrale oplossingen en de interacties tussen waterstof en andere energiedragers/-vectoren, is bovendien vooral een systeemintegratie- of systeemvisiebenadering vereist door de stakeholders, met name de netbeheerders/sector.

Bestaand onderwijs in Nederland in de vorm van keuzevakken, tracks en specialisaties op HBO-, WO- en post-hbo-niveau gericht op de energietransitie en waterstof, bieden een goed opstapje als het gaat om het bereiken van de toekomstige waterstofdoelen in termen van menselijk kapitaal. Aangezien omscholing bij stakeholders zoals gasnetbeheerders steeds meer in de richting van waterstof zal gaan, is de agenda voor menselijk kapitaal goed gepositioneerd om de gegeven doelstellingen te halen. Voor een proactief beleid is echter een goede strategie nodig. Alleen dan kan (gezien de omvang van de transitie) een mogelijke mismatch tussen vraag en aanbod van gespecialiseerde arbeidskrachten worden voorkomen. Dit zou (onder andere) bottom-up acties moeten omvatten - van het verhogen van het bewustzijn en de motivatie van studenten met betrekking tot klimaatverandering en de energietransitie, tot het aanmoedigen van netbeheerders en het bedrijfsleven om omscholingskansen te creëren. Maar ook top-down maatregelen, zoals overheidsacties om het waterstofgerelateerde aanbod en omscholingsondersteuning te verbeteren, zijn belangrijk.

Bij een dergelijke mondiale opgave, namelijk het creëren van een waterstofeconomie, speelt samenwerking een cruciale rol bij capaciteitsopbouw. Dit betekent dat er bij alle sectoren en stakeholders in de waterstofeconomie waarbij sprake is van interactie afstemming moet plaatsvinden, dus tussen overheden, netbeheerders, bedrijven en universiteiten. Dit moet ervoor zorgen dat de vraag naar bepaalde vaardigheden en het aanbod op de arbeidsmarkt steeds worden aangepast op basis van de nieuwste ontwikkelingen in de waterstofeconomie.

Tot slot is het ook belangrijk dat er geschoolde arbeidskrachten komen die vaardigheden bezitten voor bedrijfstakken die indirect bij de waterstofeconomie zijn betrokken (bijv. de watersector vanwege de te verwachten grootschalige elektrolysetoepassingen). Daarnaast is het net zo belangrijk om prioriteit te geven aan de ontwikkeling van zachte vaardigheden zodat beroepskrachten over de nodige vaardigheden beschikken die tot succes leiden in de snel evoluerende waterstofeconomie.



## 8. Aanbevelingen voor het tijdig ontwikkelen van het menselijk kapitaal dat nodig is voor de waterstofeconomie

We hebben de aanbevelingen op basis van dit onderzoek voor de aanpak van een mogelijk tekort aan hoger opgeleide arbeidskrachten in de waterstofeconomie onderverdeeld onder de kopjes 'wetenschap', 'netbeheerders/bedrijfsleven' en 'overheid'. De aanbevelingen zijn gebaseerd op de interviews met stakeholders, de data-analyse en de interviews met studenten.

### Voor stakeholders in onderwijsinstellingen

1. Gezien de groeiende interactie tussen de diverse vakgebieden in de energietransitie en de behoefte aan interdisciplinaire samenwerking in waterstofgerelateerde sectoren moet de focus liggen op multidisciplinaire en systeemstudies. Hierdoor zijn vaardigheden gemakkelijk overdraagbaar naar andere sectoren van de energietransitie mocht de waterstofeconomie onverhoopt toch niet de omvang krijgen zoals die in de huidige plannen is voorzien.
2. Door de werkgelegenheidsvooruitzichten en potentiële doorgroeimogelijkheden bij banen op het gebied van waterstof te benadrukken, in combinatie met de mogelijkheid van concurrerende salarissen en de overdraagbaarheid van vaardigheden naar andere sectoren, worden dit soort studies aantrekkelijker voor studenten, en kan de sector ze behouden.
3. Een effectieve manier om studenten kennis te laten maken met de waterstofeconomie is door opdrachten, oefeningen of projecten over dit onderwerp op te nemen in bestaande studies die opleiden tot banen in de energietransitie. Dit zijn eenvoudig te implementeren maatregelen zonder dat er tijd en geld hoeft te worden gestoken in het ontwikkelen van uitsluitend op waterstof gerichte studies. Door studenten praktische toepassingen van het concept te bieden, krijgen zij een beter begrip van de waterstofeconomie en het belang ervan.
4. En door studenten de kans te bieden in de praktijk leerervaringen op te doen, worden zij eerder aangetrokken tot technische studies. Niet alleen doen zij zo praktijkervaring op, maar ook zien ze hoe hun studie in het echte leven uitpakt. Om dit te laten zien kun je op middelbare scholen of in marketingmateriaal of op carrièrebeurzen gebruik maken van tools zoals virtual reality en lespakketten voor waterstofproductie zodat potentiële studenten beter snappen wat de studie inhoudt.
5. Door te wijzen op het belang van samenwerking tussen het bedrijfsleven en onderwijs en op de banenkansen, krijgen potentiële studenten beter zicht op de carrièremogelijkheden in deze sector. En door hen de praktische toepassingen van hun opleiding en de mogelijkheden op werkgebied te laten zien, zijn zij beter in staat om de relevantie van hun studie in te zien.
6. Om relevant te blijven in het steeds veranderende huidige technologische landschap moet het onderwijs worden aangepast aan de behoeften van nieuwe generaties. Dit betekent ook in dat er nieuwe technologieën en onderwijsmethoden moeten worden gebruikt die aansluiten bij de eisen van de hedendaagse student. Maar daarbij moeten niet de academische én praktische vaardigheden uit het oog worden verloren die studenten moeten voorbereiden op de arbeidsmarkt. Door zich op deze gebieden te richten, doen studenten niet alleen de nodige kennis en expertise op voor een geslaagde carrière in het door hen gekozen vakgebied, maar blijven ze ook gemotiveerd.
7. Daarbij moet de student voldoende ondersteuning op allerlei vlakken krijgen, zoals de mogelijkheid van bijles, advies, mentorprogramma's en loopbaanbegeleiding. Deze ondersteuning moet ervoor zorgen dat studenten hun weg kunnen vinden in hun studie en carrière. Het is ook essentieel om een positief studieklimaat te stimuleren dat een inclusieve en uitnodigende leeromgeving biedt voor alle studenten. Hiertoe kunnen bijvoorbeeld sociale

activiteiten worden georganiseerd, studenten kunnen worden aangemoedigd om lid te worden van een vereniging of om maatschappelijk betrokken te zijn.

8. Tegemoetkomingen qua collegegeld of de mogelijkheid van een studiebeurs voor een technische studie kunnen een stimulans vormen om dit soort studies te volgen. Dergelijke initiatieven zouden kunnen worden gekoppeld aan de verplichting van een wederdienst na het afstuderen, bijvoorbeeld het delen van hun werkervaring met nieuwe studenten, waardoor deze gemotiveerder raken en beter zicht hebben op de baanvooruitzichten.
9. Gezien het belang van zachte vaardigheden voor heel veel functies is het belangrijk dat er meer zachte-vaardigheidstrainingen worden opgenomen in de curricula, en dan met name gericht op de vaardigheden waar nu de meeste vraag naar is. Daarbij moet goed worden gekeken naar wat de werkgevers nodig hebben, want het soort vaardigheden dat nodig is, kan sterk verschillen van sector tot sector. Door de behoefte van de werkgevers op dit gebied te peilen kunnen onderwijsinstellingen die specifieke zachte-vaardigheidstraining bieden die studenten nodig hebben in hun toekomstige loopbaan.

#### Voor netbeheerders/sector

1. Een traineeship bij een andere afdeling of een ander bedrijf biedt jonge professionals de mogelijkheid om andere ervaringen op te doen en bij andere afdelingen of zelfs bij andere bedrijven te werken, wat waardevolle interdisciplinaire ervaring oplevert. Dit soort programma's kan deelnemers helpen om allround vaardigheden te ontwikkelen, iets wat voor banen in de waterstofeconomie belangrijk is.
2. Hoewel er momenteel in Nederland organisaties zijn die externe traineeships bieden met betrekking tot de energietransitie (bijv. 'Talent voor Transitie', 'Vonk'), is het ook raadzaam voor stakeholders om direct met elkaar samen te werken. Daarbij kan het gaan om het delen van kennis, middelen en best practices, maar ook om het ontwikkelen van trainingsprogramma's.
3. Banden tussen bedrijven en onderwijsinstellingen in de vorm van congressen en andere vormen van samenwerking (zoals partnerships) kunnen zorgen voor open discussies en betere afstemming van de wederzijdse behoeften. Daarnaast kan de betrokkenheid van het bedrijfsleven in de vorm van stages en projecten op verschillende onderwijsniveaus (waaronder middelbare school en basisschool) leerlingen motiveren om een studie te volgen die verband houdt met de waterstofeconomie.
4. Om in onze huidige, zich snel ontwikkelende arbeidsmarkt bekwame vakmensen aan te trekken en vast te houden, is het essentieel voor werkgevers in de waterstofsector om in te spelen op de veranderende eisen van de nieuwe generatie werknemers. Hierbij gaat het om dingen als flexibele werkafspraken, loopbaanontwikkeling en opleidingsmogelijkheden, en een goede balans tussen werk en privé.
5. Het ontwikkelen van trainingsprogramma's of het stimuleren van de ontwikkeling van werknemers (bijv. in samenwerking met instellingen die post-hbo-opleidingen aanbieden) en het creëren van een lerende cultuur zijn allemaal dingen die het makkelijker maken om nieuwe werknemers met waterstofgerelateerde vaardigheden te vinden. Hierbij kan het ook gaan om interne trainingsprogramma's, workshops en seminars. Gezien de brede ervaring van veel stakeholders op het gebied van energie, zoals beheerders van aardgastransport en -distributie, zouden dit relatief eenvoudige maatregelen kunnen zijn wanneer de kosten en inspanningen van het omscholen van bestaand personeel worden afgezet tegen het aannemen van nieuw personeel.
6. Niemand zal ontkennen dat het ontwikkelen van de nieuwe waterstofeconomie bepaalde onzekerheden met zich meebrengt, en daarom is het belangrijk dat er bij de planning en



strategie van stakeholders meer aandacht komt voor de eventuele behoeften aan vaardigheden op waterstofgebied. Deze proactieve aanpak kan een mogelijk personeelstekort helpen voorkomen en ervoor zorgen dat er talent beschikbaar is om de ontwikkeling en groei van de waterstofeconomie te ondersteunen. Door te investeren in planning en strategie wordt er ook naar buiten toe een signaal afgegeven dat zekerheid biedt. Dit kan helpen om investeringen aan te trekken, innovatie te bevorderen en de invoering van waterstoftechnologieën te versnellen. Door ook naar de lange termijn te kijken en te investeren in de nodige vaardigheden en talenten, kunnen stakeholders zich zodanig positioneren dat hun kans op succes in de opkomende waterstofeconomie groeit.

7. Om een eventueel personeelstekort in de waterstofsector te voorkomen (én het huidige tekort in Nederland te helpen oplossen), is het belangrijk dat stakeholders diversiteit en inclusie in deze sector ondersteunen door ondervertegenwoordigde groepen aan te moedigen een loopbaan in de sector te ambiëren c.q. te solliciteren bij hun organisatie. Hierbij kan het gaan om gerichte initiatieven om diversiteit in onderwijs- en trainingsprogramma's te bevorderen, maar ook om outreach-programma's om in contact te komen met ondervertegenwoordigde gemeenschappen en de voordelen van een carrière in de sector te promoten. Door diversiteit en inclusie te bevorderen, krijgen stakeholders toegang tot een bredere pool van talent en is er ruimte voor nieuwe perspectieven en ideeën. Bovendien kunnen zo systemische problemen op het gebied van ongelijkheid wat betreft werknemers worden aangepakt, waardoor er meer gelijkheid en inclusiviteit ontstaat binnen bedrijven.
8. Veiligheid is van het grootste belang in de waterstofsector: hierdoor kunnen ongelukken worden voorkomen en kunnen de gevolgen van eventuele incidenten, met een ernstige impact op mens en milieu, worden beperkt. Bovendien zijn de perceptie en het vertrouwen van het algemeen publiek cruciaal voor het welslagen van de waterstofeconomie. Als het publiek waterstof als onveilig of riskant beschouwt, kunnen bedrijven in de problemen komen wat betreft financiering, partnerships of klanten. Daarom is het voor bedrijven in de waterstofsector van essentieel belang om prioriteit te geven aan vaardigheden op veiligheidsgebied zodat er vertrouwen kan worden opgebouwd bij het publiek. Daarnaast wordt zo aangetoond dat zij zich willen verbinden aan maatschappelijk verantwoorde praktijken.

## Overheid

1. Het versterken van de basiskennis over klimaatverandering door deze op te nemen in het lesprogramma van scholen kan helpen om al op jonge leeftijd het bewustzijn, de interesse en het begrip onder leerlingen te bevorderen. Kinderen leren hierbij wat klimaatverandering is, de oorzaken en gevolgen ervan, en het belang van de transitie naar een koolstofarme economie (inclusief de mogelijkheden van waterstof) zodat ze later gemotiveerder zijn om een waterstofgerelateerd beroep te kiezen.
2. Aanbevolen wordt om de samenwerking tussen stakeholders op het gebied van waterstof te blijven bevorderen door financieringsprogramma's op te zetten waarbij de ontwikkeling van menselijk kapitaal in de waterstofeconomie centraal staat. Voorbeelden van dergelijke programma's zijn GroenvermogenNL<sup>16</sup>, met regionale clusters, waarbij de unieke kenmerken en behoeften van elke regio op het gebied van de ontwikkeling van menselijk kapitaal in kaart worden gebracht.
3. Om bedrijven te stimuleren om geschoolde arbeidskrachten in de waterstofindustrie in dienst te nemen en te houden, kunnen overheden financiële stimulansen ontwikkelen, zoals

---

<sup>16</sup> <https://groenvermogen.nl/>

belastingmaatregelen of subsidies voor het ontwikkelen van opleidingsprogramma's voor hun werknemers. Daarnaast kunnen certificeringsprogramma's en subsidies voor bedrijven die gecertificeerde werknemers in dienst nemen, bedrijven nog meer stimuleren om te investeren in de opleiding en ontwikkeling van hun werknemers. Ook kunnen subsidies die gericht zijn op het grote publiek (zoals het STAP-budget<sup>17</sup>) aantrekkelijker worden gemaakt of worden aangepast aan geschoolde arbeidskrachten in het geval dat er meer vraag is naar specifieke vaardigheden.

4. Om stakeholders meer duidelijkheid en zekerheid te bieden omtrent de investering in waterstof-projecten, is het belangrijk dat overheden transparante en duidelijk afgebakende nationale doelstellingen en beleid vaststellen om de waterstofeconomie te bevorderen. Dit is een signaal voor eventuele investeerders dat er sprake is van een langetermijn-engagement met betrekking tot de ontwikkeling van de waterstofsector. Daarnaast kan het de sector en onderwijsinstellingen helpen om geschikte trainingsprogramma's op te zetten om de benodigde vaardigheden te verwerven en om studenten inzicht te bieden in wanneer het een goed moment is om in te stappen in de sector.
5. Voortdurende aanpassing aan de veranderende waterstofsector is van cruciaal belang. Hiertoe moet de (arbeids)markt voortdurend in de gaten worden gehouden en het beleid dienovereenkomstig aangepast, zodat er voldoende aanbod is om de groei van de sector te faciliteren. Op die manier kan de overheid tekorten helpen voorkomen en het succes van de waterstofeconomie op lange termijn verzekeren.

---

<sup>17</sup> Het STAP-budget is een maatregel van de Dienst Uitvoering Onderwijs (DUO) voor mensen die hun opleiding willen voortzetten nadat ze aan het werk zijn gegaan of nadat ze werkloos zijn geworden. Het STAP-budget in zijn huidige vorm loopt af in 2024, en de overheid onderzoekt de mogelijkheden om onderwijs voor professionals en mensen in de beroepsbevolkingsleeftijd te blijven stimuleren. Zie voor meer informatie: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/leven-lang-ontwikkelen/leven-lang-ontwikkelen-financiële-regelingen/stap-budget>

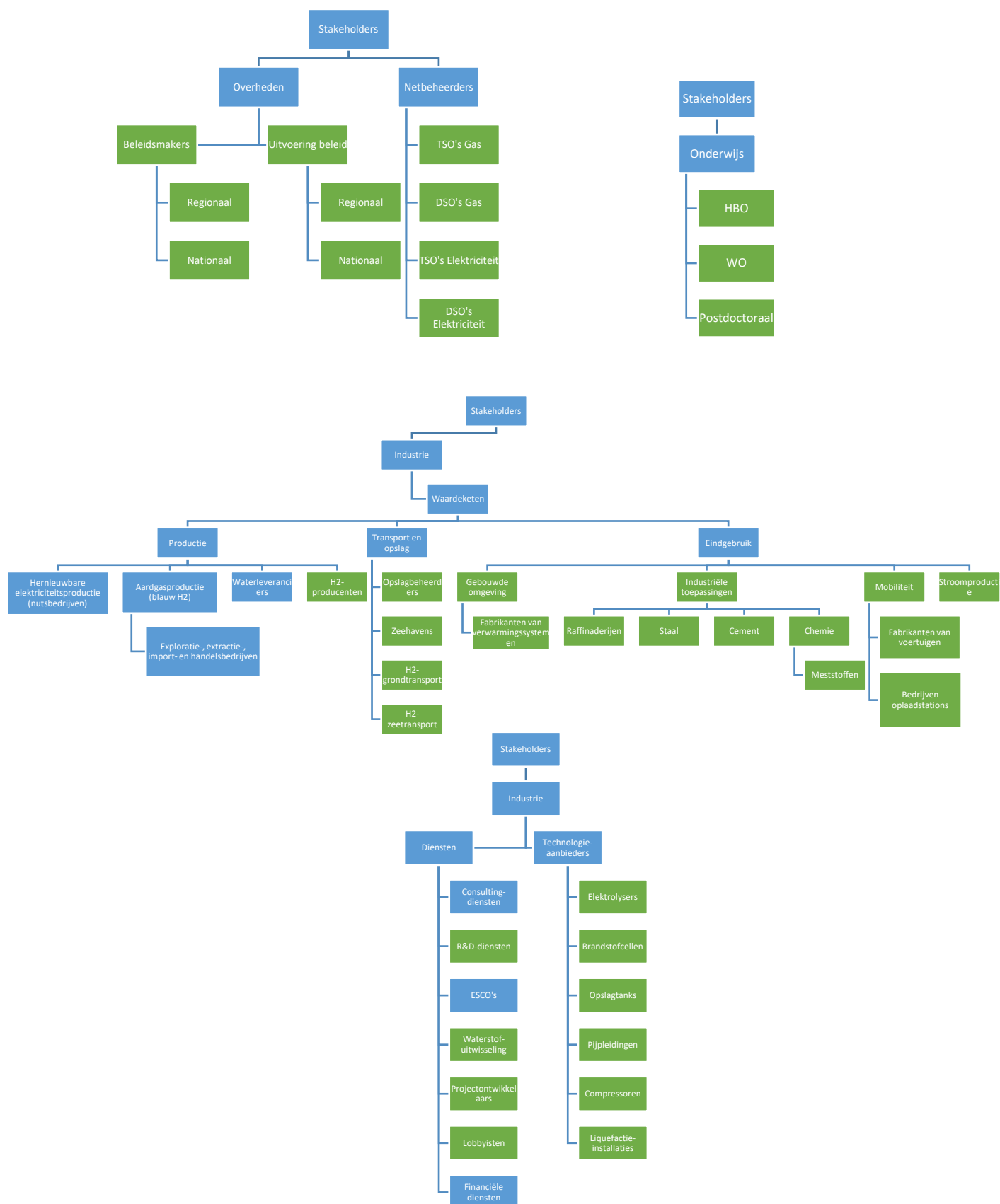
## Referenties

- [1] IEA, „Net Zero by 2050. A roadmap for the Global Energy Sector,” 2021.
- [2] Gasunie, „Waterstofnetwerk,” [Online]. Available: <https://www.gasunie.nl/expertise/waterstof/waterstofnetwerk>. [Geopend 25 05 2023].
- [3] N. Nederland, „Waterstof als onderdeel van het toekomstig energiesysteem: nu investeren in onderzoek,” [Online]. Available: <https://www.netbeheernederland.nl/dossiers/waterstof-56>. [Geopend 25 05 2023].
- [4] G. Lochem, „Proefproject waterstofgas,” [Online]. Available: <https://www.lochem.nl/afval-energie-natuur-en-milieu/energie/waterstofgas>. [Geopend 25 05 2025].
- [5] C. B. v. d. Statistiek, „Vacatures,” [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-arbeidsmarkt/vacatures>. [Geopend 25 05 2023].
- [6] C. B. v. d. Statistiek, „Werklozen,” [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-arbeidsmarkt/werklozen>.
- [7] Business Insider Nederland, „Almost 2 out of 5 vacancies for jobs related to energy transition unfilled: robotization can be a solution,” [Online]. Available: <https://www.businessinsider.nl/energietransitie-personeelstekort-krappe-arbeidsmarkt-2023/>. [Geopend 01 2023].
- [8] C. Leguijt, E. van den Toorn, A. Bachaus en C. Jongsma, „Jobs from investment in green hydrogen: Update and extension,” 2021.
- [9] S. van Greuningen, „HyDelta: WP 4 The development of educational tracks,” 2022.
- [10] Investopedia, „Human Capital Definition: Types, Examples, and Relationship to the Economy,” [Online]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/h/humancapital.asp>. [Geopend 25 05 2023].
- [11] T. Balance, „What Are Hard Skills?,” [Online]. Available: <https://www.thebalancemoney.com/what-are-hard-skills-2060829>. [Geopend 25 05 2023].
- [12] Indeed, „What Are Soft Skills?,” [Online]. Available: <https://www.indeed.com/career-advice/resumes-cover-letters/soft-skills>. [Geopend 25 05 2023].
- [13] R. J. Torraco en R. A. Swanson, „The strategic roles of human resource developmen,” *Human resource planning*, vol. 18, pp. 10-21, 1995.
- [14] R. v. O. Nederland, „Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving,” 2022. [Online]. Available: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-12/Monitor-Verduurzaming-Gebouwde-Omgeving-2022.pdf>. [Geopend 23 05 2023].
- [15] D. Schlund, S. Schulte en T. Sprenger, „The who’s who of a hydrogen market ramp-up: A stakeholder analysis for Germany,” *EWI Working Paper, No 21/02*, 2021.

- [16] Netherlands Enterprise Agency (RVO), FME, TKI New Gas (Topsector Energy), „Excelling in Hydrogen: Dutch technology for a climate-neutral world,” 2021.
- [17] PWC, „HyWay 27: hydrogen transmission using the existing natural gas grid? Final report for the Ministry of Economic Affairs and Climate Policy,” 2021.
- [18] M. Sprenkeling, „D10.2 Stakeholder perspectives on the societal embeddedness of the development and deployment of hydrogen technologies in the Netherlands,” 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795566>. [Geopend 25 05 2023].

## Bijlage A: Stakeholder-inventarisatie

Opmerking: de stakeholders die beschouwd worden als directe stakeholders voor dit onderzoek (wat betekent dat ze een direct belang hebben bij dit onderzoek) zijn groen gemarkeerd.



## Bijlage B: Geïnterviewde organisaties

Geïnterviewde organisatie	Soort organisatie
Air Liquide	Gasbedrijf
Brunel	Arbeidsbemiddelaar
Enexis	Netbeheerder
Fluvius	Netbeheerder
Gasunie	Netbeheerder
Gemeente Groningen	Overheid
Hanzehogeschool Groningen	Onderzoeks- en opleidingsinstelling
New Energy Business School	Onderzoeks- en opleidingsinstelling
Resato	OEM (Original Equipment Manufacturer)
Havenbedrijf Rotterdam	Havenbedrijf
RVO	Overheid
RWE	Energiebedrijf
Saxion Hogeschool	Onderzoeks- en opleidingsinstelling
Stedin	Netbeheerder
TNO	Onderzoeks- en opleidingsinstelling
Universiteit Twente	Onderzoeks- en opleidingsinstelling

N.B.:

1. In de bovenstaande tabel staan de geïnterviewde partijen; de transcripties van de interviews zijn gebruikt voor de in dit document opgenomen analyse.
2. Er waren ook nog interviews met andere partijen die niet in de bovenstaande tabel worden genoemd. In sommige gevallen zijn de interviews niet getranscribeerd, en daarom zijn deze interviews niet in de analyse opgenomen; de namen van deze partijen zijn derhalve niet toegevoegd aan de bovenstaande tabel.
3. Naast bedrijven hebben we ook een aantal studenten geïnterviewd, waarvan sommigen de post-HBO Waterstofopleiding volgden; deze wordt aangeboden door Brunel in samenwerking met de New Energy Business School.

## Bijlage C: Interview-template

1	<b>Welkom en introductie</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opname</li> <li>• Stel jezelf voor aan de deelnemers</li> <li>• Introductie Adrian &amp; NEC (Adrian)</li> <li>• Introductie Mariska</li> <li>• Introductie WP. 11 en doel (Mariska)</li> </ul>	Mariska & Adrian
2	<b>Interviewvragen</b> <p><b>Intern perspectief</b></p> <p><b>Wat voor soort banen heeft de waterstofeconomie de afgelopen jaren binnen uw bedrijf gecreëerd?</b></p> <p><b>Wat voor vaardigheden zijn voor deze banen vereist?</b></p> <p><b>Heeft u uw eigen personeel bijgeschoold? Ontwikkelaars</b></p> <p><b>In hoeverre sluit het aanbod op de arbeidsmarkt aan bij de behoefte van de organisatie aan bepaald personeel? Zijn er risico's aan verbonden?</b></p> <p><b>Bestaan er binnen uw organisatie interne scenario's met betrekking tot personeel(sbeleid) en de waterstofeconomie?</b></p> <p><b>Extern perspectief</b></p> <p><b>Welke verwachtingen voor andere banen ziet u buiten uw organisatie? Wat zijn volgens u de belangrijkste banen en vaardigheden die nodig zijn voor de waterstofeconomie?</b></p> <p><b>Aanbevelingen</b></p> <p><b>Welke aanbevelingen zou u doen vanuit het perspectief van het bedrijfsleven?</b></p>	Adrian & Mariska
3	<b>Closing</b>	Adrian & Mariska

## Bijlage D: Harde vaardigheden genoemd in de geanalyseerde waterstofgerelateerde vacatures

Vaardigheid/vaardigheden	Aantal keren vermeld
Kennis van/ervaring in de waterstofsector	19
Kennis van/ervaring met modellerings-/programmeersoftware	5
Kennis van/ervaring met veiligheidsvoorschriften en -eisen	5
Kennis van/ervaring met brandstofcellen	4
Ervaring in consultancy	3
Ervaring in projectontwikkeling	3
Ervaring in de raffinagesector	3
Ervaring in de hernieuwbare-energiesector	3
Ervaring met industriële gassen	3
Ervaring met stroomdistributiesystemen	2
Ervaring in de energiesector	2
Ervaring in de olie- en gasindustrie	2
Ervaring met ontwerpsoftware	2
Ervaring met Microsoft Excel	2
Affiniteit met verbrandingsmotoren en brandstofinjectiesystemen	1
Cryogene kennis	1
Ervaring met CO <sub>2</sub> -afvang, -gebruik en -opslag	1
Ervaring in advies op het gebied van corporate finance en/of projectfinance	1
Ervaring met energiesystemen	1
Ervaring in gemeentelijke en/of regionale overheidsinstanties	1
Ervaring met productontwikkeling	1
Ervaring met strategie	1
Ervaring met systems engineering	1
Ervaring met tendering sales-processen	1
Ervaring in de chemische industrie	1
Ervaring op het gebied van finite-elementmethoden	1
Ervaring met materiaalontwikkeling	1
Ervaring met composietproductie	1
Ervaring met elektrische codes	1
Ervaring met elektron-bundel-geïnduceerde grafting	1
Ervaring met het testen van elektrische apparatuur	1
Ervaring in consultancy op het gebied van energie/duurzaamheid	1
Kennis van economische uitgangspunten	1
Kennis van energiemarkten	1
Kennis van milieuwet- en -regelgeving en milieubeleid	1
Kennis van glasvezel	1
Kennis van hoogspanningssystemen	1
Kennis van vergunningen voor chemische en industriële gassen	1
Kennis van wetenschappelijke uitgangspunten	1
Kennis van duurzaamheid	1
Kennis van duurzame mobiliteit	1
Kennis van systems engineering/systeemintegratie	1
Kennis van de energietransitie	1
Kennis/ervaring met energiewet- en regelgeving	1
Kennis/ervaring van industriële wet- en regelgeving	1
Laboratoriumervaring	1
Bewezen wetenschappelijke ervaring	1



## Bijlage E: Zachte vaardigheden genoemd in de geanalyseerde waterstofgerelateerde vacatures

Vaardigheid/vaardigheden	Aantal keren vermeld
Communicatieve vaardigheden	27
Beheersing van het Engels	20
Vaardigheden op het gebied van teamwork	18
Projectmanagementvaardigheden	15
Deskundigheid op het gebied van stakeholdermanagement	13
Beheersing van het Nederlands	12
Zelfstandige werkhouding	10
Intrinsieke motivatie	10
Commerciële vaardigheden	8
Analytische vaardigheden	7
Pragmatische inslag	7
Proactief	7
Resultaatgericht	7
In staat om in een multiculturele omgeving te werken	6
In staat om in een multidisciplinaire omgeving te werken	6
Creatieve vaardigheden	6
Probleemoplossende vaardigheden	6
Onderhandelingsvaardigheden	5
Klantgericht	4
Leiderschapsvaardigheden	4
Vaardigheid om nieuwe dingen te leren	4
Out-of-the-box kunnen denken/innovatieve vaardigheden	4
Flexibel	3
Anticipatievaardigheden	2
Ondernemend	2
Netwerkvaardigheden	2
Doorzettingsvermogen	2
Oplossingsgericht	2
In staat om in een omgeving te werken waar de snelheid hoog ligt	1
Past zich makkelijk aan	1
Assertief	1
Oog voor detail	1
Is zich bewust van de dingen om hem/haar heen	1
Focus op details	1
Beheersing van het Frans	1
Beheersing van het Duits	1
Doelgericht	1
Kan goed luisteren	1
Multitasking-vaardigheden	1
Open instelling	1
Persoonlijk initiatief	1
Beheersing van het Spaans	1
Sterk in conceptuele ontwikkeling en selectie	1

## Bijlage F: Overzicht van waterstofgerelateerd onderwijs in Nederland op HBO, WO en post-hbo/-universitair niveau

Institute name	Education level	Study programme
Brunel	Post-hbo	Waterstof Specialist
Delft University of Technology	Master	MSc Energy and Process Technology, Hydrogen Track
Dutch Hydrogen Platform	Network	A network of companies, organizations, and government agencies focused on promoting hydrogen as a sustainable energy source
Dutch Institute for Fundamental Energy Research (DIFFER)	Post-Graduate	Hydrogen-related research on materials science and electrochemistry
Energy Research Centre of the Netherlands (ECN)	Post-Graduate	Hydrogen Research Program
HAN University of Applied Sciences	Course	Cursus Waterstof
HAN University of Applied Sciences	Bachelor	Chemical Engineering, Hydrogen Specialization
HanzePro	Course	Hydrogen   Energy Law and Safety regulations
HanzePro	Course	Hydrogen   Introduction into analysing and reducing safety risks associated with designing Hydrogen installations
HanzePro	In-Company	Hydrogen  Introduction to application and safety
Hydrogenious	Knowledge Platform	Educational platform for hydrogen technology and its applications in the Netherlands
Hydromotive (ACE)	Applied University/Vocational	ACE mobility ACE Hydrogen Test Facility
Hydromotive (ACE)	Applied University/Vocational	ACE Academy: Waterstof en Alternatieve brandstoffen werkgroep
Hydromotive (ACE)	Applied University/Vocational	H2 Mobility Lab
New Energy Academy	Extracurricular	Global Hydrogen course
New Energy Business School	Post-Graduate	Hydrogen's Role in the Energy Transition
New Energy Business School	Post-Graduate	Intensive Course Hydrogen
New Energy Business School	Post-Graduate	Masterclass Hydrogen
PHOE (PostHBO Opleidingen in Energie)	PostHBO	Hydrogen Course [in development]
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)	Knowledge platform	A Knowledge platform for hydrogen education and research in the Netherlands
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)	Funding & support	Funding and support for Hydrogen research and development projects
TVVL	Course	Hydrogen in the built environment
University of Groningen	Master	Energy and Environmental Sciences, Hydrogen Track
University of Twente	Master	Sustainable Energy Technology, Hydrogen Track
Nederlandse Waterstof en Brandstof Associatie (NWBA)	Knowledge platform	The NWBA promotes the collection and generation of relevant knowledge, the provision of information, education and training

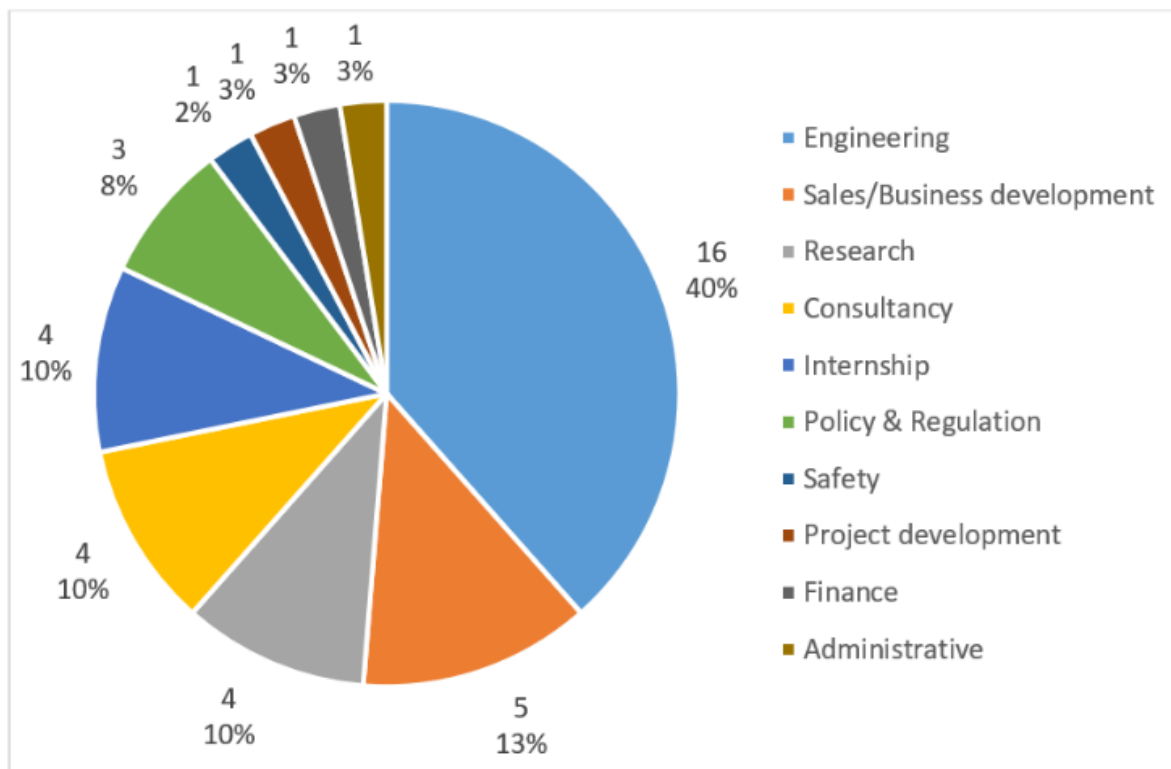
Institute name	Naam instelling
Brunel	Brunel
Delft University of Technology	TU Delft
Dutch Hydrogen Platform	Dutch Hydrogen Platform
Dutch Institute for Fundamental Energy Research (DIFFER)	DIFFER (Dutch Institute for Fundamental Energy Research)
Energy Research Centre of the Netherlands (ECN)	ECN (Energy Research Centre of the Netherlands)
HAN University of Applied Sciences	HAN Hogeschool
HAN University of Applied Sciences	HAN Hogeschool
HanzePro	HanzePro
HanzePro	HanzePro
HanzePro	HanzePro
Hydrogenious	Hydrogenious
Hydromotive (ACE)	Hydromotive (ACE)
Hydromotive (ACE)	Hydromotive (ACE)
Hydromotive (ACE)	Hydromotive (ACE)
Hydromotive (ACE)	Hydromotive (ACE)
New Energy Academy	New Energy Academy
New Energy Business School	New Energy Business School
New Energy Business School	New Energy Business School
New Energy Business School	New Energy Business School
PHOE (PostHBO Opleidingen in Energie)	PHOE (PostHBO Opleidingen in Energie)
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)	RVO (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland)
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)	RVO (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland)
TVVL	TVVL
University of Groningen	Rijksuniversiteit Groningen
University of Twente	Universiteit Twente
Nederlandse Waterstof en Brandstof Associatie (NWBA)	NWBA (Nederlandse Waterstof en Brandstof Associatie)

Education level	Opleidingsniveau
Post-hbo	Post-hbo
Master	Master
Network	Netwerk
Post-Graduate	Post-hbo/postacademisch
Post-Graduate	Post-hbo/postacademisch
Course	Cursus
Bachelor	Bachelor
Course	Cursus
Course	Cursus
In-Company	In-company
Knowledge Platform	Kennisplatform
Applied University/Vocational	Hogeschool/HBO
Applied University/Vocational	Hogeschool/HBO
Applied University/Vocational	Hogeschool/HBO
Extracurricular	Extracurriculair
Post-Graduate	Post-hbo/postacademisch
Post-Graduate	Post-hbo/postacademisch
Post-Graduate	Post-hbo/postacademisch
PostHBO	Post-HBO
Knowledge platform	Kennisplatform
Funding & support	Financiering en ondersteuning
Course	Cursus
Master	Master
Master	Master
Knowledge platform	Kennisplatform

Study programme	Opleiding
Waterstof Specialist	Waterstofspecialist
MSc Energy and Process Technology, Hydrogen Track	MSc Energie- en procestechnologie, specialisatie waterstof
A network of companies, organizations, and government agencies focused on promoting hydrogen as a sustainable energy source	Een netwerk van bedrijven, organisaties en overheidsinstanties gericht op het promoten van waterstof als duurzame energiebron
Hydrogen-related research on materials science and electrochemistry	Waterstofgerelateerd onderzoek m.b.t. materiaalkunde en elektrochemie
Hydrogen Research Program	Onderzoeksprogramma waterstof
Cursus Waterstof	Cursus waterstof
Chemical Engineering, Hydrogen Specialization	Chemische Technologie, specialisatie waterstof
Hydrogen – Energy Law and Safety regulations	Waterstof - Energiewet- en regelgeving en veiligheidsregelgeving
Hydrogen – Introduction into analysing and reducing safety risks associated with designing Hydrogen installations	Waterstof - Inleiding in het analyseren en verminderen van veiligheidsrisico's bij het ontwerpen van waterstofinstallaties
Hydrogen – Introduction to application and safety	Waterstof - Inleiding in de toepassing en veiligheid
Educational platform for hydrogen technology and its applications in the Netherlands	Onderwijsplatform voor waterstoftechnologie en de toepassingen in Nederland
ACE mobility ACE Hydrogen Test Facility	ACE mobility - ACE Hydrogen Test Facility
ACE Academy: Waterstof en Alternatieve brandstoffen werkgroep	ACE Academy: Waterstof en Alternatieve brandstoffen werkgroep
H2 Mobility Lab	H2 Mobility Lab
Global Hydrogen course	Global Hydrogen course
Hydrogen's Role in the Energy Transition	De rol van waterstof in de energietransitie
Intensive Course Hydrogen	Intensieve cursus waterstof
Masterclass Hydrogen	Masterclass waterstof
Hydrogen Course (in development)	Waterstofcursus (in ontwikkeling)
A Knowledge platform for hydrogen education and research in the Netherlands	Een kennisplatform voor waterstofonderwijs en -onderzoek in Nederland

Funding and support for Hydrogen research and development projects	Financiering en ondersteuning voor onderzoeks- en ontwikkelprojecten op het gebied van waterstof
Hydrogen in the built environment	Waterstof in de gebouwde omgeving
Energy and Environmental Sciences, Hydrogen Track	Energie en milieuwetenschappen, specialisatie waterstof
Sustainable Energy Technology, Hydrogen Track	Duurzame-energietechnologie, specialisatie waterstof
The NWBA promotes the collection and generation of relevant knowledge, the provision of information, education and training	De NWBA bevordert het verzamelen en genereren van relevante kennis, informatievoorziening, opleiding en training

## Bijlage G: Nederlandse vertaling van figuur 3



Study programme	Opleiding
Engineering	Techniek
Sales/Business development	Sales/Business development
Research	Onderzoek
Consultancy	Consultancy
Internship	Stage
Policy & Regulation	Beleid en wet- en regelgeving
Safety	Veiligheid
Project development	Projectontwikkeling
Finance	Finance
Administrative	Administratief

## Bijlage H: Nederlandse vertaling van figuur 4



Education level / Study programme	Opleidingsniveau / Opleiding
Bachelor degrees	Bachelor
Master degrees	Master
PhD degrees	PhD
Engineering-related request degree	Vereiste technische opleiding
Other discipline requested degree	Vereiste andere opleiding
Electrical engineering	Elektrotechniek
Chemical engineering	Chemische technologie
Mechanical engineering	Werktuigbouwkunde
Automotive engineering	Autotechniek
Process engineering	Procestechniek
Bachelor degree (general)	Bachelor (algemeen)

Engineering discipline	Overige technische discipline
Industrial engineering	Technische bedrijfskunde
Physics engineering	Technische natuurkunde
Aerospace engineering	Lucht- en ruimtevaarttechniek
Electrochemistry	Elektrochemie
Electronics engineering	Elektrotechniek
Health, safety and environmental engineering	HSE-engineering
Material science	Materiaalkunde
Mechatronics engineering	Mechatronica
Systems engineering	Systems engineering
Chemical engineering	Chemische technologie
Engineering (general)	Techniek (algemeen)
Master degree (general)	Master (algemeen)
Electrical engineering	Elektrotechniek
Mechanical engineering	Werktuigbouwkunde
Physics engineering	Technische natuurkunde
Automotive engineering	Autotechniek
Material science	Materiaalkunde
Industrial engineering	Technische bedrijfskunde
Process engineering	Procestechiek
Aerospace engineering	Lucht- en ruimtevaarttechniek
Civil engineering	Civiele techniek
Economics	Economie
Electronics engineering	Elektrotechniek
Environmental science	Milieukunde
Law	Recht
Mechatronics engineering	Mechatronica
Systems engineering	Systems engineering
Business administration	Bedrijfskunde
Chemical engineering	Chemische technologie
Engineering	Techniek
Material science	Materiaalkunde
Physics	Natuurkunde