

September 2023

GroenvermogenNL: een verkenning initieel onderwijs



Eindrapport Technopolis B.V. en Hutspot

September 2023

GroenvermogenNL: een verkenning initieel onderwijs

Eindrapport Technopolis B.V. en Hutspot

Stijn Zegel	Technopolis B.V.	stijn.zegel@technopolis-group.com
Eline de Haan	Hutspot	eline.dehaan@hutspot.nl
Carlijn Schumacher	Technopolis B.V.	

Op verzoek van HCA GroenvermogenNL

In opdracht van het Nationaal Regieorgaan Onderwijsonderzoek



Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	1
1 Introductie	3
1.1 Aanleiding onderzoek	3
1.2 Analyse kader & onderzoeks aanpak	3
1.3 Leeswijzer	4
2 Het landschap van initieel onderwijs voor groene waterstof	5
2.1 Het belang van groene waterstof neemt toe	5
2.2 Wijze van adresseren van het groene waterstofvraagstuk verschilt	5
2.3 Omvang van het initiële onderwijs voor groene waterstof	8
2.4 Reflectie vanuit de praktijk	18
3 Het huidige onderwijs voor groene waterstof	19
1.1 Onderwijs capaciteit is in balans met de beperkte inzet op waterstof	19
1.2 Waterstof onderwijs is een keuze en betreft veelal hard skills	20
1.3 Learning Communities belangrijk voor responsief onderwijs	22
1.4 Specifieke skills ondergeschikt aan concurrentie op arbeidsmarkt	26
4 Het onderwijs en de transitie naar groene waterstof	27
4.1 Bescheiden inzet op waterstof binnen positieve beweging naar energietransitie	27
4.2 Breed opleiden heeft nu de voorkeur	27
4.3 LLO wordt als oplossing gezien	27
4.4 Marktvraag blijft achter, het onderwijs loopt voorop	27
4.5 Responsief onderwijs komt vooral terug in keuze onderdelen	28
4.6 Learning community biedt kansen naar de toekomst	28
4.7 Concurrentie op de arbeidsmarkt: het belang van zichtbaarheid en ontmoeting	28
5 Conclusies en aanbevelingen	29
5.1 Conclusies	29
5.2 Aanbevelingen	29
Bijlage A Methodologische bijlagen	31
A.1 Gesprekspartners interviews	31
A.2 Overzicht van portfolio van opleidingen	32

Managementsamenvatting

GroenvermogenNL is een landelijk programma, in het kader van het Nationaal Groeifonds, dat zich richt op de opschaling van de toepassing van waterstof en het vergroten van de kennis en het innovatievermogen voor de toepassing van waterstof in het Nederlandse energiesysteem. In het kader van het Human Capital-programma van GroenvermogenNL is een verkenning van het initieel onderwijs uitgevoerd aan de hand van een analysekader en op basis van deskstudie, data-analyse en interviews. De verkenning geeft inzicht in:

- Het huidige initiële onderwijslandschap met daarin een inventarisatie van opleidingen
- Een verdieping van dat onderwijslandschap
- Een verkenning van de mate waarin het onderwijslandschap dynamisch/responsief is in het kader van de ontwikkelingen van de waterstoftransitie

Naast dit onderzoek is er door KMPG ook een onderzoek gedaan naar het post-initiële onderwijs, en door SEO en CE Delft is onderzoek gedaan naar de arbeidsmarkt.

Het landschap van initieel onderwijs voor groene waterstof

De energietransitie is erg belangrijk in het onderwijs. Waterstof is daar zeker een onderdeel van als één van de mogelijke technische oplossingen die kan bijdragen aan de energietransitie. Waterstof komt binnen het onderwijs vaak aan bod via keuze onderdelen. Dit betreft vaak een beperkte inzet (12,5-15%) van de beschikbare studietijd en vaak is waterstof een subonderdeel (een project) binnen een dergelijk keuzeonderdeel.

Binnen het landschap zien we verschillende typen opleidingen. Zo zijn er energietechnologie-opleidingen met een breed energie-technisch karakter waarbinnen waterstof een onderdeel vormt. Er zijn algemene technologische opleidingen die belangrijke kennis voor basisprocessen bevatten, maar niet specifiek gericht zijn op energie of waterstof. De invalshoek kan ook sectorspecifiek zijn, dan gaan het om een specifiek toepassingsgebied waarbij waterstof een relevant onderwerp is binnen transitie. Daarnaast zijn er nog transitiestudies, opleidingen met een meer holistisch perspectief met veelal meer sociale vakgebieden.

In het mbo wordt veelal gewerkt met landelijk vastgestelde keuzedelen. Vooral het keuzedeel met een breed laagdrempelig energie-technisch profiel wordt nu toegepast. Andere keuzedelen zijn meer sectorspecifiek en worden nog beperkt toegepast. In het hbo wordt gewerkt met minoren die door de instellingen zelf worden vormgegeven, deze hebben vaak een breed energie-technisch karakter. In het wo wordt vooral gestuurd op fundamentele kennis, die kennis is breed inzetbaar en relevant voor waterstof. In het algemeen ligt de nadruk in het wo niet op het toepassingsgebied, maar op die fundamentele kennis.

Over het algemeen is zichtbaar dat de aandacht in het kader van waterstof met name gericht is op technische opleidingen. Binnen sociale vakgebieden en brede transitiestudies komt waterstof nog minder aan bod. Ook lijkt de aandacht voor systemische infrastructuur (midstream) nog minder dan voor up- en downstream.

Ondanks dat er veel relevante studies zijn voor de gehele waterstoftransitie blijkt uit het onderzoek dat de aantallen studenten die direct in aanraking komen met waterstof nog erg beperkt zijn. Uit de portfolioanalyse van 54 opleidingen die zich op waterstof richten blijkt bijvoorbeeld dat ongeveer 25% van de studenten aan de slag gaat met waterstof en dat van de totale studietijd van alle studenten van deze 54 opleidingen slechts ongeveer 2% daadwerkelijk over waterstof gaat.

Het huidige onderwijs voor groene waterstof

Zoals beschreven is de inzet op groene waterstof binnen het huidige onderwijs met name gestructureerd aan de hand van keuze onderdelen en projecten. Andere aspecten van het onderwijs volgen grotendeels de algemene trends waardoor de invulling van het onderwijs niet anders is voor groene waterstof dan voor andere thema's. Zo zijn er sinds de COVID19-crisis meer ontwikkelingen in digitaal onderwijs en zijn beschikbare practica-opstellingen en faciliteiten, de aanhoudende groei binnen het wo en de krimp binnen het mbo en hbo aandachtspunten. Aangezien de inzet op waterstof in verhouding staat met de nog beperkte vraag vanuit de markt zijn er nog geen knelpunten zichtbaar in termen van onderwijscapaciteit.

De huidige inzet wordt grotendeels vormgegeven aan de hand van (gesubsidieerde) projecten die vaak in samenwerking tussen onderwijsinstellingen en het bedrijfsleven tot stand komen. Daar zijn mooie voorbeelden te vinden en de samenwerkingen zijn vruchtbaar, zoals New Energy Coalition in Noord-Nederland, H2Hub in Twente, H2Lab in Arnhem-Nijmegen en Green Village in Delft. De Learning Community is in ontwikkeling en begint regionaal vorm te krijgen.

Op de arbeidsmarkt is veel concurrentie terug te zien rondom (technisch) geschoold personeel. De vraag naar afgestudeerde studenten met waterstofkennis is tot nu toe nog beperkt, afgestudeerde studenten komen nu nog veel terecht in traditionele industrieën. Studenten die zijn opgeleid met brede kennis en ook met waterstofkennis weten goed de markt te vinden en leren via LLO eigenlijk altijd bij tijdens hun loopbaan.

Het onderwijs en de transitie naar groene waterstof

Er is een positieve beweging ingezet rondom de energietransitie. Deze ontwikkelingen gaan zeker door in de toekomst. De inzet specifiek op waterstof is vooralsnog voorzichtig. Er heerst enige onzekerheid over de inzet op specifieke toepassingsgebieden en technologieën zoals groene waterstof. Een brede onderwijsbasis kan afgestudeerde studenten wendbaarheid geven op de arbeidsmarkt. In dit kader wordt ook het belang van LLO benadrukt, waarbij ook belangrijk is om te noemen dat LLO zelf nog in ontwikkeling is.

Onderwijsinstellingen lopen met de inzet op waterstof enigszins vooruit op de markt. Studenten hebben grote interesse in de energietransitie en staan open voor het onderwerp van waterstof. De markt heeft echter nog beperkte vraag, waardoor een grote inzet op waterstof nog als een risico wordt gezien door onderwijsinstellingen.

Onderwijs past zich niet snel aan en is hierdoor niet erg 'dynamisch' en 'responsief'. Dit komt deels omdat er enkele jaren overheen gaan voordat een nieuwe student afstudeert en omdat er de nodige kwaliteitsborging in het onderwijssysteem zit. Verder kost het ook tijd om bestaand onderwijs sterk aan te passen, er liggen meer mogelijkheden via keuze onderdelen en met name via projecten en opdrachten. Voor projecten en opdracht is de Learning Community erg belangrijk en daar liggen kansen. De Learning Community heeft ook verdere voordelen in het delen infrastructuur, het niet opnieuw uitvinden, zichtbaarheid waterstofwerkgevers, etc. Dat laatste is van groot belang gegeven de concurrentie op de arbeidsmarkt.

Aanbevelingen

Er zijn verschillende aanbevelingen omschreven waarbij nadruk wordt gelegd op de manier om waterstof op de juiste manier te adresseren. Verder is het belang van post-initieel onderwijs en (het betrekken van waterstofwerkgevers binnen) de Learning Community benadrukt. Ook de inzet op zichtbaarheid en ontmoeting tussen bedrijfsleven en talent is daarbij van belang.

1 Introductie

1.1 Aanleiding onderzoek

1.1.1 Onderzoek naar het initieel onderwijs

GroenvermogenNL is een landelijk programma, in het kader van het Nationaal Groeifonds, dat zich richt op de opschaling van de toepassing van waterstof en het vergroten van de kennis en het innovatievermogen voor de toepassing van waterstof in het Nederlandse energiesysteem.

In dit rapport staan de resultaten van de verkenning van het initieel onderwijs gericht op groene waterstof omschreven. Het onderzoek is uitgezet als onderdeel van werkstroom 4 van het Human Capital-programma, het Nationaal Pakket van Onderwijsprogramma's Waterstof, van GroenvermogenNL.

De verkenning geeft inzicht in:

- Het huidige initiële onderwijslandschap met daarin een inventarisatie van opleidingen.
- Een verdieping van dat onderwijslandschap.
- Een verkenning van de mate waarin het onderwijslandschap dynamisch/responsief is in het kader van de ontwikkelingen van de waterstoftransitie.

1.1.2 Onderzoeken naar de marktvraag en het post-initieel onderwijs

Naast deze verkenning is er ook een verkenning uitgevoerd voor het post-initieel onderwijs, deze opdracht werd uitgevoerd onder dezelfde werkstroom, door KPMG. Daarnaast is, onder een andere werkstroom, een arbeidsmarktonderzoek uitgevoerd door SEO Economisch Onderzoek en CE Delft.

1.2 Analyse kader & onderzoeks aanpak

1.2.1 Analyse kader

Voor het onderzoek is een analysekader uitgewerkt voor de verkenning, zie Figuur 1.

In het analysekader is een structuur uitgewerkt om richting te geven aan de analyses voor de verkenning. Voor het inzichtelijk maken van het huidige initiële onderwijslandschap wordt naast het identificeren van opleidingen een analyse gemaakt van het belang van waterstof binnen de instellingen en opleidingen. Daarnaast wordt ook in kaart gebracht hoe het waterstofvraagstuk wordt geadresseerd via verschillende invalshoeken.

Een van de invalshoeken betreft de keten voor waterstof: up-, mid- en downstream:

- *Upstream: de productie van waterstof.*
- *Midstream: het transport en de opslag van waterstof.*
- *Downstream: het klaarmaken van waterstof voor gebruik en de gebruikstoepassingen.*

In de verdieping van het landschap wordt via vier kernaspecten, namelijk de onderwijs capaciteit, de aanpak in het onderwijs, de Learning Community en de relatie met de arbeidsmarkt, een analyse gemaakt van de invulling van het onderwijs voor groene waterstof. Binnen elk van deze kernaspecten zijn verschillende zaken van belang, zoals digitalisering in het onderwijs of samenwerking met andere partijen.

Tot slot wordt de analyse in de tijd geplaatst door op de huidige situatie te reflecteren in het kader van het toekomstperspectief. Daarbij wordt expliciet ingegaan op de adaptiviteit van het onderwijs om zo te analyseren of het onderwijslandschap dynamisch/responsief is ingericht om in te spelen op de ontwikkelingen van de waterstoftransitie.

Figuur 1 Analyse kader voor de verkenning van het initiële onderwijs voor groene waterstof



Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

1.2.2 Onderzoeksaanpak

De verkenning baseert zich grotendeels op deskstudie, data-analyse en interviews. Zo zijn op basis van deskstudie en gesprekken met de liaisons van de regio's van GroenvermogenNL relevante opleidingen geïdentificeerd voor verdiepende analyses. Er is een selectie van 54 opleidingen gemaakt waarvoor kernindicatoren in kaart zijn gebracht – met name op basis van de beschrijving van de opleidingen en het curriculum. Voor ongeveer de helft van deze opleidingen zijn interviews afgenomen met vertegenwoordigers uit de onderwijsinstellingen, zie bijlage 0. In deze gesprekken is de analyse verder verdiept op aspecten die niet publiek omschreven staan, zijn reflecties opgehaald en is vooruitgeblikt naar de toekomst. Afsluitend is een portfolio-analyse uitgevoerd over de 54 opleidingen en zijn de kwalitatieve inzichten op een gestructureerde wijze aan de hand van het bovenstaande kader geanalyseerd.

1.3 Leeswijzer

- In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het landschap van initieel onderwijs voor groene waterstof. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het belang van waterstof binnen het onderwijs en de manier waarop het onderwerp wordt geadresseerd.
- In hoofdstuk 3 volgt daarna een verdieping van het huidige onderwijs voor groene waterstof, in termen van de onderwijs capaciteit, de aanpak in het onderwijs, de Learning Community en de relatie met de arbeidsmarkt.
- In hoofdstuk 4 volgt daarna een reflectie op de toekomst met aandacht voor de adaptiviteit van het onderwijs in het kader van de waterstoftransitie.
- Afsluitend staan in hoofdstuk 5 de conclusies en aanbevelingen weergegeven.

2 Het landschap van initieel onderwijs voor groene waterstof

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gepresenteerd van het landschap van initieel onderwijs voor groene waterstof. Daarbij wordt ingegaan op het belang van het onderwerp binnen het onderwijs, een cijfermatige portfolio-analyse van voor waterstof relevante opleidingen en een kwalitatieve duiding van deze cijfers.

2.1 Het belang van groene waterstof neemt toe

2.1.1 *Het belang van de energietransitie is groot*

Het belang van groene waterstof binnen het onderwijslandschap is niet los te zien van het duurzaamheidsvraagstuk en de energietransitie. Alle instellingen, opleidingen en docenten benadrukken het belang van deze transitie en agenderen dit ook nadrukkelijk binnen het onderwijsaanbod. Vaak zijn deze transitie dan ook een strategische pijler op bestuurlijk niveau en zijn ze terug te zien op het niveau van het curriculum. Een belangrijke factor, naast het algehele maatschappelijke belang en de trends in de maatschappij, is dat studenten ook actief opzoek zijn naar "groene" studies – opleidingen die bijdragen aan duurzaamheid en de energietransitie. Gesprekspartners geven aan dat de aandacht hiervoor al groot is en naar verwachting verder gaat groeien in de toekomst.

2.1.2 *Groene waterstof is één van de oplossingen binnen de energietransitie*

Groene waterstof wordt gezien als één van de technologieën die bijdraagt aan duurzaamheid en de energietransitie. De mate waarin specifiek groene waterstof terugkomt binnen de opleidingen is wisselend. Een aantal instellingen laten groene waterstof prominent terugkomen binnen het curriculum en de instelling als geheel. Dit wordt meestal aangejaagd door bestuurders of nog prominenter door docenten die het onderwerp agenderen binnen het curriculum. Zichtbaar is dat er vaak (gesubsidieerde) projecten zijn die de inzet op groene waterstof van een impuls voorzien. Ook zijn bij deze instellingen (regionale) bedrijven vaak nauwer betrokken zijn waardoor er naast de vraag vanuit de student (push-factor) ook een vraag vanuit de markt (pull-factor) aanwezig is. Naast bedrijven kunnen ook andere externe spelers een rol spelen in het enthousiasmeren van bestuurders en docenten, zoals gemeentes en regionale ontwikkelingsmaatschappijen. Bij andere instellingen komt waterstof echter heel beperkt terug en vormt het slechts een klein onderdeel van een grotere inzet op de energietransitie. Bij een enkele instelling was waterstofonderwijs nog geen onderdeel van het onderwijsaanbod.

2.1.3 *Het belang komt in alle onderwijssectoren terug*

Het bovenstaande is grotendeels hetzelfde binnen de verschillende onderwijssectoren van mbo, hbo en wo. Wel leeft het onderwerp op een andere manier. Zo zoekt men in het mbo en hbo actiever naar de toepassing van kennis en kunde in praktijkomgevingen. In het hbo en wo wordt meer ingezet op onderzoek en met name in het wo is het toepassingsgebied veel minder belangrijk. De manier waarop het onderwerp van groene waterstof wordt geadresseerd verschilt daarbij niet alleen tussen de onderwijssectoren, maar ook tussen verschillende typen opleidingen.

2.2 Wijze van adresseren van het groene waterstofvraagstuk verschilt

Hoe het vraagstuk van groene waterstof wordt geadresseerd verschilt sterk tussen opleidingen en onderwijssectoren. Zo heeft de student vaak de keuze om zich op het vraagstuk te richten en/of komt het vraagstuk terug als onderdeel van een groter geheel zoals de energietransitie.

2.2.1 Verschillende typen opleidingen

Er zijn binnen het landschap van opleidingen voor de transitie naar groene waterstof een aantal verschillende typen opleidingen te identificeren. Het onderwerp van groene waterstof komt binnen deze typen opleidingen op verschillende manieren aan bod. In Tabel 1 geven we aan welke onderscheid we zien en leggen we de relatie met up-, mid- en downstream.

Tabel 1 *Onderscheid in opleidingen en relatie met up-, mid-, en downstream van waterstof*

	Onderscheid in opleidingen	Relatie up- mid en downstream van waterstof
1	<u>Energietechnologie-opleidingen</u> Het betreft opleidingen die zich richten op energietechnologieën, energiesystemen, conversie en opslag en andere energie-gerelateerde ingenieursberoepen. Deze opleidingen hebben over het algemeen een breed energie-technisch karakter waarbinnen waterstof een onderdeel vormt.	Energietechnologie-opleidingen beslaan veelal het gehele spectrum van up-, mid- en downstream van waterstof.
2	<u>Algemene technologische opleidingen</u> Het betreft opleidingen die zich richten op chemie, engineering, natuurkunde, laboratoria, montage en allround technicus beroepen. Deze opleidingen zijn zeker relevant voor waterstof en bevatten vaak belangrijke kennis voor basisprocessen, maar richten zich niet specifiek op het energievraagstuk of waterstof.	Voor algemene technologische opleidingen is de kennis ook breed toepasbaar over het gehele spectrum van up-, mid- en downstream van waterstof.
3	<u>Sectorspecifieke opleidingen</u> Het betreft opleidingen die zich richten op automotive, industrie en de gebouwde omgeving. Deze opleidingen zijn primair gericht op toepassingsgebieden waarbij waterstof een relevant onderwerp is binnen transitie.	Bij sectorspecifieke opleidingen is het afhankelijke van het toepassingsgebied: <ul style="list-style-type: none"> • Voor de industrie gaan opleidingen meer in op up- en midstream. • Voor mobiliteit op mid- en downstream. • Voor de gebouwde omgeving ligt de nadruk met name op downstream.
4	<u>Transitiestudies</u> Het betreft opleidingen die zich richten op de energietransitie, duurzaamheidsbeoordeling en duurzame innovatie. De opleidingen hebben een meer holistisch perspectief en bevatten vaak niet slechts technische/technologische onderwerpen, maar juist ook meer sociale vakgebieden.	Transitiestudies richten zich vaak op de maatschappij, dit heeft meer te maken met hoe up-, mid- en downstream raken aan de leefomgeving en het energiesysteem (bijv. centrale versus decentrale opwekking).

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

2.2.2 Waterstofonderwijs middels keuzedelen in het mbo

Mbo-instellingen bieden onderwijs dat gebaseerd is op de bij wet vastgestelde kwalificaties en keuzedelen uit de kwalificatiestructuur. In de kwalificatie staat beschreven wat studenten moeten kennen en kunnen. De keuzedelen beslaan zo'n 15% van de opleidingstijd. Vanaf schooljaar 2022-2023 tellen de keuzedelen ook mee voor diplomering. De school doet een aanbod van keuzedelen aan de student. Het is aan de student om vervolgens te kiezen voor bepaalde (combinatie van) keuzedelen.

Op dit moment zijn er vier keuzedelen beschikbaar die gericht zijn op waterstofonderwijs. Deze zijn geïdentificeerd via het kwalificatieregister van de Samenwerkingsorganisatie

Beroepsonderwijs Bedrijfsleven (SBB)¹. Het is aan de onderwijsinstelling om te bepalen welke keuzedelen in het aanbod terecht komen. De keuzedelen zijn:

1. Waterstofftechnologie
2. Waterstof in de industrie
3. Waterstof in de gebouwde omgeving
4. Waterstofftechnologie en mobiliteit (geldig tot 01-08-2023) wordt vervangen door Waterstofftechnologie en mobiliteit (versie 2, geldig vanaf 01-08-2023)

Binnen deze vier keuzedelen is terug te zien dat het gaat om energietechnologie en sectorspecifieke keuzedelen. Momenteel zijn enkel waterstofftechnologie en waterstofftechnologie en mobiliteit beschikbaar voor studenten, waarbij waterstofftechnologie vooral aangeboden wordt. Dit betreft een keuzedeel met een zeer breed karakter dat als een introductie tot het werkveld van waterstof fungeert zodat studenten zich kunnen oriënteren. Dit keuzedeel heeft hierdoor een beperkte diepgang en vereist geen specifieke voorkennis. De andere keuzedelen worden nog niet aangeboden en er is nog geen lesstof voor ontwikkeld.

Scholen hebben de mogelijkheid om waterstofonderwijs in het reguliere deel van de opleiding mee te nemen. Het wordt dan niet geëxamineerd omdat het geen kwalificatie-eis is. Een concreet voorbeeld daarvan is een e-learning die Electude aanbiedt voor niveau 4 technisch specialist, scholen staan vrij om daar gebruik van te maken. Dit is theorie zonder praktijk en qua diepgang zit het tussen het keuzedeel waterstofftechnologie en waterstofftechnologie en mobiliteit in.

2.2.3 Waterstofonderwijs als onderdeel van minoren en projecten in het hbo

Binnen het hbo komt waterstof vooral terug als (onderdeel van) een minor en/of een project. Een minor betreft ongeveer een half jaar van de veelal vierjarige opleiding, de minor beslaat dan zo'n 12,5% van de opleidingstijd. Vaak is waterstof binnen de minor een onderdeel, meestal in de vorm van een project. Zo betreft het voor studenten dus vaak een dubbele keuze, eerst een keuze voor de minor en dan nog voor een waterstofproject. Deze opzet, met een dubbele keuze, heeft een impact op het aantal studenten dat binnen een opleiding in aanraking komt met waterstof, zo werken er soms slechts vijf studenten aan een waterstofproject.

Minoren worden samengesteld op het niveau van de instellingen, waardoor er geen landelijke structuur ligt. Op hogescholen zijn er acht minoren beschikbaar die direct refereren naar waterstof. Gebruikmakend van de typologie van opleidingen, zie sectie 2.2.1, maakt zichtbaar dat deze minoren vooral energietechnologie-opleidingen betreffen:

1. Energietechnologie-opleidingen, minoren: 'Waterstof in de Energie Transitie', 'Waterworld: the energy transition at sea', 'Energietransitie in Rotterdam', 'Electrical power engineering', 'Offshore renewable energy', 'Energy in transition'
2. Algemene technologische opleidingen, minoren: 'Green chemistry',
3. Sectorspecifieke opleidingen, minoren: 'Future automotive technology'

Er zijn uiteraard nog veel meer minoren beschikbaar, maar deze maken geen specifieke verwijzing naar waterstof. Daarbinnen zitten ook minoren die zich richten op de bredere sociale transitiestudies, zoals 'Future energy for society' en 'De Leefbare Stad'.

¹ <https://kwalificatiestructuur-mijn.s-bb.nl/keuzedeel/details/b7efd158-eefb-4302-a948-59e3541c78bd>

2.2.4 Waterstofonderwijs is minder expliciet in het wo

In het wo is de relatie met waterstof het minst duidelijk te leggen. Het wo richt zich namelijk niet expliciet op toepassingsgebieden, maar veel sterker op de fundamentele kennis die daaronder ligt. Zo wordt er binnen chemie-opleidingen bijvoorbeeld onderwijs gegeven over elektrolyse, waarbij waterstof als voorbeeld genoemd kan worden, maar het kan ook op andere (vloeistof)stoffen worden toegepast. Het onderwijs is dus gericht op de kunde en de processen van het principe van bijvoorbeeld elektrolyse en niet op waterstof als toepassingsgebied. Hetzelfde is terug te zien binnen bijvoorbeeld werktuigbouwkundige-opleidingen, het fundamentele begrip over verbrandingsmotoren en hoe die te ontwerpen is belangrijker dan welke brandstof wordt toegepast. Er zijn ook geen specifieke keuzedelen of minoren teruggevonden op het wo niveau. Dat laat onverlet dat er wel degelijk veel aandacht is voor de energietransitie en dat waterstof wel degelijk wordt gezien als één van de mogelijke ontwikkelingen om invulling te geven aan de transitie.

2.3 Omvang van het initiële onderwijs voor groene waterstof

Indien alle opleidingen die relevant kunnen zijn voor het vraagstuk van groene waterstof worden geanalyseerd, ontstaat een beeld van een zeer breed veld aan opleidingen met grote aantallen studenten. Het onderzoek uitgevoerd door SEO en CE Delft naar de arbeidsmarkt van groene waterstof gaat hier onder andere op in. Zoals uit de voorgaande secties blijkt, geeft dit slechts beperkt inzicht in de huidige inzet op het vraagstuk van groene waterstof binnen het initiële onderwijs aangezien veel opleidingen een breed karakter hebben en waterstof slechts een component of keuze is binnen de opleidingen.

Om toch inzicht te geven in de omvang van het initiële onderwijs voor groene waterstof is een portfolio-analyse gemaakt, op basis van deskstudie², van een nauwere selectie van 54 opleidingen. In deze sectie van het rapport worden de kerncijfers van deze opleidingen gepresenteerd, daarna volgt een kwalitatieve duiding vanuit de praktijk op deze gegevens.

2.3.1 Portfolio van 54 opleidingen

De selectie van 54 opleidingen is opgesteld aan de hand van interacties met vertegenwoordigers uit het onderwijs en deskstudie aan de hand van bestaande structuren in het onderwijs (opleidingsinformatie, keuzedelen op het mbo en minoren op het hbo). Binnen deze opleidingen komt waterstof op verschillende manieren terug, zo kan waterstof een vast of een keuzeonderdeel van de opleiding zijn. We gebruiken hiervoor de volgende categorieën:

- **Vast onderdeel:** Door na te gaan of opleidingen waterstof in de beschrijving van de opleiding en het curriculum noemen, is geïdentificeerd of waterstof een 'vast onderdeel' van de opleiding betreft. Op deze manier zijn vooral de wo opleidingen geïdentificeerd.
- **Keuzeonderdeel:** Wanneer waterstof een keuze is binnen een opleiding, kan er onderscheid gemaakt worden tussen vier vormen.
 - **Keuzedeel:** Wanneer het een mbo-opleiding betreft waarbij de keuze wordt geboden voor een keuzedeel, wordt de link met waterstof een 'keuzedeel' genoemd. Een keuzedeel betreft zo'n 15% van de opleiding.

² De beschrijvingen van opleidingen op de website en de studiegids van de instelling/opleiding en de DUO Open Onderwijsdata.

- **Minor:** Wanneer het een hbo-opleiding betreft waarbij de keuze wordt geboden voor een van de eerder genoemde minoren, betreft het een 'minor'. Een keuzedeel betreft zo'n 12,5% van de opleiding.
- **Keuzeprojecten:** Bij enkele opleidingen komt waterstof mogelijk terug via projecten, bijvoorbeeld aangeboden via samenwerking met bedrijven. Deze opleidingen zijn vooral via interacties met vertegenwoordigers uit het onderwijs geïdentificeerd. Enkele studenten van de opleiding kunnen bij zo'n project betrokken raken als ze daarvoor kiezen. Dit zijn 'keuzeprojecten'. De omvang van een project is niet gedefinieerd, wel zijn projecten vaak een onderdeel van vakken en zijn hierdoor niet heel erg omvangrijk.
- **Keuzevak:** Naast keuzeprojecten is er ook, vooral op het wo, de mogelijkheid om binnen een opleiding een keuzevak te volgen dat gerelateerd is aan waterstof. De omvang van een vak is niet gedefinieerd, vakken hebben over het algemeen een omvangrijker karakter dan projecten.

De selectie van opleidingen werd verder aangevuld aan de hand van kernwoorden voor de waterstofftransitie³. Zo is het portfolio van 54 opleidingen tot stand gekomen. Hoewel met bovenstaande methode gepoogd is om een zo compleet mogelijk beeld van het onderwijslandschap te bieden, is het mogelijk dat enkele opleidingen die wel gerelateerd zijn aan waterstof onopgemerkt bleven. De verwachting is echter dat dat aandeel klein is en dat het huidige portfolio representatief is voor het gehele Nederlandse onderwijslandschap.

Het overzicht hiervan is terug te vinden in bijlage 0, waarin de volgende punten worden vermeld per opleiding:

- Onderwijsinstelling;
- Onderwijssectoren;
- Regio;
- Ketenfase (up-, mid- of downstream);
- Typologie (zie 2.2.1);
- Link waterstof (vast onderdeel, minor, keuzedeel, keuzeproject of keuzevak);
- Indien van toepassing de naam van de desbetreffende minor, keuzedeel, keuzeproject of keuzevak;
- Aantal afgestudeerde studenten in 2022;
- Groei (of krimp) in het aantal afstuderende studenten sinds 2018;
- Waterstofindicator (zie 2.3.6 voor meer informatie).

Zoals ook terug te zien in Tabel 2 zijn de meeste opleidingen binnen het portfolio van deze analyse mbo-opleidingen. Dit wordt gevolgd door het hbo en het wo.

Tabel 2 Aantal opleidingen per onderwijssector

Onderwijssector	Aantal opleidingen	In percentage
Mbo	28	54%

³ Aanvullend op de suggesties vanuit vertegenwoordigers uit het onderwijs en de bestaande structuren, gaf het kernwoord "waterstof" (en in het Engels "hydrogen") al voldoende resultaten om tot de selectie te komen. Wel heeft nog een controle plaatsgevonden om te kijken of geen voor de hand liggende opleidingen binnen de specifieke stappen van up-, mid- en downstream over het hoofd werden gezien.

Onderwijssector	Aantal opleidingen	In percentage
Hbo	16	31%
Wo	8	15%
Totaal	45	100%

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

2.3.2 Geografische verdeling van de opleidingen

De geografische verdeling van de onderwijsinstellingen is gebaseerd op de verdeling in regio's van GroenvermogenNL. In de tabel hieronder staan per regio de onderwijsinstellingen vermeld waar waterstof gerelateerde opleidingen zijn geïdentificeerd. Hier is de regio Midden-Nederland aan toegevoegd, aangezien MBO Amersfoort en ROC Midden Nederland onder geen van de andere regio's vielen. Tussen haakjes achter de onderwijsinstelling is het aantal opleidingen weergegeven.

Tabel 3 Verdeling instellingen over de regio's, met het aantal opleidingen per instelling tussen haakjes.

Regio	Mbo	Hbo	Wo
Noord	Drenthe College (3) en Noorderpoort (10) ⁴	Hanzehogeschool Groningen (3)	Rijksuniversiteit Groningen (2)
Noordwest	ROC Amsterdam (1)		
Oost		HAN (1)	TU Eindhoven (2) en UTwente (2)
West	STC (1)	Haagse Hogeschool (3) en Hogeschool Rotterdam (7)	TU Delft (2)
Zuidwest	Scalda (3)	HZ University of Applied Sciences (3)	
Zuidoost	Vista College (1)	Zuyd Hogeschool (2)	
Midden	MBO Amersfoort (2) en ROC Midden Nederland (7)	Hogeschool Utrecht (1)	

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

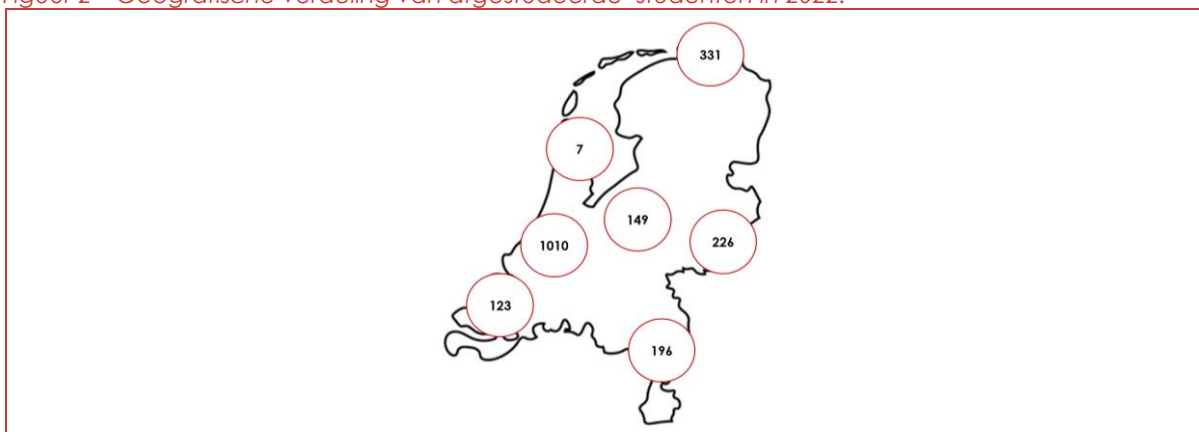
Zoals te zien in deze tabel zijn de meeste waterstof mbo-opleidingen te vinden in het noorden en midden van het land. Voor hbo is dat vooral het westen en voor wo het oosten. Alles samen genomen is het waterstof gerelateerde onderwijs dus redelijk verspreid over het land, alhoewel er per onderwijssector veel verschillen zijn. In Figuur 2 hieronder wordt de geografische spreiding weergegeven op een kaart van Nederland. Ook hier is de regio 'Midden' toegevoegd. Binnen de cirkels wordt het aantal afgestudeerde studenten in 2022 weergegeven. Deze informatie is verkregen van DUO Open Onderwijsdata⁵. De bronnen van deze database betreffen de Registratie Instellingen en Opleidingen (RIO)⁶ voor de instellingsgegevens en het Register Onderwijs Deelnemers (ROD) voor de leerlingengegevens.

⁴ Ook bij Alfa-College en Firda speelt waterstof een rol in het onderwijs. Deze zijn echter niet (tijdig) naar voren gekomen op basis van de keuzemonitor van SBB of op basis van aanvullende informatie vanuit het internet of gesprekken. Deze onderwijsinstellingen zijn dan ook niet meegenomen in de analyse.

⁵ Bron: https://duo.nl/open_onderwijsdata/

⁶ RIO geldt als vervanging van de BRIN, CREBO en CROHO registers.

Figuur 2 Geografische verdeling van afgestudeerde studenten in 2022.



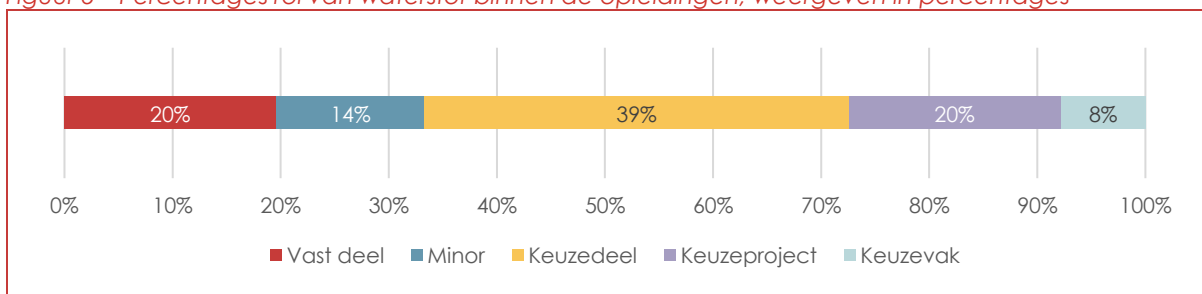
Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Zoals te zien in Figuur 2 bevinden de meeste afgestudeerde studenten in 2022 zich in de regio west. Hier zijn dan ook veel hbo en wo opleidingen, die over het algemeen grotere klassen hebben dan mbo. Wel moet erbij worden vermeld dat niet al deze studenten daadwerkelijk in aanraking zijn gekomen met waterstof, aangezien dat voor veel opleidingen een keuzeonderdeel is. Dit wordt opgevolgd door respectievelijk het noorden, oosten en zuidoosten. In noordwest Nederland is er slechts 1 opleiding geïdentificeerd (Technisch Specialist Personenauto's/Elektrische Voertuigen) en ligt het aantal afgestuurde studenten dus een stuk lager.

2.3.3 Rol van waterstof en waterstofindicator binnen de 54 opleidingen

Zoals genoemd in 2.2.1 wordt de rol van waterstof binnen een opleiding onderverdeeld in vijf opties: vast onderdeel, minor, keuzedeel, keuzeproject en keuzevak. Waterstof is bij 20% van alle 54 opleidingen een vast onderdeel en bij 80% een keuzeonderdeel. Dit zijn vooral keuzedelen en minoren. Zie voor de verdeling Figuur 3.

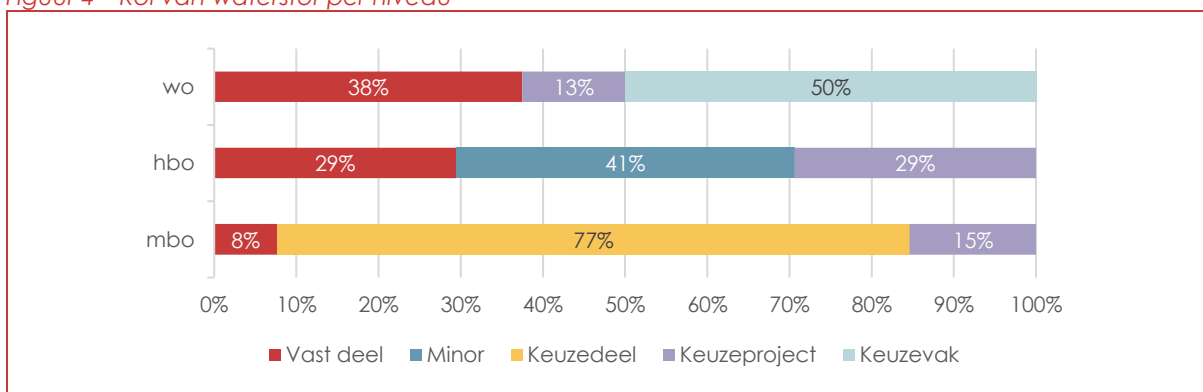
Figuur 3 Percentages rol van waterstof binnen de opleidingen, weergegeven in percentages



Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Figuur 4 laat zien dezelfde verdeling zien, gesplitst naar de onderwijssectoren. Let op dat het per sector om slechts 8 tot 26 opleidingen gaat. In het mbo betreft het grotendeels opleidingen met een keuzedeel. Binnen de hbo-opleidingen betreft het grotendeels minoren, alhoewel meer dan een kwart van de opleidingen ook waterstof als vast onderdeel heeft en een kwart als keuzeproject. Bij wo komt waterstof vaker dan de andere niveaus als vast onderdeel terug en vaak als keuzevak. Het gaat hierbij om chemische studies en sustainable energy technology. Bij deze hbo en wo opleidingen gaat het vaak om fundamentele kennis die bij de waterstoftransitie komt kijken, die ook breder dan alleen voor waterstof is in te zetten.

Figuur 4 Rol van waterstof per niveau



Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

2.3.4 Verdeling opleidingen over de ketenfases en typologie

Ook is er gekeken naar de verschillende onderdelen van de waterstofketen: up-, mid-, en downstream (zie sectie 1.2 voor een toelichting). In Tabel 4 staat de verdeling van de opleidingen over deze drie ketenonderdelen weergegeven. Sommige opleidingen richten zich op meerdere delen van de keten, daarom is het totaal van de percentages meer dan 100%. De grootste focus ligt op downstream (52%) en midstream (28%).

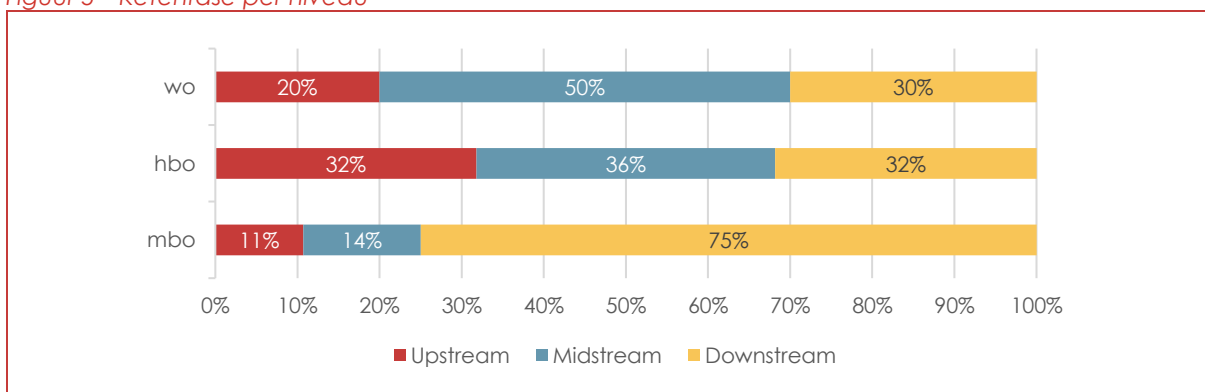
Tabel 4 Verdeling opleidingen over up-, mid- en downstream (in absolute aantallen en percentages)

Keten onderdeel	Aantal opleidingen	Percentage
Upstream	12	20%
Midstream	17	28%
Downstream	31	52%

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

In de Figuur 5 wordt het onderscheid gemaakt tussen de verschillende opleidingsniveaus. Op mbo niveau is de meerderheid van de opleidingen gericht op downstream. Het gaat hierbij veelal om opleidingen gerelateerd aan mobiliteit. Denk aan manager mobiliteitsbranche of technisch specialist personenauto's. Vooral het keuzedeel waterstoftechnologie komt hier veel terug. Hbo en wo komen in dit geval redelijk overeen, hoewel de verdeling tussen de ketenfases net wat gelijk is op het hbo. Het grootste deel van de opleidingen is gefocust op de midstream. Het gaat hierbij om opleidingen zoals werktuigbouwkunde en mechanical engineering. Voor upstream vallen vooral chemische studies hieronder, denk aan chemische technologie en chemical engineering.

Figuur 5 Ketenfase per niveau



Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Naast de verdeling over de ketenfases is er ook gekeken naar de verdeling van opleidingen over thema's. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de typologie zoals vermeld in 2.2.3. Het gaat hierbij dus om het onderscheid in energie-technische opleidingen, algemene technologische opleidingen en sectorspecifieke opleidingen. In het portfolio zijn geen transitiestudies aangetroffen. In Tabel 5 is de verdeling hiervan te zien over alle opleidingen heen.

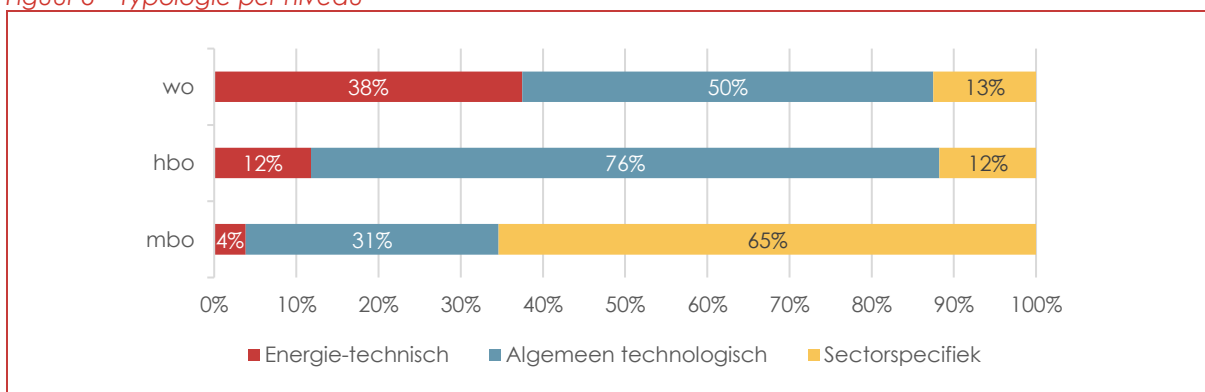
Tabel 5 Verdeling opleidingen op basis van typologie (in absolute aantallen en percentages)

Typologie	Aantal opleidingen	Percentage
Energie-technisch	6	12%
Algemeen technologisch	25	49%
Sectorspecifiek	20	39%
Transitiestudies	0	0%

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Het grootste deel van de opleidingen is algemeen technologisch van aard. In Figuur 6 wordt het onderscheid gemaakt tussen de verschillende opleidingsniveaus. De indeling in hoeveelheid opleidingen per typologie verschilt sterk over de verschillende onderwijssectoren. Op mbo niveau zijn de meeste opleidingen sectorspecifiek en ligt het percentage een stuk hoger dan voor alle niveaus samen. Veelal gaat het hierbij om de voertuig gerelateerde opleidingen die hierboven bij downstream benoemd zijn. De algemeen technologische mbo-opleidingen zijn bijvoorbeeld allround operationeel technicus en technicus engineering. Op hbo niveau is driekwart van de opleidingen een algemeen technologische. Denk hierbij aan werktuigbouwkunde, chemische technologie en engineering. Op wo niveau is de helft van de opleidingen algemeen technologisch (mechanical en chemical engineering). Hoewel het aandeel energie-technische opleidingen hier groter is dan op de andere niveaus, moet er in gedachten worden gehouden dat het hierbij om slechts twee opleidingen gaat. In dit geval is dat Sustainable Energy Technology aan twee instellingen.

Figuur 6 Typologie per niveau

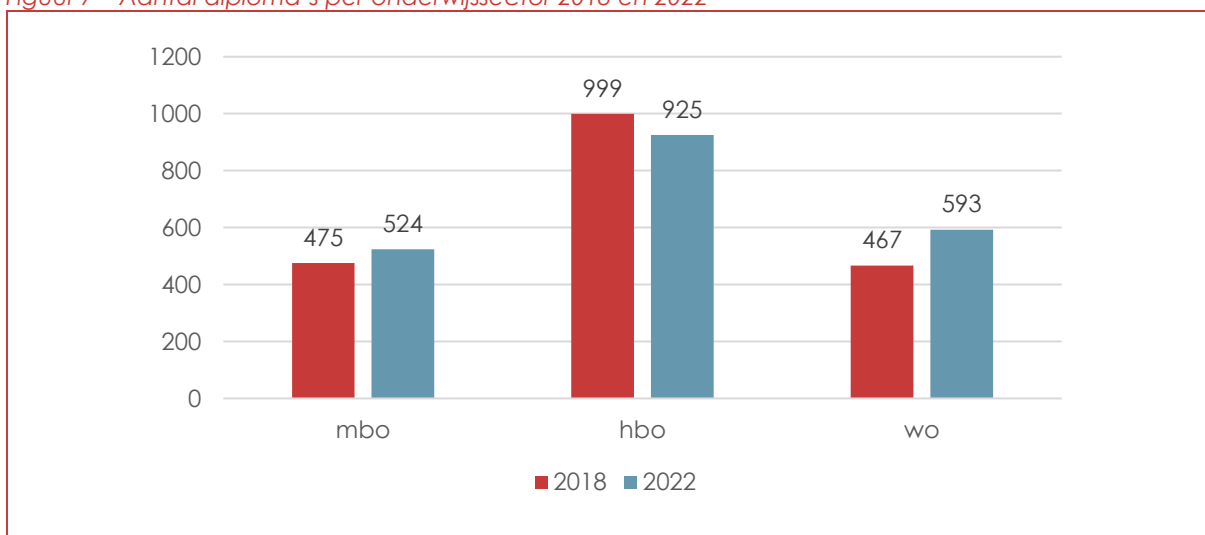


Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

2.3.5 Cijfermatige omvang van de opleidingen

Voor de opleidingen is verder een analyse gemaakt van het aantal verkregen diploma's om ook de cijfermatige omvang voor de arbeidsmarkt in kaart te brengen. Zoals eerder genoemd is deze informatie is verkregen van DUO Open Onderwijsdata⁷ van het jaar 2022.

Figuur 7 Aantal diploma's per onderwijssector 2018 en 2022



Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Zoals Figuur 7 laat zien reflecteert het aantal geïdentificeerde opleidingen niet per se het aantal afgestudeerde studenten. Vooral hbo heeft een hoog aantal afgestudeerden van opleidingen gerelateerd aan waterstof. Mbo en wo zijn redelijk gelijk, hoewel er meer mbo-opleidingen zijn meegenomen in deze analyse. De klassen in wo zijn over het algemeen een stuk groter dan in het mbo, dus deze verschillen in klasgrootte zullen het verschil verklaren. Daar staat tegenover dat het totale aantal opleidingen in Nederland in het wo lager zal liggen dan in het hbo en mbo.

⁷ https://duo.nl/open_onderwijsdata/

Alles opgeteld zou het hier jaarlijks in totaal om 2042 afgestudeerde studenten gaan die potentieel in aanraking zijn gekomen met waterstof. Zoals eerder benoemd is waterstof bij veel opleidingen echter een keuzeonderdeel.

2.3.6 Waterstofindicator

Uit interviews blijkt dat de uiteindelijke studentenaantallen bij de keuzeonderdelen vaak een stuk lager liggen. Om een schatting te geven van het aantal studenten dat van deze 2042 daadwerkelijk in aanraking komt met waterstof gebruiken we hiervoor een waterstofindicator.

Op basis van de indeling van de rol van waterstof is een waterstofindicator opgesteld. Hiermee wordt gepoogd om te kwantificeren hoeveel studietijd daadwerkelijk gericht is op waterstof. Deze indicator is bedoeld om een beeld te geven van hoe en hoeveel studenten in aanraking komen met waterstof in het initiële onderwijs. De indicator is berust op meerdere aannames, er kunnen dus geen harde uitspraken over de aantallen worden gedaan. Wel kan het nuance bieden over de rol van waterstof in onderwijs. Het zou namelijk een overschatting zijn als we aannemen dat elke student 100% van de tijd met waterstof in aanraking komt.

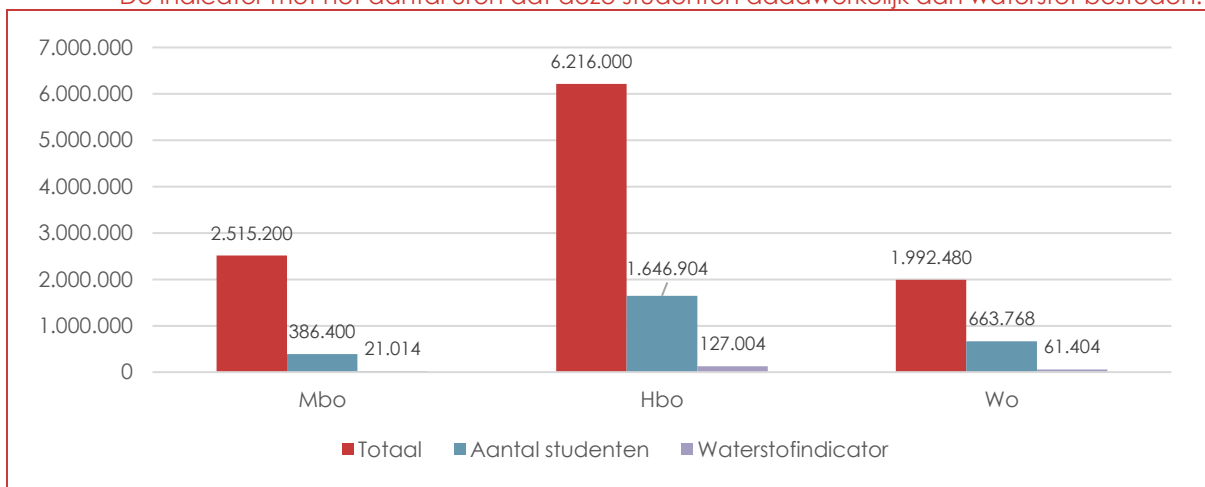
We maken het onderscheid tussen hoeveel procent van de studenten van een opleiding in aanraking komen met waterstof, en hoeveel procent van de opleidingstijd raakt aan de waterstoftransitie. De combinatie van deze percentages leidt tot de waterstofindicator. Deze vertelt ons hoeveel procent van het totaal aantal studie-uren (van alle studenten bij elkaar) gerelateerd is aan waterstof. Daaruit blijkt dat ongeveer 25% van de studenten actief met waterstof aan de slag gaat, maar dat slechts 2% van de totale onderwijstijd zich echt op waterstof richt. Zie voor de uitkomsten Tabel 6 en Figuur 8. Na de figuren worden de percentages in meer detail toegelicht.

Tabel 6 Waterstofindicator per waterstof rol

	% studenten van de opleiding dat met waterstof in aanraking komt	% tijd besteed aan waterstof van de totale studietijd (hoeveel raakt het aan het curriculum)	Waterstofindicator
Vast onderdeel	100%	10%	10,0%
Keuzedeel	10%	5%	0,5%
Minor centraal	7,5%	12,5%	0,9%
Minor niet centraal	7,5%	2,5%	0,2%
Keuzeproject	15%	2%	0,3%
Keuzevak	5%	5%	0,3%

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Figuur 8 Waterstofindicator: Totaal aantal studie-uren van alle studenten binnen het portfolio van relevante opleidingen; Het aantal studenten wat in aanraking komt met waterstofonderwijs; De indicator met het aantal uren dat deze studenten daadwerkelijk aan waterstof besteden.



Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Bovenstaande figuur weergeeft de studie-uren van de portfolio-opleidingen. Zoals te zien is, zijn de meeste studie-uren op het hbo, alhoewel er meer mbo-opleidingen in het portfolio zitten. Dat wordt verklaard door de grootte van de opleidingen. Binnen het portfolio studeren er per opleiding gemiddeld 22 studenten per jaar af op mbo, 60 op hbo en 74 op wo. Ook wordt aangenomen dat een hbo-opleiding vier jaar duurt en een mbo-opleiding drie jaar. Dit draagt bij aan het hoge aantal totale studie-uren van het hbo binnen het portfolio.

De hbo-opleidingen bevatten samen meer dan 6,2 miljoen studie-uren. Wanneer hierin een selectie wordt gemaakt op basis van hoeveel studenten van die opleidingen in aanraking komen met waterstof, wordt het aantal studie-uren meer dan 1,6 miljoen. Wanneer ook rekening wordt gehouden met hoeveel uur die studenten leren over waterstof (de waterstofindicator), blijven daar slechts 127.000 studie-uren van over. Van het totale aantal studie-uren van alle hbo-studenten binnen dit portfolio, is dus 2% gericht op waterstof.

De percentages op basis waarvan dit tot stand is gekomen, zijn als volgt beredeneert. Bij opleidingen waarbij waterstof een vast onderdeel is nemen wij aan dat binnen de opleiding 100% van de studenten in aanraking komt met waterstof. Voor keuzedelen blijkt uit het dashboard van SBB⁸ dat ongeveer 10% van de studenten die de keuze krijgen, kiezen voor een waterstof keuzedeel.⁹ Deze data is voor de minoren op hbo-niveau helaas niet beschikbaar. Aangezien studenten op mbo meerdere keuzedelen kunnen kiezen en hbo-studenten meestal slechts 1 minor gaan we ervan uit dat het percentage voor minoren wat lager ligt, op 7,5%. Daarnaast schatten we op basis van gesprekken in dat ongeveer 15% van de studenten, bij de mogelijkheid, kiest voor een waterstof keuzeproject en dat 5% kiest voor een waterstof keuzevak.

De omvang van de rol van waterstof binnen het curriculum wordt bepaald aan de hand van de totale studie-uren. Hierbij nemen we bij een vast onderdeel aan dat ongeveer 10% van het

⁸ Dashboard keuzedelen en mbo-certification.

⁹ Dit is gebaseerd op zelfrapportage onder onderwijsinstellingen waar circa 70% aan meedoet. Dit geeft dus geen compleet beeld.

curriculum raakt aan de waterstoftransitie.¹⁰ Bij de keuzedelen gaat het om 5% van de totale opleidingstijd¹¹. Een minor is 12,5% van de totale studiepunten van een hbo-student.¹² Binnen deze minoren maken we onderscheid tussen minoren waarin waterstof centraal staat en minoren waarvan waterstof een kleiner deel uitmaakt. Details staan per opleiding weergegeven in bijlage 0. Bij minoren waarbij waterstof centraal staat (zoals waterstof in de energietransitie) gaan we ervan uit dat 100% van het curriculum raakt aan de waterstoftransitie. Waterstof raakt daar dus aan 12,5% van de totale studie-uren. Bij minoren waar waterstof niet centraal staat maar wel een onderdeel is (zoals electrical power engineering en energietransitie in Rotterdam) gaan we ervan uit dat 20% van het curriculum raakt aan de waterstoftransitie.¹³ Dit betekent dat in totaal waterstof 2,5% van de studie-uren beslaat. Op basis van gesprekken wordt ingeschat dat een keuzeproject ongeveer 2% van de opleiding beslaat, en een keuzevak 5%¹⁴.

2.3.7 Een bredere cijfermatige blik

Dit zijn uiteraard slechts de cijfers die voortkomen uit de selectie van 54 opleidingen. Om een beeld te geven van de potentie die er is aan technische opleidingen in Nederland, bieden we hier verdieping in een van de thema's gerelateerd aan waterstof, namelijk elektrolyse. De opleidingen elektrotechniek, werktuigbouwkunde en chemie zijn hiervoor relevant. Om een inschatting te geven worden deze vakgebieden breed geïnterpreteerd. Zo vallen bijvoorbeeld ook chemisch-fysisch assistent en technicus elektrotechnische installaties hieronder. Wanneer voor deze opleidingen wordt gekeken hoeveel afgestudeerde studenten er in 2022 waren, komen we op de volgende getallen.

Tabel 7 Verdeling opleidingen op basis van typologie (in absolute aantallen en percentages)

	Mbo	Hbo	Wo
Werktuigbouwkunde	134	926	551
Chemie	440	609	507
Elektrotechniek	439	397	615
Totaal	1013	1932	1673

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Deze aantallen worden vergeleken met de cijfers uit de portfolio-analyse voor soortgelijke opleidingen (zie Figuur 9). Hieruit blijkt dat er veel potentie is voor onderwijs voor elektrolyse en daarmee indirect voor de waterstoftransitie.

¹⁰ Bij een vast onderdeel betreft het nog steeds brede opleidingen, hierdoor lijkt 10% mogelijk laag, maar is dit wel realistisch. Voor keuze onderdelen betreft het vaak 12,5-15% van de opleiding, maar ook deze zijn vaak (veel) breder dan alleen waterstof, hierdoor zal in de praktijk veel minder studenten aan waterstof werken, we schatten dit op 5%. Omdat brede kennis ook raakvlakken heeft met waterstof schatten we opleidingen waar waterstof niet primair aan bod komt toch op 2%.

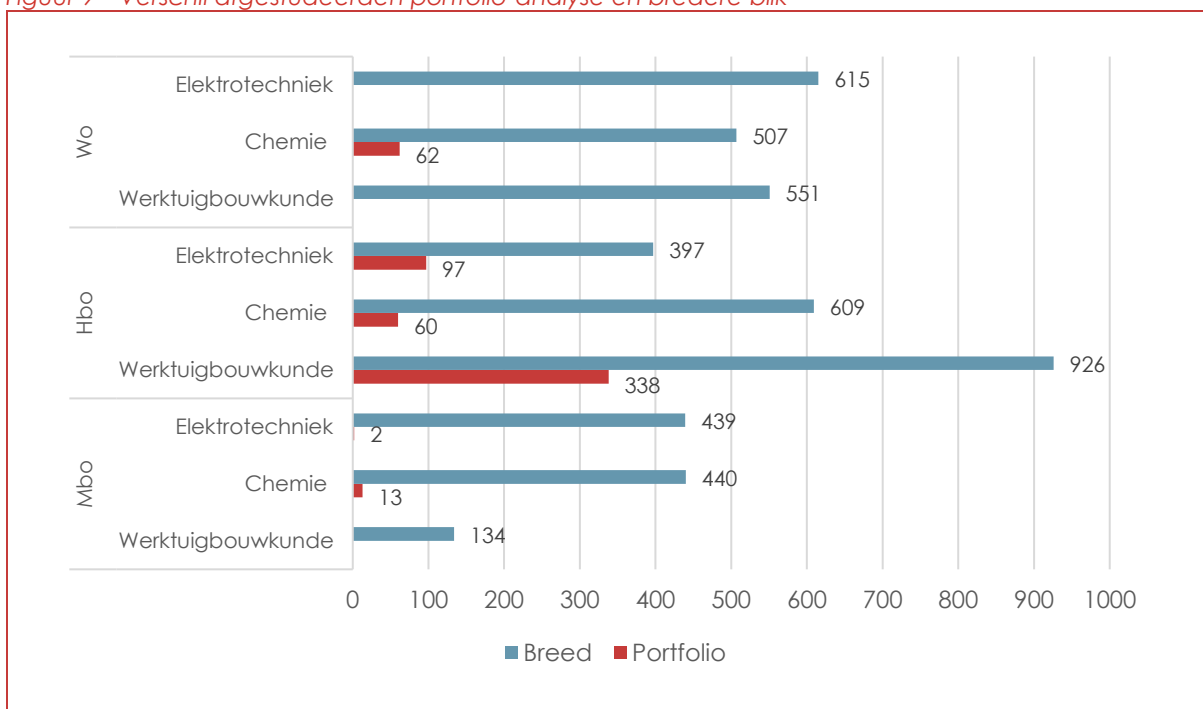
¹¹ De relevante waterstof minors bedragen 240 studiebelastinguren. We gaan uit van een studietijd van drie jaar, aangezien de meeste mbo-opleidingen in deze analyse niveau 3 en 4 zijn. Het gaat hierbij dus om een totale studietijd van 4800 uur. 240 uur is 5% daarvan.

¹² Minor is 30 EC op een totale studielast van 240 EC.

¹³ Bij de minoren waarbij vermeld wordt hoe groot onderdeel waterstof is van het curriculum gaat dat om 6 EC van de 30. Dit is dus 20% van de minor tijd, of 2,5% van de totale studietijd.

¹⁴ Waterstof als keuzevak komt enkel op het wo terug. Een vak beslaat vaak 6 studiepunten op een totaal van 120 voor een wo master.

Figuur 9 Verschil afgestudeerden portfolio-analyse en bredere blik



Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

2.4 Reflectie vanuit de praktijk

Vanuit de praktijk van het onderwijs wordt duidelijk dat de inzet op waterstof vooral voortkomt uit de algehele inzet op de energietransitie en in het kader van (vaak gesubsidieerde) samenwerkingsprojecten. In veel gevallen betreft het onderwijs specifiek gericht op waterstof een onderdeel of een specifiek project waar de student voor moet kiezen, met daarnaast onderwijsaanbod met een breder karakter wat wel relevant is voor de waterstoftransitie maar daar niet specifiek op is gericht.

Studenten hebben wel expliciete interesse in het thema energietransitie en uit de gevoerde gesprekken blijkt dat waterstof een toepassing is die zich goed leent voor projecten en samenwerkingen tussen onderwijssectoren, de regio en het bedrijfsleven.

De realiteit is wel dat het aantal studenten dat een technische opleiding doorloopt relatief beperkt is. Verder is binnen het mbo en het hbo een afname in het aantal studenten te zien. Het wo laat nog groei zien, maar ook die gaat op termijn, naar verwachting, afnemen, zo blijkt uit de toekomstverkenning van het onderwijs¹⁵. Het onderwijs moet zich met deze aantallen voorbereiden op de transitie die breder zijn dan alleen de energietransitie. Dit vraagt om een brede inzet op een groot aantal onderwerpen belangrijk voor de transitie, en dus slechts beperkte aantallen op specifieke onderwerpen. Die versnippering maakt dat slechts een klein deel van de studenten specifiek in aanraking komt met waterstof.

¹⁵ VH, UNL, OCW (2023) Toekomstverkenning Middelbaar beroepsonderwijs, hoger onderwijs en wetenschap. Trends 2040.

3 Het huidige onderwijs voor groene waterstof

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de huidige situatie van het onderwijs voor groene waterstof. Er wordt ingegaan op de huidige onderwijscapaciteit, de aanpak in het onderwijs, de Learning Community en de relatie met de arbeidsmarkt. In hoofdstuk Het onderwijs en de transitie naar groene waterstof komen daarna de toekomstige ontwikkelingen aan bod.

1.1 Onderwijs­capaciteit is in balans met de beperkte inzet op waterstof

Er is gekeken naar de onderwijs­capaciteit van onderwijs­instellingen. Het gaat dan om de beschikbaarheid van onderwijs­materiaal, examen­materiaal, beschikbare docenten en faciliteiten voor het doen van practica en onderzoek.

In het kort: De onderwijs­capaciteit past bij het aantal studenten dat waterstof­onderwijs volgt. Stapsgewijs breiden instellingen capaciteit uit door materiaal te verbeteren, docenten op te leiden en gaan ze samenwerkingen aan zodat studenten met grotere opstellingen kunnen werken.

Binnen de instellingen zijn er vaak enkele docenten die vooroplopen in het waterstof­onderwijs. Zij houden de ontwikkelingen goed in de gaten en brengen dat in binnen het onderwijs. Stap voor stap worden ook andere docenten intern opgeleid om waterstof­onderwijs te kunnen bieden. De instellingen geven aan dat het, bij opleidingen met een specifieke waterstof­component, gaat om een ontwikkeling van enkele docenten. Het aantal docenten staat op dit moment in verhouding tot het beperkte aantal studenten dat onderwijs krijgt in waterstof. Bij opleidingen met een breder karakter, waaronder het wo, ligt dit anders, omdat de onderwijs­stof grotendeels gelijk blijft onafhankelijk van het toepassings­gebied. Veel docenten houden ook (terecht) vast aan het oude vak­gebied, dit is ook erg belangrijk aangezien waterstof nog niet grootschalig wordt toegepast en er op de arbeids­markt nog veel vraag is naar 'traditioneel' opgeleide afstudeerders. Beschikbare docenten zijn met name in het wo een knelpunt vanwege het stijgende aantal studenten.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Docenten	Per instelling zijn er enkele docenten die waterstof­onderwijs geven. Meer docenten worden hiervoor intern opgeleid.	Docenten houden veel vast aan traditioneel onderwijs. Minoren met waterstof­onderwijs worden door enkele enthousiaste docenten getrokken.	Beschikbare docenten zijn een knelpunt, maar dit is niet specifiek voor het waterstof vraagstuk.

Zowel onderwijs­ als examen­materiaal worden niet gezien als knelpunt voor de transitie naar waterstof. Onderwijs­materiaal wordt veelal binnen de instellingen per docent op maat gemaakt, passend bij de studenten en interesse van de docent. Vaak is er een PowerPoint­presentatie beschikbaar, video's, boeken, publicaties, opdrachten en een overzicht van relevante andere bronnen. In het beroepsonderwijs worden ook (digitale) lespakketten gebruikt die in de markt beschikbaar zijn, maar ook die worden binnen de instellingen passend gemaakt. Project­onderwijs wordt per project uitgewerkt, vaak in samenspraak met andere onderwijs­instellingen en het bedrijfsleven. Voor het mbo is examen­materiaal in te kopen. Sommige instellingen kiezen ervoor om eigen examens te maken. In het hbo en wo vindt de beoordeling plaats via tentamens, projecten en (afstudeer)opdrachten/-scripties. Deze worden veelal op maat gemaakt door docenten.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Onderwijs-materiaal	Er is basisonderwijsmateriaal per instelling beschikbaar (deels ingekocht, deels zelf ontwikkeld) voor de keuzedelen die aangeboden worden. Docenten maken het passend.	Docenten ontwikkelen voor minoren onderwijsmateriaal. Opdrachten voor projectonderwijs worden vaak samen met bedrijfsleven ontwikkeld.	Onderwijsstof is niet sterk veranderd – fundamentele kennis is zowel op waterstof als op andere vraagstukken van toepassing.
Examen-materiaal	Examenmateriaal is in te kopen. Sommige instellingen ontwikkelen eigen examens.	Beoordeling vindt plaats aan de hand van door docenten opgestelde tentamens of via opdrachten en scripties.	Beoordeling vindt plaats aan de hand van door docenten opgestelde tentamens of via opdrachten en scripties.

Kleine practica-opstellingen zijn vaak voorhanden in de eigen instelling. Denk bijvoorbeeld aan pakketten om mini waterstofauto's te bouwen. Eigen labs en grotere opstellingen/plants zijn er soms al, maar zijn op de meeste plekken nog in aanbouw. Naast faciliteiten op de eigen locatie wordt vaak ook gebruik gemaakt van faciliteiten de regio, van andere instellingen en met het werkveld gedeelde locaties. Ook is zichtbaar dat via (vaak gesubsidieerde) projecten en initiatieven ook faciliteiten beschikbaar komen. Vanuit instellingen worden er ook bedrijfsbezoeken gedaan, dan is vaak nog geen groene waterstofopstelling voorhanden, maar wel een grijze. Op het wo, waar de aantallen studenten blijven stijgen, speelt een uitdaging om bij grotere aantallen alle studenten toegang te kunnen geven tot faciliteiten.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Practica	Practicamogelijkheden worden ingekocht, vaak mini waterstofauto's.	Waterstofpractica worden opgezet door docenten.	Waterstofpractica worden opgezet door docenten.
	Voor grotere opstellingen wordt gebruik gemaakt van gedeelde faciliteiten in de regio of worden eigen faciliteiten gedeeld.	Voor grotere opstellingen wordt gebruik gemaakt van gedeelde faciliteiten in de regio. Verschillende scholen hebben wel eigen labs.	Grotere opstellingen beschikbaar op locatie en/of er wordt gebruik gemaakt van gedeelde faciliteiten in de regio. Gebruik opstellingen staat onder druk door grotere aantallen studenten.

1.2 Waterstofonderwijs is een keuze en betreft veelal hard skills

In termen van de aanpak in het onderwijs is een analyse gemaakt van de balans tussen vast aanbod en keuzedelen, de diepgang in het onderwijs, de balans tussen hard en soft skills en de vorm waarin het onderwijs wordt aangeboden.

In het kort: Of en hoeveel een student met waterstof in aanraking komt in zijn/haar opleiding is vaak gebaseerd op een eigen keuze. De focus ligt in het huidige waterstofonderwijs op het leren van hard skills. Qua vormgeving van het onderwijs worden algemene trends gevolgd met betrekking tot fysiek/digitaal onderwijs.

Zoals beschreven in sectie 2.2, komt waterstof op verschillende wijzen aan bod in typen opleidingen en binnen de onderwijssectoren. Of waterstof uitgebreider behandeld wordt, is meestal een keuze van de student (keuzedelen, minoren, etc.). Het is duidelijk dat het onderwijs hiermee nog aan het experimenteren is. In het mbo zijn de keuzedelen gericht op waterstof nog relatief nieuw en worden deze nog niet breed ingezet. In het hbo is sprake van een grote groei in het aantal minoren, waardoor veel instellingen dit juist aan het terugdringen zijn. Hierdoor komen nieuwe onderdelen vaak terug als onderdeel van een bestaande minor of worden minoren samengevoegd. In het wo komt fundamentele kennis relevant voor

waterstof alvast terug in bestaande technische opleidingen, binnen energietransitiestudies is waterstof een van de mogelijke technische oplossingen die als vast of als keuze aan bod komt.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Keuze	Waterstofonderwijs is een keuze via keuzedelen. Sommige opleidingen nemen een klein deel waterstofonderwijs mee in het reguliere programma.	Waterstofonderwijs is een keuze via bredere minoren waarbinnen vaak nog een keuze gemaakt kan worden voor waterstofonderwijs. Sommige opleidingen nemen een kleine deel waterstofonderwijs mee in het reguliere programma.	Onderwijs relevant voor waterstof (fundamentele kennis) is veelal een vast onderdeel van technische opleidingen. Waterstofonderwijs komt als (klein) vast/keuzeonderdeel van opleidingen over de energietransitie terug.

Over het algemeen is de diepgang van het waterstofonderwijs op dit moment nog beperkt. Binnen het mbo betreft het vaak het laagdrempelige keuzedeel, in het hbo betreft het vaak brede minoren en het wo behandelt het toepassingsgebied minder expliciet. Over het geheel is wel een toename te zien in het belang van de energietransitie, oplossingen voor de energietransitie en de ondersteunende systemen. Waterstof wordt (naast andere oplossingen) gezien als een mogelijke oplossing binnen het grotere vraagstuk en dit is ook terug te zien in de vorm van het onderwijs en de diepgang die het krijgt binnen het onderwijs. Uit de portfolio-analyse blijkt dat in ongeveer 60% van de beschrijvingen van de opleidingen expliciet ingegaan wordt op de toekomstgerichtheid van de opleiding, waarbij met name gaat om nieuwe innovaties of ontwikkelingen in het kader van de klimaat- of energietransitie. Ook aardig om te noemen is dat scholen sterke interesse zien bij studenten voor de energietransitie.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Omvang & diepgang	In omvang en diepgang beperkt.	In omvang en diepgang beperkt.	In omvang en diepgang beperkt.

De minoren (hbo) en keuzedelen (mbo) waar waterstof aan de orde komt, zijn gekoppeld aan technische opleidingen. Binnen het wo komt het vraagstuk vooral via fundamentele technische kennis aan bod. Hierdoor ligt de focus op hard skills. Uit de portfolio-analyse blijkt dat vrijwel alle opleidingen specifieke hard skills noemen in de beschrijving van de opleiding, bij slechts een kwart komen ook soft skills aan bod. In de projecten waarin in teamverband aan vraagstukken gewerkt wordt zijn ook soft skills van belang. Denk aan; samenwerken, probleemoplossend vermogen, communicatie, flexibiliteit, onderzoekend vermogen.

In het mbo en hbo is genoemd dat waterstofonderwijs in het kader van de energietransitie ook een plek(je) heeft in studies die zich richten op en de maatschappelijke kant van de transitie. Denk aan bestuurskunde, over de inrichting van de omgeving of veiligheid. In het wo wordt ook aandacht besteed aan transitiestudies, in de gesprekken is waterstof hier niet expliciet genoemd, maar dit kan ook aan het beperktere aantal interviews liggen.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Hard en soft skills	Focus op hard skills Soft skills vooral in het projectonderwijs	Focus op hard skills Soft skills vooral in het projectonderwijs	Focus op hard skills. Soft skills meer in opleidingen over de bredere energietransitie.

In het mbo is het onderwijs volledig fysiek. Zowel voor practica als voor het theoretisch onderwijs. Ook wordt er in algemene zin binnen het praktijkgericht onderwijs geëxperimenteerd met nieuwe technische oplossingen, zoals *Virtual Reality (VR)*, maar dit kwam niet expliciet naar voren voor het waterstof gerelateerde onderwijs. In hbo en wo wordt

deels online onderwijs aangeboden. Dit is met name een overblijfsel van de COVID19-periode en wordt als positief gezien omdat studenten flexibeler zijn in waar en wanneer ze lessen volgen. Voor het wo wordt het belang hier iets sterker benadrukt, gegeven de groei in het aantal studenten. Deze ontwikkelingen zijn algemeen en niet anders voor waterstof, dit geldt ook voor andere ontwikkelingen op het gebied van digitale leeromgevingen en innovatieve vormen van onderwijs.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Fysiek of digitaal onderwijs	Fysiek onderwijs ondersteund met digitale leeromgeving. Algemene ontwikkelingen in het onderwijs t.a.v. vorm waarin onderwijs wordt geboden zijn hier ook van toepassing.	Fysiek en digitaal onderwijs. Algemene ontwikkelingen in het onderwijs t.a.v. vorm waarin onderwijs wordt geboden zijn hier ook van toepassing.	Fysiek en digitaal onderwijs. Algemene ontwikkelingen in het onderwijs t.a.v. vorm waarin onderwijs wordt geboden zijn hier ook van toepassing.

1.3 Learning Communities belangrijk voor responsief onderwijs

Er is verder gekeken naar de wijze waarop Learning Communities bijdragen aan het groene waterstofonderwijs. Met daarin de rol van andere onderwijsinstellingen en het (regionale) werkveld. GroenvermogenNL geeft aan dat onder de aanpak met Learning Communities wordt verstaan: *“binnen deze aanpak werken consortia van bedrijven, onderwijs en onderzoek samen aan een snelle opbouw van skills in hun regio”*.

In het kort: Learning Communities krijgen steeds meer vorm en dragen vooral effectief bij aan waterstofonderwijs rondom (gezamenlijke) projecten. Samenwerkingen zijn wel nog pril.

In de regio's krijgt het samen leren en samenwerken in een community aan waterstofonderwijs steeds meer vorm, ook al zijn in het algemeen de samenwerkingsverbanden op dit moment nog pril en van beperkte omvang. GroenvermogenNL is een belangrijke accelerator. Er worden verbindingen gemaakt tussen onderwijsinstellingen, met name mbo en hbo, en het bedrijfsleven op regionaal niveau. Samen probeert men zicht te krijgen op de ontwikkelingen op het gebied van waterstof en vorm te geven aan het onderwijs.

Samenwerkingen zijn momenteel binnen het mbo en hbo met name effectief rondom (gezamenlijke) projecten in het kader van projectonderwijs en in het delen van faciliteiten. Binnen het wo liggen de relaties met het bedrijfsleven van oudsher sterker op het gebied van onderzoek en in mindere mate afstudeerstages van studenten. Daarnaast zijn er soms innovatieve startups die, deels, vanuit onderzoekskennis kunnen ontstaan.

Tegelijk kan ook gezegd worden dat onderwijsinstellingen wel vaak zelf het wiel proberen uit te vinden. Verschillende instellingen geven aan dat er een kans ligt om dat gezamenlijk op te pakken en zo samen waterstofonderwijs te verbeteren. In dat kader wordt ook positief gesproken over het kennisplatform dat vanuit GroenvermogenNL geïnitieerd wordt waarin beschikbaar materiaal inzichtelijk en deelbaar wordt. Er wordt veelal positief gekeken naar de ontwikkeling van de Learning Communities waarin het van 'veel praten over' steeds meer gaat naar 'samen resultaten boeken'.

In het algemeen worden Learning Communities gezien als een belangrijk ingrediënt voor responsief onderwijs. Momenteel wordt daar de basis voor gelegd, maar dat moet zich nog verder ontwikkelen. Met name de vorming van structurele relaties met een actieve betrokkenheid van waterstofbedrijven binnen het onderwijs is daarbij van belang. De huidige Learning Communities zijn met name actief rondom bredere samenwerkingsprojecten.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Aanjagers	Aanjagers vanuit de practoraten en stimulans vanuit CvB	Aanjagers zijn enthousiaste docenten, bij een aantal instellingen zijn ook de lectoraten aangehaakt.	Aanjagers zijn vaak docenten die onderzoek hebben naar waterstof en dit als voorbeeld bij het onderwijs betrekken.
Samenwerking	Potentieel in meer delen van onderwijsmateriaal en docenten, en samen aanbieden van keuzedelen.	Zien potentie voor meer samenwerkingen met bedrijven en met andere hogescholen en mbo-scholen.	Zien potentie voor meer samenwerkingen met bedrijven, maar vooral voor onderzoek.
Verbinding basis- en middelbaar onderwijs	Verbinding met basis- en middelbaaronderwijs via workshops over waterstof om interesse te wekken.	Verbinding met middelbaaronderwijs over algemeen technisch onderwijs, niet specifiek over waterstof.	Verbinding met middelbaaronderwijs over algemeen technisch onderwijs, niet specifiek over waterstof.
Bedrijfsbezoeken	Bedrijfsbezoeken waar mogelijk. Betreft nu nog vaak grijze waterstof.	Bedrijfsbezoeken waar mogelijk, nu nog niet regelmatig.	Bedrijfsbezoeken wordt niet op ingezet. Wel contact via projecten, initiatieven en evenementen/beurzen.
Samenwerkingsprojecten	Gezamenlijke projecten met bedrijven. Onderwijsprojecten en projecten voor nieuwe faciliteiten.	Gezamenlijke projecten met bedrijven. Veel onderwijs op projectbasis. Veelal projecten van bedrijven, relevant als dit aansluit op een bepaald vak.	Het contact en kennisuitwisseling met bedrijven verloopt vooral via onderzoeksprojecten en stages van studenten.

3.1.1 Voorbeelden van Learning Communities

In het onderzoek zijn via deskstudie en gevoerde gesprekken een aantal specifieke Learning Communities geïdentificeerd. De voornaamste Learning Communities die zijn geïdentificeerd betreffen: New Energy Coalition in Noord-Nederland; H2Hub in Twente; H2Lab in Arnhem-Nijmegen en Green Village in Delft.

Naast deze Learning Communities zijn er ook de Centers of Expertise (CoE), dit zijn samenwerkingen tussen met name het bedrijfsleven en hogescholen in het kader van toegepast onderzoek. Het betreft SEECE, CHILL en EnTranCe. Deze centers kunnen, via de samenwerkingsstructuren met bedrijven ook een rol spelen binnen onderwijs.

In onderstaande secties worden deze voorbeelden verder toegelicht.

Verder is te zien dat het landschap duidelijk in ontwikkeling is. Zo staat er vanuit Techport, een samenwerking tussen meer dan 70 scholen, bedrijven en overheden in de Metropoolregio Amsterdam bij de IJmond, een uitnodiging voor een nieuwe Learning Community rondom waterstof open.¹⁶ In de Cleantech Regio, van de Regio Stedendriehoek van Apeldoorn, Deventer en Zutphen, wordt er vanuit de regio-deal Hydrogen Connect ook een Learning Community opgestart.¹⁷

3.1.2 New Energy Coalition

De New Energy Coalition¹⁸ betreft een samenwerking van ongeveer 150 bedrijven, overheden, kennisinstellingen en NGO's, die zich in brede zin richten op de energietransitie. Het werkveld van de New Energy Coalition vindt grotendeels plaats in Noord-Nederland. De New Energy

¹⁶ <https://techport.nl/learning-community-waterstof/>

¹⁷ <https://www.kiwa.com/nl/nl/nieuws-en-media/nieuws/cleantech-regio-learning-community-waterstof-van-start-bij-hogeschool-saxion/>

¹⁸ <https://www.newenergycoalition.org/>

Coalition heeft verschillende activiteiten, waaronder ook voor Human Capital. Met betrekking tot het onderwijs is er een specifiek educatieprogramma voor waterstof, genaamd "Waterstof Werkt"¹⁹, dit is een project dat loopt van 2022 tot 2027 met een omvang van 7 miljoen euro om een impuls te geven aan het onderwijs voor de waterstofeconomie. Het project richt zich op het ontwikkelen van onderwijs, het opleiden van professionals en de samenwerking en kennisuitwisseling tussen belangrijke stakeholders. Het wordt getrokken door een consortium van ROC Alfa-college, ROC Noorderpoort, Hanzehogeschool Groningen, Rijksuniversiteit Groningen en de New Energy Coalition, met daarbij verschillende bedrijven en sectorverenigingen als cofinanciers. Naast het initiële onderwijs richt New Energy Coalition zich ook op LLO en in bredere zin ook op het aanjagen van de sector, bijvoorbeeld via grote samenwerkingsprojecten zoals Hydrogen Valley. Ook is er een samenwerking met de CoE EnTranCe op het gebied van onderzoek.

3.1.3 H2Hub

In 2021 is de H2Hub in Twente geopend. Dit is een fysieke plek waar ondernemers en onderwijs samenwerken aan onderzoek, ontwikkeling en toepassing van waterstofftechnologie.²⁰ Er zijn drie overheidsinstanties bij betrokken (Provincie Overijssel, Waterschap Vechtstromen en Energiestrategie Twente), 20 bedrijven en 4 onderwijsinstellingen (Utwente, Saxion, ROC van Twente en Hogeschool van Arnhem en Nijmegen). De focus ligt op productie, opslag en toepassingen van groene waterstof. Studenten werken in de projecten in multidisciplinaire teams. Er komen studenten uit de technische opleidingen, maar ook van bijvoorbeeld Integrale Veiligheidskunde. In deze Hub worden verschillende projecten gedaan. Zo heeft het bedrijf Drone4, onderdeel van de Osse Equipment Manufacturing Group, samen met Saxion een hybride waterstofdrone ontwikkeld met grotere actieradius voor agrarische toepassingen, defensie, transport en logistiek.²¹ In principe is H2Hub niet sterk op het onderwijs gericht, maar er zijn specifieke projecten waarin onderwijs duidelijk aan bod komt. Zo is wordt er onder andere gewerkt aan een onderzoeksproject over Challenge Based Learning²², hierin wordt o.a. geëxperimenteerd met nieuwe onderwijsvormen waarin studenten ook sterker samenwerken met bedrijven en onderzoekers.

3.1.4 H2Lab

H2Lab is een shared facility test- en ontwikkelomgeving voor waterstofsysteem.²³ Het wordt beheerd door de Hogeschool Arnhem en Nijmegen (HAN) en functioneert als hybride leeromgeving. Voor de oprichting heeft het lab financiële steun ontvangen van de provincie Gelderland en de gemeente Arnhem. Onderzoekers, docenten en studenten werken hier samen met bedrijven aan projecten. Het gaat hierbij om mobiele toepassingen, energieopslag en netstabiliteit. Er zijn vier opties:

1. Commerciële opdrachten: opdrachten direct uit het bedrijfsleven die doorgaans door ervaren onderzoekers uitgevoerd worden.
2. Subsidieprojecten: opdrachten die door partners met HAN worden opgezet.

¹⁹ <https://www.newenergycoalition.org/waterstof-werkt/>

²⁰ <https://www.h2hubtwente.nl/productie>

²¹ <https://www.h2hubtwente.nl/news/h2-big-drone>

²² https://www.saxion.nl/binaries/content/assets/onderzoek/areas--living/duurzame-energievoorziening/impactinterview_h2hub.pdf

²³ <https://www.han.nl/projecten/2019/han-h2lab/>

3. Studentenprojecten: HAN-studenten werken tijdens hun opleiding aan praktijkgerichte projecten. Bedrijven kunnen daarvoor opdrachten aanleveren.
4. Huur van de ruimte voor eigen ontwikkeling: bij uitzondering kunnen faciliteiten gebruikt worden door derden.

Vanuit H2Lab wordt er samengewerkt met de CoE SEECE.

3.1.5 Green Village

Green Village in Delft is een fieldlab voor duurzame innovatie. Het is een 'openlucht-laboratorium' met een focus op de gebouwde omgeving. Wat betreft waterstof hebben Alliander, Enexis Groep en Stedin een testomgeving gecreëerd om praktisch onderzoek te doen. Dit gaat o.a. over een *Hydrogen Street* waarin met name de infrastructuur rondom waterstof wordt getest. Ook is het een plek voor veel afstudeerprojecten, practica en stages voor studenten waarbij de verschillende onderwijssectoren betrokken zijn en vindt er ook opleiding plaats voor professionals (LLO).

3.1.6 Centers of expertise: SEECE, CHILL en EnTranCe

Sustainable Electrical Energy Centre of Expertise (SEECE) is een publiek-private samenwerking van bedrijven, instellingen en verschillende groepen binnen de HAN. Het doel is hierbij om innovatie aan te jagen en voor voldoende arbeidscapaciteit te zorgen voor duurzame energievoorziening.²⁴ Dit is dus breder dan alleen groene waterstof. Een voorbeeld van een project dat in interviews werd genoemd is het verwarmen van de Arnhemse Eusebiuskerk. De ambitie is om energieneutraal te worden. HAN-studenten werken nu in de kerk aan waterstofftoepassingen voor het verwarmen van de kerk. Een groep studenten heeft een van de gasverwarmers vervangen met waterstof, waarna het aan het volgende groepje is om alle 33 te vervangen.²⁵

Bij Chemelot Innovation and Learning Labs (CHILL) wordt onderwijs met bedrijfsleven verbonden om zo vakinhoudelijk van elkaar te leren en met elkaar te innoveren. Dit wordt al meer dan tien jaar gedaan. Leervragen vanuit Zuyd Hogeschool, Vista College en de Universiteit Maastricht worden gekoppeld aan innovatievragen van startups, het mkb en grote bedrijven.²⁶ Dit zijn chemische bedrijven zoals DSM, Sabic en Fibrant.²⁷ GroenvermogenNL noemt het dan ook dé locatie voor de inzet van Learning Communities op het gebied van waterstof.

EnTranCe is een kenniscentrum dat onderwijs ontwikkelt in de vorm van projecten of modules.²⁸ Door middel van hoogwaardig toegepast onderzoek en onderwijs stimuleren ze duurzame innovaties in samenwerking met burgers, bedrijven, studenten, maatschappelijke organisaties en overheden. Bij het Living Lab leren studenten van de Hanze UAS uit verschillende jaren over de energie transitie. Hierbij wordt ook gebruikt gemaakt van praktische hulpmiddelen zoals workshops over dialoog en consensusvorming, games en visualisaties.²⁹ Er wordt hierbij dus ook aandacht besteed aan de soft skills. EnTranCe is ook betrokken in de minor "Waterstof in energietransitie".

²⁴ <https://www.han.nl/onderzoek/centres-of-expertise/seece/>

²⁵ <https://www.han.nl/nieuws/2023/03/arnhemse-eusebiuskerk-woordt-waterstoflab/>

²⁶ <https://chillabs.nl/dit-is-chill/>

²⁷ <https://groenvermogennl.org/zuidoost-nederland/>

²⁸ <https://www.en-tran-ce.org/en/>

²⁹ <https://www.hanze.nl/en/research/centres/entrance>

1.4 Specifieke skills ondergeschikt aan concurrentie op arbeidsmarkt

In deze paragraaf gaan we in op waterstofonderwijs en de relatie met de arbeidsmarkt. Wat doet het volgen van waterstofonderwijs met de baankansen? Ook wordt ingegaan op waterstof onderwijs als aanbod in het kader van een leven lang ontwikkelen.

In het kort: Baankansen voor studenten met een technische achtergrond zijn heel gunstig. De skills die studenten meekrijgen door waterstofonderwijs zijn breed inzetbaar en omgekeerd zijn technisch opgeleide mensen ook inzetbaar binnen waterstofbedrijven. Vooral de concurrentie tussen sectoren en bedrijven is bepalend.

Studenten in de technische sector hebben zeer goede baankansen. Met of zonder waterstofonderwijs worden velen al benaderd door potentiële werkgevers voordat ze gediplomeerd zijn, ook vanuit sectoren waarvoor de studenten niet primair zijn opgeleid. Daarbij is de vraag vanuit de arbeidsmarkt naar specifieke vaardigheden in de context van groene waterstof nog zeer beperkt. Wel wordt als positief bestempeld dat de vaardigheden ook heel nuttig zijn in andere contexten, zowel de hard skills als de soft skills. Alle opleiders zien dat studenten uiteindelijk als zij aan het werk zijn verder kunnen leren over waterstof als dat in hun werk aan de orde is. De studenten krijgen vanuit de opleidingen met name basiskennis mee, verdieping zal tijdens het werk plaatsvinden.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
Relatie tot het werkveld	Keuzedelen geven basiskennis mee. Leren op de werkvloer is noodzakelijk.	Enkele minoren leggen een stevige basis. ³⁰ Daarnaast is de diepgang nog beperkt. Leren op de werkvloer is noodzakelijk.	Fundamentele kennis komt breed terug en staat los van het toepassingsgebied. Leren op de werkvloer is noodzakelijk.
Baankansen & skills	Zeer goede baankansen. Technische & soft skills zijn breed inzetbaar.	Zeer goede baankansen. Technische & soft skills zijn breed inzetbaar.	Zeer goede baankansen. Technische & soft skills zijn breed inzetbaar.

Veel studenten komen nu nog in de traditionele industrieën terecht. Bij een aantal instellingen wordt daarom de vraag gesteld of onderwijs specifiek op waterstof gericht moet zijn. Door studenten breder op te leiden zijn ze flexibel en als groene waterstof een enorme vlucht neemt kunnen werknemers zich via post-initieel onderwijs (LLO) bijscholen. Instellingen geven aan ook voor een deel van de studenten deeltijdstudies te bieden. De deeltijdprogramma's zijn vaak compacter en daarom mogelijk interessant in relatie tot LLO-aanbod.

	Kernpunten mbo	Kernpunten hbo	Kernpunten wo
LLO	LLO wordt gezien als optie voor werkenden om zich verder te verdiepen in groene waterstof. Instellingen zijn in gesprek met bedrijfsleven over (potentieel) waterstof-onderwijsaanbod voor werkenden.	LLO wordt gezien als optie voor werkenden om zich verder te verdiepen in groene waterstof. Instellingen zijn in gesprek met bedrijfsleven over (potentieel) waterstof-onderwijsaanbod voor werkenden.	LLO wordt deels gezien als optie voor werkende, de fundamentele kennis hebben ze reeds geleerd. Er is beperkt gesprek over de ontwikkeling van waterstof-onderwijsaanbod voor werkenden.
Werkveld	Werkenden en deeltijdstudenten zijn een belangrijke doelgroep. Dit is de grootste groep die omgeschoold kan worden als groene waterstof een vlucht neemt.	De behoeftes liggen vooral bij breder technisch geschoold personeel. Personeel kan vanuit de arbeidsmarkt en/of vanuit het onderwijs komen.	Het bedrijfsleven heeft vooral behoefte aan wo-studenten en wo-opgeleiden met fundamentele kennis en kennis over de energietransitie.

³⁰ Zoals de minoren: "Waterworld: The Energy Transition at Sea" en "Waterstof in de Energie Transitie"

4 Het onderwijs en de transitie naar groene waterstof

In dit hoofdstuk wordt vanuit een toekomstperspectief gereflecteerd op de bevindingen omtrent het onderwijslandschap (zie hoofdstuk Het landschap van initieel onderwijs voor groene waterstof) en het huidige onderwijs voor groene waterstof (zie hoofdstuk Het huidige onderwijs voor groene waterstof). Daarbij wordt ingegaan op de vraag: *is het initiële onderwijs ingericht om dynamisch/responsief in te spelen op de groene waterstoftransitie?*

4.1 Bescheiden inzet op waterstof binnen positieve beweging naar energietransitie

Er is binnen het onderwijs een positieve beweging ingezet in het kader van de brede energietransitie. Uit de gesprekken blijkt duidelijk dat de ontwikkelingen op dit gebied doorvertaald worden in het onderwijsaanbod. Waterstof is daar zeker een onderdeel van, als één van de mogelijke technische oplossingen die kan bijdragen aan de energietransitie. Toch heerst er ook wel onzekerheid over of waterstof écht een belangrijke schakel gaat worden. Men vraagt zich af hoe groot de inzet op waterstof wordt en waar het toegepast gaat worden. Deze onzekerheid wordt door sommigen expliciet uitgesproken. Anderen zijn juist heel erg enthousiast over waterstof – maar ook daar is zichtbaar dat de inzet binnen het onderwijs in de praktijk nog voorzichtig is. Er zijn zeker ontwikkelingen gaande, maar het gaat stap voor stap.

4.2 Breed opleiden heeft nu de voorkeur

Er is verdeeldheid over de inzet op specifieke technologieën en toepassingsgebieden binnen het onderwijs. Veel gesprekspartners zijn van mening dat breed opleiden op termijn binnen de ontwikkelingen van de energietransitie betere resultaten zal opleveren. De brede blik op het energiesysteem en de wendbaarheid van werknemers zal belangrijk zijn om als maatschappij in te spelen op de noden waarmee we geconfronteerd gaan worden. Daarbij wordt door enkele gesprekspartners het vergelijk getrokken met traditionele energiebronnen, volgens hen zijn er voor aardgas en aardolie bijvoorbeeld ook geen specifieke opleidingen, ook daar worden studenten breed opgeleid en ingezet.

Het is wel belangrijk om binnen de brede inzet oog te houden voor alle aspecten van het waterstofvraagstuk. Vanuit dit onderzoek is op te merken dat er relatief veel aandacht is voor technische hard skills en dat sociale aspecten (transitiestudies) en de soft skills daarin mogelijk onderbelicht blijven. Ook valt het op dat er relatief beperkte aandacht is voor midstream kennis, de systemische technische infrastructuur.

4.3 LLO wordt als oplossing gezien

Naast breed opleiden wordt ook de inzet op LLO benadrukt door gesprekspartners. Uit het onderzoek blijkt ook dat veel kennis en kunde breed inzetbaar is en dat afgestudeerden op de werkplek uiteindelijk nog veel bijleren over de functie die zij binnen een specifiek bedrijf gaan uitvoeren. Daarbij wordt opgemerkt dat LLO zelf ook nog sterk in ontwikkeling is, vertegenwoordigers uit het onderwijs geven aan dat er nog kansen liggen om de kennis en het materiaal uit het initiële onderwijs ook breder in te zetten voor het post-initiële onderwijs.

4.4 Marktvraag blijft achter, het onderwijs loopt voorop

Er is momenteel een situatie dat het onderwijs met een sterke inzet op waterstof vooruit gaat lopen op de markt. Studenten zijn erg enthousiast over bijdragen aan de energietransitie en volgen dus graag onderwijs over duurzaamheid en groene energie, daarbij leent waterstof zich als een goed onderwerp voor projecten en promotie. Er is vanuit het bedrijfsleven echter nog beperkte vraag naar geschoolde mensen in waterstof. Bedrijven zijn ook op de

arbeidsmarkt nog beperkt aangehaakt – veel studenten vinden momenteel na hun opleiding nog steeds een baan binnen de traditionele industrieën. Ook benadrukken gesprekspartners de aantrekkingskracht van met name grote technologiebedrijven, deze bedrijven trekken veel nieuw talent, vaak al vroegtijdig, aan en ook vanuit technische opleidingsrichtingen die niet direct relevant zijn voor hun werkveld. Veel onderwijsinstellingen willen dus wel graag stappen zetten met waterstof, maar zien het tevens als een risico om meer aandacht te geven aan waterstof ten koste van andere onderwerpen waar mogelijk wel meer actieve markt vraag naar is op dit moment.

4.5 Responsief onderwijs komt vooral terug in keuze onderdelen

De termen 'dynamisch' en 'responsief' zijn beiden niet sterk gedefinieerd, maar kunnen breed geïnterpreteerd worden als de manier waarop het onderwijs in staat is om op ontwikkelingen in te spelen. Uit de gesprekken blijkt dat over het algemeen aanpassingen in het onderwijs veel tijd kosten. Dit komt deels omdat het jaren duurt voordat een nieuwe student afstudeert en deels omdat er verschillende manieren van kwaliteitsborging in het onderwijssysteem zitten. Daarnaast moeten aanpassingen ook doorgevoerd worden in veel verschillende aspecten van het onderwijs (onderwijsmateriaal, examinering, de verhaallijn van het curriculum, aansluitende practica). Door gebruik te maken van keuzeonderdelen (keuzedelen, minoren, vrije keuzeruimte, etc.) kan dit gemakkelijker worden doorgevoerd, maar ook dan gaat er vaak veel tijd overheen. Wat dat betreft is de inzet op waterstof dus niet meer of minder dynamisch/responsief dan de inzet op andere ontwikkelingen. Wat volgens gesprekspartners wel erg dynamisch/responsief is, is onderwijs in de vorm van opdrachten en projecten. Via dat soort afgebakende trajecten komt de student direct in aanraking met wat er binnen de praktijk en het bedrijfsleven speelt, zonder dat daar vertraging van enkele jaren op zit.

4.6 Learning community biedt kansen naar de toekomst

De inzet op opdrachten en projecten benadrukt het belang van samenwerking binnen de Learning Community. Dit is een motiverende en stimulerende aanpak voor studenten en biedt tevens veel ruimte om andere knelpunten zoals rondom faciliteiten in samenwerking op te pakken. Uit de gesprekken blijkt dat er nog kansen liggen om samenwerkingen tussen onderwijsinstellingen te versterken binnen de regio en over de regio's heen. Denk daarbij naast het delen van faciliteiten ook aan het gezamenlijk ontwikkelen van onderwijsmateriaal en opdrachten – nu wordt nog te vaak het wiel opnieuw uitgevonden. Ook de samenwerking met het bedrijfsleven kan worden versterkt, gesprekspartners geven aan dat er een te kort is aan waterstofbedrijven die betrokken (willen) zijn binnen het onderwijs. Er zijn uitzonderingen van instellingen die binnen de regio wel deze dynamiek van het bedrijfsleven meekrijgen en dat heeft zichtbaar impact op het onderwijs.

4.7 Concurrentie op de arbeidsmarkt: het belang van zichtbaarheid en ontmoeting

Afgezien van de groeiende inzet op de energietransitie heerst er ook een algeheel te kort aan technisch personeel en lopen de studentenaantallen op het mbo en hbo terug. Concurrentie op de arbeidsmarkt zal dus een feit blijven, waardoor de aansluiting van het bedrijfsleven ook in het kader van zichtbaarheid en ontmoeting belangrijk is om afstuderende studenten aan te trekken. Daarvoor liggen duidelijk mogelijkheden via samenwerkingsprojecten, het delen van faciliteiten, practica op de werkvloer en via afstudeeropdrachten en stages. Daar kunnen bedrijven (nog) veel sterker aanhaken op een manier die past bij de rol van bedrijven.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Er zijn binnen het landschap veel relevante opleidingen voor de transitie naar groene waterstof. Veel opleidingen hebben een breed profiel zodat afstuderende studenten breed inzetbaar zijn op de arbeidsmarkt. De verwachting leeft dat zij in het werk hoe dan ook nog veel gaan bijleren. De inzet op groene waterstof is nu vormgegeven via keuzeonderdelen voor de student en via opdrachten en projecten. De aantallen studenten van relevante opleidingen tellen snel op, maar het aantal studenten dat kiest voor keuzeonderdelen specifiek over waterstof en binnen die keuzeonderdelen zich echt verdiept in waterstof is beperkt. Uit de portfolioanalyse van 54 opleidingen die zich op waterstof richten blijkt bijvoorbeeld dat ongeveer 25% van de studenten aan de slag gaat met waterstof en dat van de totale studietijd van alle studenten van deze 54 opleidingen slechts ongeveer 2% daadwerkelijk over waterstof gaat. Daarbij is de inzet met name op technische vakgebieden, de sociale kant van transitie en de systemische kant van infrastructuur (midstream) komen tot nu toe minder aan bod. De beperkte inzet binnen het onderwijs staat wel in verhouding met de tot nu toe nog beperkte vraag uit de markt. Zodra die vraag gaat groeien is er ook meer ruimte binnen de instellingen om sterker in te zetten op waterstof binnen het onderwijs. Momenteel is de inzet op waterstof nog deels een risico voor de instellingen omdat de marktvraag nog niet op niveau is.

Waterstof leent zich wel goed voor opdrachten en projecten binnen de energietransitie. Daar zijn ook mooie voorbeelden van samenwerkingen binnen de Learning Community zichtbaar zoals New Energy Coalition in Noord-Nederland, H2Hub in Twente, H2Lab in Arnhem-Nijmegen en Green Village in Delft. Die inzet werpt vruchten af en daar ligt ook meerwaarde naar de toekomst om het onderwijs meer dynamisch en responsief te maken. Verder zijn bredere ontwikkelingen in het onderwijs en de arbeidsmarkt ook voor waterstof bepalend: er is stevige concurrentie op de arbeidsmarkt en studentenaantallen lopen op het mbo en hbo terug. Door het bedrijfsleven sterker betrokken te krijgen binnen de Learning Community kan ook hier een stap gezet worden in het kader van zichtbaarheid waterstofwerkgevers.

5.2 Aanbevelingen

- Steun de inzet op brede opleidingen gericht op de energietransitie, waarbij GroenvermogenNL zich hard moet maken voor de verankering van groene waterstof als één van de oplossingsrichtingen. Hou oog voor het vraagstuk rondom omvang en diepgang. Hoeveel waterstofonderwijs is noodzakelijk in het initieel onderwijs.
- Voorkom versnippering van onderwijstrajecten via (te) veel keuzeonderdelen, gestructureerde inbedding binnen het onderwijslandschap is nodig. Er is een argument te maken voor het organiseren van een keuzeonderdeel over waterstof georganiseerd tussen meerdere onderwijsinstellingen (om te voorkomen dat er veel losse keuzeonderdelen worden ontwikkeld met kleine aantallen deelnemende studenten).
- Laat het onderwijs een visie ontwikkelen die ingaat op het scenario waarin de vraag vanuit de arbeidsmarkt sterk toeneemt en het waterstofonderwijs wel een meer substantieel vast onderdeel dient te worden in het curriculum.
- Houdt oog voor het gehele vraagstuk, inclusief sociale vakgebieden en systemische infrastructuur. Het is duidelijk dat de eerste inzet voor groene waterstof meer technisch georiënteerd is, maar ook de inzet op waterstof binnen meer holistische studies en studies die waterstof binnen het energiesysteem adresseren is van belang.

- De inzet op sterk post-initieel onderwijs (LLO) is van groot belang om de inzet op brede opleidingen te verzilveren. De inzet op LLO in het algemeen is zelf ook nog in ontwikkeling, daar kan GroenvermogenNL goed bij aansluiten.
- Vergroot de inzet van de Learning Community en vooral het betrekken van waterstofwerkgevers binnen de Learning Community. Er liggen kansen om meerwaarde te realiseren door betere afstemming en samenwerking tussen onderwijsinstellingen en het bedrijfsleven kan het onderwijs van meer input voorzien en zichtbaarder zijn door in de community actief te zijn. Er zijn reeds mooie voorbeelden beschikbaar om op door te bouwen. Let op dat aan het begrip 'Learning Community' gezamenlijk betekenis wordt gegeven zodat de (in ieder geval de minimale) verwachtingen hier omtrent ook helder zijn.
- Vergroot de inzet op zichtbaarheid en ontmoeting tussen bedrijfsleven en talent. Zeker aangezien concurrentie op de arbeidsmarkt niet te voorkomen is, gegeven de groeiende vraag naar personeel binnen de energietransitie en teruglopende mbo- en hbo-studentenaantallen.
- De inzet op innovatieve onderwijsmethoden en digitale leeromgevingen kunnen zeker bijdragen aan sterker onderwijs, maar lijken op dit moment niet het voornaamste knelpunt te zijn. Bij snel groeiende vraag kan dit van een 'nice-to-have' overgaan in een 'need-to-have'. Bij ontwerp van nieuwe methoden en leeromgeving is het in het hier en nu al belangrijk om schaalbaarheid als vereiste op te nemen.

Methodologische bijlagen

Gesprekspartners interviews

Tabel 8 Gesprekspartners interviews op alfabetische volgorde

Naam	Instelling	Functie
Ad van Wijk	TU Delft	Part-time Professor Future Energy Systems
Ans Assies-Kroon	Hanzehogeschool Groningen	Programmamanager Energie Onderwijs
Chris Baeumer	Universiteit Twente	Assistant Professor Inorganic Materials Science
Emile Jackson	Hogeschool Rotterdam	Programmacoördinator bij RDM Centre of Expertise, GroenvermogenNL Liaison team West-Nederland
Gerben Huiszoon	Scalda/ HZ UAS	Opleidingscoördinator Engineering, GroenvermogenNL Liaison Zuid-West Nederland
Giovanni Colombi	Vista College	Onderwijsmanager Innovatie
Jeroen van Oijen	TU Eindhoven	Full professor in the Power & Flow group
Leo Polak	Hogeschool Arnhem & Nijmegen	Researcher at Research group Balanced Energy Systems
Hielke Hekman	Rijksuniversiteit Groningen	Programmamanager Education & Employability
Marcel Hoogstoevenbeld	Inholland	Teamleider engineering
Nico Persoon	ROC Mondriaan/Haagse hogeschool	Onderzoeker bij lectoraat Energy in Transition
Richard van Leeuwen	Saxion Hogeschool	Lector Sustainable Energy Systems
Roeland Hogt	Noorderpoort	Practor Automotive en moderator nieuwe/toekomstige Automotive mobility and hydrogen technology, GroenvermogenNL Liaison team Noord Nederland
Simone Maase	Hogeschool van Amsterdam	Account manager Energy Transition, GroenvermogenNL Liaison team Noord-West (A'dam e.o.)
Tim den Hartog	Hogeschool Zuyd	Senior Lecturer/Researcher Innovative Process Industry
Willem Hazenberg	Drenthe College	Practor Waterstof in de Industrie
Yme Dikkerboom	STC mbo college	Practoraat Energietransitie & Smart Industry

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Overzicht van portfolio van opleidingen

Tabel 9 Overzicht opleidingen portfolio-analyse

Opleiding	Instelling	Sector	Regio	Keten	Typologie	Link waterstof	Toelichting	Aantal afstudeerders 2022	Groei 2022 t.o.v. 2018	Waterstof indicator
Allround operationeel technicus AOT	Drenthe College	mbo	Noord	Down	Algemeen technologisch	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	11	-54%	10%
Basistechnicus voertuigen en mobiele werktuigen (personenauto's)	Drenthe College	mbo	Noord	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie en waterstoftechnologie en mobiliteit	3	Was 0 in 2018	4%
Technisch specialist voertuigen en mobiele werktuigen	Drenthe College	mbo	Noord	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie en waterstoftechnologie en mobiliteit	12	0%	4%
Elektrotechniek	Haagse Hogeschool	hbo	West	Up, mid	Algemeen technologisch	Minor	energy in transition	40	-13%	13%
Werktuigbouwkunde	Haagse Hogeschool	hbo	West	Mid	Algemeen technologisch	keuzeproject	Hydrogen Heating Studies en bij SHPLES (Smart Hydrogen Powered Local Energy System)	126	-20%	6%
Bouwkunde	Haagse Hogeschool	hbo	West	Down	Sectorspecifiek	vast onderdeel	O.b.v. interviews	52	21%	10%
Mechanical Engineering	HAN UAS	hbo	oost	down	Algemeen technologisch	keuzeproject	O.b.v. interviews en de Arnhemse Eusebiuskerk project	79	103%	6%
Werktuigbouwkunde	Hanze Hogeschool Groningen	hbo	Noord	Mid	Algemeen technologisch	Minor	Waterstof in de energietransitie, minor windenergie	95	-14%	13%
Elektrotechniek	Hanze Hogeschool Groningen	hbo	Noord	Up	Energietechnologie	Minor	Waterstof in de energietransitie	72	41%	13%
Technische bedrijfskunde	Hanze Hogeschool Groningen	hbo	Noord	Up, mid	Algemeen tehcnologisch	Minor	Waterstof in de energietransitie	96	12%	13%
Automotive	Hogeschool Rotterdam	hbo	West	Down	Sectorspecifiek	Minor	Future automotive technology	34	-23%	13%

Opleiding	Instelling	Sector	Regio	Keten	Typologie	Link waterstof	Toelichting	Aantal afstudeerders 2022	Groei 2022 t.o.v. 2018	Waterstof indicator
Civiele techniek	Hogeschool Rotterdam	hbo	West	Up	Algemeen technologisch	Minor	Waterworld: the energy transition at sea	58	-12%	13%
Elektrotechniek	Hogeschool Rotterdam	hbo	West	Mid, down	Energietechnologie	Minor	Elektrotechniek	38	-25%	13%
Maritieme techniek	Hogeschool Rotterdam	hbo	West	Mid, down	Algemeen technologisch	Minor	Energietransitie in Rotterdam	35	13%	13%
Werktuigbouwkunde	Hogeschool Rotterdam	hbo	West	Mid	Algemeen technologisch	Minor	Energietransitie in Rotterdam	57	-19%	13%
Chemische Technologie	Hogeschool Rotterdam	hbo	West	Up	Algemeen technologisch	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	28	4%	10%
Lerarenopleiding Natuurkunde	Hogeschool Rotterdam	hbo	West	Down	Algemeen technologisch	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	16	33%	10%
Chemie	Hogeschool Utrecht	Hbo	Midden	Up	Algemeen technologisch	Minor	Green Chemistry	54	-16%	13%
Engineering	HZ University of Applied Sciences	hbo	Zuidwest	Up	Algemeen technologisch	keuzeproject	Waterstoffabriek	50	-46%	0%
Chemie	HZ University of Applied Sciences	hbo	Zuidwest	Up	Algemeen technologisch	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	32	28%	10%
Energietransitie Engineer	HZ University of Applied Sciences	hbo	Zuidwest	Mid, down	Energietechnologie	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	niet vermeld	Niet vermeld	10%
Allround technicus voertuigen en mobiele werktuigen	Mbo amersfoort	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	5	Was 0 in 2018	4%
Technicus specialist voertuigen en mobiele werktuigen	Mbo amersfoort	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	2	200%	4%
Allround operationeel technicus	Noorderpoort	mbo	Noord	Mid	Algemeen technologisch	keuzedeel	Waterstoftechnologie	13	-55%	4%

Opleiding	Instelling	Sector	Regio	Keten	Typologie	Link waterstof	Toelichting	Aantal afstudeerders 2022	Groei 2022 t.o.v. 2018	Waterstof indicator
Allround technicus voertuigen en mobiele werktuigen (bedrijfsauto's)	Noorderpoort	mbo	Noord	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	2	100%	4%
Manager mobiliteitsbranche	Noorderpoort	mbo	Noord	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	31	29%	4%
Eerste monteur mechatronica	Noorderpoort	mbo	Noord	Mid, down	Algemeen technologisch	keuzedeel	Waterstoftechnologie	17	Was 0 in 2018	4%
Procesoperator B	Noorderpoort	mbo	Noord	Up	Algemeen technologisch	keuzedeel	Waterstoftechnologie	31	343%	4%
Technicus Engineering	Noorderpoort	mbo	Noord	Up, mid	Algemeen technologisch	keuzedeel	Waterstoftechnologie	42	Was 0 in 2018	4%
Technisch specialist bedrijfsauto's	Noorderpoort	mbo	Noord	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	6	200%	4%
Technisch specialist personenauto's	Noorderpoort	mbo	Noord	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	23	0%	4%
Mechanical Engineering	Rijksuniversiteit Groningen	wo	Noord	Mid, down	Algemeen technologisch	Keuzevak	Hydrogen	12	Was 0 in 2018	3%
Chemical Engineering	Rijksuniversiteit Groningen	wo	Noord	Up	Algemeen technologisch	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	33	200%	10%
Technisch Specialist Personenauto's / Elektrische Voertuigen	ROC Amsterdam	mbo	Noordwest	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	7	75%	4%
Aftersalesmanager mobiliteitsbranche	ROC Midden Nederland	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	1	Was 0 in 2018	4%
Eerste autotechnicus	ROC Midden Nederland	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	41	-7%	4%
Eerste bedrijfsautotechnicus	ROC Midden Nederland	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	42	-9%	4%
Specialist transport en logistiek	ROC Midden Nederland	mbo	Midden	Mid	Algemeen technologisch	keuzedeel	Waterstoftechnologie	16	-50%	4%

Opleiding	Instelling	Sector	Regio	Keten	Typologie	Link waterstof	Toelichting	Aantal afstudeerders 2022	Groei 2022 t.o.v. 2018	Waterstof indicator
Technisch specialist bedrijfsauto's	ROC Midden Nederland	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	11	450%	4%
Technisch specialist personenauto's	ROC Midden Nederland	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	18	-38%	4%
Verkoopadviseur mobiliteitsbranche	ROC Midden Nederland	mbo	Midden	Down	Sectorspecifiek	keuzedeel	Waterstoftechnologie	13	18%	4%
Chemisch-fysisch analist	Scalda	mbo	zuidwest	Up	Algemeen technologisch	keuzeproject	Praktijkclub duurzame waterstof	13	-38%	6%
Eerste monteur woning	Scalda	mbo	zuidwest	Down	Sectorspecifiek	keuzeproject	Praktijkclub duurzame waterstof	12	Was 0 in 2018	6%
Monteur elektrotechnische installaties	Scalda	mbo	zuidwest	Down	Energietechnologie	keuzeproject	Praktijkclub duurzame waterstof	16	700%	6%
Allround operationeel technicus	Stc	mbo	west	Down	Algemeen technologisch	keuzeproject	Procestechologie & onderhoud	125	-2%	6%
Mechanical Engineering	TU Delft	wo	west	Mid, down	Algemeen technologisch	Keuzevak	Hydrogen in track Energy, Flow & Process Technology	292	24%	3%
Sustainable Energy Technology	TU Delft	wo	west	Mid	Energietechnologie	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	109	3%	10%
Master Automotive Technology	TU Eindhoven	wo	oost	Down	Sectorspecifiek	keuzeproject	Automotive system project met waterstof	45	-12%	6%
Sustainable Energy Technology	TU Eindhoven	wo	oost	Mid	Energietechnologie	Keuzevak	Hydrogen production in Chemical & Process Engineering	43	-9%	3%
Chemical Science & Engineering	Utwente	wo	oost	Up	Algemeen technologisch	Keuzevak	Hydrogen production in Chemical & process engineering	29	Was 0 in 2018	3%
Sustainable Energy Technology	Utwente	wo	oost	Mid	Energietechnologie	vast onderdeel	Hydrogen technology vak	30	88%	10%
Technisch specialist voertuigen en mobiele werktuigen	Vista college	mbo	zuidoost	Down	Sectorspecifiek	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	11	38%	10%

Opleiding	Instelling	Sector	Regio	Keten	Typologie	Link waterstof	Toelichting	Aantal afstudeerders 2022	Groei 2022 t.o.v. 2018	Waterstof indicator
Applied Science	Zuyd	hbo	zuidoost	Up	Algemeen technologisch	keuzeproject	Brightlands Campus Chemelot	71	16%	6%
Engineering	Zuyd	hbo	zuidoost	Up, mid	Algemeen technologisch	keuzeproject	Brightlands Campus Chemelot	114	-8%	6%
Sustainable Energy Technology	TU Delft	wo	Noord	Mid	Energietechnologie	vast onderdeel	Vast onderdeel in beschrijving/curriculum	109	-54%	10%

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

Tabel 10 Minoren en keuzedelen die relevant zijn voor de portfolio-analyse

	Minor/keuzedeel	Onderwijsinstelling	Waterstofindicator
Electrical power engineering	Minor	Haagse Hogeschool	0,2%
Energietransitie in Rotterdam	Minor	Hogeschool Rotterdam	0,2%
Energy in transition	Minor	Haagse Hogeschool	0,9%
Future automotive technology	Minor	Hogeschool Rotterdam	0,2%
Green chemistry	Minor	Hogeschool Utrecht	0,9%
Offshore renewable energy	Minor	HZ UAS	0,2%
Waterstof in de energietransitie	Minor	Hanzehogeschool Groningen	0,9%
Waterstofftechnologie	Keuzedeel	Drenthe College, MBO Amersfoort, Noorderpoort, ROC van Amsterdam en ROC Midden Nederland	0,5%
Waterstofftechnologie en mobiliteit	Keuzedeel	Drenthe College	0,5%
Waterworld: the energy transition at sea	Minor	Hogeschool Rotterdam	0,9%

Technopolis B.V. & Hutspot, 2023

