

# HyDelta

## **WP 4 The development of educational tracks**

D4.1 De behoefte naar MBO technisch geschoold personeel en advies voor versterken van educatie op het gebied van waterstof

Status: final

Dit project is medegefinancierd door TKI Nieuw Gas | Topsector Energie uit de PPS-toeslag onder referentienummer TKI2020-HyDelta.

## Document summary

### Corresponding author

Corresponding author	Suzanne van Greuningen
Affiliation	Consultant, Kiwa Technology
Email address	Suzanne.van.greuningen@kiwa.com

### Document history

Version	Date	Author	Affiliation	Summary of main changes
1	18- Nov- 2021	Suzanne van Greuningen	Kiwa Technology	First version
2	15- feb- 2022	Suzanne van Greuningen	Kiwa Technology	Second version
3	7- mrt- 2022	Suzanne van Greuningen	Kiwa Technology	Supervisory board version
4	21- mrt- 2022	Suzanne van Greuningen	Kiwa Technology	Final deliverable version

### Dissemination level

<b>PU</b>	Public	X
<b>R1</b>	Restricted to <ul style="list-style-type: none"> <li>Partners including Expert Assessment Group</li> <li>Other project participants including Sounding Board</li> <li>External entity specified by the consortium (please specify)</li> </ul>	
<b>R2</b>	Restricted to <ul style="list-style-type: none"> <li>Partners including Expert Assessment Group</li> <li>Other project participants including Sounding Board</li> </ul>	
<b>R3</b>	Restricted to <ul style="list-style-type: none"> <li>Partners including Expert Assessment Group</li> </ul>	

### Document review

Partner	Name
Alliander	Bart Vogelzang
Alliander	Rick Marsman
Alliander	Rene Oussoren
Stedin	Frank van Alphen
Stedin	Ed Verhagen
Gasunie	Marcel Heikens
Gasunie	Marcel Smit
Gasunie	Dolf Ottens

## Executive summary

In the field of infrastructure technology (distribution of energy in the form of (methane) gas, heat and electricity) for hydrogen, no complete and adequate MBO training is currently offered by training institutions. However, in the coming years, the demand for technically trained personnel on MBO-level with knowledge and skills of a natural gas network, a hydrogen network and network conversion will increase in order to realize the conversion of the natural gas network to hydrogen. In the coming years, operational deployment of technicians with this knowledge will be required by the national grid operator for the realization of the hydrogen backbone. This necessity also applies to the regional grid operators, whose hydrogen pilot projects require several teams of technicians with this knowledge in the near future and a potential hydrogen distribution grid offers future prospects for growth in this number. Immediate action therefore has to be taken to train current staff and to train additional technical personnel with knowledge of natural gas and hydrogen distribution.

Training courses can be developed in collaboration with the professional field which facilitates for adapting to changes. An additional advantage is that this can also be used on a small scale, which makes it suitable for the planned pilot projects. Courses that cover the basic knowledge of hydrogen and the differences compared to natural gas are part of the current available trainings. A first introduction to hydrogen can therefore already be taught with the educational training that is already being organized within the network organization schools themselves or the options below.

- Training Waterstof (Noorderpoort): a 10-day course in which the operation, advantages and disadvantages and transport and application possibilities of hydrogen are discussed
- Praktijkcursus Waterstof (Kiwa Training): a one-day practical training in which the properties of hydrogen and differences with natural gas are approached from theory but also from practice (by means of practical tests).

A complete and adequate MBO training for technical personnel is not available and will have to be developed. The required attainment targets are the basis of every training. These attainment targets are specified in Chapter 5. This forms the basis for electives and refresher courses for mechanics who will work on high and low pressure hydrogen pipelines. General knowledge about hydrogen, (change in) technical process steps and safe working procedures are central to this. A detailed elaboration of the attainment targets in the form of learning objectives can be further developed after establishing national safety work instructions for hydrogen (VWIs) and after clarifying the technical specifications.

Attention should also be paid to recruiting personnel in the field of infrastructure technology. There is a shortage of both technical staff and teachers to train them. This scarcity already prevails in the energy sector, but is extended when it comes to personnel with hydrogen expertise. In order to actually realize the hydrogen projects and ambitions, the technical staff and teachers to train them must be available.

## Samenvatting

Op het vlak van de infratechniek (distributie van energie in de vorm van (aard)gas, warmte en elektriciteit) op het gebied van waterstof wordt door opleiders, op dit moment, geen volwaardige mbo-opleiding aangeboden. Echter in de komende jaren zal de vraag naar mbo-technisch geschoold personeel met kennis en kunde van het aardgasnet, een waterstofnet en de ombouw van netten, toenemen om de ombouw van het aardgasnet naar waterstof te kunnen realiseren. De komende jaren wordt operationele inzet van monteurs met deze kennis bij de landelijke netbeheerder vereist voor de realisatie van de hydrogen backbone. Dit geldt ook voor de regionale netbeheerders waar waterstof pilot projecten enkele teams van monteurs met deze kennis in nabije toekomst vereisen en een potentieel waterstofdistributienet toekomstperspectief biedt voor groei in dit aantal. Er zal daarom direct actie moeten worden ondernomen om het huidige personeel bij te scholen en technisch personeel met kennis van aardgas- en waterstofdistributie op te leiden.

Opleidingen kunnen met en vanuit het werkveld worden ontwikkeld en zo kan er gemakkelijk meegebogen worden met veranderingen. Een bijkomend voordeel, is dat dit ook kleinschalig kan worden ingezet, wat het geschikt maakt voor de pilotprojecten die reeds in voorbereiding zijn. Cursussen die de basiskennis van waterstof en de verschillen ten opzichte van aardgas behandelen, zijn onderdeel van het huidige aanbod. Een eerste introductie in waterstof kan dus al worden bijgebracht met de educatieve scholing die door de bedrijfsscholen zelf al worden georganiseerd of de onderstaande opties.

- Training Waterstof (Noorderpoort): een 10-daagse cursus waarin de werking, voor- en nadelen en transport en toepassingsmogelijkheden van waterstof worden behandeld.
- Praktijkcursus Waterstof (Kiwa Training): een eendaagse praktijkcursus waarin de eigenschappen van waterstof en verschillen met aardgas vanuit de theorie maar vooral ook vanuit de praktijk (door middel van praktijkproeven) worden benaderd.

Een volwaardige mbo-opleiding voor technisch personeel is er op dit moment niet en zal moeten worden ontwikkeld. Aan de basis van iedere opleiding liggen de benodigde eindtermen. Een aanzet voor deze eindtermen staat in hoofdstuk 5 gespecificeerd. De basis voor keuzedelen en bijscholingsopleidingen voor monteurs die zullen werken aan regionale, lage druk (<8 bar) en landelijke, hoge druk (>40bar) waterstofleidingen is daarin vormgegeven. De algemene kennis over waterstof, (verandering in) technische processtappen en veilig handelen staan hierin centraal. Een gedetailleerde uitwerking van de eindtermen in vorm van leerdoelen, kan verder ontwikkeld worden na het landelijk vastleggen van veiligheid werkinstructies voor waterstof (VWI's) en na duidelijkheid over de technische specificaties.

Er dient ook aandacht besteed te worden aan het werven van personeel op het gebied van de infratechniek. Er is een tekort aan zowel technisch personeel als docenten om hen op te leiden. Deze schaarste heerst nu al in de energiesector, maar wordt doorgetrokken als het gaat om personeel met waterstofvakkennis. Om genoeg personeel te hebben om de waterstofprojecten en ambities te kunnen realiseren, moet het uitvoerend personeel (en docenten om hen op te leiden) wel daadwerkelijk beschikbaar zijn.

## Table of contents

Document summary .....	2
Executive summary .....	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding.....	7
2. Potentiële arbeidsvraag naar MBO technisch geschoold personeel in de sector infrastructuur en distributie. ....	8
2.1 Inleiding.....	8
2.2 Uitkomsten .....	8
Algemene arbeidsvraag energietransitie .....	8
Toekomstige arbeidsvraag in de sector infrastructuur en transport .....	9
Toekomstige arbeidsvraag: additionele of vervangende arbeid?.....	12
2.3 Conclusie .....	13
3. Inventarisatie van het huidige opleidingsaanbod op mbo-niveau.....	14
3.1 Inleiding.....	14
3.2 Uitkomsten .....	14
Projecten .....	14
Reguliere opleiders.....	15
Particuliere opleiders en vakscholen.....	16
Interne bedrijfsscholen .....	17
Overige hindernissen: schaarste op de arbeidsmarkt en complexiteit van het systeem .....	17
3.3 Conclusie .....	17
4. Gap-analyse potentiële vraag en huidige opleidingsaanbod op mbo-niveau.....	19
4.1 Inleiding.....	19
4.2 Uitkomsten .....	19
Arbeidsvraag.....	19
Waterstofonderwijs.....	19
Gap-analyse.....	20
4.3 Conclusie .....	20
5. Eindtermen ten behoeve van technisch uitvoerend personeel in de sector infrastructuur en distributie .....	22
5.1 Inleiding.....	22
5.2 Uitkomsten .....	22

5.2.1 Definitie eindtermen en leerdoelen .....	23
5.2.2 Toelichting op de eindtermen .....	23
5.2.3 Eindtermen .....	24
5.3 Conclusie .....	25
6. Conclusie .....	26
Referenties .....	27
I. Bijlage I .....	28

## 1. Introductie

HyDelta werkpakket 4 houdt zich bezig met waterstof en onderwijs. Binnen de omvang van het project moest er worden gekozen voor een passende scope. Door de netbeheerders is aangegeven dat de grootste behoefte aan waterstof-onderwijsontwikkeling ligt bij het mbo, in het specifiek monteurs in de sector infrastructuur en distributie. Vandaar dat dit project is gekaderd naar deze doelgroep.

Om een advies te kunnen geven over en een inhoudelijke bijdrage te kunnen leveren aan de uitbereiding van bestaande curricula, is een gap-analyse essentieel. In de gap-analyse wordt de te verwachten behoefte, de huidige status en de omvang van het opleidingsaanbod meegenomen.

Inzicht in de toekomstige behoefte naar dit technisch uitvoerend personeel is verkregen door literatuuronderzoek. Het potentieel benodigde technische personeel in de sector infrastructuur en distributie is afhankelijk van de ontwikkeling van de Nederlandse waterstofmarkt en -economie. Aan de hand van beschikbare modelstudies, die scenario's voor deze ontwikkeling hebben vertaald naar arbeidsvraag, wordt een inschatting gegeven voor de potentiële vraag naar eenmalige en terugkerende arbeid gerelateerd aan groene waterstof in Nederland. De uitkomsten zijn te vinden in hoofdstuk 2.

Om een beeld te krijgen van de huidige status en omvang van het waterstof curriculum in het mbo-landschap is een inventarisatie gedaan naar opleidingen, faciliteiten en praktijktestlocaties. Dit is gedaan aan de hand van internetonderzoek en interviews waarvan de bevindingen zijn samengevat in hoofdstuk 3.

De gap-analyse die de toekomstige behoefte naar technisch uitvoerend personeel in de sector infrastructuur en distributie aan de huidige status en omvang van het opleidingsaanbod relateert is opgenomen in hoofdstuk 4. De eerder onderzochte potentiële vraag naar eenmalige en terugkerende arbeid en de inventarisatie van opleidingen, faciliteiten en praktijktestlocaties op mbo-niveau vormen de basis daarvoor.

In hoofdstuk 5 wordt een aanvulling gedaan op het huidige beschikbare onderwijsaanbod in de vorm van eindtermen voor opleidingen ten behoeve van technisch uitvoerend personeel in de sector infrastructuur en distributie. Bij het opleiden aan de hand van onderstaande eindtermen wordt personeel voldoende opgeleid voor het werken in de waterstof distributie.

## 2. Potentiële arbeidsvraag naar MBO technisch geschoold personeel in de sector infrastructuur en distributie.

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk vindt u de samenvatting van het literatuuronderzoek naar de potentiële arbeidsvraag naar technisch geschoold personeel in de sector infrastructuur en distributie, gerelateerd aan waterstof in Nederland in 2030 en 2050. Afgelopen jaren zijn er verschillende studies uitgevoerd naar de potentiële ontwikkeling van de waterstofmarkt en de gehele waterstofwaardeketen. Echter, weinig van de daaruit resulterende toekomstscenario's zijn verder uitgewerkt tot de arbeidsvraag die hier uit volgt. Daar waar dat wel is gedaan, verschilt het detailniveau (sectorspecifiek, opleidingsniveau, ed) van de uitgewerkte arbeidsvraag sterk. Recentelijk heeft CE Delft een studie gepresenteerd waarbij de arbeidsvraag is uitgesplitst in sectoren en de gemodelleerde bruto banen voor een groot gedeelte toe te schrijven zijn aan technisch geschoold personeel (mbo-techniek). De uitkomsten van die studie vormen hier de voornaamste basis. Er is onderscheid gemaakt tussen de eenmalige arbeidsvraag (voor ombouw en aanleg) en terugkerende vraag naar arbeid (voor onderhoud en exploitatie) over de gehele waardeketen van groene waterstof. De vraag naar arbeid is uitgedrukt in gemiddelde full time equivalenten (fte) per jaar afgezet in de komende jaren.

### 2.2 Uitkomsten

#### Algemene arbeidsvraag energietransitie "Investeringsplan Waterstof Noord"

Volgens het Investeringsplan Waterstof Noord kan Nederland, wanneer het voortouw neemt in de ontwikkeling van een Europees waterstof-ecosysteem, kansen creëren voor het vastleggen en aantrekken van bedrijvigheid en banen [1]. Het uitbouwen van het waterstof-ecosysteem kan tot 104.000 FTE's creëren in eenmalige banen tussen 2020 en 2050 (zie tabel 1). Daarnaast kunnen er aan terugkerende banen in het totaal 66.000 bestaande FTE's worden vastgelegd en 41.000 nieuwe worden aangetrokken. In deze prognoses wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende sectoren en opleidingsniveaus. Er is daardoor niet te achterhalen welk deel kan worden toegeschreven aan technisch geschoold personeel in de sector infrastructuur en distributie.

In dezelfde studie is onderzocht wat het opschalen en uitbreiden van het waterstof-ecosysteem aan werkgelegenheid in Noord-Nederland kan brengen tot 2025 en de vijf jaar daarna. Die arbeidsvraag is voor de volledigheid ook in tabel 1 opgenomen.

#### "Werk door investeringen in groene waterstof"

Een studie van CE Delft uit april 2021 geeft een meer gedetailleerde inschatting [2]. De gemodelleerde potentiële arbeidsvraag is uitgesplitst per sector en de daaraan verbonden FTE's zijn voor een groot gedeelte toe te schrijven aan technisch geschoold personeel. Deze studie geeft ook meer inzicht in de scenario's waarop de arbeidsvraag is gebaseerd. De potentiële (algemene) arbeidsvraag is gerelateerd aan de ontwikkeling van de vraag naar waterstof. Hiervoor zijn twee verschillende scenario's als uitgangspunt genomen: een hoog en een laag scenario. Het lage scenario heeft zowel minimale toepassing als minimale (Nederlandse) productie van groene waterstof. Het hoge scenario heeft zowel



maximale toepassing als maximale eigen productie. In tabel 1 is de totale vraag naar arbeid voor 2030, 2040 en 2050 voor beide scenario's weergegeven. Het is te zien dat er een groot verschil zit tussen de hoge en lage scenario's, maar dat er in beiden een substantiële vraag gaat zijn naar eenmalige en terugkerende arbeid. Een opvallend gegeven is dat de arbeidsvraag in 2040 en 2050 met minimaal een factor vier stijgt in vergelijking met (slechts) een verdubbeling van de vraag naar waterstof. Dit niet evenredig verband wordt verklaard door een hoger aandeel upstream in Nederland, maar ook omdat het verschil tussen beperkte toepassing en overheersende toepassing in de sectoren mobiliteit en gebouwde omgeving meespeelt. In die twee sectoren heeft een relatief beperkte vraag naar waterstof een groot effect op de arbeidsvraag. Het zijn twee relatief 'arbeidsintensieve' sectoren [2]. De meegenomen arbeid in de sector gebouwde omgeving zijn de aanpassingen bij de eindgebruiker en de productie ketels en installatie van hybridewarmtepompen. Waarvan de laatste het grootste aandeel in de arbeidsvraag heeft. Aanpassingen in het distributienet worden hierin niet meegenomen. Deze worden hieronder apart behandeld.

Tabel 1. Potentiële vraag naar arbeid overgenomen uit het 'Investeringsplan waterstof noord' en 'Werk door investeringen in groene waterstof'. \* Dit is zowel eenmalige als terugkerende vraag naar arbeid.

Jaar	Regio	Vraag naar groene waterstof (PJ)	Eenmalige vraag naar arbeid (in FTE/jaar)	Terugkerende vraag naar arbeid (in FTE/jaar)
<2030	Nederland [1]		2.500 FTE's	22.500 FTE's
2020-2050	Nederland [1]		104.000 FTE's	66.000 FTE's bestaand vastleggen 41.000 FTE's nieuwe banen
2020-2025	Noord-NL [1]		~5.000 FTE's*	
2025-2030	Noord-NL [1]		~25.000 FTE's*	
2030	Nederland [2]	10-40	1.800–4.700 (laag–hoog)	4.200–12.500 (laag–hoog)
2040	Nederland [2]	132-317	2.000–13.000 (laag–hoog)	9.200–43.000 (laag–hoog)
2050	Nederland [2]	254-593	2.200-20.000 (laag–hoog)	14.200–72.600 (laag–hoog)

### Toekomstige arbeidsvraag in de sector infrastructuur en transport

De investeringen in groene waterstof zullen impact hebben op de beschikbare arbeid, over de gehele keten, en dus ook op het technisch uitvoerend personeel van de landelijke en regionale netbeheerders. Op Europees en nationaal niveau zijn enkele scenariostudies gedaan naar het gevolg van de klimaatmaatregelen voor de arbeidsmarkt. Daarin worden alle vormen van groene energieën meegenomen en wordt niet puur gekeken naar waterstof. Daarnaast is de schaal waarop wordt ingezoomd erg hoog over, hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan 'olie en gassector'.

Modelstudies waarin specifiek wordt gekeken naar werkgelegenheid van technisch geschoold personeel (mbo-techniek) zijn in zeer beperkte mate te vinden. In een uitgebreide zoektocht is slechts één representatieve, bruikbare modelstudie getraceerd.

De meest gedetailleerde cijfers voor toekomstige potentiële arbeidsvraag in de sector infrastructuur en transport zijn te vinden in de studie van CE Delft [2]. Daar wordt onderscheidt gemaakt tussen het realiseren van een waterstofbackbone, het aanpassen van het distributienet, en het onderhoud en de exploitatie van het gehele gastransportnetwerk. In de studie wordt genoemd dat de arbeidsvraag voor

een groot gedeelte bestaat uit technisch geschoold personeel (mbo-techniek). De schattingen van de toekomstige arbeidsvraag in de studie van CE Delft is o.a. gebaseerd op investeringsplannen van Gasunie [3], Kiwa [4] en cijfers van het CBS [5].

### *Waterstofbackbone*

De waterstofbackbone zal het waterstofgebruik in Nederland moeten faciliteren en versnellen, o.a. door verbinding met industriële gebieden. Daarnaast kan Nederland door deze backbone als doorvoerkanaal een belangrijke rol gaan spelen bij de internationale waterstof distributie. In zowel het hoge als het lage scenario speelt de backbone een cruciale rol, vandaar dat de arbeidsvraag voor ombouw in zowel het hoge als het lage scenario is meegenomen (zie tabel 2). Naar verwachting zullen tussen 2024 en 2030 tussen de 455 en 690 mensen per jaar werkzaam voor het ombouwen van het gastransportnet [2]. Het gaat hierbij om eenmalige arbeidsvraag voor het gereedmaken van de waterstofbackbone, de terugkerende vraag wordt onder het laatste kopje besproken.

### *Waterstofdistributienet*

Om het gasdistributienet in de gebouwde omgeving geschikt te maken voor waterstof zijn minimale aanpassingen nodig. De noodzakelijke aanpassingen concentreren zich voornamelijk bij de gasmeter van de eindgebruiker en in lagere mate rondom gasstations. Volgens de studie van CE Delft is van toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving alleen sprake bij het hoge scenario, wordt het pas na 2030 van belang en zullen de aanpassingen ook na 2030 plaatsvinden. De eenmalige arbeidsvraag voor het ombouwen van het distributienetwerk wordt geschat op gemiddeld 161 FTE's per jaar voor de periode 2030-2050 (tabel 2). De aanpassingen bij eindgebruikers zijn hierin niet meegenomen, die vallen onder industrie en binneninstallatie. Daarnaast is ook de aanleg van waterstofdistributienetten om industrieën te verbinden met de backbone hierin niet meegenomen.

### *Terugkerende arbeid waterstofbackbone en -distributienet*

Het onderhouden en exploiteren van het transport- en distributienet laat zich vertalen naar terugkerende arbeid. Dit zal naar verwachting ongeveer evenveel arbeid vergen als het huidige aardgasnetwerk [2]. Bij die verwachting wordt wel aangenomen dat de capaciteit van het distributienet gelijk blijft en het aantal banen eveneens stabiel. In 2040 zouden er dan zo'n 3500 terugkerende banen kunnen worden gecreëerd voor onderhoud en exploitatie van waterstof en in 2050 maximaal 7.000 (tabel 2).

*Tabel 2. De totale vraag naar arbeid bij ombouw en aanpassing van het gastransport- en distributienet en de terugkerende vraag voor onderhoud en exploitatie van beide netten.*

	Jaar	Eenmalige vraag naar arbeid (in FTE/jaar)	Terugkerende vraag naar arbeid (in FTE/jaar)
Aanleg waterstofbackbone	2030	573-573 (laag-hoog)	
	2040	0-0 (laag-hoog)	
	2050	0-0 (laag-hoog)	
Aanpassingen distributienet	2030	0-0 (laag-hoog)	
	2040	0-161 (laag-hoog)	
	2050	0-161 (laag-hoog)	
Onderhoud en exploitatie	2030		0-0 (laag-hoog)
	2040		0-3.500 (laag-hoog)
	2050		0-7.000 (laag-hoog)

*2020-2030: pilotprojecten en plannen netbeheerders en Gasunie*

Uit gesprekken met netbeheerders en Gasunie blijkt dat hun plannen zich ook richten op de kortere termijn, 2020-2030. Verschillende pilotprojecten worden verwacht te starten in 2022 en de verwachting is, dat dat de komende tien jaar alleen nog maar zal groeien. Zo verwacht Gasunie in 2024 een eerste mijlpaal te hebben met het in gebruik nemen van HyTransPort en hebben de netbeheerders verschillende pilotprojecten lopen waarvoor de nodige monteurs, enkele ploegen, de kennis en kunde van werken met waterstof moet worden bijgebracht. De volgende pilotprojecten, die tijdens realisatie en onderhoud monteurs met waterstofkennis vergen, worden in de komende jaren voorzien:

### Gasunie

- **Djewels:** faciliteren en beheren van waterstofinfrastructuur en opslagcapaciteit;
- **GZI Next:** het mede ontwikkelen van elektrolyse conversiecapaciteit en verzorgen van de benodigde infrastructuur;
- **HyTransPort.RTM:** realiseren van een nieuwe waterstofleiding 'HyTransPort'
- **Magnumcentrale:** ombouwen van elektriciteitscentrale van aardgas naar waterstof (Magnumcentrale);
- **NorthH2:** een slim opslag- en transportnetwerk in Nederland en Noordwest-Europa voor groene waterstof. Het bestaande gasnetwerk wordt geschikt gemaakt voor opslag en transport van waterstof;
- **RIB Amsterdam:** een open access hogedrukwaterstofleiding die De IJmond verbindt met het havengebied van Amsterdam en met de nationale waterstofbackbone;
- **Waterstofbackbone:** creëren van een landelijke waterstofinfrastructuur waarbij ca. 85% van het net zal bestaan uit hergebruikte aardgasleiding;
- **Stad aan 't Haringvliet:** Gasunie zal de koppeling verzorgen tussen Oude-Tonge en Stad aan 't Haringvliet en dit zal een nieuwe leiding zijn.

### Cogas

- **Waterstofwijk Hoogeveen:** Eerst nieuwe aanleg en daarna bestaande aardgasleidingen ombouwen voor waterstof in twee wijken in de gemeente Hoogeveen.

### Enexis

- **Woonwijk Wagenborgen:** ombouwen bestaande gasleidingen om een waterstofnetwerk te vormen van lokale productie, naar opslag en verbruik in een woonwijk in hybride warmtepompen op koude momenten.
- **The Green Village:** testomgeving voor opdoen van kennis en ervaring op met het beheer en onderhoud van een waterstofdistributienet.

### Alliander

- **Lochem:** ombouwen van gasleidingen voor waterstof om 14 oudere, monumentale woningen aan te sluiten op waterstofgas;
- **The Green Village:** testomgeving voor opdoen van kennis en ervaring op met het beheer en onderhoud van een waterstofdistributienet.

### Rendo:

- **Waterstofwijk Hoogeveen:** ombouwen bestaande aardgasnetwerk voor waterstof in twee wijken in de gemeente Hoogeveen.

## Stedin

- **Waterstof in Rozenburg:** ombouwen van bestaande gasleidingen en installatiesystemen zodat waterstof kan worden gebruikt voor verwarming van een appartementencomplex.
- **The Green Village:** testomgeving voor opdoen van kennis en ervaring op met het beheer en onderhoud van een waterstofdistributienet.
- **Stad aan 't Haringvliet:** stapsgewijze ombouw van het bestaande aardgasnet om het dorp over te zetten op groene, lokaal geproduceerde waterstof.

Voor de technische uitvoeringsfase van de bovenstaande projecten zijn monteurs met waterstofvakkennis nodig. Er zal daarom op zeer korte termijn moeten worden gestart met een detailplanning waarbij de aantallen fte's en specifieke kennisbehoefte voor deze projecten duidelijk wordt. Vervolgens moet de specifieke opleiding direct starten.

### Toekomstige arbeidsvraag: additionele of vervangende arbeid?

Naar schatting van de regionale netbeheerders zijn op dit moment ca. 12.500 monteurs, van aannemers en netwerkbedrijven gezamenlijk, met een VIAG-aanwijzing werkzaam. Dit zijn grotendeels voltijd banen. Een voltijd baan kan worden uitgedrukt als 1 FTE. Dit betekent dat er in de huidige markt ca. 12.500 FTE aan technisch uitvoerend personeel werkzaam is. Bij de Gasunie is een behoorlijk stabiele basis van ca. 500 technici werkzaam.

Of de toekomstige arbeidsvraag door waterstof zorgt voor 'nieuwe, extra banen' (zogenoemde additionele arbeid) of dat deze banen andere zullen vervangen, is een vraag waar in de CE Delft studie theoretisch antwoord op gegeven wordt. Het verdwijnen van banen in de fossiele industrie en de invulling van nieuwe banen door verdringing (instroom vanuit andere sectoren) worden niet meegenomen.

Het gereedmaken van de infrastructuur wordt zowel voor de waterstof backbone en het distributienet gezien als additionele arbeid. Het onderhoud en exploitatie van het aardgasnetwerk wordt geschaard onder vervangende arbeidsvraag.

### 2.3 Conclusie

Onderzoeken naar de toekomstige arbeidsvraag voor MBO technisch geschoold personeel in de sector infrastructuur en distributie gerelateerd aan groene waterstof zijn slechts in zeer beperkte mate te vinden. Het bovenstaande is voornamelijk gebaseerd op een recent rapport van CE Delft. De onderstaande conclusies zijn daarmee verbonden aan de in dat rapport opgenomen scenario's en daaraan verbonden aannames.

- De eenmalige arbeidsvraag gelinkt aan de realisatie van de waterstofbackbone wordt geschat op 573 FTE. Naar verwachting zal aan deze additionele banen in 2030 invulling moeten worden gegeven.
- De eenmalige arbeidsvraag gelinkt aan het ombouwen van het distributienet wordt geschat op 161 FTE. Deze vraag naar arbeid komt alleen voor in het 'hoge scenario', het scenario met zowel maximale toepassing als maximale eigen productie. Het betreft hier additionele banen over een periode van 20 jaar (2030-2050).
- De terugkerende arbeidsvraag voor exploitatie en onderhoud zal voornamelijk aanwezig zijn in het hoge scenario en pas in 2040 op gang komen. In 2040 wordt geschat dat de vraag naar arbeid zo'n 3.500 FTE per jaar zal zijn en in 2050 7.000 FTE. De terugkerende arbeidsvraag wordt gezien als vervangende arbeid.
- Op de kortere termijn (2022-2030) is er voor de pilotprojecten van de Netbeheerders en Gasunie al vraag naar waterstofgeschoolde technici. Inventarisatie naar de benodigde ploegen en de noodzakelijke kennis is, kijkend naar de doorlooptijd van de training, op zeer korte termijn noodzakelijk.
- Het daadwerkelijk opleiden van de monteurs die benodigd zijn voor de werkzaamheden aan de waterstofbackbone die uit de scenariostudie komen (2030), zal ook deze jaren gestart moeten worden. Grootschalige uitrol van waterstof is in de gebouwde omgeving niet te verwachten voor 2030. Het opleiden van monteurs door regionale netbeheerders zal daarom voor 2030 beperkt blijven tot de ploegen voor pilotprojecten.

Wat deze vraag naar arbeid in de sector infrastructuur en distributie betekent voor de ontwikkelingen op het gebied van waterstofonderwijs, zal worden besproken in de gap-analyse. Die gap-analyse is terug te vinden in hoofdstuk 4.

### 3. Inventarisatie van het huidige opleidingsaanbod op mbo-niveau

#### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een inventarisatie opgenomen van het huidige opleidingsaanbod op mbo-niveau op het gebied van waterstof. Dit onderzoek is in de eerste helft van 2021 uitgevoerd en geeft daarom een actueel beeld van de stand van zaken. Naast opleidingsaanbod wordt er ook gekeken naar projecten die gaande zijn tussen het bedrijfsleven en opleidingen.

Voor de inventarisatie is een website-onderzoek uitgevoerd waarin een groot deel van de in Nederland opererende opleidingsaanbieders op mbo-niveau zijn opgenomen. Er is hierbij een onderverdeling gemaakt in:

- Reguliere opleiders (ROC's)
- Particuliere opleiders en vakscholen
- Interne bedrijfsscholen

Vanuit de op deze wijze verkregen lijst met opleiders (zie [bijlage I](#)) is een selectie gemaakt van die opleiders, die volgens het website-onderzoek het meeste aanbieden op het gebied van waterstof. De opleiders in deze selectie zijn benaderd voor een interview om een gedetailleerder beeld te krijgen van het aanbod op het gebied van waterstof. Een overzicht van de gecontacteerde opleidingsinstituten en beknopte beschrijving van hun reactie is te vinden in de bijlage. Daarnaast is er gekeken naar projecten die momenteel uitgevoerd worden in de branche in samenwerking tussen bedrijfsleven en opleiders. Ook is er gekeken naar het huidige aanbod van praktijkfaciliteiten en testlocaties op het gebied van waterstof.

#### 3.2 Uitkomsten

##### Projecten

Op gebied van waterstof en onderwijs zijn er verschillende projecten gaande. Hierin wordt er samengewerkt met het bedrijfsleven om onderzoek te doen, waterstof te promoten en leerlingen meer praktijkfaciliteiten te geven.

- Het Energy College is een samenwerking gestart tussen 7 mbo-scholen, 50+ bedrijven en overheden in Noord-Nederland om jongeren te enthousiasmeren voor de energietransitie. Naast waterstof komen hier ook andere thema's aan bod, zoals duurzaamheid, geothermie, power-to-gas en biogas. Hier is ook een gratis online kennismakingsmodule over waterstof beschikbaar gemaakt.
- Daarnaast is er ook de Groene waterstof booster, een consortium van verschillende partners met als penvoerder de Hanzehogeschool in Groningen. Het doel is om de gehele waardeketen van groene waterstof ideeën, innovaties, studenten, onderwijsinstellingen, MKB, Industrie en belangstellenden bij elkaar te brengen. De groene waterstofbooster biedt verschillende onderwijsactiviteiten aan, wil het noorden als energieregio op de kaart zetten en testfaciliteiten bouwen.
- Het programma "Waterstof Werkt" realiseert op korte termijn een doorgaande leerlijn in de regio Noord-Nederland op het gebied van waterstof. Met opleidingen, trainingen en cursussen op MBO-, HBO-, WO- en post-initieel-niveau. Alle onderwijsinstellingen in Noord-Nederland werken samen aan een gecoördineerde aanpak.
- The Green Village is de proeftuin voor duurzame innovaties op de campus van TU Delft. Hier testen Stedin, Alliander en Enexis Groep de papieren conclusies over waterstof op een

'normaal' gasnet. Zo doen ze kennis en ervaring op met het beheer en onderhoud van een waterstofnet in een gebied waar mensen wonen en werken.

- Kiwa en netbeheerder Alliander hebben in Apeldoorn samen de eerste waterstofdemowoning van Nederland gebouwd. Het Hydrogen Experience Centre is een als woonhuis ingerichte test- en demolocatie die ook wordt gebruikt als opleidingslocatie voor monteurs en installateurs. Zij kunnen hier leren hoe in woonwijken de huidige aardgasvoorziening geschikt kan worden gemaakt voor waterstof.
- Naast het Hydrogen Experience Centre van Kiwa en Alliander zijn er andere experience centers. In Rotterdam is er H2Energylab van Hogeschool Rotterdam, op het innovation dock. Hier wordt samengewerkt met bedrijven zoals RDM Rotterdam, Havenbedrijf Rotterdam, Ennology en kunnen leerlingen van verschillende opleidingen praktijkgericht onderwijs volgen. Stedin is met proeven bezig in Rozenburg en in The Green Village, waar ze bestaande woningen ombouwen van aardgas naar waterstof. Entrance van de Hanzehogeschool in Groningen is een expertisecentrum, waar onderwijs, onderzoek en ondernemerschap een proeftuin krijgen om de energietransitie te bevorderen. Waterstof speelt hier ook een belangrijke rol in.
- Stedin heeft het project 'Waterstof in Rozenburg', hier zet Stedin elektriciteit om in waterstof. Zij zijn de eerste partij in Nederland die deze techniek in een proeftuin toepast. Tussen 2018 en 2023 demonstreren ze de inzet van waterstof voor de verwarming van bestaande gebouwde omgeving. In Rozenburg zijn hiervoor in een bestaand appartementencomplex twee waterstofketels geïnstalleerd en gedemonstreerd.
- Naast het project in Rozenburg heeft Stedin ook het project 'tijdelijke ombouw van aardgas naar waterstof'. In een aantal sloopwoningen in Uithoorn heeft Stedin het bestaande aardgasnet tijdelijk omgebouwd, om het geschikt te maken voor waterstof. Hierdoor is een realistischer beeld verkregen van de benodigde werkzaamheden.

Er zijn veel projecten over onderwijs en waterstof gaande op dit moment. Toch ligt de focus op Noord-Nederland en is er specifiek voor mbo-onderwijs weinig te vinden. Vaak zijn de projecten meer gericht op hoger onderwijs, of combineren WO, HBO en MBO. Hierin is het Hydrogen Experience Centre van Kiwa en Alliander een uitzondering. Hier zijn faciliteiten gebouwd om mbo-leerlingen voor te bereiden op de praktijk van werken met waterstof.

### Reguliere opleiders

Het merendeel van de reguliere opleiders biedt (nog) geen opleidingen aan op het gebied van waterstof. Hooguit wordt het beperkt aangehaald in keuzedelen op het vlak van duurzaamheid. De topics 'duurzaamheid', 'energietransitie' en 'waterstof' worden wel veelal genoemd in nieuwsberichten. De reguliere opleiders die wel waterstof in hun curriculum hebben opgenomen, beperken dit voornamelijk tot opleidingen op het gebied van 'automotive' (mobiliteit). Vaak is de docent als persoon met affiniteit voor dit onderwerp er leidend in óf waterstof wordt behandeld, en in de mate waarin dit dan wordt behandeld.

Bij opleiders in de noordelijke provincies wordt in verhouding meer aan waterstof gedaan dan in de rest van Nederland. Dit blijkt ook wel uit de verschillende waterstofprojecten en contacten die we hebben gehad met de ROC's. Er wordt veel samengewerkt, niet alleen tussen de verschillende ROC's maar ook met hoger onderwijs en bedrijven en overheden. Noorderpoort is al ver gevorderd met het ontwikkelen van waterstof onderwijs op mbo-niveau. Daar is al een onderwijsplan ontwikkeld, waarin keuzedelen worden ontwikkeld, waarvan het eerste deel: Waterstoftechnologie (basis) gereed is en wordt uitgevoerd [6]. De online module van Ozone maakt hier een onderdeel van uit, deze wordt door 15 ROC's gebruikt. Daarnaast worden de volgende onderdelen behandeld:

- Waterstoftechnologie in de mobiliteit

- Waterstoftechnologie in de gebouwde omgeving
- Waterstoftechnologie in de industrie
- Waterstoftechnologie in de energieketen

Veel andere ROC's in Noord-Nederland werken samen, onder andere in het Energy College. Er gebeurt veel op waterstof gebied, er worden webinars en lezingen over waterstof georganiseerd. Daarnaast bieden ook meer ROC's keuzedelen waterstof aan. Het Alfacollege is betrokken bij Waterstof Werkt, en biedt bij de opleiding technicus engineering BOL niveau 4 waterstof modules aan. Ook werken leerlingen aan een Waterstof Tiny House, een waterstof raceboot en hielpen zij bij de opening van Hystock, een waterstofopslag pilot van Gasunie. Bij het Drenthe College hebben veel docenten cursussen over waterstof gevolgd en bieden zij zelf waterstoftechnologie in de industrie aan. Per 4 oktober 2021 is er bij het Drenthe College een practor Waterstof aangenomen, die verantwoordelijk is voor het onderwijs op het gebied van waterstof. Het kunnen vinden van genoeg personeel is het grootste struikelblok. Wat betreft praktijklocaties, zijn er niet veel hobbels op de weg. Voor practica mag gebruik worden gemaakt van de locatie van EnTranCe. Daarnaast zijn er middelgrote brandstofcel trainingsmodules besteld bij Lucas Nülle (Lucas Nülle - EHY 2 Advanced fuel cell technology (lucas-nuelle.us)). Bij de Friese ROC's lijkt duurzaamheid een grotere rol te spelen dan specifiek waterstof. Friese Poort heeft het Duurzaam Doen Huis, waar leerlingen kunnen werken met duurzaam bouwen. Waterstof speelt hier echter geen grote rol in.

Op het vlak van de infratechniek (distributie van energie in de vorm van (aard)gas, warmte en elektriciteit) is er bij de reguliere opleiders geen aanbod op het gebied van waterstof.

#### Particuliere opleiders en vakscholen

Bij particuliere opleiders worden voornamelijk e-learnings, cursussen, workshops en masterclasses gegeven die de basis van waterstof en waterstoftoepassing toelichten. De inhoud is interessant voor deelnemers in de functie van engineer, adviseur, technici, projectleiders, werkvoorbereiders en andere professionals die werkzaam zijn bij netbeheerders, de overheid, gemeentes, provincies, woningcorporaties en industriële bedrijven. Tijdens deze cursussen, workshops en masterclasses wordt ingegaan op onderstaande onderwerpen:

- De energietransitie en welke rol waterstof hierin inneemt.
- Wat is waterstof?
- Waarom er voor waterstof wordt gekozen.
- De toepassing van waterstof.
- De (fysische) eigenschappen van waterstof en hoe weerhoudt zich dat ten opzichte van aardgas.
- De rol van waterstof in het energiesysteem.

Het betreft voornamelijk informatieve en kennisgerichte cursussen, workshops en masterclasses bedoeld voor een doelgroep op mbo+ en hbo-niveau. Bij enkele opleiders wordt ook gebruik gemaakt van praktijkproeven om de totstandkoming, toepassing en eigenschappen van waterstof aan te tonen.

In de particuliere opleidingen en bij vakscholen die zich richten op monteurs gas, water en warmte is nog weinig te vinden over waterstof in de energiedistributie.

Zoals in het onderdeel over projecten en initiatieven benoemd is, is er in Nederland een Hydrogen Experience Centre geopend in samenwerking tussen Kiwa en Alliander. Dit waterstofhuis is naast het zijn van een test- en demo locatie ook ingericht als opleidingslocatie. Deze partijen ontwikkelen samen



een opleiding om monteurs, werkzaam in de energiedistributie, op te leiden voor het vervangen van het aardgasnet voor een waterstofnet.

### Interne bedrijfsscholen

De interne bedrijfsscholen van Enexis, Stedin en Alliander bieden op dit moment nog geen reguliere cursussen of trainingen aan op het gebied van waterstof. Wel worden er sessies belegd waarin basiskennis op het gebied van waterstof wordt gedeeld met monteurs. De aanvullende veiligheidsopleiding, om de monteurs met een VIAG-aanwijzing met waterstof te laten werken, zal vooral door de bedrijfsscholen van de netwerkbedrijven en aannemers gegeven worden. Bij Stedin worden monteurs, aan de hand van selectiecriteria, geselecteerd voor een “waterstof-kopgroep”. Bij de Gasunie worden intern wel praktische aardgasopleidingen aangeboden, maar voor waterstof niet. Waterstofcursussen worden wel extern gevolgd op hbo+ niveau. De behoefte naar technische details leeft bij Gasunie en in de uitvoerende technische kant is men zoekende naar de toekomstige rol en hoe het veilig werken met waterstof op de eigen monteurs over te gaan brengen.

De trainingen die de bedrijfsscholen gaan aanbieden aan de monteurs zijn sterk afhankelijk van de nu nog in ontwikkeling zijnde Veiligheidswerkinstructies (VWI's) op het gebied van waterstof. Er is nog onvoldoende bekend over de veiligheidseisen waar monteurs mee te maken krijgen bij het werken met en aan waterstofleidingen. Er zullen eerst risico-inventarisaties gedaan moeten worden voordat de opleidingseisen definitief vastgelegd kunnen worden aan de hand van de waterstof-VWI's.

### Overige hindernissen: schaarste op de arbeidsmarkt en complexiteit van het systeem

Tot slot, naast het beperkte aanbod aan waterstof opleidingen is ook aangegeven dat er een tekort aan personeel is. Dit geldt voor nu al voor energiesector, er is onvoldoende huidig personeel, er zijn niet genoeg studenten en niet genoeg docenten. Om genoeg personeel te hebben voor de waterstof economie moet er überhaupt genoeg personeel zijn.

Op dit moment is de waterstof economie nog vol in ontwikkeling en is het onduidelijk hoe de toekomst er uit gaat zien. Het is zeer waarschijnlijk dat er naast waterstof ook andere energiedragers gebruikt zullen worden. De energiemix zal gevarieerder zijn in de toekomst. Monteurs zullen daarom naast waterstof, ook te maken krijgen met aardgas/groengas, CO<sub>2</sub> en warmte. Werkzaamheden zullen alleen maar complexer worden en monteurs moeten hierop voorbereid worden. Een bredere opleiding voor mobiliteit, transport/ distributie, opslag en productie, in de vorm van een werktuigbouwkundige opleiding met een specialisatie voor waterstof, is hier wellicht wenselijk.

Los van de mbo-opleiding, zal er voor veilige bedrijfsvoering mogelijk ook een aanvullende veiligheidsopleiding moeten komen voor iedereen met een VIAG-aanwijzing. Het uitgangspunt hierbij is dat de huidige aardgasmonteurs bij netwerkbedrijven en aannemers gaan werken in het waterstofnet.

## 3.3 Conclusie

Uit de inventarisatie komt naar voren, dat er veel projecten en initiatieven op waterstof gebied lopen, maar dat deze voornamelijk gericht zijn op hoger onderwijs, of combineren WO, HBO en MBO. De meeste e-learnings, cursussen, workshops en masterclasses die worden gegeven, behandelen de basis van waterstof en waterstoftoepassingen en zijn voornamelijk bedoeld voor mbo+ en hbo-niveau. Het beschikbare aanbod focust zich voornamelijk op het gebied van mobiliteit. De belangrijkste bevindingen op mbo-niveau staan hieronder per opleider opgesomd. Er werd in de interviews ook

aangegeven, dat er ook veel behoefte is aan technisch geschoold personeel en docenten om dat personeel op te leiden.

#### Reguliere opleiders (o.a. ROC's)

- Het merendeel biedt (nog) geen opleidingen aan op het gebied van waterstof. Het wordt hooguit beperkt aangehaald in keuzedelen op het vlak van duurzaamheid. Als waterstof het curriculum is opgenomen, beperkt dit zich voornamelijk tot opleidingen op het gebied van transport en mobiliteit.
- In Noord-Nederland heeft Noorderpoort een onderwijsplan voor waterstofonderwijs op mbo-niveau gemaakt waarin keuzedelen worden ontwikkeld, waarvan het eerste deel: Waterstoftechnologie (basis) gereed is en wordt uitgevoerd.

#### Particuliere opleiders en vakscholen:

- Er is nog weinig te vinden over opleidingen gericht op monteurs gas, water en warmte in de sector infrastructuur en distributie van waterstof.
- Alliander en Kiwa ontwikkelen samen een opleiding om monteurs, werkzaam in de energiedistributie, op te leiden voor het vervangen van het aardgasnet voor een waterstofnet.

#### Interne bedrijfsscholen:

- Interne bedrijfsscholen van Enexis, Stedin en Alliander bieden op dit moment nog geen reguliere cursussen of trainingen aan op het gebied van waterstof. Wel worden er sessies belegd waarin basiskennis op het gebied van waterstof wordt gedeeld met monteurs. De aanvullende veiligheidsopleiding, zal vooral door de bedrijfsscholen van de netwerkbedrijven en aannemers gegeven worden.
- De interne bedrijfsschool van Gasunie biedt geen uitvoerende technische opleiding waterstof voor monteurs aan, maar de behoefte aan opleiding in die richting leeft wel.

## 4. Gap-analyse potentiële vraag en huidige opleidingsaanbod op mbo-niveau

### 4.1 Inleiding

In deze gap-analyse wordt de vraag naar mbo-geschoold uitvoerend personeel vergeleken met de huidige mogelijkheden om dat personeel op te leiden. In de potentiële behoefte wordt onderscheid gemaakt tussen eenmalige en terugkerende arbeid. Onder eenmalige arbeid worden de werkzaamheden gerelateerd aan ombouw en gereed maken van de netten voor waterstof verstaan. Terugkerende arbeid omvat de banen in de exploitatie en onderhoud van de netten. Vervolgens zal gekeken worden of de huidige mbo-onderwijsaanbod toereikend is om het benodigde personeel van de juiste scholing te voorzien. Een groot deel van de in Nederland opererende opleidingsaanbieders op mbo-niveau is hierin meegenomen en omvat reguliere opleiders (ROC's), particuliere opleiders, en interne bedrijfsscholen. Vervolgens zal er advies worden gegeven over aanvullingen op het gebied van opleidingen en faciliteiten en zal daar in het volgende hoofdstuk in meer detail invulling aangegeven worden.

### 4.2 Uitkomsten

#### Arbeidsvraag

In de potentiële vraag worden zowel de eenmalige als de terugkerende arbeid voor de regionale netbeheerders en Gasunie meegenomen. De vraag naar arbeid is uitgedrukt in gemiddelde full time equivalent (fte) per jaar op een bepaald tijdstip. Deze FTE's kunnen worden gezien als directe fulltimebanen.

Voor het gereed maken van de waterstofbackbone wordt voorzien dat er in de periode 2030-2040, 573 FTE per jaar nodig zal zijn. Vanaf 2040 wordt ervan uitgegaan dat de benodigde werkzaamheden al zijn afgerond, waardoor de eenmalige arbeidsvraag tot nul zal dalen. De eenmalige arbeid gelinkt aan het aanpassen van het distributienet zal over de periode 2030-2050 tussen 0 en maximaal 161 FTE per jaar liggen. De terugkerende arbeidsvraag voor exploitatie en onderhoud zal voornamelijk aanwezig zijn in het hoge scenario en pas in 2040 op gang komen. In 2040 wordt geschat, dat de vraag naar arbeid zo'n 3.500 FTE per jaar zal zijn en dat deze zal oplopen naar 7.000 FTE in 2050.

In het meest gunstige scenario waarin de vraag naar waterstof het grootst is, zal Gasunie rekening moeten houden met het in dienst hebben van 573 waterstof-geschoolde monteurs vanaf 2030 en de regionale netbeheerders rekening moeten houden met 161 waterstof-geschoolde monteurs vanaf 2040. Deze monteurs zullen specifiek kennis moeten hebben over het ombouwen van de gasnetten, het werken met aardgas en waterstof. Voor het onderhoud zullen Gasunie en de netwerkbedrijven rekening moeten houden met 3.500 bruto banen en een verdubbeling daarvan in 2050.

#### Waterstofonderwijs

Waterstof is op dit moment een onderwerp waar veel belangstelling voor is. Dit is ook terug te zien in de verschillende projecten, initiatieven en personen die waterstof en onderwijs combineren. Echter, wanneer er wat dieper onder alle enthousiaste verhalen gekeken wordt, blijkt dat er nog niet veel relevante opleidingen worden aangeboden.

Het meeste aanbod is in Noord-Nederland te vinden, waar keuzemodules zijn ontwikkeld door het Noorderpoort College. Hiervan is de 'basis waterstofmodule' al in gebruik. Deze module behandelt de fysische en chemische eigenschappen van waterstof en toepassingsmogelijkheden.

Waterstofopleidingen voor technisch personeel, gericht op het ombouwen van de gasnetten en toekomstig onderhoud, op mbo-niveau of een concrete opzet voor een dergelijke opleiding zijn bij de inventarisatie niet naar voren gekomen.

### Gap-analyse

Uit onderzoek naar de potentiële arbeidsvraag komt naar voren, dat komende jaren monteurs moeten worden opgeleid om het distributienet en transportnet om te bouwen voor en te kunnen onderhouden tijdens transport van waterstof. Dat de waterstofbackbone wordt gerealiseerd, is reeds een feit. Om de ambitie van een landelijk dekkend leidingnet in 2030 te hebben gerealiseerd, zal Gasunie komende jaren al monteurs moeten opleiden/bijhouden op het gebied van waterstof. Voor het lagedruk distributienet zal hier rond 2040 rekening mee moeten worden gehouden.

De inventarisatie naar mbo-onderwijs leert, dat de opleidingen hiervoor niet op de planken liggen en nog ontwikkeld moeten worden. Er zullen mbo-keuzedelen en bijscholingsopleidingen moeten komen voor toekomstige waterstof monteurs. Inhoudelijk moet in de opleidingen ook aandacht worden besteed aan waterstof kennis, echter zal de focus voornamelijk moeten liggen op de specifieke kennis en vaardigheden die nodig zijn voor het ombouwen en later onderhouden van de netten. In de opleiding moet de nadruk worden gelegd op de verschillen ten opzichte van aardgas die het werken met waterstof met zich meebrengt.

Naast het beperkte aanbod aan waterstof opleidingen is ook aangegeven dat er een tekort aan personeel is. Dit geldt voor nu al voor energiesector, er zijn niet genoeg studenten en niet genoeg docenten. Om genoeg personeel te hebben voor de waterstof economie moet er überhaupt genoeg personeel zijn.

Op dit moment is de waterstof economie nog vol in ontwikkeling en is het onduidelijk hoe de toekomst er uit gaat zien. Het is zeer waarschijnlijk dat er naast waterstof ook andere energiedragers gebruikt zullen worden. De energiemix zal gevarieerder zijn in de toekomst. Monteurs zullen daarom naast waterstof, ook te maken krijgen met aardgas, CO<sub>2</sub> en warmte. Werkzaamheden zullen alleen maar complexer worden en monteurs moeten hierop voorbereid worden.

Intervisie zou een middel kunnen zijn, waarmee dit probleem getackeld kan worden. Zo kunnen vanuit het werkveld de opleidingen ontwikkeld worden en kan er gemakkelijk meegebogen worden met veranderingen. Dit kan ook kleinschalig ingezet worden, omdat ook de exacte vraag nog niet duidelijk is.

### 4.3 Conclusie

Opleidingen voor monteurs op mbo-niveau zijn in Nederland momenteel niet aanwezig, maar er zal de komende jaren wel vraag naar ontstaan, om zo in 2030-2040 monteurs met kennis en kunde van een waterstoftransport of distributienet te hebben. De pilotprojectplanningen van de netbeheerders lopen vooruit op deze literatuurstudie en vragen zelfs in de periode 2022-2030 al de eerste monteurs. Er moet daarom actie moeten worden ondernomen om het huidige personeel bij te scholen en technisch personeel met kennis van aardgas- en waterstof distributie op te leiden.

Cursussen die de basiskennis van waterstof en de verschillen ten opzichte van aardgas behandelen zijn onderdeel van het huidige aanbod. Een eerste introductie in waterstof kan dus al worden bijgebracht met: het keuzedeel waterstof van Noorderpoort, de praktijkcursus waterstof van Kiwa Training, of andere educatieve scholing die door de bedrijfsscholen zelf al worden georganiseerd.

Bovenstaande is een introductie, maar een volwaardige opleiding voor technisch personeel zal moeten worden ontwikkeld. Aan de basis van iedere opleiding liggen de benodigde eindtermen. In het volgende hoofdstuk zullen deze worden gespecificeerd.

Naast het schaarse opleidingsaanbod, dient ook aandacht gegeven te worden aan de grote schaarste op de markt op het gebied van technisch geschoold personeel en docenten om hen op te leiden.

## 5. Eindtermen ten behoeve van technisch uitvoerend personeel in de sector infrastructuur en distributie

### 5.1 Inleiding

Er zijn op dit moment voornamelijk opleidingen in de markt die gericht zijn op het bijbrengen van kennis over de toepassingsmogelijkheden en de eigenschappen van waterstof en wat het gebruik van waterstof kan betekenen voor het energiesysteem van de toekomst. Er zijn nog onvoldoende relevante opleidingen voor technisch geschoold personeel die op mbo-niveau werkzaamheden uit moet voeren in en aan het waterstofnet. Dit geldt zowel voor eenmalige als terugkerende handelingen.

Technisch geschoold personeel is (vaak) jarenlang geschoold om te werken met aardgas. Deze personen zijn niet of onvoldoende geschoold voor het ombouwen van het aardgasnet naar het waterstofnet, het uitvoeren van handelingen en het veilig werken in het waterstofnet. Dit geldt zowel voor werkzaamheden in het waterstof hogedruknetwerk (landelijke netbeheerder) als het waterstof lagedruknetwerk (regionale netbeheerders).

Binnen dit onderzoek is er geprobeerd dit gat te vullen met eindtermen. Op relatief korte termijn zullen er monteurs nodig zijn om te werken aan waterstofnetten. Met de opgeleverde eindtermen kunnen opleidingen of keuzedelen gemaakt worden die monteurs hiervoor opleiden.

Op landelijk niveau zijn er nog geen vastgestelde veiligheid werkinstructies (VWI's). De veiligheidsinstructies worden nu per netbeheerder afzonderlijk bepaald. Dit is voor ons de reden om eindtermen te formuleren die, afhankelijk van de waterstof risico analyse (RI) en de landelijke VWI's, later ingevuld moeten worden met concrete leerdoelen.

### 5.2 Uitkomsten

De eindtermen geven aan wat een monteur op mbo-niveau aan kennis en vaardigheden (het kunnen toepassen van de kennis) nodig heeft van waterstof om zijn werkzaamheden aan een 100% waterstofnet te kunnen uitvoeren. Deze eindtermen zijn niet bedoeld voor een netwerk waarin een H<sub>2</sub>/methaan mengsel wordt gebruikt. Voor een groot deel zijn er overeenkomsten tussen de kennis en vaardigheden die monteurs voor lage en hoge druk moeten hebben. Er zijn wat verschillen, afhankelijk van de uiteindelijke technische specificaties en veiligheid werkinstructies (VWI's). Monteurs van de regionale netbeheerders zullen dichtbij en in de bebouwde omgeving werken. Monteurs van de landelijke netbeheerder doen dit minder en hebben te maken met leidingen waar hogere druk op staat. Dit heeft gevolgen voor de kennis en vaardigheden die zij uiteindelijk nodig hebben. Deze verschillen komen aan bod in de leerdoelen die aan de hand van deze eindtermen geformuleerd kunnen worden. Bij het verwerken van de eindtermen is rekening gehouden met het ontbreken van de landelijke VWI's voor het werken met waterstof. De onderliggende leerdoelen dienen dan ook verder vorm te krijgen na het landelijk vastleggen van veiligheid werkinstructies voor waterstof (VWI's) en aan de hand van de waterstof risico inventarisatie (RI). Daarnaast zijn de technische specificaties nog niet duidelijk, deze zullen ook invloed hebben op de leerdoelen en niet op deze eindtermen.

De eindtermen zijn vastgesteld aan de hand van de GAP-analyse en interviews met ROC's en de regionale netbeheerders vertegenwoordigd in de expert assessment group. In onderstaande paragrafen wordt als eerste een definitie gegeven van eindtermen en leerdoelen. Vervolgens wordt er een toelichting gegeven op de eindtermen. Als laatste volgen de eindtermen. Deze zijn aan de hand van de taxonomie van Bloom ingedeeld op het onthouden, begrijpen en het kunnen toepassen van de kennis.

### 5.2.1 Definitie eindtermen en leerdoelen

Eindtermen zijn een beknopte beschrijving van de kennis, inzicht en vaardigheden waarover een monteur die werkzaam is in het waterstofnet aan het eind van een opleiding moet beschikken. Door middel van leerdoelen, met specifieke kennis en vaardigheden, wordt met een lessituatie invulling gegeven aan de eindterm. Dit betreft de stappen die de student moet nemen om tot de eindterm te komen. Conform de opdracht van Hydelta beperken wij ons tot het formuleren van eindtermen.

### 5.2.2 Toelichting op de eindtermen

De eindtermen beschrijven wat iemand aan het eind van een opleiding moet kennen en kunnen. Het is aan de opleider om, aan de hand van de eindtermen, de leerdoelen voor de opleiding vorm te geven.

Bij het ontwikkelen van leerdoelen wordt de waterstof risico inventarisatie (RI) als uitgangspunt gebruikt. De RI dient aangevuld te worden met de benodigde maatregelen om de risico's te beheersen. De RI is onderverdeeld in werksituaties.

Opmerking: per netwerkbedrijf is er gestart met werkinstructies (WI's) per werksituatie. Als na een bepaalde periode blijkt dat deze WI's 'voldoende' zijn, dan worden deze gesmeed tot landelijke veiligheid instructies (VWI). Voorlopig zijn we nog niet zover. Naar verwachting zijn de eerste VWI's in 2024 ter beschikking.

Wanneer gesproken wordt over het kiezen van de juiste veiligheidsmaatregelen in een gegeven werksituatie, dan heeft de werksituatie dus betrekking op de risico-inventarisatie (RI) en daarbij behorende WI's. Voorbeelden van werksituaties zijn; het omzetten van het aardgasnet naar een waterstofnet, het in bedrijf nemen van het net en het lokaliseren van lekken en het veiligstellen van de omgeving. Daarnaast brengen de werkzaamheden in de hoge druk en lage druk ook verschillen met zich mee. Deze verschillen worden aan de hand van de werksituaties op leerdoelniveau vormgegeven, niet op het niveau van eindtermen.

De deelnemers hebben een achtergrond met aardgas opleidingen en voeren werkzaamheden uit in het aardgasnet met de daarbij behorende VIAG aanwijzing. Zij zijn allen bekend met de aardgasbegrippen en terminologieën. Velen doen de werkzaamheden vanuit historie en technische aardgas ervaring. Ondanks dat het noodzakelijk is om de verschillen kenbaar te maken tussen de twee gassen en de bijbehorende werkzaamheden, is het van belang dat er tijdens de opleiding vooral gefocust wordt op het werken in het waterstofnet. Zodat men leert om specifiek deze werkmethode te hanteren tijdens de werkzaamheden in het waterstofnet en niet continue bezig is met het maken van een vergelijking tussen zijn/haar werkzaamheden.

De eindtermen zijn erop gericht om deelnemers bewust te maken van de risico's en maatregelen die het werken in het waterstofnet met zich meebrengt. De deelnemers moeten hun gedrag en houding afstemmen op de risico's waarmee zij te maken krijgen tijdens het werk. Er moet een besef worden gecreëerd waarom er voor bepaalde veiligheidsmaatregelen wordt gekozen en waarom bepaalde dingen anders gaan dan bij het werken in het aardgasnet. Ze moeten laten zien dat zij in staat zijn om tijdens de werkzaamheden de veiligheidsmaatregelen te hanteren en daarbij rekening te houden met de risico's waarop deze maatregelen zijn gebaseerd. Het is dan ook van belang dat er tijdens de opleiding voldoende aandacht wordt besteed aan risicobesef, gedrag, houding en daaruit voortvloeiend handelen.

De VIAG kent meerdere rollen. Bij het ontwikkelen van een opleiding dient rekening gehouden te worden met deze verschillende rollen. Een werkverantwoordelijke is bijvoorbeeld de hoogste rol in de VIAG voor de operatie. Van de werkverantwoordelijke wordt meer verwacht dan alleen de basis gaskennis. Zij moeten meer kunnen beargumenteren waarom bepaalde zaken worden gedaan en waarom ze anders worden gedaan dan in het aardgasnet. Binnen de verschillende VIAG rollen zijn dus weer andere verwachtingen.

### 5.2.3 Eindtermen

#### Onthouden

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

De fysische en chemische eigenschappen van waterstof benoemen.

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

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

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

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

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

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

#### Begrijpen

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

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

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

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

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

#### Toepassen

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

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

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

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



### 5.3 Conclusie

De basis voor keuzedelen en bijscholingsopleidingen voor monteurs die zullen werken aan de ombouw en het onderhoud van regionale distributienet leidingen tot 8 bar en hogedruk waterstofleidingen van meer dan 40 bar is in bovenstaande eindtermen vormgegeven. Hierin staan algemene kennis over waterstof, (verandering in) technische processtappen en veilig handelen centraal. Een gedetailleerde uitwerking van de eindtermen in vorm van leerdoelen, kan verder ontwikkeld worden na het landelijk vastleggen van veiligheid werkinstructies voor waterstof (VWI's) en na duidelijkheid over de technische specificaties.

## 6. Conclusie

Op het vlak van de infratechniek (distributie van energie in de vorm van (aard)gas, warmte en elektriciteit) is er bij opleiders geen aanbod op het gebied van waterstof. Toch zal er de komende jaren vraag naar ontstaan zo om in 2030-2040 monteurs met kennis en kunde van een waterstoftransport of distributienet te hebben. De pilotprojectplanningen van de netbeheerders lopen vooruit op de literatuurstudie en vragen in de periode 2022-2030 al de eerste monteurs. Er moet daarom actie moeten worden ondernomen om het huidige personeel bij te scholen en technisch personeel met kennis van aardgas- en waterstofdistributie op te leiden.

Cursussen die de basiskennis van waterstof en de verschillen ten opzichte van aardgas behandelen zijn onderdeel van het huidige aanbod. Een eerste introductie in waterstof kan dus al worden bijgebracht met het beschikbare het keuzedeel waterstof van Noorderpoort, de praktijkcursus waterstof van Kiwa Training, of andere educatieve scholing die door de bedrijfsscholen zelf al worden georganiseerd.

Een volwaardige opleiding voor technisch personeel is niet aanwezig en zal moeten worden ontwikkeld. Aan de basis van iedere opleiding liggen de benodigde eindtermen. Een aanzet voor deze eindtermen staat in hoofdstuk 5 gespecificeerd. De basis voor keuzedelen en bijscholingsopleidingen voor monteurs die zullen werken aan de ombouw en het onderhoud van lage- en hogedruk waterstofleidingen is daarin vormgegeven. De algemene kennis over waterstof, (verandering in) technische processtappen en veilig handelen staan hierin centraal. Een gedetailleerde uitwerking van de eindtermen in vorm van leerdoelen, kan verder ontwikkeld worden na het landelijk vastleggen van veiligheid werkinstructies voor waterstof (VWI's) en na duidelijkheid over de technische specificaties.

Naast het schaarse opleidingsaanbod, is er op de arbeidsmarkt ook sprake van schaarste. Dit geldt voor zowel studenten als docenten op het gebied van de infratechniek. Hier dient ook aandacht aan gegeven te worden, daar de transitie naar waterstof slechts uitgevoerd kan worden als het uitvoerend personeel (en docenten om hen op te leiden) ook daadwerkelijk beschikbaar zijn.

## Referenties

- [1] -, „Investeringsplan Waterstof Noord-Nederland 2020,” Provincie Groningen, 2020.
- [2] C. Leguijt, E. van den Toorn, A. Bachaus en C. Jongma, „Werk door groene waterstof investeringen (update en uitbreiding),” CE Delft, Delft, 2021.
- [3] Gasunie, „Gasunie versnelt investeringen voor de energietransitie,” 2021. [Online]. [Geopend 2021].
- [4] Kiwa, „Toekomstbestendige Gasdistributienetten,” Kiwa Technology B.V., Apeldoorn, 2018.
- [5] CBS, „ Investeringen in energie en de daarmee gepaard gaande werkgelegenheid,” [Online]. Available: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/diversen/2020/economische-ontwikkeling-van-de-energievoorziening/4-investeringen-in-energie-en-de-daarmee-gepaard-gaande-werkgelegenheid>. [Geopend 2021].
- [6] R. Hogt, Onderwijsplan waterstoftechnologie “plan en realisatie”, <https://www.groenewaterstofbooster.nl/custom/uploads/2021/02/Bijeenkomst-Hydrogreenn-18feb.-2.pdf>, 2021.

## I. Bijlage I

In onderstaande tabel staan alle scholen die in website onderzoek naar voren kwamen met enige waterstof activiteit. De groen gearceerde scholen zijn geselecteerd voor verder onderzoek door middel van interviews.

Opleidingsinstelling	Waterstofactiviteit	Niveau
Albeda	Geen activiteit, wel samenwerkingen met techniek college Rotterdam (zie aparte regel)	MBO
Aventus	Project Rijden op waterstof. De TU Delft en DEAC te Teuge hebben geholpen met rondleidingen en gastlessen over waterstoftechniek.	MBO
Koning Willem I College	Opleiding: (eerste) Monteur gas-, water- en warmtedistributie. Navragen in hoeverre ze hier aandacht besteden aan waterstof. Leermiddelen worden gebruikt van stichting BLEI.	MBO
MBO Amersfoort/school voor techniek	Bieden opleidingen aan voor (eerste) monteurs in de distributietechniek. Noemen zichzelf de technische duurzame opleider van de regio. Sluiten aan bij de laatste ontwikkelingen bij de energietransitie.	MBO
MBO Rijnland	Smart Technology. 'The Next Generation Woonwijk' – een zogenaamd living lab, waarin mbo-studenten Smart Technology, Bouw, Installatietechniek en Elektro worden betrokken bij de energietransitie. Studenten denken mee over de manier waarop wijken sneller aardgasvrij gemaakt kunnen worden. Samenwerking met Stedin, Van Dorp Installaties, Dura Vermeer, Wc Vidomes, Bébouw Midreth en gemeente Zoetermeer. Nemen duurzame energietechniek mee in hun opleidingen over elektrotechnische installaties.	MBO
ROC A12/Technova college	Opleiding Monteur werkbouwkundige installaties. Wel waterstof nieuws als het gaat om automotive (samenwerkingsproecten praktijk en studenten).	MBO
ROC Midden Nederland	Tech College van ROCMN heeft subsidie gekregen voor duurzame mobiliteit en duurzame energie en gaat hiermee ook huidige opleidingen aanpassen en nieuwe opleidingen ontwikkelen. Doen ook mee aan innovatieweek duurzaamheid	MBO
ROC Nijmegen	Organiseren jaarlijks week van de duurzaamheid waarbij in groepen gewerkt wordt (o.a. waterstof staat daar op de agenda). Voor leerlingen van bouwkunde en engineering. Opleiding	MBO

	Middenkaderfunctionaris engineering werktuigbouwkunde, energietechniek.	
ROC Rivor	Smart Technology Experience Centre (onderwijs, overheid, ondernemers samen). Studenten opgeleid om te werken in de energietransitie. Hebben opleiding Smart Building ontwikkelt waarbij veel aandacht is voor innovatie, duurzaamheid etc.	MBO
Summa College	Waterstof krijgt alleen de aandacht in opleidingen voor automotive.	MBO
Techniek College Rotterdam	September 2020 Beroeps-campus in Middelharnis waar vaklieden opgeleid worden de energietransitie en duurzame energietechnieken. September 2020 gestart met vier nieuwe opleidingen waar jongeren leren hoe ze de opvolger van de cv-ketel moeten installeren en onderhouden.	MBO
Alfa-college	Trainingsmodule Waterstof Werkt, onderdeel van Technicus Engineering BOL niveau 4. Ook beschikbaar voor bedrijven. Leerlingen werken ook tiny op waterstof, raceboot op waterstof, hielpen mee met opening Hystock	MBO
Deltion College	waterstofproject met derdejaar autotechnici, verder vrij weinig	MBO
Drenthe College	Nieuw keuzedeel genaamd "Waterstoftechnologie in de industrie" met bedrijven en Noorderpoort college, begin komend schooljaar. Samen met Alfacollege waterstof educatie centrum, meer voor primair en voorgezet onderwijs. Docenten hebben meerder masterclasses over waterstof gevolgd.	MBO
Friesland College	Waterstof auto's worden behandeld bij opleiding specialist mobiele techniek, watertechnologie is een keuzedeel bij opleiding technisch specialist personeneauto's	MBO
Noorderpoort	Bieden al waterstof trainingen aan. Zijn daarnaast actief met ontwikkelen van waterstof modules, zie ook leaflet in Teams. Contact gehad met Roeland Hogt. Werken samen met anders MBO scholen in Energy College, Gas 2,0 en met Universiteiten en Hogescholen oa in Groene waterstof booster project	MBO
ROC Friese Poort	Weinig te vinden, wel betrokken bij energy college	MBO
ROC Nova College	niets te vinden, wel opleiding duurzaam energie adviseur	MBO
SOMA College	Opleidingen voor vakmannen en uitvoerders. Om monteurs en machinisten van de toekomst voor te bereiden op deze nieuwe wereld, schakelt opleidingsinstituut SOMA College in Harderwijk volgend schooljaar geleidelijk over naar elektrisch en waterstof. Bij wegenbouw gaan de machines van Diesel naar Elektrisch. En kijken ze naar mogelijkheden	MBO

	om waterstof op te wekken op de bouwplaats. SOMA college heeft haar opleiding Monteur voertuigen en mobiele werktuigen aangepast naar Technicus voertuigen en mobiele werktuigen. Onderdelen zijn het 'zero emissie materieel', nieuwe aandrijftechnieken en elektrische en waterstof motoren.	
Kiwa Training	Kiwa Training biedt een aantal e-learnings aan op het gebied van waterstof: Miniatuur brandstofcellen, productie en behandeling, introductie in brandstofcellen en waterstof, WKK-centrales met brandstofcellen, Brandstofcellen voor transporttoepassingen, generatoren op basis van brandstofcellen. Ook heeft Kiwa Training een praktijkgerichte waterstof cursus waarbij in wordt gegaan op de eigenschappen van waterstof, hoe het zich gedraagt in de praktijk. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een waterstoffafel om praktijkproeven te kunnen doen. De Praktijkcursus Waterstof is bedoeld voor monteurs, uitvoerders, veiligheidskundigen en andere technici in de energiesector en alle andere professionals die verwachten in de praktijk met waterstof te maken te krijgen. Daarnaast komt waterstof aan bod in de opleidingen Duurzame Energie- en Warmtedistributie, Energietransitie: Gastechniek, Energietransitie en duurzame energie. Kiwa heeft op haar locatie een waterstofhuis gebouwd (Hydrogren Experience Center) waar monteurs praktisch opgeleid kunnen worden in het omzetten van het aardgasnet naar een waterstofnet.	MBO, MBO+, HBO
Energy College	Biedt masterclasses aan op het gebied van waterstof gericht op ontwikkelingen en samenwerkingen bij de ROC's. Bijvoorbeeld de H2 raceboot. Energycollege is een samenwerkingsverband tussen scholen. Het is een platform voor innovatie, educatie en ontmoeting voor vakmensen en pioniers in de energiesector in Nood-Nederland.	MBO
PHOE (post-HBO opleidingen in Energie)	In de opleiding Duurzame energie zit een gedeelte waterstof. Deelnemers zijn veelal medewerkers van gemeenten, provincie, waterschappen, energiebedrijven. hbo-niveau of gelijkwaardig gewenst. Om deel te nemen aan de post-hbo-opleiding Duurzame Energie is hbo-niveau of gelijkwaardig gewenst. Daarnaast bieden ze de opleiding introductie energiekunde, Na de opleiding Introductie Energiekunde beschikt de lerende over de kennis die nodig is bij het oplossen van energievraagstukken. Na de opleiding is de lerende een energiedeskundige die voldoende allround is om in een bedrijfssituatie de benodigde maatregelen te bepalen ter bevordering van een optimale energiehuishouding. Voor deelname aan de post-hbo-opleiding Introductie Energiekunde is tenminste een technische en fysische achtergrond op hbo-niveau gewenst. Deelnemers zijn veelal (energie)adviseurs, facilitair	MBO+/HBO

	managers, vergunningverleners en medewerkers van technische diensten.	
Energy Delta Institute	In samenwerking met DNV en Waterstofnet organiseert Energy Delta institute een masterclass waterstof. De masterclass wordt gegeven door experts op dit gebied en er wordt een compleet overzicht gegeven van de hele waardeketen aan waterstof, de rol van waterstof in de energietransitie, de ontwikkeling van de kosten en volumes, technologische ontwikkelingen en verschillende vormen van waterstofopslag. Er is ook aandacht voor het transport van waterstof, flexibele eigenschappen en de eindtoepassingen en het perspectief op een groene waterstofeconomie in de toekomst. Er wordt uitgebreid ingegaan op de toekomstmogelijkheden en verdienmodellen van waterstof en het perspectief op een waterstofeconomie. Het levert een compleet overzicht van de waterstofwaardeketen, reëel inzicht in de toekomstmogelijkheden van waterstof en het biedt uitwisseling van kennis met experts en collega's. Je leert er: overzicht van (on)mogelijkheden van waterstof, laatste ontwikkelingen, technologische uitdagingen (waaronder vervoer), verdienmodel voor waterstof. De masterclass is bedoeld voor professionals binnen en buiten de energiesector die de gehele waterstof waardeketen willen leren kennen, met bijzondere aandacht voor Noord-Nederland. Daarnaast bieden ze een intensive waterstof cursus aan. In deze driedaagse wordt dieper ingegaan op de wetgeving rondom waterstof en worden diverse businesscases behandeld. Samen met Brunel biedt EDI een Post HBO opleiding aan op het gebied van waterstof. Hier wordt dieper ingegaan op onderwerpen zoals energietransitie, de waterstof waardeketen, transport, regelgeving en systeemintegratie.	MBO+, HBO, Universitair
SOMA bedrijfsopleidingen	Opleider in de infratechniek. Niets specifiek te vinden over waterstof. Meer informatie aangevraagd in hoeverre waterstof aan bod komt in bijvoorbeeld de opleiding eerste monteur gas, water en warmte.	MBO
PAO Techniek	Geeft een waterstofopleiding voor professionals over de eigenschappen en toepassingen van waterstof. Het is niet gericht op werkzaamheden die in het waterstofnet plaatsvinden. De vragen welke rol waterstof in het energiesysteem inneemt en waarom er voor waterstof wordt gekozen worden beantwoord. Tijdens de cursus komen de volgende onderwerpen aan de orde:  De rol van waterstof in het energiesysteem  Relevante fysische eigenschappen en rekenvoorbeelden	MBO, MBO+, HBO

	<p>Opslag en transport</p> <p>Toepassingsvoorbeelden kracht, licht en warmte</p> <p>Brandstofcellen, werking en toepassing</p> <p>Opwekking: reforming, elektrolyse, zuivering</p> <p>Toepassing: fieldlab lokale opwekking elektrolyse, opslag en tankstation</p>	
Van Empel opleidingen	<p>Voornamelijk gericht op installatietechniek. Biedt een workshop aan: wat u moet weten over waterstof. Technici, engineers, werkvoorbereiders, projectleiders en facility managers die op de hoogte willen worden gebracht rondom de ontwikkelingen op het gebied van de energietransitie “van aardgas naar waterstofgas”. De volgende onderwerpen worden behandeld:</p> <p>welke mogelijkheden biedt waterstof?</p> <p>Toepassingsgebieden waterstof;</p> <p>Wat is waterstof?</p> <p>Waarom van aardgas naar waterstof?</p> <p>Voor- en nadelen van waterstof;</p> <p>Waterstof en milieu-eisen;</p> <p>Normen en normalisatie;</p> <p>Wat kan/moet ik doen met mijn installatie(s);</p> <p>Ruimte voor vragen en ingekomen stukken.</p>	MBO, MBO+, HBO
Alles over Waterstof	<p>Alles over waterstof organiseert een eendaagse praktische cursus over waterstof. Zaken die aan de orde komen zijn: Wat is waterstof, Hoe maak je waterstof, hoe sla je waterstof op en transporteer je het, wat zijn de toepassingsmogelijkheden in de bebouwde omgeving, transport en industrie, hoe veilig is waterstof, welke rol kan waterstof spelen in de energietransitie. naast theorie demonstreren ze ook hoe waterstof gemaakt wordt, hebben ze een miniatuur waterstofauto, een waterstofstep en een waterstof drone, en een waterstof kookstel.</p>	MBO, MBO+, HBO
Berghauser Pont Academy	<p>Biedt een eendaagse cursus aan op het gebied van waterstof hierin wordt ingegaan op wat waterstof is, waarom het relevant is voor het halen van de klimaatdoelen, welke toepassingen interessant zijn in het kader van de energietransitie, hoe de waterstofketen in elkaar zit, welke veiligheids- en andere issues zijn belangrijk, wat is de plek van waterstof in het overheidsbeleid en het juridisch kader,</p>	HBO



	welke doelgroepen hebben hiermee te maken? De cursus is bestemd voor beleidsmedewerkers duurzaamheid en energietransitie, projectleiders en juristen die betrokken zijn bij het opstellen van regionale energiestrategieën en projecten voor duurzame energie-infrastructuur, (milieu)adviseurs bij gemeenten, omgevingsdiensten en provincies. Daarnaast is cursus ook interessant voor medewerkers van bedrijven voor wie waterstof een lonkend perspectief lijkt.	
--	--	--