



Omgevingsverkenning Waterstofdragers Zeeland

Datum: 26 mei 2025
Projectnummer: 2024-160
Opdrachtgever: Provincie Zeeland
Auteur(s): [redacted], [redacted] & [redacted]

Omgevingsverkenning Waterstofdragers Zeeland

Datum: 26 mei 2025
Opdrachtgever: Provincie Zeeland
Auteurs: [REDACTED], [REDACTED]
Gecontroleerd door: [REDACTED]
Projectnummer: 2024-160
Kenmerk: R-01-2024-160-Provincie Zeeland-Omgevingsverkenning-0525-01

Revisies

Revisie	Datum	Documentbeschrijving
1	1 mei 2025	1 ^{ste} concept t.b.v. bespreking met de klankbordgroep en stuurgroep
2	26 mei 2025	Eindconcept ten behoeve van presentatie in GS provincie Zeeland

© Copyright Oostkracht10

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	6
1.2 Doelstelling	6
1.3 Aanpak	6
1.4 Uitgangspunten	7
2 Waterstofdragers in de waterstoftransitie	9
2.1 Waterstof	10
2.2 Waterstofdragers	11
2.3 Systeem water(stof)dragers	14
2.4 Keuze waterstofdragers	16
2.5 Conclusie waterstofdragers	16
3 Systeem waterstofdragers in Zeeland	17
3.1 Waterstofinitiatieven	18
3.2 Import ammoniak	20
3.3 Waterstofbalans	21
3.4 Nieuw transport	23
3.5 Nieuwe bedrijven	25
3.6 Conclusie waterstofsysteem	27
4 Impact milieu en veiligheid waterstofdragers in Zeeland	28
4.1 Milieu- en veiligheidsimpact	29
4.1.1 Externe veiligheid	29
4.1.2 Geluid	30
4.1.3 NO _x	30
4.1.4 CO ₂	31
4.1.5 (Zoet)water	31
4.1.6 Maatgevende milieuthema's	32

4.2 Waterstofsyste men, milieu en veiligheid	32
4.2.1 Nieuw transport	32
4.2.2 Nieuwe activiteiten	36
4.3 Conclusie milieu- en veiligheidsimpact	38
5 Sturingsmogelijkheden provincie Zeeland	40
5.1 Zeeuwse ambities	41
5.2 Rollen en instrumenten	42
5.3 Mogelijke beleidsscenario's	42
5.3.1 Minimaal scenario – Wettelijke taken uitvoeren	42
5.3.2 Gemiddeld scenario - Faciliteren	42
5.3.3 Maximaal scenario - Sturen	43
5.4 Sturingsmogelijkheden per scenario (niet limitatief)	43
5.5 Conclusie sturingsmogelijkheden	46
6 Waterstoftransitie dynamiek en onzekerheden	47
6.1 Onzekerheden in de verkenning	48
6.2 Bepalende factoren	49
7 Conclusies	52
7.1 Nieuw energiesysteem	53
7.2 Milieu- en veiligheidsimpact	53
7.3 Sturingsmogelijkheden	54
8 Bronnen	55
9 Kengetallen	57
10 Definities	58

Bijlage 1 Eigenschappen van waterstofdragers	60
Gasvormige waterstof (GH ₂)	61
Vloeibare waterstof (LH ₂)	63
Ammoniak (NH ₃ , koud/warm)	65
Methanol (MeOH)	67
Vloeibare organische koolwaterstoffen (LOHC's)	69
Vloeibare synthetische methaan (LSM of e-LNG)	71
 Bijlage 2 Initiatieven waterstofdragers in Zeeland	 72
Bijlage 3 Kaart gifwolkaandachtsgebieden Zeeland	74

A coastal landscape featuring a sandy beach, a blue sea, and a clear blue sky. In the foreground, there are tall, golden-brown dune grasses. A red rectangular overlay is positioned on the left side of the image, containing the word 'Inleiding' in white text. The top edge of the red overlay has a diagonal hatched pattern.

Inleiding

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Met ruim 530.000 ton per jaar is het havengebied van North Sea Port momenteel één van de grootste waterstofproducenten en -afnemers ter wereld. In Zeeland werken bedrijven en overheid samen aan het realiseren van het verminderen van de CO₂-uitstoot. Een belangrijke stap daarin is het overstappen op duurzame waterstof als energiebron en brandstof. Daarnaast is waterstof een belangrijke grondstof voor de proces- en maakindustrie.

De provincie Zeeland ziet waterstof als een belangrijke pijler van de energietransitie en streeft ernaar om een voortrekkersrol te vervullen op dit gebied (Provincie Zeeland 4, 2023). Met een sterke industriële sector, het havengebied, het hoofdnetwerk van infrastructuur en de mogelijkheden voor opwekking van energie op zee zijn de randvoorwaarden voor een sterke waterstofindustrie aanwezig. Daarnaast biedt de ontwikkeling van waterstof kansen voor werkgelegenheid en economische groei in Zeeland.

De waterstoftransitie zal – zeker in een transitieperiode – leiden tot een toename van op- en overslag van vervoer van gevaarlijke stoffen (over weg, water en via het spoor). Provincie Zeeland, North Sea Port en Smart Delta Resources zijn om die reden o.a. een haalbaarheidsstudie gestart naar de aanleg van een ammoniakpijpleiding (WSP, 2024). Om de gevolgen van de waterstoftransitie voor milieu en veiligheid in kaart te brengen heeft de provincie Zeeland in de Zeeuwse Omgevingsvisie de uitvoering van de ‘omgevingsverkenning’ aangekondigd.

1.2 Doelstelling

Het doel van de omgevingsverkenning is inzicht te geven in de impact op veiligheid en milieu van de te verwachten ontwikkelingen rondom het nieuwe

energiesysteem met waterstof(dragers) in de provincie Zeeland. De verkenning geeft daarmee een inhoudelijke basis om het gesprek met de omgeving aan te gaan. Ook geeft de verkenning een basis, om in een latere fase onderbouwd beleidskeuzes te kunnen maken als dat nodig is.

In het onderzoek zijn de volgende drie hoofdvragen geformuleerd:

1. Hoe ziet het systeem als het gaat om waterstofdragers er naar verwachting in 2035 en 2050 uit in de provincie Zeeland?
2. Welke impact heeft de introductie van de verschillende waterstofdragers op de milieu- en veiligheidsruimte?
3. Welke sturingsmogelijkheden heeft de provincie voor wat betreft de ontwikkelingen met nieuwe waterstofdragers?

1.3 Aanpak

De omgevingsverkenning is uitgevoerd op basis van het raadplegen van literatuur en het voeren van gesprekken met stakeholders binnen en buiten Zeeland. De uitvoering van de omgevingsverkenning is begeleid door een stuurgroep vanuit de provincie Zeeland en een klankbordgroep bestaande uit diverse stakeholders. In de klankbordgroep zijn de volgende organisaties vertegenwoordigd:

- Provincie Zeeland
- Zeeuwse Gemeenten (Goes, Terneuzen en Vlissingen)
- Smart Resources Delta (SDR)
- North Sea Port (NSP)
- RUD Zeeland
- DCMR Milieudienst Rijnmond
- Veiligheidsregio Zeeland
- Ministerie van Klimaat en Groene Groei
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Bij het beantwoorden van de onderzoeksvragen brengen we in beeld welke nieuwe activiteiten door de waterstoftransitie in Zeeland verwacht worden en welke (additionele) milieu- en veiligheidsimpact daardoor verwacht kan in Zeeland. De gevolgen kunnen op lange termijn (op verschillende publieke belangen) zowel positief als negatief zijn. Een positief gevolg is dat bijvoorbeeld de CO₂ uitstoot en veiligheidsrisico's van fossiele brandstoffen zullen afnemen. Een negatief gevolg is dat er nieuwe risico's bij komen door zowel de introductie van nieuwe technologieën als door de hoogte van de volumestromen van waterstof en ammoniak. In deze verkenning beschouwen we de additionele milieu- en veiligheidsimpact en verkennen niet hoe de milieu- en veiligheidsimpact in Zeeland in de jaren ook afneemt door de waterstoftransitie. In deze verkenning ligt de focus op de gebruiksfase van deze nieuwe activiteiten en niet de bouwfase. Tot slot, voor de toename van milieu- en veiligheidsimpact als gevolg van de waterstoftransitie is het in vergunningverlening mogelijk om mitigerende maatregelen te nemen voor het beperken van de milieu- en veiligheidsimpact. Deze mogelijke maatregelen zijn in deze verkenning niet meegenomen in de analyse.

1.4 Uitgangspunten

In de omgevingsverkenning zijn uitgangspunten gekozen om tot een goede uitvoering te komen. De belangrijkste uitgangspunten zijn:

Zeeland

In deze verkenning is onderzoek gedaan naar de impact van de waterstoftransitie in het bestuursgebied van de provincie Zeeland. Dat betekent dat niet is gekeken naar effecten buiten Zeeland. Ook is niet gekeken naar de directe impact van de waterstoftransitie vanuit omliggende provincies op Zeeland. Het vervoer van gevaarlijke stoffen door en langs Zeeland, zoals het zeevaartverkeer over de Westerschelde o.a. naar Antwerpen, is nadrukkelijk wel meegenomen. Binnen Zeeland vindt de waterstoftransitie voornamelijk plaats in North Sea Port en de omliggende infrastructuur. North Sea Port is een grensoverschrijdend havengebied van de zeehavens Gent,

Terneuzen en Vlissingen. In deze verkenning richten we ons primair op ontwikkelingen in het Zeeuwse deel van North Sea Port: Terneuzen (hierna Kanaalzone genoemd) en Vlissingen (hierna Sloegebied genoemd).

In deze verkenning wordt met 'provincie Zeeland' bedoeld op de provinciale ambtelijke en bestuurlijke organisatie van de Provincie Zeeland.

Waterstofdragers

Een waterstofdrager is een stof of materiaal dat waterstof kan opslaan, transporteren of vrijgeven voor energieopwekking of industriële toepassingen. In deze verkenning is gekozen voor het beoordelen van de volgende waterstofdragers:

- Gasvormige waterstof (H₂ of GH₂)
- Vloeibare waterstof (LH₂)
- Ammoniak (NH₃)
- Methanol (MeOH)
- Liquid organic hydrogen carriers (LOHC's)
- Vloeibaar synthetisch methaan (LSM)

Milieu en veiligheid

In deze verkenning is gekozen voor het beoordelen van de impact van de waterstoftransitie op de volgende thema's:

- Externe Veiligheid
- Geluid
- Koolstofdioxide (CO₂)
- Stikstofoxiden (NO_x)
- Zoetwater

We beperken ons hierbij tot een inschatting van de impact in de exploitatiefase van waterstoftransitie projecten. Uiteraard komen er ook bij de realisatiefase van de projecten emissies van bijvoorbeeld CO₂ en NO_x vrij. Deze emissies zijn momenteel regelmatig een belemmering bij de vergunning van dergelijke projecten, maar zijn ook van relatief korte duur. De milieu-impact in de realisatiefase wordt daarom buiten beschouwing gelaten.

Volumes waterstofdragers

In verschillende studies is onderzoek gedaan naar waterstofdragers in Zeeland (Berenschot Groep B.V., Arcadis Nederland, TNO, z.d.; CE Delft, 2020). Voor deze verkenning is de waterstofbalans zoals beschreven in het rapport Cluster Energie Strategie (CES) 3.0 van 2024 als uitgangspunt genomen. Door SDR zijn in 2025 nieuwe cijfers beschikbaar gesteld over met name de verwachte import en export van ammoniak. Deze zijn als uitgangspunt genomen voor de ammoniak-import en doorvoer.

De waterstofbalans in CES 3.0 is gebaseerd op een aantal uitgangspunten. De importverwachtingen van bedrijven in North Sea Port zijn bepalend voor de aard en volumes van de waterstofdragers. De elektrolysecapaciteit gebaseerd op een schatting van de initiatieven die er nu in de markt zijn (TNO, 2023).

Dynamiek en onzekerheden

In de afgelopen jaren zijn verschillende studies verschenen over het verwachte systeem van waterstofdragers (techniek, volumes) in Nederland. Voor deze verkenning hebben wij de waterstofbalans, zoals beschreven in het rapport Cluster Energie Strategie (CES) 3.0 (Smart Delta Resources, 2024) , als vertrekpunt genomen. De daadwerkelijke ontwikkeling van het systeem van waterstofdragers is sterk afhankelijk van kritieke (investerings)beslissingen door bedrijven en samenwerking binnen publiek-private coalities. De investeringsbesluiten zijn sterk afhankelijk van marktontwikkelingen (vraag-aanbod), de ontwikkeling van infrastructuur voor transport en politieke ontwikkelingen. Daarmee is per definitie sprake van een onzekerheid in de uitspraken die we doen.

2. Waterstof- dragers in de energie- transitie



2 Waterstofdragers in de waterstoftransitie

We beginnen dit hoofdstuk eerst met een korte inleiding op de stof 'waterstof' (paragraaf 2.1), om vervolgens uit te leggen dat waterstof wordt gedragen door verschillende 'waterstofdragers' (paragraaf 2.2 en 2.3). Op basis van die beschrijving stellen we vast wat naar verwachting de meest bepalende waterstofdragers zullen zijn in Zeeland (paragraaf 2.4) en sluiten we af met een conclusie (paragraaf 2.5).

2.1 Waterstof

Waterstof wordt op dit moment al gemaakt en gebruikt in de provincie Zeeland. Waterstof is het lichtste en meest voorkomende element in het universum. Het is een kleurloos, geurloos en brandbaar gas, dat vooral

gebonden is aan andere elementen, zoals in water (H₂O) en organische verbindingen. Waterstof wordt op dit moment voornamelijk geproduceerd uit aardgas (een proces waarvan het eindproduct bekend staat als grijze waterstof) en wordt gebruikt voor bijvoorbeeld de productie van kunstmest.

Volgens de Klimaatwet moet Nederland in 2050 klimaatneutraal zijn. Om dit doel te bereiken, is het noodzakelijk het gebruik van fossiele energiebronnen – terug te dringen. Groene waterstof kan hierbij een belangrijke rol vervullen. In onderstaande tabel is een beschrijving opgenomen voor grijze, blauwe en groene waterstof.

Tabel 1 - Beschrijving grijze, blauwe en groene waterstof

Grijze waterstof	Blauwe waterstof	Groene waterstof
Wordt gemaakt uit aardgas via stoomreforming, waarbij waterstof en CO ₂ ontstaan. Voor elke kilo waterstof komt ongeveer 10 kilo CO ₂ vrij.	Wordt gemaakt uit aardgas via stoomreforming, waarbij waterstof en CO ₂ ontstaan. De CO ₂ wordt afgevangen en opgeslagen (Carbon Capture and Storage, CCS). Een beperkte CO ₂ -uitstaat tijdens de productie.	Wordt geproduceerd door elektrolyse van water, waarbij elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen, zoals zon of wind wordt gebruikt. Geen CO ₂ -uitstoot tijdens de productie.

In het Nationaal Plan Energiesysteem (Ministerie van Economische Zaken, 2023) wordt voor 2050 een aanzienlijke vraag naar waterstof verwacht in Nederland (ongeveer 660 petajoule). Waterstof wordt naar verwachting gebruikt:

1. Als grondstof voor industrieën zoals raffinage, chemische productie en staalproductie.
2. Als basis voor hernieuwbare brandstoffen, met toepassingen in zwaar wegtransport, scheepvaart en luchtvaart.
3. Als energiebron voor industriële processen die hoge temperaturen vereisen, zoals in de chemische sector en bouwkeramiek.
4. Voor het in balans brengen van hernieuwbare elektriciteit, waarbij elektrolyzers inspelen op wisselend aanbod van energie uit opwekking van windenergie en zonne-energie.
5. Voor energieopslag, zowel voor stabilisering van het energiesysteem als strategische reserves.

Om in de nieuwe vraag naar waterstof in Nederland te voorzien investeren bedrijven en overheden in het produceren van waterstof via elektrolyse (uit elektriciteit en water). Om in de (toekomstige) vraag aan waterstof te voorzien is ook import van waterstof nodig.

2.2 Waterstofdragers

Groene waterstof is een duurzame oplossing voor de energietransitie, het stoot geen CO₂ of stikstof uit en kan gebruikt worden op veel verschillende manieren. Het gebruik van waterstofgas voor opslag en vervoer blijkt echter minder efficiënt, wat de noodzaak geeft om te kijken naar andere manieren om waterstof te vervoeren en op te slaan. Voor het toepassen van waterstof zijn 'waterstofdragers' essentieel in het transport en de opslag van de 'waterstofmoleculen'.

Om waterstof bijvoorbeeld per schip te kunnen importeren moet het eerst vloeibaar worden gemaakt (bij -253 graden Celsius) of worden omgezet in een 'waterstofdrager' waaruit op de plaats van bestemming door reconversie weer waterstof kan worden gewonnen. Zeeland gaat een rol spelen in het importeren van 'waterstofdragers' voor gebruik in Zeeland en voor eindgebruikers buiten Zeeland, zoals België, Duitsland en Nederland (bijvoorbeeld Chemelot, Rotterdam of het Noordzeekanaalgebied).

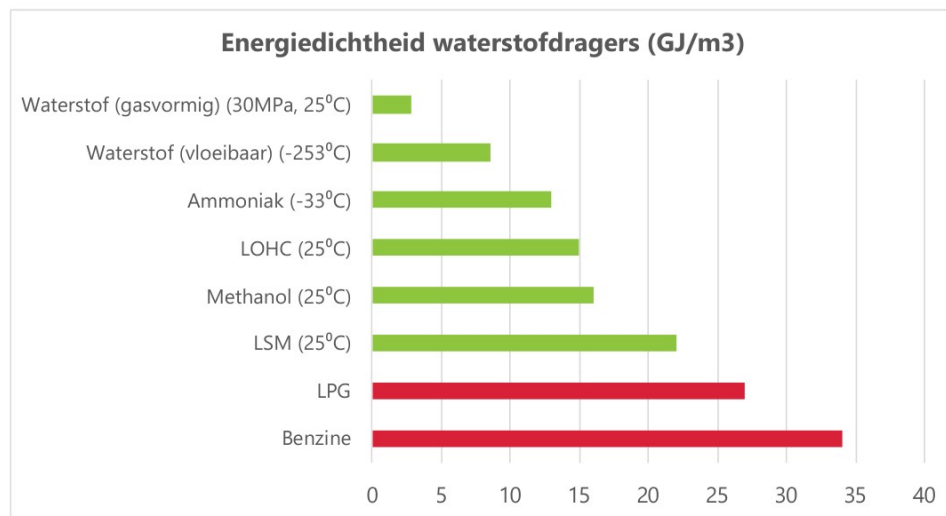
Definitie waterstofdrager

Een waterstofdrager is een stof of materiaal dat waterstof kan opslaan, transporteren of vrijgeven voor energieopwekking of industriële toepassingen. Waterstofdragers worden gebruikt om de opslag en distributie van waterstof efficiënter en veiliger te maken.

In deze verkenning richten we ons op de volgende waterstofdragers:

- Gasvormige waterstof (H₂ of GH₂)
- Vloeibare waterstof (LH₂)
- Ammoniak (NH₃)
- Methanol (MeOH)
- Liquid organic hydrogen carriers (LOHC's)
- Vloeibaar synthetisch methaan (LSM)

In de figuur 1 is de volumetrische energiedichtheid GJ/m^3 van waterstofdragers uiteengezet, aangevuld met de fossiele brandstoffen LPG en benzine.



Figuur 1 - Volumetrische energiedichtheid GJ/m^3 van waterstofdragers

We zien dan het volgende:

- Waterstof in gas of vloeibare vorm heeft ten opzichte van de overige waterstofdragers en fossiele brandstoffen een heel ander profiel: het kent een hele lage energiedichtheid per liter (volume). Als waterstof dus wordt opgeslagen of vervoerd zijn er grote volumes nodig om voldoende energie op te slaan, danwel te transporteren.
- Waterstofdragers hebben in het algemeen minder energie per volume dan fossiele brandstoffen. Voor dezelfde hoeveelheid energie zijn dus grotere hoeveelheden opslag of transport nodig.

In tabel 2 is een korte beschrijving van de waterstofdragers opgenomen:

Tabel 2 - Eigenschappen waterstofdragers in het kort

Waterstofdrager	Eigenschappen van de waterstofdragers
Gasvormig waterstof (H₂ of GH₂)	Gasvormig waterstof heeft een zeer lage dichtheid van 0,083 kg/m ³ bij atmosferische druk en kamertemperatuur, maar bij 700 bar loopt dit op tot 42 kg/m ³ , wat gelijk de reden is voor het onder druk opslaan en vervoeren. Het gas is onzichtbaar, geurloos, zeer ontvlambaar en vormt explosieve mengsels met lucht; het is niet giftig, maar door zijn kleine molecuulgrootte moeilijk te hanteren vanwege lekkagegevoeligheid en materiaalverzwakking van leidingen.
Vloeibare waterstof (LH₂)	Vloeibare waterstof heeft een hogere dichtheid dan waterstofgas (71 kg/m ³ tegenover 42 kg/m ³ bij 700 bar) en wordt verkregen door waterstofgas cryogeen af te koelen tot -253 °C. Het wordt opgeslagen in sterk geïsoleerde tanks om verdamping en drukopbouw te beperken, wat nodig is vanwege de extreme kou en bijbehorende energieverliezen. Net als waterstofgas is het kleurloos, geurloos en zeer ontvlambaar. Daarnaast is het gevaarlijk door het risico op vrieswonden, zuurstofcondensatie en bij temperatuurstijging is er een grote(re) kans op explosies.
Ammoniak (NH₃)	Vloeibare ammoniak heeft een waterstofdichtheid van 124 H ₂ /m ³ en wordt onder druk (8,5 bar) of bij lage temperatuur (-33 °C) opgeslagen om het gas vloeibaar te maken en vervoer te vergemakkelijken. Ammoniak is kleurloos, maar heeft een scherpe geur en is gevaarlijk vanwege zijn giftigheid, corrosiviteit, ontvlambaarheid en mogelijke explosiviteit. Het wordt gezien als een efficiënte waterstofdrager, doordat het relatief eenvoudig te produceren en transporteren is.
Methanol (MeOH)	Methanol is een kleurloze, licht zoet ruikende vloeistof met een waterstofdichtheid van 99 H ₂ /m ³ en wordt onder normale omstandigheden opgeslagen en vervoerd als vloeistof, wat praktisch is. Het is giftig, ontvlambaar en kan explosief zijn, maar vormt bij normale opslag geen giftige gassen. Hoewel methanol milieubelastend kan zijn door CO ₂ -uitstoot bij verbranding, is het relatief eenvoudig te transporteren en heeft het een hogere energiedichtheid dan ammoniak.
Liquid organic hydrogen carriers (LOHC's)	LOHC's zijn kleurloze, geurloze vloeistoffen met een relatief lage waterstofdichtheid, die waterstof chemisch kunnen opslaan en hergebruikt kunnen worden mits een retourstroom aanwezig is. Ze worden onder gematigde druk en temperatuur opgeslagen en vervoerd als vloeistof, wat opslag eenvoudig maakt. Hoewel LOHC's minder ontvlambaar en explosief zijn dan pure waterstof, kunnen bij ontleding gevaarlijke stoffen zoals benzeen vrijkomen, wat aangepaste zuiveringsstappen vereist.
Vloeibaar synthetisch methaan (LSM)	LSM (Liquefied Synthetic Methane) is een kleurloos gas dat vloeibaar wordt bij -162 °C, met een hoge energiedichtheid van 22 GJ/m ³ en wordt opgeslagen en vervoerd als vloeistof, vergelijkbaar met LNG. Dankzij deze overeenkomst kan het zonder grote aanpassingen in bestaande LNG-infrastructuur worden toegepast. Hoewel het minder gevaarlijk is qua explosiviteit dan waterstof, brengt het bij lekkage risico op brand met zich mee en is de productie energie-intensief, waarbij CO ₂ vrijkomt, dat idealiter circulair moet worden opgevangen.

2.3 Systeem waterstofdragers

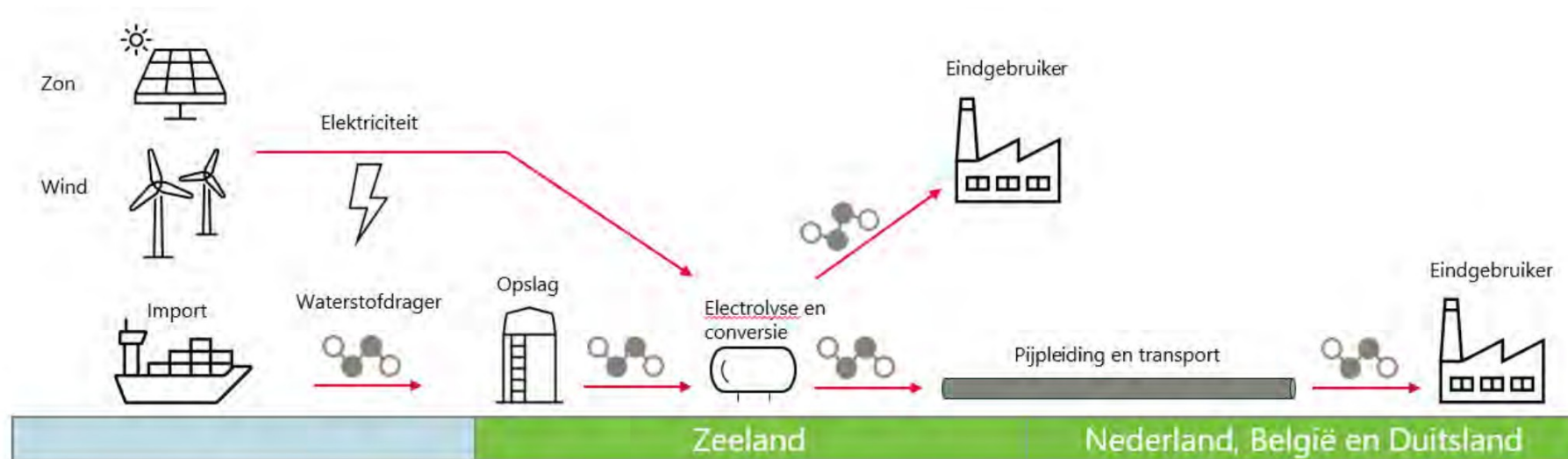
Iedere waterstofdrager wordt (ergens in de wereld) geproduceerd en wordt gebruikt voor een eindgebruiker in Zeeland, Nederland of de ons omringende landen. Voor iedere waterstofdrager ziet het 'systeem' of de 'keten' er anders uit. In figuur 2 is een aantal belangrijke onderdelen van het systeem geschetst. In verschillende onderdelen van het systeem kan Zeeland een belangrijke rol spelen.

De generieke bouwstenen voor het systeem in Zeeland zijn:

- De start van de keten is productie of import van de waterstofdrager;
- Voor elektrolyse is (groene) elektriciteit nodig, afkomstig van zon- en/of windparken;
- De waterstofdrager wordt (mogelijk) opgeslagen (bijvoorbeeld in een ammoniakterminal);

- De waterstofdrager wordt (mogelijk) in Zeeland geconverteerd naar waterstofgas (conversie);
- Het waterstofgas wordt (mogelijk) opgeslagen;
- De waterstofdrager of het waterstofgas wordt getransporteerd binnen Zeeland, Nederland of het buitenland;
- De waterstofdrager of het waterstofgas wordt gebruikt (mogelijk na conversie).

Zoals gezegd, voor iedere waterstofdrager ziet het systeem er anders uit. In bijlage 1 is voor iedere waterstofdrager in deze studie het systeem beschreven. In tabel 3 is een samenvatting opgenomen van de systeembeschrijving voor de waterstofdragers.



Figuur 2 - Overzicht keten van productie tot eindgebruiker

Tabel 3 - Samenvatting systeembeschrijving waterstofdragers

Waterstofdrager	Productie	Transport	Opslag	Conversie naar H ₂
Gasvormig waterstof (H₂ of GH₂)	Elektrolyse	Buis	Cilinders	-
Vloeibare waterstof (LH₂)	Koelen van gasvormig H ₂	Zeevaart, weg en spoor	Tank (gekoeld)	Verwarmen
Ammoniak (NH₃)	Reactie uit N ₂ en GH ₂	Zeevaart, buis, binnenvaart en weg (kleine hoeveelheid spoor)	Containers en tanks	Kraken of direct gebruiken
Methanol (MeOH)	Reactie GH ₂ en CO ₂	<i>Alle modaliteiten</i>	Containers en tanks	Steam reforming of direct gebruiken
Liquid organic hydrogen carriers (LOHC's)	Reactie van drager met GH ₂	<i>Alle modaliteiten</i>	Tanks	Reactie met katalysator
Vloeibaar synthetisch methaan (LSM)	Reactie CO ₂ en H ₂	Infrastructuur vergelijkbaar met LNG, in gasvormige fase ingevoerd in het gasnet	Cryogene tanks	-

Uit het overzicht kan worden afgeleid dat iedere waterstofdrager op de aspecten productie, transport, opslag en conversie een eigen karakteristiek heeft. Aangezien waterstofdragers geïmporteerd en geëxporteerd worden, zijn de mogelijkheden voor het vervoer van de waterstofdrager een belangrijk criterium in de keuze voor waterstofdragers.

2.4 Keuze waterstofdragers

In 2024 is in opdracht van het ministerie van Klimaat en Groene Groei een multi-criteria-analyse (MCA) uitgevoerd (Stratelligence, 2024), waarin de ketens van diverse waterstofdragers zijn beoordeeld. Samen met de studie Maatschappelijke kosten-batenvergelijking MKBV (Berenschot Groep B.V., Arcadis Nederland B.V, 2024) geven deze studies een beeld van enerzijds de technische haalbaarheid en anderzijds het publieke belang.

Op dit moment zien we dat de eigenschappen van de waterstofdragers en de beschikbare technieken voor de wijze van transport, opslag en productie bepalend zijn in de initiatieven die bedrijven ontplooiën in de waterstoftransitie. Doordat technieken in de toekomst wijzigen of het eindgebruik van waterstofdragers wijzigt, zal de keuze voor de inzet van waterstofdragers ook wijzigen.

In de Kabinetsvisie waterstofdragers (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2024) maakt het ministerie onderscheid in de waterstoftransitie op de korte en lange termijn. Op de langere termijn zijn de waterstofdragers vloeibare waterstof, methanol, LOHC en vloeibaar synthetisch methaan (LSM) het meest aantrekkelijk op basis van de brede afweging van belangen. Op de kortere termijn is voor deze waterstofdragers nog technologische ontwikkeling en opschaling nodig, voordat bedrijven kunnen instappen. Daardoor wordt de ontwikkeling van ammoniak beschouwd als de drager die op korte termijn gebruikt kan worden. In tabel 4 is een samenvatting opgenomen van de verwachting voor de toepassing van waterstofdragers op basis van de kabinetsvisie.

Tabel 4 - Verwachting inzet waterstofdragers in de tijd

	Korte termijn (tot 2035)	Lange termijn (na 2035)
Kabinetsvisie	- Ammoniak - Grijs, blauwe en groene waterstof - Methanol	- Vloeibaar waterstof - Methanol - LOHC - Vloeibaar synthetisch methaan - Groene Waterstof

2.5 Conclusie waterstofdragers

Waterstofdragers geven mogelijkheden om de inefficiëntie van het transport en de opslag van gasvormige waterstof te compenseren. Sommige waterstofdragers kunnen zelf ook gebruikt worden als toepasbaar eindproduct, denk hierbij aan ammoniak of methanol. Andere dragers dienen puur en alleen als drager, zoals LOHC.

De verwachting is dat de grootste vraag naar waterstof(dragers) zal komen van bedrijven in de industrie, mobiliteit en elektriciteitsopwekking. Omdat het precieze verloop van de waterstoftransitie nog onzeker is, is er op dit moment nog geen duidelijk beeld van de aard, omvang en het tijdpad van de vraag naar waterstof(dragers). Bovendien vinden er voortdurend technologische ontwikkelingen en optimalisaties plaats in de verschillende ketens. Hierdoor veranderen de voor- en nadelen van diverse waterstofdragers voortdurend (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2024). Ook in de waterstoftransitie in Zeeland zal – met de tijd – de inzet van waterstofdragers wijzigen. Op de korte termijn wordt vooral groei in de volumes voor blauwe waterstof, groene waterstof en ammoniak verwacht.

3. Systeem waterstof- dragers in Zeeland



3 Systeem waterstofdragers in Zeeland

Nu we een beter beeld hebben van de eigenschappen van waterstofdragers kunnen we een inschatting maken van het systeem van waterstofdragers in Zeeland. We geven in de dit hoofdstuk antwoord op de vraag: *Hoe ziet het systeem als het gaat om waterstof(dragers) er naar verwachting in 2035 en 2050 uit in de provincie Zeeland?*

We beginnen dit hoofdstuk eerst met een beschrijving van de waterstofinitiatieven in Zeeland (paragraaf 3.1), om vervolgens specifiek in te gaan op de import van ammoniak (3.2). Vervolgens beschrijven we de waterstofbalans (aanbod en vraag) in Zeeland (paragraaf 3.3). Het systeem van waterstofdragers bestaat uit nieuw transport (paragraaf 3.4) en nieuwe bedrijven (paragraaf 3.5). Tot slot geven we een antwoord (conclusie) op de eerste onderzoeksvraag (paragraaf 3.6).

3.1 Waterstofinitiatieven

Zeeland loopt mede door de gevestigde bedrijven als Zeeland Refinery in het Sloegebied en Yara Sluiskil op kop als het gaat om de productie van waterstof. Door de beschikbaarheid van water en stroom van de windparken op zee is de regio ook interessant voor het produceren van waterstof door elektrolyse. En de havenbieden van North Sea Port (NSP) en Port of Antwerp - Bruges maken de import van waterstofdragers mogelijk. Kortom: de waterstoftransitie in Zeeland is aan de orde.

In nauwe samenwerking met Smart Delta Resources en North Sea Port hebben we in kaart gebracht wat de actuele en bekende initiatieven in de waterstoftransitie zijn.

Met een initiatief bedoelen we in deze verkenning dat een initiatiefnemer (bedrijf) serieuze stappen zet in het realiseren van een waterstofproject.

Concreet betekent dit dat het initiatief bekend is bij NSP en er is toestemming vanuit het bedrijf om de informatie te delen. De meeste initiatieven bevinden zich in de verkennende fase. Voor de initiatieven op de kaart wordt algemeen aangenomen dat realisatie van deze initiatieven voor 2035 zal plaatsvinden.

In bijlage 2 van deze verkenning beschrijven we de tot nu toe bekende initiatieven met waterstofdragers binnen de provincie Zeeland. In deze tabel zijn de initiatieven zichtbaar die hun plan gepubliceerd hebben. We concluderen dat in Zeeland:

- Import en opslag van ammoniak gaat plaatsvinden. Er zijn vier concrete initiatieven, waarvan de meeste in het Sloegebied.
- De lokale productie van waterstof gaat plaatsvinden via elektrolyse. Er zijn negen concrete initiatieven verdeeld over het Sloegebied en de Kanaalzone.
- Aan de bestaande productie van grijze waterstof (SMR) wordt o.a. bij Yara gewerkt aan de CO₂-afvang, waardoor er sprake wordt van de productie van blauwe waterstof.
- Vervoer van waterstof door het landelijk waterstofnetwerk kan plaatsvinden (Hynetwerk) vanuit Vlissingen. Naar verwachting is het netwerk beschikbaar vanaf 2033.
- Vervoer van waterstof door het waterstofnetwerk Zuidwest-Nederland. Een pijplijnverbinding vanuit Moerdijk richting Zeeuws-Vlaanderen / grenspunt Zelzate en het Sloegebied. Naar verwachting is het netwerk beschikbaar vanaf 2030

SYSTEEM WATERSTOFDRAGERS

Import- en exportroutes

- Weg
- - - Spoor
- Water
- //// Waterstofleiding nieuw
- Waterstofleiding bestaand
- NH₃-import
- NH₃-export spoor
- NH₃-export binnenvaart
- NH₃-export buisleiding

Overig

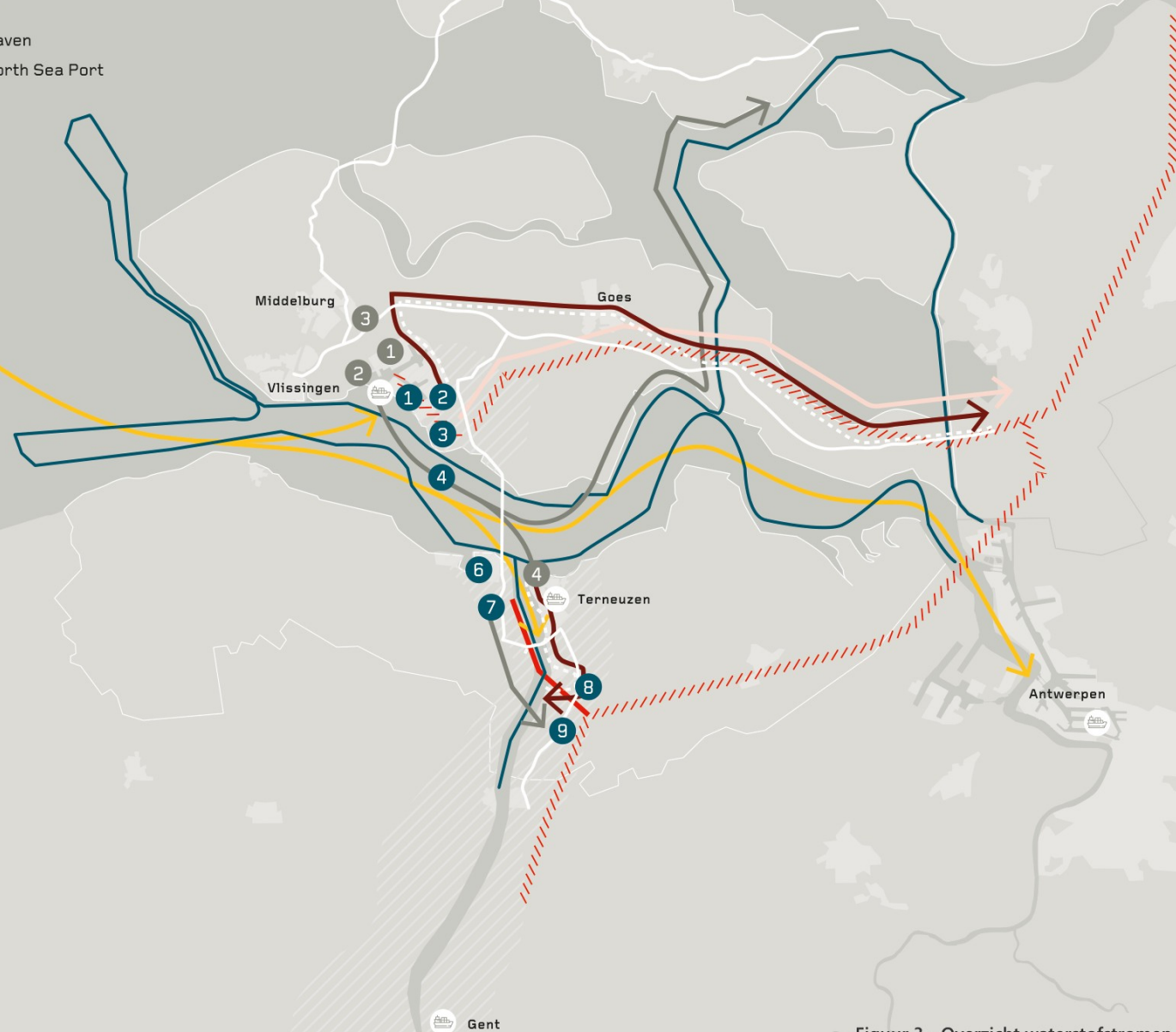
- Haven
- North Sea Port

H₂ & Elektrolyse projecten

- 1 Zeeland Refinery
- 2 TotalEnergies/Air Liquide
- 3 Ørsted
- 4 RWE
- 5 VoltH2 (Vlissingen)
- 6 Air Liquide
- 7 Dow (Path2Zero)
- 8 Yara
- 9 VoltH2 (Terneuzen)

Importprojecten

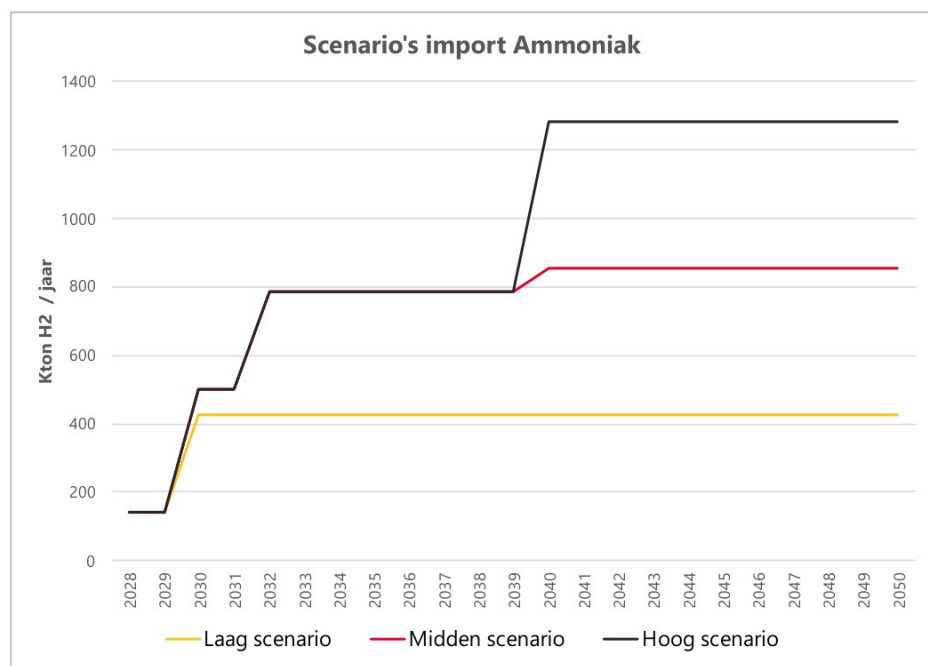
- 1 Vopak
- 2 Vesta
- 3 LBC Vlissingen
- 4 Evos



Figuur 3 - Overzicht waterstofstromen in Zeeland

3.2 Import ammoniak

Voor deze verkenning is de waterstofbalans zoals beschreven in het rapport Cluster Energie Strategie (CES) 3.0 van 2024 als uitgangspunt genomen. Door SDR zijn in 2025 nieuwe cijfers beschikbaar gesteld over met name de verwachte import en export van ammoniak. Hiervoor zijn drie ontwikkelscenario's geschetst (laag, midden en hoog met betrekking tot ammoniakimport en doorvoer). Figuur 4 beschrijft de drie ontwikkelscenario's voor de import van ammoniak in Zeeland, uitgedrukt in waterstofequivalenten (kton H_2 per jaar).



Figuur 4 - Scenario's import Ammoniak uitgedrukt in kton $H_{2,eq}$

Met betrekking tot de import van ammoniak stellen we vast dat de import van ammoniak verwacht wordt vanaf 2029 en 2030. De snelheid en omvang van de import van ammoniak is afhankelijk van veel verschillende factoren (zie ook hoofdstuk 6). Op basis van de nu bekende gegevens bij SDR ontwikkelt de ammoniakimport zich in een laag scenario tot een import van 3 miljoen ton ammoniak (430 kton $H_{2,eq}$), in een midden scenario tot een import van 6 miljoen ton ammoniak (857 kton $H_{2,eq}$) en in een hoog scenario tot een import van 9 miljoen ton ammoniak (1286 kton $H_{2,eq}$). De import van het hoog scenario is ongeveer gelijk aan de import die voorspeld is (in variant 3) in de studie 'Omgevingsveiligheid van toekomstige stromen waterstofrijke energiedragers' (Berenschot Groep B.V., Arcadis Nederland, TNO, z.d.). In deze studie is voor variant 3 uitgegaan van een import van 10 miljoen ton ammoniak (1498 kton $H_{2,eq}$).

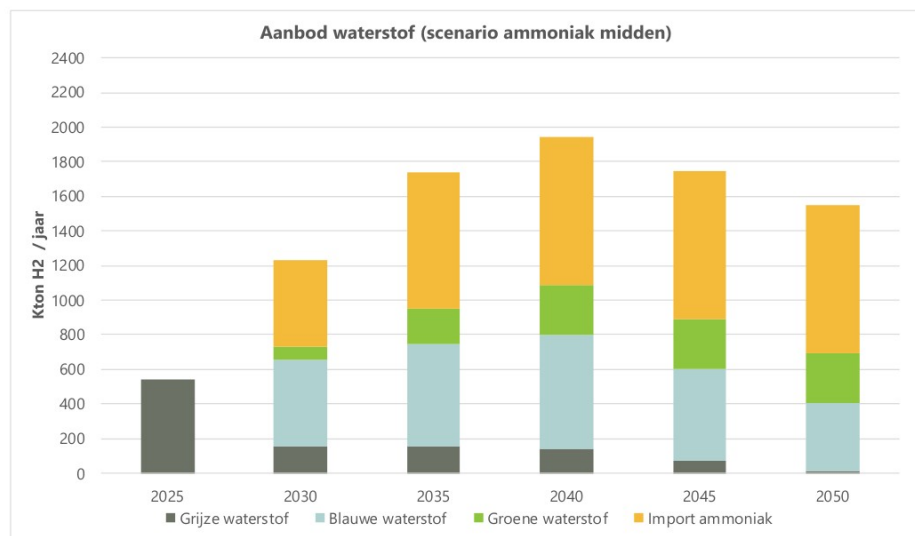
De verwachting is dat de geïmporteerde ammoniak voor een deel in een ammoniakkraker wordt omgezet naar waterstof. In deze verkenning wordt uitgegaan van een percentage van 50% voor alle scenario's en alle jaren.

Waterstofequivalent

Een waterstofequivalent is een maat die gebruikt wordt om verschillende waterstof(dragers) of -verbindingen te vergelijken op basis van de hoeveelheid bruikbare waterstof die ze bevatten of kunnen leveren. De hoeveelheid waterstof wordt uitgedrukt in kilo- of megatonnen waterstof-equivalent $H_{2,eq}$ opgeslagen in een andere stof. In deze verkenning wordt bijvoorbeeld voor ammoniak aangenomen dat 7 kton NH_3 na omzetting 1 kton H_2 oplevert.

3.3 Waterstofbalans

De waterstofbalans in Zeeland bestaat uit het aanbod van waterstof in Zeeland én de vraag naar waterstof in Zeeland. In figuur 5 is het verwachte aanbod van waterstof (uitgedrukt in waterstofequivalenten - kton H₂ per jaar) beschreven, gebaseerd op het ammoniak-midden scenario (paragraaf 3.2).



Figuur 5 - Aanbod waterstof uitgedrukt in H_{2,eq} (Smart Delta Resources, 2024)

We lichten een aantal ontwikkelingen in het aanbod van waterstof toe:

- In de huidige situatie is al sprake van een fors aanbod van (gasvormig) grijze waterstof als gevolg van de huidige productie.
- De grijze waterstof wordt uitgefaseerd en vervangen door productie van blauwe en groene waterstof. De waterstofvolumes van blauwe waterstof kunnen ook afnemen in de toekomst vanwege vervanging door groene waterstof of directe import van ammoniak. Na 2040 is rekening gehouden

met een productievermindering van waterstof, als gevolg van uitfasering van fossiele brandstoffenproductie).

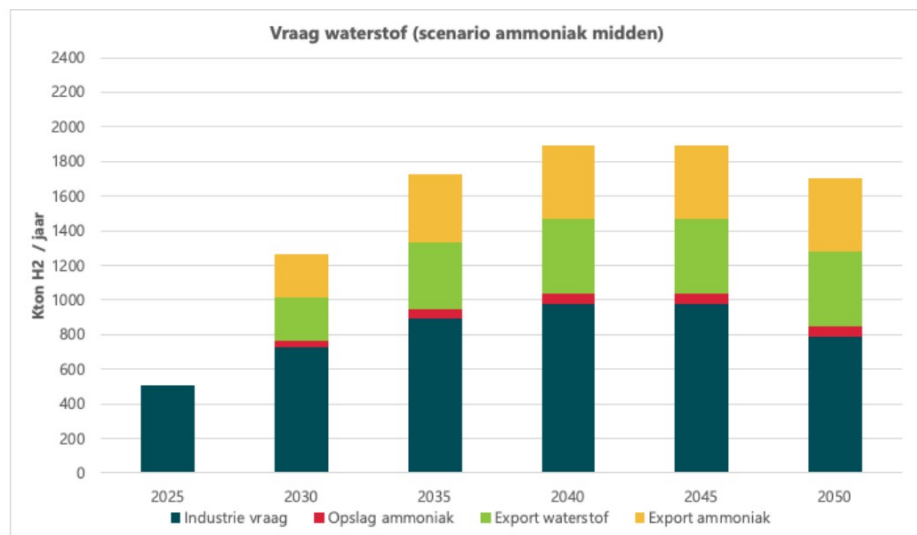
- Vanaf 2030 wordt nieuwe productie van waterstof verwacht door elektrolyse. Deze productie groeit langzaam door tot en met 2040 en blijft stabiel tot en met 2050;
- Vanaf 2030 wordt import van waterstof in de vorm van ammoniak verwacht. De import zal tot en met 2040 nog toenemen en blijft daarna stabiel tot en met 2050. In bovenstaande figuur is uitgegaan van het midden scenario van import van maximaal 6 miljoen ton ammoniak (857 kton H_{2,eq}).

Uit de beschikbare rapporten en de genoemde initiatieven in paragraaf 3.1 blijkt dat er nu geen concrete aanwijzingen zijn voor het gebruik van de volgende waterstofdragers in Zeeland:

- Vloeibare waterstof (LH₂)
- Liquid organic hydrogen carriers (LOHC's)
- Vloeibaar synthetisch methaan (LSM)

Methanol (MeOH) wordt op kleine schaal al opgeslagen in Zeeland. Evolution Terminals B.V. (ETBV) wil op het Zeehaven- en industrieterrein Sloe bij Vlissingen een bulkterminal realiseren voor de op- en overslag van vloeibaar ammoniak, methanol en biobrandstoffen. De volumes zijn in verhouding nog klein ten opzichte van waterstof en ammoniak en zijn daarmee nog niet zichtbaar in de waterstofbalans.

In figuur 6 is de verwachte vraag naar waterstof (uitgedrukt in waterstofequivalenten - kton H₂ per jaar) beschreven, gebaseerd op het ammoniak-midden scenario (paragraaf 3.2).



Figuur 6 - Vraag waterstof uitgedrukt in H₂,eq (Smart Delta Resources, 2024)

We lichten een aantal ontwikkelingen in de vraag naar waterstof toe:

- Er is al een fors gebruik van waterstof als gevolg van de huidige bedrijfsactiviteiten. Dat gebruik zal tot en met 2040 nog toenemen;
- Vanaf 2030 tot en met 2040 neemt de export van waterstof (in de vorm van waterstof en NH₃) toe. Vanaf 2040 blijft de export stabiel tot en met 2050;
- De geïmporteerde ammoniak wordt voor een belangrijk deel geëxporteerd. In de waterstofbalans is aangenomen dat 50% wordt geëxporteerd in de vorm van NH₃. De andere 50% wordt via het kraken van ammoniak omgezet naar waterstof.

Het deel van de ammoniakimport dat niet wordt teruggekraakt naar waterstof, kan binnen de regio zelf gebruikt worden of wordt doorgevoerd richting het achterland, voornamelijk richting Duitsland.

In de vraag naar waterstof is nog geen rekening gehouden met de ontwikkeling van een nieuwe waterstofvraag als alternatieve brandstof. In het Nationaal Waterstof Programma (NWP) wordt geschat dat zwaar wegverkeer, scheepvaart en luchtvaart in de toekomst samen goed kunnen zijn voor tientallen PJ (petajoule) aan waterstofvraag in 2050, afhankelijk van technologische en beleidsmatige keuzes. Synthetische kerosine op basis van groene waterstof is een serieuze optie voor luchtvaart, al zijn de kosten op korte termijn hoog (CE Delft, 2020). Potentieel kan de vraag naar waterstof voor e-fuels wereldwijd groeien en zal dat ook impact hebben op de waterstofbalans in Zeeland.

3.4 Nieuw transport

De waterstoftransitie levert nieuwe transportstromen op van waterstofdragers. In deze verkenning gaan we op basis van de waterstofbalans uit van de volgende transportstromen:

- Import van waterstofdragers (met name ammoniak) in de zeehavens van North Sea Port en Port of Antwerp -Bruges¹;
- Vervoer van waterstof via een buisleidingennetwerk in Zeeland;
- Vervoer van waterstof via een buisleidingennetwerk ten behoeve van de export;
- Vervoer van ammoniak via het bestaande spoor ten behoeve van de export (5% van de totale export van ammoniak)²;
- Vervoer van ammoniak via de binnenvaart ten behoeve van de export (95% van de totale export van ammoniak). Voor het realiseren van het transport van waterstofdragers ondernemen partijen initiatieven voor het:
- Realiseren van lokale waterstofinfrastructuur (buisleidingen) in de periode 2021-2030;
- Realiseren regionale (grensoverschrijdende) waterstofinfrastructuur op de landelijke Gasunie H₂-backbone (Smart Delta Resources, 2020)

In Zeeland is het transport van gevaarlijke stoffen over de Westerschelde een belangrijk aandachtspunt. Het transport op de Westerschelde wordt voor een belangrijk deel bepaald door vervoersbewegingen van en naar de haven van Antwerpen. In deze verkenning is het door het ontbreken van openbare informatie niet gelukt om een scherp beeld van de waterstofindustrie in Antwerpen te schetsen. Daarmee is het vertalen van de transportstromen over de Westerschelde niet mogelijk. Voor deze vervoersstroom hanteren we in deze verkenning data uit eerdere studies (Berenschot Groep B.V., Arcadis Nederland, TNO, z.d., p. 96). In de studie 'Omgevingsveiligheid van toekomstige stromen waterstofrijke energiedragers' (Berenschot Groep B.V., Arcadis Nederland, TNO, z.d.) voor variant 3 is uitgegaan van een import in Antwerpen die vergelijkbaar is met de import in North Sea Port. In deze studie nemen we aan dat de import naar Antwerpen gelijk is (ook in een laag, midden en hoog scenario) aan de import in North Sea Port.

Overigens hebben zowel Nederland als België de ambitie om dé waterstofhub van Europa te worden. Omdat beide voor een groot deel hetzelfde achterland kunnen bedienen, is het mogelijk dat er overlap in de cijfers zit, waardoor ze in de praktijk straks niet volledig additioneel zijn.

¹ In de Port of Antwerp – Bruges wordt naar verwachting ook ammoniak geïmporteerd. Deze stroom aan zeeschepen vaart over de Westerschelde en daarmee langs en door Zeeland. Om die reden is deze vervoersstroom meegenomen in deze verkenning.

² In de Kabinetsvisie waterstofdragers (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2024) heeft het kabinet de voorkeur dat spoorvervoer van ammoniak uitsluitend als tijdelijke- dan wel als terugvaloptie wordt gezien én dat hierbij zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van de Betuweroute.

Op basis van de waterstofbalans (figuur 5 en 6) is een vertaling gemaakt van de import en export van ammoniak naar bandbreedtes (laag en hoog scenario ammoniak) in transportvolumes. In tabel 5 is een (grove) inschatting opgenomen van de toename van het vervoer van waterstofdragers over de bestaande infrastructuur. Daarbij zijn de kengetallen uit hoofdstuk 9 als vertrekpunt genomen voor het omrekenen van de volumes ammoniak naar de verschillende transportmodaliteiten. In onderstaande tabel zijn de aantallen bewegingen met lading aan boord meegenomen, de (retour) bewegingen zonder lading of met andere lading zijn niet meegenomen.

De provincie, NSP en SDR onderzoeken de haalbaarheid van een ammoniakpijpleiding die de haven van Vlissingen ter hoogte van Moerdijk zou verbinden met de ammoniakleiding die voorzien was in de Delta Rhine Corridor (WSP, 2024). In een Kamerbrief van 5 december 2024 is aangekondigd dat ammoniak (en gelijkstroomkabels) geen onderdeel meer is van de Delta Rhine Corrido. In deze omgevingsverkenning is de realisatie van een ammoniakpijpleiding nog niet meegenomen in de prognose. De belangrijkste reden is dat de haalbaarheid van een ammoniakleiding in Zeeland nog onderdeel zijn van onderzoek. Mocht een ammoniakleiding er toch komen, dan zal dat ervoor zorgen dat de export van ammoniak via binnenvaart en het spoor voor een belangrijk deel kan wegvallen.

Tabel 5 - Import en export van ammoniak vertaald naar aantal vervoersbewegingen (aantal schepen of ketelwagons per jaar)

NH ₃ -balans	Scenario's NH ₃	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Import NH3 met zeeschepen (NSP)	Laag	0	20	60	60	60	60
	Hoog	0	70	110	180	180	180
Import NH ₃ zeeschepen (Antwerpen)	Laag	0	20	60	60	60	60
	Hoog	0	70	110	180	180	180
Export NH ₃ met binnenvaartschepen	Laag	0	250	751	751	751	751
	Hoog	0	875	1376	2251	2251	2251
Export NH ₃ via het spoor	Laag	0	455	1365	1365	1365	1365
	Hoog	0	1591	2501	4092	4092	4092

3.5 Nieuwe bedrijven

De waterstoftransitie zorgt voor de vestiging van nieuwe activiteiten (milieubelastende activiteiten) in relatie tot opslag, transport en processen van waterstofdragers. Met nieuwe bedrijven wordt in deze verkenning bedrijven die zich nieuw vestigen en bestaande bedrijven die de activiteiten uitbreiden bedoeld. In deze verkenning gaan we op basis van de waterstofbalans uit van de volgende nieuwe bedrijven:

- Elektrolyser: is bedoeld voor het splitsen van water (H_2O) in waterstofgas (H_2) en zuurstofgas (O_2) via een proces dat elektrolyse heet. Dit gebeurt door een elektrische stroom door water te laten lopen. Voor het proces moet zuiver water en energie beschikbaar zijn.
- Ammoniak terminal: is bedoeld om ammoniak aan te voeren, tijdelijk op te slaan en vervolgens door te voeren. De terminal ontvangt ammoniak via zeeschepen, waarna deze in opslagtanks wordt bewaard. Vervolgens wordt de ammoniak vanuit de opslag vervoerd voor verder transport. Dit transport kan zowel via buisleiding, tank- of ketelwagens en (binnenvaart)schepen plaatsvinden.

- Ammoniak kraker: is bedoeld om ammoniak af te breken tot waterstof en stikstof. Dat kan door thermokatalytisch kraken. In dit proces wordt ammoniak bij hoge temperaturen afgebroken tot waterstof en stikstof met behulp van een katalysator. De ammoniak wordt aangevoerd via een leiding vanaf de ammoniakterminal. De geproduceerde gasvormige waterstof wordt ingevoegd in een waterstofleiding voor verder transport.

Voor deze verkenning gaan we uit van de standaardbeschrijvingen die zijn opgenomen in de studie 'Systeembeschrijving waterstofketens' (Royal HaskoningDHV, 2025).

In tabel 6 zijn de voor deze verkenning meest relevante eigenschappen van de bedrijven opgenomen. Daarin is gekozen voor het beschrijven van twee varianten van elke activiteit. De verwachting is dat bedrijven in de periode 2035 tot 2050 de productie opschalen (van klein naar midden).

Tabel 6 - Beschrijving bedrijven waterstoftransitie

	Doorzet	Opslag
Elektrolyser – midden 250 MW	30 kton NH_3 per jaar	-
Elektrolyser – groot 1000 MW	120 kton NH_3 per jaar	-
Ammoniak terminal - klein	500 kton NH_3 per jaar	20.000 m ³ / 14 kton NH_3
Ammoniak terminal – midden	2000 kton NH_3 per jaar	80.000 m ³ / 55 kton NH_3
Ammoniak kraker - klein	500 kton NH_3 per jaar	5.000 m ³ / 3 kton NH_3
Ammoniak kraker - midden	2000 kton NH_3 per jaar	12.500 m ³ / 7 kton NH_3

Op basis van de waterstofbalans is een vertaling gemaakt in bandbreedtes (laag en hoog scenario ammoniak) in het aantal nieuwe bedrijven. Daarbij zijn de kengetallen uit hoofdstuk 6 als vertrekpunt genomen voor het omrekenen van de volumes ammoniak naar de verschillende bedrijven die zich naar verwachting in Zeeland gaan vestigen.

De tabel schetst voor ieder 'nieuw bedrijf' het mogelijk aantal nieuwe bedrijven in twee varianten. Het gaat bijvoorbeeld in 2035 om 7 Elektrolyzers (midden) of 2 Elektrolyzers (groot).

In het scenario 'ammoniak laag' zijn we uitgegaan van de vestiging van kleine krakers en kleine terminals. In het scenario 'ammoniak hoog' zijn we uitgegaan van de vestiging van middelgrote krakers en middelgrote terminals.

Tabel 7 - Import en export van ammoniak en electrolyse vertaald naar aantal nieuwe bedrijven

NH ₃ -balans	Scenario's NH ₃	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Elektrolyser – midden 250 MW	n.v.t.	0	2	7	10	10	10
Elektrolyser – groot 1000 MW	n.v.t.	0	1	2	3	3	3
Ammoniak terminal - klein	<i>Laag</i>	0	1	3	3	3	3
Ammoniak terminal – midden	<i>Hoog</i>	0	1	1	2	2	2
Ammoniak kraker - klein	<i>Laag</i>	0	1	3	3	3	3
Ammoniak kraker - midden	<i>Hoog</i>	0	1	1	2	2	2

3.6 Conclusie waterstofsysteem

Hoe ziet het systeem als het gaat om waterstof(dragers) er naar verwachting in 2035 en 2050 uit in de provincie Zeeland?

In de periode 2025 – 2035 is de verwachting dat in Zeeland de waterstoftransitie vorm krijgt door de productie van blauwe en groene waterstof en de eerste import van ammoniak. Voor deze periode is nu al een groot aantal initiatieven bekend. De nieuwe bedrijven vestigen zich binnen North Sea Port.

Blauwe waterstof, geproduceerd uit aardgas met afvang en opslag van CO₂ (CCS), of uit restgassen uit industriële processen, biedt een belangrijke brugfunctie. Het zorgt ervoor dat op korte termijn de grootschalige inzet van grijze waterstof afgebouwd kan worden, terwijl de infrastructuur voor transport en gebruik van waterstof al benut kan worden. Deze route levert directe CO₂-reductie op en houdt de kosten beheersbaar tijdens de opschaling van meer duurzame alternatieven.

Parallel aan de inzet van blauwe waterstof wordt fors geïnvesteerd in de opschaling van groene waterstof – geproduceerd via elektrolyse met duurzame elektriciteit. Deze vorm van waterstof is essentieel voor het realiseren van een volledig fossielvrije industrie. Echter, vanwege beperkte capaciteit van hernieuwbare energie en schaalbaarheid op de korte termijn, is groene waterstof nu nog schaars en relatief duur. Voor de productie van groene waterstof is de beschikbaarheid van water en (groene) elektriciteit voorwaardelijk. De geproduceerde waterstof wordt gebruikt in Zeeland of wordt ingezet voor gebruik buiten Zeeland. Vanaf 2033

zorgt het landelijk waterstofnetwerk voor de distributie van waterstof naar andere delen van Nederland of export. Bekend zijn negen initiatieven waarin elektrolyse wordt opgestart. Om de verwachte elektrolyse capaciteit in 2050 te kunnen leveren zijn tien elektrolyzers met een capaciteit van 250Mw nodig. Om te kunnen voldoen aan de verwachte vraag – met name vanuit de zware industrie, chemie en mobiliteitssector – is import van waterstof onvermijdelijk. Ammoniak (NH₃) fungeert daarbij als efficiënte waterstofdrager, omdat het makkelijker te transporteren en op te slaan is dan pure waterstof. Door ammoniak te importeren en op te slaan zijn bedrijven in staat om binnen en buiten Zeeland te voorzien in een ammoniakbehoefte. De verwachting is dat 50% van de ammoniak omgezet wordt naar gasvormig waterstof. Export van ammoniak zal in deze periode vooral via binnenvaart en een klein deel via het Zeeuwse spoor plaatsvinden. De import en ammoniak levert in de komende jaren 2 – 6 nieuwe bedrijven (lees: nieuwe activiteiten) rond de waterstoftransitie op. Voor de toe- en aflevering van ammoniak ontstaat een nieuwe stroom van vervoer via zeeschepen, binnenvaartschepen en het spoor.

Er zijn op dit moment nog geen concrete gegevens beschikbaar die aantonen dat in deze periode deze waterstofdragers: Vloeibare waterstof (LH₂), Methanol (MeOH), LOHC en Vloeibaar synthetisch methaan (LSM) een belangrijke rol spelen in de waterstofbalans in Zeeland.

Voor de periode 2035 – 2050 zijn de onzekerheden over de ontwikkeling van de waterstoftransitie nog veel groter dan in de periode 2025 tot 2035. Uit de beschikbare data blijken geen duidelijke nieuwe ontwikkelingen. Veelal gaat het om het extrapoleren van data tot 2035 naar een periode daarna. Dat betekent dat de systeembeschrijving tot 2050 veel onzekerheden kent.

4. Impact Milieu en Veiligheid- waterstof- dragers in Zeeland



4 Impact milieu en veiligheid waterstofdragers in Zeeland

Nu we een beter beeld hebben van de bepalende waterstofdragers en het te verwachten systeem, kunnen we een inschatting maken van de milieu- en veiligheidsimpact. We geven in dit hoofdstuk antwoord op de vraag: *Welke impact heeft de introductie van de verschillende waterstof(dragers) op de milieu- en veiligheidsruimte?*

We beginnen dit hoofdstuk met een korte beschrijving van de emissieroutes waarlangs milieu- en veiligheidsimpact kan optreden. Op basis van die beschrijving stellen we vast wat naar verwachting de meest bepalende milieuthema's zullen zijn (paragraaf 4.1). Vervolgens schatten we voor de nieuw te verwachten activiteiten en transportstromen zoals genoemd in het vorige hoofdstuk de milieu- en veiligheidsimpact in (paragraaf 4.2) en sluiten we af met een korte conclusie (paragraaf 4.3).

4.1 Milieu- en veiligheidsimpact

4.1.1 Externe veiligheid

Externe veiligheid gaat over de risico's van activiteiten met gevaarlijke stoffen voor mens en dier in de omgeving. Deze risico's worden doorgaans samengevat in drie scenario's. Bij het onbedoeld vrijkomen van een gevaarlijke stof kan er – afhankelijk van de eigenschappen van de gevaarlijke stof en de activiteit – een brand-, explosie- of gifwolksscenario optreden.

Het transporteren, opslaan en verwerken van waterstof kan bijvoorbeeld leiden tot brand- en explosiescenario terwijl bij ammoniak vooral het gifwolksscenario bepalend is. In beginsel zijn de effecten van een brand- en explosiescenario vooral lokaal merkbaar (honderden meters), terwijl een gifwolk zich tot op grote afstand kan verspreiden (kilometers). Kortom, kijkend

naar de mogelijke effecten van het vrijkomen van waterstofdragers en de stofeigenschappen, dan is ammoniak maatgevend.

Een gevaarlijke stof kan in principe in iedere fase van het systeem onbedoeld vrijkomen: tijdens de import per zeeschip, productie, opslag, conversie, doorvoer en het eindgebruik. Uiteraard kan de omvang van het scenario verschillen, afhankelijk van onder meer het volume waterstofdrager dat vrijkomt. Hoe groter het volume ammoniak – de grootste volumes bevinden zich met name in schepen en opslagtanks – hoe groter het potentiële effectgebied (Stratelligence, 2024).

Daarnaast wordt het externe veiligheidsrisico bepaald door de kans op een ongeval. In algemene zin kan gesteld worden dat hoe statischer de handeling met een waterstofdrager is, hoe kleiner de kans op een ongeval. Opslag is bijvoorbeeld statisch en heeft daarmee een kleinere faalkans. Transport, productie- en conversieprocessen zijn dynamischer en hebben daarmee een grotere faalkans (Stratelligence, 2024). Naarmate het totale volume van een waterstofdrager en (daarmee) het aantal transporteenheden toeneemt, neemt de kans op een ongeval toe. Een uitzondering hierop vormt het transport per buisleiding, wat een relatief veilig manier is om gevaarlijke stoffen te vervoeren.

Behalve de potentiële effecten van en kansen op het onbedoeld vrijkomen van waterstofdragers zijn ook de (on)mogelijkheden voor incidentbestrijding en zelfredzaamheid van belang bij het beoordelen van de veiligheidsimpact. Omdat de brand- en explosie-effecten van het vrijkomen van waterstof beperkt zijn tot de directe omgeving, zijn de mogelijkheden voor incidentbestrijding en zelfredzaamheid vanzelfsprekend beter. Een ammoniak gifwolk kan zich tot op grote afstand verspreiden en is door hulpdiensten lastig te beperken.

Juridisch gezien laten externe veiligheidsrisico's zich vertalen in zones waar rekening mee moet worden gehouden bij vergunningverlening en in de ruimtelijke ordening. Binnen sommige zones rondom een bedrijf, transportas of buisleiding zijn geen of zeer beperkte objecten toegestaan (10^{-6} plaatsgebonden risicocontour). Voor andere zones geldt dat het bevoegd gezag bij nieuwe ontwikkelingen in die zone moet verantwoorden welke externe veiligheidsrisico's zij accepteert en onder welke voorwaarden (aandachtsgebieden). Daarnaast moeten bedrijven en vervoerders aan strengere eisen voldoen naarmate zij een groter risico voor de omgeving veroorzaken én heeft het bevoegd gezag mogelijkheden risicovolle bedrijven te clusteren door het aanwijzen van risicogebieden.

4.1.2 Geluid

In tegenstelling tot bij externe veiligheid, gaat het bij de beoordeling van de milieu-impact van geluid niet om onvoorziene, maar om voorziene emissies. Ook deze emissies kunnen zich in principe in iedere fase van het systeem voordoen, maar worden met name geproduceerd tijdens import, productie, conversie en doorvoer. Behalve buisleidingen produceren alle andere transportmiddelen geluid.

Geluidsemissies worden geproduceerd door motoren in zeeschepen, binnenvaartschepen, spoorketelwagens en tankwagens. Daarnaast produceren spoorketelwagens en tankwagens geluid en trillingen door contact met de ondergrond. Een toename van het totale aantal transportbewegingen in Zeeland als gevolg van de komst van waterstofdragers resulteert dus logischerwijs in een toename van de totale geluidsemissies van transport. De geluidsimpact – uitgedrukt in milieukosten – is het hoogst bij wegverkeer, gevolgd door vervoer over het spoor. Voor binnenvaart en buisleidingstransport worden geen milieukosten ten gevolge van geluidsimpact berekend (Stratelligence, 2024).

Behalve bij transport worden er geluidsemissies geproduceerd bij het produceren en convergeren van waterstofdragers. Stoffen zullen verpompt

moeten worden en sommige productie- en conversieprocessen vinden plaats onder druk. Pompen en compressoren produceren geluid. In sommige gevallen zijn geluidsemissies te beperken door de betreffende pomp of compressor van een isolerende omkasting te voorzien. Bij compressoren van ammoniakkrakers is dit – om veiligheidsredenen – echter niet toegestaan, terwijl deze compressoren relatief veel geluid produceren. Ook elektrolyzers gaan gepaard met geluidsproducerende compressoren. Er zijn nog geen generieke data over de geluidsimpact van productie- en conversieprocessen (Stratelligence, 2024).

Omdat de productie- en conversieprocessen naar verwachting vooral op bestaande, reeds geluidsgezoneerde industrieterreinen zullen plaatsvinden zal de impact van deze extra geluidsproductie in de omgeving naar verwachting meevallen. Met name de extra transportstromen die de waterstoftransitie op gang brengt zal leiden tot een toename van de huidige geluidsimpact.

Net als bij externe veiligheid laat de impact van geluidsemissies zich juridisch gezien vertalen in zones en grenswaarden waar rekening mee moet worden gehouden bij vergunningverlening en in de ruimtelijke ordening. Hoe groter de afstand tussen de geluidsproducerende activiteit en het ontvangende object hoe lager de impact. Ook voor geluid gelden grens- en standaardwaarden waar rekening mee moet worden gehouden én waartegen bij overschrijdingen maatregelen moeten worden getroffen. Daarnaast heeft het bevoegd gezag ook bij geluid de mogelijkheid om geluidsproducerende bedrijven op industrieterreinen te clusteren in een geluidsproductieplafond.

4.1.3 NO_x

Neerslag van stikstofoxiden (NO_x) kan een negatieve impact hebben op natuur. Ook hier gaat het om voorziene emissies. Stikstofoxiden komen vooral vrij bij verbrandingsprocessen, waarbij zuurstof (O₂) en stikstof (N₂) uit de lucht met elkaar reageren. Deze verbrandingsprocessen vinden met name plaats bij voertuigen met een verbrandingsmotor. Het wegverkeer heeft met 34 procent van de totale uitstoot NO_x in Nederland verreweg het grootste

aandeel in de NO_x-emissie gevolgd door de scheepvaart met 13 procent (CBS Statline, 2022). Het transport per buisleiding levert geen luchtverontreiniging op (Stratelligence, 2024).

Daarnaast kan NO_x vrijkomen door verbrandingsprocessen die nodig zijn bij de productie of conversie van waterstofdragers. Als waterstof of een waterstofdrager (zoals ammoniak of methanol) wordt verbrand in een motor of turbine, ontstaat wél NO_x-uitstoot. Als waterstofdragers worden ingezet in brandstofcellen dan vindt er geen verbranding plaats, maar een elektrochemische reactie. Hierbij komt géén NO_x vrij. Bij het thermisch kraken van ammoniak naar waterstof komt vrijwel geen NO_x vrij (behalve als de energie die nodig is afkomstig is van fossiele brandstoffen).

De uitstoot van NO_x van de industrie- en energiesector draagt met 31 procent bij aan de totale uitstoot NO_x in Nederland (CBS Statline, 2022). Echter, omdat – net als voor de uitstoot van CO₂ geldt – landelijke regelgeving ertoe dwingt dat de uitstoot van stikstof – waaronder stikstofoxiden – in 2050 moet zijn teruggebracht tot nul, zullen ammoniakkrakers naar verwachting altijd voorzien worden van DeNO_x-nabehandeling (Stratelligence, 2024).

We gaan ervan uit dat door de landelijke stikstofreductiedoelstellingen de uitstoot van NO_x door het transport en productie en conversie van waterstofdragers op termijn (2050) nihil zal zijn. Deze redenatielijn zien we ook in andere publicaties terug (Stratelligence, 2024). De energietransitie zal op nationaal niveau waarschijnlijk leiden tot een duidelijke reductie van de emissies van stikstofoxiden door dalend gebruik van (verbranding van) fossiele brandstoffen en een toename in de elektrificatie van het vervoer (Planbureau voor de Leefomgeving, 2023).

4.1.4 CO₂

Koolstofdioxide (CO₂) is een broeikasgas en de uitstoot ervan draagt daarmee bij aan klimaatverandering. Ook voor de CO₂-uitstoot ten gevolge van de waterstoftransitie is data beschikbaar (Stratelligence, 2024). Deze data laat

zien dat de CO₂-uitstoot van wegverkeer veruit het grootste is (12,6 g CO_{2eq}/tonkm). Daarna volgen zeevaart (6,6 g CO_{2eq}/tonkm), binnenvaart (4,4 g CO_{2eq}/tonkm) en spoor (1,2 g CO_{2eq}/tonkm). De CO₂-uitstoot van buisleidingtransport is, afhankelijk van het elektriciteitsgebruik, zeer beperkt.

Daarnaast kan CO₂ vrijkomen bij productieprocessen van waterstofdragers. De aard van de drager (bevat de drager een C-atoom) en de productieprocessen zijn daarin bepalend. De stoffen waterstof en ammoniak hebben geen C-atoom, maar bij de productie van deze stoffen uit aardgas (bijvoorbeeld grijze waterstof) is wel sprake van uitstoot van CO₂. In geval van een ammoniakkraker is het kraakproces CO₂-vrij als de ammoniak geproduceerd is met groene waterstof. Eventuele CO₂-uitstoot komt van energieopwekking en de manier waarop de ammoniak geproduceerd is.

Ook voor de uitstoot van CO₂ geldt dat landelijke regelgeving ertoe dwingt dat de uitstoot in 2050 is teruggebracht tot nul. We gaan er daarom vanuit dat ook op dit thema de milieu-impact door het transport en productie en conversie van waterstofdragers op termijn (2050) nihil zal zijn. Deze redenatielijn zien we ook in andere publicaties terug (Stratelligence, 2024).

4.1.5 (Zoet)water

Tot slot richt deze omgevingsverkenning zich op de milieu-impact naar (zoet)water. Milieu-impact naar (zoet)water kan het gevolg zijn van zowel het onttrekken van water als voorziene en onvoorziene lozingen naar oppervlaktewater of een zuiveringsinstallatie. Voor deze omgevingsverkenning beperken we ons tot voorziene lozingen naar oppervlaktewater.

Bij lozingen kan kunnen voor het watermilieu schadelijke stoffen vrijkomen of kan het watermilieu beschadigd raken door thermische verontreiniging (het te veel aan (te) koud of warm water lozen). Dergelijke lozingen worden enkel (en zeer beperkt) verwacht bij het kraken van ammoniak naar waterstof. Hierbij zal relatief kleine hoeveelheden afvalwater geloosd worden in de vorm van spoel-

en koelwater. We gaan er daarom vanuit dat (zoet)water in het kader van deze omgevingsverkenning geen bepalend milieuthema is.

4.1.6 Maatgevende milieuthema's

Op basis van deze opsomming van milieuthema's stellen we vast dat de thema's externe veiligheid en geluid naar verwachting maatgevend zijn bij de inpassing van nieuw transport en nieuwe activiteiten met waterstofdragers in de bestaande fysieke leefomgeving (feitelijk impact). Deze conclusie hebben we tevens gevalideerd met een groep experts van de DCMR en RUD Zeeland op 23 april 2025.

We verwachten dat deze milieuthema's daarmee ook een grotere rol spelen in ruimtelijke ordeningsprocedures en vergunningverlening dan de andere genoemde thema's (politiek en bestuurlijke impact).

Als we kijken naar de impact van de milieuthema's op de kans op realisatie van nieuwe initiatieven is deze voor de neerslag van stikstofoxiden (NO_x) in de exploitatie- en gebruiksfase op dit moment in Nederland heel groot. Hoewel de uitstoot van NO_x door de waterstoftransitie beperkt is, is iedere beperkte toename te veel en kan dit de waterstoftransitie remmen.

In de volgende paragraaf onderzoeken we per nieuwe transport- en bedrijfsactiviteit als beschreven in paragraaf 3.4 en 3.5 nog wat diepgaander de feitelijke impact op de thema's externe veiligheid en geluid is.

4.2 Waterstofsysteem, milieu en veiligheid

4.2.1 Nieuw transport

Om te achterhalen wat de impact van nieuwe vervoersstromen als gevolg van de waterstoftransitie is, worden de verwachte nieuwe vervoersstromen uit

hoofdstuk 3 vergeleken met gegevens over het huidige vervoer van (gevaarlijke) stoffen in Zeeland.

In lijn met paragraaf 4.1.6 beperken we ons tot de impact op de thema's externe veiligheid en geluid. Gebruikte bronnen voor de cijfers over het huidige transport zijn: NSP (z.d.), Ministerie van IenW (1) (2023), ProRail (2023) en Aviv (2024).

In dit hoofdstuk hanteren we de nieuwe vervoersstromen van het ammoniak scenario-laag en scenario-hoog (paragraaf 3.2) voor de jaren 2035 en 2050. In de toelichting beschrijven we op basis van de nu bekende gegevens in 2035 de maximale impact op geluid en externe veiligheid.

4.2.1.1 Import zeehavens

Hoe vervoer van (gevaarlijke) goederen via zeeschepen vindt dagelijks plaats. Met grote havens als North Sea Port en de Port of Antwerp – Bruges is de Westerschelde een drukbevaren zeeroute. De tabel hieronder geeft een overzicht van de impact van extra ammoniaktransporten via zeevaart. In de eerste kolom wordt onderscheid gemaakt tussen alle zeevaartbewegingen (met goederen), het vervoer van gevaarlijke stoffen (GS) en specifiek het vervoer van ammoniak (Gas Toxic - GT3)³. De tweede kolom toont het huidige aantal jaarlijkse bewegingen naar North Sea Port. In de derde kolom staat de verwachte toename aan zeevaartbewegingen in 2035 en 2050 op basis van het de import van ammoniak (zie tabel 5). Hierin zijn de vervoersbewegingen naar North Sea Port en de Port of Antwerp – Bruges bij elkaar opgeteld. De laatste kolom geeft de relatieve toename weer ten opzichte van de huidige situatie.

³ Een toelichting op de definitie van GT3 is opgenomen in hoofdstuk 10.

Tabel 8 - Vergelijking bestaande en nieuwe (import) zeevaartbewegingen in Zeeland

Transport-modaliteit	Huidig	Nieuw (ammoniak laag / hoog)	Toename (ammoniak laag / hoog)
Zeevaart Bewegingen	9.100	120 / 220 (2035)	0,01 / 0,02
		120 / 360 (2050)	0,01 / 0,04
Zeevaart GS Bewegingen	1.485	120 / 220 (2035)	0,08 / 0,15
		120 / 360 (2050)	0,08 / 0,24
Zeevaart GT3 Bewegingen	18	120 / 220 (2035)	6,7 / 12,2
		120 / 360 (2050)	6,7 / 20,0

Uit tabel 8 wordt duidelijk dat binnen North Sea Port het totale vervoer door zeeschepen (wel of niet met gevaarlijke stoffen) als gevolg van de import van ammoniak maar beperkt toeneemt. De toename van het vervoer van toxische gassen neemt door de nieuwe importstroom van ammoniak met een factor 6,7 tot 20 toe.

Externe veiligheid

De toename van het aantal transportbewegingen met gevaarlijke stoffen, in het bijzonder van stofcategorie GT3 (ammoniak) over de Westerschelde, heeft gevolgen voor de externe veiligheid. De Westerschelde maakt deel uit van het Basisnet, waarvoor vaste risicocontouren gelden. Een toename van het vervoersvolume leidt formeel niet tot grotere aandachtsgebieden. In werkelijkheid kunnen de afstanden van een gifwolkaandachtsgebied echter aanzienlijk groter zijn dan de standaard 300 meter. Wat vooral verandert, is de kans op een incident waarbij een toxische gifwolk ontstaat.

Door de verwachte stijging van GT3-transporten in 2035 (ammoniak-hoog) van 18 naar maximaal 220 per jaar, neemt deze kans toe. De plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} van het vervoer van gevaarlijke stoffen wordt doorgaans sterk bepaald door het vervoer van brandbare gassen (GF). In deze verkenning is geen berekening van het plaatsgebonden risico uitgevoerd, maar de verwachting is dat deze toename in het vervoer van GT3 een zeer beperkte

invloed heeft op het huidige risicoprofiel en niet leidt tot een significante toename van de huidige plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} .

Geluid

Zeeschepen produceren geluid via hun motoren. Door de beperkte toename van het aantal transportbewegingen (220 extra schepen op een totaal van circa 9.100 per jaar in 2035) wordt weinig impact verwacht op het milieuthema geluid. Deze extra schepen veroorzaken naar verwachting geen merkbare toename van geluidhinder in de omgeving.

4.2.1.2 Buisleiding H₂

Buisleidingen worden momenteel vooral gebruikt voor het transport van aardgas. Voor waterstof wordt gewerkt aan de aanleg van een nationale waterstofbackbone, die naar verwachting de voornaamste transportmodaliteit zal worden voor gasvormige waterstof. In het hoge scenario gaat het om een volume van circa 650 kton H₂ per jaar, zowel voor geproduceerde als uit ammoniak gekraakte waterstof.

Er worden voor de Zeeuwse situatie momenteel onderzoeken verricht naar de haalbaarheid van een ammoniakleiding in de provincie. Deze leiding wordt op korte termijn echter niet verwacht en blijft daarom buiten beschouwing in deze verkenning.

Externe veiligheid

Transport van waterstofgas via buisleidingen wordt gezien als de meest haalbare manier om grote hoeveelheden te exporteren. Waterstof heeft een lage energiedichtheid, waardoor vervoer over de weg of het water zeer inefficiënt is. Buisleidingen hebben een lage faalkans waarbij het belangrijkste scenario lekkage als gevolg van graafschade betreft. Dit risico is te beperken door leidingen voldoende diep aan te leggen.

Volgens AVIV (Adviesgroep AVIV BV, 2019) heeft vervoer van waterstof via leidingen bovendien een positief effect op aandachtsgebieden, in vergelijking met aardgas⁴. Daarnaast zijn incidenten met buisleidingen over het algemeen beter te bestrijden dan bij andere transportmodaliteiten. Leidingsystemen zijn meestal zodanig aangelegd dat zij per sectie kunnen worden afgesloten. Hulpdiensten kunnen zich daardoor focussen op het beperken van de gevolgen in de omgeving van de lekkage terwijl tegelijkertijd de leiding wordt afgesloten door de exploitant. Dit is anders bij lekkages aan tankwagens, ketelwagens en binnenvaartschepen, waarbij hulpdiensten ook belast zijn met de vaak complexe bronbestrijding.

Geluid

Het grootste deel van een buisleiding levert geen geluidsemissie op. Voor op druk brengen van het gas worden compressoren ingezet. Dat is nodig voor het vervoer van het huidige aardgas en ook voor het vervoer van waterstof. In bestaande aardgasinfrastructuur zijn de huidige compressiestations geoptimaliseerd voor methaan, niet voor waterstof. Voor het vervoer van waterstof is een andere compressie nodig. In het geval van nieuwe compressoren en een andere techniek moet deze voldoen aan de geluidsnormering. De buisleidingen veroorzaken naar verwachting geen merkbare toename van geluidhinder in de omgeving.

4.2.1.3 Spoor

Tussen de 4000 en 5000 goederentreinen doen jaarlijks de Zeeuwse havens aan. In 2023 werden er in een jaar 10.500 ketelwagens met gevaarlijke stoffen over het spoor vervoerd. Van dit totaal valt circa 2% (257 ketelwagens) onder stofcategorie B2⁵. In de verkenning is als uitgangspunt gehanteerd dat 5% van de export van ammoniak zich afwikkelt over het spoor. Dat gaat in het scenario ‘ammoniak-hoog’ om 2501 nieuwe ketelwagens in 2035.

⁴ Gekeken naar de grafieken met de afstand in combinatie met de hittestraling in figuur 17 tot en met 20.

In onderstaande tabel wordt in de eerste kolom onderscheid gemaakt tussen het totaal aan goederenwagens (inclusief gevaarlijk goed), het aantal ketelwagens aan gevaarlijke stoffen en specifiek het B2 transport over het spoor. In de tweede kolom worden de huidige vervoerscijfers (2023/2024) weergegeven. De derde kolom laat zien wat de verwachte toename aan ketelwagens is van ammoniak, uitgaande van het scenario ammoniak-hoog. De laatste kolom geeft de relatieve toename weer ten opzichte van de huidige situatie.

Tabel 9 - Vergelijking bestaande en nieuwe (export) spoorbewegingen in Zeeland

Transport-modaliteit	Huidig	Nieuw (ammoniak laag / hoog)	Toename (ammoniak laag / hoog)
Spoor goederen Bewegingen	100.000 ⁶	1365 / 2501 (2035)	0,01 / 0,03
		1365 / 4092 (2050)	0,01/ 0,04
Spoor GS Ketelwagens	10.462	1365 / 2501 (2035)	0,13 / 0,24
		1365 / 4092 (2050)	0,13 / 0,39
Spoor B2 Ketelwagens	257	1365 / 2501 (2035)	5,3 / 9,7
		1365 / 4092 (2050)	5,3 / 15,9

Voor het bepalen van de huidige vervoersstromen van gevaarlijke stoffen over spoor zijn de realisatiegegevens voor het vervoer van gevaarlijke stoffen gecombineerd:

- Roosendaal – Sloehaven (traject 11): A 6497
- Sas van Gent – Dow Chemical (traject 180): A 3088 / B2 3 / C3 142 / D3 424
- Axel – Terneuzen – Sluiskil (traject 310/315): B2 257 / C3 54

⁵ Een toelichting op de definitie van B2 is opgenomen in hoofdstuk 10.

⁶ Uitgaande van 4000 goederentreinen met gemiddeld 25 goederenwagens.

Externe veiligheid

De toename van het aantal transportbewegingen met gevaarlijke stoffen, specifiek van de stofcategorie B2 (ammoniak) per spoor, heeft directe implicaties voor de externe veiligheid. De betreffende spoorroutes zijn onderdeel van het Basisnet Spoor, waarvoor (nog) standaard risicocontouren en risicoplafonds gelden. Een stijging van het transportvolume leidt formeel niet tot uitbreiding van de vastgestelde aandachtsgebieden. In de praktijk kunnen de afstanden waarbinnen mensen blootgesteld kunnen worden aan een toxische wolk echter aanzienlijk groter zijn (enkele kilometers) dan het de door het Rijk vastgestelde 300 meter. Treinen worden beschouwd als een relatief veilig vervoersmiddel. Met een toename van bijna factor 1 van het aantal aan B2 ketelequivalenten in 2035 neemt de kans op een ongeval echter toe. De plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} van het vervoer van gevaarlijke stoffen wordt doorgaans sterk bepaald door het vervoer van brandbare gassen (A). In deze verkenning is geen berekening van het plaatsgebonden risico uitgevoerd, maar de verwachting is dat deze toename in het vervoer van B2 een zeer beperkte invloed heeft op het huidige risicoprofiel en niet leidt tot een significante toename van de huidige plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} .

Geluid

Goederentreinen veroorzaken aanzienlijke geluidsemissie en trillingen, mede doordat zij zwaarder en langer zijn dan reizigerstreinen. Door de verwachte toename van het vervoer van goederentreinen, ook door (dicht)bevolkte gebieden, met een factor van 0,03 in 2035 of 0,04 in 2050 neemt de belasting op de leefomgeving enigszins toe. Dit kan leiden tot hinder voor omwonenden, afhankelijk van lokale omstandigheden.

4.2.1.4 Binnenvaart

Het totale aantal binnenvaartbewegingen in North Sea Port bedraagt circa 41.000 per jaar (NSP, z.d.). Daarvan zijn er ongeveer 16.000⁷ gerelateerd aan

het vervoer van gevaarlijke stoffen. Wanneer alleen wordt gekeken naar de stofcategorie GT3⁸, gaat het om circa 0,7% (112 scheepsbewegingen).

In onderstaande tabel voor binnenvaartbewegingen wordt onderscheid gemaakt tussen het totale goederentransport, het vervoer van gevaarlijke stoffen en de bewegingen van GT3. In kolom 2 is het aantal huidige vervoersbewegingen beschreven. In de derde kolom is te zien wat de, uit hoofdstuk 3, verwachte toename aan binnenvaart bewegingen is, met een onderscheid in 2035 en 2050. De laatste kolom geeft de relatieve toename weer ten opzichte van de huidige situatie.

Tabel 10 - Vergelijking bestaande en nieuwe (export) binnenvaartbewegingen in Zeeland

Transport-modaliteit	Huidig	Nieuw (ammoniak laag / hoog)	Toename (ammoniak laag / hoog)
Binnenvaart Bewegingen	41.000	751 / 1376 (2035)	0,02 / 0,03
		751 / 2251 (2050)	0,02 / 0,05
Binnenvaart GS Bewegingen	15.952	751 / 1376 (2035)	0,05 / 0,09
		751 / 2251 (2050)	0,05 / 0,14
Binnenvaart GT3 Bewegingen	112	751 / 1376 (2035)	6,7 / 12,3
		751 / 2251 (2050)	6,7 / 20,1

In het scenario 'ammoniak-hoog' worden 1.376 extra scheepsbewegingen over de binnenvaart met ammoniak verwacht. Dit betekent een toename van GT3-vervoer via de binnenvaart met een factor van 12 in 2035 ten opzichte van het huidige aantal.

⁷ Op basis van realisatiegegevens voor de vaarweg Hollandsch Diep.

⁸ Een toelichting op de definitie van GT3 is opgenomen in hoofdstuk 10.

Externe veiligheid

De toename van het aantal transportbewegingen met gevaarlijke stoffen, in het bijzonder van stofcategorie GT3 (ammoniak), heeft gevolgen voor de externe veiligheid. Een toename van het vervoersvolume leidt formeel niet tot grotere aandachtsgebieden. In werkelijkheid kunnen de afstanden van een gifvolkaandachtsgebied aanzienlijk groter zijn dan de standaard 300 meter. Wat vooral verandert, is de kans op een incident waarbij een toxische gifwolk ontstaat. Door de verwachte stijging van GT3-transporten van 112 naar maximaal 1376 per jaar in 2035, neemt deze kans toe. De plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} van het vervoer van gevaarlijke stoffen wordt doorgaans sterk bepaald door het vervoer van brandbare gassen (A). In deze verkenning is geen berekening van het plaatsgebonden risico uitgevoerd, maar de verwachting is dat deze toename in het vervoer van B2 een zeer beperkte invloed heeft op het huidige risicoprofiel en niet leidt tot een significante toename van de huidige plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} .

Geluid

Binnenvaartschepen produceren net als zeevaart schepen via hun motoren geluid. Door de toename van het aantal scheepsbewegingen zal ook de geluidsemissie toenemen. Door de doorgaans grote afstand tussen de vaarroutes en bewoning zal de impact hiervan beperkt blijven.

4.2.2 Nieuwe bedrijven

Om te achterhalen wat de impact van nieuwe activiteiten als gevolg van de waterstoftransitie is, worden de verwachte nieuwe bedrijven uit hoofdstuk 3 vergeleken met gegevens over de huidige bedrijvigheid in Nort Sea Port.

In lijn met paragraaf 4.1.6 beperken we ons tot de impact op de thema's externe veiligheid en geluid.

4.2.2.1 Elektrolyser

Op termijn (2050) wordt voor 2,5 GW aan elektrolyse capaciteit verwacht. Bij een capaciteit van 250 MW zullen dit ongeveer 10 elektrolyzers in Zeeland of 3 elektrolyzers van 1000MW. Momenteel vindt er op industriële schaal nog geen elektrolyse plaats. Wel lopen diverse initiatieven op dit vlak van onder meer VoltH2 (Terneuzen en Vlissingen) en TotalEnergies / Air Liquide (Vlissingen).

Externe veiligheid

In een elektrolyser wordt demi-water gesplitst in zuurstof en waterstof met behulp van elektriciteit. Voor de Groene waterstoffabriek VoltH2 Terneuzen (AVIV, 2021) – een elektrolyser van 25 MW – is een QRA (risicoanalyse) uitgevoerd. In deze studie is vastgesteld dat de plaatsgebonden risico 10^{-6} /jr net buiten de inrichting ligt en dat de maximale effectafstand tot 1% kans op overlijden op 45 meter ligt. Zolang de elektrolyser niet gecombineerd wordt met de grootschalige opslag van waterstof is de verwachting dat de externe veiligheidsrisico's naar de omgeving beperkt blijven.

Geluid

Compressoren die onderdeel zijn van elektrolyserinstallaties produceren continu geluid, met name bij het op druk brengen van waterstof. Dit kan leiden tot hoorbare geluidsemissie, afhankelijk van het type compressor en de bedrijfscyclus. In de praktijk zullen de meeste elektrolyzers echter op geluidsgezoneerde industrieterreinen worden geplaatst, waardoor verwacht wordt dat dit geluid nauwelijks hoorbaar is in de omgeving en geen belemmering vormt voor de op afstand omliggende (zeer) (beperkt) kwetsbare groepen.

4.2.2.2 Ammoniakkraaker

Op termijn (2050) worden er 2 – 3 ammoniakkrakers in Zeeland verwacht. Op dit moment wordt in de provincie nog geen ammoniak gekraakt op industriële schaal. Net als voor elektrolyzers geldt dat de nieuwe ammoniakkrakers naar

verwachting op de bestaande industrieterreinen Sloegebied en Kanaalzone worden ontwikkeld.

Externe veiligheid

De externe veiligheidsrisico's van een ammoniakkraker zijn afhankelijk van de specifieke eigenschappen van de installatie, waaronder de capaciteit. Een indicatieve studie van DNV (DNV, 2025) voor de Amsterdamse situatie laat zien dat een gemiddelde ammoniak kraakinstallatie – terminalcapaciteit: 1.500.000 ton/jaar – een 10^{-6} plaatsgebonden risicocontour heeft van 341 m en een gifwolkaandachtsgebied van 8.242 m. Hierbij dient te worden opgemerkt dat deze afstanden niet zozeer het gevolg zijn van een scenario met de kraakinstallatie zelf, maar samenhangen met de scheepsverladingsinstallatie die gepaard gaat met een ammoniakkraakinstallatie en opslagterminal (DNV, 2025).

Kijkend naar het huidige risicoprofiel van de industrieterreinen Sloegebied en Kanaalzone stellen we vast dat op beide terreinen reeds Seveso-inrichtingen⁹ aanwezig zijn met omvangrijke gifwolkaandachtsgebieden. Zo huisvest Sloegebied het bedrijf Kloosterboer Vlissingen VOF met een gifwolkaandachtsgebied van ca. 12.000 m en bevindt zich op het industrieterrein Kanaalzone het bedrijf Bertschi BV met een gifwolkaandachtsgebied van ca. 14.000 m. Een afbeelding met de huidige gifwolkaandachtsgebieden is opgenomen in bijlage 3.

Geluid

Het kraken van ammoniak levert geluidsemissies op. Zoals reeds in de vorige paragraaf is opgemerkt is de 'extra' milieu impact hiervan naar verwachting beperkt. Gelet op het type bedrijf waar dergelijke installaties te verwachten zijn (zware industrie) kunnen ammoniakkrakers enkel op de daarvoor bestemde industrieterreinen Sloegebied en Kanaalzone worden gerealiseerd.

Op deze industrieterreinen zijn al veel vergelijkbare geluidsbronnen aanwezig (pompen en compressoren) en deze industrieterreinen zijn geluidsgezoneerd. Naar verwachting vallen de extra geluidsemissies van de ammoniakkrakers binnen de bestaande zonering.

4.2.2.3 Ammoniakterminal

Op termijn (2050) worden maximaal 3 kleine ammoniak terminals (bij een capaciteit van 500 kton) met een laag scenario in Zeeland verwacht, of bij het hoge scenario 2 midden ammoniak terminals met een capaciteit van 2.000 kton. Op dit moment wordt in Zeeland nog geen tot weinig ammoniak geïmporteerd en doorgezet op industriële schaal. Net als voor elektrolyzers geldt dat de nieuwe ammoniakterminals naar verwachting op de bestaande industrieterreinen Sloegebied en Kanaalzone worden ontwikkeld.

Externe veiligheid

De externe veiligheidsrisico's van een ammoniakterminal zijn afhankelijk van de specifieke installaties op de terminal, waaronder de capaciteit. Een indicatieve studie van DNV (DNV, 2025) voor de Amsterdamse situatie laat zien dat een kleine ammoniakterminal – capaciteit: 500.000 ton/jaar – een 10^{-6} plaatsgebonden risicocontour heeft van 482 m en een gifwolkaandachtsgebied van 7.183 m.

Ook wanneer hier de vergelijking wordt gemaakt met het huidige risicoprofiel van de industrieterreinen Sloegebied en Kanaalzone, kan worden vastgesteld dat op beide terreinen reeds Seveso-inrichtingen aanwezig zijn met omvangrijke gifwolkaandachtsgebieden. Kortom, nieuwe ammoniakterminals brengen net als krakers nieuwe risico's naar beide industrieterreinen.

⁹ Seveso-inrichtingen zijn bedrijven die, door hun omvang en aanwezigheid van een grote hoeveelheid gevaarlijke stoffen, moeten voldoen aan de Seveso-III-richtlijn. Een Seveso-inrichting is een apart aangewezen MBA in het Bal.

Geluid

Gelet op het type bedrijf waar terminals te verwachten zijn (havens) kunnen ammoniakterminals enkel op de daarvoor bestemde industrieterrein Sloegebied en Kanaalzone worden gerealiseerd. Op deze industrieterreinen zijn al veel vergelijkbare geluidsbronnen aanwezig (pompen en compressoren) en deze industrieterreinen zijn geluidsgezoneerd. Naar verwachting vallen de extra geluidsemissies van de ammoniakterminals binnen de bestaande zonering. zijn al veel vergelijkbare geluidsbronnen aanwezig (pompen en compressoren) en deze industrieterreinen zijn geluidsgezoneerd. Naar verwachting vallen de extra geluidsemissies van de ammoniakterminals binnen de bestaande zonering.

4.3 Conclusie milieu- en veiligheidsimpact

Welke impact heeft de introductie van de verschillende waterstof(dragers) op de milieu- en veiligheidsruimte?

Op basis van de in deze verkenning gekozen milieuthema's stellen we vast dat de thema's externe veiligheid en geluid naar verwachting maatgevend zullen zijn bij de inpassing van nieuw transport en nieuwe activiteiten met waterstofdragers in de bestaande fysieke leefomgeving (feitelijke impact). Voor de milieuthema's NO_x en CO₂ wordt op lange termijn een daling van de emissie verwacht gegeven de landelijke regelgeving rondom deze thema's. Deze ontwikkeling staat los van waterstoftransitieprojecten en geldt voor alle sectoren. Op korte termijn vraagt de uitstoot van NO_x aandacht. Nieuwe initiatieven in de waterstoftransitie zorgen voor een (beperkte emissie) van NO_x uit, een uitstoot die in het licht van de huidige landelijk patstelling in het stikstofbeleid kan bijdragen aan een rem op de waterstoftransitie. Voor het thema zoetwater (emissies) wordt de relatie met de waterstoftransitie klein geacht.

Het beleid voor externe veiligheid is gebaseerd op een risicobeleid. De basisgedachte is dat veiligheidsrisico's geaccepteerd kunnen worden als de kans voldoende klein is. Onder de Omgevingswet beoordeelt het bevoegd gezag het externe veiligheidsrisico op basis van twee normen: het plaatsgebonden risico van de activiteit én het groepsrisico (op basis van aandachtsgebieden) van de activiteit. Het plaatsgebonden risico wordt berekend en is afhankelijk van de kans van optreden en het potentiële effect van een incident. Een aandachtsgebied daarentegen wordt bepaald op basis van het grootst denkbare effect van een incident (en is niet afhankelijk van de kans op optreden). De afweging van externe veiligheidsrisico's wordt doorgaans als complex ervaren, omdat het in de kern gaat over het afwegen van zeer kleine kansen (ordegrootte kans van 1 op de 10 miljoen per jaar) op potentieel hele grote effecten (bij ammoniakopslag gaat het over gifwolkaandachtsgebieden van meer dan 1 km). De kans is zo klein, omdat bedrijven en vervoerders gehouden zijn aan strenge eisen voor de opslag en het vervoer van gevaarlijke goederen. Zelfs als de kans met een factor 10 toeneemt is de kans op een ongeval nog steeds erg klein. Dit voelt wellicht contra-intuïtief gezien de publieke aandacht die er momenteel is voor de risico's van de energietransitie en in het bijzonder van ammoniak.

Voor het – voorzichtig – kwantificeren van de impact op de thema's externe veiligheid en geluid is een vergelijking uitgevoerd tussen de huidige activiteiten (transport en bedrijven) en de nieuwe activiteiten (transport en bedrijven) die verwacht worden door de waterstoftransitie. De nieuwe bedrijven (Milieubelastende activiteiten) vestigen zich in het havengebied van North Sea Port. Op deze industrieterreinen zijn al veel vergelijkbare geluidsbronnen aanwezig (pompen en compressoren) en deze industrieterreinen zijn geluidsgezoneerd. Naar verwachting vallen de extra geluidsemissies van de nieuwe bedrijven binnen de bestaande zonering.

Binnen North Sea Port zijn al risicovolle activiteiten aanwezig met brand-, explosie- en gifwolkaandachtsgebieden. Daar worden nieuwe risicovolle activiteiten aan toegevoegd. Naar verwachting vallen de extra externe veiligheidsrisico's binnen de van de nieuwe bedrijven binnen de risicogebieden externe veiligheid (veiligheidscontour) van Vlissingen-Oost en Dow (inclusief Mosselbanken en Logistiek Park). De nieuwe activiteiten met ammoniak (overslag, kraken en opslag van ammoniak) leiden door de toxiciteit van ammoniak tot nieuwe gifwolkaandachtsgebieden. Kortom, nieuwe activiteiten met ammoniak brengen nieuwe risico's naar beide industrieterreinen. De kans op een gifwolkscenario neemt daardoor toe. Tegelijkertijd merken we op dat het risicoprofiel van beide terreinen niet fundamenteel verandert. Op beide terreinen zijn reeds bedrijven gevestigd waar zich een gifwolkscenario kan voordoen. De risico's en (on)mogelijkheden voor incidentbestrijding en zelfredzaamheid zijn ook in de huidige situatie reeds aanwezig. De afwegingen die nieuwe installaties met zich meebrengen voor vergunningverlening, ruimtelijke ordening en hulpverlening zijn echter niet wezenlijk anders dan voor een aantal van de risicovolle bedrijven die al gevestigd zijn in Zeeland. Het profiel voor geluid en externe veiligheid van de industrieterreinen verandert niet fundamenteel.

Het nieuwe transport als gevolg van de waterstoftransitie is vergeleken met de bekende cijfers over het bestaande goederenvervoer (inclusief gevaargoed). De grootste relatieve stijging van het vervoer uit deze verkenning gaat over de toename van het vervoer van ammoniak over het spoor¹⁰. Zowel voor geluid als externe veiligheid heeft deze toename impact.

Voor het nieuwe transport van ammoniak over de Westerschelde en binnenwater is de relatieve toename van het vervoer klein in vergelijking met het huidige totale goederenvervoer, beperkt in vergelijking met het huidige

totale vervoer van gevaarlijke stoffen en groot in vergelijking met het huidige vervoer van giftige gassen. Voor geluid wordt geen belangrijke impact verwacht om die reden. Voor externe veiligheid geldt dat het risicoprofiel van de zee- en binnenvaart wel wijzigt: er vindt meer transport plaats van toxische stoffen (ammoniak). In deze verkenning is geen berekening van het plaatsgebonden risico uitgevoerd, maar de verwachting is dat deze toename in het vervoer van toxische stoffen een zeer beperkte invloed heeft op het huidige risicoprofiel en niet leidt tot een significante toename van de huidige plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} .

De impact van nieuwe bedrijven op geluid en externe veiligheid (en andere milieuthema's) wordt onderzocht en beoordeeld in het kader van de aanvraag van een omgevingsvergunning en/of MER. Het vervoer van gevaarlijke stoffen buiten het bedrijf is hiervan geen onderdeel. Om de impact van het vervoer van gevaarlijke stoffen beter te voorspellen kan nader onderzoek (bijvoorbeeld met de uitvoering van een QRA) worden uitgevoerd.

¹⁰ In deze studie is uitgegaan van een verdeling van het vervoer over de modaliteiten binnenvaart (95%) en spoor (5%).

5. Sturings- mogelijk- heden provincie Zeeland



5. Sturingsmogelijkheden provincie Zeeland

We geven in de dit hoofdstuk antwoord op de vraag: *Welke sturingsmogelijkheden heeft de provincie voor wat betreft de ontwikkelingen met nieuwe waterstof(dragers)?* Eerst staan we stil bij het bredere kader waarbinnen de provincie al dan niet zal sturen (paragraaf 5.1). Vervolgens schetsen we op hoofdlijnen de rollen en instrumenten die de provincie daarbij tot haar beschikking heeft (paragraaf 5.2) en formuleren we drie denkrichtingen in de vorm van beleidsscenario's (paragraaf 5.3). Daarna geven we voorbeelden van hoe de eerdergenoemde instrumenten per beleidsscenario ingezet kunnen worden (paragraaf 5.3). We sluiten af met een korte conclusie (paragraaf 5.4).

5.1 Zeeuwse ambities

Welke rol de provincie wil innemen en welke sturingsinstrumenten zij wil aanwenden als het gaat om het beperken van de milieu- en veiligheidsimpact van de waterstoftransitie volgt idealiter uit de visie en ambities die zij op beide onderwerpen heeft. Hoewel de waterstoftransitie natuurlijk bedoeld is om klimaatverandering – en daarmee achteruitgang van het milieu – tegen te gaan hebben we in het vorige hoofdstuk laten zien dat een nieuw waterstofsysteem ook een negatieve impact kan hebben op milieu en veiligheid. Het is daarom van belang eerst stil te staan bij de ambities die de provincie reeds heeft geformuleerd op de waterstoftransitie én op milieu en veiligheid en ons af te vragen waar het accent ligt.

Waterstoftransitie

De provincie Zeeland is ambitieus als het gaat om de energietransitie. Zoals we in paragraaf 1.1 al stelden ziet zij waterstof als een belangrijke pijler onder de energietransitie. In verschillende provinciale beleidspublicaties, zoals de Zeeuwse Omgevingsvisie 2023 en het Zeeuwse coalitieakkoord 2023-2027 (Met Zeeland, voor Zeeland!), zijn dan ook doelen geformuleerd die gericht

zijn op het ontwikkelen van een nieuw waterstofsysteem. Deze ambities zijn vooral gericht op het stimuleren van de energietransitie. De provincie wil een voortrekkersrol vervullen en een waterstofhub zijn voor het achterland. Concrete uitwerking hiervan zien we bijvoorbeeld terug in het Provinciale Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (PMIEK 2023), deelname van de provincie aan het Cluster Energiestrategieën (CES 3.0) en projecten zoals het – samen met North Sea Port en Smart Delta Resources – uitvoeren van een haalbaarheidsonderzoek naar een ammoniaknetwerk vanuit de haven van Vlissingen richting het achterland in Duitsland, Nederland en België.

Milieu en veiligheid

Daarnaast vindt de provincie Zeeland een veilige en gezonde fysieke leefomgeving belangrijk. De provinciale ambities als het gaat om het beperken van de milieu- en veiligheidsimpact van de waterstoftransitie zijn echter minder expliciet geformuleerd. Zo lezen we bijvoorbeeld in de Zeeuwse Omgevingsvisie 2023 dat het beperken van die risico's óók een doelstelling is.

We lezen daarnaast dat de provincie in dit kader deelneemt aan stakeholder overleggen die het Rijk houdt ten behoeve van het ontwikkelen van nieuwe richtlijnen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. Inzet is om het vervoer van gevaarlijke stoffen via het huidige spoor in Zeeland door bewoonde gebieden te minderen. Een alternatief is het vervoer door buisleidingen of over water.

Dilemma's en accenten

In hoofdstuk 3 en 4 hebben we laten zien dat ammoniak vooralsnog via binnenvaartschepen (95%) en spoorketelwagons (5%) naar het achterland zal worden getransporteerd én dat dit voor een toename van de externe veiligheidsrisico's en geluidsemissies (en trillingen) zal zorgen in bewoonde gebieden. Tijdens de voor deze omgevingsverkenning gevoerde gesprekken zijn al verschillende ideeën geventileerd, waaronder het beperken van de milieugebruiksruimte van waterstofprojecten (lock-in principe); het bewust wel

of niet toestaan van bepaalde waterstofdragers zoals ammoniak, en; het tijdelijk bieden van juist meer milieu- en veiligheidsruimte aan waterstofprojecten (transitie-principe).

Kortom, de zoektocht naar rollen en sturingsmogelijkheden is ook een zoektocht naar accenten. Op welke punten zijn de ambities om de waterstoftransitie te stimuleren bepalend en wanneer begrenzen ambities op het gebied van milieu en veiligheid deze transitie? En in hoeverre kan en wil de provincie sturen op het type waterstofdrager? In de volgende paragrafen verkennen we de verschillende mogelijkheden die de Provincie Zeeland heeft als het gaat om rollen en sturingsinstrumenten voor het beperken van de milieu- en veiligheidsimpact.

5.2 Rollen en instrumenten

Om inzicht te krijgen in de sturingsmogelijkheden van de provincie ten aanzien van de milieu- en veiligheidsimpact van waterstofdragers beginnen we met de rollen die de provincie in dit kader kan innemen. Het presenteren van verschillende rollen kan de Provincie Zeeland helpen om in deze fase te bepalen welke visie en ambities zij heeft als het gaat om de milieu- en veiligheidsimpact van de waterstoftransitie. Uit de gekozen rol volgt het gebruik van sturingsinstrumenten.

Een model dat behulpzaam is bij het denken over overheidsrollen is het zogenaamde kwadrantenmodel van de Nederlandse School voor Openbaar Bestuur (NSOB, 2015). In dit model wordt onderscheid gemaakt tussen 4 rollen: de rechtmatige overheid, de presterende overheid, de samenwerkende overheid en de responsieve overheid. De rollen verschillen in de mate waarin zij sturing geven aan de samenleving. In haar minst sturende rol beperkt de overheid zich tot het uitvoeren van haar wettelijke taken (minimaal scenario). In de meest sturende rol neemt de overheid actief de leiding op een bepaald thema, al dan niet in samenwerking met bedrijfsleven en maatschappelijke organisaties (maximaal scenario).

Om praktische redenen hanteren we voor deze omgevingsverkenning een vereenvoudiging van het kwadrantenmodel. We brengen de vier rollen uit het model terug tot drie mogelijke beleidsscenario's: een minimaal, gemiddeld en maximaal scenario (waarover meer in paragraaf 5.3). Per scenario heeft de provincie verschillende instrumenten tot haar beschikking om de milieu- en veiligheidsimpact van de waterstoftransitie te beperken. In de laatste paragraaf worden deze scenario's geïllustreerd met concrete voorbeelden van instrumenten voor de thema's externe veiligheid en geluid (paragraaf 5.4).

5.3 Mogelijke beleidsscenario's

5.3.1 Minimaal scenario – Wettelijke taken uitvoeren

Het eerste scenario is niet zozeer een keuze, maar het uitgangsscenario. De provincie heeft een aantal wettelijke taken als het gaat om milieu en veiligheid ten aanzien van waterstofdragers. Het gaat hier bijvoorbeeld om vergunningverlening, toezicht en handhaving bij bedrijven met externe veiligheidsrisico's waarvoor zij bevoegd gezag is; de zogenaamde Seveso-inrichtingen. Daarnaast is de provincie verantwoordelijk voor het houden van interbestuurlijk toezicht (IBT) op de gemeentelijke taakuitvoering, waaronder de gemeentelijke externe veiligheidstaken bij het opstellen van omgevingsplannen. In dit scenario handelt de provincie reactief. Zij reageert op initiatieven van buiten en zoekt binnen het kader van minimale wettelijke eisen naar mogelijkheden om initiatieven te vergunnen.

5.3.2 Gemiddeld scenario – Faciliteren

De provincie heeft de keuze om zich, naast het uitvoeren van haar wettelijke taken, proactiever op te stellen door bijvoorbeeld andere stakeholders te faciliteren rondom een milieuvriendelijke en veilige implementatie van waterstofdragers in Zeeland. De provincie faciliteert zodanig dat andere stakeholders beter geëquipeerd (informatiepositie) zijn om hun eigen verantwoordelijkheden op dit vlak optimaal te kunnen invullen. Onder

faciliteren moet vooral het versterken van het provinciale kennis- en expertisenetwerk worden verstaan. De provincie kan dit doen door bijvoorbeeld rondom een thema een provinciale overlegstructuur op te zetten, stakeholders met elkaar in contact te brengen en toe te rusten met relevante informatie zodat zij – vanuit het perspectief van milieu- en veiligheid – betere keuzes kunnen maken bij waterstoftransitieprojecten. Daarnaast kan de provincie ook zelf voorlichting verzorgen, bijvoorbeeld aan de (nieuw te vestigen) Seveso-inrichtingen waarvoor zij bevoegd gezag is.

5.3.3 Maximaal scenario – Sturen

In sommige gevallen zijn er redenen om verder te gaan dan het faciliteren van stakeholders en als provincie expliciet te gaan sturen. Dit speelt met name bij thema's waarbij nog weinig zicht is op ontwikkellocaties, veel onzekerheid heerst over de milieu- en veiligheidsimpact óf wanneer landelijke regelgeving en sturing nog beperkt is. Redenerend vanuit het voorzorgprincipe kan de provincie dan een verdergaande rol innemen en daadwerkelijk gaan sturen op reductie van de milieu- en veiligheidsimpact van waterstofdragers. Zij beschikt daartoe over verschillende sturingsinstrumenten. Dit kunnen financiële instrumenten (bijvoorbeeld subsidies), juridische instrumenten (bijvoorbeeld

voorschriften en vergunningplichten) en communicatieve instrumenten (bijvoorbeeld het organiseren van een lobby) zijn. In de volgende paragraaf geven we voorbeelden van deze instrumenten voor de bepalende milieuthema's.

5.4 Sturingsmogelijkheden per scenario (niet limitatief)

In de tabel 11 en tabel 12 staan voorbeelden van sturingsinstrumenten voor de bepalende milieuthema's externe veiligheid en geluid (en trillingen) per beleidsscenario. Deze tabellen dienen als inspiratie bij de zoektocht naar een passend provinciale rol in relatie tot het beperken van de milieu- en veiligheidsimpact van de waterstoftransitie. Het overzicht is niet limitatief.

Tabel 11 - Sturingsmogelijkheden externe veiligheid

Systeemonderdelen	Mogelijke beleidsscenario's		
	Wettelijke taken uitvoeren	Faciliteren	Sturen
Nieuw transport	- Vaststellen routeringsbesluit voor provinciale wegen - Interbestuurlijk toezicht op correcte toepassing rijksregels door gemeenten bij ontwikkelingen langs transportroutes	- In contact brengen van stakeholders (gemeenten, OD's, VR's, transporteurs, afnemers, etc.) - Aanbieden van een informatieplatform (waar komen nieuwe initiatieven, hoe lopen transportstromen, waar zitten grote afnemers, etc.) - Actief delen van realisatiecijfers en monitoringsrapportages over het vervoer van gevaarlijke stoffen in de provincie	- Door beperkte vergunningverlening beperken van transportvolume en/of aanvrager verleiden om (meer) gebruik te maken van andere transportmodaliteiten (bijvoorbeeld meer doorvoer per binnenvaartschip dan over het spoor) - Opnemen van instructieregels in de omgevingsverordening die gemeenten dwingen om nieuwbouw rondom transportroutes te beperken of kritischer af te wegen - Inzetten voor aanleg van ammoniakleiding (o.m. met subsidies of andere financiële ondersteuning)

Systeemonderdelen	Mogelijke beleidsscenario's		
	Wettelijke taken uitvoeren	Faciliteren	Sturen
			- Convenant afsluiten met bedrijven voor een modaliteitsshift (bijvoorbeeld vervoer verplaatsen van van spoor naar binnenvaart) - Lobbyen bij landelijke overheid (eventueel in IPO verband) voor strengere regelgeving rondom spoorvervoer (zoals regels rondom het verlagen van maximum snelheid of het aantal wissels beperken) - Lobbyen bij landelijke overheid (eventueel in IPO verband) voor het reguleren/beperken van het transport van gevaarlijke stoffen over het spoor - Vaststellen van een regionaal basisnet met (bovenop landelijke regelgeving) aanvullende zones voor externe veiligheid
Nieuwe activiteiten	- Vergunningverlening, toezicht en handhaving voor bedrijven waarvan de provincie bevoegd gezag is (o.m. Seveso-inrichtingen) - Interbestuurlijk toezicht op correcte toepassing rijksregels door gemeenten bij ontwikkelingen rondom risicovolle milieubelastende activiteiten	- In contact brengen van stakeholders (gemeenten, OD's, VR's, transporteurs, afnemers, etc.) - Aanbieden van een informatieplatform (waar komen nieuwe initiatieven, hoe lopen transportstromen, waar zitten grote afnemers, etc.) - Toerusten van stakeholders om betere (locatie)keuzes te kunnen maken, bijvoorbeeld met informatie over alternatieve waterstofdragers met minder milieu- en veiligheidsimpact.	- Onderzoek mogelijkheden voor "scherper vergunnen" zoals dat voor luchtkwaliteit wordt toegepast - Aanvullende voorwaarden stellen in de omgevingsverordening over de toelaatbaarheid van bepaalde Seveso-inrichtingen (bijvoorbeeld enkel ammoniakterminals toelaten mét kraakinstallatie zodat doorvoer over spoor wordt beperkt) - In overleg met gemeente vaststellen van een risicogebied externe veiligheid waarmee de milieuruimte rondom industriegebieden wordt begrensd.

Tabel 12 - Sturingsmogelijkheden geluid

Systeemonderdelen	Mogelijke beleidssценario's		
	Wettelijke taken uitvoeren	Faciliteren	Sturen
Nieuw transport	- Vaststellen van geluidsproductieplafonds voor provinciale wegen - Interbestuurlijk toezicht op correcte toepassing rijksregels door gemeenten bij ontwikkelingen langstransportroutes	- In contact brengen van stakeholders (gemeenten, OD's, transporteurs, afnemers, etc.) - Aanbieden van een informatieplatform (waar komen nieuwe initiatieven, hoe lopen transportstromen, waar zitten grote afnemers, wat zijn de bestaande geluidsplafonds en -zoneringen etc.) - Meten van geluidsniveaus en delen van deze informatie met stakeholders	- Door beperkte vergunningverlening beperken van transportvolume - Opnemen van instructieregels in de omgevingsverordening die gemeenten dwingen om nieuwbouw rondom transportroutes te beperken of kritischer af te wegen - Inzetten voor aanleg van ammoniakleiding (o.m. met subsidies of andere financiële ondersteuning) - Lobbyen bij landelijke overheid (eventueel in IPO verband) voor strengere regelgeving rondom spoorvervoer (zoals regels rondom het verlagen van maximum snelheid)
Nieuwe activiteiten	- Vergunningverlening, toezicht en handhaving voor bedrijven waarvan de provincie bevoegd gezag is (o.m. Seveso-inrichtingen) - Interbestuurlijk toezicht op correcte toepassing rijksregels door gemeenten bij ontwikkelingen rondom geluidsproducerende milieubelastende activiteiten	- In contact brengen van stakeholders (gemeenten, OD's, transporteurs, afnemers, etc. - Aanbieden van een informatieplatform (waar komen nieuwe initiatieven, hoe lopen transportstromen, waar zitten grote afnemers, wat zijn de bestaande geluidsplafonds en -zoneringen etc.) - Meten van geluidsniveaus en delen van deze informatie met stakeholders - Toerusten van stakeholders om betere (locatie)keuzes te kunnen maken	- Onderzoek mogelijkheden voor "scherper vergunnen" zoals dat voor luchtkwaliteit wordt toegepast - In overleg met gemeenten aansturen op beperkte milieuruimte in geluidszonering/begrenzen van de milieuruimte

5.5 Conclusie sturingsmogelijkheden

Welke sturingsmogelijkheden heeft de provincie voor wat betreft de ontwikkelingen met nieuwe waterstof(dragers)?

We stellen vast dat de Provincie Zeeland reeds een duidelijk ambitie heeft als het gaat om het stimuleren van de waterstoftransitie (voortrekkersrol). Waar het gaat om het beperken van de milieu- en veiligheidsimpact van deze transitie is zij nog minder uitgesproken. In dit hoofdstuk hebben we perspectieven geschetst op verschillende rollen, instrumenten en beleidsscenario's. Het doel hiervan is om een gesprek te stimuleren over de visie van de provincie Zeeland als het gaat om de milieu- en veiligheidsimpact van nieuwe systemen en waterstofdragers in Zeeland. Uit de gekozen visie en rol volgt het gebruik van sturingsinstrumenten.

6. Waterstof- transitie: dynamiek en onzeker- heden



6. Waterstoftransitie: dynamiek en onzekerheden

In dit hoofdstuk beschrijven we de dynamiek en onzekerheden die een vast onderdeel zijn geworden van deze verkenning. In de zoektocht naar de toekomst van de waterstoftransitie in Zeeland zijn alle voorspellingen over de waterstoftransitie regelmatig een 'dagkoers'. Om die reden een hoofdstuk in deze verkenning die daar aandacht aan geeft.

6.1 Onzekerheden in de verkenning

De waterstoftransitie vindt plaats in Zeeland. De snelheid, de omvang en de aard van de waterstofdragers laat zich op de midden en lange termijn moeilijk voorspellen. Dat heeft alles te maken met het groot aantal factoren dat invloed heeft op de ontwikkeling van de waterstoftransitie. In een recent verschenen rapport beschrijft het Planbureau voor de Leefomgeving (Planbureau voor de Leefomgeving, 2025) dat de ontwikkeling van de groene waterstofeconomie minder snel gaat dan mogelijk eerder verwacht.

In deze verkenning zijn we de volgende onzekerheden tegengekomen als het gaat om het voorspellen van het waterstofsysteem in 2035 en 2050:

Initiatief en niet investeren

In deze verkenning zijn diverse initiatieven van bedrijven en overheden in beeld gebracht. Ook wanneer bedrijven zelf aankondigen een 'waterstofbedrijf' te starten blijkt dat in Zeeland en ook daarbuiten geen zekerheid op een investeringsbeslissing. Zelfs als de omgevingsvergunning is verleend, kunnen er allerlei factoren of onzekerheden zijn die maken dat een bedrijf uiteindelijk besluit om niet in Zeeland te investeren.

Inzetten op meerdere havens

De waterstofmarkt is, zeker als het gaat om de import van waterstofdragers, een sterk internationale markt. Bedrijven kiezen de, voor de import, meest geschikte locatie. De 'geschiktheid' van een haven kan door allerlei factoren veranderen. Bedrijven zetten in de inventariserende fase op verschillende

'havens' in. In deze Zeeuwse situatie maakt het sterk uit of bedrijven in North Sea Port investeren of toch inzetten op de Port of Antwerp - Bruges. Echter, bedrijven zetten voorlopig in op beide 'havens'. Zowel Nederland als België heeft de ambitie om een waterstofhub in Europa te worden. Omdat beide voor een groot deel hetzelfde achterland kunnen bedienen, is het mogelijk dat er overlap in de cijfers zit, waardoor ze in de praktijk straks niet volledig additioneel zijn.

Bedrijfsgeheim

Vanzelfsprekend kunnen bedrijven vanuit concurrentieoverwegingen geen volledige openheid geven over de investeringsstrategie voor waterstof. In deze verkenning hebben North Sea Port en SDR zoveel mogelijk data op een geaggregeerd niveau beschikbaar gesteld.

Kortom: als het gaat om de cijfers gepresenteerd in hoofdstuk 3 zijn de belangrijke trends en ontwikkelingen in beeld gebracht. Er moet een zekere mate van voorzichtigheid worden gehanteerd in het trekken van conclusies over de exacte cijfers.

Data en informatie

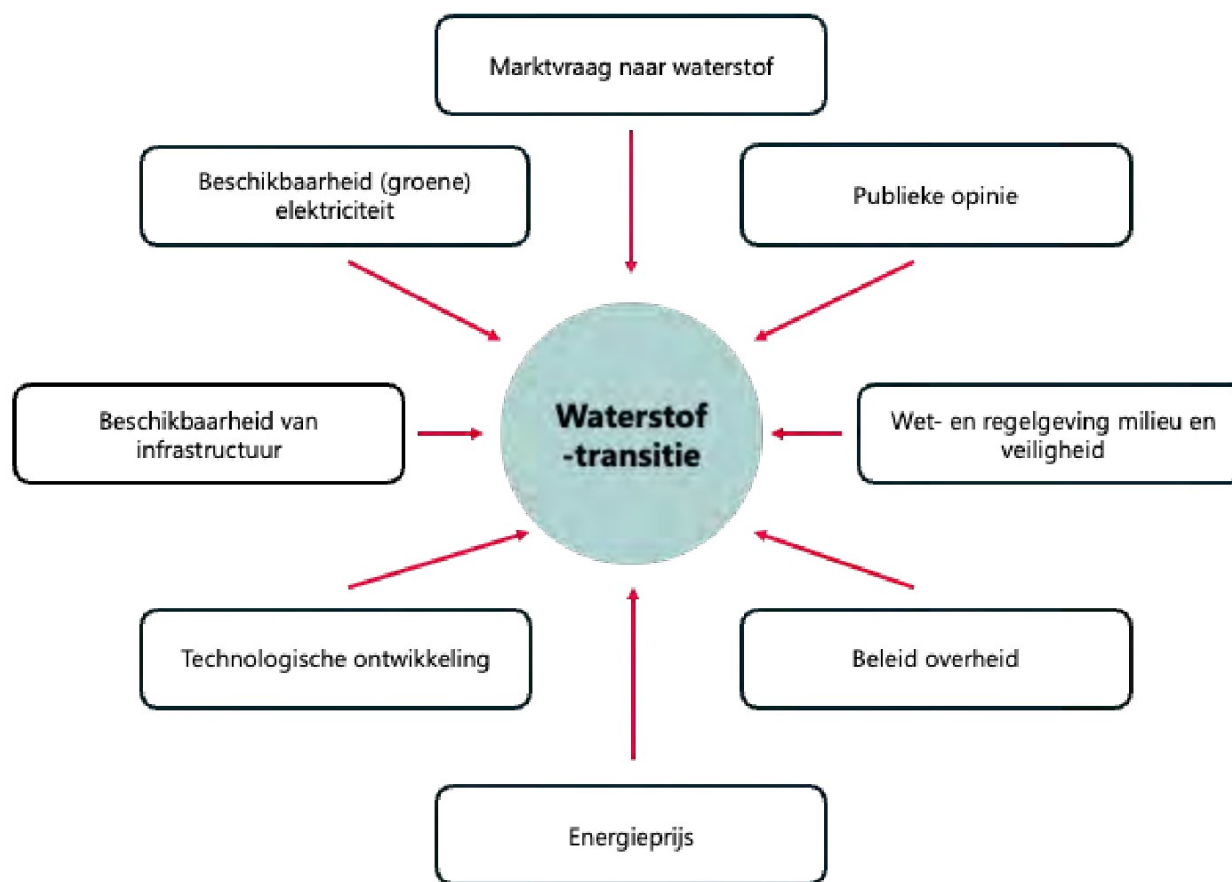
Bovengenoemde onzekerheden gaan in de kern over factoren die onzekerheden geven in data over bedrijfsinvesteringen. Die onzekerheden herkennen we ook in de onderzoeksrapportages die gaan over de milieu- en veiligheidsimpact van de waterstoftransitie. Bijvoorbeeld in relatie tot de toekomstige emissies van grootschalige kraakinstallaties is nog onvoldoende data bekend. De resultaten moesten worden gebaseerd op emissiecijfers van een oudere installatie die naar verwachting maar beperkt representatief is voor een nieuwe installatie. Vergunningaanvragen en nieuw onderzoek bieden op termijn meer inzicht in de milieu- en veiligheidsimpact.

6.2 Bepalende factoren

De ontwikkeling van de waterstoftransitie is geen lineair proces. Ook niet in Zeeland. Er zijn nogal wat factoren die invloed hebben op de transitie van fossiele brand- en grondstoffen, naar een energiesysteem waarin waterstof

een belangrijke rol speelt. In deze paragraaf besteden we aandacht aan factoren die invloed uitoefenen op de waterstoftransitie. In onderstaande figuur een overzicht. De factoren worden onderstaand kort toegelicht:

Figuur 7 - Bepalende factoren waterstoftransitie



Marktvraag naar waterstof

Binnen Zeeland bestaat al jaren een waterstofvraag, met name ten behoeve van de kunstmestindustrie. Waar het gaat om het gebruik van een waterstofdrager als grondstof, bijvoorbeeld in de kunstmestindustrie, is de verwachting dat import van ammoniak een redelijk logische ontwikkeling zal zijn.

Voor de ontwikkeling van productiecapaciteit voor groene waterstof – en het gebruik van blauwe waterstof in de overgangsfase – is het essentieel dat er ook op de lange termijn voldoende vraag blijft bestaan. Een belangrijk knelpunt hierbij is echter de grote onzekerheid over de toekomstige vraag naar groene en blauwe waterstof in Nederland. Deze onzekerheid hangt nauw samen met de omvang van de productie in energie-intensieve sectoren, zoals de organische basischemie, de staalindustrie, de kunstmestproductie en de brandstoffenindustrie. Daarnaast speelt de mate waarin deze sectoren in staat zijn om over te schakelen op klimaatneutrale of koolstofarme productietechnieken een cruciale rol (Planbureau voor de Leefomgeving, 2025). Tot slot speelt export naar België en Duitsland een belangrijke rol in de vraag naar waterstof.

Beschikbaarheid (groene) elektriciteit

Voor de productie van groene waterstof is elektriciteit nodig. Door de sterk toenemende vraag naar elektriciteit bereikt het landelijke hoogspanningsnet van TenneT zijn capaciteitsgrenzen in de provincie Zeeland. Een beperkt aanbod van elektriciteit levert ook een hoge elektriciteitsprijs op. De groei in de productie van groene waterstof is sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van groene energie.

Beschikbaarheid van infrastructuur

De beschikbaarheid en betaalbaarheid van geschikte infrastructuur voor transport, opslag en distributie van waterstof is een voorwaarde voor grootschalige toepassing van waterstof. De transformatie van bestaande aardgasnetten en de realisatie van een landelijk waterstofnetwerk richting

industriële clusters Sloegebied en Kanaalzone zijn essentiële stappen. Ook voor het transport van ammoniak en CO₂ door buisleidingen worden binnen Zeeland en nationaal verkenningen uitgevoerd naar een business case. Voor elektrolyse is de beschikbaarheid van water en een elektriciteitsaansluiting essentieel. Het algemene beeld is dat de infrastructuur die de industriële clusters met elkaar, met opslagcapaciteit en met het buitenland zou moeten verbinden jaren vertraagd is (Planbureau voor de Leefomgeving, 2025).

Technologische ontwikkeling

De opschaling van de waterstofeconomie in Zeeland is onlosmakelijk verbonden met technologische vooruitgang. Elektrolysetechnologieën zouden op langere termijn steeds efficiënter en goedkoper moeten worden, wat de productie van groene waterstof rendabeler maakt. Daarnaast worden veel ontwikkelingen verwacht in de toepassing van waterstofdragers in de mobiliteit. Nieuwe technologische ontwikkelingen die ook schaalbaar blijken kunnen een grote invloed uitoefenen op de keuze voor waterstofdragers.

Energieprijs

De energieprijs is een kritische bepalende factor voor de snelheid, schaal en richting van de waterstoftransitie. Groene waterstof wordt geproduceerd via elektrolyse, waarvoor elektriciteit nodig is. Hoe lager de stroomprijs (bijv. uit wind of zon), hoe goedkoper de waterstof. Hoge elektriciteitsprijzen maken groene waterstof economisch onaantrekkelijk vergeleken met grijze (uit aardgas) of blauwe (met CO₂-opslag) waterstof. Dit beïnvloedt investeringsbeslissingen en het tempo waarin groene waterstof wordt opgeschaald.

Groene waterstof moet concurreren met blauwe waterstof, aardgas, diesel of kerosine in sectoren als industrie, mobiliteit en luchtvaart. Bij lage fossiele energieprijzen is het voor bedrijven minder aantrekkelijk om over te stappen op (duurdere) waterstofoplossingen. Hoge CO₂-prijzen of belasting op fossiele brandstoffen kunnen dit effect deels corrigeren.

Beleid overheid

Overheidsbeleid vormt een stimulans voor de ontwikkeling van de waterstofketen in Zeeland. Zowel nationaal als regionaal zijn beleidskaders opgesteld die waterstof positioneren als sleuteltechnologie in de verduurzaming van industriële processen, zware mobiliteit en energieopslag. Het Nationaal Waterstofprogramma en de Regionale Energiestrategieën (RES) benadrukken de rol van Zeeland als productie- en distributieregio. Subsidies, regelgeving omtrent netaansluitingen, en fiscale instrumenten kunnen een versnelling teweegbrengen in investeringen van marktpartijen. Daartegenover staat dat een gebrek aan consistentie of duidelijkheid in regelgeving, bijvoorbeeld op het vlak van veiligheid of vergunningstrajecten, leidt tot onzekerheid en vertraging van projecten.

In de Kabinetsvisie Waterstofdragers geeft het kabinet aan dat zij na 2035 meer wil sturen op basis van maatschappelijke voorkeuren, aangezien gebruikers dan meer keuze hebben tussen dragers en transportmogelijkheden. Zo wil het kabinet bijvoorbeeld het gebruik van ammoniak beperken tot importhavens en transport via buisleidingen of binnenvaart (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2024).

Wet- en regelgeving milieu en veiligheid

De waterstoftransitie levert nieuwe en/of een andere impact op, op het gebied van milieu en veiligheid. Voor nieuwe technologieën is de wet- en regelgeving nog in ontwikkeling. Voor andere thema's, zoals stikstof, maakt de huidige wet- en regelgeving de introductie van nieuwe uitstoot en daarmee nieuwe activiteiten in de omgeving van Natura2000-gebieden onmogelijk.

Publieke opinie

De publieke opinie beïnvloedt het tempo waarin projecten gerealiseerd kunnen worden, vooral als deze gepaard gaan met milieu-impact of veiligheidsrisico's. De waterstoftransitie zal – zeker in een transitieperiode – leiden tot een toename van op- en overslag van vervoer van gevaarlijke

stoffen (over weg, water en via het spoor). Daarmee zal de feitelijke en ervaren milieu- en veiligheidsimpact ook wijzigen. Denk bijvoorbeeld aan de publieke opinie rond het introduceren van een giftig gas als ammoniak.

7. Conclusies



7. Conclusies

De provincie Zeeland ambieert een voortrekkersrol in de waterstoftransitie en wil de regio transformeren tot dé waterstofhub van Nederland. Tegelijkertijd beseft zij dat deze transformatie gepaard kan gaan met gevolgen voor veiligheid en milieu. Om de gevolgen van de waterstoftransitie voor milieu en veiligheid in kaart te brengen heeft de provincie daarom een omgevingsverkenning laten uitvoeren.

Het doel van deze verkenning was enerzijds meer zicht te krijgen op hoe een nieuw energiesysteem van waterstof(dragers) in Zeeland er naar verwachting uit gaat zien. Anderzijds is verkend welke voornaamste milieu en veiligheidsimpact van dit systeem te verwachten is en welke sturingsmogelijkheden de provincie tot haar beschikking heeft om die impact te beperken.

7.1 Nieuw energiesysteem

Zoals gezegd heeft de provincie Zeeland de ambitie om de regio te transformeren tot dé waterstofhub van Nederland. Op basis van de geraadpleegde documenten en gevoerde gesprekken stellen we vast dat deze ontwikkeling al gaande is. Er zijn diverse initiatieven aanstaande op de industrieterreinen Sloegebied en Kanaalzone en de provincie participeert in diverse samenwerkingsverbanden met onder andere North Sea Port.

Gegeven de onzekerheden en dynamiek zoals omschreven in het vorige hoofdstuk is het lastig te voorspellen hoe een nieuw energiesysteem met waterstofdragers in Zeeland eruit zal zien. Op basis van deze omgevingsverkenning is met enige zekerheid te zeggen dat dit systeem op de korte termijn (tot 2035) vooral gebaseerd zal zijn op vloeibare ammoniak en gasvormige (blauwe en grijze) waterstof. Hoe het systeem er op de lange termijn (tot 2050) uit zal zien is nog onzeker. Op die termijn zijn ook

verschuiving naar andere waterstofdragers en andere transportmodaliteiten denkbaar.

Tot 2035 zal vloeibare ammoniak worden aangevoerd middels zeeschepen en voor een deel worden gekraakt in de Zeeuwse industriegebieden. Op basis van deze verkenning verwachten we dat 50% van de aangevoerde ammoniak niet in Zeeland zal worden gekraakt maar, na opslag, zal worden doorgevoerd naar het Europese achterland. Deze doorvoer zal hoofdzakelijk per binnenvaart plaatsvinden (95%). Het overige deel zal via spoortransport de provincie verlaten (5%). Ondanks de wenselijkheid van het transport van ammoniak per buisleiding – en de uitgevoerde haalbaarheidsonderzoeken daaromtrent – zien we geen concrete aanwijzingen om op korte termijn de aanleg van een ammoniakleiding in de provincie te verwachten.

In Zeeland gekraakte ammoniak en door elektrolyse geproduceerde waterstof zal voor het overgrote deel wel via buisleidingen naar het Europese achterland worden getransporteerd, onder andere via het in ontwikkeling zijnde landelijke waterstofnetwerk.

7.2 Milieu- en veiligheidsimpact

Op basis van deze verkenning stellen we vast dat een nieuw energiesysteem gebaseerd op ammoniak en waterstof leidt tot milieu- en veiligheidsimpact in de provincie. Die impact heeft vooral betrekking op de milieuaspecten externe veiligheid en geluid.

Met name de doorvoer en verwerking van de verwachte volumes ammoniak leidt tot nieuwe externe veiligheidsrisico's rondom bedrijventerreinen en transportaders. De kans op lekkage gevolgd door een gifwolkscenario neemt toe. Tegelijkertijd merken we op dat wanneer gebruik wordt gemaakt van bestaande infrastructuur, het risicoprofiel van de provincie op dit punt niet fundamenteel wijzigt als gevolg van de waterstoftransitie. Immers, er worden

op de bedrijventerreinen Sloegebied en Kanaalzone en over de hoofdvaar- en spoorwegen al hoeveelheden gevaarlijke stoffen (waaronder giftige stoffen en ammoniak) verwerkt en getransporteerd.

Daarnaast leidt de waterstoftransitie tot een toename van de geluidsemissies (in trillingen) in de provincie. Dit speelt met name rondom het spoor. De waterstoftransitie gaat naar verwachting gepaard met een toename van spoorvervoer. Aangezien dit vervoer ook door drukbevolkte gebieden voert, zoals Goes, zal dit naar verwachting tot een toename van de bestaande geluidsimpact leiden. Een toename van de geluidsimpact rondom de bestaande industriegebieden wordt minder relevant geacht, aangezien de afstand tot de omgeving groter is én dergelijke gebieden doorgaans geluidsgeszoneerd zijn.

7.3 Sturingsmogelijkheden

Er zijn diverse sturingsmogelijkheden om bovengenoemde impact te beperken. Welke sturingsmogelijkheden ingezet worden hangt in de eerste plaats met name af van de visie die de provincie heeft als het gaat om een veilige en gezonde fysieke leefomgeving. In provinciale beleidspublicaties zoals de omgevingsvisie en in de gevoerde gesprekken zien en horen we nog geen duidelijke visie als het gaat om de milieu- en veiligheidsimpact van de waterstoftransitie.

De waterstoftransitie heeft een positieve impact op het beperken van klimaatverandering, maar kan tegelijkertijd een negatieve impact hebben op andere milieuthema's. Hoe de provincie met dit spanningsveld om gaat is afhankelijk van haar ambities. Om dat te bepalen hebben we in deze verkenning drie mogelijke beleidsscenario's geschetst die de provincie kunnen helpen bij het kiezen van een ambitie en het maken van keuzes.

In de omgevingsverkenning hebben we laten zien dat een belangrijk onderdeel van de sturingsmogelijkheden gaat over sturen op nieuw transport en nieuwe bedrijven. Belangrijke overwegingen die hierbij spelen en die we in

de gevoerde gesprekken hebben gehoord zijn bijvoorbeeld het sturen op en beperken van milieugebruiksruimte voor waterstofprojecten (lock-in principe); het sturen op wenselijke waterstofdragers (wel of geen ammoniak), en; het tijdelijk bieden van juist meer milieu- en veiligheidsruimte (transitie principe).

8. Bronnen

- Adviesgroep AVIV BV. (2019). *Risicoanalyse / Risicomodellering buisleidingtransport van waterstof*. 's Gravenhage: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- AnteaGroup. (2021). *Rapportage evaluatie Convenant Ammoniak Yara*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Den Haag: AnteaGroup.
- AVIV. (2021). *Risicoanalyse (QRA) / Groene waterstoffabriek voltH2 Terneuzen*. Enschede: AVIV.
- AVIV. (2024). *Rapport toetsing realisatiecijfers vervoer gevaarlijke stoffen over het spoor aan de risicoplafonds Basisnet*. Enschede: AVIV.
- Berenschot Groep B.V., Arcadis Nederland B.V. (2024). *MKBV waterstofdragers*. Utrecht: EnergyStorageNL.
- Berenschot Groep B.V., Arcadis Nederland, TNO. (z.d.). *Omgevingsveiligheid van toekomstige stromen waterstofrijke energiedragers*. Berenschot.
- CE Delft. (2020). *Systeemstudie energie-infrastructuur Zeeland*. Delft: CE Delft.
- DNV. (2025). *Onderzoek Omgevingsveiligheid energietransitie*. Rotterdam: DNV.
- Gasunie. (2024). *Delta Rhine Corridor*. Gasunie.
- Hynetwork. (2024, 12 10). *Conceptvoorstel aanpassing uitrolplan*. Hynetwork.
- Ministerie van Economische Zaken. (2023). *Nationaal Plan Energiesysteem*. Den Haag: Ministerie van Economische Zaken.
- Ministerie van IenW (1). (2023). *Rapport toetsing realisatiecijfers vervoer gevaarlijke stoffen over het water aan de risicoplafonds basisnet*. Den Haag: Rijkswaterstaat.
- Ministerie van Klimaat en Groene Groei. *Kabinetsvisie waterstofdragers* Den Haag: Ministerie van Klimaat en Groene Groei.
- Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2024). *Verdiepingsdocument beoordeling waterstofdragers*. Den Haag: Ministerie van Klimaat en Groene Groei.
- NSOB. (2015). *Sedimentatie in sturing. Systeem brengen in netwerkend werken door meervoudig organiseren*. Den Haag: Nederlandsche School voor Openbaar Bestuur/NSOB.
- NSP. (z.d.). *Scheepvaart*. North Sea Port.
- PBL. (2024). *Trajectverkenning klimaatneutraal 2050*. Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving.
- Peeters et al. (2023). *Belgium as a hydrogen importhub*. Antwerp: Port of Antwerp-Bruges.
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2025). *Groene waterstof: de praktische uitdagingen tussen droom en werkelijkheid*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- ProRail. (2023). *Realisatiecijfers 2023 spoor*. Utrecht: ProRail.
- Provincie Zeeland 2. (2024, 11 14). *Transport van ammoniak via pijpleiding vanuit het Zeeuwse deel van North Sea Port is technisch uitvoerbaar, kan veilig en is economisch haalbaar*. Middelburg: Provincie Zeeland.
- Provincie Zeeland. (2023). *Coalitieakkoord 2023-2027: Met Zeeland, voor Zeeland!* Middelburg: Provincie Zeeland.
- Provincie Zeeland 3. (2024, 06 12). *Webinar over ontwikkelingen ammoniak*. Middelburg: Provincie Zeeland.
- Provincie Zeeland 4. (2023). *De Zeeuwse Omgevingsvisie*. Middelburg: Provincie Zeeland.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2024, 05 28). *Veiligheidsrichtsnoer waterstofdragers, eerste versie*. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Rijksoverheid. (2024, 11 22). *Kamerbrief over kabinetsvisie waterstofdragers*. Ministerie van Klimaat en Groene Groei. Opgehaald van Rijksoverheid.
- Royal HaskoningDHV. (2025). *Systeembeschrijving waterstofketens*. Amersfoort: RHDHV.
- Smart Delta Resources. (2020). *Regioplan 2030-2050*. Vlissingen: SDR.

Smart Delta Resources. (2024, 09 01). *Cluster Energie Strategie (CES) 3.0*. Terneuzen: Smart Delta Resources.Stratelligence. (2024). *Vergelijking waterstofdragers*. Leiden: Ministerie van Klimaat en Groene Groei.

TNO. (2023). *Impact van de energietransitie op stikstof, geluid en omgevingsveiligheid*. Rotterdam: TNO - Smartport.

TwynstraGudde. (2023, 04). *PMIEK Zeeland 2023*. Amersfoort: Twynstra Gudde.

van der Straeten, T. (2022). *BE Hydrogen Strategy*. België.

WSP. (2024). *Haalbaarheidsstudie Ammoniakpijpleiding*. WSP.

9. Kengetallen

In deze verkenning komen veel verschillende maten, grootheden en eenheden voor die voor die te maken hebben met de waterstoftransitie.

Tabel 13 - Lijst met kengetallen

1	kt (kiloton)	=	1.000.000	kg	
1	Mt (Megaton)		1.000.000.000	kg	
1	TWh	=	3,6	PJ	
5,63	kt NH3	bevat	1	kt H (zuiver) of 500 kg H2	
7	kt NH3	levert na omzetting	1	kt H2 (op basis van 15% conversieverlies)	
18,05	kt LOHC (DBT)	bevat	1	kt H2	
1	GW elektrolyse	levert	74	kt H2/jaar	
1	MW elektrolyse	levert	0,074	kt H2/jaar	
1	kt H2	=	0,10,074*26420	PJ	
1	kt H2	=	0,033	MWh	
1	kt NH3	=	0,0186	PJ	
1	kt NH3	=	0,0213	PJ H2 (zuiver)	
1	kt NH3	levert na omzetting	0,0181	PJ H2 (met 15% verlies)	
1	kt H2	vervangt ongeveer	3.000.000	m3 aardgas	
1	kg H2	=	11,126	Nm3 H2	
1	kg H2	productie heeft	57,8	kWh elektriciteit nodig	
1	ketelwagon	heeft capaciteit voor	55	ton Ammoniak	
1	binnenvaarttanker	heeft capaciteit voor	1850	ton Ammoniak	
1	zeeschip	heeft capaciteit voor	50000	ton Ammoniak	
1	tankwagen	heeft capaciteit voor	12,5	ton Ammoniak	

10. Definities

Tabel 14 - Definities van waterstofdragers

Blauwe waterstof	Waterstof die gemaakt wordt door verbranding van grondstoffen waar CO ₂ bij vrijkomt, maar waarvan de CO ₂ afgevangen worden en bijvoorbeeld ondergronds opgeslagen wordt.
Green Hydrogen (GH₂)	Groene waterstof is waterstof die wordt geproduceerd door elektrolyse van water met 100% of bijna 100% hernieuwbare energie, met vrijwel geen uitstoot van CO ₂ .
Grijze waterstof	Waterstof die gemaakt wordt door verbranding van grondstoffen (zoals aardgas), waarbij CO ₂ vrijkomt.
Liquid Hydrogen (LH₂)	Gekoeld vloeibaar gemaakte waterstof.
Liquid organic hydrogen carriers (LOHC's)	'Vloeibare organische waterstofdrager', is een vloeistof die door middel van een chemische reactie in staat is om waterstof in zich op te nemen en weer vrij te geven.
Liquid synthetic methane (LSM)	Gekoeld vloeibaar synthetisch methaan, soms ook aangeduid als e-LNG of e-methaan.
Natriumboorhydride (NaBH₄)	Ook wel 'waterstofpoeder' genoemd. Dat is een natriumzout dat eruitziet als een wit poeder en is in staat om waterstof te binden. Het is een vaste stof en kan daardoor makkelijk vervoerd te worden, zonder druk of de noodzaak van cilinders.
Waterstofdrager	Een waterstofdrager is een stof of materiaal dat waterstof kan opslaan, transporteren of vrijgeven voor energieopwekking of industriële toepassingen.
Waterstofequivalenten (H_{2,eq})	Een waterstofdrager draagt, zoals de naam al aangeeft, een hoeveelheid waterstof met zich mee. De hoeveelheid waterstof wordt uitgedrukt in kilo- of megatonnen waterstof opgeslagen in een andere stof.

Als infrastructuurbeheerder voert Rijkswaterstaat (RWS) de tellingen van het vervoer van gevaarlijke stoffen op de in Basisnet opgenomen wegen uit. De verscheidenheid aan vervoerde stoffen over de transportroutes is zo groot, dat een risicoanalyse per stof zeer arbeidsintensief zal zijn. Uit praktische overwegingen zijn de stoffen in een beperkt aantal stofcategorieën samengenomen en wordt in de risicoanalyse een voorbeeldstof per stofcategorie gehanteerd. De indeling van de stofcategorieën en

voorbeeldstoffen is zodanig gekozen dat stoffen met vergelijkbare stof- en schade eigenschappen per stofcategorie zijn samengenomen en zoveel als mogelijk overeenkomen met de meest vervoerde stoffen. In onderstaande tabel zijn de voorbeeldstoffen per stofcategorie opgenomen. Bij een risicoanalyse vervoer van gevaarlijke stoffen wordt gebruik gemaakt van de stof categorieën in tabel 15.

Tabel 15 - Stof categorieën vervoer gevaarlijke stoffen (wegen en waterwegen)

Stofcategorieën	Toeliching	Voorbeeld stof
LF (1 of 2)	Brandbare vloeistof	Benzine (LF2)
LT (1 t/m 6)	Toxische vloeistof	Acrylonitril (LT1)
GF (0 t/m 3)	Brandbaar gas	Propaan (GF3)
GT (0 t/m 5)	Toxisch gas	Ammoniak (GT3)

ProRail monitort het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor in Nederland. Zij doen dat op basis van wagenlijsten met daarop het vervoer gespecificeerd in UN-nummers. Uit praktische overwegingen zijn de stoffen ingedeeld in een beperkt aantal stofcategorieën en wordt in de risicoanalyse een voorbeeldstof per stofcategorie gehanteerd. De indeling van de

stofcategorieën en voorbeeldstoffen is zodanig gekozen dat deze voldoende representatief en conservatief zijn en zoveel als mogelijk overeenkomen met de meest vervoerde stoffen. In tabel 16 zijn de voorbeeldstoffen per stofcategorie opgenomen.

Tabel 16 - Stof categorieën vervoer gevaarlijke stoffen (spoor)

Stofcategorieën	Toeliching	Voorbeeld stof
A	Brandbaar gas	Propaan
B2	Toxisch gas	Ammoniak
B3	Toxisch gas	Chloor
C3	Brandbare vloeistof	Pentaaan
D3	Toxische vloeistof	Acrylonitril
D4	Toxische vloeistof	Acroleïne

Bijlage 1 Eigenschappen van waterstofdragers

Tabel 17 - Eigenschappen van waterstofdragers

	H ₂	LH ₂	NH ₃	MeOH	LOHC	LSM
Waterstofdichtheid H ₂ /m ³	42	71	124	99	47	510
Energiedichtheid GJ/m ³	2,8	8,5	13	16	15	22
Techniek Transport	Buis (kleine hoeveelheden: zeevaart, binnenvaart, spoor, weg)	Zeevaart (kleine hoeveelheden: spoor, weg)	Zeevaart, buis, binnenvaart (Kleine hoeveelheden: spoor, weg)	Zeevaart, buis, binnenvaart, spoor, weg	Zeevaart, buis, binnenvaart, spoor, weg (retourstroom)	Dezelfde infrastructuur als LNG
Techniek Productie	Elektrolyse van H ₂ met elektriciteit, SMR uit aardgas (met CCUS), vergassing van biomassa	Koelen van GH ₂	Haber-Bosch uit N ₂ en GH ₂	Uit GH ₂ en CO ₂ (uit DAC of CCU), uit kolen of aardgas, of uit biomassa	Hydrogeneren van drager met GH ₂	CO ₂ met H ₂ door het gebruik van hernieuwbare energie
Techniek Opslag	Cilinders, containers, tanks (hoge druk, lage dichtheid)	Tanks (koeling)	Cilinders, containers, tanks (veiligheidsvoorzieningen)	Cilinders, containers, tanks	Tanks	Cryogene tanks

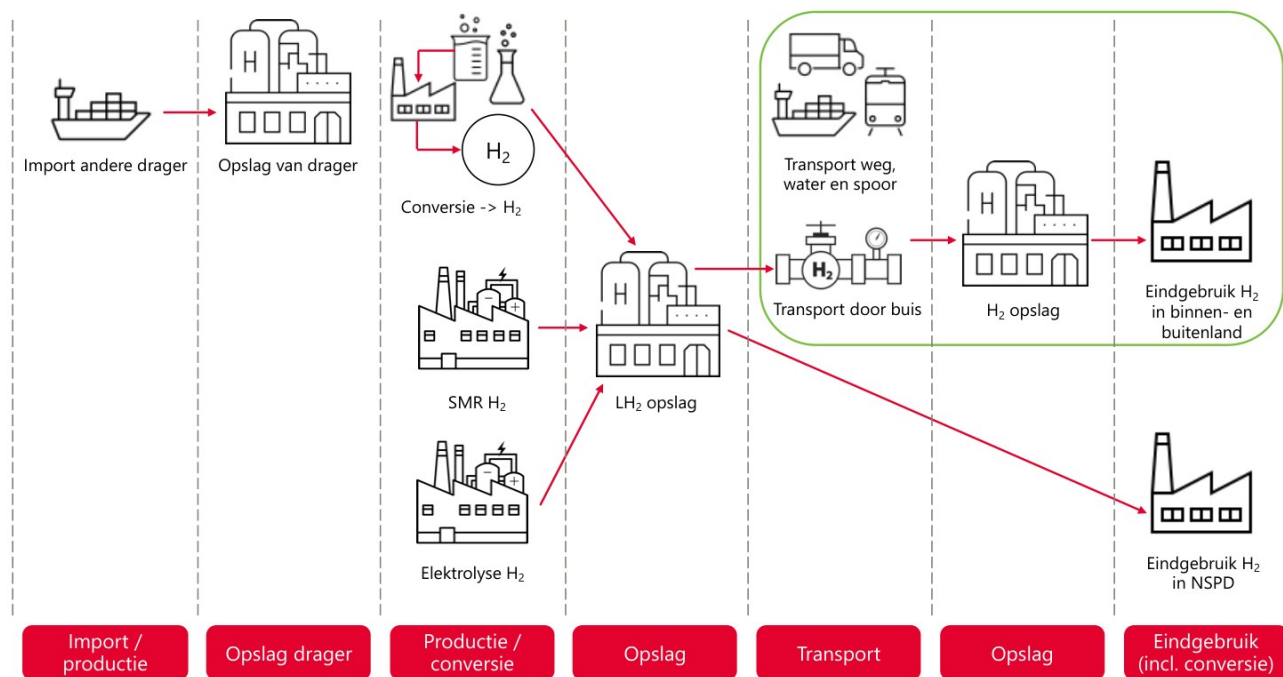
Waterstofdichtheid

Bij het vergelijken van waterstof en waterstofdragers is de waterstofdichtheid per kubieke meter belangrijk. Waterstof heeft bij kamertemperatuur en normale druk een lage dichtheid, wat transport en opslag duur maakt. Waterstofdragers hebben een hogere dichtheid per kubieke meter, wat gunstiger is. Daarom is deze dichtheid een belangrijke factor in de vergelijking.

Energetische dichtheid

Bij direct gebruik van een waterstofdrager, zoals methanol als brandstof, is de energiedichtheid belangrijk. Dit is de energie die vrijkomt bij (meestal) verbranding van 1 m³ van de stof. Deze waarde speelt een grote rol bij de vergelijking met andere energiedragers, zoals fossiele brandstoffen.

Gasvormige waterstof (GH₂)



Figuur 8 - Keten gasvormige waterstof

Eigenschappen

Gasvormige waterstof (Hierna: waterstofgas) bestaat uit twee waterstofatomen die een binding vormen (H₂). Bij atmosferische druk en kamertemperatuur is het een gas met lage dichtheid (0,083 kg/m³). Hierdoor wordt waterstofgas meestal opgeslagen onder hoge druk. (200 tot 700 bar) in verband met dat lucht een veel hogere dichtheid heeft (1,29 kg/m³). Waterstofgas bij 700 bar en kamertemperatuur heeft een dichtheid van 42 kg/m³.

Het vergelijken van de hoeveelheid waterstof (als algemene term hierna: H₂) die vervoerd kan worden in een waterstofdrager, wordt uitgedrukt in de hoeveelheid kilogram waterstof per kuub (H₂/m³). Daarom staat er bij gasvormige en vloeibare waterstof kg/m³ en bij de andere dragers H₂/m³.

Waterstofgas is niet zichtbaar, het is niet ruikbaar en heeft geen smaak. Waterstofgas is zeer ontvlambaar en kan explosieve mengsels vormen met lucht. H₂ is niet giftig. H₂ is het lichtste en kleinste molecuul dat bestaat.

De omgang met waterstof is hierdoor lastig, het lekt door minuscule gaatjes en het kan leidingen verbrossen. Doordat waterstofgas zeer ontvlambaar is en het meest vluchtige gas is dat bestaat, zijn er veel gevaren met betrekking tot veiligheid. Er is bij het gebruik van H₂ een risico op brand en explosie.

Productie

Waterstof wordt vooral geproduceerd via stoom-methaan reforming (SMR) of elektrolyse. SMR verhit methaan met stoom en produceert waterstof en CO₂ (grijze waterstof). Met CO₂-opslag heet dit blauwe waterstof. Bij elektrolyse splitst elektriciteit water in waterstof en zuurstof. Met groene stroom ontstaat groene waterstof. Een nieuwe richtlijn voor elektrolyse, de PGS40, is in ontwikkeling. Ook biomassa-vergassing kan waterstof produceren, maar de focus ligt vooral op elektrolyse als klimaatneutrale methode.

Transport en opslag

Bij het uitvoeren van dit onderzoek vindt transport van waterstofgas voornamelijk plaats via zeevaart en met tubetrailers over weg en spoor. Vervoer over binnenvaart is tot nu toe verboden, maar er wordt gewerkt aan goedkeuring.

Transport van waterstofgas is het meest rendabel door buisleidingen. Hiervoor werkt Gasunie-dochter HyNetwork Services (HNS) aan de zogenoemde backbone. De backbone maakt zoveel mogelijk gebruik van bestaande buisleidingen door renovatie en krijgt een operationele druk van 30 tot 50 bar(g). Net als het huidige vervoer dient waterstofgas opgeslagen te worden onder druk (tussen de 200 en 700 bar). De standaardwaarden hiervan zijn 200, 350, 500 en 700 bar en is terug te zien in stationaire opslag van grote cilindrische opslag tanks. Opslag in zoutcavernes (150 tot 250 bar) is mogelijk, maar deze zijn eigenlijk alleen beschikbaar in het noorden en oosten van Nederland. Er wordt verkend naar de opslag in lege gasvelden.

Eindgebruik

Waterstof is toepasbaar in bijna alles waar de samenleving dagelijks mee bezig is. Echter is de daadwerkelijke techniek voor sommige van deze toepassingen nog niet altijd even makkelijk beschikbaar.

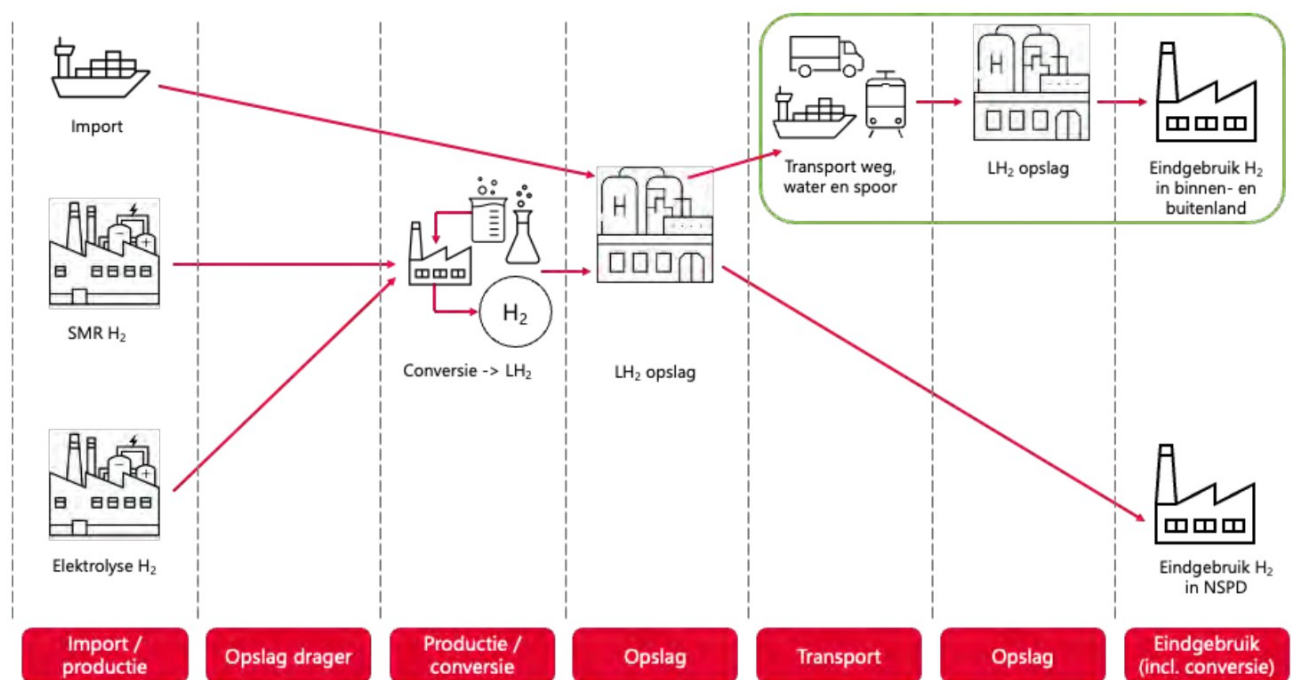
Wet- en regelgeving transport

Voor alle waterstofdragers zijn veiligheidseisen van toepassing op transport, zoals vastgelegd in nationale en internationale wetgeving. Nationaal staat de Wet vervoer gevaarlijke stoffen (Wvgs) centraal, met daaronder de Regeling vervoer over land van gevaarlijke stoffen (VLG), de Regeling vervoer over spoorweg van gevaarlijke stoffen (VSG), de Regeling vervoer over binnenwateren van gevaarlijke stoffen (VBG) en de ministeriële regeling voor het vervoer van gevaarlijke stoffen met zeeschepen (Rvgz). Deze regelingen bevatten specifieke voorschriften voor de betreffende transportmodaliteit.

Daarbij wordt verwezen naar Europese overeenkomsten: ADR voor internationaal vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg, RID voor spoor, en ADN voor water. Verder zijn er Europese technische standaarden voor binnenvaartschepen (ES-TRIN en de benodigde competenties (ES-QIN). De eisen die gesteld worden aan vervoersmiddelen voor gevaarlijke stoffen zijn vastgesteld op Europees niveau. Het is niet toegestaan om op nationaal niveau strengere of andere eisen te stellen vanwege het level playing field dat in Europa geborgd moet worden.

Naast eisen aan de vervoersmiddelen zijn er ook regels voor de ruimtelijke ordening rondom vervoersassen. Deze regels zijn vastgelegd in de Regeling basisnet en in het Besluit kwaliteit leefomgeving, behorend bij de Omgevingswet.

Vloeibare waterstof (LH₂)



Figuur 9 - Keten vloeibare waterstof

Eigenschappen

Vloeibare waterstof begint bij waterstofgas en dit moet worden afgekoeld naar -253 °C. De dichtheid gaat hierbij omhoog naar 71 kg/m³ (tegenover 42 kg/m³ van waterstofgas onder 700 bar). Er moet wel rekening worden gehouden met energieverlies door verdamping en de installaties en isolatie voor het behouden van de zeer lage temperatuur.

Vloeibare waterstof is net als waterstofgas kleurloos en geurloos. Het is zeer licht ontvlambaar, het kan een explosief mengsel met lucht vormen en is niet giftig. Wel is vloeibare waterstof zo koud dat het vrieswonden kan

veroorzaken en bij lekkage condensatie van zuurstof. Bij hogere temperaturen verdampt vloeibare waterstof en neemt de druk en het risico op explosie toe.

Productie

Door het cryogene koelen van waterstofgas condenseert het gas tot een vloeistof. Dit proces begint met het comprimeren van het gas tot een hoge druk. Vervolgens wordt het gas door een warmtewisselaar geleid, waar het wordt afgekoeld door een koelmiddel. Het gas wordt verder gekoeld in een cryogene koeler totdat het benodigde temperatuur bereikt.

Transport en opslag

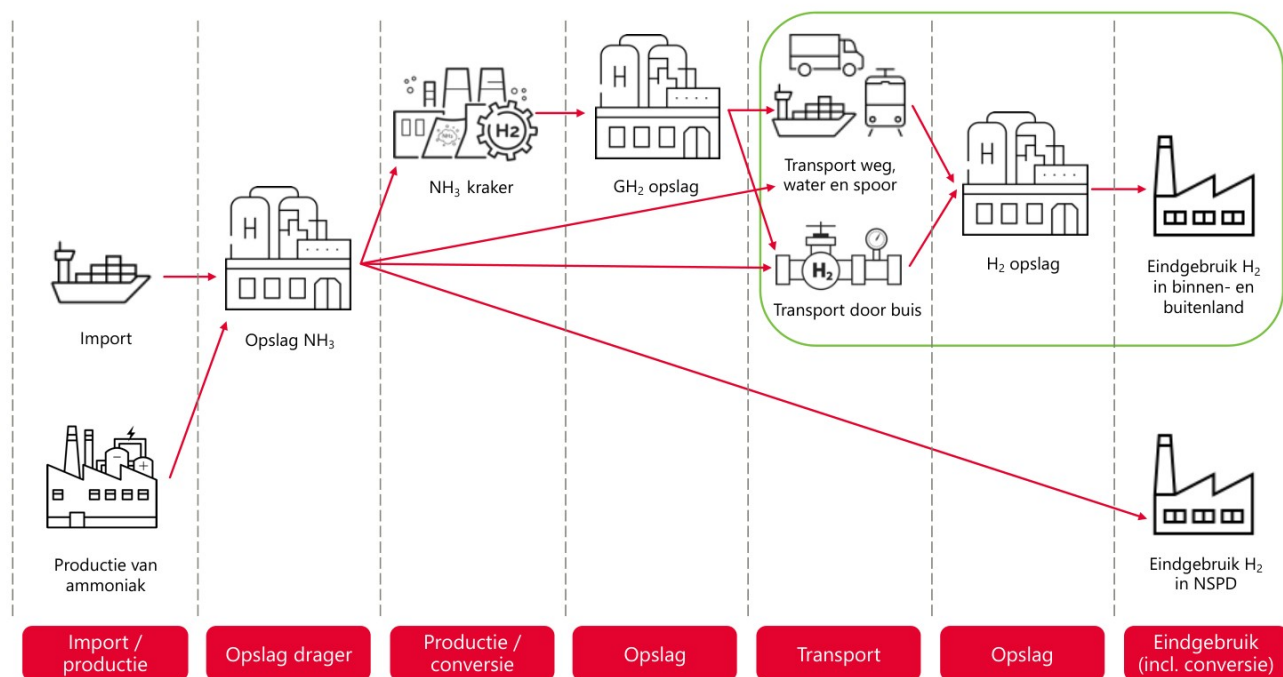
Voor het transport dienen installaties aanwezig te zijn die de waterstof onder de -253 °C houden. Dit maakt transport sowieso al moeilijk, maar er zijn mogelijkheden. De transportmodaliteit die op dit moment technisch mogelijk is op kleine schaal is zeevaart en transport over weg en spoor. Transport via binnenvaart is nog niet toegestaan, net als voor waterstofgas.

De opslag gebeurt in cilindrische tanks en bolvormige tanks. Bolvormige tanks minimaliseren het contactoppervlakte met de relatief warme buitenwereld en daarmee ook de benodigde energie voor koeling. Bolvormige tanks zijn al sinds de jaren 70 in gebruik voor de opslag van LH_2 en LNG in de ruimtevaart. Bij de opslag komt per dag ongeveer 1 tot 5% waterstofgas vrij. Daarom dient er vaak een omvormer naast te staan, anders raakt de opslagvoorziening langzaam leeg.

Conversie en eindgebruik.

Vloeibare waterstof kan gebruikt worden door het om te zetten naar waterstofgas (doormiddel van temperatuurverhoging). Dit wordt gedaan door de vloeibare waterstof door een warmtewisselaar te leiden. Het medium in de warmtewisselaar kan bijvoorbeeld water of lucht zijn. Naarmate de vloeibare waterstof wordt verwarmd, begint het te verdampen. Het waterstofgas dient onder druk te worden gebracht om het te vervoeren. Vloeibare waterstof heeft als direct gebruik weinig toepassingen, mogelijk kan het in de scheepvaart en luchtvaart gebruikt worden. Dit heeft nog wel de nodige uitdagingen.

Ammoniak (NH₃, koud/warm)



Figuur 10 - Keten ammoniak

Eigenschappen

Ammoniak (NH₃) bestaat uit één stikstofatoom en drie waterstofatomen aan elkaar gebonden. Om de dichtheid te verhogen wordt het vloeibaar gemaakt, want onder normale omstandigheden is het een gas. Vloeibaar ammoniak is er in warme en koude vorm, warme ammoniak verwijst naar ammoniak onder druk (8,5 bar) en koud naar gekoelde ammoniak (-33 °C). De waterstofdichtheid is 124 H₂/m³ en de energiedichtheid is 13 GJ/m³.

Ammoniak wordt op dit moment naar voren geschoven als waterstofdrager waar de focus op moet komen. Het kost relatief weinig energie om het te

maken en gebruiken en is relatief makkelijk in vervoer. Echter is ammoniak in de omgang wel een gevaarlijke stof. Zo is het ontvlambaar en kan het explosief zijn. Echter staat het voornamelijk bekend om de giftigheid en hoe corrosief het is. Ook is ammoniak kleurloos en heeft het een scherpe indringende geur.

Productie

Ammoniak wordt voornamelijk geproduceerd via het zogenaamde Haber-Bosch proces, waarbij stikstof (N₂) uit de lucht en waterstof (H₂) worden gecombineerd onder hoge druk en temperatuur in aanwezigheid van een

katalysator om ammoniak (NH_3) te vormen. De productie van groene ammoniak verschilt in principe niet, alleen wordt daarbij groene waterstof betrokken.

Transport en opslag

Transport van ammoniak via zeevaart is toegestaan, technisch mogelijk en gebeurt ook al decennia op grote schaal. Hier is een voorkeur voor transport van vloeibare (koude) ammoniak. Onder andere vanwege de betere beheersbaarheid. Hierdoor is veel expertise opgebouwd wat betreft dit transport. Vervoer van ammoniak per buisleiding is mogelijk, maar dan alleen vloeibaar onder druk.

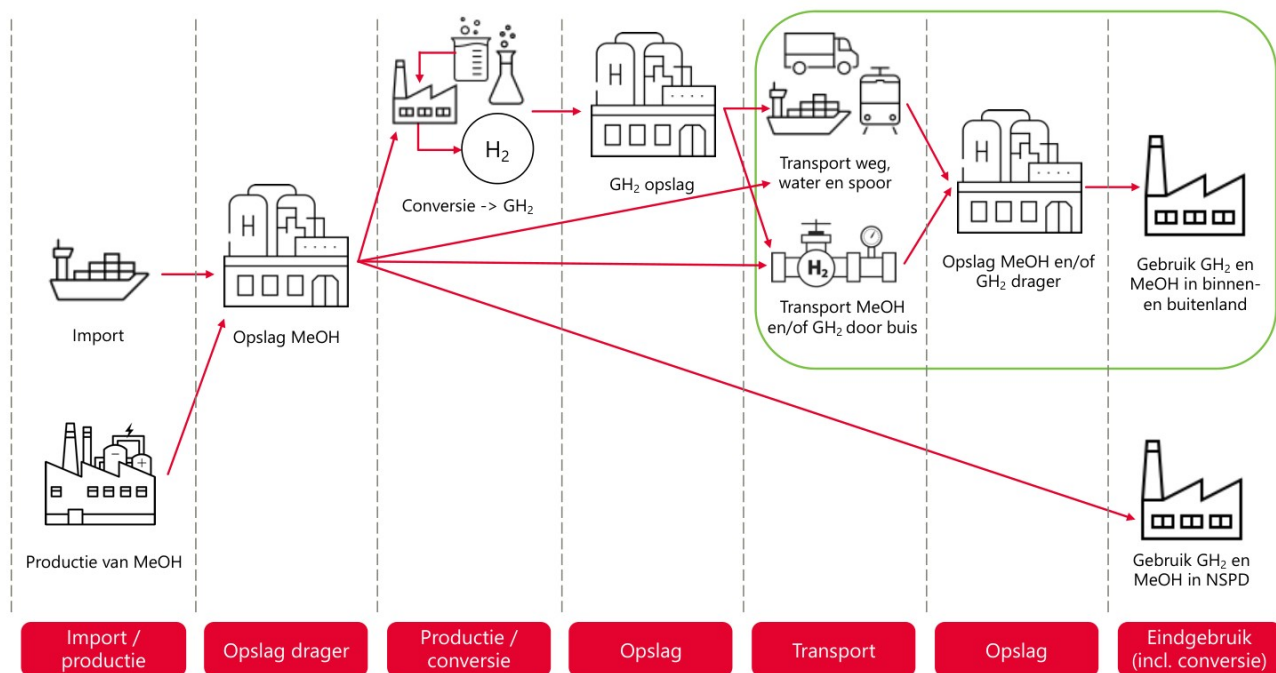
De opslag is mogelijk in cilinders en bollen, gekoeld of onder druk. Door de giftige eigenschap gelden strikte regels zoals vermeld in de PGS 13.

Conversie en eindgebruik

Ammoniak wordt gesplitst in stikstof en waterstof door middel van katalytisch kraken. De reactie vindt plaats bij temperaturen tussen 500 en 900 °C zonder katalysator, of op een lagere temperatuur bij 400 tot 700 °C met behulp van een katalysator. Na het kraakproces bevat het gasmengsel zowel waterstof als stikstof. Deze gassen moeten worden gescheiden.

Als stof zelf is ammoniak een belangrijke grondstof voor kunstmest en wordt het ook gebruikt in de industrie. Ammoniak kan dus voor verschillende doeleinden gebruikt worden en samengevat gaat het over grondstof, brandstof en het terugkraken naar waterstof.

Methanol (MeOH)



Figuur 11 - Keten methanol

Eigenschappen

Methanol (CH_3OH) bestaat uit één koolstofatoom met daaraan verbonden drie waterstofatomen en één hydroxylgroep (OH). Onder normale omstandigheden is methanol vloeibaar en dit is een voordeel voor de opslag en het transport. De verbrandingswaarde is vergelijkbaar met ammoniak, de energiedichtheid is hoger dan ammoniak. Het vervoeren van waterstof doormiddel van methanol is minder gunstig dan ammoniak ($99 \text{ H}_2/\text{m}^3$). Naast dat methanol minder gunstig is dan ammoniak, is het ook minder milieuvriendelijk door het vrijkomen van CO_2 bij verbranding. Hierdoor dienen maatregelen te worden getroffen voor het afvangen en produceren van methanol. Methanol is een kleurloze vloeistof met een licht zoete geur, ontvlambaar, het kan explosief zijn en het is een giftige stof. Bij normale

omstandigheden is methanol vloeibaar en is er geen sprake van giftige gassen.

Productie

Methanol wordt meestal gemaakt uit fossiele brandstoffen, maar het kan ook uit biomassa of waterstof. Bij fossiele productie wordt methanol gemaakt uit syngas, dat via stoomreforming of vergassing uit aardgas of kolen wordt gewonnen. Bij groene waterstofproductie wordt methanol gesynthetiseerd uit CO_2 (uit industriële afvalgassen of de lucht) en duurzaam opgewekte waterstof, zonder fossiele grondstoffen.

Transport en opslag

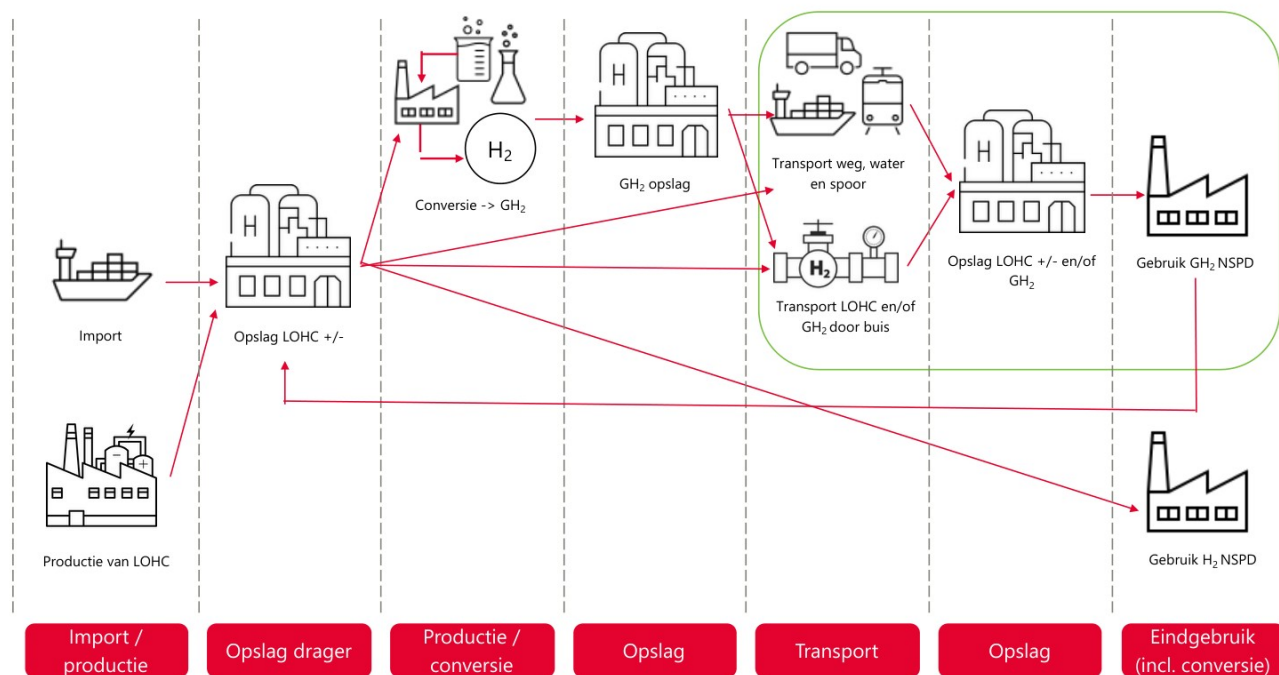
Methanol kan worden vervoerd via zeevaart, binnenvaart, weg, spoor en buisleidingen, met bestaande methanoltankers, tankwagens en tankwagens.

Opslag gebeurt doorgaans in rechtopstaande cilindrische tanks bij atmosferische druk en kamertemperatuur, wat een belangrijk voordeel is.

Conversie en eindgebruik

Waterstof kan uit methanol worden teruggewonnen via Steam Reforming of Methanol (SRM), vergelijkbaar met Steam Methane Reforming (SMR) uit aardgas. Bij 200–300 °C verdampt methanol en gaat door een katalytische reactor, waarbij ook methaan, water, CO₂ en CO kunnen ontstaan. Deze worden vervolgens met één of twee zuiveringsstappen gefilterd. Naast de toepassing en eindgebruik van methanol als waterstofdrager zijn er meer toepassingen, namelijk: als grondstof, als brandstof en voor de opwekking van elektriciteit.

Vloeibare organische koolwaterstoffen (LOHC's)



Figuur 12 - Keten LOHC's

Eigenschappen

LOHC's (Liquid Organic Hydrogen Carriers) zijn organische verbindingen die waterstof kunnen opnemen en afgeven via chemische reacties, zonder dat de drager een blijvende verandering ondergaat, waardoor herhaald gebruik mogelijk is, mits er een retourstroom aanwezig is. De waterstofdichtheid van LOHC's is minder gunstig dan die van ammoniak of methanol, zowel naar gewicht als volume. Deze meestal kleurloze en geurloze vloeistoffen zijn minder ontvlambaar en explosief dan pure waterstof, maar bij ontleding

kunnen gevaarlijke stoffen zoals benzeen vrijkomen, wat vaak wordt opgelost met extra zuiveringsstappen.

Productie

LOHC's worden doormiddel van een katalysator en onder gematigde druk en temperatuur geproduceerd, door waterstof te binden aan vloeibare organische verbindingen zoals toluen.

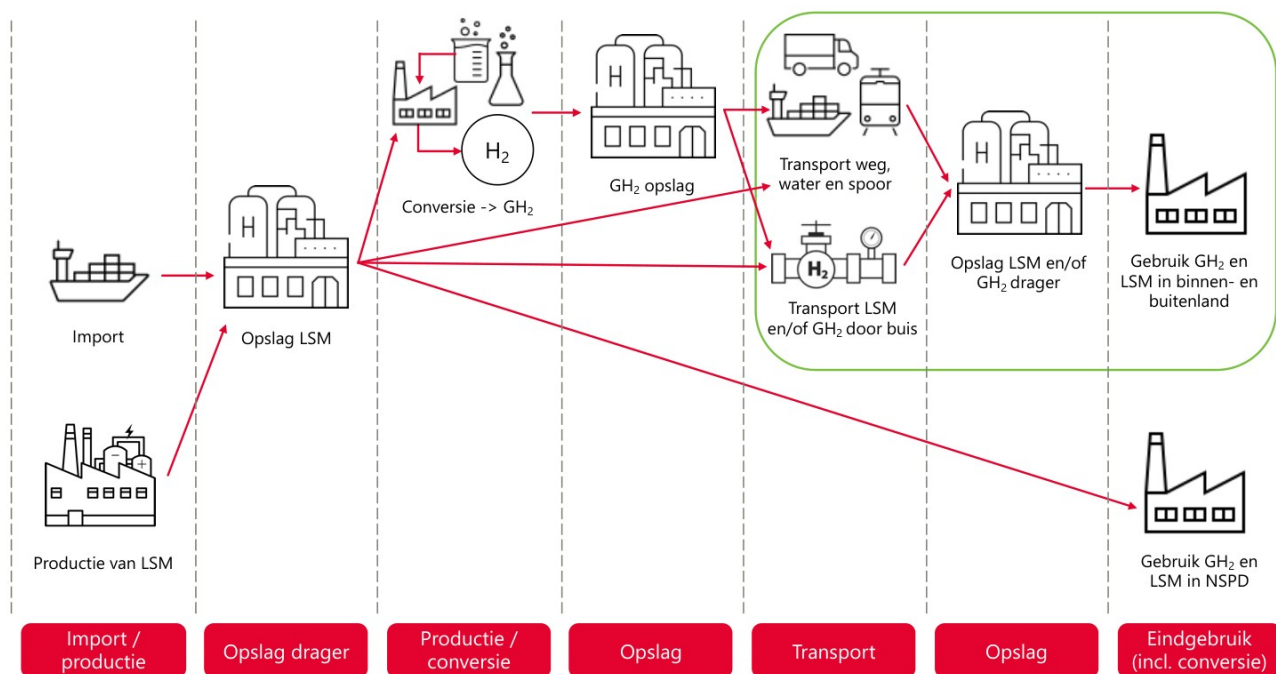
Transport en Opslag

Transport van LOHC's is mogelijk via zeevaart, buisleidingen, spoor, weg of binnenvaart. Bij buisleidingtransport kunnen de hoge viscositeit van sommige LOHC's het energieverbruik verhogen. De benodigde retourstroom zorgt bij buisleiding transport voor de verplichting van twee parallelle leidingen. LOHC's kunnen op atmosferische druk en kamertemperatuur worden opgeslagen in tanks die vergelijkbaar zijn met die voor olie, waardoor bestaande infrastructuur hergebruikt kan worden.

Conversie en eindgebruik

Waterstof wordt uit LOHC's teruggewonnen door dehydrogenatie, een exotherme reactie die plaatsvindt boven 200°C met katalysatoren. Na dehydrogenatie moet de waterstof worden gefilterd, bijvoorbeeld via een membraan of PSA. LOHC's zijn primair bedoeld voor intercontinentaal transport van waterstof, maar kunnen ook direct in een LOHC-brandstofcel worden gebruikt, die de organische drager direct omzet in elektriciteit. Deze technologie, nog in de experimentele fase, heeft potentiële toepassingen in de scheepvaart voor elektrische aandrijving, maar vereist verdere ontwikkeling.

Vloeibare synthetische methaan (LSM of e-LNG)



Figuur 13 - Keten LSM

LSM staat voor Liquefied Synthetic Methane en is een vorm van methaan die bestaat uit koolstofdioxide (CO₂) en waterstof (H₂) met behulp van hernieuwbare elektriciteit. Het is vergelijkbaar met LNG en wordt dan ook wel e-LNG genoemd. Bij atmosferische druk en kamertemperatuur is methaan een gas, maar het kan worden omgezet in vloeibare vorm door het te koelen tot -162 °C. De energiedichtheid van LSM is hoog in vergelijking met methaan, waterstof en andere dragers, namelijk 22 GJ/m³ (4,6 GJ/m³ voor H₂) (13 GJ/m³ voor NH₃).

Door de grote vergelijking met LNG, kan LSM worden gebruikt in de bestaande LNG-infrastructuur zonder grote aanpassingen. Dit is een groot voordeel en een aantrekkelijke optie voor de industrie en maritieme sector. Het nadeel is echter de zeer energie-intensieve productie en het vrijkomen van CO₂. De gebruikte koolstof in de productie van LSM moet dan ook van hernieuwbare bronnen komen, wellicht door het afvangen van de CO₂ uit gebruikte LSM.

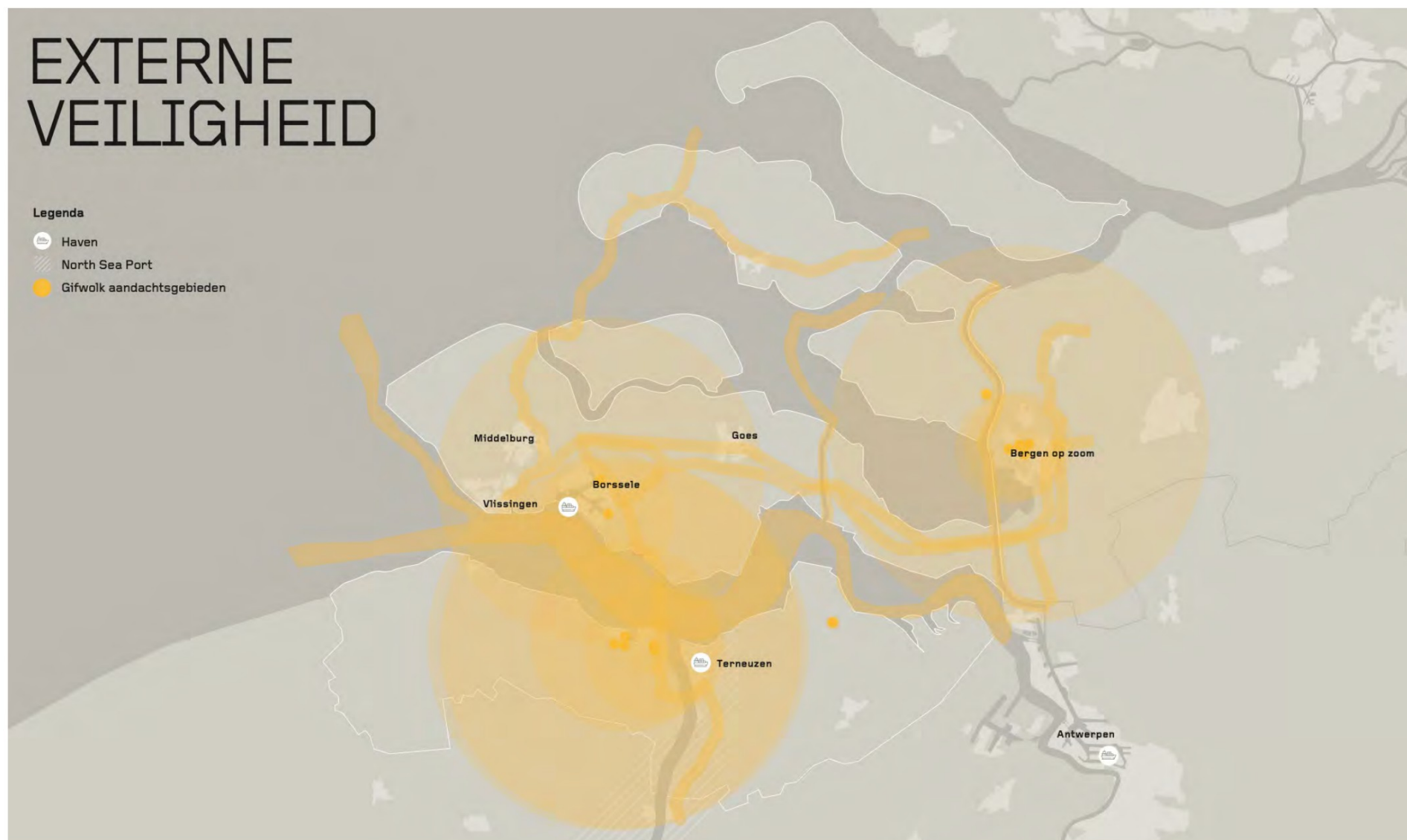
Bijlage 2 Initiatieven waterstofdragers in Zeeland

Tabel 11 - Overzicht initiatieven (MBA) waterstofdragers in Zeeland

Nr.	Naam initiatiefnemer	Locatie initiatief	Beschrijving initiatief	Bekend volume
1	Vopak	Frankrijkweg 4, 4455 TR Nieuwdorp	Bij Vopak Terminal Vlissingen worden voorbereidingen getroffen om de haalbaarheid na te gaan voor de opslag van groene ammoniak. Hiervoor kunnen twee bestaande gekoelde LPG-opslagtanks met elk een capaciteit van 55.000 cbm worden voorbereid. Ligplaatsen, leidingen en andere infrastructuur zijn aanwezig.	Twee tanks van 55.000 m ³ .
2	Vesta Terminals	Westerhavenweg 6, 4382 NM Vlissingen	Vesta Terminals in Vlissingen heeft momenteel 60.000 m ³ gekoelde opslagcapaciteit gebouwd voor ammoniak en zal als toekomstige hub een initiële doorzetcapaciteit van 0,96 Mton per jaar aankunnen.	60.000 m ³
3	Matsui OSK Lines MOL	Europaweg Zuid (?), 4389 PD Ritthem	Een nieuwe gebouwde terminal ontworpen voor de import, opslag en verwerking van groene energieproducten en koolstofarme brandstoffen op een strategische diepwaterlocatie in de North Sea Port van Vlissingen, Nederland.	400.000 m ³
4	Evos	Elementenweg 1, 4542 SM Hoek	Import en bulkopslag ammoniak	-
1	Zeeland Refinery	Luxemburgweg 1, 4455 TM Nieuwdorp	Verkent de inzet van groene waterstof (H ₂) in een raffinaderij (vanuit elektrolyser + import derde partijen) Daarnaast wordt nog een blauw waterstofproject verkend.	-
2	TotalEnergies / Air Liquide	Herbert H. Dowweg 7, 4542 NM Hoek	Dit Joint Venture project, dat het TotalEnergies project 'EnergyHys' als voorbereider heeft als doel om jaarlijks tot 30.000 ton hernieuwbare en koolstofarme waterstof te produceren.	250 MW elektrolyse capaciteit
3	Ørsted	Westerhavenweg 2E, 4382 NM Vlissingen	Het SeaH2Land programma van Ørsted omvat de gefaseerde ontwikkeling van meer dan 1 GW elektrolyse-capaciteit in 2030.	1.000 MW elektrolyse capaciteit
4	RWE	Onbekend	Onbekend	Onbekend

Nr	Naam initiatiefnemer	Locatie initiatief	Beschrijving initiatief	Bekend volume
5	VoltH2 (Vlissingen)	Rijtuigweg 44, 4611 EL Bergen op Zoom	Ontwikkeling van een 25 MW groene waterstoffabriek in Vlissingen-Oost door VoltH2. Naast de Sloecentrale Powerplant zal de centrale 2.000 ton groene waterstof produceren per jaar, met uitsluitend hernieuwbare energie. Het project is zo ontworpen dat het in fasen schaalbaar is tot 125 MW.	Heden – 25 MW Toekomst – 125 MW Elektrolyse capaciteit
6	Air Liquide	Herbert H. Dowweg 7, 4542 NM Hoek	De locatie van Air Liquide zal worden gebruikt voor de bouw van een elektrolyser. Hoe deze er precies uit zal zien is nog niet bekend. Het voorgaande project, de ELYgator, is verplaatst naar Rotterdam.	Onbekend
7	Dow (Path2Zero)	Herbert H. Dowweg, 4542 NM Hoek	Met onze routekaart naar nul, ook wel Path2Zero genoemd, streven we naar een CO ₂ reductie van 42,5% per 2030 en CO ₂ neutrale productie in 2050.	Onbekend
8	Yara	Industrieweg 10, 4541 HJ Sluiskil	Het importeren, opslaan en zelf gebruiken van ammoniak. Ammoniak voor in het proces en wellicht ook in de toekomst voor het omzetten naar waterstof. Ook loopt er bij Yara een project voor de Carbon Capture & Storage vanaf 2026 waarbij ze 12 miljoen ton CO ₂ uitstoot willen voorkomen. Dit draagt bij aan de blauwe waterstof mogelijkheden.	Onbekend
9	VoltH2 (Terneuzen)	Axelse Vlake, 4554 Westdorpe	Een groene H ₂ -productie-installatie van 25 MW met uitsluitend duurzame energie aangedreven elektrolyzers. Het krijgt een speciale H ₂ -opslag, toegang tot pijpleidinginfrastructuur en multimodale transportsystemen. Schaalbaar tot 125 MW capaciteit.	Heden – 25 MW Toekomst – 125 MW Elektrolyse capaciteit

Bijlage 3 Kaart huidige gifwolkaandachtsgebieden Zeeland



Figuur 14 - Kaart huidige gifwolkaandachtsgebieden (Atlas Leefomgeving, juni 2025)



Oostkracht10 BV
Leeuwenbrug 115
7411 TH Deventer

CIC, Stationsplein 45
3013 AK Rotterdam

Bedrijvenpark Twente 305
7602 KL Almelo

oostkracht10.nl

milieu
& veiligheid

OOST
KRACHT
10