Ministerie van Klimaat en
Groene Groei

Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag

Het belang van waterstofopslag voor het energiesysteem

Inhoud

Management samenvatting 4

Voorwoord 10

1 **Waarom ondergrondse waterstofopslag?** 11
- 1.1 Leeswijzer 12
- 1.2 De energietransitie leidt tot het flexibiliteitsvraagstuk: hoe de vraag en het aanbod van energie in balans houden? 12
- 1.3 Waterstof helpt om vraag en aanbod van energie met elkaar te verbinden 13
- 1.4 Waarom is waterstofopslag nodig voor een werkend energiesysteem? 14
- 1.5 Waterstofopslag raakt aan twee maatschappelijke opgaven 16

2 **De technische mogelijkheden voor ondergrondse waterstofopslag** 18
- 2.1 Twee mogelijkheden voor ondergrondse opslag van waterstof 18
- 2.2 Waterstofopslag in zoutcavernes 20
- 2.3 Waterstofopslag in lege gasvelden 25

3 **Veiligheid is randvoorwaardelijk voor ondergrondse opslag van waterstof** 27
- 3.1 Ervaring met de risico's van opslag van gassen in de diepe ondergrond en de verschillen bij opslag van waterstof 28
- 3.2 Meer afstemming bij ontwikkeling eerste opslagprojecten 29
- 3.3 Omgaan met risicoperceptie 30

4 **Omgaan met onzekerheid over de capaciteit en timing van waterstofopslag** 32
- 4.1 Onzekerheid over het aandeel van waterstof(opslag) in het toekomstige energiesysteem 32
- 4.2 Huidige projecten en plannen leiden maximaal tot behalen van de onderkant van de bandbreedte 34
- 4.3 Zeven hoofdoorzaken van de onzekerheid omtrent de opslagbehoefte 35

5 **De uitdagingen om waterstofopslag van de grond te krijgen vereisen een sturende rol van het Rijk** 37
- 5.1 Inzet van ondergrondse waterstofopslag is onderdeel van een grotere opgave 37
- 5.2 Ondergrondse waterstofopslagen kennen lange ontwikkeltijden waardoor nu gestart moet worden met operationele inzet voor 2035 en daarna 38
- 5.3 Nog onvoldoende randvoorwaarden voor bedrijven om te kunnen investeren 38
- 5.4 Doorbreken patstelling ondergrondse waterstofopslag vereist sturende rol van het Rijk 39

6 Gezien de onzekerheden zijn er verschillende toekomstbeelden mogelijk 41
6.1 Scenario-denken biedt onvoldoende houvast door onzekerheden in zowel vraag als aanbod van waterstofopslag 41
6.2 Terugredeneren vanuit toekomstbeelden helpt om implicaties inzichtelijk te maken 42
6.3 De implicaties van het aanbod van waterstofopslagcapaciteit voor het energiesysteem 42

7 Ontwikkelstrategie voor ondergrondse waterstofopslag 46
7.1 Spoor 1: zoutcavernes op land 47
7.2 Spoor 2: Gasvelden op land of nabij de kust (near-shore) 48
7.3 Spoor 3: Offshore gasvelden en zoutcavernes 48
7.4 De ontwikkeling van de infrastructuur 49

8 Wat betekent ondergrondse opslag van waterstof voor Groningen? 50
8.1 Historisch perspectief van Groningen 50
8.2 Introductie van het HyStock-project 51
8.3 Kansen voor de regio 51
8.4 Het perspectief van omwonenden 53
8.5 Handvatten voor het starten van een gebiedsproces 54

9 Kansen voor Europese samenwerking 55

10 Mijlpalen en acties om te komen tot voldoende ondergrondse waterstofopslag 58
10.1 Fysieke mijlpalen 58
10.2 Acties ter uitvoering van de ontwikkelstrategie 60

Bibliografie 67

Bijlage 1 Achtergrondinformatie waterstof 69

Bijlage 2 Waterstof(opslag) in Europese doelstellingen 70

Bijlage 3 Gesproken of betrokken partijen bij totstandkoming van de agenda 71

Colofon 72

Management samenvatting

Context van de Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag

Het schrijven van de agenda is gestart zomer 2024. Belangrijke drijfveren voor de ondergrondse opslag van waterstof zijn het bijdragen aan het bereiken van de klimaatdoelen en de transitie naar een fossielvrij energiesysteem. Inmiddels is door de snel veranderende geopolitieke situatie, het belang van strategische autonomie en betaalbare eigen energievoorziening minstens net zo een urgente reden om werk te maken van opslag. En dat betekent nu stappen zetten om klaar te zijn als de vraag naar waterstof toeneemt. Het ontwikkelen van geschikte locaties voor opslag vereist vooruitdenken en plannen, zoals dat ook bij grotere infrastructurele werken het geval is. Snel opschalen als de vraag toeneemt, is door de lange ontwikkeltijd van ondergrondse waterstof-opslagen niet zomaar mogelijk. Opslag van waterstof is een *conditio sine qua non* (noodzakelijke voorwaarde) voor het realiseren van een nieuw energiesysteem, en een deel van het antwoord om ons aan te passen aan de veranderende wereld. Zeker omdat Nederland bovengronds dichtbevolkt is én beschikt over een geschikte ondergrond voor opslag van waterstof.

Het Rijk geeft sturing om de energietransitie efficiënt te laten verlopen, rekening houdend met de diverse belangen en uitdagingen waarmee onze samenleving wordt geconfronteerd. Ondanks de onzekerheden moeten we keuzes maken.

De Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag richt zich binnen deze context op de rol en betekenis van ondergrondse opslag van waterstof. Deze vormt een essentiële schakel in de waterstofketen. Met de tijdige inzet op ondergrondse opslag van waterstof kan tegelijkertijd een bijdrage geleverd worden aan de energietransitie en aan het vergroten van de strategische autonomie van Nederland.

De kabinetsagenda is tot stand gekomen onder leiding van de Gezant ondergrondse waterstofopslag in opdracht van het ministerie van Klimaat en Groene Groei. Een groot aantal partijen is hiervoor gesproken, waaronder kennisinstellingen, overheden, bedrijven en omwonenden rond het eerste waterstofopslag project (vijftig partijen zijn gesproken of hebben meegedacht, zie bijlage 3).

Ondergrondse waterstofopslag is van groot belang in het toekomstige energiesysteem

Het flexibiliteitsvraagstuk vormt een van de grote uitdagingen in de energietransitie

Met de uitfasering van ons fossiele energiesysteem en de gelijktijdige groei van variabele zonne- en windenergie, wordt het steeds complexer om het aanbod van en de vraag naar energie met elkaar in balans te houden. Dit geldt zowel voor de balans gedurende de dag als die tussen de seizoenen en zelfs over de jaren. Dit zogenoemde flexibiliteitsvraagstuk vormt één van de grootste uitdagingen in de ontwikkeling van ons nieuwe energiesysteem.

Waterstof speelt een belangrijke systeemrol in het toekomstige energiesysteem, door vraag en aanbod met elkaar te verbinden. Het is voor een breed scala aan toepassingen bruikbaar, het kan efficiënt over grotere afstanden getransporteerd worden en het is geschikt voor groot-schalige en langdurige opslag. Daarmee zijn waterstof en waterstofopslag belangrijke bouw-stenen om het flexibiliteitsvraagstuk van een duurzaam energiesysteem op te lossen.

Waterstofopslag is noodzakelijk voor een functionerende waterstofketen en draagt zo bij aan de klimaatopgave en strategische autonomie

Ondergrondse waterstofopslag is van belang voor het behalen van de **klimaatdoelen** en levert een bijdrage aan de **strategische autonomie** van Nederland. Waterstofopslag vormt een belangrijke schakel om tot een werkende waterstofketen te komen en flexibiliteit in ons toekomstige energiesysteem te brengen. Daarmee is het realiseren van ondergrondse waterstofopslag onderdeel van de voortgang van de energietransitie. De buffercapaciteit verkleint ook de kans op zowel absolute energietekorten als extreme prijspieken. Het levert een directe bijdrage aan onze voorzieningszekerheid en biedt bescherming tegen geopolitieke ontwikkelingen. Daarnaast draagt waterstofopslag indirect bij aan de groei van zonne- en windenergie en biedt het, als onderdeel van de waterstofketen, de industrie een mogelijkheid om te verduurzamen.

Voor het energiesysteem levert ondergrondse opslag van waterstof vier belangrijke functies:

1. **Voorzieningszekerheid:** Opslag zorgt ervoor dat vraag en aanbod van waterstof in balans blijven op verschillende tijdschalen (van uren tot seizoenen). Daarmee levert opslag energievoorzieningszekerheid op de korte termijn, voor meerdere seizoenen of zelfs als strategische reserve.
2. **Efficiënte werking van de markt:** Opslag is nodig voor de totstandkoming van de waterstofmarkt. De beschikbaarheid van opslagcapaciteit biedt afnemers zekerheid dat waterstof geleverd kan worden. Dit draagt bij aan het vertrouwen om investeringsbeslissingen te nemen in waterstofprojecten. Het bevordert tevens een efficiënte werking van de waterstof- en elektriciteitsmarkt, doordat het leveringsgaranties biedt en vraag en aanbod beter verbindt. Dit vergroot de liquiditeit in de markt en draagt bij aan efficiënte prijsvorming.
3. **Efficiënte werking van het energiesysteem:** Opslag draagt bij aan een efficiënt werkend energiesysteem. Het zorgt ervoor dat elektriciteit die geproduceerd wordt op momenten dat er onvoldoende vraag is, tijdelijk opgeslagen en op latere momenten benut kan worden.[1] Zonder opslag kan deze energie verloren gaan en zijn er minder afnemers van variabele elektriciteitsproducenten zoals zon en wind.
4. **Functioneren van het netwerk:** Opslag is noodzakelijk om balans in het waterstof-transportnetwerk binnen de technische en veilige marges te houden. Daarnaast hebben partijen die het netwerk benutten de opslag nodig om hun portfolio in balans te houden. Het is daarmee een technische randvoorwaarde voor het kunnen functioneren van het waterstofnetwerk.

Waterstofopslag kan in Nederland in zoutcavernes en mogelijk in gasvelden

Nederland beschikt over een unieke ondergrond die kan bijdragen om een robuust en klimaat-neutraal energiesysteem in te richten.

Ondergrondse opslag is mogelijk in zoutcavernes en in lege gasvelden. Deze ondergrondse structuren zijn beide aanwezig in de diepe ondergrond van Nederland. Ondergrondse opslagen in zoutcavernes en gasvelden bieden in potentie veel opslagvolume en hebben als voordeel dat het bovengronds ruimtegebruik beperkt is.

Zo is de opslagcapaciteit van één zoutcaverne met waterstof bijvoorbeeld gelijk aan 100 megabatterijen met een factor 600 groter bovengronds ruimtebeslag. In het dichtbevolkte Nederland met vele overlappende ruimtelijke wensen (zoals woningbouw, landbouw, natuur) biedt gebruik van de ondergrond daarmee veel voordelen.

Zoutcavernes zijn holtes die aangelegd worden in zoutstructuren diep in de ondergrond. Voor dit type cavernes is bewezen dat het opslaan van gassen onder druk goed mogelijk is. Nabij Zuidwending wordt gewerkt aan de ontwikkeling van de eerste vier waterstofopslag-cavernes (project HyStock). De meest geschikte zoutstructuren liggen in Groningen, Drenthe en onder de Noordzee.

Gasvelden zijn poreuze gesteenten met aardgas in de poriën op kilometers diepte. Wanneer dit aardgas (deels) gewonnen is, kan hier waterstof in opgeslagen worden. Het voordeel is dat gasvelden een stuk meer opslagvolume bieden dan zoutcavernes. Nederland heeft veel ervaring met aardgasopslag in gasvelden, maar de techniek voor opslag van waterstof is nog niet volledig bewezen. De eerste stap is daarom de ontwikkeling van een demonstratieproject.

Ontwikkeling caverneopslag is verbonden met zoutwinning

Zoutwinning op zichzelf is geen onderdeel van deze agenda. Maar zonder zoutwinning kunnen geen opslagcavernes aangelegd worden. Mede als gevolg van de aardbevingsproblematiek en de afhandeling van de schade daarvan bij het Groningengasveld en enkele incidenten bij zoutwinning is het draagvlak broos. Het bevoegd gezag, de toezichthouder Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en initiatiefnemers besteden dan ook veel aandacht aan projecten in de diepe ondergrond.
Eind 2025 lopen de bestaande zoutwinningsplannen in Groningen af. Indien deze niet verlengd worden, dan stopt deze zoutwinning. Als de zoutwinning in Groningen stopt, dan valt de facto voor de komende tien tot vijftien jaar ook de mogelijkheid van ondergrondse opslag van waterstof weg. Dit heeft belangrijke implicaties voor de ontwikkelrichting en keuzemogelijkheden van ons energiesysteem.

[1] Na omzetting in waterstof door middel van electrolyse.

Ook de Nederlandse en Europese industrie zijn afhankelijk van de zoutwinning.

Het gewonnen zout staat aan de basis van veel productieprocessen in de chemische industrie en wordt gebruikt om bijvoorbeeld kunststoffen, geneesmiddelen en strategische goederen voor de waterzuivering, de energietransitie en de defensie-industrie te maken.

Zonder zoutwinning stopt de toevoer van pekel naar de zoutverwerkingsfabriek in Delfzijl. De fabriek valt dan stil en de levering van chloor, loog en waterstof op het industriepark Delfzijl stopt. De naastgelegen industrie is hiervan afhankelijk en kan niet meer produceren. Ook het zoutcluster in de Botlek en industrie in andere Europese landen zijn direct afhankelijk van dit zout. In Europa zijn naar schatting 90.000 tot 130.000 banen in de industrie gerelateerd aan de Nederlandse steenzoutwinning. Zoutwinning draagt daarmee bij aan de Europese strategische autonomie op het gebied van energie, grondstoffenproductie en industriële productiecapaciteit. Het Achtergronddocument over het belang van zoutwinning gaat hier nader op in (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2025).

Veiligheid is randvoorwaardelijk

Ondergrondse waterstofopslag moet veilig zijn voor mensen en het milieu. Dit is verankerd in de Mijnbouwwet.

Het is van belang te beseffen dat risico's nooit volledig nul kunnen zijn. Er blijft altijd een restrisico over. Alle activiteiten in onze maatschappij gaan immers gepaard met risico's. Het is zaak om maatregelen te treffen om het risico te verkleinen door enerzijds de kans te verlagen en anderzijds eventuele effecten te verminderen of de mitigeren.

Het Ministerie van Klimaat en Groene Groei is verantwoordelijk voor het beleid en de vergunningverlening met betrekking tot activiteiten in de diepe ondergrond. Bij beoordeling van mijnbouwvergunningen voor ondergrondse waterstofopslag, toetst de minister deze aanvragen aan de wet en vraagt hiervoor advies aan verschillende adviseurs die dit ieder vanuit hun eigen rol geven (SodM, TNO AGE, gemeenten, provincie, waterschappen en de Mijnraad).

Nederland heeft veel ervaring met opslag van gassen (aardgas, stikstof) in de diepe ondergrond. Dit gaat, net als iedere activiteit, gepaard met risico's. Er is dan ook bestaande regelgeving en standaarden om op een veilige en verantwoorde manier om te gaan met deze risico's.

In het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten is sinds de jaren zeventig ervaring opgedaan met opslag van waterstof in zoutcavernes voor gebruik als grondstof door de industrie. Als laatste stap naar brede toepassing binnen de waterstofketen wordt de techniek nu gedemonstreerd in verschillende Europese landen. In Nederland wordt de eerste waterstofopslag in een zoutcaverne naar verwachting in 2031 operationeel (het HyStock-project).

Omdat waterstofopslag een nieuwe techniek in Nederland is, zijn de regelgeving en standaarden niet specifiek ontwikkeld met oog op de opslag van waterstof. De ontwikkeling van het eerste waterstofopslag-project vereist daarom relatief veel maatwerk. Voor efficiëntere project-ontwikkeling en om initiatiefnemers vooraf meer duidelijkheid te verschaffen stelt het Ministerie van Klimaat en Groene Groei een generiek beleidskader op voor omgang met risico's, specifiek gericht op ondergrondse waterstofopslag in zoutcavernes op land.

Bij de opslag van waterstof in gasvelden moeten nog stappen gezet worden om de juiste veiligheidseisen en werkwijzen verder te ontwikkelen en in de praktijk te testen. Europese onderzoeken laten zien dat er geen onoverkomelijke obstakels in beeld zijn die ondergrondse waterstofopslag in gasvelden niet mogelijk zouden maken. Het is wel nodig om de technologie in de praktijk te testen en verder te ontwikkelen. Als nu gestart wordt met de ontwikkeling van een demonstratieproject kan de eerste operationele waterstofopslag in een gasveld op zijn vroegst rond 2035-2040 beschikbaar komen.

Het vergt wederzijds begrip en vertrouwen in elkaar om een volgende stap te kunnen zetten rond waterstofopslag. Voor een effectieve leercyclus, is het van belang dat er sprake is van nauwe afstemming en communicatie tussen de initiatiefnemer, de toezichthouder en het ministerie tijdens de uitvoering van de eerste projecten.

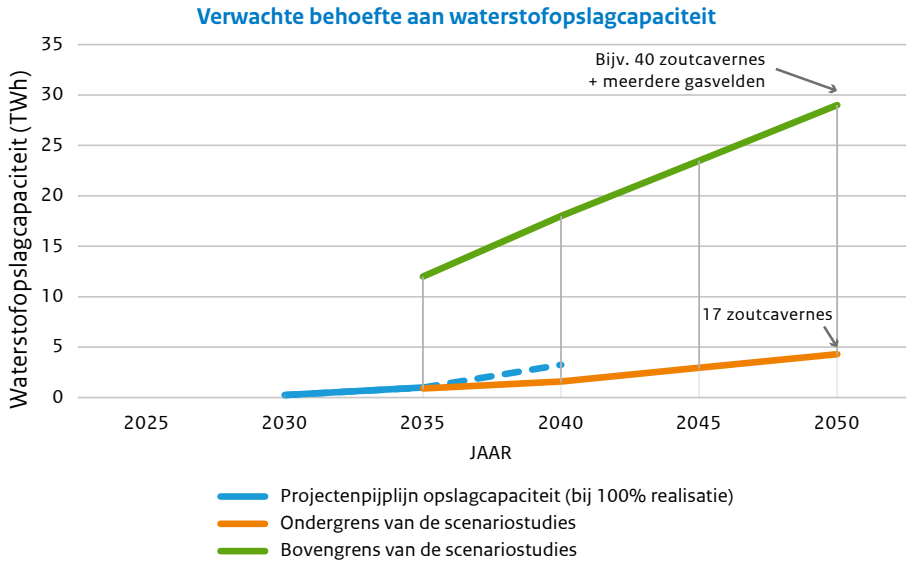
Zo kan beter omgegaan worden met de behoefte om zekerheid te bieden over veiligheidsvragen die pas in de toekomst beantwoord kunnen worden. Vanuit het perspectief van een iteratief proces met actieve sturing op veiligheid en risico's helpt het als er in de vergunningverlening meer wordt gewerkt op basis van het signaleren, adresseren en monitoren van risico's. De vergunningverlener kan met de risicobeoordelingen aan de slag om deze mee te nemen en te borgen in de vergunningsvoorwaarden, zodat de risico's aanvaardbaar zijn en blijven.

Dit vergt een goede afstemming en open communicatie tussen alle betrokken partijen, waaronder de operators, de toezichthouder en het ministerie. Een heldere definitie van de rollen en verantwoordelijkheden van de partijen is hierbij essentieel.

Omgaan met onzekerheid over capaciteit en timing van waterstofopslag

Er is sprake van een aanzienlijke onzekerheid over het aandeel en de timing van waterstof in het toekomstige energiesysteem. Ook factoren zoals het type waterstof (hernieuwbaar of koolstofarm), het type afnemers en het aandeel van import hebben invloed op de behoefte aan opslagcapaciteit. Daardoor is er sprake van een grote bandbreedte in de behoefte aan ondergrondse waterstofopslag (zie Figuur 1).

Figuur 1: Ontwikkeling van de gevraagde waterstof opslagcapaciteit op basis van verschillende scenariostudies.



Ondanks de onzekerheid van de toekomstige vraag, is het duidelijk dat er een forse groei van de waterstofopslagcapaciteit plaats moet vinden. Er wordt nu bij Zuidwending gewerkt aan de ontwikkeling van de eerste vier opslagcavernes in Nederland (het HyStock-Project). Daarnaast is het voornemen van een zoutbedrijf om negen aanvullende waterstofopslagcavernes te ontwikkelen. Waarschijnlijk zijn in de toekomst grote opslagvolumes nodig; dan is het niet realistisch dat alle opslag in zoutcavernes plaatsvindt. In dat geval zijn ook lege gasvelden nodig om te voldoen aan alle opslagbehoefte.

Lange ontwikkeltijden betekent nu handelen: De ontwikkeltijd van opslagprojecten is lang. Het duurt minstens tien tot vijftien jaar om een waterstofopslag in een zoutcaverne te realiseren of te komen tot een opslag in een gasveld. Daarom is het van belang nu te starten met het ontwikkelen van projecten om aan de toekomstige opslagbehoefte van 2035 – 2040 te kunnen voldoen.

In het gunstigste geval (indien alle geplande cavernes tijdig gerealiseerd worden) zit Nederland hiermee op een groeipad rond de onderkant van de bandbreedte van de opslagbehoefte.
Dit toont zowel het belang van het slagen van de huidige projecten, maar ook de noodzaak om sneller te (kunnen) opschalen als het energiesysteem daarom vraagt.

Marktfalen vereist een sturende rol van het Rijk

Het waterstofsysteem kan pas goed functioneren als de gehele keten van productie, transport, opslag en afname compleet is. Het investeringsklimaat om projecten te realiseren staat onder druk. Zowel met betrekking tot uitwerking van regelgeving, maatschappelijke inbedding als financiële haalbaarheid zijn er belangrijke aandachtspunten. Partijen kunnen deze uitdagingen niet zelfstandig oplossen. Ze wachten daarom op elkaar en op de overheid. Er is momenteel sprake van marktfalen.

Het vereist daarom een sturende rol van het Rijk om deze patstelling te doorbreken. De rode draad bestaat uit drie elementen:

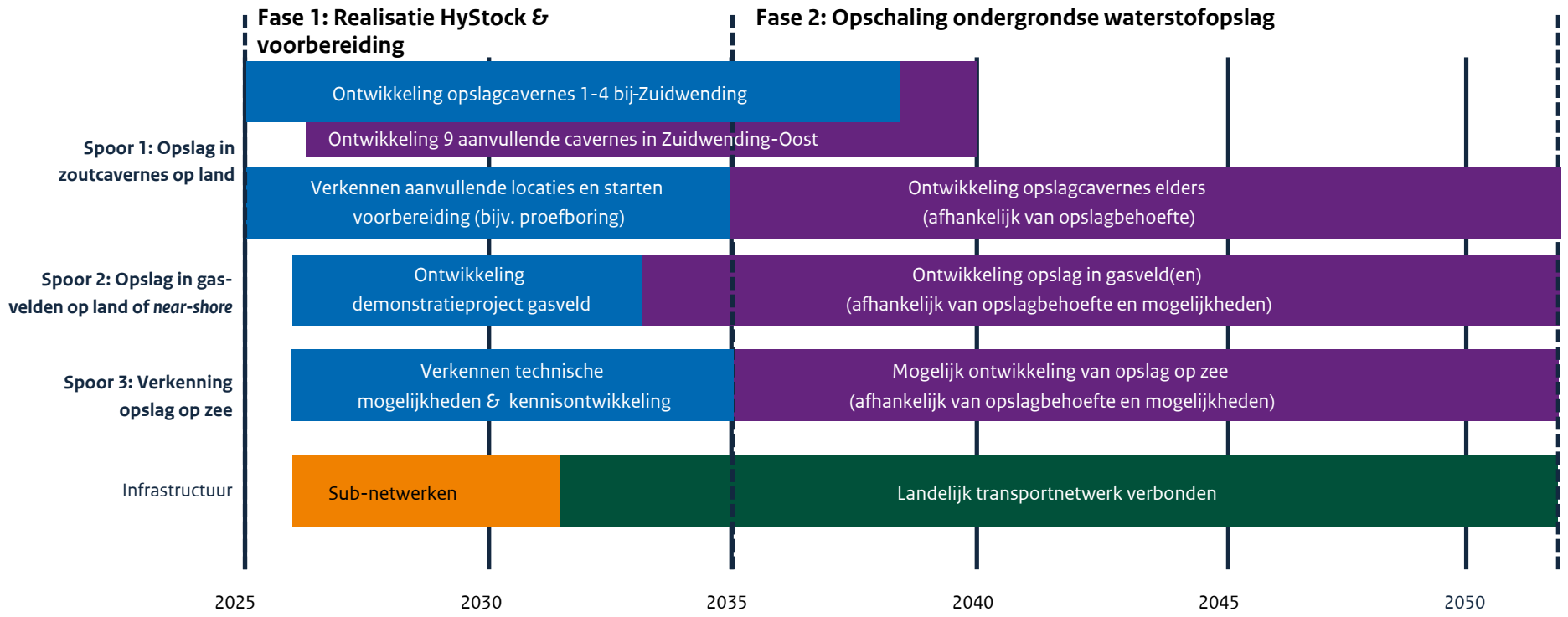
1. **Integraal werken vanuit de opgave:** Door integraal vanuit de gehele waterstofketen te werken volgt welke resultaten behaald moeten worden en welke activiteiten en projecten daarvoor nodig zijn. Dit maakt het makkelijker om snel in te kunnen spelen op veranderende ontwikkelingen in de waterstofketen en om de inzet op de verschillende schakels van de keten op elkaar af te stemmen.
2. **Maatschappelijke inbedding vereist maatwerk:** Alleen in dialoog met omwonenden en lokale belanghebbenden kan gewerkt worden aan wederzijds begrip en maatschappelijke inbedding van het project. Dit is maatwerk en vereist nauwe samenwerking tussen het Rijk, decentrale overheden, omwonenden en initiatiefnemers. De verdeling van lusten en lasten is hierbij vaak onderwerp van gesprek.

3. ***De-risking* van infrastructuur:** Opslag is onderdeel van de waterstofinfrastructuur. Door de grote onzekerheden zijn marktpartijen niet bereid langjarige afname- of gebruikscontracten af te sluiten. Dit weerhoudt private partijen om te investeren; het risico is te groot. Toch is het nodig nu investeringen te doen als voorwaarde voor een werkend systeem. Dit vergt overheidssteun in de vorm van voldoende risicoafdekking *(de-risking)* in de fase dat er nog onvoldoende markt is.

Adaptieve ontwikkelstrategie met acties

De kern van de Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag is erop gericht om enerzijds te zorgen dat de ondergrens van de gevraagde opslagcapaciteit daadwerkelijk en tijdig gerealiseerd wordt en anderzijds dat later een relatief snelle opschaling van de opslagcapaciteit mogelijk is, indien dit nodig blijkt. Aangezien de ontwikkeltijden van opslagprojecten minimaal tien tot vijftien jaar bedragen, is het noodzakelijk om nu te starten. Figuur 2 vat de ontwikkelstrategie samen.

Figuur 2: Schematische weergave van de ontwikkelstrategie verdeelt in drie sporen.
Per spoor draagt het Ministerie van Klimaat en Groene Groei bij aan de strategie middels acties.



De ontwikkelstrategie bevat 19 acties om vanuit het Rijk in gang te zetten. De acties zijn tot stand gekomen op basis van gesprekken en werksessies met 50 betrokken partijen. Daarbij goed om te vermelden dat niet alles tegelijk kan en hoeft. Het gaat voor een deel om ondersteunende en voorbereidende werkzaamheden. De maatschappelijke kosten zijn daarom relatief beperkt in vergelijking met de verwachte maatschappelijke baten. Realisatie van ondergrondse waterstofopslag leidt naar verwachting immers tot lagere totale kosten van de energietransitie voor de maatschappij. Daarmee draagt het bij aan een betere betaalbaarheid van energie voor iedereen.

Door deze '*no regret*' maatregelen tijdig te treffen, zet KGG in om opties over de inrichting van ons energiesysteem open te houden en creëert het de mogelijkheid om vanaf 2035 de opslagcapaciteit te kunnen opschalen, mocht dit nodig zijn.

De belangrijkste *no regret* acties om een goed en efficiënt functionerend energiesysteem te realiseren zijn voor de korte termijn samengevat in vier hoofdacties:

1. **HyStock en werkvoorraad aan opslagcavernes.**
   Gasunie werkt momenteel aan de realisatie van het HyStock-project. Met de realisatie hiervan wordt geborgd dat Nederland een eigen (minimale) waterstofopslag heeft. Het kabinet is voornemens een financiële bijdrage te leveren aan de realisatie van dit project met een subsidie aan Gasunie, gefinancierd vanuit het klimaatfonds. Deze subsidie dekt een deel van de risico's af en stelt Gasunie daarmee in staat de benodigde investeringen te doen, vooruitlopend op het bestaan van een functionerende waterstofmarkt.
   Bij het HyStock-project wordt de rijksprojectprocedure doorlopen. Voor de omwonenden is het belangrijk dat de plannen voor waterstofopslag op een transparante wijze uitgevoerd wordt. Het kabinet wil meewerken aan de wens om een gebiedsproces te doorlopen en afspraken te maken over een integrale toekomstvisie voor het gebied met de regionale overheden.
   In het klimaatfonds zijn daarnaast middelen gereserveerd om in te zetten op de ontwikkeling van volgende cavernes. Onderzocht wordt wat er aanvullend nodig is om een werkvoorraad cavernes te realiseren, zodat de opslagcapaciteit wanneer nodig snel kan worden opgeschaald.
2. **Demonstratieproject met waterstofopslag in een leeg gasveld.**
   Het kabinet verkent of een demonstratieproject voor opslag van waterstof in een gasveld in Nederland mogelijk is. Aangezien hiervoor nog geen middelen zijn gereserveerd vanuit het kabinet, is de eerste stap te kijken naar mogelijke financieringsbronnen en (markt)partijen die willen participeren. Voor grote opslagvolumes zijn alleen gasvelden geschikt. Om op de lange termijn de mogelijkheid te hebben voor grootschalige opslag, dient daarom op korte termijn gestart worden met een demonstratieproject om de technologie verder te ontwikkelen.
3. **Doorontwikkeling beleidskader en standaarden.**
   Er is kennis en ervaring met betrekking tot gebruik van cavernes en gasvelden voor de opslag van gassen. Vanwege de specifieke karakteristieken van waterstof, is er behoefte aan een nadere verduidelijking over het omgaan met risico's, zodat vergunningsprocessen efficiënter kunnen verlopen en initiatiefnemers vooraf meer inzicht hebben in de vereisten. Ook wordt ingezet op intensievere samenwerking en communicatie met de wettelijk adviseurs en initiatiefnemers binnen de vergunningsprocessen. Als eerste stap zal de komende maanden een beleidskader worden ontwikkeld voor waterstofopslag in zoutcavernes.
4. **Europese samenwerking versterken.**
   Nederland beschikt over een unieke uitgangspositie om een belangrijke rol te vervullen binnen het groeiende Europese waterstofsysteem. De combinatie van gunstige geologische omstandigheden, een sterke haveninfrastructuur en een centrale ligging in Europa biedt kansen voor het opslaan, importeren en doorvoeren van waterstof. Op de langere termijn kan Nederland mogelijk waarde toevoegen met opslag in gasvelden, gezien het potentieel hiervoor in Nederland groot is. Nederland werkt via projecten zoals het European Hydrogen Backbone-initiatief, EUH$_2$STARS en Hy3 actief mee aan de ontwikkeling van een grensoverschrijdende infrastructuur met opslagmogelijkheden. Verdere coördinatie op het gebied van opslag is wenselijk. Zo ligt er een belangrijke opgave bij het ontwikkelen van gemeenschappelijke Europese (industrie)standaarden voor ondergrondse opslag van waterstof. Ook harmonisatie tussen landen van de veiligheidseisen voor ondergrondse waterstofopslag draagt bij aan ontwikkeling van de markt en faciliteert schaalvoordelen.

Het doel is om met deze acties vanuit het Rijk bij te dragen aan de realisatie van de eerste opslagprojecten én tegelijkertijd de voorbereidingen te treffen voor de (mogelijke) opschaling in de periode na 2035.

Voorwoord

Het is met trots en enthousiasme dat ik de Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag aan u als lezer kan voorleggen.

De opdracht voor deze nationale agenda is gegeven door Directeur-generaal Klimaat en Energie Michel Heijdra en de Directeur-generaal Realisatie Groene Groei, Esther Pijs van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei. Zij hebben gekozen voor de rol van “gezant” om deze opdracht te vervullen, vanuit de lessen die zijn geleerd uit de parlementaire enquête gaswinning Groningen. Iemand die bij de totstandkoming van de agenda een breed veld van stakeholders betrekt en “Den Haag” verbindt met de regio en vice versa.

Mijn dank gaat uit naar TNO, EBN, Gasunie, Staatstoezicht op de Mijnen en Nobian voor alle kennis en expertise die zij geleverd hebben om deze agenda op te kunnen stellen. Ik ben in het bijzonder de Provincie Groningen dankbaar voor de tijd en ruimte die zij hebben geboden om wekelijks aan te landen op hun kantoor en van daaruit verder de Provincie Groningen en Drenthe in te gaan. Ik heb veel waardering voor de bestuurders en omwonenden in de regio, die het vertrouwen hadden in de aanpak en open hun verhaal deden. Allen reageerden zeer positief op het feit dat het verhaal geschreven zou worden op basis van de opgehaalde input. Het sentiment rond het Groningergasveld en de nasleep van de schadeafhandeling daarvan zit tegelijkertijd diep. Het zit niet in de volksaard om dat van de daken te schreeuwen en dat kan nog wel eens tot de misvatting leiden dat op basis van de inhoud iedereen overtuigd is. Het gebied wil bovendien meer terug voor de rijkdommen die in de ondergrond aanwezig zijn.

De regio kan opnieuw een belangrijke rol spelen in de energievoorziening van Nederland en Noordwest-Europa. Waterstof heeft het potentieel om een sleutelrol te spelen in de transitie naar een duurzame en meer autonome toekomst. Daarvoor is het kunnen opslaan van waterstof een randvoorwaarde. Het biedt bescherming tegen energietekorten en geopolitieke druk. Ook is het nodig om het systeem te kunnen laten werken en groei van onze eigen duurzame-energieproductie plaats te laten vinden. Hoeveel opslag nodig is en waar dit kan, is uitgewerkt in deze nationale agenda.

Daarbij is gekeken naar potentiële locaties in heel Nederland en op zee. Dat de blik voor de komende tien jaar gericht is op het Noorden van Nederland heeft te maken met de aanwezigheid van de zoutstructuren en de bestaande infrastructuur. Dit maakt dat het eerste opslagproject daar ontwikkeld wordt. Op termijn is opslag in Nederland wellicht ook mogelijk in gasvelden. Alle technieken hebben gemeen dat er een jarenlange aanlooptijd is alvorens opslag daadwerkelijk gebruikt kan worden. Dat betekent vooruitkijken en plannen. Deze agenda biedt de handvatten om binnen een niet voorspelbare toekomst toch stappen te kunnen zetten.

Nederland heeft alles in huis om deze technologie tot een succes te maken. Ik geloof dat we ons land kunnen positioneren als een toonaangevende speler in de wereldwijde energietransitie en de opslag van waterstof. Zowel om te komen tot een duurzame maatschappij als voor het behoud van de strategische onafhankelijkheid van Europa. De bereidheid om de uitdagingen van de toekomst gezamenlijk aan te gaan, is essentieel voor het realiseren van de opslag van waterstof: “Mit Mekaor” zoals de Groningers zeggen.

Nel Aland – *Gezant Ondergrondse opslag van waterstof*

1 Waarom ondergrondse waterstofopslag?

Belangrijke drijfveren voor de ondergrondse opslag van waterstof zijn het bijdragen aan de klimaatdoelen en de transitie naar een fossielvrij energiesysteem. Daarnaast is door de snel veranderende geopolitieke situatie, het belang van strategische autonomie en betaalbare eigen energievoorziening minstens net zo een urgente reden om werk te maken van opslag.

Nederland had jaren voldoende aanbod van relatief goedkoop gas om aan de vraagbehoefte te voorzien. Het Groningergasveld is in 2024 officieel gesloten. Onze afhankelijk van andere landen voor de energievoorziening is toegenomen. Gezien de snel veranderende geopolitieke situatie maakt dit ons kwetsbaar. Dit zorgt voor een paradigmashift in het denken over energie, waar Nederland en Europa zich op aanpassen.

> *"The previous global paradigm is fading. The era of rapid world trade growth looks to have passed, with EU companies facing both greater competition from abroad and lower access to overseas markets. Europe has abruptly lost its most important supplier of energy, Russia. All the while, geopolitical stability is waning, and our dependencies have turned out to be vulnerabilities."*
> **Mario Draghi, 2024**

Als Nederland en Europa integraal transitieopgaven het hoofd bieden, dan biedt dit ook kansen

De transitieopgaven waar we in Nederland mee te maken hebben, zijn divers en uitdagend. We moeten omgaan met onder andere klimaatverandering, onze energieafhankelijkheid en snel schuivende geopolitieke verhoudingen. De opgaven en het internationale speelveld veranderen in rap tempo.

De ontwikkeling naar een nieuw energiesysteem is één van de uitdagingen én tegelijkertijd een mogelijk antwoord op het aanpassen aan een veranderende wereld. Het biedt kansen om een deel van onze energiebehoefte zelf op te wekken. En door het gebruik van vervuilende fossiele brandstoffen los te laten en over te stappen op klimaatneutrale energiebronnen kunnen de meest schadelijke gevolgen van klimaatverandering ingeperkt worden.

De ondergrondse opslag van waterstof vormt een belangrijke bouwsteen om deze kansen te kunnen verzilveren. De te nemen besluiten in dit verband en de bijbehorende consequenties zijn dan ook nauw verweven met onze welvaart, de kwaliteit van onze leefomgeving en onze onafhankelijkheid op het gebied van energie en grondstoffen.

Het Rijk geeft sturing om deze energietransitie efficiënt te laten verlopen, rekening houdend met de diverse belangen en uitdagingen waarmee onze samenleving wordt geconfronteerd. Ondanks de onzekerheden is het belangrijk keuzes te maken die zorgen voor aanpassing aan een snel veranderende wereld. Het gaat om structurele veranderingen die samenhangen en beïnvloed worden door andere transities die op de maatschappij afkomen. Het vraagt om gezamenlijk handelen van alle overheden in samenspraak met bedrijven en kennisinstellingen om op tijd klaar te zijn. Afwachten en keuzes uitstellen is voor het kabinet geen optie.

Binnen deze context richt deze nationale agenda zich op de rol en betekenis van **ondergrondse opslag van waterstof**. De opslag van waterstof vormt een essentiële schakel in de waterstofketen en daarmee in de energietransitie.

Een groot aantal partijen is betrokken of gesproken bij de totstandkoming van deze kabinetsagenda, waaronder kennisinstellingen, overheden en bedrijven. Vijftig organisaties zijn geïnterviewd of hebben meegedacht tijdens werksessies. Een overzicht van de betrokken partijen is opgenomen in bijlage 3.

1.1 Leeswijzer

Een bondig overzicht van de belangrijkste aspecten, inzichten en acties staat in de management-samenvatting. Het hoofdrapport doet recht aan de complexiteit van het onderwerp, en de lezer wordt hierin stapsgewijs meegenomen. Dit gaat aan de hand van de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 1 vertelt hoe waterstofopslag bijdraagt aan de energietransitie:
  - 1.2 introduceert het flexibiliteitsvraagstuk;
  - 1.3 gaat in op de rol van waterstof om flexibiliteit te bieden;
  - 1.4 beschrijft de functies van waterstofopslag; en
  - 1.5 gaat in op de maatschappelijke opgaven waar waterstofopslag aan raakt, het doel van deze agenda en de totstandkoming;
- Hoofdstuk 2 geeft een toelichting waarom opslag ondergronds plaats kan vinden en waar vanuit de ondergrond bezien deze opslag mogelijk is.
- Hoofdstuk 3 gaat in op veiligheid als randvoorwaarde en onze omgang met het veiligheidsbegrip.
- Hoofdstuk 4 beschrijft de onzekerheden rondom waterstof en hoe hiermee om te gaan.
- Hoofdstuk 5 benoemt de benodigde randvoorwaarden en rol van het Rijk.
- Hoofdstuk 6 duidt de maatschappelijke implicaties indien er uiteindelijk wel of geen waterstofopslag gerealiseerd wordt.
- Hoofdstuk 7 presenteert de ontwikkelstrategie om de eerste opslagen te kunnen realiseren en flexibiliteit te behouden om te kunnen opschalen als het energiesysteem daarom vraagt.
- Hoofdstuk 8 beschrijft de implicaties van ondergrondse waterstofopslag in Groningen.
- Hoofdstuk 9 gaat in op de rol van Nederland in het Noordwest-Europese waterstofsysteem.
- Hoofdstuk 10 bevat de mijlpalen en acties voor het Rijk.

1.2 De energietransitie leidt tot het flexibiliteits-vraagstuk: hoe de vraag en het aanbod van energie in balans houden?

Het klimaat warmt op als gevolg van de uitstoot van broeikasgassen. Niet alleen de gemiddelde temperatuur op aarde verandert, er is ook sprake van een toename van weersextremen, zoals droogte en overstromingen. Klimaatverandering leidt tot maatschappelijke ontwrichting en verlies van diersoorten en ecosystemen (IPCC, 2023). Met de ondertekening van het Klimaatakkoord van Parijs in 2015 hebben 159 landen, waaronder Nederland, besloten om daarom onze uitstoot van broeikasgassen in 2050 met 95-100%[2] terug te dringen. Om dit te bereiken moet Nederland overstappen naar een nieuw energiesysteem op basis van klimaatneutrale energiebronnen. Dit is een enorme opgave die een generatie lang de gezamenlijke inzet vraagt van overheden, bedrijven en inwoners (TNO, 2023a).

Het aandeel van klimaatneutrale energiebronnen in ons energiesysteem neemt in hoog tempo toe. De belangrijkste groei komt van wind- en zonne-energie. Van alle opgewekte elektriciteit in 2024 was 54% hernieuwbaar.[3] En dit aandeel moet groeien naar 100%.

Zon en wind zijn afhankelijk van het weer en de seizoenen. Het waait niet altijd en het aantal zonuren is minder in de winter. Dat betekent dat soms heel veel elektriciteit beschikbaar is en dat er soms juist periodes van schaarste zijn. Omdat we niet kunnen sturen op het aanbod van zon en wind, worden we minder flexibel om het aanbod van energie aan te passen aan de vraag. Daar komt bij dat we de elektriciteit van zon en wind niet goed in grote hoeveelheden kunnen opslaan[4] en dat elektriciteitstransport over lange afstanden kostbaar is. Hierdoor stijgt de behoefte om elektriciteit te kunnen omzetten in energiedragers die wel langere tijd opgeslagen en over grote afstanden vervoerd kunnen worden (zoals waterstof). Als bijkomend voordeel wordt door de mogelijkheid om elektriciteit om te zetten in waterstof het elektriciteitsnetwerk ontlast (Ministerie van Infrastructuur en waterstaat, 2024).

[2] Ten opzichte van het referentieniveau in 1990.
[3] In 2015 was dit aandeel nog maar 11% (CBS Stateline).
[4] Batterijopslag is ongeschikt voor opslag van grote energievolumes die nodig zijn bij het overbruggen van langere ongunstige weersperiodes of verschillen tussen de seizoenen. Zie voor een nadere toelichting Hoofdstuk 2.

Tegelijkertijd bouwen we het gebruik van fossiele energiebronnen af. Op dit moment gebruiken we vooral aardgas om verschillen tussen de energievraag en het aanbod van energie te kunnen dekken. Hiervoor zijn in Nederland verschillende flexibiliteitsmiddelen beschikbaar waarmee vraag en aanbod op verschillende tijdschalen met elkaar in balans blijven. De belangrijkste hiervan zijn de aardgasgestookte elektriciteitscentrales in combinatie met onze ondergrondse aardgasopslagen.[5] We gebruiken deze aardgasopslagen om gasgestookte elektriciteitscentrales te voeden wanneer er een tekort is aan (duurzame) elektriciteit én om onze huizen en gebouwen te verwarmen tijdens de koude wintermaanden. Onze aardgasopslagen vormen nu nog de hoeksteen van ons energiesysteem om in de flexibiliteitsbehoefte te kunnen voorzien.

Met het uitfaseren van ons fossiele energiesysteem en de gelijktijdige groei van zon- en windenergie nemen de uitdagingen toe om het aanbod en de vraag van energie met elkaar in balans te houden. Dit zogenoemde **flexibiliteitsvraagstuk** vormt één van de grootste uitdagingen in de ontwikkeling van ons nieuwe energiesysteem.

Flexibiliteit kan in verschillende (veelal met elkaar samenhangende) vormen geboden worden (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2023), namelijk:

1. **Flexibilisering energievraag:** Dit is het aanpassen van onze energiebehoefte aan het aanbod. Zo kunnen huishoudens bijvoorbeeld de was draaien of de elektrische auto laden wanneer de zon schijnt en fabrieken kunnen hun productieproces aanpassen aan de energieprijs (die samenhangt met de beschikbare zon- en windstroom).
2. **(CO_2-vrij) regelbaar vermogen:** Dit zijn energieproducenten die juist wel meer of minder kunnen produceren als het systeem daarom vraagt. Onze belangrijkste vorm van regelbaar vermogen zijn de gasgestookte elektriciteitscentrales. Wanneer deze overstappen op waterstof daalt de CO_2-uitstoot.
3. **Interconnectie met andere landen:** Met meer mogelijkheden voor snelle energie-uitwisseling tussen landen kunnen tekorten uit het ene land opgevuld worden door andere landen en andersom.
4. **Conversie naar andere energievormen:** Door bijvoorbeeld elektriciteit om te zetten in waterstof en vice versa komen andere energieafnemers in beeld en ontstaan meer mogelijkheden om tekorten en overschotten uit te wisselen.
5. **Energieopslag:** Door energie op te slaan kan het bewaard worden voor later gebruik of om pieken in energiegebruik opvangen.

Zowel de omzetting van energie naar waterstof als de mogelijkheid om waterstof grootschalig en langdurig op te slaan zijn daarmee belangrijke bouwstenen om de benodigde flexibiliteit in ons toekomstige energiesysteem te kunnen leveren.

1.3 Waterstof helpt om vraag en aanbod van energie met elkaar te verbinden

Waterstof speelt een **systeemrol** in het toekomstige energiesysteem. Dit is complementair aan andere ontwikkelingen zoals verdere elektrificatie van het energiesysteem. Waterstof biedt namelijk drie gunstige eigenschappen ten opzichte van elektriciteit: 1) er komen andere afnemers en leveranciers van energie beschikbaar, 2) het kan efficiënter over grotere afstanden getransporteerd worden[6] en 3) het is geschikt voor grootschalige opslag op zowel korte, middellange en lange termijn.

Hierdoor is waterstof een aantrekkelijke energiedrager voor de import van energie. Ook maakt waterstof en waterstofopslag het mogelijk om de elektriciteitsproductie van variabele zonne- en windenergie beschikbaar te maken voor toekomstig gebruik en voor andere afnemers.[7] En waterstof kan gemaakt worden uit aardgas. Wanneer waterstof wordt geproduceerd door het verbranden van fossiele brandstoffen (aardgas) en de CO_2 wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen, dan spreken we van koolstofarme waterstof (ook wel blauwe waterstof genoemd). Bijlage 1 geeft achtergrondinformatie over de verschillende soorten waterstof. Omzetting van elektriciteit of aardgas naar waterstof heeft ook nadelen. Zo wordt circa 70% van energie omgezet in waterstof en 30% in (rest)warmte. Wanneer de warmte niet nuttig gebruikt wordt gaat deze energie verloren (de verliezen kunnen groter zijn bij meer omzettingsstappen) (PBL, 2024).

[5] Nederland heeft als aardgasopslagen zes zoutcavernes in gebruik waar aardgas wordt opgeslagen (voornamelijk om vraag en aanbod op korte termijn in balans te houden) en vier gasvelden (voornamelijk om seizoensverschillen te kunnen overbruggen).

[6] Waarbij hergebruik van bestaande aardgasleidingen mogelijk is voor waterstoftransport.

[7] Waterstof is een energiedrager en kan op verschillende manieren gemaakt worden. Zogenaamde hernieuwbare of 'groene waterstof' wordt gemaakt met behulp van elektrolyse uit elektriciteit en water. Koolstofarme of 'blauwe' waterstof' is afkomst van aardgas, waarbij de CO_2 wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen. Fossiele of 'grijze waterstof' wordt gemaakt uit aardgas waarbij de CO_2 vrijkomt in de atmosfeer. Zie bijlage 1 voor een nadere toelichting.

Waterstof en waterstofdragers[8] kunnen met name ingezet worden in de energie-intensieve industrie, als grondstof en om hoge-temperatuurwarmte te leveren. Het staat als grondstof aan de basis van veel van de chemische producten die wij produceren en gebruiken (PBL, 2024). Waterstof biedt ook een alternatief voor aardgas in de gasgestookte elektriciteitscentrales.[9] Het kan op die manier ingezet worden voor flexibele elektriciteitsproductie op momenten met minder wind en zon. En waterstof (en waterstofdragers) zijn te gebruiken als brandstof voor mobiliteit zoals (internationale) scheep- en luchtvaart en zwaar wegtransport. Andere toepassingen, zoals in de gebouwde omgeving, zijn in specifieke situaties ook mogelijk.

Zo helpt waterstof (inclusief waterstofopslag) om vraag en aanbod in ons energiesysteem te verbinden, zowel in tijd als in ruimte.

1.4 Waarom is waterstofopslag nodig voor een werkend energiesysteem?

Opslag van waterstof levert vier belangrijke functies voor het energiesysteem:

1. **Voorzieningszekerheid:** Opslag (zowel het totale opslagvolume als de injectie- en uitzend-capaciteit) zorgt er ook voor dat vraag en aanbod van waterstof in balans blijven op verschillende tijdschalen (van uren tot seizoenen). Daarmee levert opslag energievoorzienings-zekerheid op de korte termijn, over seizoenen of als strategische reserve.
2. **Efficiënte marktwerking:** Opslag is nodig voor de totstandkoming van de waterstofmarkt. De beschikbaarheid van opslagcapaciteit biedt afnemers zekerheid dat waterstof geleverd kan worden. Dit draagt bij aan het vertrouwen om investeringsbeslissingen te nemen in waterstofprojecten. Het bevordert tevens een efficiënte werking van de waterstof- en elektriciteitsmarkt, doordat het leveringsgaranties biedt en vraag en aanbod beter verbindt. Dit vergroot de liquiditeit in de markt en draagt bij aan efficiënte prijsvorming.
3. **Efficiënte werking van het energiesysteem:** Opslag draagt energetisch gezien bij aan een efficiënt werkend energiesysteem, omdat elektriciteitsproductie op momenten dat er onvoldoende vraag is bewaard kan worden voor later gebruik. Er treden dus minder verliezen op. En met de groei van het aandeel zon en wind komt dit vaker voor. Zonder opslag gaat deze energie verloren.
4. **Functioneren van het netwerk:** Opslag is noodzakelijk om de balans in ons waterstof-transportnetwerk binnen de technische en veilige marges te houden. Daarnaast hebben shippers (partijen die het netwerk benutten) de opslag nodig om hun portfolio in balans te houden. Het fungeert daarmee als buffervat waardoor het netwerk functioneert.

Figuur 3 beschrijft in meer detail de vier hoofdfuncties van waterstofopslag voor het energiesysteem.

Waterstofopslag vormt een belangrijke bouwsteen om het flexibiliteitsvraagstuk van het nieuwe energiesysteem op te kunnen lossen. Energieopslag is dan ook onderdeel van de vitale processen van Nederland. Voor het energiesysteem zijn twee aspecten van belang: enerzijds het totale opslagvolume (gemeten in TWh) en anderzijds de snelheid waarbij de opslagen gevuld of geleegd kunnen worden (injectie- en productievermogen, gemeten in GW). Voor de begrijpelijkheid legt de agenda vaak de nadruk op het totale opslagvolume en spreekt dan van de 'opslagcapaciteit'. Bij het uiteindelijke ontwerp van het energiesysteem dient nadrukkelijk rekening gehouden te worden met het productie- en injectievermogen van de opslag. Hoofdstuk 3 gaat nader in op de verschillen tussen opslagvolume en productie- en injectie-snelheid bij verschillende ondergrondse opslagstructuren.

[8] Waterstof kan direct gebruikt worden of eerst omgezet in waterstofdragers (bijvoorbeeld ammoniak of vloeibare waterstof).
[9] Het vergt wel ombouw van de elektriciteitscentrales om over te kunnen stappen op waterstof.

Figuur 3: Verdieping op de drie functies van ondergrondse waterstofopslag voor een werkend energiesysteem.

Waarom is waterstofopslag noodzakelijk voor een werkend energiesysteem?

De opslag van waterstof is geen doel, maar een middel om het energiesysteem goed te laten werken. Hieronder beschrijven we de drie functies van waterstofopslag voor een werkend energiesysteem. Deze functies zijn aan elkaar gerelateerd en liggen in elkaars verlengde. We beginnen daarbij met de fundamentele vereisten voor het systeem en eindigen bij de meer strategische doelen.

Het handhaven van de balans in het waterstoftransportsysteem

Handhaven van de balans is noodzakelijk voor veilig transport van waterstof door de gasleidingen. In vergelijking met aardgas hanteert Gasunie kleinere marges voor de drukverschillen in het net. Bij te grote drukverschillen kunnen de leidingen namelijk op termijn bros worden. Het belang van een opslag om de drukverschillen in het leidingnet binnen de gehanteerde marges te houden is bij waterstoftransport daarom groter dan bij aardgastransport.

Shippers (partijen die het netwerk benutten) hebben de opslag nodig om hun portfolio in balans te houden. Het fungeert daarmee als buffervat waardoor het netwerk functioneren.

Balanshandhaving en sturingsmiddelen worden noodzakelijker wanneer over grote afstanden industrieclusters met elkaar worden verbonden.

En dit belang neemt verder toe wanneer er sprake is van grensoverschrijdend transport. Hierbij zijn hogere drukken nodig, waarbij opslag een nog belangrijke rol speelt.

Borgen van de voorzieningszekerheid van energie

Het kunnen opslaan van waterstof draagt bij aan de voorzieningszekerheid van het systeem (ook wel 'security of supply' genoemd). Dit betekent dat er zekerheid geboden wordt dat de waterstofvoorziening niet in gevaar komt. Binnen voorzieningszekerheid maken we onderscheidt in drie tijdschalen:

a. Leveringszekerheid op korte termijn door balanceren van vraag en aanbod

De momenten van energieproductie en de vraag naar energie sluiten niet altijd op elkaar aan. Daarom is kort-cyclische opslag nodig als 'buffer' zodat aan de vraag voldaan kan worden.

De RED III RFNBO spelregels van de EU maken dat bedrijven vanaf 2030 op uurbasis waterstofproductie moeten gaan matchen met hernieuwbare elektriciteitsproductie. Om dat te laten passen bij het gebruiksprofiel van de bedrijven is opslag nodig.

b. Leveringszekerheid door overbruggen van seizoensverschillen in vraag en aanbod

Waterstofopslag biedt de mogelijkheid om overschotten aan wind en zon over langere tijd te 'bewaren' voor periodes met minder zon en wind. Zo wordt bijgedragen aan de leveringszekerheid op lange termijn en kunnen seizoensverschillen in vraag en aanbod overbrugd worden.

c. Voorzieningszekerheid gericht op onvoorziene gebeurtenissen

Opslag biedt bescherming tegen verstoringen van de energie-import en maakt Nederland minder kwetsbaar voor geopolitieke ontwikkelingen. Opslag kan ook beschermen bij slechte (opeenvolgde) weerjaren.

Er kan zelf in de toekomst gekozen worden om hiervoor een strategische waterstofopslag aan te houden.

Werking van de waterstof- en elektriciteitsmarkt

a. Totstandkoming markt

De beschikbaarheid van waterstofopslag is een voorwaarde voor investeringsbeslissingen in waterstofproductie (zeker groene waterstof, maar ook low carbon). Dit biedt zekerheid van afname. Zonder opslag worden de financiële risico's om te investeren in (groene) waterstofproductie te groot.

b. Efficiëntie van de markt

Waterstofopslag draagt bij aan een efficiënte marktwerking binnen zowel de elektriciteitsmarkt als de waterstofmarkt. Er zijn meer aanbieders en afnemers van waterstof en er kan prijsdifferentiatie ontstaan op basis van vraag en aanbod. Dit zorgt voor een meer liquide markt en efficiënte prijsvorming.

Als gevolg van de efficiënte marktwerking worden de totale systeemkosten lager (EBN & TNO 2021).

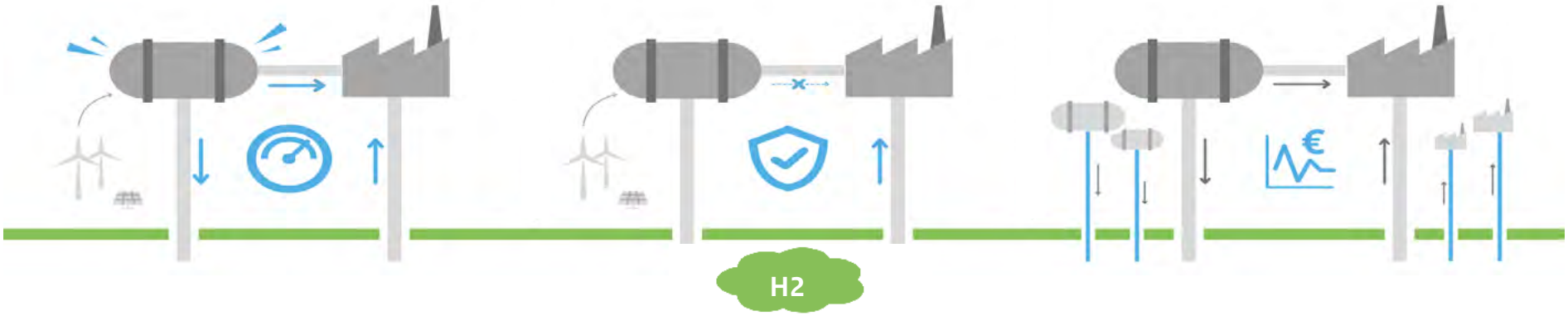
Werking van het energiesysteem

a. Efficiëntie van het energiesysteem

Tijdens deze momenten van overproductie van zon en wind kunnen de overschotten omgezet worden in waterstof. Duurzame energiebronnen, zoals zon- en wind, kunnen dus beter benut worden. Opslag draagt daarom bij aan een efficiënt werkend energiesysteem, omdat er minder energie verloren gaat.

b. Verlagen afhankelijkheid energie-import

Opslag draagt indirect bij aan het financieel rendement van windmolens en zonnepanelen. Opslag maakt het mogelijk om vraag en aanbod in tijd met elkaar te verbinden. Dit draagt bij aan behoud van het verdienmodel van zonne- en windenergie. Zonder opslag kan de groei van nieuwe hernieuwbare productiecapaciteit op termijn afnemen en wordt Nederland in grotere mate afhankelijk van het buitenland voor onze energievoorziening.



1.5 Waterstofopslag raakt aan twee maatschappelijke opgaven

Ondergrondse waterstofopslag is onderdeel van verschillende aspecten in het energiesysteem, waaronder het flexibiliteitsvraagstuk en de ontwikkeling van de waterstofketen. Deze agenda raakt daarom aan verschillende opgaven, namelijk klimaatverandering, en onze strategische autonomie op het gebied van energie en industriële productiecapaciteit. Dit is hieronder nader weergegeven om de context van deze agenda te duiden:

1. **Klimaatdoelen behalen:** Waterstofopslag vormt een belangrijke schakel om tot een werkende waterstofketen te komen en flexibiliteit in ons toekomstige energiesysteem te brengen. De waterstofketen bevordert de integratie van hernieuwbare energiebronnen. Daarmee is het realiseren van ondergrondse waterstofopslag onderdeel van de voortgang van de energietransitie en het behalen van onze klimaatdoelen.
2. **Bijdragen aan strategische autonomie:** De buffercapaciteit van ondergrondse waterstof-opslag vervult een belangrijke systeemrol om tot een robuust en stabiel energiesysteem te komen in Nederland en (Noordwest-Europa). In een goed ontwikkelde waterstofmarkt verkleint het de kans op energietekorten of extreme prijspieken. Daarmee draagt het bij aan onze voorzieningszekerheid. Het biedt bescherming tegen onverwachte energietekorten of geopolitieke ontwikkelingen. Naast directe voorzieningszekerheid heeft het twee **indirecte effecten** die bijdragen aan onze strategische onafhankelijkheid:
   a. Nationale energieproductie: Opslag draagt bij aan de ontwikkeling van elektrolyse-capaciteit en zorgt daarmee op de lange termijn voor meer zekerheid van afname van de variabele elektriciteitsproductie van zon en wind. Hiermee ondersteunt waterstofopslag de toename van eigen duurzame energieproductie en vermindert zo de afhankelijkheid van energie-import.
   b. Behoud van industrie: Opslag is nodig voor een werkende waterstofketen. Het levert daarmee een bijdrage aan de beschikbaarheid van waterstof als grondstof en brandstof voor de industrie en biedt industrie een mogelijkheid om te verduurzamen. Daarnaast is de aanleg van opslagcavernes[10] onlosmakelijk verbonden met de zoutwinning.
   Een aanzienlijk deel van de Europese chemische industrie is afhankelijk van dit zout[11] (BBO, 2024), (Roland Berger, 2022).

Deze agenda identificeert de randvoorwaarden waarbinnen ondergrondse opslag van waterstof gerealiseerd kan worden

De agenda gaat in op de rol van waterstofopslag in het nieuwe energiesysteem, op de vraag welke behoefte aan ondergrondse waterstofopslag er komt en wat ervoor nodig is om tijdig aan deze behoefte te kunnen voldoen. Als gevolg van diverse factoren (waaronder complexe vergunnings-procedures) bestaat namelijk een reëel risico dat de waterstofopslagcapaciteit niet op tijd beschikbaar is (zie paragraaf 2.2.2 en Hoofdstuk 3). Daarbij is ondergrondse opslag niet overal in Nederland mogelijk. Dit vormt een risico voor de voortgang van de energietransitie en/of dwingt ons om het energiesysteem op een andere (sub-optimalere) wijze in te richten dan waar we nu naartoe werken (zoals onder andere uitgewerkt in het Nationaal Plan Energiesysteem en het Programma Energie Hoofdstructuur). Hoofdstuk 6 gaat hier nader op in.

Lange ontwikkeltijden vereisen dat we nu keuzes maken

De ontwikkeltijden van ondergrondse waterstofopslagen kosten veel tijd (meer dan tien jaar per opslagproject). Daarbij kan opslag alleen plaatsvinden als dit aantoonbaar veilig is. Mogelijke opties voor ondergrondse waterstofopslag in zoutcavernes en lege gasvelden verdwijnen als er nu niets mee gedaan wordt.[12] Daarom is het van belang ruim van tevoren de juiste stappen zetten, zodat er in de toekomst voldoende opslagcapaciteit beschikbaar kan komen. Marktpartijen kunnen deze ontwikkelingen niet tijdig en zelfstandig in gang zetten. De (financiële) risico's en de aanlooptijden zijn daarvoor nu nog te groot. Om de benodigde voortgang van de energietransitie en keuzevrijheid[13] over de inrichting van ons energiesysteem te behouden is tijdige en actieve sturing en financiële ondersteuning van de overheid noodzakelijk.

De agenda toont welke kansen en keuzemogelijkheden er zijn

Deze nationale agenda laat zien welke kansen en mogelijkheden er zijn om voldoende ondergrondse opslagmogelijkheden te realiseren, welke stappen daarvoor in tijd nodig zijn en aan welke randvoorwaarden de opslag moet voldoen om te kunnen rekenen op voldoende draagvlak in de maatschappij. De agenda biedt een **ontwikkelstrategie met acties** om de ontwikkeling en opschaling van ondergrondse waterstofopslag mogelijk te maken.

[10] Ondergrondse opslag van waterstof kan in zoutcavernes of in lege gasvelden (zie Hoofdstuk 2).
[11] Naar schatting zijn 90.000 – 130.000 banen in de Europese chlooralkali waardeketen gerelateerd aan de Nederlandse steenzoutwinning.
[12] Risico's waardoor opties voor ondergrondse opslag kunnen verdwijnen zijn als het zoutwinningsbedrijf vertrekt, gasvelden worden ingesloten en opgeruimd of olie- en gas operators vertrekken of de benodigde expertise verliezen.
[13] Keuzevrijheid over zaken als import versus nationale productie van energie en welke flexibiliteitsmiddelen nodig zijn. Dit heeft onder meer de economische, ruimtelijke en maatschappelijke implicaties. Hoofdstuk 6 gaat hier nader op in.

Het vertrekpunt zijn de huidige beleidskeuzes, zoals onder andere vastgelegd in het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) en het Programma Energie Hoofdstructuur (PEH). Deze agenda vormt hiervan een uitwerking op het vlak van de ondergrondse opslag van waterstof. In alle toekomstscenario's is een rol weggelegd voor waterstof, hoewel de omvang van de waterstofinzet varieert in de verschillende scenario's. Het is van belang met open vizier te kijken en te onderkennen dat er ook andere keuzerichtingen in het energiesysteem mogelijk zijn. Daarom is gekozen voor een adaptieve strategie, waarbij het van belang is nu (voorbereidende) stappen te zetten zodat de komende jaren keuzevrijheid behouden blijft en verschillende toekomstbeelden nog maakbaar blijven.

2 De technische mogelijkheden voor ondergrondse waterstofopslag

Dit hoofdstuk beschrijft de mogelijkheden die er vanuit geologisch en technisch oogpunt zijn om waterstof ondergronds op te slaan. Het gaat in op waarom de opslag in belangrijke mate ondergronds is voorzien, welk type geologische structuren daarvoor potentieel geschikt is en waar deze structuren zich in Nederland bevinden.

2.1 Twee mogelijkheden voor ondergrondse opslag van waterstof

Opslag van grote volumes gasvormige waterstof is economisch en praktisch gezien alleen ondergronds haalbaar. Hiervoor zijn in Nederland twee typen geologische structuren[14] in beeld, namelijk:

- **Zoutcavernes:** Dit zijn holtes die aangelegd worden in ondergrondse zoutstructuren op een diepte van circa 1.000-1.500 meter. De mogelijkheid van opslag van gassen in zoutcavernes op land is technisch bewezen in verschillende projecten. Wereldwijd zijn projecten in ontwikkeling om aan te tonen dat opslag van waterstof in zoutcavernes ook mogelijk is.
- **Gasvelden:** Dit zijn poreuze gesteenten op een diepte van circa 2.500-3.500 meter. In de poriën van het gesteente zit aardgas. Wanneer dit aardgas (deels) gewonnen is, kan hier waterstof in opgeslagen worden. De technische haalbaarheid van waterstofopslag in leeg-geproduceerde gasvelden moet nog beter worden vastgesteld. Het eerste demonstratie-project hiervoor loopt in Oostenrijk.

Op dit moment gebruiken we deze typen geologische structuren in Nederland om aardgas in op te slaan. Dit doen we om verschillen in vraag en aanbod van energie te overbruggen. Deze zogenoemde aardgasbuffers zijn een belangrijke bron van (met name seizoensgebonden) flexibiliteit in het huidige (fossiele) energiesysteem. Waterstofopslag zal een groot deel van deze functies gaan overnemen.

Ondergrondse opslagen bieden veel meer opslagvolume en leiden tot minder ruimtegebruik dan bovengrondse opslag

Voor ondergrondse waterstofopslag in cavernes is het bovengrondse ruimtegebruik ongeveer 10 hectare per 1 TWh (op basis van HyStock, zie TNO 2024). Om hetzelfde gasvormige opslagvolume bovengronds te realiseren is ongeveer 25 keer meer ruimte nodig.[15] Dit vergt een tankterminalpark met circa 6.000 waterstoftanks en een oppervlak van ongeveer 250 hectare, afhankelijk van wijze de van bovengrondse opslag.[16] En met de groei van de benodigde opslagcapaciteit neemt het ruimteverbruik verder toe. Dergelijke projecten zijn in Nederland (zeer) moeilijk inpasbaar.

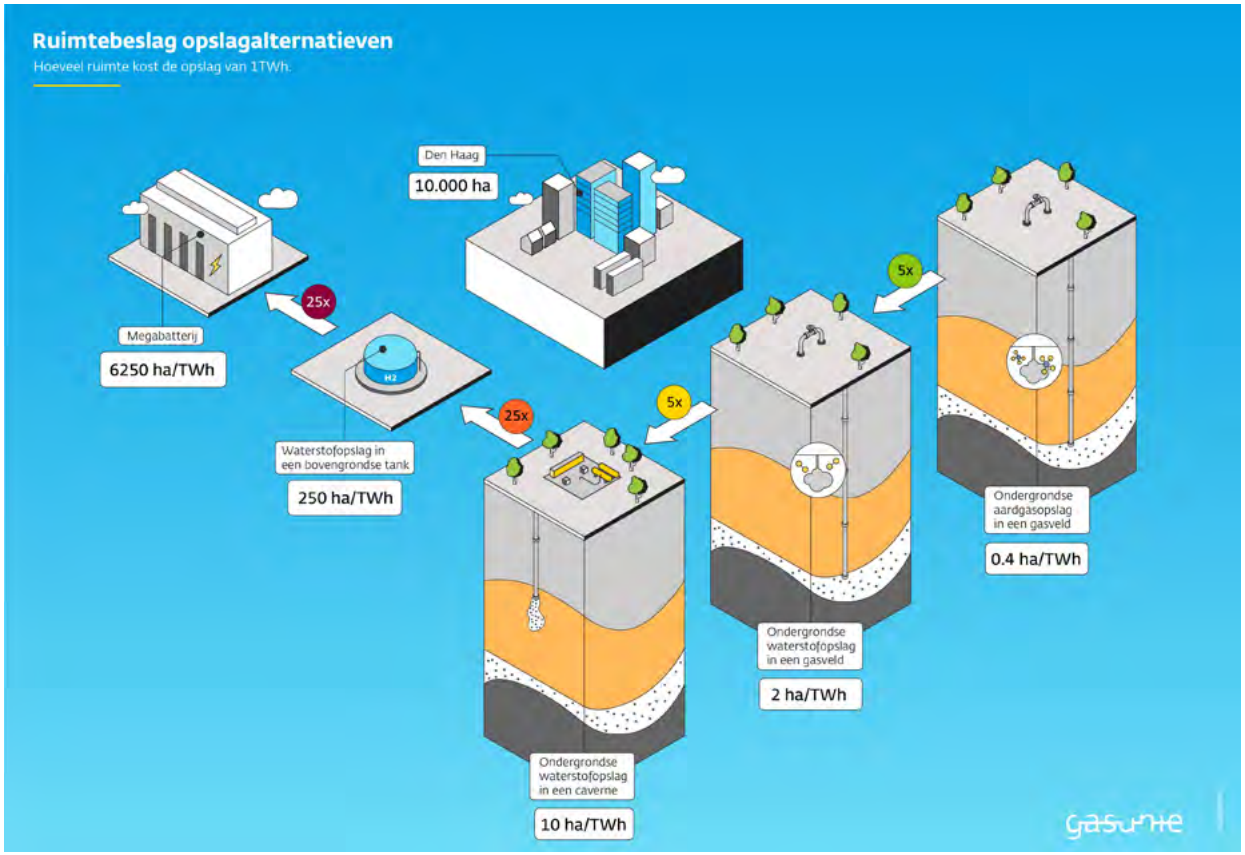
Figuur 4 toont hoeveel ruimte nodig is om 1 TWh energie op te slaan bij verschillende opslagalternatieven.

[14] Opslag van waterstof is ook mogelijk in aquifers (met water gevulde poreuze gesteenten in de ondergrond) en in *lined rock caverns* (tunnels in ondiep hard gesteente). Opslag in aquifers is minder ver ontwikkeld en het is uitdagender om aan te tonen dat de waterstof niet omhoog kan migreren naar andere grondlagen (TNO, 2018). Ook omdat Nederland geschikte zoutvoorkomens en gasvelden heeft is opslag in aquifers hier niet in beeld. Voor opslag in *lined rock caverns* is de ondergrond in Nederland niet geschikt. In landen die geen geschikte zoutstructuren of gasvelden hebben wordt wel naar deze alternatieve technieken gekeken.

[15] Bij ondergrondse opslag in gasvelden neemt het verschil tussen ondergronds en bovengronds ruimtebeslag nog verder toe naar een factor van circa 125.

[16] Een typische zoutcaverne voor waterstofopslag heeft een opslagcapaciteit van 250 GWh waterstof (1 miljoen m^3 werkvolume waterstof op een druk van tussen 70 en 180 bar) (TNO, 2024). Het bovengronds ruimteverbruik van opslag in een caverne bedraagt ongeveer 10 hectare per opgeslagen TWh. In één bovengrondse waterstoftank (met diameter van 2.8 meter en een lengte van 23 meter op een druk van 120 bar) kan 0.09 GWh waterstof opgeslagen worden. Het bovengrondse ruimtegebruik van gasvormige opslag in tanks bedraagt ongeveer 250 hectare per opgeslagen TWh. Bij opslag in vloeibare vorm van waterstof(dragers) is een kleiner oppervlak mogelijk.

Figuur 4: Indicatie van het ruimtebeslag van opslagalternatieven (uitgedrukt in hectare per TWh, figuur afkomstig van Gasunie).



Waterstofdragers kunnen bovengronds opgeslagen worden

Naast ondergrondse opslag, is bovengrondse opslag van waterstofdragers wel mogelijk (bijvoorbeeld ammoniak, methanol of vloeibare waterstof) (Stratelligence, 2024). In deze (vaak vloeibare) vorm kunnen waterstofdragers opgeslagen worden in bovengrondse tanks of aangevoerd worden via schepen, zoals dat nu ook met LNG gebeurt.

Zeker bij importlocaties van waterstofdragers (havens) zal bovengrondse opslag naar verwachting ook een rol spelen. Er is nog onzekerheid met betrekking tot de rol van waterstofdragers in het energiesysteem. Daarbij geldt dat bovengrondse opslag van waterstofdragers eigen uitdagingen kent (Stratelligence, 2024). De mate waarin opslag van waterstofdragers bovengronds plaatsvindt, heeft een relatie met de ondergrondse opslagbehoefte van waterstof. Maar gezien de verschillen zijn beide opslagvormen niet één-op-één uitwisselbaar. Hoofdstuk 4 benoemt deze wisselwerking.

Energie kan ook opgeslagen worden als elektriciteit in batterijen. En batterijopslag zal een belangrijke bron van flexibiliteit worden in het toekomstige energiesysteem. Het opslagvolume van batterijen is echter vele malen kleiner in vergelijking met ondergrondse opslag van waterstof. Zo staat het energievolume van één zoutcaverne staat gelijk aan het accuvermogen van 2,5 miljoen elektrische auto's of bijvoorbeeld circa 100 megabatterijen.[17]

[17] Uitgaande van een elektrische auto met een accu van 100 kWh en een megabatterij van 2.500 MWh.

Zowel de kosten, het ruimtebeslag, als het gebruik van zeldzame aardmetalen maken dat batterijopslag niet geschikt als enige oplossing voor de opslagcapaciteit van het toekomstige energiesysteem.

Naast het opslagvolume, is ook de snelheid (het vermogen) waarmee energie opgeslagen of onttrokken kan worden van belang voor het energiesysteem. Batterijopslag kan snel en in grote volumes energie leveren en opslaan gedurende korte periodes. Het is daarom een belangrijke bron van flexibiliteit op de tijdschaal van seconden tot uren. Ondergrondse waterstofopslag en batterijen zijn daarmee complementair aan elkaar.

2.2 Waterstofopslag in zoutcavernes

Steenzout is een niet-doorlatende gesteentesoort, dat het erg geschikt maakt voor opslag. Sinds 1972 zijn er in het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten meerdere waterstofopslagen ontwikkeld in zoutcavernes (Hydrogen TCP-Task 42, 2025). Omdat waterstof nog geen grote rol speelde in het energiesysteem, is het aantal opslagen beperkt gebleven.

De ideale diepteligging voor opslagcavernes is tussen de 1.000 en 1.500 meter (TNO, 2023b). Als de cavernes dieper worden aangelegd wordt de druk zo groot dat cavernes sneller 'dichtgedrukt' (er wordt dan wel gesproken van zoutkruip) worden, liggen de cavernes ondieper dan is de druk juist dermate laag dat het opslagvolume snel afneemt.

De eigenschappen voor opslagcavernes zijn anders dan die van zoutwinningscavernes. De opslagcavernes zijn relatief klein (ongeveer één miljoen kubieke meter) bevinden zich op bovengenoemde dieptes, moeten een specifieke vorm hebben (sigaarvormig met een geleidelijk dak voor stabiliteit en het toestromen van de stoffen naar de put) en moeten op een bepaalde afstand van elkaar liggen. De cavernes die in het verleden zijn ontwikkeld voor alleen zoutwinning zijn door hun omvang, vorm en dieptebereik ongeschikt om te gebruiken voor opslag (Cavern Conglomerate Combination, 2024).

HyStock is in Nederland het eerste project dat ontwikkeld wordt voor grootschalige ondergrondse waterstofopslag. Dit project wordt ontwikkeld door Gasunie, in samenwerking met Nobian en met financiële ondersteuning vanuit het Rijk. Het ligt naast het terrein van EnergyStock: de bestaande aardgasopslag met zes zoutcavernes, ontwikkeld door dezelfde partijen.

In aanloop naar HyStock is in 2020-2021 een kleinschalig pilotproject uitgevoerd voor waterstofopslag in een put (A8) bij Zuidwending. De uitkomsten van dit onderzoek waren positief.[18]

Ook in andere Europese landen (zoals Duitsland, Denemarken en Frankrijk) worden de eerste waterstofopslagen in zoutcavernes ontwikkeld en operationeel gemaakt. In heel Europa zijn voor zover bekend 26 projecten voor waterstofopslag projecten in zoutcavernes in ontwikkeling (Hydrogen TCP-Task 42, 2025)

2.2.1 *Waterstofopslag in cavernes is onlosmakelijk verbonden met de zoutwinning*

Zoutcavernes worden gemaakt door steenzout (natriumchloride, NaCl) op te lossen in water. Hierdoor ontstaat een met pekel gevulde holte in de ondergrondse zoutstructuur. Dit proces vereist specifieke technologie en kennis, waar slechts enkele bedrijven in Europa in gespecialiseerd zijn. Zonder deze vorm van zoutwinning en de bijbehorende zoutverwerkende industrie kunnen in Nederland geen opslagcavernes voor waterstof ontwikkeld worden.
De vrijgekomen pekel wordt ingedampt tot zout en vormt een grondstof voor de productie van onder andere chloor, natronloog en waterstof. Deze chemicaliën die uit steenzout worden geproduceerd, staan aan de basis van veel productieprocessen in de industrie. Het wordt gebruikt om een breed spectrum aan producten te maken, zoals kunststoffen, geneesmiddelen, papier, zeep en aluminium. Deze chemicaliën worden ook gebruikt als grondstof voor strategische goederen zoals benodigd voor de waterzuivering, de energietransitie en de defensie-industrie (TNO, 2024).

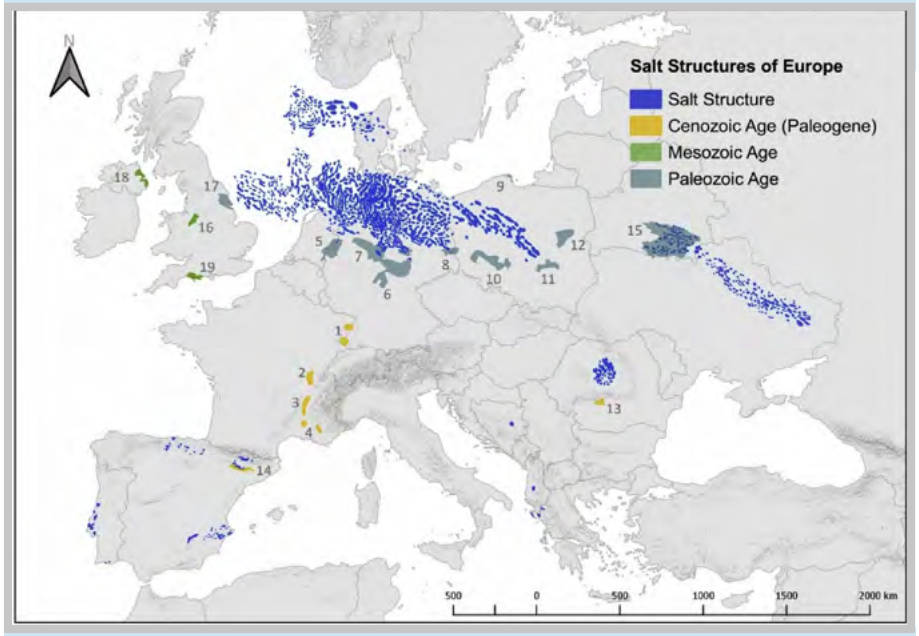
[18] Zie website Gasunie voor toelichting.

Toelichting op zoutwinnning

In Nederland worden twee typen zout gewonnen: steenzout en magnesiumzout. Steenzout (NaCl) wordt door de bedrijven Nobian (oplosmijnbouw) en Frisia (oplosmijnbouw d.m.v. *squeeze mining*) gewonnen. Magnesiumzout wordt door Nedmag (oplosmijnbouw d.m.v. *squeeze mining*) gewonnen.

Miljoenen jaren geleden waren er grote binnenzeeën in Nederland aanwezig. Tijdens meerdere indampingsperiodes hebben zich dikke pakketten zout gevormd (NLOG, 2025). Dit zout is maar op enkele plekken in Europa aanwezig (zie Figuur 5). Zout heeft unieke eigenschappen, want onder druk van bovenliggend gesteente en hoge temperaturen gedraagt het zich plastisch en vormt daarbij zoutkussens en zoutpijlers (SodM, 2025).

Figuur 5: Aanwezigheid van zoutstructuren die mogelijk geschikt voor waterstofopslag in Europa (bron: (Caglayan et al., 2020)).



Er zijn verschillende manieren om zout te winnen. In Nederland gebeurt dit door middel van oplosmijnbouw. Bij winning van steenzout ontstaan op deze manier holtes in het zout, ook wel zoutcavernes genoemd. De winning van magnesiumzout gaat op een vergelijkbare manier, maar vanwege de hogere oplosbaarheid en het meer plastische gedrag van dit zout worden de holtes relatief snel dichtgedrukt door het gewicht van het bovenliggende gesteente. Dit wordt *squeeze mining* genoemd.

Zoutwinning brengt verschillenden nadelige gevolgen met zich mee. Het voornaamste daarvan is bodemdaling. Daarnaast bestaat het risico op milieuschade in geval van een lekkage (SodM, 2018).

In Nederland wint alleen Nobian zout op een wijze waardoor opslagcavernes ontwikkeld kunnen worden. De huidige zoutwinning van Nedmag en Frisia zijn hier niet geschikt voor. De winning van magnesiumzout door Nedmag levert geen geschikte cavernes op door het snellere kruipgedrag van magnesiumzout. Voor Frisia Zout geldt dat het steenzout bij het gebied Havenmond te diep ligt (2.500-3.000 meter); waardoor ook deze cavernes te snel dichtkruipen om geschikt te zijn voor opslag (SodM, 2025).

In Nederland mag de pekel niet geloosd worden en is nuttige toepassing noodzakelijk. Dit is echter niet overal buiten Nederland het geval, zo zijn er specifieke voorbeelden (bijvoorbeeld in Noord-Duitsland) waar geen nuttig gebruik gemaakt wordt van het zout en het gewonnen zout (de pekel) naar zee afgevoerd.

2.2.2 *De zoutwinningssector staat onder druk; dit vormt een risico voor waterstofopslag en Europese industrie*

Mede als gevolg van de aardbevingsproblematiek en de afhandeling van de schade daarvan bij het Groningengasveld en enkele incidenten bij zoutwinning is het draagvlak broos en besteden o.a. het bevoegd gezag, de toezichthouder SodM en initiatiefnemers veel aandacht aan projecten in de diepe ondergrond (SodM, 2018). Toezichthouder SodM heeft daarbij extra aandacht voor het permanent afsluiten van de grote reeds bestaande zoutcavernes in Zuidwending en Heiligerlee en het stabiliseren en abandonneren van cavernes in Twente. Deze bestaande cavernes zijn ongeschikt voor opslag van gassen.

Aflopen van winningsplannen vormt een risico voor continuïteit van de zoutwinning: Voor het winnen van zout is ten eerste een winningsvergunning nodig. Deze vergunningen zijn doorgaans voor een langere periode geldig. Daarnaast is instemming met een winningsplan nodig voordat er zout gewonnen kan worden. De huidige winningsplannen voor steenzout-winnnig in Groningen lopen binnenkort af (eind 2025 voor Zuidwending en Heiligerlee).

De procedures voor verlenging van winningsplannen worden beïnvloed door de discussie op welke manier grote cavernes kunnen worden afgesloten. De ontwikkeling van de beoogde nieuwe (kleinere) cavernes, zoals voor waterstofopslag, leveren de eerste jaren van het loogproces nog niet de vereiste pekelvolumes om geheel te kunnen voorzien in een rendabele zoutproductie. Zonder actieve winning vanuit de huidige zoutwinlocaties is zoutwinning in Groningen niet meer rendabel, omdat de zoutvolumes dan gedurende enkele jaren te laag zijn.

Zonder zoutwinning geen ontwikkeling van waterstofopslagcavernes: Er is op dit moment één zoutwinningsbedrijf in Nederland dat zout wint op een wijze waarmee opslagcavernes aangelegd kunnen worden. Dit maakt de ontwikkeling van waterstofopslagcavernes kwetsbaar. Indien de kennis en infrastructuur om opslagcavernes aan te leggen in Nederland zou wegvallen, dan zal ook de rol van waterstofopslag in het energiesysteem ten minste tien jaar vertraagd worden (zie Hoofdstuk 5).

Naast de kennis en expertise die nodig is voor het kunnen ontwikkelen van zoutcavernes, is het kunnen transporteren en verwerken van de pekel in zoutfabrieken een harde voorwaarde voor de ontwikkeling van opslagcavernes (omdat de pekel niet geloosd mag worden).

Indien de reguliere zoutwinning zou wegvallen dan vormt dit een significant **risico voor zowel de ontwikkeling als de toekomstige voorzieningszekerheid** van het waterstofsysteem, met belangrijke nadelige implicaties voor de ontwikkelrichting en de keuzemogelijkheden van ons energiesysteem. Tevens zou het uitblijven van voorzetting van bestaande zoutwinning nieuwe partijen en investeerders ervan kunnen weerhouden om nieuwe opslagen te ontwikkelen. Hoofdstuk 6 gaat verder in op de consequenties voor het energiesysteem indien er geen waterstofopslag wordt gerealiseerd in Nederland.

Wegvallen van zoutwinning vormt tevens een bedreiging voor de continuïteit van Europese chemische industrie en strategische autonomie: Indien de zoutfabriek in Delfzijl stilvalt, stopt per direct de levering van chloor, loog en waterstof naar het industriepark Delfzijl. De naast-gelegen industrie is hiervan afhankelijk en kan dan niet meer produceren. Import van chloor is wettelijk niet mogelijk gezien de veiligheidsrisico's. Dit is vanwege de kosten ook niet wenselijk.

De strategische implicaties op nationaal en Europees niveau zijn aanzienlijk. Ongeveer 15 procent van de totale hoeveelheid zuiver zout die wordt gebruikt door de chlooralkali industrie in Europa komt uit Groningen. In Nederland zijn het zoutcluster in de Botlek en de industrie in de Eemshaven direct afhankelijk van dit zout. En buiten Nederland zijn nog eens zeven chlooralkali clusters in West-Europa hiervan deels afhankelijk (BBO, 2024), (Roland Berger, 2022), (TNO, 2024).

Het zout vormt een basisgrondstof voor vele industriële processen. Naar schatting gebruikt 20 procent van de gehele Nederlandse chemische industrie ergens in het productieproces dit zout. In West-Europa staat het zout van Nobian aan de basis van zo'n 30 procent van de chlooralkali productie. Het gaat op Europees niveau naar schatting om 90.000 – 130.000 banen in de chlooralkali waardeketen die gerelateerd zijn aan de Nederlandse steenzoutwinning van dit bedrijf (Roland Berger, 2022).

Als de zoutlevering zou wegvallen, dan worden talrijke producten en waardeketens negatief beïnvloed. Een dergelijk productieverlies is naar verwachting niet op korte termijn te compenseren. Het openen of uitbreiden van nieuwe zoutwinning en zoutverwerkers kost immers jaren.[19] Daar komt bij dat het concurrentievermogen van de Nederlandse chemische industrie al onder druk staat (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2025), (BBO, 2024), (Draghi, 2024), (Roland Berger, 2022), (TNO, 2024).

Zoutwinning draagt bij aan de strategische autonomie van Europa op het gebied van energie, grondstoffenproductie en industriële productiecapaciteit: Daarmee is de continuïteit van de Nederlandse zoutwinning van belang voor de ambities om de strategische autonomie van Europa te versterken, zoals onder andere geformuleerd in de Europese *Clean Industrial Deal* (over het behouden en versterken van de Europese industrie) en *ReArm Europe*[20] (versterken van het Europese defensievermogen).

[19] In 2024 is bij Grenoble in Frankrijk een zoutwinning gestopt met 4 procent van het productievolume van Groningen. De lokale industrie was niet in staat om zout elders tegen concurrerende tarieven te verkrijgen en is gesloten (ARKEMA, 2025).

[20] Zout vormt ook een grondstof voor de defensie-industrie, zoals materialen voor kogelwerende vesten, ballistische bescherming en gevechtsvliegtuigen.

2.2.3 *Ligging van zoutstructuren waarin opslagcavernes technisch mogelijk zijn*

Voor opslag in zoutcavernes zijn zoutstructuren nodig die genoeg ruimte bieden om de sigaarvormige, verticale cavernes in te maken. De structuren moeten homogeen steenzout bevatten en op de juiste diepte liggen. In Nederland is bekend waar de zoutstructuren liggen die mogelijk geschikt zijn voor opslag. Er blijven slechts vijf gebieden over waar het steenzout ligt met de juiste ondergrondse eigenschappen. Dat is in:

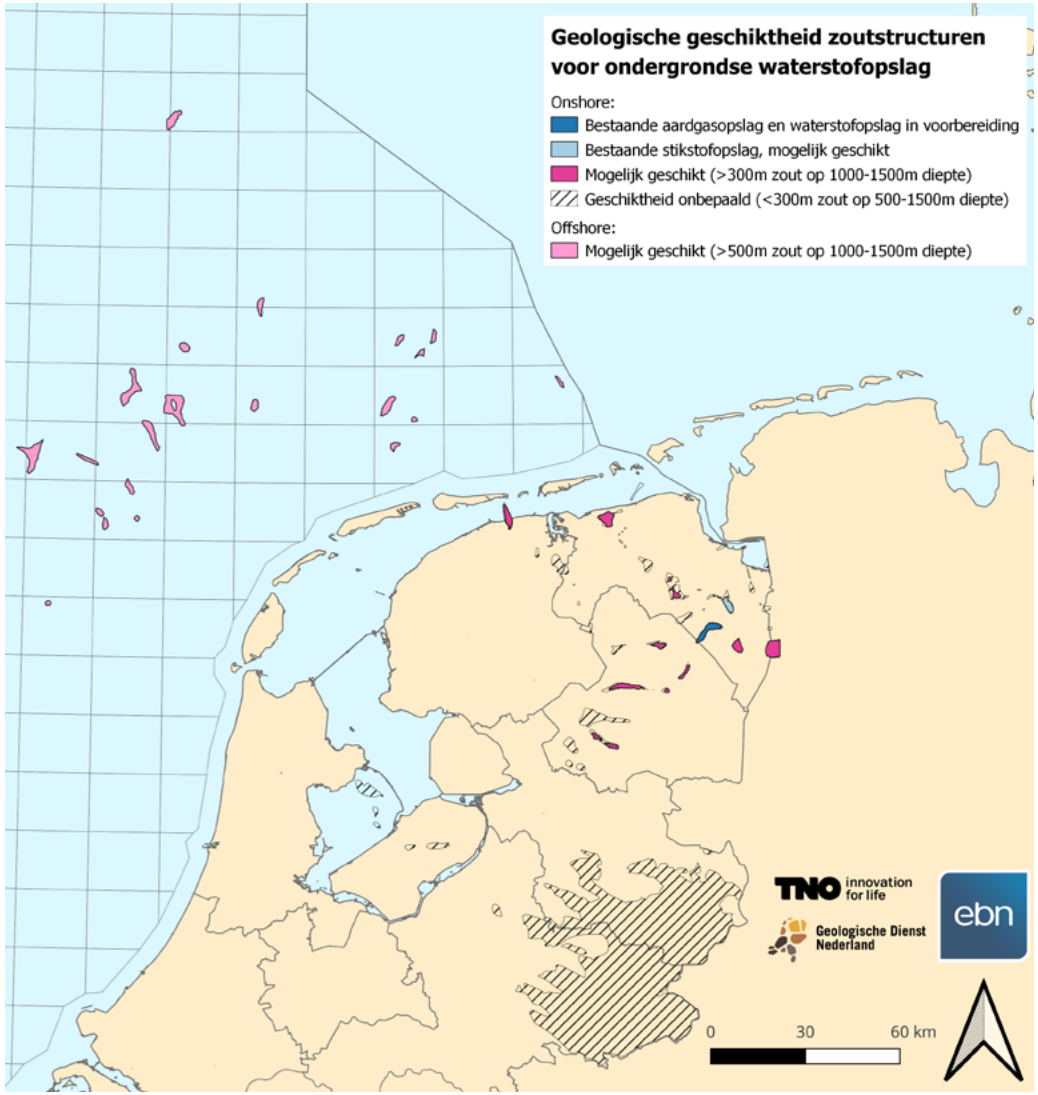
- Groningen
- Drenthe
- Overijssel en Gelderland
- Friesland
- de Noordzee

Figuur 6 toont waar deze mogelijk geschikte zoutstructuren aanwezig zijn (de roze structuren). Deze kaart laat zoutvoorkomens zien op 1.000-1.500m diepte, wat met de huidige inzichten wordt gezien als het meest gangbaar en geschikt. Het kan het zijn dat voortschrijdend inzicht of technologische ontwikkelingen leiden tot de mogelijkheid van andere geschikte caverne ontwerpen. Ook in Noord-Duitsland zijn geschikte structuren aanwezig, waarvan een aantal opslagcavernes bevatten (zie Figuur 5). Duitsland zet in op zowel het ombouwen van aardgasopslagcavernes naar waterstof als de aanleg van nieuwe waterstofopslagcavernes (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2025).

In Zuidwending (provincie Groningen) is reeds een vergunning waarbinnen zout wordt gewonnen en gas wordt opgeslagen in zoutcavernes. Hierdoor is het technisch gezien mogelijk om binnen een termijn van circa zes jaar een waterstof opslagproject te ontwikkelen. In de meeste overige structuren geldt dat er eerst opsporingsonder-zoeken moeten worden uitgevoerd, proefboringen worden gedaan, vergunningen voor zoutwinning en gasopslag worden verleend, en de benodigde infrastructuur moet worden aangelegd. Alleen op de langere termijn (na 2035) kunnen er daarom mogelijk ook opslagen in zoutcavernes elders ontwikkeld worden.

Daarbij is het belangrijk te realiseren dat het bovengrondse ruimtelijke inpassing niet is meegenomen in onderstaande kaart. Het potentieel van nieuwe zoutstructuren is hierdoor beperkter, omdat een aantal zoutstructuren vanwege bovengrondse beperkingen (zoals woningen, natuurgebieden of Unesco erfgoed) niet kansrijk zijn voor ontwikkeling. De mogelijkheden voor waterstofopslag op aanvullende locaties op land, naast Zuidwending, moet daarom niet worden overschat.

Figuur 6: Weergave van de zoutstructuren in Nederland die mogelijk geschikt (roze) zijn voor de ontwikkeling van cavernes voor ondergrondse waterstofopslag (UHS = Underground Hydrogen Storage) (bron: EBN & TNO).



Hieronder volgt per gebied een korte omschrijving.

Groningen: In de provincie Groningen bestaan verschillende zoutstructuren waarin opslag-cavernes ontwikkeld kunnen worden. Er wordt al sinds lange tijd veilig en zonder incidenten aardgas (6 cavernes bij Zuidwending) en stikstof (één caverne bij Heiligerlee) ondergronds opgeslagen. Bij Zuidwending wordt gewerkt aan het HyStock project met als doel om de eerste vier opslagcavernes voor waterstof te ontwikkelen. Hier wordt sinds de jaren vijftig zout gewonnen door middel van oplosmijnbouw waarbij cavernes ontstaan. Zoutstructuren waaruit magnesiumzout wordt gewonnen zijn ongeschikt voor opslagdoeleinden.

Drenthe: In Drenthe bestaan zoutstructuren die mogelijk geschikt zijn voor de ontwikkeling van opslagcavernes. Vanuit bovengronds perspectief is de beschikbare ruimte voor aanleg van opslagcavernes wel beperkt. Er is ook geen infrastructuur voor zoutwinning, zoals een pekelleiding om pekel te kunnen vervoeren naar de fabrieken in Delfzijl of Hengelo. In dit gebied zijn geen opsporings- en winningsvergunningen afgegeven. Een opsporingsvergunning is nodig voor een proefboring. Proefboringen moeten aantonen of de zoutstructuren daadwerkelijk geschikt zijn voor zoutwinning en opslag. Een eventuele ontwikkeling van opslagcavernes in Drenthe vergt daarom verdere verkenning en kent een (aanzienlijk) langere doorlooptijd dan bij de zoutstructuur in Zuidwending.

De Noordzee: Onder de Noordzee bestaan verschillende zoutstructuren die technisch gezien geschikt lijken voor opslag. Zoutwinning en caverneopslag heeft wereldwijd nog nooit volledig onder zee plaats gevonden. Het is technisch complex en de kosten liggen aanzienlijk hoger. Een studie van TNO en EBN spreekt over kosten die een factor 1,5 tot 2,5 hoger zijn bij opslag op zee waarbij de installaties op land staan (TNO & EBN, 2022).[21] Uit verkennende onderzoeken door marktpartijen ontstaat het beeld dat de kosten van volledige opslag in cavernes op zee circa factor 4 hoger liggen (Shell, 2025). Ook spelen verschillende aanvullende technische uitdagingen. Zo zijn de grootte van de installaties, de beschikbaarheid van infrastructuur en afvoer van de pekel belangrijke aandachtspunten. Gezien deze uitdagingen en de lange doorlooptijden van ontwikkelingen, is het de verwachting dat in ieder geval de komende twintig jaar opslag in zoutcavernes onder de Noordzee geen oplossing kan bieden in Nederland. In de (verdere) toekomst zou een combinatie met wind op zee en opslag vanuit kunstmatige eilanden denkbaar kunnen zijn (vanuit zogenoemde offshore energy hubs) (TNO & EBN, 2022).

Hierbij richt het publiek-private onderzoeksprogramma North Sea Energy zich op de potentie van de Noordzee voor een geïntegreerd energiesysteem. Hierin wordt gekeken naar mogelijkheden van koppeling van verschillende energiefuncties, zoals windenergie, waterstofproductie en CO_2-opslag.

Het is van belang om los van de technische mogelijkheden, eventuele ondergrondse opslag van waterstof onder de Noordzee ook te beschouwen vanuit het oogpunt van nationale veiligheid, strategische dreiging en de bescherming van cruciale energie infrastructuur. Door de recente spionage- en sabotage-incidenten in het Noordzeegebied is dit een actueel vraagstuk.

Overijssel en Gelderland: In Twente wordt zout gewonnen. De zoutlaag in Twente is minder dik dan in Groningen en Drenthe en ligt veelal op geringere diepte (400-1.100 meter). Vanwege de geringere dikte en diepte kunnen daar alleen kleinere cavernes ontwikkeld worden die op een lagere druk zullen moeten opereren. Het potentiële opslagvolume van Twentse cavernes is daardoor kleiner (TNO, 2018). In de meest geschikte zoutvoorkomens kunnen theoretisch cavernes met een maximaal opslagvolume van 60 GWh (Haaksbergen) en 120 GWh (Weerselo) ontwikkeld worden[22] (Saxion, 2024). Vanuit nationaal perspectief zijn potentiële opslagcavernes in Twente minder interessant. Voor Haaksbergen heeft toenmalig staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat aangegeven dat die cavernes niet zullen worden gebruikt voor de opslag van waterstof of andere stoffen.[23]

In de regio wordt wel verkend in hoeverre opslagcavernes voor waterstof een rol kunnen spelen in het regionale energiesysteem, ook gezien de strategische ligging nabij infrastructuur en afnemers in Duitsland.

Friesland: In Friesland is één zoutstructuur aanwezig die vanuit technisch oogpunt mogelijk geschikt is voor opslag. Deze structuur ligt echter voor een deel onder de Waddenzee. Dit is een Natura2000 gebied en heeft een beschermde status. In Mijnbouwwet is nieuwe opsporing en winning van delfstoffen onder het Waddengebied uitgesloten.

[21] Dit komt door hogere aanlegkosten van leidingen en boorplatformen. Als de pekel van zoutcavernes direct zou worden geloosd in zee verlaagt dit de investeringskosten met circa 15-30%. Dit is niet toegestaan onder de huidige wetgeving (TNO & EBN, 2022).

[22] Tegenover 250 GWh opslagcapaciteit bij Zuidwending.

[23] Kamerstukken 32849-235, 33529-1168; en brief staatssecretaris Vijlbrief aan de burgemeester van Haaksbergen, 28 juni 2023.

2.3 Waterstofopslag in lege gasvelden

Een andere optie voor grootschalige waterstofopslag zijn leeg-geproduceerde gasvelden, waar oorspronkelijk aardgas in zat. De drukdaling als gevolg van gaswinning biedt ruimte om andere gassen op te slaan. Het voordeel is dat deze een stuk meer opslagvolume bieden dan zoutcavernes (al snel een factor tien tot zelfs honderd keer meer dan een zoutcaverne).

Nederland heeft al veel ervaring met de opslag van aardgas in gasvelden. Er zijn in Nederland vier van deze aardgasopslagen actief (in Norg, Grijpskerk, Bergermeer en Alkmaar). De techniek voor waterstofopslag in gasvelden is echter nog niet volledig bewezen en er moeten nog stappen gezet worden voordat toepassing op commerciële schaal mogelijk en verantwoord is (zie Hoofdstuk 3). In Europees verband wordt gewerkt aan verschillende demonstratieprojecten die moeten aantonen dat waterstofopslag technisch en veilig mogelijk is. Nederland is met EBN, TNO en Shell betrokken bij het EUH2STARS onderzoeksproject (Hydrogen TCP-Task 42, 2025). Hierin staat het lopende demonstratieproject in Oostenrijk centraal, met daarnaast pilotinitiatieven in Hongarije, Spanje en een bureaustudie in Nederland.

Een potentieel nadeel is dat de opgeslagen waterstof mogelijk deels mengt met de resterende koolwaterstoffen in het veld, waardoor de zuiverheid van de waterstof afneemt. De verwachting is dat menging met koolwaterstoffen minder wordt na een groter aantal cycli van injectie en productie. Ook kan de waterstof, afhankelijk van de condities in de ondergrond, mogelijk deels omgezet worden door chemische of microbiologische reacties. Uit recente resultaten van lopende demonstratie- en onderzoeksprojecten blijken deze omzettingen beperkt. Gasvelden liggen namelijk relatief diep, waardoor de temperatuur hoger is. Dit verkleint de kans op micro-biologische activiteit.

Bij hoge zuiverheidseisen in het transportnetwerk is kostbare nazuivering nodig bij de opslag-velden. De zuiverheid is vanuit technisch oogpunt niet voor alle toepassingen van belang (zoals bijvoorbeeld verbranding van waterstof in elektriciteitscentrales of andere hoge temperatuur toepassingen).[24]

Daarnaast hebben lege gasvelden andere karakteristieken dan zoutcavernes. De opslagcapaciteit is groter, maar de injectie- en productiesnelheden van waterstof in gasvelden liggen per put[25] lager dan bij zoutcavernes. Een mix van cavernes en gasvelden op de lange termijn is daardoor wenselijk voor een balans tussen de juiste hoeveelheid opslag (strategische-, seizoens- en piekopslag), de juiste injectie- en productiesnelheden, en een spreiding in opslaglocaties (Common Futures, 2023). De technieken zijn complementair aan elkaar.

2.3.1 *Ligging van gasvelden waar ondergrondse waterstofopslagen gerealiseerd kunnen worden*

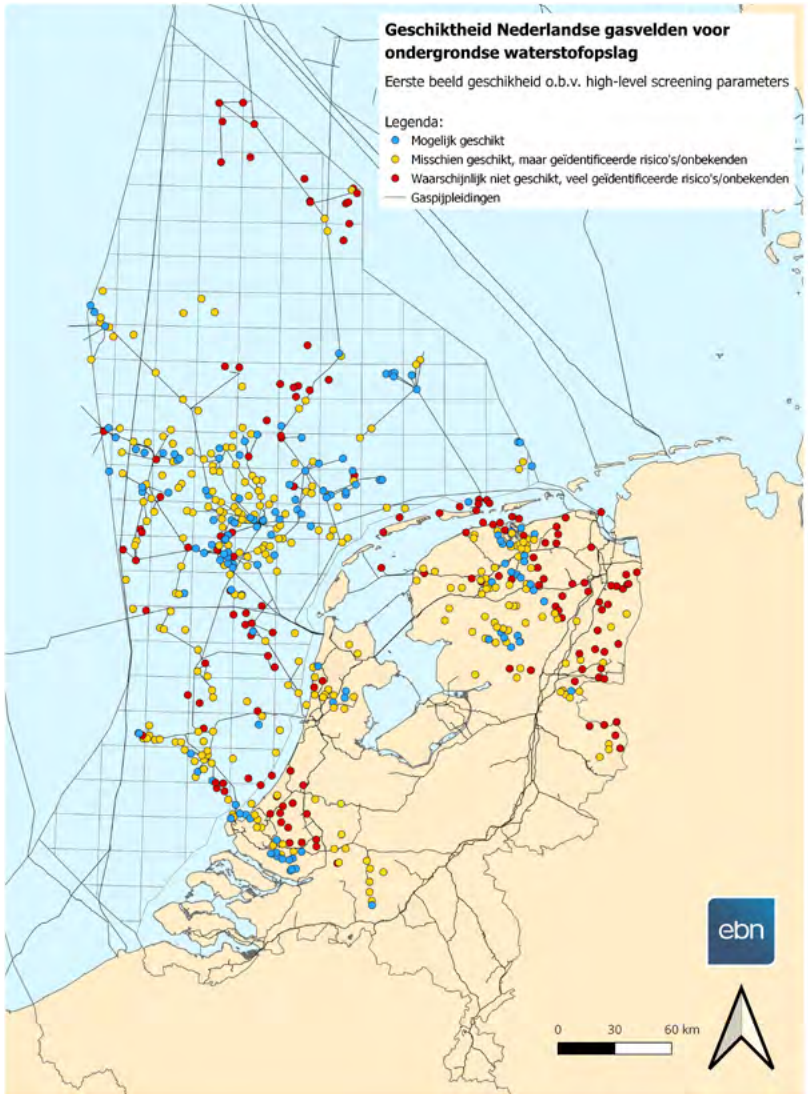
Om geschikt te zijn voor waterstofopslag moeten leeg-geproduceerde gasvelden voldoen aan de juiste geologische eigenschappen.[26] Dit bepaalt in welke velden opslag technisch mogelijk is. Daarnaast zijn voldoende ruimte bovengronds voor de installaties en een strategische ligging bij afnemers en infrastructuur van belang.

In Nederland zijn zo'n 570 gas- en olievoorkomens bekend. Hiervan ligt ongeveer 40 procent op land en 60 procent onder de Noordzee. Olievelden lijken minder geschikt voor waterstofopslag, omdat de afsluitende lagen boven een olieveld niet bewezen afsluitend zijn voor gassen en omdat er in een producerend olieveld altijd olie achterblijft. Daarom, en omdat we in Nederland veel gasvelden hebben, wordt er voor de opslag van waterstof niet naar olievelden gekeken.

In opdracht van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei heeft EBN onderzocht welke gasvelden mogelijk geschikt zouden kunnen zijn voor waterstofopslag (EBN, 2025b). In de analyse zijn verschillende parameters bekeken zoals volume, seismiciteit, status van het veld en ouderdom van de putten. Uit deze screening blijven zo'n 140 velden over, die mogelijk geschikt zijn voor ondergrondse waterstofopslag. Naar verwachting zullen aan de hand van gedetailleerde studies per veld nog een aanzienlijk aantal velden afvallen omdat condities ondergronds of bovengronds suboptimaal zijn. De velden die op basis van de eerste screening mogelijk geschikt lijken, zijn Figuur 7 in blauw weergegeven.

[24] Aangezien elektriciteitscentrales naar verwachting op termijn de grootste volumes zullen afnemen van opslagen, roept dit de vraag op of een aparte transportinfrastructuur voor toepassingen met lagere kwaliteitseisen op termijn mogelijk kosteneffectiever kan zijn.
[25] Bij gasvelden is het wel mogelijk om later putten bij te plaatsen. Bij zoutcavernes kan dit niet.
[26] Zoals opslagvolume, porositeit, permeabiliteit, breukvlakken, etc. Ook de geschiktheid van bestaande putten is van belang.

Figuur 7: Kaart met alle bekende gasvelden in Nederland. In blauw zijn de gasvelden weergegeven die in op basis van een eerste verkenning mogelijk geschikt zijn voor ondergrondse waterstofopslag (let wel: bij nader onderzoek kunnen meer velden afvallen).



Er zijn grofweg vier regio's te onderscheiden waar deze potentieel geschikte gasvelden zich bevinden:

- in de regio nabij de haven van Rotterdam
- in Noord-Holland
- in Noord-Nederland
- Onder de Noordzee

Een demonstratieproject is noodzakelijk om praktijkervaring op te doen en de technologie rijp te maken voor commerciële toepassing. Nader onderzoek (momenteel in uitvoering door EBN) moet uitwijzen welke van deze velden het meest geschikt zijn voor (een demonstratieproject van) ondergrondse waterstofopslag. De verwachting is dat er enkele locaties overblijven die kansrijk zijn om een demonstratieproject te ontwikkelen. Zo zijn vanwege de ligging nabij zware industrie in een waterstofcluster verschillende velden in de buurt van de haven van Rotterdam aantrekkelijk. En in dit gebied zijn ook velden dichtbij de kust *(near-shore)* aanwezig, die nader onderzocht kunnen worden als locatie voor een demonstratieproject.

Waterstofopslag in gasvelden op zee: Het is onzeker of ondergrondse waterstofopslag in gasvelden op zee haalbaar is. Het staat vast dat de kosten hiervan in ieder geval aanzienlijk hoger zijn (zie ook paragraaf 2.2: opslag in zoutcavernes op zee). Er zijn ook technische uitdagingen waardoor opslag op zee moeilijk of niet mogelijk is. Het belangrijkste is dat de installaties zo groot en zwaar zijn dat deze niet geplaatst kunnen worden op bestaande of zelfs nieuw te ontwikkelen platforms (TNO & EBN, 2022) en ongepubliceerd onderzoek van Shell. Plaatsing op te ontwikkelen kunstmatige eilanden zou mogelijk een oplossing kunnen zijn (in combinatie met wind ver op zee), maar dit zijn alleen oplossingsrichtingen voor de verdere toekomst. Daarnaast spelen er andere complicerende factoren, zoals gebrek aan infrastructuur, conflicterende ruimteclaims op de Noordzee, strategische veiligheidsoverwegingen en milieuemissies nabij natuurgebieden.

Velden die **dichtbij de kust liggen** (**'near-shore'**) kunnen wel op kortere termijn in beeld komen voor waterstofopslag. De bovengrondse installaties zijn dan op land mogelijk, waarbij de velden via leidingen en putten aangesloten zijn.

3 Veiligheid is randvoorwaardelijk voor ondergrondse opslag van waterstof

Voordat ondergrondse waterstofopslag kan plaatsvinden beoordeelt de Minister van Klimaat en Groene Groei of dit veilig kan voor mens en milieu.[27] De veilige opslag van stoffen in de diepe ondergrond, waaronder waterstof, is verankerd in de Mijnbouwwet. Veiligheid van ondergrondse opslag richt zich in de basis op het voorkomen van letsel, schade of negatieve milieueffecten (Mijnbouwwet, artikel 33). De wet stelt dan ook eisen aan ondergrondse opslag van stoffen om zo verantwoord om te gaan met risico's voor mens en milieu.[28]

De beleidsdefinitie van een risico is in Nederland gebaseerd op het principe van 'kans maal effect'. De kans dat het risico zich voordoet en het effect hiervan is echter niet in alle situaties vooraf en met dezelfde diepgang bekend. Zeker bij innovaties en nieuwe activiteiten kan het complex zijn om alle risico's te kwantificeren. Er is hierbij een spanning tussen enerzijds de wens om vooraf alle risico's te doorgronden en in regelgeving te vatten, en anderzijds de noodzaak om in de praktijk te leren hoe het beste met risico's om te gaan. De wens om aan de voorkant alles te weten (door middel van onderzoek) en controleren (regelgeving) kan leiden tot vertraging en onnodig belemmerende eisen. Het risico bestaat dat dit dermate beperkend gaat werken dat bedrijfsactiviteiten niet meer goed doorgang kunnen vinden en bedrijven afzien van nieuwe innoverende activiteiten. Het vinden van een balans tussen beide belangen (recht doen aan het nemen van verantwoorde risico's en innovaties stimuleren) is ook als het gaat om de opslag van waterstof een uitdaging.

Het is belangrijk om te benadrukken dat **risico's nooit volledig uitgesloten kunnen zijn**. Er blijft altijd een restrisico over. Alle activiteiten in onze maatschappij gaan immers gepaard met risico's. Het is zaak om met risico's zorgvuldig om te gaan en passende maatregelen te treffen om de kans op het voordoen van het risico te verminderen en als deze zich voordoet de effecten daarvan te verminderen en eventueel te mitigeren. Of dit nu gaat om het risico op een auto-ongeluk, een dijkdoorbraak of een bedrijfsongeval. Dit geldt ook voor activiteiten in de diepe ondergrond. Regelgeving, toezicht en handhaving zijn erop gericht om risico's terug te brengen naar een toegestaan en acceptabel niveau (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022), (Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, 2011).

Rolverdeling bij vergunningsprocessen

Het Ministerie van Klimaat en Groene Groei is verantwoordelijk voor de wetgeving, het beleid en de vergunningverlening met betrekking tot activiteiten in de diepe ondergrond. Bij beoordeling van mijnbouwvergunningen rond ondergrondse waterstofopslag (zoals een opslagvergunning en een opslagplan), toetst de minister deze aanvragen aan de wet en vraagt voorafgaand aan het concept-besluit advies aan diverse partijen. Dit is vastgelegd in de Mijnbouwwet. De minister kan (en doet dit in de regel altijd) onafhankelijk advies vragen aan onderstaande partijen. Hieronder worden de partijen benoemd en wordt er een duiding geven over waar de adviezen zich in de praktijk op richten:

- **Staatstoezicht op de Mijnen:** Adviezen richten zich op veiligheid en milieu.
- **TNO AGE:** Adviezen richten zich op aspecten in de ondergrond.
- **Gemeenten, provincie en waterschappen:** Geven advies vanuit hun positie als decentrale overheid.
- **De Mijnraad:** De Mijnraad levert een integrale beoordeling op basis van alle andere adviezen en de bredere maatschappelijke context, waarbij de adviezen van de andere adviseurs worden meegewogen. Daarom levert de Mijnraad als laatste haar advies.

[27] Dit geldt voor alle mijnbouwactiviteiten en ondergrondse opslagen.
[28] Ook in de nu lopende actualisatie van de Mijnbouwwet blijft dit het belangrijkste uitgangspunt.

3.1 Ervaring met de risico's van opslag van gassen in de diepe ondergrond en de verschillen bij opslag van waterstof

Deze paragraaf gaat in op de risico's van ondergrondse waterstofopslag en op de aspecten waarin opslag van waterstof verschilt ten opzichte van die van andere gassen.

Bij de ondergrondse opslag van gassen (in cavernes en in gasvelden) bestaan veiligheids- en milieurisico's. Deze risico's kunnen leiden tot negatieve effecten voor mens of milieu.
De belangrijkste negatieve effecten die kunnen optreden zijn:

- Bodembeweging
  - Bodemdaling of -stijging
  - Seismiciteit (bodemtrillingen)
- Bodem- of grondwaterverontreiniging
  - Als gevolg van calamiteiten bij bovengrondse activiteiten
  - Als gevolg van calamiteiten bij boringen of andere ondergrondse activiteiten
- Brand of explosie

Nederland heeft **bestaande regelgeving en standaarden** voor gasopslag in diepe ondergrond om op een goede manier om te gaan met deze risico's. Nederland heeft bijna dertig jaar ervaring met de opslag van gassen in de diepe ondergrond, zowel in zoutcavernes als in lege gasvelden. We slaan aardgas op in zes zoutcavernes (bij Zuidwending) en in vier gasvelden (Norg, Grijpskerk, Bergermeer en Alkmaar). Daarnaast is er een stikstofopslag in een zoutcaverne bij Heiligerlee.

Veel van de veiligheidsprincipes en procedures die hierbij voor aardgas zijn ontwikkeld, zijn ook toepasbaar op waterstofopslag.

Er zijn enkele belangrijke verschillen tussen de opslag van waterstof en van aardgas:
De belangrijkste verschillen zijn (Cavern Conglomerate Combination, 2024), (Hydrogen TCP-Task 42, 2025):

- **Kleinere omvang en lager gewicht:** Waterstofmoleculen (H_2) zijn ongeveer 25 procent kleiner en 80 procent lichter dan aardgas (CH_4). Dit heeft implicaties zowel voor de bovengrondse systemen als voor hoe de waterstof zich in de ondergrond gedraagt. Onder bepaalde omstandigheden kan bijvoorbeeld brosheid in stalen leidingen ontstaan. De kwaliteitseisen voor materialen zijn daarom anders dan bij aardgas (bij gelijke gebruiksomstandigheden).
- **Grotere reactiviteit:** Waterstof is reactiever en gaat daardoor sneller chemische reacties aan. Hierdoor kunnen in de diepe ondergrond andere processen optreden dan bij aardgas. Bij sommige gesteentesoorten of vloeistoffen kunnen bijvoorbeeld ongewenste gassen (waaronder H2S, een giftig gas) ontstaan. Bij de selectie van de velden en het ontwerp van de installaties dient hier rekening mee gehouden te worden. De Nederlandse aardgasindustrie heeft overigens veel ervaring met hoe hier mee om te gaan.
- **Microbiële activiteit:** Waterstof kan leiden tot een hogere microbiële activiteit dan aardgas. Hierdoor kan de productie- of injectiesnelheid in bijzondere gevallen afnemen door verstoppingen, of kunnen ongewenste gassen ontstaan, zoals H_2S, een giftig gas. Dit vormt voornamelijk een technisch en economisch risico, maar potentieel ook een veiligheidsrisico dat gemitigeerd moet worden.
- **Grotere brandbaarheid:** Waterstofgas is brandbaarder dan aardgas. Het ontbrandt sneller dan aardgas omdat het zowel een lagere ontstekingsenergie nodig heeft en een breder ontstekingsbereik kent. Tegelijkertijd verspreidt het gas zich sneller door het lichte gewicht, waardoor het zich ook sneller verdunt in de atmosfeer. Hierdoor zijn er (mogelijk) andere eisen nodig bij de opslaglocatie.
- **Andere cycliciteit:** Waterstofopslag heeft naar verwachting een hogere cycliciteit dan aardgasopslag (er zijn meer cycli van laden en ontladen). Waar aardgasopslagen voornamelijk worden gebruikt om seizoensverschillen tussen vraag en aanbod te overbruggen worden waterstofopslagen namelijk ook gebruikt om onder andere de wisselende productie van zon en wind op te slaan. Dit kan mogelijk tot andere ondergrondse effecten leiden dan aardgasopslagen.

Er is nog geen beleidskader dat specifiek is ontwikkeld voor het beoordelen van risico's van ondergrondse waterstofopslag in zoutcavernes. Wel zijn er kaders en normen voor zoutwinning, voor omgang met waterstof en voor opslag. Deze worden los van elkaar beoordeeld. Dit heeft als nadeel dat er voor de eerste projecten veel maatwerk en afstemming nodig is om deze te ontwikkelen. Er is behoefte aan uitwerking van veiligheidsnormen en standaarden, monitorings- en mitigatiemaatregelen en verificatie methoden, toegespitst op de context van ondergrondse waterstofopslag.

Zoutcavernes

Bij zoutcavernes is inmiddels een goed begrip ontwikkeld van de risico's die waterstofopslag met zich meebrengt en hoe hiermee om te gaan (Cavern Conglomerate Combination, 2024), (Hydrogen TCP-Task 42, 2025). Ten opzichte van gasvelden is er bij opslagcavernes sprake van een relatief uniforme ondergrondse omgeving waarvan het mogelijk is om een goed beeld te vormen.

Er is sinds de jaren zeventig ervaring met waterstofopslag in zoutcavernes in het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten.[29] Met het in 2022 afgeronde testproject A8 is in Nederland de eerste ervaring opgedaan met waterstof in een zoutstructuur. Mede op basis van de positieve resultaten hiervan wordt verder gewerkt aan de ontwikkeling van het HyStock-project. En in de lopende demonstratieprojecten in het buitenland (Duitsland en Frankrijk) wordt de komende jaren verdere praktijkervaring opgedaan om over te kunnen gaan op een operationele opslag.

Gasvelden

Voor gasvelden is waterstofopslag complexer en zijn de verschillen met aardgasopslag groter. Hoewel een aardgasveld bewezen heeft gedurende miljoenen jaren het aardgas op te kunnen slaan, heeft waterstof niet dezelfde eigenschappen. Daarnaast is het ten opzichte van zoutcavernes moeilijker om tot in detail te begrijpen welke gesteentesoorten, breuken en andere eigenschappen het veld heeft. Vanwege deze verschillen is nog aanvullend onderzoek nodig voordat waterstofopslag in gasvelden commercieel toepasbaar is. Binnen de Europese Unie zijn verschillende internationale samenwerkingsverbanden en projecten gestart om tot waterstofopslag in gasvelden te komen. De belangrijkste zijn EUH$_2$STARS,[30] HyTROS[31] en Hydrogen TCP-Task 42. Uit deze grootschalige onderzoeken blijkt dat er geen onoverkomelijke obstakels of *showstoppers* in beeld zijn die ondergrondse waterstofopslag in gasvelden niet mogelijk zouden maken (betrokken partijen zoals EBN, TNO, Gasunie, Shell en NAM bevestigen dit). Wel moeten er nog diverse stappen worden gezet om de juiste veiligheidseisen en werkwijzen verder te ontwikkelen en in de praktijk te testen (Hydrogen TCP-Task 42, 2025), (NAM, 2022), (EBN, 2025a en 2025b). Een demonstratieproject van waterstofopslag in een gasveld zal dan ook zo ingericht moeten zijn dat er op dit punt voldoende lering uit getrokken kan worden.

Doorontwikkeling beleidskader voor omgang met risico's bij ondergrondse opslag van waterstof

Het Rijk bouwt hierop voort en werkt aan de ontwikkeling van een beleidskader voor omgang met risico's, specifiek gericht op ondergrondse waterstofopslag in zoutcavernes op land. Het doel is om bestaande kaders en normen te duiden. Naar verwachting is eind 2025 het richtsnoer voor waterstofopslag in zoutcavernes beschikbaar. Dit vormt een beleidskader, waarbij de nadruk ligt op regelgeving en veiligheidseisen bij aspecten waar opslag van waterstof afwijkt ten opzichte van de opslag van andere gassen. In de latere fase, wanneer er meer ervaring is met de techniek, worden de richtlijnen verankerd in wetgeving (actualisatie van de Mijnbouwwet). De komende jaren waarin meer ervaring en kennis wordt opgedaan uit de diverse opslagprojecten, zijn daarbij belangrijk voor het doorontwikkelen van het beleidskader.

3.2 Meer afstemming bij ontwikkeling eerste opslagprojecten

Bij innovatieve projecten is het een uitdaging om voortgang te boeken, terwijl de kaders nog niet helemaal passen bij dergelijke nieuwe ontwikkelingen. Het vergt samenwerking, wederzijds begrip, transparantie en vertrouwen in elkaar om een volgende stap te kunnen zetten. Voor een effectieve leercyclus, is het van groot belang dat er nauw contact is tussen betrokken partijen en ook tijdens de uitvoering van projecten afstemming en monitoring plaatsvindt.

Zo werken de toezichthouder, het bevoegd gezag en de operator in Duitsland nauw samen in het ontwikkelen en het vastleggen van technische en veiligheidseisen van opslagcavernes.

[29] Deze werden gebruikt als buffer voor industriële toepassing van waterstof. De huidige waterstofopslagen zullen anders gebruikt worden (met een hogere cycliciteit van injectie en productie), waardoor deze ervaring niet geheel van toepassing is op de geplande waterstofopslagen voor het nieuwe energiesysteem.

[30] EUH2STARS is een door de industrie aangestuurd project, ondersteund door het Clean Hydrogen Partnership (HORIZON-JTI-CLEANH2-2023-02-1). Het consortium bestaat uit exploitanten van aardgasopslagen, technologieleveranciers, nutsbedrijven, onderzoeks- en overheidsorganisaties. Het doel is om tegen het einde van dit decennium een concurrerende, complete en gekwalificeerde ondergrondse waterstofopslag (UHS) in uitgeputte poreuze aardgasreservoirs te demonstreren op TRL 8 niveau.

[31] HyTROS is een werkpakket binnen het Groeifondsprogramma GroenvermogenNL. Het doel van HyTROS (Hydrogen Transport, Offshore and Storage) is experimenteel en industrieel onderzoek doen naar transport (met name via pijpleidingen), boven- en ondergrondse opslag, offshore transport en opslag en veiligheid. Het HyTROS consortium bestaat uit meer dan 30 Nederlandse partners; 10 universiteiten, 3 onderzoeksinstituten, 2 hogescholen en zeventien industriële partners.

Ook in Nederland past met betrekking tot de opslag van waterstof en andere innovatieve projecten een gezamenlijk en iteratief proces beter. Door als operator, toezichthouder en het ministerie meer te werken vanuit een **iteratieve leercyclus** en kennis te delen, kan adequaat worden omgegaan met alle beschikbare en nieuwe inzichten.

Bij de eerste projecten speelt monitoring een belangrijke rol. Nieuwe inzichten kunnen door middel van tussentijdse evaluatie ingebracht worden. Procesafspraken hierover moeten wel aan de voorkant worden gemaakt. Inzichten uit monitoring en signaleren kunnen ook gebruikt worden om te vertalen naar nieuw beleid voor latere projecten. Zo kunnen opslagprojecten verder ontwikkeld worden op basis van praktijkervaringen en met zorgvuldigheid voor de risico's.

Deze werkwijze vergt afstemming en open communicatie tussen alle betrokken partijen: de operators, de toezichthouder, de bevoegde gezagen, kennisinstellingen en omwonenden. Een heldere definitie van de rollen en verantwoordelijkheden van de partijen is hierbij essentieel. Dit hoeft (en mag) niet ten koste te gaan van de onpartijdigheid en onafhankelijkheid van de verschillende partijen.

Alle partijen hebben belang bij het zorgvuldig omgaan met risico's van opslagprojecten. Potentiële calamiteiten bij de eerste projecten kunnen verstrekkende gevolgen hebben voor toepassing van de gehele technologie. We zien bij onze buurlanden (zoals in Duitsland en Denemarken) dat de drie typen organisaties (regelgever, toezichthouder en initiatiefnemer) dan ook nauw samenwerken bij de eerste opslagprojecten. Om dit ook in Nederland mogelijk te maken, met respect voor ieders rol, is het van belang de spelregels te bepalen hoe deze afstemming in zijn werk zal gaan.

3.3 Omgaan met risicoperceptie

Verandering in ons denken

De aardbevingsproblematiek van het Groningengasveld heeft ons denken over omgang met risico's van activiteiten in de diepe ondergrond beïnvloed en veranderd. Twijfels en zorgen over de effecten van de gaswinning uit het Groningengasveld zijn lange tijd niet onderkend (Parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen, 2023). Dat heeft het vertrouwen geschaad in uitspraken van instanties over de veiligheid en over de toerekening van schade die ondergrondse activiteiten met zich brengen.

De onzekerheid, de impact van (repeterende) schades en bijkomende bureaucratie bij de afhandeling van schade heeft geleid tot gevoelens van onmacht en boosheid bij burgers (Parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen, 2023). Naast de directe schade aan woningen en gebouwen, kan de stress hierover negatieve gezondheidseffecten binnen het bevingsgebied veroorzaken (Gronings Perspectief, 2024), (Kennisplatform Leefbaar en Kansrijk Groningen, 2021).

Als gevolg van de aardbevingsproblematiek in Groningen en Noord-Drenthe is er meer aandacht gekomen voor de indirecte effecten op bewoners. Daarbij geldt dat het Groningengasveld uniek is in zijn omvang en aard van de risico's. Het is niet goed vergelijkbaar met andere mijnbouwactiviteiten. Dit laat onverlet dat de lessen die geleerd zijn ook meegenomen worden bij het ontwikkelen van nieuwe mijnbouwactiviteiten.

Risicoperceptie is niet hetzelfde als risicobeoordeling

De beleving van risico's is per persoon verschillend en afhankelijk van allerlei factoren (Fischhoff et al., 1978), (Slovic, 1987). De theorie stelt dat risicoperceptie wordt beïnvloed door factoren als de vrijwilligheid van het risico, de mate waarin het effect dichtbij komt, de kennis van en controle over het risico, de nieuwheid van het risico en het maximaal denkbare effect (Aven and Thekdi, 2022), (Gezondheidsraad: Commissie Risicomaten en risicobeoordeling, 1996), (Vlek C. e., 1980), (Vlek C. , 2012). Andere factoren zoals vertrouwen, emoties ten aanzien van het risico, waarden en cultuur spelen ook een rol (Aven and Thekdi, 2022).

De perceptie of beleving van een risico is dus persoonsafhankelijk en zal veranderen in de tijd. Anders gezegd, de beleving van het risico is niet gelijk aan wat het risico daadwerkelijk is. In het omgaan met risico's is het belangrijk om een duidelijk onderscheid te markeren tussen de beoordeling van het risico, op basis van kennis en feiten, om te besluiten over de aanvaardbaarheid, en de manier waarop mensen risico's beleven.

De volgende paragraaf zet uiteen waarom risicoperceptie niet geschikt is als toetsingscriterium voor het vergunnen van activiteiten. Dit betekent overigens niet dat risicoperceptie en zorgen onbelangrijk zijn, het tegendeel zelfs. De paragraaf daarna doet daarom een voorstel voor het omgaan met zorgen bij ondergrondse waterstofopslag.

Risicoperceptie is niet geschikt als één van de toetsingscriteria voor toestaan van activiteiten

Overheden maken binnen het wettelijk kader een maatschappelijke afweging over het al dan niet toestaan van activiteiten. Met regelmaat ontstaat de maatschappelijke discussie of beleving van het risico meegewogen zou moeten worden bij het toestaan van activiteiten, bijvoorbeeld binnen het proces van vergunningverlening. Dit is niet nieuw. In de loop der jaren is onderzocht in hoeverre risicoperceptie bruikbaar is als besliscriterium, met als conclusie dat beleving subjectief en veranderlijk is, zie bijvoorbeeld: (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2014), (Vlek C. e., 1980) of de overzichtsstudie van (Vlek C. , 2012).

Zoals hierboven toegelicht, iedereen heeft een andere beleving van het risico en het geeft geen goed beeld van de daadwerkelijke omvang. De minister heeft de verantwoordelijkheid om afwegingen over risico's te baseren op feiten. Tegelijkertijd is het belangrijk om, naast juiste omgang met de daadwerkelijke risico's, ook belangrijk om oog te hebben voor de zorgen van mensen, zeker als deze over de risico's gaan. De volgende paragraaf gaat hierop in.

Een goede omgang met zorgen vereist zorgvuldige communicatie en dialoog

Veiligheidsbeleving is geen geschikt toetsingscriterium bij vergunningverlening. Dit wil niet zeggen dat de beleving van het risico of zorgen niet relevant zijn. Integendeel het is van groot belang om oog te hebben voor de zorgen van omwonenden en de samenleving. Op basis van gesprekken met betrokken partijen worden de volgende vier zorgen het meest genoemd:

1. Onvoldoende of te laat geïnformeerd worden
2. Onvoldoende eerlijke verdeling tussen de lusten (voordelen spelen veelal op nationaal niveau) en de lasten (nadelen zijn veelal lokaal)
3. Onvoldoende compensatie in geval van negatieve effecten (zoals schade of afname van de omgevingskwaliteit)
4. Onvoldoende betrokken worden in het participatieproces en/of weinig transparante beleids- en besluitvorming.

Participatie is een belangrijke pijler onder de Omgevingswet (Informatiepunt leefomgeving, 2025). In het proces van participatie is het belangrijk om expliciet aandacht te hebben voor zorgen en vragen over de risico's, een open dialoog te voeren met de omgeving en transparant te zijn in communicatie. Zo ontstaat een gedeelde informatiebasis en wederzijds begrip voor elkaars belangen en aandachtspunten. Vanuit dit fundament is een goede betrokkenheid in participatie en besluitvormingsprocessen mogelijk. Hoofdstuk 10 gaat in op de acties om dit in de praktijk toe te passen bij de eerste projecten van ondergrondse waterstofopslag.

4 Omgaan met onzekerheid over de capaciteit en timing van waterstofopslag

De meeste partijen die zijn geconsulteerd onderkennen het belang van waterstof(dragers) om tot een werkend duurzaam energiesysteem te komen. Het vervult een systeemrol, waarbij het de vraag naar energie en het aanbod daarvan aan elkaar verbindt (zie Hoofdstuk 1). Er is echter nog veel onzekerheid over de snelheid van de ontwikkelingen en hoe groot het aandeel van waterstof(dragers) binnen het totale energiegebruik wordt.

4.1 Onzekerheid over het aandeel van waterstof(opslag) in het toekomstige energiesysteem

Kijkend naar de verschillende studies en scenario's voor ons energiesysteem zien we een aanzienlijke bandbreedte van het aandeel waterstof (zie onder andere (Netbeheer Nederland, 2023), (Netbeheer Nederland, 2025), (TNO, 2024), (TNO & EBN, 2021), (Common Futures, 2023) en (CE Delft, 2024)).

Het Rijk bouwt voort op deze studies om richting te geven aan de ontwikkeling van het energiesysteem tot 2050. Belangrijke beleidsdocumenten daarbij zijn het Nationaal Plan Energiesysteem (hierna: NPE), het Programma Energiehoofdstructuur (PEH) en de Routekaart Energieopslag. Deze studies en beleidsdocumenten rekenen echter met oude prijsaannames. De verwachte kosten zijn de laatste jaren gestegen en stijgen nog steeds.

Onzekerheid over de ontwikkeling van de waterstofketen als geheel

Er bestaat nu nog geen grootschalige duurzame[32] waterstofketen. Dit betekent dat zowel de productie van duurzame waterstof, de infrastructuur voor transport en opslag en de afnemers nu nog grotendeels ontbreken. Er wordt gewerkt om deze onderdelen van de keten te ontwikkelen.

Daarbij vormt het een uitdaging dat alle elementen van elkaar afhankelijk zijn om te kunnen functioneren (zie ook Hoofdstuk 5 over de rol van de overheid om dit te doorbreken).

De ontwikkeling van de (hernieuwbare) waterstofketen gaat minder snel dan verwacht. Zowel bij productie, transport, opslag en afname van waterstof lopen projecten vertraging op en is de verwachte kostendaling tot op heden uitgebleven (PBL, 2025). Hierdoor is hernieuwbare (en in mindere mate ook koolstofarme) waterstof minder concurrerend in vergelijking met andere duurzame oplossingen (zoals elektrificatie).

Ondanks de onzekerheid over het aandeel van waterstof in het toekomstige energiesysteem, staat vast dat het flexibiliteitsvraagstuk een grote uitdaging blijft (en potentieel zelfs groter wordt in een toekomst waarin waterstof minder breed toegepast gaat worden dan voorzien). De rol van opslag is hierbij van groot belang, ongeacht welke energievorm ze opslaan.

Onzekerheden leiden tot een aanzienlijke bandbreedte in de hoeveelheid benodigde opslagcapaciteit en de timing ervan

Gezien alle onzekerheden is het moeilijk te voorspellen hoeveel opslagcapaciteit er op welk moment beschikbaar moet komen in de periode tussen 2030 en 2050. De afgelopen jaren zijn verschillende energiesysteemstudies uitgevoerd om dit beter inzichtelijk te maken. Zeker in de aanloopfase rond 2030 is de onzekerheid groot, omdat de waterstofketen dan ontwikkeld wordt. Vertraging van projecten heeft dan grote invloed op de behoefte aan opslagcapaciteit.

Wat we wel weten is dat er in alle onderzoeken een duidelijke behoefte aan waterstofopslagcapaciteit ontstaat. Ook is duidelijk dat gezien de lange ontwikkeltijd van opslagen het nodig is om vroegtijdig te starten met ontwikkeling van opslagprojecten om aan de toekomstige vraag te kunnen voldoen (zie onder andere (Netbeheer Nederland, 2025), (TNO, 2024), (TNO & EBN, 2021), (Common Futures, 2023), (CE Delft, 2024)).

[32] Nederland kent wel een fossiele waterstofketen (op basis van aardgas) bij verschillende industrieclusters. Dit gaat gepaard met een hoge CO_2-uitstoot.

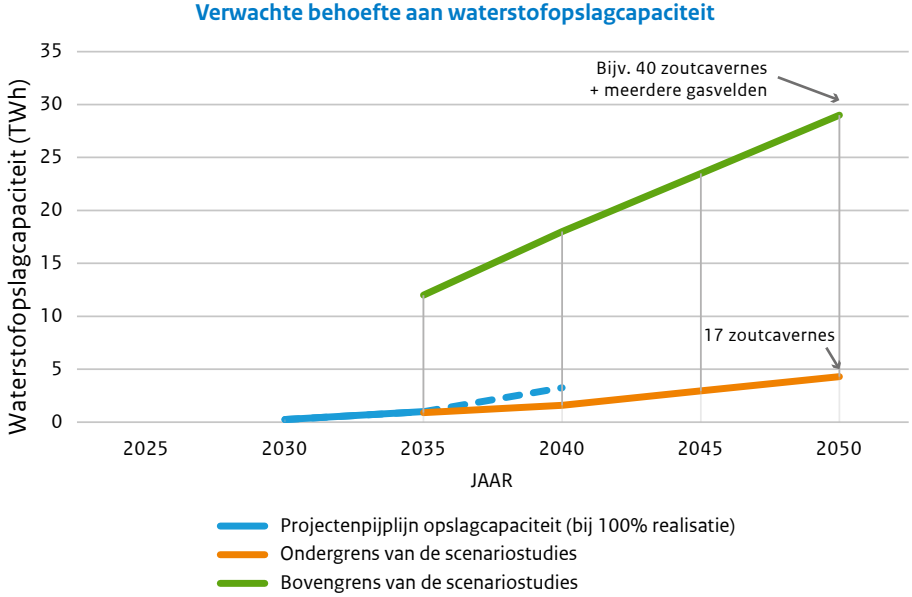
In de eerste periode is de (zware) industrie de belangrijkste afnemer van de waterstof (gestuurd door zowel de prijsprikkel als gevolg van CO_2-beprijzing uit het EU-ETS als een afnameverplichting van hernieuwbare waterstof vanuit de RFNBO uit de RED III).[33] De industrie heeft gedurende het jaar een redelijk constant afnameprofiel. Daarmee wordt de opslagbehoefte grotendeels gestuurd door het variabele aanbod van elektriciteitsproductie uit zon en wind (want Europese RED III-regels vereisen dat de waterstofproductie overeenkomt met de elektriciteitsproductie uit zon en wind), in combinatie met de noodzaak van een gegarandeerd aanbod voor afnemers (leveringszekerheid).[34] Dit betekent dat er behoefte is aan opslagcapaciteit om het verschil tussen het flexibele aanbodprofiel en het constante afnameprofiel te overbruggen en om ongeplande uitval van aanbod te kunnen helpen opvangen.

Vanaf ongeveer 2035 - 2040 treedt naar verwachting een versnelling op in de vraag naar waterstof en daarmee ook de benodigde opslagcapaciteit. Inzet van aardgas wordt naar verwachting door toenemende kosten als gevolg van (Europees) overheidsbeleid steeds minder aantrekkelijk om fluctuaties in aanbod op te vangen (door de stijgende kosten van emissierechten binnen het EU-ETS). Daarnaast neemt de behoefte aan opslagcapaciteit verder toe wanneer er een variabele waterstofvraag ontstaat vanuit de elektriciteitscentrales.[35]

Figuur 8 toont de groei en de **bandbreedte van de gewenste opslagcapaciteit** op basis van de verschillende scenariostudies (TNO & EBN, 2021), (TNO, 2023b), (TNO, 2024), (Netbeheer Nederland, 2025), (Common Futures, 2023), (CE Delft, 2024). De figuur bevat het volgende:

- **Bovengrens van de waterstofopslagbehoefte:** In deze toekomstscenario's heeft waterstof een relatief groot aandeel in het energiesysteem. Daarnaast zijn de waterstofopslagen belangrijk voor de robuustheid van het energiesysteem (ze bieden zowel leveringszekerheid op de korte termijn als voorzieningszekerheid op de langere termijn). De weergegeven behoefte is exclusief een eventuele strategische opslag.
- **Ondergrens van de waterstofopslagbehoefte:** Bij de ondergrens van de scenariostudies is niet alleen het aandeel van waterstof in het energiesysteem relatief beperkt, maar leveren de waterstofopslagen binnen het energiesysteem ook slechts beperkte diensten. Zo wordt dan bijvoorbeeld niet uitgegaan van de mogelijkheid om één of zelfs meerdere slechte weerjaren te (kunnen) overbruggen.
- **Projectenpijplijn:** In de figuur is ook de geboden opslagcapaciteit weergegeven vanuit de projecten die in voorbereiding zijn, ervan uitgaande dat deze allemaal succesvol gerealiseerd worden (Het HyStock-project en de potentiële doorgroei tot dertien opslagcavernes in 2040).

Figuur 8: Ontwikkeling van de gevraagde waterstof opslagcapaciteit. Op basis van verschillende studies en onderliggende scenario's: (TNO & EBN, 2021), (TNO, 2023b), (TNO, 2024), (Netbeheer Nederland, 2025), (Common Futures, 2023), (CE Delft, 2024).



In de verschillende energiesysteemstudies is sprake van een forse bandbreedte tussen de onder- en bovengrens van de gevraagde opslagcapaciteit. Dit varieert bij de studies en scenario's grofweg tussen de 4 en 29 TWh in 2050. De meest recente systeemstudie van de netbeheerders (gepubliceerd in mei 2025) gaat uit van een bandbreedte voor waterstofopslagcapaciteit tussen de

[33] RED III is de Europese Renewable Energy Directive. RFNBO staat voor Renewable Fuels of Non-Biological Origin. Voor de industrie zal van alle waterstof 42% in 2030 en 65% in 2035 moeten voldoen aan de RFNBO eisen. koolstofarme waterstof voldoet niet aan deze norm.

[34] Vanuit de RED III is vanaf januari 2030 de verplichting om vraag een aanbod van zon- en windenergie op uurbasis, in plaats van op maandbasis, te matchen. Dit zal de vraag naar opslag sterk drijven.

[35] De huidige ambitie van Nederland en G7 landen is dat er vanaf 2035 geen aardgas meer wordt gebruikt voor elektriciteitsproductie, dit wordt ook wel CO_2-vrij regelbaar vermogen genoemd.

7 en 19 TWh in 2050 (Netbeheer Nederland, 2025). Daarbij geldt dat in deze verschillende studies niet onderzocht is in hoeverre het ook haalbaar is of deze opslagcapaciteit daadwerkelijk gerealiseerd kan worden.

4.2 Huidige projecten en plannen leiden maximaal tot behalen van de onderkant van de bandbreedte

Ondanks de beschreven onzekerheden, is het duidelijk dat er een aanzienlijke groei van de waterstofopslagcapaciteit nodig is. Er wordt nu bij Zuidwending gewerkt aan de ontwikkeling van vier opslagcavernes (het HyStock-project, met de oplevering periode 2031-2037), waarbij er één caverne al is uitgeloogd. Daarnaast bestaat bij Nobian het voornemen om tot 2040 een werkvoorraad van nog eens negen aanvullende waterstofopslagcavernes te ontwikkelen bij Zuidwending-Oost. Om het ontwikkelen van aanvullende cavernes (naast de vier van HyStock) te stimuleren onderzoekt het Ministerie van Klimaat en Groene groei of hier middelen vanuit het Rijk voor gereserveerd kunnen worden.

In het gunstigste geval (indien alle opslagcavernes en installaties tijdig gerealiseerd worden) bevindt Nederland zich hiermee op een groeipad rond de onderkant van de bandbreedte van de opslagbehoefte (de lijn 'Projectenpijplijn' in Figuur 8). Dit toont zowel het belang van het slagen van deze projecten als de noodzaak om sneller te (kunnen) opschalen als het energiesysteem daarom vraagt.

Naast zoutcavernes is waarschijnlijk ook behoefte aan gasvelden voor ondergrondse waterstofopslag

In het grootste deel van de energiescenario's - binnen de waaier van mogelijke uitkomsten (zie Figuur 8) - zijn naast zoutcavernes ook gasvelden nodig om te kunnen voldoen aan de toekomstige opslagbehoefte. We verwachten namelijk dat er in Nederland op land een bovengrens is van enkele tientallen opslagcavernes die tot 2050 realistisch gezien gerealiseerd kunnen worden. Hiervoor gelden zowel technische als maatschappelijke grenzen:

- Op basis van de bestaande zoutverwerkingscapaciteit kunnen namelijk tussen 2030 en 2050 maximaal ongeveer 60 nieuwe opslagcavernes gerealiseerd worden (theoretische bovengrens, TNO, 2021). In een gedetailleerdere analyse op basis van doorlooptijden en zoutverwerkingscapaciteit geeft Nobian aan als bovengrens 16 opslagcavernes (van elk één miljoen kubieke meter) te kunnen realiseren tot 2040, inclusief de vier HyStock cavernes. Indien nieuwe winningsgebieden ontsloten worden en de zoutverwerkingscapaciteit vergroot wordt, dan kan dit aantal toenemen.
- Maatschappelijk gezien lijkt het niet realistisch dat het aantal opslagcavernes op land in Nederland de komende 25 jaar kan doorgroeien tot meer dan enkele tientallen.

Dit betekent dat er waarschijnlijk sprake zal zijn van **schaarste** aan opslagcavernes. Om deze hulpbron optimaal te benutten is het wenselijk om opslagcavernes waar mogelijk te reserveren voor waterstofopslag. Uitgaande van een realistisch maximum van enkele tientallen cavernes in 2050, zijn aan de bovenkant van de gevraagde opslagbehoefte ook enkele gasvelden nodig (het precieze aantal is sterk afhankelijk van de grootte van de gasvelden). Het is daarom wenselijk om in ieder geval op termijn, naast zoutcavernes, een deel van de waterstofopslagbehoefte te kunnen accommoderen in een **beperkt aantal gasvelden**.

Mocht Nederland ook **strategische waterstofopslag** (of een noodvoorraad) willen realiseren, dan zijn opslagen in gasvelden zeker noodzakelijk. Aangezien het naar verwachting ten minste vijftien jaar zal duren voordat een inzetbare opslag in een gasveld beschikbaar komt (zie paragraaf 5.2), is het belangrijk dat Nederland op korte termijn start met een demonstratieproject, om opslag in gasvelden tijdig beschikbaar te kunnen maken. Daarnaast biedt deze technologie een terugvaloptie (hoewel die pas later in tijd beschikbaar komt), mocht de ontwikkeling van opslagcavernes bedreigd worden bij het wegvallen van de zoutwinningsbedrijven (zie paragraaf 2.2.2).

Ook toegang tot **opslag in Duitsland** zou Nederland mogelijk kunnen helpen om te voldoen aan de opslagbehoefte. Duitsland werkt aan de ontwikkeling van waterstofopslagen in zoutcavernes en ziet mogelijkheden om binnen Europa een belangrijke rol te spelen met betrekking tot waterstofopslag (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2025). Hoewel Duitsland zelf veel van deze opslagcapaciteit nodig zal hebben en er ook Europese landen zijn met minder potentie in de eigen diepe ondergrond, kan dit ook voor Nederland kansen bieden. Dit geldt zeker voor de kortere termijn, mochten de Nederlandse waterstofopslagen niet tijdig beschikbaar komen. Hoofdstuk 9 gaat in op de bredere context in Noordwest-Europa.

4.3 Zeven hoofdoorzaken van de onzekerheid omtrent de opslagbehoefte

Er bestaat een forse onzekerheid omtrent de exacte omvang van de behoefte naar waterstof-opslagcapaciteit. Dit komt doordat nog niet vaststaat op welke manier we ons nieuwe energie-systeem precies inrichten en wanneer bepaalde ontwikkelingen plaatsvinden. Daarbij zijn nog veel factoren onbekend en moet het Rijk een aantal sturende keuzes nog maken. De studies hanteren dan ook verschillende uitgangspunten **om tot de toekomstige energiesysteem-scenario's te komen**.[36]

De volgende zeven aspecten vormen de belangrijkste onzekerheden (en keuzemogelijkheden in de inrichting van het energiesysteem) die bepalend zijn voor de omvang van de behoefte naar waterstofopslag:

1. **Gebruik van waterstof en het type waterstof** (hernieuwbaar, koolstofarm of fossiel): Hoeveel en welk type waterstof Nederland wanneer in het energiesysteem gaat gebruiken heeft veel invloed op de opslagbehoefte. Het gebruik van hernieuwbare (groene) waterstof verhoogt de opslagbehoefte, wanneer dit type waterstof wordt ingezet om productie van zonne- en wind te benutten om momenten dat er onvoldoende elektriciteitsvraag is (conform RED III). De productie hiervan kan niet goed inspelen op de vraag (deze is immers afhankelijk van het weer). Het gebruik van koolstofarme waterstof (uit aardgas met CO_2-opslag) leidt in mindere mate tot een toename van de opslagbehoefte, omdat de productie relatief constant is en tot op zekere hoogte kan meebewegen met de vraag. De behoefte aan opslag ontstaat dan voornamelijk vanwege leveringszekerheid en om korte termijn veranderingen in de vraag te kunnen opvangen. De beschikbaarheid van waterstofdragers kan de opslagbehoefte eveneens verlagen (ammoniakkrakers kunnen bijvoorbeeld flexibel inspelen op de vraag).
   a. De Europese RED III -doelstelling heeft hierbij grote invloed (die stelt de norm voor gebruik op 42 procent hernieuwbare waterstof door de industrie, waarbij de productie uit zon en wind moet correleren met de waterstofproductie). Mocht deze doelstelling afgezwakt worden of ook de inzet van koolstofarme waterstof toelaten, dan neemt de opslagbehoefte af. Op dit moment ontstaan er steeds meer signalen dat de industrie deze discussie afwacht voordat investeringen gedaan worden.
2. **CO_2-vrij regelbaar vermogen:** De hoeveelheid waterstof die we gebruiken voor regelbaar vermogen in het elektriciteitssysteem heeft grote invloed op de opslagbehoefte. Regelbaar vermogen omvat elektriciteitsproductiefaciliteiten (zoals elektriciteitscentrales op waterstof of aardgas) die snel kunnen inspelen op veranderingen in vraag of aanbod. Dit levert grote pieken op in waterstofvraag, waardoor buffers nodig zijn om op deze veranderingen in te kunnen spelen. Voor een bijdrage aan het streven naar een CO_2-neutraal elektriciteitssysteem in 2035 (zie Nationaal Plan Energiesysteem) moeten elektriciteitscentrales gebruik kunnen maken van waterstof.
3. **Strategische reserve:** Het aanhouden van een strategische waterstofreserve of een noodvoorraad is een beleidskeuze. Strategische waterstofopslag biedt bescherming tegen calamiteiten of geopolitieke ontwikkelingen. Dit verhoogt onze energieonafhankelijkheid en biedt bescherming tegen geopolitieke druk. Uiteraard vereist het aanhouden van strategische reserves veel waterstofopslagcapaciteit.
4. **Import/export:** Hoeveel waterstof wordt geïmporteerd en hoeveel waterstof is bestemd voor import. Het import- en exportprofiel (bijvoorbeeld constant of grillig) en keuzes rondom het type energiedrager hebben invloed op de benodigde opslagcapaciteit. Gelet op de ligging van de Rotterdamse haven[37] en de Eemshaven heeft Nederland de potentie om een belangrijke doorvoerrol voor waterstof(dragers) te spelen in Europa.
5. **Type afnemers:** Wanneer waterstof voornamelijk door de industrie gebruikt wordt (met een relatief vlak afnameprofiel) is minder opslag nodig dan wanneer ook andere sectoren waterstof gebruiken. Ook kunnen sommige afnemers wisselen tussen bijvoorbeeld aardgas en waterstof, wat flexibiliteit biedt. Vooral de gebouwde omgeving kent een meer seizoensgebonden profiel (zowel wat betreft inzet in gebouwen als voor piekvoorziening van warmtenetten). En indirect vraagt ook de elektrificatie van de gebouwde omgeving inzet van waterstof op piekmomenten in elektriciteitscentrales (zie punt 2). Het type afnemer heeft ook invloed op de gevraagde zuiverheid van de waterstof. Inzet als grondstof vergt een hogere kwaliteit dan verbranding.

[36] Daarbij hanteren de studies ook andere uitgangpunten voor de robuustheid van het gemodelleerde energiesysteem. Dit levert grote verschillen op als het gaat om benodigde opslagcapaciteit. Wanneer de opslag alleen een buffer moet vormen tijdens een gemiddeld weerjaar is de opslagbehoefte aanzienlijk lager dan bij een slecht weerjaar (weinig wind of zon) of zelfs meerdere opvolgende slechte weerjaren. Daarbij geldt dat in Figuur 12 strategische opslag niet is meegenomen.

[37] Op dit moment stroomt circa 13% van het energiegebruik van de EU door de Haven van Rotterdam. Een belangrijk deel van deze energie-import zal via waterstofdragers gaan lopen (tot 18 Mt H2-equivalent in 2050). De Haven van Rotterdam heeft verkend hoeveel opslag nodig is om deze waterstof te kunnen ontladen vanuit de schepen (~25-50 TWh). Omdat het gaat om waterstofdragers, deels bestemt voor doorvoer (naar onder andere Duitsland en België), is bovengrondse opslag de meest kansrijke optie. Bij 25 TWh opslag vergt dit indicatief 300 ha ruimte (5% van het havenoppervlak). Dit is substantieel, maar de verwachting is dat dit op termijn inpasbaar is (afgeleid van (Royal HaskoningDHV, 2025)). Dit is los van de opslagbehoefte die ontstaat vanuit de vraagzijde (zie daarvoor de hoofdtekst).

6. **Leveringszekerheid:** Wanneer een hogere mate van leveringszekerheid nagestreefd wordt kan meer opslag nodig zijn dan wanneer een systeem wordt ingericht waarbij een lagere leveringszekerheid acceptabel is (bijvoorbeeld in ruil voor lagere inkoopkosten). De mate waarin Nederland zelfstandig (meerdere) ongunstige weerjaren moet kunnen doorstaan heeft significante invloed op de benodigde opslagcapaciteit.
7. **Flexibiliteitsopties:** De mate waarin andere flexibiliteitsoplossingen ontwikkeld worden heeft een directe relatie met de behoefte aan waterstofopslagcapaciteit. Er zijn mogelijkheden aan de kant van waterstofproductie (zoals ammoniakkrakers of waterstofproductie uit aardgas in combinatie met CCS) en aan de afnamekant (zoals *demand response* en inzet op andere vormen van opslag (meer batterijen, warmteopslag, etc.).

Bij elk van deze aspecten geldt dat er nog keuzes gemaakt moeten worden over de manier waarop het energiesysteem hier invulling aan geeft. Hierdoor zijn er nog te veel bewegende panelen om een uitspraak te doen over de precieze behoefte aan waterstofopslagcapaciteit en de timing ervan.

Wel is duidelijk dat de huidige projecten optellen tot ongeveer de ondergrens van de bandbreedte van de opslagbehoefte (mits ze allemaal succesvol gerealiseerd worden). Het is daarom van groot belang om deze projecten te realiseren en zo te borgen dat Nederland ten minste het minimale scenario (‘de ondergrens’) kan faciliteren.

5 De uitdagingen om waterstofopslag van de grond te krijgen vereisen een sturende rol van het Rijk

5.1 Inzet van ondergrondse waterstofopslag is onderdeel van een grotere opgave

Het stimuleren en faciliteren van ondergrondse waterstofopslag staat niet op zichzelf, maar is onderdeel van de gehele energietransitie en klimaatopgave. Daarnaast draagt ondergrondse waterstofopslag bij aan onze strategische onafhankelijkheid van energie en industriële productiecapaciteit. De inzet vindt dan ook plaats in nauwe afstemming, zowel binnen het Rijk als met andere partijen die aan deze opgave werken. Onderstaand kader geeft op hoofdlijnen weer hoe deze agenda over ondergrondse waterstofopslag zich verhoudt tot de klimaatdoelen en bestaande beleidskaders.

Toelichting op de belangrijkste doelen, samenwerking en beleidskaders binnen de energietransitie

Op basis van het **Klimaatakkoord van Parijs** (2015) heeft de Europese Unie het doel om in 2050 klimaatneutraal te zijn verankerd in de Europese Klimaatwet. Hierbij is ook een wettelijk tussendoel gesteld van 55% broeikasgasreductie in 2030. Nederland heeft deze klimaatdoelen overgenomen en vastgelegd in een eigen Klimaatwet.

Het is een enorme opgave om ons gehele energiesysteem binnen één generatie om te bouwen van een op fossiel gebaseerd systeem naar een duurzaam systeem.
Het Rijk werkt dan ook samen met een brede coalitie van bedrijven, medeoverheden en andere organisaties aan deze opgave. Het **Klimaatakkoord** (2019), ondertekend door 76 partijen, ligt aan de basis van deze samenwerking.

Het **Nationaal Plan Energiesysteem** (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2023) is richtinggevend voor de ontwikkeling van het nieuwe energiesysteem.
Hierin zijn keuzes gemaakt over de manier waarop de verduurzaming van ons energiesysteem vorm krijgt en welke belangrijke keuzes daarbij gemaakt zijn. Zo biedt het NPE belanghebbenden handelingsperspectief over wat er op hen af komt en van hen verwacht wordt bij de uitvoering en realisatie van het veranderende energiesysteem. Met betrekking tot een energie-hoofdinfrastructuur zijn keuzes gemaakt in het **Programma Energiehoofdinfrastructuur** (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat en Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2024). Parallel worden met de grote industrie **Maatwerkafspraken** gemaakt om te verduurzamen.

Binnen het toekomstig energiesysteem speelt waterstof een systeemrol. De inzet vanuit het Rijk wordt gecoördineerd binnen het **Nationaal Programma Waterstof** en de **Nationale waterstofstrategie**.

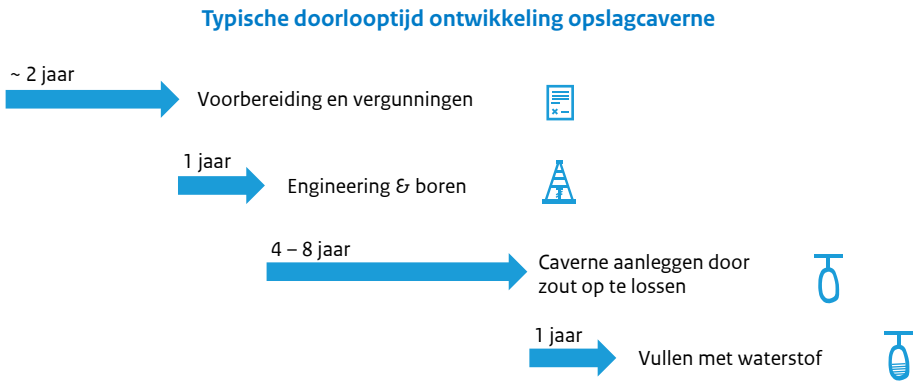
Energieopslag is een essentiële component in het nieuwe energiesysteem.
Waar Nederland nu sterk leunt op aardgas om vraag en aanbod in balans te houden, zal deze rol in de toekomst overgenomen worden door onder andere batterijopslag, ondergrondse warmteopslag, meer flexibiliteit in productie en afname van energie, en door ondergrondse waterstofopslag. De **Routekaart Energieopslag** (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2023) geeft de ontwikkelrichting en mijlpalen om te komen tot voldoende energieopslagcapaciteit in het systeem. Deze routekaart wordt momenteel geactualiseerd. De voorliggende agenda vormt daarbij een verdieping op de ondergrondse opslag van waterstof.

Ondergrondse waterstofopslag raakt niet alleen aan het energiesysteem, maar is ook een vorm van mijnbouw. Naast de genoemde beleidskaders, vormen de **Mijnbouwwet** en de lopende actualisatie daarvan het wettelijke kader waarbinnen ondergrondse opslag plaats moet vinden. Het uitgangspunt daarbij is dat de opslag alleen plaats kan vinden wanneer vaststaat dat dit veilig en verantwoord kan gebeuren. Een goede boven- en ondergrondse inpassing zijn van belang bij ontwikkeling van mijnbouw-activiteiten. In het **Programma Duurzaam Gebruik Diepe Ondergrond** wordt nader uitgewerkt waar mijnbouwactiviteiten kunnen plaatsvinden en onder welke voorwaarden. En in het Programma Energie Hoofdinfrastructuur II worden de implicaties voor de energie-infrastructuur uitgewerkt.

5.2 Ondergrondse waterstofopslagen kennen lange ontwikkeltijden waardoor nu gestart moet worden met operationele inzet voor 2035 en daarna

Het duurt lang om een ondergrondse waterstofopslag te realiseren. Zeker voor de eerste projecten geldt ook nog eens dat succes niet verzekerd is. De ontwikkeltijd voor opslagcavernes binnen bestaande concessiegebieden voor zoutwinning bedraagt ongeveer **tien jaar**. Figuur 9 toont hiervoor de doorlooptijden voor de vergunningsprocedures, pekelwinning, bouw van de installaties en het vullen met kussengas.[38] Als een dergelijk project nu geïnitieerd wordt, is dit dus pas rond **2035 operationeel** (als het volgens planning verloopt).

Figuur 9: Indicatie van de doorlooptijd voor de ontwikkeling van een zoutcaverne geschikt voor waterstofopslag in een gebied waar reeds een zoutwinningsvergunning is.



In gebieden waar nog geen zoutwinning plaatsvindt, is de ontwikkeltijd nog langer. In die gevallen zijn een opsporingsvergunning, een proefboring en de bouw van zoutinfrastructuur nodig. De totale ontwikkeltijd bedraagt dan ongeveer vijftien jaar (onderzoek van Nobian). Projecten in zoutstructuren waar nog geen vergunningen voor zijn, zijn dus op zijn vroegst pas rond **2040 operationeel**.

Voor opslag in gasvelden, een technologie die nog minder ver uitontwikkeld is, zijn de ontwikkeltijden voor commerciële toepassing ten minste tien tot 15 jaar. In het geval van een snelle start van een demonstratieproject[39] zouden deze eind 2030 afgerond kunnen worden (EBN, 2025a). Daarna is nog enkele jaren doorontwikkeling nodig om tot een commerciële opslag te komen. Dit betekent dat de eerste commerciële waterstofopslag in een gasveld op zijn vroegst **tussen 2035 en 2040** beschikbaar kan komen.

Hoofdstuk 4 liet zien dat de behoefte aan opslagcapaciteit, ondanks alle onzekerheden, vanaf 2035 - 2040 aanzienlijk toeneemt. Dit lijkt nog ver weg, maar gelet op de lange ontwikkeltijden moeten nu stappen gezet worden om in deze behoefte te kunnen voorzien. Ondanks de onzekerheid over de vraag hoe ons energiesysteem er in de toekomst precies uit zal zien, is het nodig hier nu al strategische keuzes in te maken. Dit vergt gerichte inzet op basis van een langetermijnperspectief.

5.3 Nog onvoldoende randvoorwaarden voor bedrijven om te kunnen investeren

Het waterstofsysteem kan pas goed functioneren als de gehele keten compleet is. Met betrekking tot ondergrondse waterstofopslag zijn de volgende randvoorwaarden noodzakelijk:

1. **Regelgeving** die vooraf voldoende duidelijke kaders geeft waarbinnen projecten realiseerbaar zijn. Daarbij moeten stappen gezet worden op het:
   a. bieden van meer duidelijkheid over de specifieke veiligheidseisen en vergunnings-procedures, met meer zekerheid en snelheid in de doorlooptijden;
   b. zorgdragen voor een betere dynamiek tussen vergunningverlener, toezichthouder en initiatiefnemer, waarbij ruimte is om gezamenlijk al doende te leren;
   c. maken van lange termijn beleid, Dit biedt de zekerheid dat de spelregels tijdens de ontwikkeling van projecten niet (te veel) veranderen.
2. **Maatschappelijke inbedding:** Oog hebben voor de wensen en zorgen uit de omgeving en werken aan een goede verdeling tussen de lusten en de lasten voor lokale belanghebbenden. Dit draagt bij aan de acceptatie van nieuwe ontwikkelingen.
3. **Financiële haalbaarheid:** Het marktrisico is op dit moment nog niet in te schatten voor marktpartijen. Door grote onzekerheden zijn marktpartijen niet bereid langjarige afname- of

[38] Kussengas is het gas dat nodig is om de opslag op voldoende druk te houden om te kunnen opereren. Dit kussengas blijft permanent in de opslag.
[39] Bij een start van de voorbereidingen in 2025 kan het demonstratieproject op zijn vroegst afronden in 2030. Daarna dient doorontwikkeling tot een daadwerkelijk operationele opslag plaats te vinden.

gebruikscontracten af te sluiten. Dit weerhoudt private partijen om te investeren, het risico is te groot. Toch moeten de investering nu gedaan worden als voorwaarde voor een werkend systeem. Dit vergt overheidssteun in de vorm van voldoende risicoafdekking *(de-risking)* in de fase dat er nog onvoldoende markt is.

Zolang niet aan deze randvoorwaarden wordt voldaan, zijn bedrijven terughoudend om investeringen te doen. Want veelal leveren bedrijven een enkele schakel binnen het systeem (bijvoorbeeld productie of afname). Zolang er onvoldoende zekerheid is wanneer alle elementen van het systeem functioneren, zijn de bedrijfsmatige risico's (te) groot en wachten de marktpartijen op elkaar en op de overheid om stappen te zetten. Het realiseren van de waterstofopslagen zijn hierin geen uitzondering. Er is sprake van een klassiek 'kip-ei' probleem.

5.4 Doorbreken patstelling ondergrondse waterstofopslag vereist sturende rol van het Rijk

Als de markt de beoogde veranderingen niet in gang zet terwijl deze maatschappelijk wel wenselijk is, is een actieve(re) rol voor de overheid weggelegd. De volwassenheid van ketens en markten is hierin een belangrijke factor. Voor de ontwikkeling van de waterstofketen is dan ook een hoge mate van sturing en inzet door het Rijk en andere overheden nodig.

Uitgangspunt voor deze sturing vanuit het Rijk zijn de **publieke belangen** waar het energiesysteem aan moet voldoen: betrouwbaarheid, betaalbaarheid, duurzaamheid en veiligheid.

Er is met veel partijen gesproken over de vraag wat vanuit het Rijk nodig is voor (de ontwikkeling van) ondergrondse opslag van waterstof. De opgave is complex en oplossingen zijn niet eenvoudig. Dat neemt niet weg dat er ondanks de onzekerheden toch keuzes moeten maken om de transitie tijdig en effectief te realiseren. De rode draad hierbij bestaat uit drie elementen:

1. **Integraal werken vanuit de opgave:** BBedrijven hebben slechts invloed op ontwikkeling van bepaalde onderdelen binnen de waterstofketen. Tegelijkertijd zijn de spelregels nog onduidelijk. Dit geeft onzekerheid en maakt ze sterk afhankelijk van ontwikkelingen buiten hun invloedsfeer. Om de zekerheid te bieden dat projecten kansrijk zijn, is het noodzakelijk dat het Rijk stuurt op ontwikkeling van de waterstofketen vanuit een integraal en lange termijnperspectief.
   Op dit moment is de werkwijze van het Rijk rond ontwikkeling van de waterstofketen in belangrijke mate sectoraal georganiseerd met een nadruk op een sectorale verdeling van verantwoordelijkheden voor taken, projecten en rollen (zoals vergunningverlening, energiemarkt of realisatie van projecten). Dit maakt het moeilijker om in te spelen op snel veranderende ontwikkelingen.
   Het antwoord hierop is een meer opgavegerichte werkwijze binnen de sturing op de waterstofketen. Door de opgave centraal te stellen, volgt logischerwijs welke resultaten behaald moeten worden en welke activiteiten en projecten daarvoor nodig zijn. Dit maakt een meer gerichte en flexibele inzet van mensen en middelen mogelijk.
   Bij activiteiten in de diepe ondergrond speelt de samenwerking met de toezichthouder een belangrijke rol. Het vereist vertrouwen tussen de operator, het ministerie en de toezichthouder om samen op te trekken en te leren van de eerste projecten.
2. **Maatschappelijke inbedding vereist maatwerk:** In dialoog met omwonenden en lokale belanghebbenden kan gewerkt worden aan wederzijds begrip en een acceptabele verdeling van lusten en lasten voor alle partijen. Een dergelijk gebiedsproces vereist maatwerk en nauwe samenwerking tussen het Rijk, decentrale overheden, omwonenden en de ontwikkelaars (zie ook Hoofdstuk 8).[40]
3. ***De-risking* van opslaginfrastructuur:** In deze vroege fase, waarin geïnvesteerd wordt in een zich ontwikkelende markt zijn de marktrisico's lastig in te schatten. Dat geldt zowel voor de marktpartijen als de overheid. Er is sprake van marktfalen en dit weerhoudt marktpartijen ervan om investeringsbeslissingen te nemen. Van oudsher zijn overheden dan ook een belangrijke (voor)financier van infrastructuur. Met betrekking tot de waterstofketen zijn het transportnetwerk en de opslagen onderdeel van de benodigde infrastructuur. Zonder de opslag kan het transportnetwerk niet goed functioneren. Het is dan ook noodzakelijk om de eerste opslagprojecten in zoutcavernes en gasvelden actief aan te jagen en financieel te ondersteunen.[41] De eerste stap hierbij is de maatwerkbeschikking waaraan wordt gewerkt voor de realisatie van HyStock. Ook volgende projecten, zoals aanleg van een werkvoorraad van opslagcavernes en een demonstratieproject in een gasveld hebben aanvullende financiering nodig. Er zal in de komende jaren voldoende ondersteuning voor infrastructuur en opslag beschikbaar moeten komen zodat waterstofopslagcapaciteit geen belemmerende factor wordt voor het tempo van de energietransitie. Daarbij is het onvermijdelijk dat de staat in de aanloopfase een deel van de risico's draagt. Dat is te rechtvaardigen omdat de potentiële voordelen ook gelden voor de gehele maatschappij.

[40] RVO werkt ook aan een handleiding om te werken vanuit gebiedsprocessen. Deze wordt nog gepubliceerd.

[41] Waarbij geldt dat het transportnetwerk een natuurlijk monopolie is. Dit geldt niet noodzakelijkerwijs het geval bij opslag. Voor opslag is de verwachting dat verder in de tijd er wel meermarktwering zal optreden, zoals ook bij andere opslagen van energiedragers. Latere opslagprojecten hebben daarom naar verwachting geen of minder financiële ondersteuning nodig.

Deze drie elementen vormen de **uitgangspunten voor de het handelingsperspectief** dat deze agenda biedt op de ontwikkeling van ondergrondse waterstofopslag. Concreet staan deze uitgangspunten **aan de basis van de ontwikkelstrategie** (Hoofdstuk 7) met mijlpalen en acties (Hoofdstuk 10).

6 Gezien de onzekerheden zijn er verschillende toekomstbeelden mogelijk

Dit hoofdstuk beschrijft twee toekomstbeelden waarin het in al dan niet gelukt is om waterstofopslagcapaciteit te realiseren. Vanuit deze twee toekomstbeelden worden de implicaties voor het energiesysteem en de maatschappij verkend. De beschikbaarheid van waterstofopslagcapaciteit heeft namelijk implicaties voor de gehele energietransitie en beïnvloedt welke keuzes gemaakt moeten worden in de ontwikkeling van het energiesysteem.

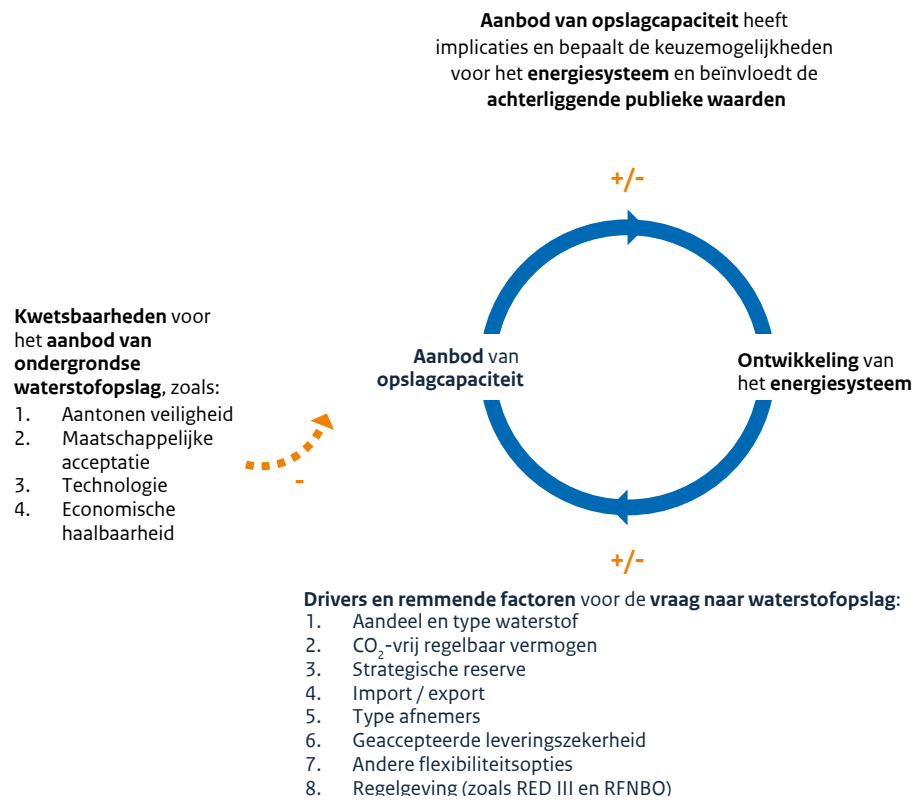
6.1 Scenario-denken biedt onvoldoende houvast door onzekerheden in zowel vraag als aanbod van waterstofopslag

Het blijkt nog niet goed te voorspellen op welk moment de behoefte aan ondergrondse waterstofopslagcapaciteit ontstaat en hoe groot die zal zijn. Ook het aanbod van waterstof-opslagcapaciteit is nog onzeker. De markt zal de eerste waterstofopslagen niet tijdig en zelfstandig ontwikkelen (zie Hoofdstuk 5).

Realisatie van de eerste opslagen en de opschaling daarna vergt inzet van het Rijk en andere partijen op thema's zoals het maken van beleidskaders, regelgeving, technologie, markt-ontwikkeling en infrastructuur. Daarnaast zijn er risico's die de ontwikkeling bedreigen. De investeringsbereidheid in een onvolwassen markt, lange vergunningprocedures en weerstand door omwonenden zijn daarvan enkele voorbeelden. Figuur 10 geeft deze wisselwerking tussen onzekerheden aan de vraagzijde, de aanbodzijde en de externe bedreigingen schematisch weer.

Het duiden van de toekomst met behulp van energiescenario's biedt in dit geval onvoldoende houvast. Er zijn nog teveel bewegende factoren om aan de hand daarvan een realisatiepad uit te stippelen met beleid en projecten.

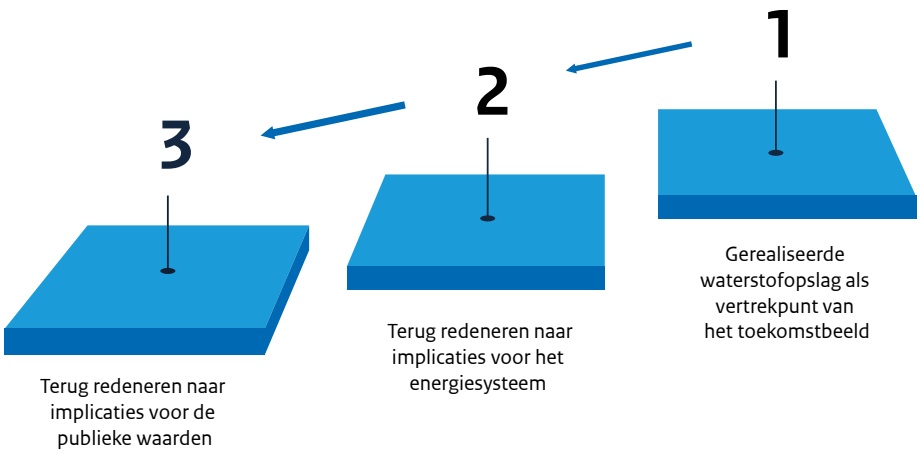
Figuur 10: Gerealiseerde opslagcapaciteit beïnvloedt de ontwikkeling en keuzemogelijkheden van het energiesysteem en de ontwikkeling van het energiesysteem beïnvloedt op haar beurt de gerealiseerde opslagcapaciteit.



6.2 Terugredeneren vanuit toekomstbeelden helpt om implicaties inzichtelijk te maken

Omdat scenariodenken in deze context onvoldoende houvast biedt, is een andere aanpak toegepast. Er zijn twee hypothetische toekomstbeelden geschetst (zichtjaar 2050) waarin het simpelweg wel of niet gelukt is om in Nederland waterstofopslagen te ontwikkelen. Van daaruit kan kwalitatief gekeken worden naar de effecten die we verwachten op het energiesysteem en hoe dit onze keuzemogelijkheden in het heden en de nabije toekomst kan beïnvloeden.
Tot slot is beschouwd hoe dit invloed heeft op de publieke belangen die ten grondslag liggen aan ons energiesysteem (duurzaamheid, betrouwbaarheid, veiligheid). Figuur 11 illustreert deze aanpak.

Figuur 11: Het proces waarbij vanuit toekomstbeelden terug geredeneerd is naar de implicaties voor de rest van het energiesysteem.



6.3 De implicaties van het aanbod van waterstofopslagcapaciteit voor het energiesysteem

Tabel 1 geeft een samenvatting van de toekomstbeelden, inclusief een schets van de effecten op het energiesysteem en de publieke belangen. De tabel illustreert dat de beschikbaarheid van waterstofopslagcapaciteit belangrijke implicaties heeft voor de wijze waarop het energiesysteem ingericht wordt en keuzemogelijkheden die zich daarbinnen bevinden.

Hieruit volgt dat ondanks dat nog niet te zeggen is hoeveel opslag er op welk moment precies nodig zal zijn, is het duidelijk dat **enige mate van opslag belangrijk is** voor een goed en efficiënt functionerend energiesysteem.

Indien ondergrondse waterstofopslag **niet ontwikkeld wordt, heeft dit belangrijke implicaties voor de voortgang van de energietransitie en de keuzemogelijkheden** om ons energiesysteem in te richten. Dit leidt waarschijnlijk tot een grotere energie-afhankelijkheid van andere landen, een energiesysteem dat kwetsbaarder is voor externe en geopolitieke ontwikkelingen en hogere kosten voor de ontwikkeling van het energiesysteem.

Tabel 1: Samenvatting van de twee toekomstbeelden met implicaties voor het energiesysteem en de publieke belangen

Toekomstbeeld 1: **MET ondergrondse waterstofopslagcapaciteit**	**Toekomstbeeld 2:** **ZONDER ondergrondse waterstofopslagcapaciteit**
In dit toekomstbeeld wordt enige ondergrondse waterstofopslag gerealiseerd. Waterstof speelt een systeemrol in het energiesysteem, waarbij een hernieuwbare elektriciteit wordt omgezet in waterstof. De ondergrondse waterstof opslagen dragen bij om vraag en aanbod in balans te houden.	In dit toekomstbeeld is er in 2050 geen ondergrondse waterstofopslag in Nederland. Flexibiliteit wordt op andere wijze ingevuld. De systeemrol van waterstof is kleiner.
Deze functies worden door ondergrondse opslag van waterstof geborgd: ☑ Handhaven **balans** in transportsysteem ☑ Borgen leveringszekerheid op **korte termijn** ~ Borgen voorzieningszekerheid over de **seizoenen** ? **Strategische** voorzieningszekerheid ☑ Bevorderen **marktwerking** en efficiëntie **energiesysteem**	**Deze functies worden niet door ondergrondse opslag van waterstof geborgd:** (maar kunnen wel door andere flexibiliteitsmiddelen gedekt worden) ☒ Handhaven **balans** in transportsysteem ☒ Borgen leveringszekerheid op **korte termijn** ☒ Borgen voorzieningszekerheid over de **seizoenen** ☒ **Strategische** voorzieningszekerheid ☒ Bevorderen **marktwerking** en efficiëntie **energiesysteem**
• Basale aspecten van de waterstofketen en de backbone kunnen functioneren • Faciliteert inzet binnenlandse productie hernieuwbare waterstof • Maakt relatief grote rol voor waterstof in het energiesysteem mogelijk en weinig *curtailment* hernieuwbare elektriciteitsproductie • Waterstof beschikbaar als grondstof en brandstof voor industrie en CO_2-vrij regelbaar vermogen • Draagt bij aan robuust en stabiel energiesysteem, zowel om energietekorten als prijspieken te voorkomen • Biedt op lange termijn perspectief voor systeemrol van Nederland in het Europese waterstofsysteem	• Energiesysteem moet op andere wijze ingericht dan nu voorzien • Noodzaak voor ontwikkeling andere flexibiliteitsoplossingen • Relatief veel *curtailment* remt groei eigen zon en wind • Daardoor meer energie-import en afhankelijkheid van andere landen • Sterker afhankelijk van opslagen in het buitenland (indien beschikbaar). • Bestaande aardgasopslagen blijven in gebruik voor benodigde opslagcapaciteit. • Rol aardgas (met CO_2-opslag), blauwe waterstof en geïmporteerde waterstofdragers neemt toe • Eventueel op termijn waterstof van kerncentrales • Meer investeringen in elektriciteitsnet nodig
• **Betrouwbaar:** Opslagen dragen bij aan voorzieningszekerheid en bieden bescherming tegen geopolitieke ontwikkelingen • **Betaalbaar:** Ondergrondse waterstofopslag leidt tot lagere kosten energiesysteem1, helpt prijspieken voorkomen en biedt perspectief voor verduurzaming industrie • **Duurzaam:** Klimaatdoelen blijven haalbaar	• **Betrouwbaar:** Sterkere afhankelijk van energie-import en waterstofopslag in het buitenland. Systeem is kwetsbaarder voor prijspieken en tekorten; vormt risico voor de voorzieningszekerheid. Ook mogelijk langer netcongestieproblematiek. • **Betaalbaar:** Vermoedelijk leidt dit tot hogere totale kosten van de energietransitie1. En de concurrentiepositie van industrie die niet (tijdig) kan verduurzamen neemt af. • **Duurzaam:** Tijdig behalen klimaatdoelen wordt onzekerder. Nederland is in grotere mate afhankelijk van het buitenland voor de invulling, snelheid en kosten van de energietransitie. De inzet van waterstof voor CO_2-vrij regelbaar vermogen lijkt niet waarschijnlijk.

Toelichting op de implicaties indien ondergrondse waterstofopslag niet wordt gerealiseerd

Afname van keuzevrijheid: Zonder enige vorm van ondergrondse waterstofopslagcapaciteit moeten wij het energiesysteem op een andere wijze inrichten dan het pad dat Nederland nu is ingeslagen. Onze keuzevrijheid neemt af en de noodzaak voor ontwikkeling van alternatieve flexibiliteitsoplossingen neemt sterk toe. Opslag van waterstof in buurlanden kan tot op zekere hoogte een alternatief bieden.

De systeemrol van hernieuwbare waterstof wordt naar verwachting kleiner en er komt meer nadruk te liggen op de import van waterstofdragers en koolstofarme waterstofproductie (hoewel ook dat enige vorm van opslag vereist). De omliggende landen zullen waarschijnlijk ook een grotere rol spelen om voldoende flexibiliteit in het toekomstige energiesysteem te brengen. De productie van koolstofarme waterstof vereist daarnaast import van aardgas en CO_2-opslag. Ook komt er waarschijnlijk (nog) meer nadruk te liggen op het elektriciteitssysteem en warmtenetten.

Minder eigen energieproductie: Nederland zal naar verwachting minder eigen energie produceren. Dit komt doordat er zonder opslag in Nederlan minder vraag naar hernieuwbare waterstof is. En naar verwachting kan niet al deze Nederlandse elektriciteit naar omliggende landen gexporteerd worden. Het aanbod is in de tijd minder goed te verbinden met de vraag. Dat maakt investeringen in elektrolysers minder aantrekkelijk en is er op steeds meer momenten onvoldoende afname van zonne- en windstroom. Omdat zonne- en windenergie dan minder rendeert zal dit naar verwachting de groei van deze energiebronnen remmen (TNO, HyXchange, Berenschot, 2024), (TNO, Arcadis, 2025). Ook wordt het hierdoor uitdagender om te voldoen aan de RED III-norm van 42% hernieuwbare waterstof voor de industrie in 2030 (en 60% in 2035).

Toename van energieafhankelijkheid: Nederland wordt waarschijnlijk afhankelijker van het buitenland om te kunnen voorzien in onze energiebehoefte. In plaats van eigen duurzame energieproductie is meer import van waterstof(dragers) nodig. Ook is het plausibel dat het fossiele systeem (in combinatie met met CO_2-opslag) langer een belangrijke rol blijft spelen. De eigen waterstofproductie bestaat voor een groter deel uit koolstofarme waterstof in combinatie met de import van aardgas en CO_2-opslag. De bestaande *aardgas*opslagen kunnen daarbij de benodigde buffercapaciteit bieden. **In dit toekomstbeeld is het voor Nederland van belang dat onze eigen aardgasopslagen in gebruik blijven** en dat EU-regelgeving de inzet van koolstofarme waterstof niet belemmert. Kernenergie kan op de langere termijn mogelijk helpen om minder afhankelijk te worden van energie-import.[42]

Nederland wordt afhankelijker van andere landen en naar verwachting kwetsbaarder voor prijspieken en energietekorten (zoals bij een 'dunkelflaute' of geopolitieke gebeurtenis). Dit vormt een risico voor onze leveringszekerheid en de stabiliteit van het energiesysteem.

Minder invloed op de voortgang van de energietransitie: Door de grote afhankelijkheid van andere landen heeft Nederland minder invloed op de invulling, snelheid en kosten van de energietransitie. Dit introduceert onzekerheden, waardoor er minder grip is op het tijdig behalen van de klimaatdoelen.

Netcongestieproblematiek: Elektrolysers kunnen een rol spelen om netcongestieproblematiek te voorkomen (mits op de juiste plek geplaatst). Ook kan er binnen de industrie meer nadruk komen te liggen op CO_2-opslag en elektrificatie. Dit kan betekenen dat de netcongestie-problematiek langer aanhoudt.

Continuiteit industrie: De afwezigheid van waterstofopslag vormt indirect een risico voor de continuiteit van de industrie. Waterstofopslag vormt namelijk een belangrijke schakel binnen de waterstofketen. De ontwikkeling van deze keten is belangrijk voor de industrie om te kunnen verduurzamen. En de verduurzaming van de industrie kent een deadline. Het risico ontstaat als volgt:

a. De industrie moet betaalbare en competitieve toegang hebben tot infrastructuur die verduurzaming mogelijk maakt (via waterstof, elektrificatie of CO2-opslag). Het emissie-handelssysteem (EU ETS) verplicht de Europese industrie om uitstootrechten te kopen voor de eigen uitstoot van broeikasgassen.
b. Volgens een vastgesteld tijdpad worden deze uitstootrechten stapsgewijs uit de markt genomen. Hierdoor stijgen de kosten van fossiel energiegebruik door de industrie. Ergens tussen 2030 en 2040 zal de prijs van fossiele waterstof hoger komen te liggen dan die van koolstofarme en uiteindelijk ook hernieuwbare waterstof.
c. Industrie die nu fossiele waterstof gebruikt zal dan over willen stappen op duurzame waterstof. Kort daarna zal ook andere industrie die afhankelijk is van aardgas (en die niet inzet op elektrificatie) over moeten stappen op hernieuwbare of koolstofarme waterstof (of andere duurzame energiebronnen).

[42] Afgezien van de benodigde import van uranium.

d. Overstap op hernieuwbare of koolstofarme waterstof is alleen mogelijk indien de gehele duurzame waterstofketen (aanbod, transportinfrastructuur en opslag) dan ook daadwerkelijk voor deze bedrijven beschikbaar is.
e. Het duurt jaren om deze infrastructuur te ontwikkelen. De industrie zelf kan en zal deze investeringen niet nu al in gang zetten. De risico's zijn te groot en de investeringshorizon is dermate lang, dat de markt dit niet zelfstandig kan uitvoeren.

Wanneer gewacht wordt met de ontwikkeling van de infrastructuur totdat de vraag vanuit de industrie ontstaat, kan dit daarom te laat zijn. Dit vormt een risico voor het behoud van de (Europese) industrie (Draghi, 2024), (European Commission, 2025) (Netbeheer Nederland, 2023).

Hogere maatschappelijke kosten van de energietransitie: De totale kosten van de energietransitie nemen waarschijnlijk toe als gevolg van de keuzes die in het energiesysteem gemaakt moeten worden als er niet tijdig ingezet wordt op ondergrondse waterstofopslag. Verschillende studies tonen aan dat de totale maatschappelijke kosten van het energiesysteem zonder ondergrondse waterstofopslag miljarden euro's hoger kunnen uitvallen (CE Delft, 2024), (TNO, 2023a), (TNO, 2023b).

7 Ontwikkelstrategie voor ondergrondse waterstofopslag

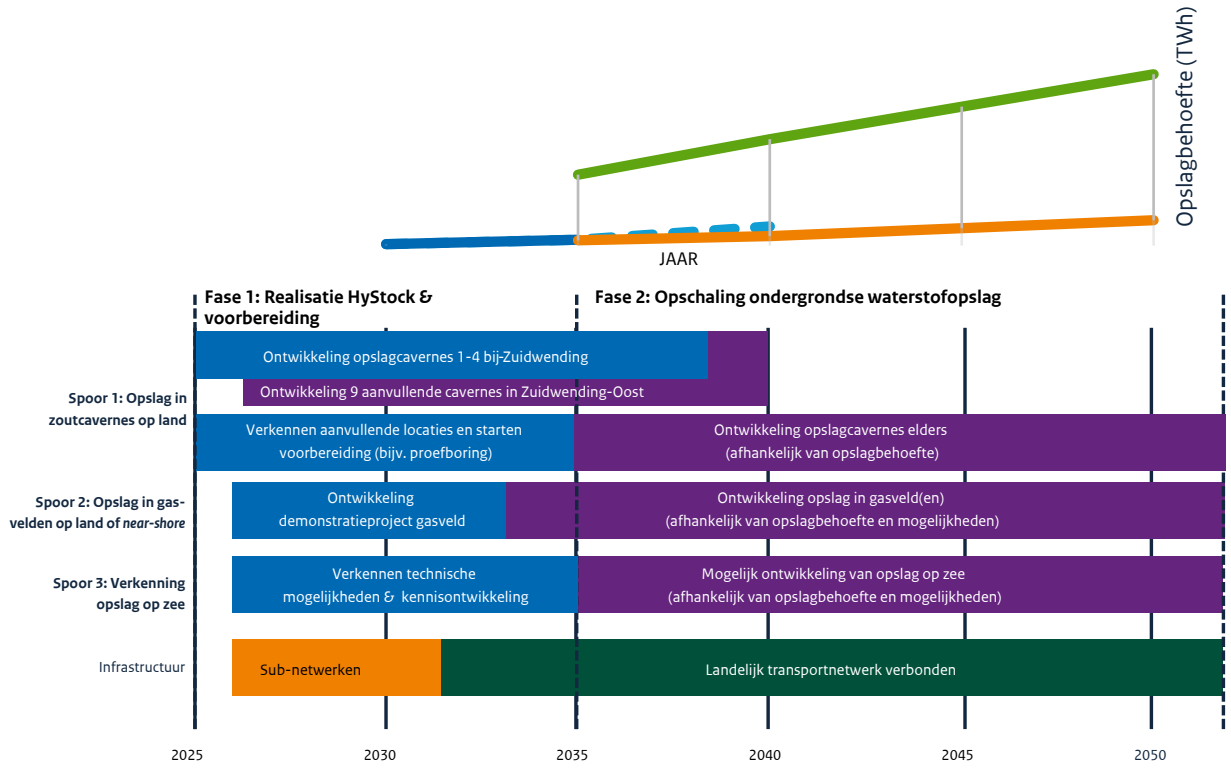
Dit hoofdstuk schetst de ontwikkelstrategie om te komen tot voldoende opslagcapaciteit van waterstof. De kern van de strategie is enerzijds om ervoor te zorgen dat de ondergrens van de gevraagde opslagcapaciteit daadwerkelijk en tijdig gerealiseerd wordt en anderzijds dat er indien nodig een snelle opschaling van de opslagcapaciteit mogelijk is. Dit vraagt om een **adaptieve ontwikkelstrategie**.

Daarmee wordt voorkomen dat het tweede toekomstbeeld uit het vorige hoofdstuk (geen opslag) realiteit wordt, en kunnen we ernaar toewerken om het eerste toekomstbeeld te realiseren (enige of voldoende opslag).

Figuur 12 vat de ontwikkelstrategie samen. De strategie bestaat uit **drie werksporen**:
1. Opslag in zoutcavernes op land.
2. Opslag in gasvelden op land of *near-shore* (dichtbij de kust).
3. Opslag op zee (ver van de kust).

Hieronder wordt op hoofdlijnen de ontwikkelstrategie beschreven aan de hand van de werksporen. Hoofdstuk 10 gaat vervolgens in op de concrete acties, projecten en mijlpalen die binnen deze sporen uitgewerkt kunnen worden.

Figuur 12: Schematische weergave van de ontwikkelstrategie verdeeld in drie sporen.



7.1 Spoor 1: zoutcavernes op land

Binnen dit spoor staat de realisatie van het HyStock-project centraal. Parallel worden er voorbereidingen getroffen die verdere opschaling van de opslagcapaciteit in Nederland mogelijk maken. Dit zijn verkennende en voorbereidende werkzaamheden voor de aanleg van een werkvoorraad van cavernes, het ontwikkelen van passende beleidskaders, (faciliteren bij) het in gang zetten van proefboringen voor nieuwe locaties en de ontwikkeling van een demonstratieproject van waterstofopslag in een gasveld.

Aangezien de ontwikkeltijd van opslagprojecten een periode van minimaal tien tot vijftien jaar bestrijkt, is het noodzakelijk om hier nu mee te starten. Omdat het gaat om voorbereidende werkzaamheden zijn de **maatschappelijke kosten** hiervan **relatief beperkt**. Door deze voorbereidende ***'no regret'*-maatregelen** tijdig te treffen, blijven de opties over de inrichting van ons energiesysteem open en wordt de mogelijkheid gecreëerd om vanaf 2035 de opslagcapaciteit indien nodig snel te kunnen opschalen.

Het eerste spoor bestaat uit drie onderdelen: HyStock, Zuidwending-Oost en de voorbereiding van mogelijke aanvullende opslagcavernes op land.

1. **HyStock:** Gasunie ontwikkelt de eerste ondergrondse waterstofopslaginstallatie in Nederland. De installatie zal moeten bestaan uit een bovengrondse installatie en in totaal vier waterstofopslagcavernes die door Nobian worden gecreëerd. Gasunie en Nobian ontwikkelen de eerste vier waterstofopslagcavernes van Nederland. Het project is van nationaal belang verklaard en valt onder de projectprocedure. Gezien de financiële onzekerheden heeft het Rijk een risicovoorziening beschikbaar om risico's voor het project af te dekken. Het Hystock-project ligt nabij Zuidwending en Ommelanderwijk, naast de bestaande aardgasopslagcavernes van EnergyStock (ook in eigendom van Gasunie en ondergronds aangelegd door Nobian).
   Het plan is dat de eerste opslagcaverne in 2031 – 2032 in operatie komt. Tot circa 2036 – 2037 worden er in totaal vier cavernes gerealiseerd.
   Met de HyStock waterstofopslag kan worden voorzien in de meest basale functies voor het energiesysteem. De opslag is noodzakelijk voor het behouden van de juiste balans in het waterstoftransportnetwerk, het verbinden van vraag en aanbod op de korte termijn (gemeten in uren/dagen),[43] en het draagt bij aan de ontwikkeling en het functioneren van de waterstofmarkt[44] en de verduurzaming van de industrie.
   In de periode tot circa 2035 is er geen alternatief voor HyStock. Er zijn op dit moment geen andere projecten in voorbereiding en met ontwikkeltijden van tien tot vijftien jaar, kunnen deze ook niet voor 2035 – 2040 gerealiseerd worden (zie Hoofdstuk 5). Tijdens fase I kan Nederland dan ook geen alternatieve ondergrondse opslagen verwachten.
   In deze fase ontwikkelt de gehele waterstofketen zich. Een functionerende waterstofketen is van groot belang voor de CO_2-reductiedoelen en de voortgang richting een duurzaam energiesysteem. De schakels van deze keten zijn van elkaar afhankelijk en kunnen niet goed los van elkaar functioneren. Dat betekent dat niet alleen de productie van hernieuwbare en koolstofarme waterstof aanwezig moet zijn, maar ook de infrastructuur voor transport en opslag, en daarnaast de afnemers. **Het belang van dit project is dan ook niet te onderschatten voor de voortgang van de energietransitie.** Voldoende *de-risking* is daarom noodzakelijk om de voortgang van het project te ondersteunen.
2. **Zuidwending-Oost:** De ontwikkeling van de opslagbehoefte (zie Hoofdstuk 4) laat zien dat vanaf circa 2035 – 2040 meer opslagcavernes nodig zijn. Vanwege de lange aanlooptijden moet nu gestart worden met de voorbereidingen hiervan. Het is wenselijk om ten oosten van HyStock negen aanvullende opslagcavernes voor waterstof te ontwikkelen (Zuidwending-Oost, dus naast de vier van HyStock). Zo ontstaat er een **werkvoorraad** van opslagcavernes. Deze cavernes zouden dan rond 2040 beschikbaar moeten komen voor waterstofopslag (nog zonder bovengrondse installaties). Gezien het grote maatschappelijke belang van toekomstige waterstofopslagcapaciteit onderzoekt het Ministerie van Klimaat en Groene Groei of en hoe hier financieel aan bijgedragen kan worden.
3. **Verkennen van aanvullende locaties op land voor opslag in zoutcavernes:** Het is vanuit strategisch en technisch oogpunt wenselijk om opslagcavernes te realiseren op verschillende locaties in Nederland. Het is daarom wenselijk om te verkennen welke andere zoutstructuren potentieel geschikt zijn voor opslagdoeleinden. Het gaat om voorbereidende werkzaamheden (met lange doorlooptijden), zoals het verkrijgen van een opsporingsvergunning en het uitvoeren van proefboringen.
   Op een later moment kan dan sneller besloten worden of en wanneer er extra opslagcavernes nodig zijn. Pas dan worden er eventueel verdere stappen gezet, zoals de aanvraag van winningsvergunningen, opslagvergunningen en het ontwikkelen van de bovengrondse zoutwinnings-, transport- en opslaginfrastructuur. Naast Groningen biedt Drenthe het meeste perspectief voor de ontwikkeling van potentiële nieuwe opslaglocaties (zie Hoofdstuk 2).

[43] Ter illustratie: een waterstofcaverne kan 20 dagen lang 500 MW aan brandstof leveren aan de industrie, of 4 dagen lang aan één elektriciteitscentrale zoals de Magnum centrale (1.400 MWe) in de Eemshaven.
[44] Producenten en afnemers kunnen gemakkelijker contracten sluiten, omdat door opslag de garantie geboden kan worden dat het aanbod ook daadwerkelijk beschikbaar is (ook als de producent tijdelijk niet kan leveren).

Daarbij is het wel goed te realiseren dat gezien het bovengronds ruimtegebruik (woningen en natuurgebieden), het potentieel van nieuwe zoutstructuren beperkt is. De kansen voor waterstofopslag op aanvullende locaties op land moet daarom niet overschat worden. Het HyStock-project en de ontwikkeling van de werkvoorraad bij Zuidwending-Oost zijn daarom extra van belang.

7.2 Spoor 2: Gasvelden op land of nabij de kust (near-shore)

De opslagvolumes in een gasveld zijn aanzienlijk groter dan in een caverne. Kennisontwikkeling en technologische innovaties zijn nodig voordat dergelijke opslagen ontwikkeld kunnen worden (zie Hoofdstuk 3). Het duurt dan ook tien tot vijftien jaar voordat een commerciële ondergrondse waterstofopslag in een Nederlands gasveld operationeel kan zijn (mits aangetoond wordt dat dit technisch mogelijk en veilig is). Een commercieel opslagproject komt dus op zijn vroegst tussen 2035 en 2040 beschikbaar. Daarom is het van belang om nu te starten met de ontwikkeling van een **demonstratieproject**.

Ter voorbereiding zijn Nederlandse organisaties, waaronder TNO en EBN betrokken bij verschillende Europese trajecten zoals EUH2STARS en IEA-TCP Task42. Het doel is de ontwikkeling van operationele demonstratieprojecten voor opslag in lege gasvelden (TRL 8).[45]

Met een Nederlands demonstratieproject kan er voortgebouwd worden op deze kennis. Ter voorbereiding voert EBN een verkenning uit welke gasvelden potentieel geschikt zijn en aan welke voorwaarden het demonstratieproject moet voldoen (EBN, 2025a). Nederland telt circa 140 potentieel geschikte gasvelden op land en op zee (EBN, 2025b). Voor een demonstratieproject wordt gedacht aan een locatie op land of mogelijk *near-shore*. Nabij de haven van Rotterdam zijn hiervoor enkele interessante kandidaatlocaties in beeld.

Daarbij geldt een beperkt ***'window of opportunity'***. Op dit moment zijn er nog operators actief in Nederland met vergunningen voor kansrijke velden en is er de kennis om bij te kunnen dragen aan de ontwikkeling van een opslagproject. Er zijn slechts enkele operators die potentieel ook de interesse hebben om mee te werken aan de ontwikkeling van een demonstratieproject. Vanaf 2030 raken de meeste velden uitgeproduceerd, worden de velden permanent afgesloten en vertrekken de operators uit Nederland. Dit betekent dat er niet lang gewacht kan worden met de ontwikkeling van een demonstratieproject.

7.3 Spoor 3: Offshore gasvelden en zoutcavernes

Het theoretisch potentieel van opslagcapaciteit op zee is groot: er is geen sprake van omwonenden. Dit maakt opslag op zee op het eerste oog een aantrekkelijke optie. Wereldwijd heeft echter nog nooit opslag in lege gasvelden plaatsgevonden, noch zoutwinning volledig op zee. Dat is namelijk technisch aanzienlijk complexer en duurder (zie paragraaf 2.3). Daarnaast speelt ook op zee een complexe afweging tussen het ruimtegebruik van verschillende functies zoals visserij, defensie, natuur, vaarroutes en windparken. Het is daarmee nog onzeker of opslag onder de Noordzee in Nederland haalbaar is. Het is in ieder geval duidelijk dat dit voor de komende 20 jaar geen bijdrage zal leveren aan de nationale waterstofopslagcapaciteit.

Daarnaast is het belangrijk om af te wegen in hoeverre het vanuit strategisch en nationaal veiligheidsperspectief wenselijk is om vitale infrastructuur, zoals energieopslag, op zee aan te leggen. Recente incidenten in de Oostzee laten zien dat geopolitieke dreiging reëel is. Gebruik of aanleg van offshore gasvelden en zoutcavernes voor opslag vergt een goede afstemming met het Ministerie van Defensie, dat moet afwegen of dergelijke infrastructuur in een conflictsituatie adequaat beschermd kan worden. In ieder geval zal er een juiste verdeling tussen opslag op land en opslag op zee moeten worden gemaakt, om te voorkomen dat de nationale energiereserve door een incident (of vijandige actie) op zee buiten werking wordt gesteld (HCSS, 2021).

In de verdere toekomst kan de combinatie van waterstofopslag met windparken ver op zee ook voordelen bieden. Transport van elektriciteit over grote afstanden is kostbaar. Mogelijk kan een deel van de elektriciteitsproductie op zee ter plaatse omgezet worden naar waterstof en per leiding naar land worden gebracht. Over lange afstanden kan pijpleidingtransport grotere energievolumes transporteren tegen lagere kosten dan via elektriciteitskabels. Het kan systeemvoordelen bieden om de opslagen ook op zee te realiseren. Hierbij gelden echter nog wel tal van technische, financiële, ruimtelijke en ecologische uitdagingen. In het North Sea Energy Programme worden deze kansen en uitdagingen in kaart gebracht.

Binnen dit spoor wordt de komende jaren ingezet op enkele studies naar de kansen en belemmeringen voor waterstofopslag op zee. Ook is het belangrijk om bij de inpassing en locatiekeuze van windparken op zee rekening te houden met kansrijke zoutstructuren en gasvelden (zoals dit gebeurt binnen het Programma Noordzee).

[45] Technology Readiness Level 8

7.4 De ontwikkeling van de infrastructuur

De behoefte aan opslagcapaciteit is niet de enige bepalende factor voor de snelheid waarmee opslag ontwikkeld dient te worden. Het systeem kan alleen werken als de transportinfrastructuur de productie, de opslag en de afnemers aan elkaar verbindt; een systeem dat functioneert op Europese schaal. Deze opgave vormt geen onderdeel van deze agenda, maar is wel rand-voorwaardelijk voor de ontwikkelingen.

Het landelijke waterstoftransportnetwerk dient vraag en aanbod te verbinden. Gasunie ontwikkelt het netwerk volgens een uitrolplan. In de eerste fase van de ontwikkeling van het transportnet wordt de infrastructuur aangelegd in de vier industriële clusters aan de kust. De ondergrondse opslag in het Noorden van het land kan in deze eerste fase nog niet vanuit alle clusters worden bereikt. Vanaf 2032 zijn alle sub-netwerken met elkaar verbonden tot een landelijk transportnetwerk (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2024), (Ministerie van Klimaat en Groene Groei, 2025).

Figuur 13: Weergave van het geplande waterstoftransportnetwerk in de periode 2031 – 2033 (bron: Gasunie).

8 Wat betekent ondergrondse opslag van waterstof voor Groningen?

8.1 Historisch perspectief van Groningen

Groningen heeft een bijzondere relatie met de ondergrond. Noord-Nederland heeft door de eeuwen heen een rijke geschiedenis van het benutten van natuurlijke rijkdommen. De opbrengsten uit turf, gas en zout waren (en zijn deels) nog steeds belangrijke pijlers onder de economische ontwikkeling van de regio én Nederland.

De turfindustrie kende haar hoogtijdagen in de negentiende eeuw, en droeg significant bij aan de lokale economie en de inrichting van het gebied. De grote ommekeer voor Noord-Nederland kwam in 1959 toen er aardgas werd ontdekt bij Slochteren. De ontdekking van één van de grootste aardgasvelden ter wereld veranderde de economische en sociale dynamiek van de regio. Het gasveld stelde de energievoorziening van Nederland veilig en bracht t/m 2020 circa 360 miljard Euro aan baten voor de staat.[46] Het was ook belangrijk voor de werkgelegenheid in de regio Groningen.

De aardbevingen en de schade die deze veroorzaakten aan woningen en de impact op de mentale gesteldheid van de inwoners betekende een keerpunt in het denken over gaswinning. De Parlementaire Enquête Groninger Aardgaswinning (PEGA) maakte duidelijk dat de belangen van de Groningers structureel onvoldoende meegewogen zijn. In 2024 is het Groningengasveld definitief gesloten. Daarmee zijn de impact van de gaswinning, de afhandeling van schade en de versterkingsoperatie nog niet afgesloten. Deze ervaringen bepalen ten dele de houding van Groningen en Noord-Drenthe als het gaat om nieuwe mijnbouwactiviteiten. Omdat het eerste waterstofopslagproject (HyStock) ook in Groningen beoogd is, is deze context bepalend voor de uitwerking van de Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag.

Agenda's van Nij Begun voor Groningen en Noord-Drenthe

In januari 2025 verscheen de Sociale Agenda van Henk Nijboer 'Ons Nij Begun maken we samen', en in maart 2025 presenteerde Jacob Klompien de Economische Agenda 'Van ereschuld naar ereplicht'. Beide agenda's zijn voortgekomen uit het besef dat het kabinet een 'nij begun' wil maken met de regio en haar een toekomstperspectief wil bieden. Hier is in totaal 22 miljard Euro voor beschikbaar gesteld.[47]

De beschikbare gelden zijn niet bedoeld voor financiering van infrastructuur. Wel bieden de gelden kaders die belangrijk zijn voor ontwikkelingen en activiteiten in de regio. De sociale agenda wil de leefbaarheid vergroten, betere kansen bieden voor de volgende generatie, armoede verminderen, en (mentale) gezondheid verbeteren. De Economische Agenda richt zich op het stimuleren van een toekomstbestendige economie in een gezonde en aantrekkelijke regio. Er worden specifieke en generieke investeringen gedaan om dit te bereiken, zoals het creëren van ruimte voor bedrijvigheid, het profileren en positioneren van de regio, en het verder investeren in thema's zoals duurzame energie, industrie en vrijetijdseconomie.

[46] Volgens berekeningen van Shell over de periode tussen 1963 en 2020 op basis van het prijspeil van 2021.

[47] Hierbij is het goed om te beseffen dat er in zestig jaar gaswinning 363 miljard euro is verdiend met gaswinning en hiervan slechts 1% naar de regio is gegaan (Parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen, 2023), (Provincie Groningen, 2023).

De wens voor een integrale aanpak in het gebied, tegelijkertijd introduceert dit ook complexiteit

Naast de twee agenda's zijn er nog andere haakjes te vinden in nationale programma's: zoals 'Iedere regio telt', de toekomstige Nota Ruimte, Nationale aanpak funderingsproblematiek en het beleidskader Water en bodem sturend. Daarnaast werkt het Rijk aan de actualisatie van de Mijnbouwwet, en het programma Duurzaam Gebruik Diepe Ondergrond. De grote hoeveelheid aan ruimtelijke plannen en kaders zorgen ervoor dat het voor zowel bestuurders als bewoners lastig is door de bomen het bos te zien. In die context bestaat ook het beeld vanuit Groningen en Drenthe dat het Rijk meer integraal kan en moet kijken om recht te doen aan de aanbevelingen uit de PEGA. Alle opgaven met elkaar verknopen is ingewikkeld en kan tot langere doorlooptijden leiden. Tegelijkertijd komt dit alles in de praktijk wel bij elkaar in het gebied bij Zuidwending en kan een integrale aanpak zorgen voor duidelijkheid in toekomstige ontwikkelingen.

8.2 Introductie van het HyStock-project

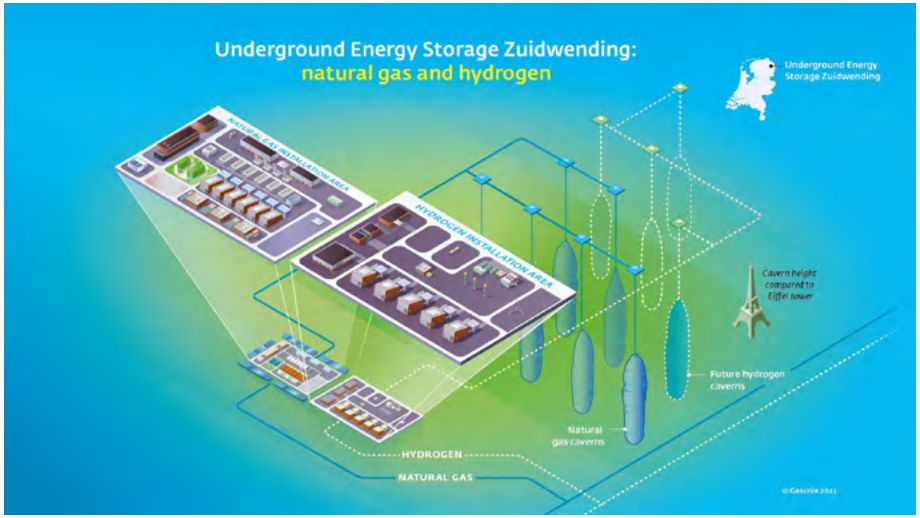
Groningen speelt een belangrijke rol in de Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag. De eerste ondergrondse opslag van waterstof is voorzien tussen Zuidwending en Ommelanderwijk (nabij Veendam en Nieuwe Pekela). Gasunie (Energystock) neemt het initiatief voor het realiseren van het project HyStock, gelegen tussen Zuidwending en Ommelanderwijk.

Het HyStock-project is van nationaal belang verklaard. Het vervult een essentiële rol in de werking van de (te ontwikkelen) waterstofketen. Daarmee is het een belangrijke bouwsteen van de werking van ons toekomstige energiesysteem en draagt het bij aan onze energievoorzieningszekerheid en strategische autonomie.

Het project valt onder het Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK). Hierin staan energieprojecten die een belangrijke basis vormen voor de nationale energie-infrastructuur op de lange termijn. De Rijksoverheid werkt in het programma samen met bedrijven, medeoverheden, netbeheerders en kennisinstituten.

Projecten in het MIEK komen in aanmerking voor versnelde procedures. HyStock valt onder de projectprocedure van de Omgevingswet (voorheen de Rijkscoördinatieregeling WRO § 3.6.3) en is als uitgangspunt meegenomen bij het schrijven van de Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag. Projecten zoals HyStock kunnen op meer steun en draagvlak rekenen als die kansen bieden aan de regio. Het investeren in waterstofopslag past bij de bredere ontwikkeling van Groningen en Drenthe als hoogwaardig cluster binnen de waterstofketen van Noordwest-Europa en zou dus goed aansluiten bij de ambities uit de agenda's van Nij Begun.

Figuur 14: Weergave van de beoogde waterstofopslag met het HyStock-project in zoutcavernes bij Zuidwending (bron: Gasunie).

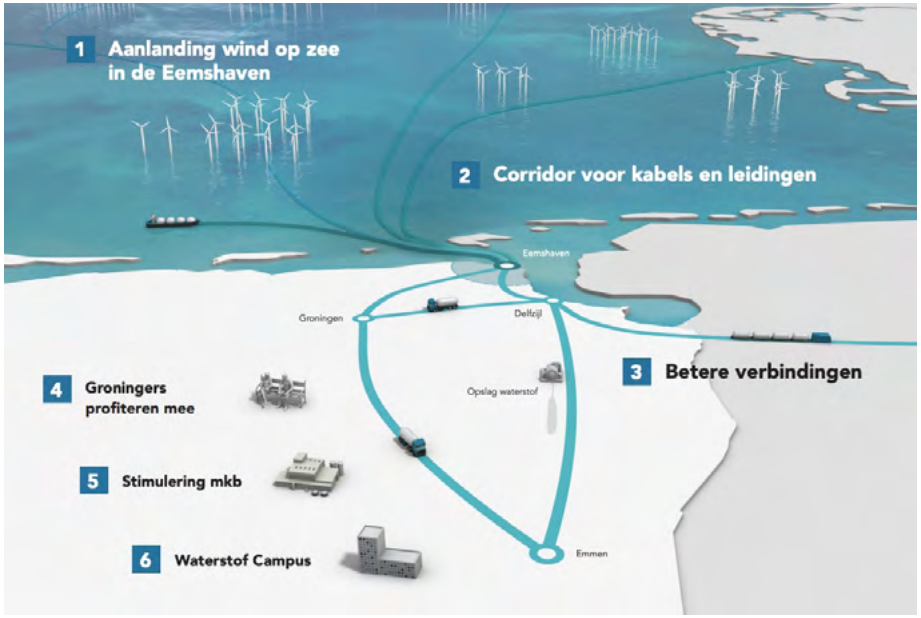


8.3 Kansen voor de regio

Noord-Nederland heeft een sterke uitgangspositie binnen het nieuwe energiesysteem: de centrale ligging in Noordwest-Europa, de zeehaven Groningen Seaports, en de beschikbare ruimte voor nieuwe ontwikkelingen. Er zijn dan ook projecten voor de productie van waterstof, de ontwikkeling van het waterstoftransportnet, en kansen voor zowel lokale afnemers als doorvoer naar Duitsland.

De regio is zich terdege bewust van haar potentie om een belangrijke speler te worden in de energietransitie in Europa. Als eerste erkende 'Hydrogen Valley' van Europa zal de regio kunnen fungeren als hoogwaardige waterstofhub van Noordwest-Europa (zie ook Hoofdstuk 9). Voor de Scandinavische landen vormt Groningen de ingang naar Europa. Denemarken en Finland richten zich op het produceren van veel windenergie en kijken daarbij ook naar opslagmogelijkheden. Noorwegen heeft juist veel aardgas, en Staatbedrijf Equinor werkt aan de ontwikkeling van koolstofarme waterstofproductie bij de Eemshaven. De New Energy Coalition heeft begin 2023 het plan 'Toekomst van Groningen' gelanceerd om versneld een waterstofketen in Groningen te ontwikkelen. Ook op kennisgebied is er sprake van een sterk cluster rond waterstof, waarbij bedrijven, kennisinstellingen en de overheid zijn verenigd in de Hydrogen Valley Campus Europe.

Figuur 15: Weergave van de ligging van de waterstofopslag in Groningen en ligging ten opzichte van de Noordzee en transportverbindingen (bron: (New Energy Coalition, 2023)).



Alle partijen stellen **veiligheid als harde randvoorwaarde** voor ondergrondse waterstofopslag. Als de veiligheid geborgd is, zien ook zij **kansen**. Centraal uitgangspunt daarbij is dat Noord-Nederland dan meeprofiteert van de ontwikkelingen.

Het coalitieakkoord 2025 – 2027 van de provincie Groningen 'Mit Mekoar' benadrukt dat de waterstofeconomie kansen biedt voor de Groninger werkgelegenheid. Waterstof uit Groningen kan daarbij de concurrentiepositie van de eigen industrie versterken: 'De unieke energie-infrastructuur in Groningen biedt kansen aan bedrijven, scholen en de universiteit voor nieuwe ontwikkelingen op het gebied van opwekken, opslaan en verplaatsen van energie.'

De nieuwe provinciale coalitie vindt het belangrijk dat ontwikkelingen meehelpen met de omschakeling naar een toekomstbestendige energiemix. Daarbij sluiten zij op voorhand geen opties uit, maar stellen wel als voorwaarde dat de uiteindelijke keuzes blijvende voordelen moeten bieden aan de inwoners van Groningen. Gedacht kan daarbij worden aan de komst van nieuwe banen op alle opleidingsniveaus. De coalitie ziet ook kansen op het gebied van waterstof voor de Groningse industrie en de zeehavens. Ook de provincie Drenthe benoemt in haar coalitieakkoord koploper te willen zijn én blijven op het gebied van waterstofinfrastructuur, -productie en -toepassing, als onderdeel van de Noord-Nederlandse samenwerking (Provincie Drenthe, 2023).

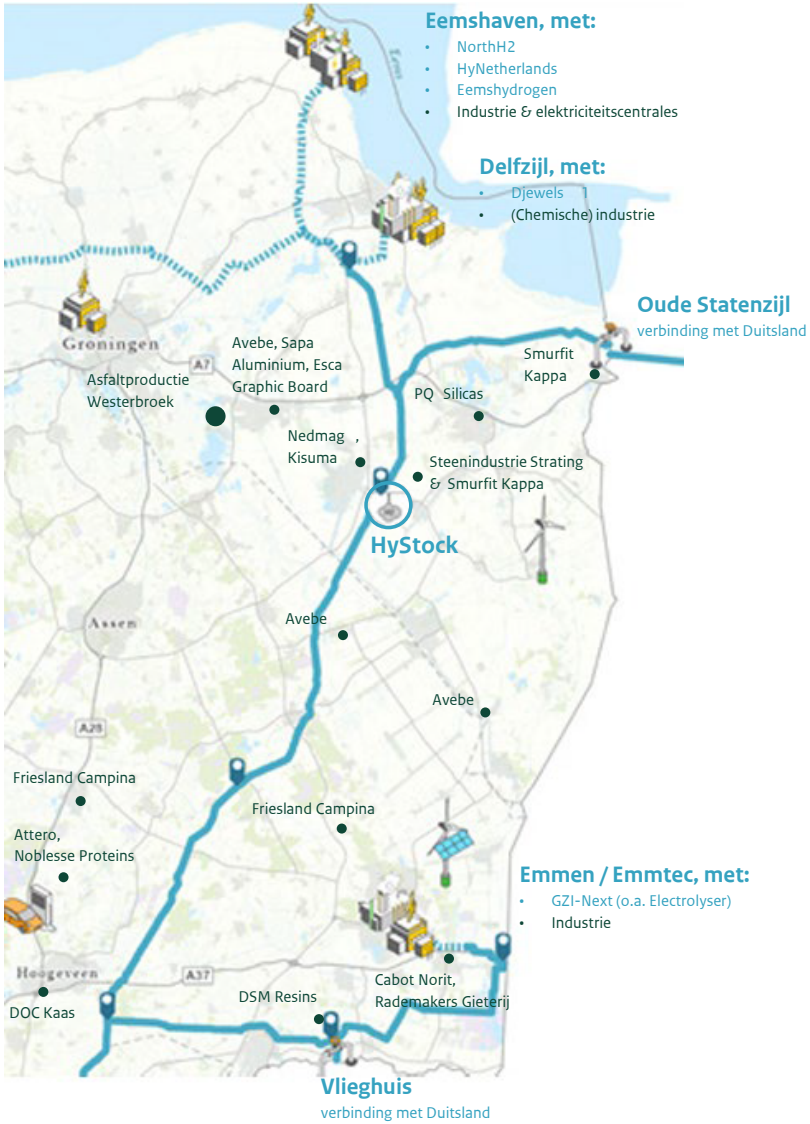
Werkgelegenheid is bij de Oost-Groningse gemeenten Veendam en Pekela een belangrijk thema. Daarbij verwijst de gemeente Veendam in haar coalitieakkoord naar het realiseren van een waterstofhub bij Zuidwending. Voor Pekela is het van belang dat er voldoende maatschappelijk draagvlak is en dat de landschappelijke inpassing goed gebeurt. Een belangrijke waarde daarbij is het behoud van de openheid van het landschap, en kunnen uitleggen welke keuzes gemaakt worden en waarom, vooral als het gaat om besluiten met een grote impact op de samenleving. De bestuurders zien kortom kansen, maar stellen ook voorwaarden.

Kansen voor de industrie

De industrie in Groningen en Drenthe is verenigd binnen zowel het Industriecluster Noord-Nederland als Cluster 6 (de verspreide industrie binnen Nederland). Deze bedrijven zien waterstof nadrukkelijk als mogelijkheid om te verduurzamen. Elektrificatie is vanwege de netcongestie en technische uitdagingen niet overal mogelijk of aantrekkelijk. Verschillende bedrijven zijn relatief dichtbij het geplande tracé gelegen (zie Figuur 16). Het cluster ziet dan ook kansen voor aansluiting op het landelijke waterstoftransportnetwerk.

De gunstige ligging van de Eemshaven, met diepzeehavenfaciliteiten, ruimte, buisleiding-infrastructuur en aanlanding van elektriciteitskabels, zorgt ervoor dat dit een logische plek is om waterstof te importeren, te produceren en te distribueren naar gebruikers in Nederland en West-Europa.

Figuur 16: Ligging van het beoogde waterstoftransportnetwerk, producen van waterstof, en grotere industriegebieden (bron: (Industrietafel Noord-Nederland, 2022), aangepast ten behoeve van dit document).



Gelet op het belang van opslag voor het waterstofcluster in Groningen en Drenthe (en ook voor Nederland en Duitsland), dringt de industrie aan op versnelling van de ontwikkeling van ondergrondse waterstofopslag. Door nu *no regret*-maatregelen te nemen en meer cavernes te ontwikkelen dan de voorgenomen vier van het HyStock-project, kan Nederland bijdragen aan een goed functionerende waterstofinfrastructuur, aldus de industrie (Letter of support, November 2024).

8.4 Het perspectief van omwonenden

Er spelen veel activiteiten en plannen in een relatief klein gebied

Er is sprake van gestapelde mijnbouwactiviteiten (zoutwinning, effecten van gaswinning en aardgasopslag). Naast de plannen van Gasunie met de vier opslagcavernes voor HyStock, heeft Nobian het voornemen om aanvullende opslagcavernes te ontwikkelen bij Zuidwending-Oost. Rondom dit gebied liggen woningen en bedrijven; ook wordt het gebied benut voor landbouw en recreatie en er is behoefte aan woningbouw in dit gebied. Dit alles legt een forse druk op de leefomgeving en geeft onrust bij omwonenden.

Zowel begrip als zorgen bij omwonenden

Uit de gevoerde gesprekken blijkt begrip voor de noodzaak van de plannen, gezien de nationale belangen. Het is voor de omwonenden erg belangrijk dat het plan voor waterstofopslag op een transparante wijze en met oog voor de omwonenden uitgevoerd wordt, en dat het plan daarnaast iets oplevert voor de gemeenschap. De wens leeft om goed en vroegtijdig betrokken te worden bij de plannen, alle beschikbare informatie te krijgen en betrokken te worden bij keuzes. Ook leven er veel vragen en zorgen. De volgende thema's werden tijdens de gesprekken het meest genoemd:

- De industriële uitstraling die het gebied kan krijgen en het belang van goede ruimtelijke/landschappelijke inpassing.
- Zorgen over de toegenomen verkeersdruk (overlast en verkeersveiligheid).
- Is de situatie veilig en komen er cavernes dichtbij woningen?
- Snelle afhandeling en eenvoudige procedures, in het geval dat er schade zou ontstaan.
- De effecten van bodemdaling.
- Hoeveel geluidsoverlast is er (voornamelijk tijdens de boorfase)?
- Wat krijgt het gebied ervoor terug?

Behoefte aan richting en kaders voor de toekomst van het gebied

Zowel vanuit bestuurders, omwonenden als de bedrijven is behoefte aan een ontwikkelperspectief over de benutting van de ondergrond en de impact van deze ondergrondse activiteiten op de bovengrond. De wens is om gezamenlijk tot een integrale aanpak te komen voor het gebied Zuidwending, waarbinnen bepaald wordt wat de **gewenste ontwikkelrichting** is.

Dit toekomstperspectief kan helpen om de diverse initiatieven voor (mijnbouw)activiteiten te kunnen beoordelen en ook duidelijkheid te bieden aan initiatiefnemers, bestuurders en omwonenden.

Andere processen hebben hier invloed op: de wens voor een integrale ontwikkelrichting loopt vooruit op, en deels parallel aan de beleids- en wetgevingstrajecten van het Ministerie van KGG en de provincie Groningen. Er zijn meerdere trajecten op rijksniveau en provinciaal niveau die toezien op het gebruik van de ondergrond: de actualisatie van de Mijnbouwwet (2026), het programma Duurzaam Gebruik Diepe Ondergrond (2026), het Achtergronddocument over het belang van zoutwinning (2025) en onderhavige waterstofopslagagenda. De omgevingsvisie van de provincie Groningen geeft ook richting aan de gewenste ontwikkelrichtingen (eind 2025), net als de input uit de brede zoutanalyse en de Nota Ondergrond van de provincie. Deze beleidsstukken hebben ieder een eigen scope en tijdshorizon. Wat ze gemeen hebben is dat ze richtinggevend en kaderstellend (zullen) zijn voor de ontwikkelingen en activiteiten in de regio.

De vraag daarbij is waar alle partijen elkaar ontmoeten in de verschillende plannen en tijdshorizons. Wordt er op elkaar gewacht, of wordt er nu gestart met de lokale wens als uitgangspunt? En zo ja, op welke manier?

8.5 Handvatten voor het starten van een gebiedsproces

Goed omgevingsmanagement is de sleutel bij activiteiten die sociale, economische en maatschappelijke impact hebben. Dit geldt in het bijzonder in een omgeving waarbij de impact van activiteiten jarenlang is ondergeschoven in de afwegingen. Het vertrouwen in instituties en initiatiefnemers is in de regio dan ook relatief laag.

Er bestaat geen wondermiddel voor een succesvol gebiedsproces en tegelijkertijd is het ook geen hogere wiskunde. Je verdiepen in elkaars positie en elkaar echt willen begrijpen maakt een wereld van verschil. Kijk naar wat wél kan. Met een wenkend perspectief rond de kansen die waterstofopslag kan bieden, kunnen ook het welzijn en de brede welvaart van de omgeving worden vergroot. En daar hoort ook open informatievoorziening en communicatie bij over de risico's en aandachtspunten en wensen. Uiteraard onder de voorwaarden dat de opslag veilig en verantwoord kan plaatsvinden.

In die context is een gebiedsproces bij Zuidwending ook de kans om te laten zien dat het handelen van de Rijksoverheid en initiatiefnemers is veranderd, en dat vraagstukken vooraf worden besproken. Verbind de kracht van de Rijksoverheid met wat er vanuit de lokale gemeenschap gewenst wordt. Dit verkleint de afstand tussen 'Den Haag' en de regio.
Hoe kunnen we de zorgen van omwonenden wegnemen, wat zijn de randvoorwaarden, welke afspraken kunnen daarover gemaakt worden? Vooruitlopend op de actualisatie van de Mijnbouwwet kan een aantal principes uit de contourennota al meegenomen worden.[48]

Vanwege de dynamiek in de directe omgeving van het HyStock-project is het de wens van de regio om te starten met het gebiedsproces rond Zuidwending en niet te wachten tot de rijkskaders klaar zijn. Bestuurders en omwonenden vragen in het kader van diverse plannen bij Zuidwending om een ontwikkelpad voor het gebied. Een voordeel om het tijdpad van de regio aan te houden, is de mogelijkheid dat dit gebiedsproces input kan leveren voor de actualisatie van de Mijnbouwwet, het programma Duurzaam Gebruik van de Diepe Ondergrond en de omgevingsvisie van de provincie Groningen.

De provincie Groningen en de provincie Drenthe hebben sinds 2024 respectievelijk 2025 een Mijnbouwtafel. In lijn met de opzet van de Mijnbouwtafel van Groningen past het goed om voor dit specifieke gebied een (tijdelijke) eigen overlegstructuur te hebben. De opgaven en wensen in het gebied Zuidwending raken uiteraard aan de verdere uitrol van de waterstofinfrastructuur, met een nationale en Europese impact. De directe impact en landschappelijke inpassing raken specifiek de bestuurders en omwonenden van Zuidwending. Het advies is om op basis van een goede scopebepaling gezamenlijk na te denken over de wensen die er leven voor het gebied en op basis daarvan tot een toekomstvisie te komen dat past bij de diverse belangen. In dat verband is de titel van het coalitieakkoord van provincie Groningen 2025 – 2027 treffend gekozen: 'Mit Mekoar'.

[48] Zoals het 'nee tenzij'-principe bij vergunningverlening, rekening houden met de belangen van omwonenden, ruimte geven voor nieuwe ontwikkelingen die de energietransitie mogelijk maken, afspraken maken over lusten en lastenverdeling en voorwaarden scheppen over wat veilig, maatschappelijk, ruimtelijk en financieel verantwoord is.

9 Kansen voor Europese samenwerking

Nederland heeft door haar ondergrond, de centrale ligging in Europa én de aanwezigheid van zeehavens de kans om een belangrijke schakel te worden in de wereldwijde waterstofmarkt. Het opzetten van een goedwerkend waterstofsysteem op Europese schaal, inclusief opslag, draagt bij aan verschillende strategische EU-doelen (zie bijlage 2). De Nederlandse doelen zijn daarmee in lijn.

Vanuit de ketenbenadering van het waterstofsysteem past het om te kijken wat de verwachtingen en kansen zijn rond opslag van waterstof binnen de Europese context en welke rol Nederland daarin kan en wil vervullen. Hoe kunnen we inspelen op de behoeftes van andere (buur)landen en elkaars krachten benutten?

De plannen en documenten van de Europese Commissie (zie bijlage 2) stellen ambities en doelen, maar zijn nog geen concrete plannen of strategieën voor het creëren van voldoende waterstofopslagcapaciteit binnen Europa. Voor het slagen van een internationale waterstof-infrastructuur is afstemming tussen landen noodzakelijk. Waterstofopslag is hierin een voorwaarde voor het goed functioneren van het systeem.

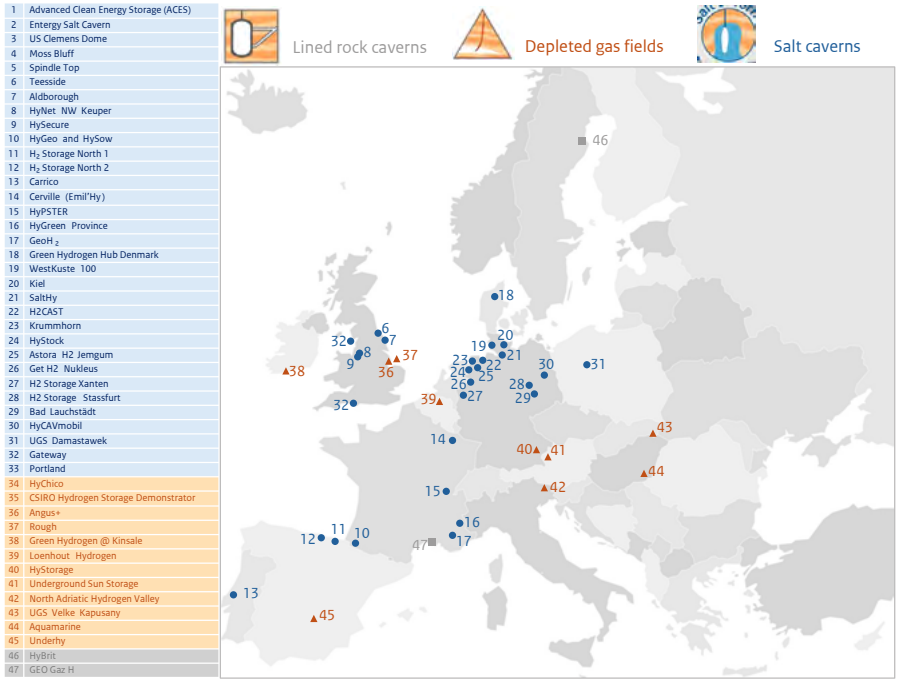
Projecten in de EU

De Europese Commissie stimuleert projecten die van belang zijn om de energie-infrastructuur in de Europese Unie met elkaar te verbinden en wijst daarvoor Projects of Common Interest (PCI's) aan. PCI's kunnen profiteren van ondersteuning op het gebied van regelgeving (onder andere meer gestroomlijnde vergunningverlening) en kunnen aanvragen doen voor EU-financiering. Op deze lijst van 166 projecten zijn er 65 gerelateerd aan waterstof en zeven zijn waterstofopslag-projecten. Het HyStock-project is hier één van.[49]

In de jaarlijks uitgebrachte 'Northwest European Hydrogen Monitor' van de International Energy Agency worden de ontwikkelingen van de waterstofmarkt en de stand van zaken per land van projecten op infrastructuur en opslag van waterstof beschreven (IEA, 2025). Figuur 17 geeft een overzicht van alle bekende (geplande) ondergrondse waterstofopslagprojecten in heel Europa. Door de aanwezigheid van zoutstructuren zijn er met name in Noordwest-Europa geschikte plekken voor waterstofopslag in zoutcavernes (Figuur 5). Voor de potentiële opslag in lege gasvelden wordt vanuit het project HyUSPRe het potentieel in de ondergrond van Europa in kaart gebracht. Eén van de koplopers binnen de EU hierin is het EUH$_2$STARS-project, waar ook EBN, TNO en Shell bij betrokken zijn. Hierin staat het lopende demonstratieproject in Oostenrijk centraal. Dit project (Underground Sun Storage) is gestart in maart 2024 en heeft een looptijd van 5 jaar. Deze eerste pilot wordt verder uitgebreid met pilotinitiatieven in Hongarije, Spanje en een desktopstudie in Nederland.

[49] Een overzicht van alle Projects of Common interest en een kaart is te raadplegen op (European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency, 2025).

Figuur 17: Kaart van de bekende waterstofopslagprojecten in uitvoering of gepland in Europa (Figuur door Dr. Katriona Edlmann, University of Edinburgh, gebaseerd op Energy Networks Association B-Linepack report).



Bouwen op elkaars kracht en de rol van Nederland

Door de verschillen in toegang tot hernieuwbare energie en de mogelijkheden voor opslag in de ondergrond hebben landen uiteenlopende kansen die benut kunnen worden voor het produceren of opslaan van waterstof. Het is daarom wenselijk dat samenwerking plaatsvindt tussen lidstaten.

Landen kunnen individueel vaak niet voldoen aan het matchen van vraag en aanbod van waterstof en hebben niet altijd mogelijkheden tot (ondergrondse) opslag. Het transportnetwerk tussen landen is hiervoor cruciaal. Met het European Hydrogen Backbone-initiatief (EHB-initiatief) wordt met 33 tranmissiesysteembeheerders (waaronder Gasunie) gewerkt aan een overkoepelend waterstoftransmissiesysteem voor Europa, waarmee het waterstoftransmissienetwerk in verschillende landen op elkaar aansluit. Op het gebied van de opslag van waterstof is er (nog) niet zo'n breed samenwerkingsverband. Een meer gemeenschappelijke Europese strategie voor waterstofopslag kan zorgen voor een verbeterde coördinatie en de ontwikkeling van een Europese markt voor waterstofopslag bevorderen.

Goede samenwerking maakt het mogelijk dat ieder land inzet op zijn kracht. Nederland kent een seizoensprofiel in zijn energiesysteem. Waar we in de zomer (te) veel zon hebben, is er in de winter juist een tekort aan energie. In bijvoorbeeld Scandinavische landen is er in de winter veel wind en dus veel aanbod van hernieuwbare waterstof. Zij investeren dan ook fors in waterstofproductie. De mogelijkheden voor opslag zijn daar echter beperkt. Export en opslag elders zijn dus waarschijnlijk nodig. Slimme combinaties op Europees niveau kunnen zo helpen om per land tot betere oplossingen te komen. Daarmee zijn win-winsituaties mogelijk.

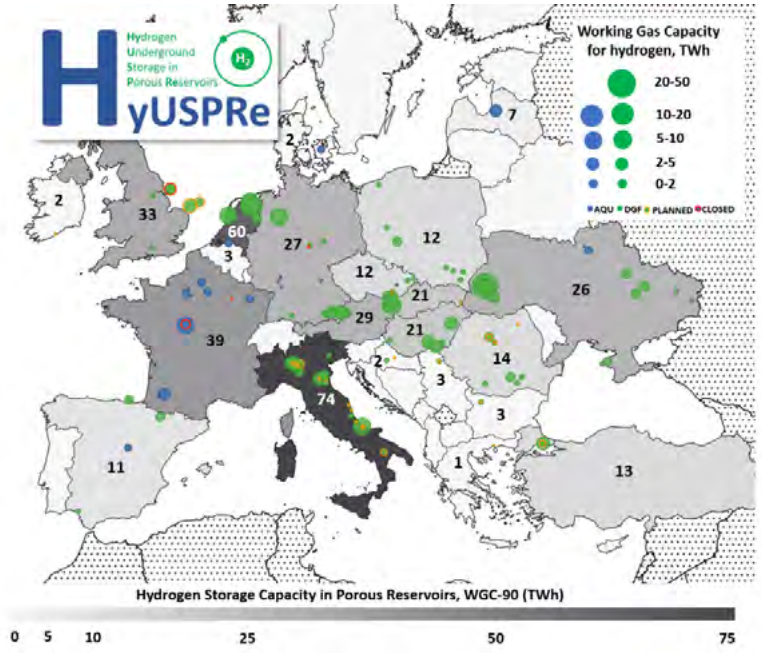
Duitsland heeft veel industrie en verwacht hierdoor een hoge waterstofvraag te krijgen. In april 2025 is vanuit het Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) het 'Weissbuch Wasserstoffspeicher' uitgebracht. Dit is een visie op waterstofopslag, de behoefte en het potentieel hiervan in Duitsland en de rol die ze binnen Europa kunnen vervullen hierin. Hierin schat de Systementwicklungsstrategie (SES) op basis van verschillende oriëntatiescenario's de opslagbehoefte van Duitsland voor 2045 op minstens 80 TWh. Voor de gehele Europese opslagbehoefte in 2045 worden verschillende scenario's beschreven met een bandbreedte tussen de 141 en 240 TWh.

Er zijn op dit moment ongeveer 250 gebruikte zoutcavernes in Duitsland. Een deel hiervan zal worden omgebouwd tot waterstofopslagen. Daarnaast wordt geïnvesteerd in de aanleg van nieuwe cavernes. Hiermee zet Duitsland in op een leidende positie in waterstofopslag-technologie en een sleutelrol in het voorzien in Europese opslagbehoefte, zeker op de korte termijn (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2025). Dit kan ook kansen voor Nederland opleveren.

In het samenwerkingsproject Hy3 is er vanuit Nederlandse en Duitse zijde in kaart gebracht wat de haalbaarheid is van een grensoverschrijdende waterstofeconomie op de grens van Nederland en Noordrijn-Westfalen. De belangrijkste conclusie is dat een Nederlands-Duitse samenwerking voor het ontwikkelen van een gemeenschappelijke waterstofmarkt en -infrastructuur veel kansen oplevert voor het realiseren van een CO_2-vrije economie in de regio. Door bestaande en nieuwe zoutcavernes in Nederland en Duitsland te ontwikkelen voor waterstofopslag, ontstaat er nuttige en noodzakelijke flexibiliteit binnen het energiesysteem (Dena, 2022). De verdere stappen en prioriteiten voor de uitrol van de waterstofinfrastructuur in Duitsland, België en Nederland zijn in kaart gebracht in het vervolgproject Hy3+ (TNO, Arcadis, 2025).

Op de langere termijn zijn er kansen voor Nederland om een belangrijke opslagfunctie voor het Europese waterstofsysteem te vervullen. Nederland onderscheidt zich met een unieke ondergrond en ligging. Door de aanwezigheid van zowel zoutstructuren als gasvelden heeft Nederland de potentie om een belangrijke rol vervullen in het opslagpotentieel binnen dit grotere systeem. Er is met name veel potentieel in het opslaan in gasvelden, omdat Nederland een grote voorraad poreuze reservoirs in Europa heeft (HyUSPRe, 2023). EBN heeft aangetoond dat een aanzienlijk deel van deze velden vanuit de ondergrond bezien technisch ook geschikt lijkt voor waterstofopslag (EBN, 2025b).
De mogelijkheden voor opslag en de import en doorvoer faciliteiten vanuit onze zeehavens bieden duidelijke kansen. Via de haven in Rotterdam wordt een sterke toename verwacht van import van waterstofdragers (zie hoofdstuk 4.3). De benutting van waterstofdragers per schip heeft geen constant vraagprofiel en dit kan daarom ook vragen om enige mate van opslag. Dit biedt vooral kansen op de langere termijn, omdat in Nederland de opslagcapaciteit pas na 2040 echt zou kunnen opschalen.

Figuur 18: Kaart van Europa met de opslagcapaciteit van waterstof in poreuze gasreservoirs (bron: (HyUSPRe, 2023)).



De voordelen van samenwerking

Om de verschillende rollen in een overkoepelend waterstofsysteem effectiever te vervullen zet het Ministerie van Klimaat en Groene Groei in op verdere afstemming met de lidstaten om de ontwikkelingen van waterstofproductie, infrastructuur en de rol van opslag verder vorm te geven. Samenwerking op verschillende aspecten is hierin belangrijk:

- Waterstofketens overstijgen landsgrenzen. Dit vergt afstemming over de strategieën om productie en afname in verschillende landen op elkaar aan te laten sluiten en de rol van opslag hierin uit te werken. Door de verwachtingen tussen landen expliciet te maken over afname of gebruik van waterstof kan tijdig worden ingespeeld op de benodigde transportinfrastructuur en opslag daarvoor, zowel geografisch als in de tijd (zie ook actie 19 uit Hoofdstuk 10).
- Ontwikkeling van EU-brede standaarden en normering en waar mogelijk een harmonisatie van de veiligheidseisen. Duidelijkheid van de kaders waar ondergrondse waterstofopslag aan moet voldoen helpt bij technologieontwikkeling en schaalvergroting (zie ook actie 1).
- Ontwikkeling van industriestandaards binnen de EU op bijvoorbeeld het gebied van transport en injectie van waterstof. Dit zal bijdragen aan een gelijk speelveld en zal bijdragen aan kostendaling van waterstofopslag (zie ook actie 18).
- Werken aan kennisuitwisseling en samenwerking bij de eerste projecten in waterstofopslag.

Hoofdstuk 10 bevat enkele acties waarmee Nederland zal bijdragen aan deze samenwerking.

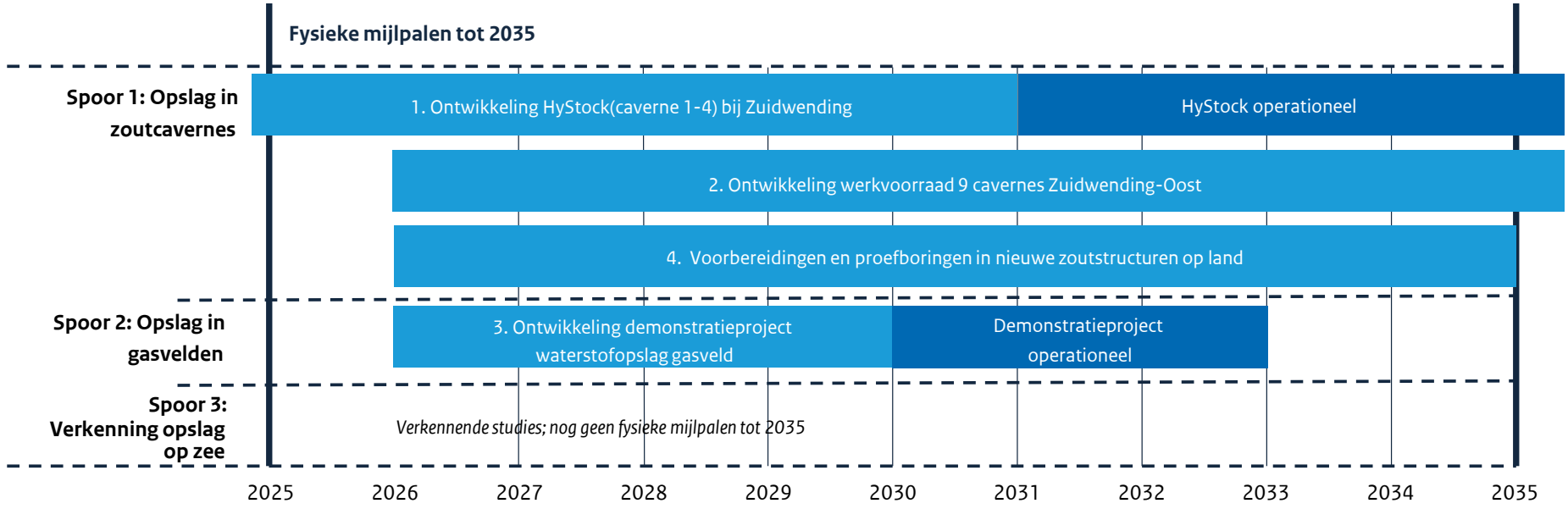
10 Mijlpalen en acties om te komen tot voldoende ondergrondse waterstofopslag

Hoofdstuk 7 beschrijft de ontwikkelstrategie voor ondergrondse opslag van waterstof. Uitvoering van deze strategie vergt een programmatische aanpak die de juridische, beleidsmatige, maatschappelijke, financiële, en technische aspecten samenbrengt. Het Ministerie van Klimaat en Groene Groei is de beoogde eigenaar van deze aanpak, uiteraard in nauwe samenwerking met andere overheden, de regio, staatsbedrijven, kennisinstellingen, operators en de waterstofsector. Dit hoofdstuk bevat de mijlpalen en acties voor uitvoering van de strategie.

10.1 Fysieke mijlpalen

De programmatische aanpak richt zich op de eerste fase van de ontwikkeling van ondergrondse waterstofopslag (**periode tot 2035**) en werkt toe naar een aantal fysieke **mijlpalen**. Figuur 19 geeft hiervan een overzicht. De daadwerkelijke realisatie van de mijlpaal ligt vaak bij de uitvoerder van het project (de operator). Het Ministerie van Klimaat en Groene groei is hierbij richtinggevend en ondersteunend, middels **acties** (zie hoofdstuk 10.2).

Figuur 19: Tot 2035 wordt toegewerkt naar een aantal mijlpalen voor ondergrondse waterstofopslag.



Tabel 2 bevat een toelichting op deze beoogde mijlpalen.

Tabel 2. Eerste beoogde fysieke mijlpalen voor ondergrondse waterstofopslag.

Beoogde mijlpalen	Wanneer	Actiehouder	Toelichting
1. HyStock (caverne 1-4) bij Zuidwending	Ontwikkeling: sinds 2020 Planning operationeel: 2031-2037	Gasunie en Nobian	Inzet op realisatie van het HyStock-project (caverne 1-4) nabij Zuidwending. KGG biedt o.a. politieke inzet, vergunningverlening en financiering om risico's af te dekken.
2. Werkvoorraad van negen aanvullende waterstof-opslagcavernes bij Zuidwending-Oost	Ontwikkeling: vanaf 2026 Planning operationeel: 2039 / 2040	Een operator binnen een publiek-private samenwerking	Realisatie van de negen aanvullende cavernes voor waterstofopslag nabij Zuidwending (dus dertien cavernes inclusief HyStock). Zo ontstaat een werkvoorraad van potentiële opslagcavernes voor toekomstig gebruik. Omdat dit dient als strategische asset werkt KGG aan het verkrijgen van financiering.
3. Demonstratieproject waterstofopslag in een gasveld	Ontwikkeling: vanaf 2026 Planning operationeel: Vanaf 2030	Een operator samen met staats-deelneming	Demonstratieproject waterstofopslag in een gasveld uitvoeren. Toewerken naar een *verified technology* voor gasvelden, zodat het mogelijk wordt om een commerciële opslag te realiseren. Ter voorbereiding van het demonstratieproject is het volgende nodig: • selectie van het veld • scope van het demonstratieproject (welke leerdoelen, omvang, etc.) • vorming van een consortium voor uitvoering • werkwijze stakeholder engagement • verkennen mogelijkheden voor financiering van het project (project kan ook baten opleveren).
4. Voorbereiding en realisatie proefboringen in nieuwe zoutstructuren op land	Ontwikkeling: Vanaf 2026 Proefboringen: circa 2031 Opslagcavernes operationeel: 2040-2050	Een operator samen met andere partijen en KGG	Opsporingsvergunningen en proefboringen in andere zoutstructuren op land om aan te tonen dat deze geschikt zijn voor de aanleg van opslagcavernes. Proefboringen dienen uiterlijk 2031 plaats te vinden om tussen 2040-2050 opslagcavernes operationeel te kunnen hebben. In geval van een succesvolle proefboring kunnen winningsvergunningen en winningsplannen en opslagvergunningen aangevraagd worden.

10.2 Acties ter uitvoering van de ontwikkelstrategie

De ontwikkelstrategie bevat 19 acties om vanuit het Rijk in gang te zetten. Daarbij geldt dat niet alle acties tegelijk gestart worden, maar gefaseerd in tijd uitgevoerd worden. Deze acties zijn tot stand gekomen op basis van gesprekken met 50 betrokken partijen en een serie werksessies met experts van TNO, Gasunie, EBN en SodM.

Met deze aanpak draagt het Ministerie van Klimaat en Groene Groei zorgt voor:

1. **Functionerende waterstofketen:** Minimaal de benodigde waterstofopslagcapaciteit ontwikkelen voor een functionerende waterstofketen en daarmee bijdraagt aan het behalen van de klimaatdoelen. Dit betekent concreet dat het HyStock-project gerealiseerd wordt (caverne 1-4).
2. **Keuzevrijheid:** De voorbereidende werkzaamheden uitvoeren om tegen relatief beperkte maatschappelijke kosten tijdige verdere flexibiliteit in te bouwen. Dit gebeurt door een werkvoorraad aan te leggen van negen aanvullende opslagcavernes, een demonstratie-project in een gasveld te ontwikkelen en voorbereidingen te treffen voor eventuele ontwikkeling van nieuwe zoutstructuren elders. Zo is opschaling van de opslagcapaciteit in de toekomst mogelijk. Ondergrondse waterstofopslag als onderdeel van het energie-systeem leidt naar verwachting tot miljarden lagere totale kosten van de energietransitie voor de maatschappij. Daarmee kan deze keuzevrijheid bijdragen aan een betere betaal-baarheid van energie voor iedereen.
3. **Bijdrage aan strategische autonomie:** Waterstofopslag levert een directe bijdrage aan onze voorzieningszekerheid. De buffercapaciteit helpt om de kans op zowel absolute energie-tekorten als extreme prijspieken te verkleinen en biedt bescherming tegen geopolitieke ontwikkelingen. Naast directe voorzieningszekerheid heeft het twee indirecte effecten die bijdragen aan onze strategische onafhankelijkheid: 1) Het stimuleert de afname van elektriciteitsproductie uit zon en wind en daarmee faciliteert het de groei van eigen hernieuwbare energieproductie. Zo kan de afhankelijkheid van energie-import verminderen; 2) Opslag is nodig voor een werkende waterstofketen. Het levert daarmee aan bijdrage aan betaalbare en beschikbare grondstof en brandstof voor de industrie. Zo kan het bijdragen aan het behoud van eigen strategische industriële productiecapaciteit.

Uitvoering van deze acties vereist capaciteit en middelen. De reservering van de benodigde middelen en uitvoeringscapaciteit is geen onderdeel van de agenda. Uitwerking van deze acties, vaststelling van de budgetten en afweging voor inzet van middelen moet nog plaatsvinden en is aan de departementen en de minister. Dit betekent dat de precieze invulling van de genoemde acties nog niet vaststaat.

De acties zijn onderverdeeld binnen vijf thema's. Dit zijn:

- veiligheid, regelgeving en beleid
- maatschappelijke inbedding
- financiële haalbaarheid
- kennisontwikkeling
- infrastructuur en internationaal.

Hierna worden de acties per thema gepresenteerd. De acties richten zich op de ondergrondse opslag, maar verhouden zich wel tot deze bredere context. Waterstofopslag kan immers alleen functioneren als onderdeel van de gehele waterstofketen. Sturing op andere schakels in de keten wordt elders geadresseerd (onder andere vanuit het Nationaal Waterstof Programma).

10.2.1 *Veiligheid, regelgeving en beleid*

Tabel 3. Acties binnen het thema 'veiligheid, regelgeving en beleid'.

Subthema	Acties	Wanneer	Actiehouder	Toelichting
Veiligheid	**1. Doorontwikkeling beleidskader voor omgang met risico's en standaarden voor waterstofopslag in zoutcavernes en gasvelden (inclusief Europese harmonisatie).** **Eerste stap is vaststellen richtsnoer voor waterstofopslag in zoutcavernes**	2025-2030	Trekker: KGG. Betrokken: SodM, TNO AGE en de Mijnraad.	Er bestaan kaders en normen voor zoutwinning en voor opslag, maar deze worden los van elkaar beoordeeld en zijn niet specifiek ontwikkeld voor waterstof. Het doel van het richtsnoer is om bestaande kaders en normen te duiden voor efficiëntere vergunningsprocessen. Het richtsnoer voor ondergrondse waterstofopslag in zoutcavernes komt beschikbaar in 2025. Lopende procedures kunnen ondertussen wel doorgang vinden. Procedures die momenteel al zijn opgestart vergen echter meer afstemming en maatwerk. Het richtsnoer helpt om vooraf meer duidelijkheid te bieden welke eisen gesteld worden en versnelt de processen. De scope van het richtsnoer richt zich in eerste instantie op ondergrondse waterstofopslag in zoutcavernes. In de nabije toekomst wordt bezien of de scope verbreed kan worden naar opslag in gasvelden. Later zal het richtsnoer doorontwikkeld worden tot een definitief en integraal beleidskader, en uiteindelijk verankerd worden in wet- en regelgeving. Het kader beschouwt de gehele levenscyclus, inclusief voor- en nazorg. Het neemt ervaring mee uit eerste projecten. Het is van belang om expliciet te maken welke restrisico's voor mens en milieu acceptabel zijn. De ontwikkeling van het beleidskader moet worden afgestemd met die van de andere EU-landen, zodat veiligheidseisen binnen Europa zoveel mogelijk geharmoniseerd zijn. Door te werken aan gedeelde eisen en normen waar ondergrondse waterstofopslag aan moet voldoen ontstaat duidelijkheid en een gelijker speelveld. Het werkt technologieontwikkeling en schaalvergroting in de hand. Dit stimuleert kostendalingen en operators kunnen op meer effectieve wijze een portfolio van opslagprojecten ontwikkelen. TNO en EBN kunnen KGG hierbij ondersteunen.
Vergunningen	**2. Afstemming over rolinvulling in besluitvormingsprocessen en definitie en meetbaarheid van veiligheidsbegrip**	2025-2026	Trekker: KGG. Betrokken: SodM, TNO AGE en de Mijnraad.	In het kader van de actualisatie van de Mijnbouwwet is er een dialoog tussen SodM, TNO AGE, de Mijnraad en het ministerie over definitie en toepassing van het veiligheidsbegrip. Daarbij ook aandacht voor de rolinvulling in de vergunningsprocessen tussen het ministerie, de drie adviesorganen en andere partijen (wie is waarvoor verantwoordelijk en hoe gaat dit in de praktijk?). Voor een effectieve leercyclus en een praktisch toepasbare kaders, is het van belang dat er sprake is van nauwe afstemming tijdens de uitvoering van de eerste projecten. Dit kan door gezamenlijk te werken vanuit een iteratieve leercyclus. Dit vergt intensieve afstemming en open communicatie tussen alle betrokken partijen: de operator, het ministerie en de toezichthouder. Als startpunt voor deze dialoog en potentiële werkwijze een onafhankelijk onderzoek uitvoeren naar de toepassing en interpretatie van het veiligheidsbegrip en huidige rolinvulling van de partijen. De inzichten en adviezen uit het onderzoek vormen een onafhankelijke informatiebasis voor het onderlinge gesprek (en kan ook input zijn voor de actualisatie van de Mijnbouwwet).
	3. Verkennen of vergunningsprocedures voor ondergrondse waterstofopslag versneld kunnen worden	2025-2028	Trekker: KGG. Betrokken: SodM, TNO AGE en de Mijnraad.	Ten behoeve van een snellere doorlooptijd van vergunningsprocedures verkennen of bestaande procedures voor nieuwe opslagprojecten versneld kunnen worden. Zeker de doorlooptijden van adviesprocedures kunnen relatief veel tijd kosten. Het is van belang dat de wettelijke doorlooptijden in acht worden genomen. Verkennen hoe informatie-uitwisseling sneller en integraler kan verlopen om deze adviesprocedures te versnellen.

Subthema	Acties	Wanneer	Actiehouder	Toelichting
	4. Verkennen van mogelijkheden om projecten meer in onderlinge samenhang te kunnen beoordelen bij vergunningsprocedures	2025-2028	Trekker: KGG. Betrokken: SodM, TNO AGE en de Mijnraad.	Sommige activiteiten hebben een onderlinge verhouding of kunnen elkaar beïnvloeden (zoals zoutwinning en opslag in cavernes). De vergunningsaanvragen worden echter losstaand van elkaar beoordeeld. Ook is er een scheiding tussen vergunningen voor de ondergrond (mijnbouw) en de bovengrondse installaties. Binnen vergunningsprocessen geldt bovendien een volgordelijkheid in de te doorlopen stappen (zoals een mer, winningsplan, opslagplan), terwijl in de praktijk inzichten uit latere fases relevant zijn voor de reeds doorlopen stappen. In de basis zijn deze beperkingen inherent aan ons vergunningsstelsel. De wens is echter om te verkennen hoe er binnen de procedures meer de mogelijkheid geboden kan worden om oog te hebben voor de samenhang tussen projecten en de procedures. Zo kan er meer integraal gekeken worden naar de effecten van het totaal aan ontwikkelingen binnen een gebied.
	5. Eisen permanente afsluiting waterstofopslagcavernes	2035	Trekker: KGG. Betrokken: SodM, TNO AGE, kennisinstellingen en operators.	Overeenstemming tussen de industrie, toezichthouder en het Rijk over de eisen voor veilige en permanente afsluiting van waterstofopslagcavernes.
Strategische voorbereiding	**6. Verkennen reservering van ruimte op de Noordzee voor mogelijke ondergrondse waterstofopslag op zee**	2026-2028	Trekker: KGG. Betrokken: IenW, LVVN en Defensie. Met adviserende rol van EBN.	Ruimte op de Noordzee is schaars. Verdeling van ruimte voor verschillende activiteiten vindt plaats. Er kan ruimte gereserveerd worden voor opslag bij strategische locaties nabij waterstofproductie in windparken en geschikte geologische structuren. Deze afweging ten opzichte van andere functies en ruimtereservering voor eventuele opslag wordt gemaakt in de herziening van het Programma Noordzee.
	7. Het uitwerken en vaststellen of en hoeveel strategische opslag van waterstof nodig is	2030-2035	KGG.	Wanneer er meer duidelijkheid ontstaat over omvang en timing van de waterstofketen, de inzet op andere flexibiliteits-middelen en de geopolitieke ontwikkelingen, dient uitgewerkt te worden of, hoeveel en wanneer strategische waterstof-opslag nodig is en hoe dit te ontwikkelen.

10.2.2 *Maatschappelijke inbedding*

Tabel 4. Acties binnen het thema 'maatschappelijke inbedding'.

Subthema	Acties	Wanneer	Actiehouder	Toelichting
Nut en noodzaak	**8. Uitdragen narratief over nut en noodzaak ondergrondse waterstofopslag**	Vanaf 2025	Trekker: KGG.	Als onderdeel van de bredere maatschappelijke dialoog over de energietransitie. Dit nationale narratief biedt ook een basis voor provincies, gemeenten en ontwikkelaars in de gesprekken met omwonenden over de projecten en het maatschappelijk belang. In dit narratief is aandacht voor de noodzaak om nu stappen te zetten (urgentiegevoel), aangezien de ontwikkeltijden van opslag lang zijn.
Gebiedsvisie	**9. Ontwikkelen van een integrale gebiedsvisie voor het gebied rond Zuidwending en Ommelanderwijk**	2025-2026	Trekker: Provincie en gemeenten. Betrokken: Inwoners, Rijk, initiatiefnemers en andere lokale belanghebbenden.	Er zijn verschillende activiteiten en plannen binnen een relatief klein gebied waar nu de eerste opslag is voorzien. Er is sprake van gestapelde mijnbouw (zoutwinning, effecten van gaswinning en aardgasopslag). En er zijn plannen voor de realisatie van dertien waterstofopslagcavernes. Rondom het gebied liggen woningen en het wordt gebruikt voor landbouw en recreatie. Ook bestaat de wens voor woningbouw. Verschillende partijen geven aan dat deze ontwikkelingen nu te veel als individuele projecten aangevlogen worden. Een integrale visie op het gebied ontbreekt. Hoe ziet de toekomst van het gebied eruit? En hoe passen de verschillende belangen hierin (van onder andere inwoners, gemeente, provincie, het Rijk, bedrijven, etc.)? Door gezamenlijk een toekomstvisie voor het gebied te ontwikkelen ontstaan randvoorwaarden en een gedeeld kader. Dit biedt perspectief voor inwoners en een basis waartoe individuele projecten zich kunnen verhouden. Ook de lusten en lasten zijn verdeeld over verschillende schaalniveaus (nationaal, provincie, gemeente, gebied). In dit proces kan verkend worden welke belangen, wensen en zorgen er zijn. Hierbij spelen verschillende invalshoeken, zoals economisch perspectief/werkgelegenheid, duurzaamheidsdoelen, leefbaarheid in het gebied, compensatiemechanismen, schadevergoeding, etc. Ook de Sociale en Economische Agenda's van Nij Begun kunnen hierbij mogelijk handvatten bieden.
Informatie	**10. Ontsluiten van kennis en het informeren van omwonenden**	2025 en daarna	Trekker: initiatiefnemer Betrokken: provincie, gemeenten, KGG, inwoners en andere stakeholders.	Het transparant en tijdig delen van kennis, plannen en ontwikkelingen is belangrijk voor maatschappelijke acceptatie van projecten. Het is belangrijk om inwoners vroegtijdig te informeren en te betrekken in de planvorming. Inclusief toelichting hoe het besluitvormingsproces werkt en hoe daarbij de verschillende belangen worden gewogen. De laatste inzichten en kennis dienen op een eenvoudige en toegankelijke manier te worden ontsloten voor omwonenden en andere lokale belanghebbenden. Daarbij is het ook van belang om toe te lichten welke effecten en risico's van mijnbouw aanvaardbaar zijn en waarom dat zo is (compleet uitsluiten van alle risico's is niet mogelijk, zoals dat ook geldt bij andere activiteiten).

10.2.3 Financiële haalbaarheid

Tabel 5. Acties binnen het thema 'financiële haalbaarheid'.

Subthema	Acties	Wanneer	Actiehouder	Toelichting
Markt	**11. Middelen voor werkvoorraad opslagcavernes en realisatie van het HyStock-project**	2025-2028	Trekker: KGG. Betrokken: staatsdeelneming en de sector.	Waterstofopslagen kunnen worden gezien als onderdeel van de infrastructuur. De markt zal dit (nog) niet zelfstandig investeren in opslagcavernes omdat langjarige afname contracten op dit moment niet worden afgesloten door de bestaande onzekerheden. Financiële ondersteuning vanuit de overheid is nodig totdat de markt meer zekerheid biedt in de vorm van langjarige afname contracten. Hiervoor de volgende *de-risking*-mechanismen nader uitwerken: a) Werken aan het reserveren van voldoende financiële middelen voor de realisatie van HyStock. b) Werken aan het reserveren van financiële middelen voor *de-risking* van de ontwikkeling van een werkvoorraad van aanvullende cavernes (na HyStock) bij Zuidwending-Oost. c) Mogelijkheden onderzoeken van inzet van relevante staatsdeelneming om risicodragend te investeren in waterstof-opslagcavernes (in de vorm van een publiek-private samenwerking). d) Mogelijkheden verkennen voor de inzet van EU-subsidies.
	12. Middelen voor het demonstratieproject waterstofopslag in een gasveld	2025-2028	Trekker: KGG. Betrokken: staatsdeelneming en de sector.	Hiervoor de volgende *de-risking*-mechanismen nader uitwerken: a) Verkennen van de mogelijkheden voor inzet financiële middelen voor een bijdrage aan de ontwikkeling van een demonstratieproject waterstofopslag in een gasveld. b) De mogelijke inzet van relevante staatsdeelneming voor deelname in een consortium voor de voorbereiding en uitvoering van het demonstratieproject waterstofopslag in een gasveld. c) Mogelijkheden verkennen voor de inzet van EU-subsidies.
	13. Verkennen mogelijke ondersteuning en inzet financiële middelen voor ontwikkeling van opslagcavernes in nieuwe zoutstructuren	2026-2028	Trekker: KGG. Betrokken: staatsdeelneming, TNO en de sector.	Verkennen of het mogelijk is ondersteuning te leveren of financiële middelen in te zetten ter stimulering van de ontwikkeling van opslagcavernes in nieuwe zoutstructuren: a) Begeleiding bij de aanvraag van exploratievergunningen. b) Het stimuleren van proefboringen. c) Reprocessing van seismische data, evaluatie van boorkernen, etc. van de verschillende zoutstructuren. Het opnieuw analyseren (reprocessing) van bestaande seismische data en boorkernen kan helpen om beter inzicht te verkrijgen in welke zoutstructuren kansrijk zijn voor waterstofopslag. Dit is ter voorbereiding van proefboringen. Ook zoutstructuren op iets wat afwijkende diepte kunnen hierbij interessant zijn (<1.000 of >1.500 meter).
	14. Stimuleren van de ontwikkeling van de waterstof-markt, inclusief de rol van opslag, handel en regulering ervan	2025-2030	Trekker: KGG. Betrokken: ACM en de sector.	Op dit moment is er nog geen (inter)nationale waterstofmarkt waar vraag en aanbod elkaar vinden. Deze waterstofmarkt moet ontwikkeld worden, zodat de eerste opslagprojecten hiervan gebruik kunnen maken. Hiervoor is duidelijkheid nodig over de marktregels, regulering, etc. Uitwerking vindt plaats vanuit het perspectief van de hele waterstofketen. Voor de opslagen is het van belang dat er meer zekerheid ontstaat over het verdienmodel. Het is wenselijk dat de opbrengsten zoveel mogelijk in lijn komen met de maatschappelijke diensten die ze leveren. KGG verkent wat passende financiële randvoorwaarden en marktmechanismen zijn, zodat er meer zicht komt op het verdienmodel voor waterstofopslag. Een voorbeeld is om met de Autoriteit Consument & Markt (ACM) te onderzoeken of de aansluitkosten of het nettarief omlaag kunnen bij opslagen die net-ondersteunende diensten leveren (verminderen netcongestie). In 2030 geldt in principe de gereguleerde derdentoegang (voorwaarden waarbinnen andere partijen de opslag kunnen benutten). KGG en ACM zullen duidelijkheid geven over hoe dit gereguleerd gaat worden, zodat projectontwikkelaars weten aan welke voorwaarden ze moeten voldoen en hoe dit het verdienmodel beïnvloed.

10.2.4 Kennisontwikkeling

Tabel 6. Acties binnen het thema 'kennisontwikkeling'.

Subthema	Acties	Wanneer	Actiehouder	Toelichting
Kennis-ontwikkeling	**15. MKBA-analyse naar opslag onder de Noordzee**	2026	KGG als opdrachtgever.	Maatschappelijke kosten-baten studie naar waterstofopslag op zee en eventueel bij binnenwateren. Met daarbij ook aandacht voor: • de mogelijkheden en technische uitdagingen • de potentiële locaties • de oplossingen voor de vrijgekomen pekel (in geval van caverneopslag op zee).
	16. Brede maatschappelijke kosten-batenafweging tussen hoofdkeuzes flexibiliteit	2026	KGG als opdrachtgever.	Er zijn verschillende hoofdrichtingen denkbaar hoe het energiesysteem ingericht kan worden en hoe er kan worden voorzien in voldoende flexibiliteit (welke flexibiliteitsmiddelen, aandeel en typen waterstof, hoeveel opslag, etc.). Het flexibiliteits-vraagstuk is één van de grote uitdagingen voor de ontwikkeling van het nieuwe energiesysteem. Zeker omdat de rol van waterstof kleiner lijkt te worden dan verwacht, neemt de omvang van dit vraagstuk toe. Het is wenselijk beter inzicht te krijgen in de maatschappelijke kosten en baten tussen verschillende (hoofd)oplossings-richtingen met betrekking tot het bieden van voldoende flexibiliteit. Dit ondersteunt beleidsvorming en bestuurlijke keuzes over de ontwikkeling van het energiesysteem en de rol van ondergrondse waterstofopslag daarbinnen.
	17. Studie naar milieueffecten van pekelafvoer op zee	2026-2027	Trekker: IenW en LVVN. Betrokken: KGG.	Op dit moment is het in Nederland niet toegestaan om pekel af te voeren op zee. In Duitsland zijn hier wel vergunningen voor en is hier ervaring mee. Hierdoor is in Nederland de ontwikkeling van opslagcavernes alleen mogelijk indien er een transportverbinding is naar een zoutfabriek (in Delfzijl of Hengelo). Dit vormt een belemmering bij de ontwikkeling van waterstofopslagcavernes op zee. Er is in Nederland weinig bekend over de mate waarin de afvoer van pekel (zout water afkomstig uit de cavernes) op zee tot milieueffecten leidt. Een onderzoek hiernaar is daarom wenselijk. De ervaring en studies uit Duitsland zijn hierbij behulpzaam. Op basis van de inzichten uit het onderzoek kan heroverwogen worden of pekelafvoer onder sommige omstandigheden acceptabel is.

10.2.5 *Infrastructuur en internationaal*

Tabel 7. Acties binnen het thema 'infrastructuur en internationaal'.

Subthema	Acties	Wanneer	Actiehouder	Toelichting
Internationaal	**18. Faciliteren ontwikkeling gedeelde (Europese) industrie-standaarden**	2026-2030	Trekker: EBN, TNO en Operators. Faciliterende rol van KGG.	Ook de industrie zelf kan werken aan gedeelde standaarden. Denk bijvoorbeeld aan industriestandaarden waar putten en leidingen aan moeten voldoen voor transport en injectie van waterstof, of standaarden ter voorkoming van seismiciteit. Dit draagt bij aan een gelijk speelveld en faciliteert kostendaling van ondergrondse waterstofopslag. KGG kan helpen om dit proces te initiëren en faciliteert deze ontwikkeling.
Infrastructuur	**19. Intensiveren internationale afstemming over inrichting en timing waterstofsysteem Noordwest-Europa**	2026 en daarna	Trekker: KGG. Betrokken: ministeries van andere EU-landen en Europese Commissie.	Intensiveren internationale afstemming over de ontwikkeling van nationale waterstofketens en import/export. Het is nodig de verwachtingen tussen landen expliciet te maken over afname of gebruik van waterstof en de ontwikkeling en timing van benodigde transportinfrastructuur en opslag daarvoor.

Bibliografie

ARKEMA. (2025, januari 21). *Arkema announces a project to refocus the activity of its Jarrie site in order to ensure its future following the cessation of its salt supply by Vencorex.* www.arkema.com: https://www.arkema.com/global/en/media/newslist/news/global/corporate/2025/20250121-arkema-jarrie-activity-vencorex/

Aven and Thekdi. (2022). *Risk Science: an introduction*.

BBO. (2024). *Zoutwinning Groningen Sociaal Economische benadering en brede welvaart*.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2025). *Weißbuch Wasserstoffspeicher*.

Caglayan et al. (2020). *Technical potential of salt caverns for hydrogen storage in Europe*.

Cavern Conglomerate Combination. (2024). KEM-28: *Risk Assessment of Hydrogen Storage in a Conglomerate of Salt Caverns in The Netherlands*.

CE Delft. (2024). *Energiemix en marktdynamiek in 2035 CO2-vrij elektriciteitssysteem. Conceptrapport*. https://storymaps.arcgis.com/stories/2349ba3eb36d4473861b7701a08985e1

Common Futures. (2023). *Samenspel gasvelden en zoutcavernes voor waterstofopslag*.

Dena. (2022). *Hy3 – Large-scale Hydrogen Production from Offshore Wind to Decarbonise the Dutch and German Industry*. Deutsche Energie-Agentur.

Draghi, M. (2024). *The Future of European competitiveness*.

EBN. (2025a). *Verkenning Randvoorwaarden UHS pilotproject in een Nederlands gasveld*.

EBN. (2025b). *Portfolio-analyse geschiktheid Nederlandse gasvelden voor ondergrondse waterstofopslag*.

European Climate, Infrastructure and Environment Executive Agency. (2025). *Projects of common interest & Projects of mutual interest - Interactive map*. https://ec.europa.eu/energy/infrastructure/transparency_platform/map-viewer/main.html

European Commission. (2025). *The Clean Industrial Deal: A joint roadmap for competitiveness and decarbonisation*.

Fischhoff et al. (1978). *How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits.*

Gezondheidsraad: Commissie Risicomaten en risicobeoordeling. (1996). *Risico, meer dan een getal - Handreiking voor verdere ontwikkeling van de risicobenadering in het milieubeleid*.

Gronings Perspectief. (2024). *De psychosociale impact van de gaswinningsproblematiek op bewoners in 2023 Gronings Perspectief fase 4*).

HCSS. (2021). *The high value of the North Sea*.

Hydrogen TCP-Task 42. (2025). *Building confidence in underground hydrogen storage*.

HyUSPRe. (2023). *Hydrogen Underground Storage in Porous Reservoirs*. https://storymaps.arcgis.com/stories/2349ba3eb36d4473861b7701a08985e1

IEA. (2025). *Northwest European Hydrogen Monitor 2025*. Parijs.

Industrietafel Noord-Nederland. (2022). *Cluster Energie Strategie - 2022*.

Informatiepunt leefomgeving. (2025, juni 6). *Participatie in de Omgevingswet.* www.IPLO.nl: https://iplo.nl/regelgeving/omgevingswet/participatie/

IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report*. Geneve, Zwitserland: IPCC.

Kennisplatform Leefbaar en Kansrijk Groningen. (2021). *Inzicht in impact - De gevolgen van de gaswinning voor de bewoners van Groningen*.

Letter of support. (November 2024). *Letter of support - Underground Hydrogen Storage*.

Milieu Centraal. (2025). *Waterstof.* https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/energiebronnen/waterstof/

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. (2014). *Kennisdocument Burgerbetrokkenheid bij Veiligheidsbeleid - Onderdeel van de tool box voor proportionele bestuurlijke omgang met risico's en verantwoordelijkheden*.

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2022). *Kamerbrief - Verantwoord omgaan met veiligheid en gezondheid in de energietransitie*.

Ministerie van Infrastructuur en waterstaat. (2024). *Kamerbrief - Rapport studie Maatschappelijke Kosten en Baten*.

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2024). Kamerbrief - Scope en vervolg Delta Rhine Corridor. 5 december 2024.

Ministerie van Klimaat en Groene Groei. (2025).

NAM. (2022). *Haalbaarheid waterstofopslag in lege gasvelden*.

Netbeheer Nederland. (2023). *Scenario's investeringsplannen 2024 - Scenario's voor de ontwikkeling van het energiesysteem in de jaren 2025-2030-2035, ten behoeve van de investeringsplannen van de Nederlandse netbeheerders elektriciteit en gas*.

Netbeheer Nederland. (2025). *Scenario's Editie 2025*.

New Energy Coalition. (2023). *De toekomst van Groningen*.

NLOG. (2025, maart 5). *Steenzout*. www.nlog.nl: https://www.nlog.nl/steenzout.

Parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen. (2023). *Groningers boven gas Rapport parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen*.

PBL. (2024). *Productie, import, transport en opslag van waterstof in Nederland*.

PBL. (2025). *Groene waterstof: De praktische uitdagingen tussen droom en werkelijkheid - Een verkenning naar de knelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen in de ontwikkeling van een groenewaterstofmarkt*.

Provincie Drenthe. (2023). *Samen bouwen we Drenthe! 2023-2027*.
Provincie Groningen. (2023). *Ereschuld: herstel en perspectief voor Groningen*.
Roland Berger. (2022). *Zout impactstudie: Het maatschappelijk en economisch belang van duurzame zoutwinning in Nederland*.
Royal HaskoningDHV. (2025). *Systeembeschrijving waterstofketens, ontwikkelingen in beeld voor Novex-traject havengebied Rotterdam. Wordt nog gepubliceerd*.
Saxion. (2024). *Ondergrondse energieopslag; een bijdrage in Twente?*
Shell. (2025). *Offshore H2 storage salt caverns - Are they a viable alternative to onshore storage?*
Slovic. (1987). *Perception of risk*.
SodM. (2018). *Staat van de sector zout*.
SodM. (2025, maart 5). *Zoutwinning*. www.sodm.nl: https://www.sodm.nl/sectoren/zoutwinning.
Stratelligence. (2024). *Vergelijking waterstofdrager Multicriteria-analyse van leveringsketens in Nederland*.
TNO & EBN. (2021). *OPVIS II: Ondergrondse Energieopslag in Nederland 2030 – 2050. Technische evaluatie vraag en aanbod*.
TNO & EBN. (2022). *Haalbaarheidsstudie offshore gasopslag*.
TNO. (2018). *Ondergrondse opslag in Nederland, technische verkenning*.
TNO. (2023a). *Naar een CO_2-vrije elektriciteitsvoorziening in 2040 - Een verkenning*.
TNO. (2023b). *Waterstofopslag in cavernes - Een maatschappelijke kosten-baten afweging*.
TNO. (2024). *De Economische en maatschappelijke waarde van zout*.
TNO. (2024). *HyDelta 3. WP4c - Value Chain and System Development - Hydrogen coponent manufacturing readiness and spatial requirements*.
TNO. (2024). *Waterstof opslagbehoefte 2030-2035*.
TNO, Arcadis. (2025). *Hy3+: Enabling and balancing the hydrogen infrastructure in North Western Europe*.
TNO, HyXchange, Berenschot. (2024). *Blueprinting the hydrogen market - Hydrogen spot market simulation (H2SMS)*.
Vlek, C. (2012). *Beoordeling, acceptatie en beheersing van risico's: traditie, kritiek en vernieuwing*.
Vlek, C. e. (1980). *Rational and personal aspects of risk*.
Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid. (2011). *Evenwichtskunst - Over de verdeling van verantwoordelijkheid voor fysieke veiligheid*.

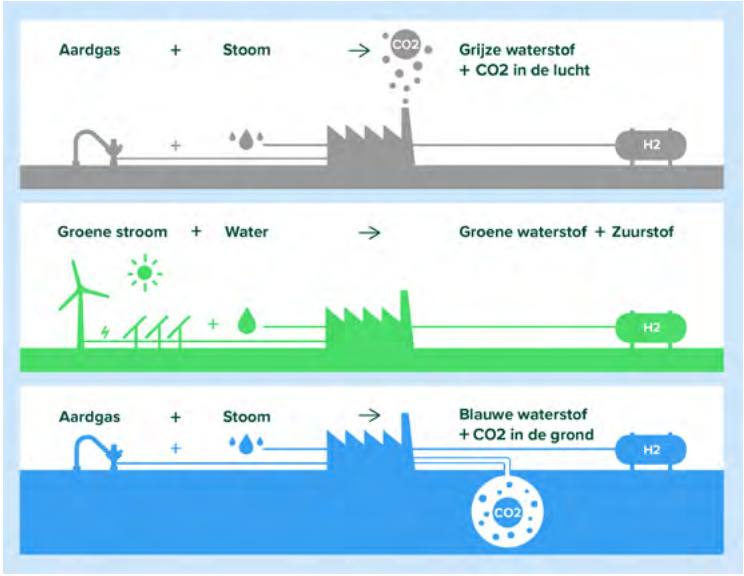
Bijlage 1
Achtergrondinformatie waterstof

Verschillende typen waterstof

Waterstof is het lichtste element op aarde. Het wordt aangeduid met 'H'. Het komt van nature voor in combinatie met andere elementen, zoals in water (H_2O). Waterstofgas (H_2) is kleur- en geurloos. Het is een energiedrager. Dit betekent dat het samen met zuurstof kan waterstofgas 'verbranden' tot water en zo zijn energie afgeven. In tegenstelling tot de verbranding van koolwaterstoffen (fossiele brandstoffen) komt hierbij geen CO_2 vrij in de atmosfeer. Omdat het een energiedrager is (en geen energiebron), moet het eerst gemaakt worden. De productie van waterstof kan op verschillende manieren plaatsvinden. Om onderscheid te maken tussen de verschillende productieprocessen. Er is daarom sprake van verschillende soorten waterstof (hoewel ze chemisch gezien hetzelfde zijn). Deze verschillende soorten worden soms ook aan de hand van 'kleuren' aangeduid:

Type waterstof	Hoe opgewekt
Fossiel of grijs	Geproduceerd uit aardgas door middel van stoommethaanreforming (SMR). De productie veroorzaakt aanzienlijke CO_2-uitstoot.
Koolstofarm of blauw	Op dezelfde wijze geproduceerd als fossiele waterstof, maar de CO_2 wordt afgevangen en ondergronds opgeslagen. Dit proces heet *Carbon Capture and Storage* (CCS). Niet alle CO_2 kan worden afgevangen, daarom wordt het ook wel koolstofarme waterstof genoemd.
Hernieuwbaar of groen	Gemaakt met behulp van elektrolyse, waarbij water wordt gesplitst in waterstof en zuurstof met behulp van elektriciteit. Als deze elektriciteit afkomstig is van hernieuwbare bronnen, zoals wind- en zonne-energie, wordt de waterstof hernieuwbaar en volledig CO_2-vrij geproduceerd.
Natuurlijk of wit	Waterstof die van nature voorkomt in de diepe ondergrond. De potentie voor het energiesysteem en de mate waarin dit commercieel te winnen is, is nog onduidelijk.
Afkomstig van kernenergie of paars	Wordt geproduceerd met elektriciteit op basis van elektrolyse, net als hernieuwbare waterstof. Het verschil is dat deze elektriciteit is opgewekt door kerncentrales. Hier komt geen CO_2 bij vrij.

Figuur 20: De productie van fossiele, hernieuwbare en koolstofarme waterstof (bron: (Milieu Centraal, 2025)).



Waterstofdragers

De energiedichtheid van waterstofgas is relatief laag, ook bij hogere druk. Grootschalig transport van waterstofgas is daarom gebonden aan pijpleidingen. Voor transport overzee (en grootschalige opslag bovengronds) moet de waterstof eerst omgezet worden naar andere energiedragers met een hogere energiedichtheid. Waterstofdragers kunnen dienen als tussenvorm om waterstof makkelijker te transporteren of op te slaan. Bij de omzettingsstap gaat wel een deel van de energie verloren. De waterstofdrager kan weer worden omgezet in waterstof of waterstofdragers kunnen dienen als eindproduct. Ze worden dan bijvoorbeeld gebruikt als brandstof of als grondstof (zoals ammoniak voor kunstmestproductie).

Bijlage 2
Waterstof(opslag) in Europese doelstellingen

De waterstofketen raakt aan strategische doelen van Europa op het gebied van klimaat en autonomie. Hieronder worden in hoofdlijnen de Europese plannen geschetst die gaan over waterstof(opslag) en die horen bij de doelen op klimaat, energieonafhankelijkheid en strategische autonomie van industrie en grondstoffen:

1. **Het behalen van de klimaatdoelen.** Met de European Green Deal van 2019 streeft de Europese Commissie naar het terugdringen van de netto broeikasgassen met 55% in 2030, vergeleken met de niveaus van 1990 en naar netto-nul uitstoot van broeikasgassen in 2050. In het behalen van deze doelstellingen speelt waterstof en de opslag hiervan een belangrijke rol. Binnen het framework van de Green Deal is in 2020 'A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe' uitgebracht. Deze strategie biedt een routekaart voor de EU tot 2050 voor de opzet van de waterstofketen. Waterstof moet getransporteerd worden van locaties met veel mogelijkheden voor het opwekken van hernieuwbare waterstof naar andere lidstaten die deze mogelijkheden niet hebben. Verder kan er internationale handel worden ontwikkeld.

2. **Meer strategische autonomie op energie.** In 2022 kwam het REPowerEU Plan uit, met het doel de energieafhankelijkheid van Russische fossiele brandstoffen te verminderen en de transitie naar hernieuwbare energie te versnellen. De huidige ontwikkelingen in het geopolitieke klimaat maken deze doelen nog relevanter. Binnen REPowerEU is het doel gesteld om tegen 2050 10% van de energiebehoeften van de EU met hernieuwbare waterstof te dekken, met focus op het koolstofvrij maken van energie-intensieve industriële processen en de transportsector. Voor het versnellen van de ontwikkeling van waterstofprojecten is het doel gesteld om in 2030 10 miljoen ton hernieuwbarewaterstofproductie en 10 miljoen ton import te hebben in de EU. Hierin is ook het Noordzeegebied genoemd als belangrijke ingang voor de import. Om deze hoeveelheden waterstof te kunnen transporteren en te kunnen opslaan is er nog veel nieuwe infrastructuur nodig. De totale investeringsbehoeften worden geraamd op € 28 tot € 38 miljard voor interne pijpleidingen in de EU en € 6 tot € 11 miljard voor opslag.

3. **Meer strategische autonomie van de industrie en op grondstoffen.** In 2024 kwam Mario Draghi, voormalig president van de Europese Centrale Bank (ECB), met een rapport over de toekomst van het Europees concurrentievermogen. Dit rapport benadrukt het belang voor Europa om met een gezamenlijk plan te komen voor het zowel het verbeteren van het concurrentievermogen als het verduurzamen van de industrie, het vergroten van de veiligheid en het verminderen van de afhankelijkheid van (kritieke) grondstoffen. Europa heeft op dit moment te maken met toenemende geopolitieke spanningen, trage economische groei en technologische concurrentie. Het is duidelijk dat een strategie voor verbeterd concurrentie-vermogen en verduurzaming direct ook een vereiste voor meer veiligheid en autonomie is.
Dit is uitgewerkt tot plannen van de Europese Commissie in de Clean Industrial Deal van februari 2025. Hierin is aangekondigd dat er duidelijkere regulering komt van koolstofarme waterstof en financiële middelen voor het de-risken, om investeringen meer zekerheid te geven en de waterstofproductie in Europa te versnellen.

Bijlage 3
Gesproken of betrokken partijen bij totstandkoming van de agenda

De Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag is mede tot stand gekomen op basis van gesprekken en afstemming met een groot aantal partijen. Hieronder volgt de lijst met alle gesproken partijen:

Gemeenten
Gemeente Veendam
Gemeente Eemsdelta
Gemeente Pekela
Gemeente Midden-Groningen
Gemeente Aa en Hunze
Gemeente Oldambt
Gemeente Groningen

Provincies
Provincie Groningen
Provincie Drenthe
IPO

Waterschappen
Waterschap Hunze en Aa's
Waterschap Noorderzijlvest
Waterschap Drents Overijsselse Delta
Unie van Waterschappen

Overige overheden en publieke organisaties
EBN
Gasunie
Staatstoezicht op de Mijnen
Mijnraad
Europese Commissie
Commissie Mijnbouwschade
ACM
Nationaal Programma Groningen
Kwartiermaker Economische Agenda Groningen
Kwartiermaker Sociale Agenda Groningen
TKI Nieuw Gas
RVO

Rijksoverheid
Ministerie van Klimaat en Groene Groei
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur
Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Ministerie van Defensie

Operators
Nobian
Nedmag
Corre Energy
NAM
Shell

Kennispartijen
TNO
Saxion
Kennisplatform Leefbaar en Kansrijk Groningen

Lokale belangenhebbenden
Zuidwending Dorpenteam Zuidwending - Ommelanderwijk
Comité Waterstof Ommelanderwijk

Overig
VNO-NCW
Groningen Seaports
Port of Rotterdam
Energy Storage NL
New Energy Coalition
NVDE
Equinor
Ponderra en Pronewable Geo Energy
Common futures

Colofon

Dit is een uitgave van Het ministerie van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei,
Bezuidenhoutseweg 73, 2594 AC Den Haag

Projectnaam Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag
Het belang van waterstofopslag voor het energiesysteem

Projectleider Nel Aland
Ministerie van Klimaat en Groene Groei
Postbus 20401 | 2500 EK Den Haag

Auteurs Nel Aland, Christiaan Hoetz, Noortje ten Wolde

Cover Gasunie (bovengrondse installatie aardgasopslag in Zuidwending)

Dank aan alle betrokkenen bij de totstandkoming van deze agenda.

Juli 2025