

Waterstof- versnelling

Mogelijkheden in het NZKG

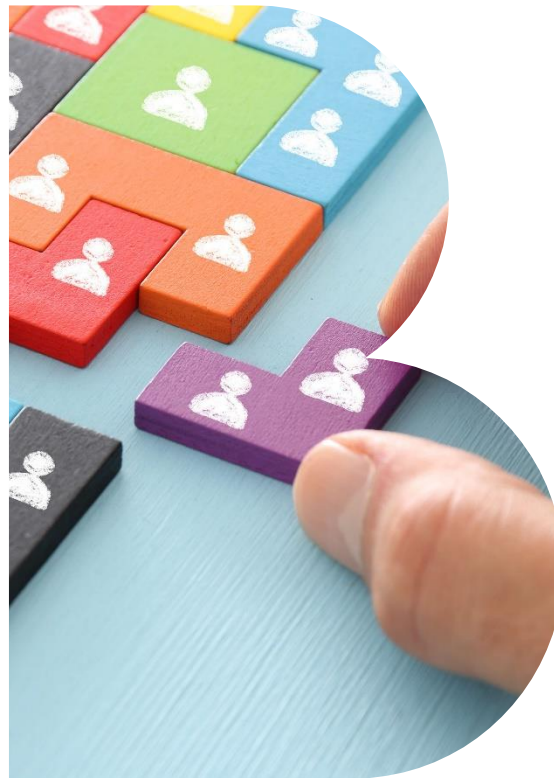


Contents

	Page
A. Bronnen en afkortingen	4
B. Samenvatting	7
C. Introductie van NZKG	10
D. Waterstofversnelling	16
E. Verwachte waterstofvraag en -aanbod	21
F. Impact en voorwaarden	35

A. Bronnen en afkortingen


noordzeekanaalgebied




Om de leesbaarheid te bevorderen, gebruikt dit rapport een aantal afkortingen

Index van afkortingen

Afkorting	Betekenis:	Afkorting	Betekenis:
Blauwe waterstof	Waterstof geproduceerd uit fossiele brandstoffen met CCS	LOHC	Vloeibare organische waterstofdragers
CCS	Koolstofafvang en -opslag	m	meter
CH ₄	Aardgas / Methaan	m ² / m ³	Vierkante meter/kubieke meter
CO ₂	Koolstofdioxide	mln.	Miljoen (10 ⁶)
DRI	Directe reductie van ijzer	MRA	Metropoolregio Amsterdam
EC	Europese Commissie	mrd.	Miljard
EUR	Euro	NH ₃	Ammoniak
G	Giga (10 ⁹)	NTB	Nog te bepalen
Grijze waterstof	Waterstof geproduceerd uit fossiele brandstoffen	NZKG	Noordzeekanaalgebied (gemeenten Amsterdam, Beverwijk, Haarlemmermeer, Heemskerk, Velsen en Zaanstad)
Groene waterstof	Waterstof uit duurzame bronnen	PoA	Port of Amsterdam
h	Uur	RFNBO's	<i>Renewable Fuels of Non-biological Origins</i> Duurzame brandstoffen van niet-biologische oorsprong
H ₂	Waterstof	ton	Metrische ton – 1.000 kg
J	Joule	USD	U.S. Dollar
k	Duizend (10 ³)	W	Watt
kg	Kilogram	WKK	Warmtekrachtkoppeling
LIHC	Vloeibare anorganische waterstofdragers		
LNG	Vloeibaar gemaakt aardgas		

Wij hebben gesprekken gevoerd met 10 organisaties om de plannen voor vraag, aanbod en vervoer van waterstof te verifiëren

Overzicht van bronnen

 Interviews met belanghebbenden # interviews: 11		
Organisatie	Datum	Vooruitgang
Nobian	29-10-21	Voltooid
Gasunie	01-11-21	Voltooid
Haven van Amsterdam	02-11-21	Voltooid
Alliander	02-11-21	Voltooid
Vattenfall	03-11-21	Voltooid
Tata Steel	03-11-21	Voltooid
Schiphol	05-11-21	Voltooid
Haven van Den Helder	08-11-21	Voltooid
Gasunie	09-11-21	Voltooid
Provincie Noord-Holland	12-11-21	Voltooid
Gemeente Amsterdam	12-11-21	Voltooid

Andere openbare bronnen

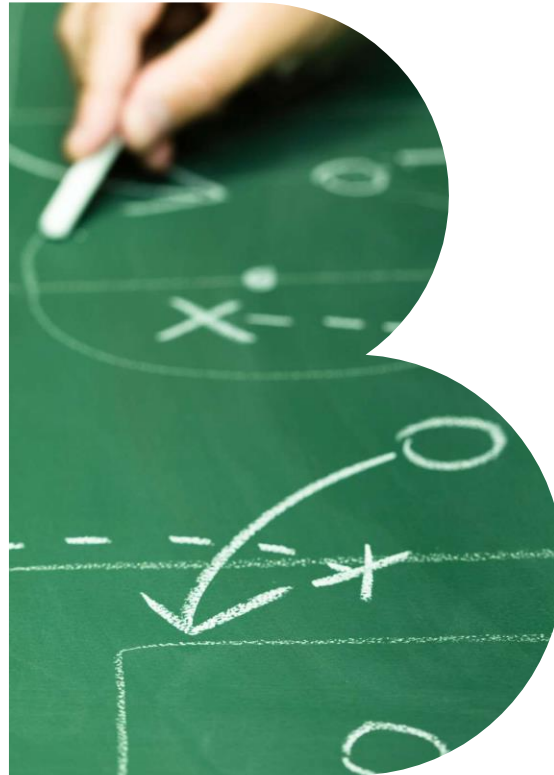
- > CO₂-uitstoot, CBS
- > Nationaal inventarisatierapport 2021, Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport
- > Hydrogen decarbonization pathways, Hydrogen Council
- > Haalbaarheidsstudie klimaatneutrale paden TSN Ijmuiden, Tata Steel & FNV
- > Overzicht van waterstofprojecten in Nederland, TKI Nieuw Gas
- > Rapportage systeemstudie energie-infrastructuur Noord-Holland 2020-2050, CE Delft
- > Zaanstad Maakstad Onderzoeksprogramma Energietransitie, DAREL
- > Werk door investeringen in groene waterstof, CE Delft



NZKG-gegevens

- > Hydrogen hub, NZKG
- > CES 1.0, NZKG
- > Visie 2040, NZKG
- > Transitieprogramma van klimaattafel industrie, NZKG

B. Samenvatting

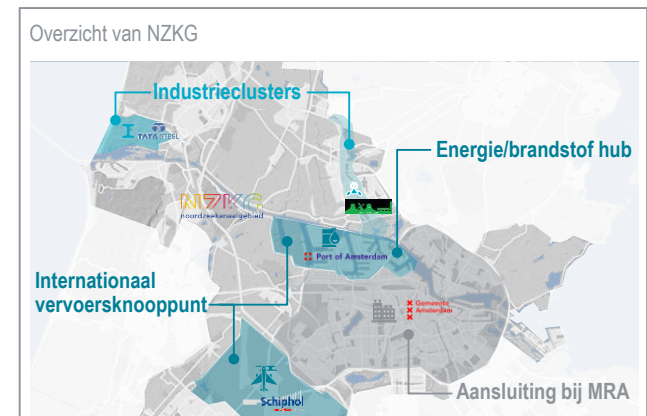


NZKG heeft waterstof nodig om te verduurzamen – Versnelling is nu nodig om toekomstbestendige waterstofinfrastructuur te ontwikkelen

Samenvatting (1/2)

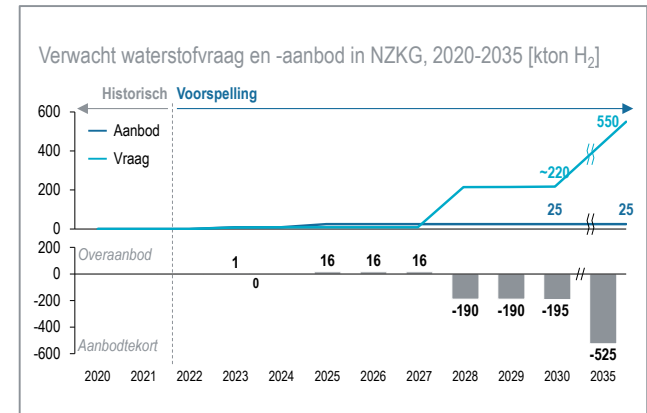
Introductie van NZKG en waterstofversnelling

- > Het **NZKG is van groot belang voor de Nederlandse economie** als een grootschalig internationaal energie-, industrie- en vervoersknooppunt
- > Er zijn **drie belangrijke industrieclusters: staal, luchtvaart en scheepvaart**, die alle drie sterk afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen
- > Om in 2050 klimaatneutraal te zijn, hebben de drie grote clusters **transitiepaden op basis van waterstof** aangekondigd
- > Overschakeling op waterstof door **de drie hoofdclusters maakt een uitrol van de waterstofinfrastructuur mogelijk die synergiën ontsluit met op waterstof gebaseerde transities en spin-offs in andere sectoren** zoals mobiliteit en de gebouwde omgeving
- > De opschaling en versnelling van de waterstoftransitie kan worden bereikt door de lopende pilotprojecten versneld te realiseren



Verwachte waterstofvraag en -aanbod

- > De geplande aanbodinitiatieven leveren ~25 kton H₂ en daarmee is er een **verwacht aanbodtekort** in NZKG van **~195 kton H₂ in 2030**, dat naar verwachting zal stijgen tot **~525 kton H₂ in 2035**, voornamelijk als gevolg van de H₂-vraag van Tata Steel van ~400 kton H₂
- > Tegen 2050, zal als gevolg van een beperkte verwachte toename van het lokale aanbod en ondanks een toename van de nationale import, **een tekort resteren van 750-1.000 kton H₂**, daarom **zal grootschalige, internationale import nodig zijn om de waterstoftransitie te realiseren**

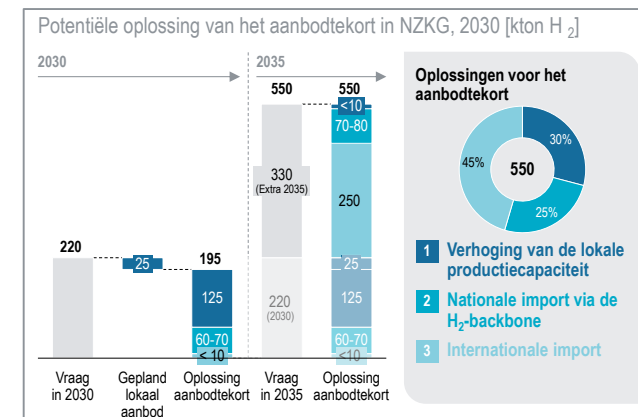


NZKG heeft waterstof nodig om te verduurzamen – Versnelling is nu nodig om toekomstbestendige waterstofinfrastructuur te ontwikkelen

Samenvatting (2/2)

Het dichten van de kloof tussen vraag en aanbod

- > **Om het aanbodtekort te dichten moet NZKG de lokale productie verhogen, nationaal importeren via de backbone en internationaal importeren**
 - **Verhoging van de lokale H₂-productie tot 1 GW**, wat ~150 kton H₂ oplevert, lijkt mogelijk; Opschaling tot meer dan 1 GW is onwaarschijnlijk gezien de beperkte aanlanding van wind-op-zee-capaciteit en de beschikbaarheid van landoppervlakte
 - **Aansluiting van NZKG op de nationale backbone tegen 2027 is essentieel** om het aanbodtekort met nationale import aan te vullen; Ondanks verscheidene geplande grootschalige projecten is het onwaarschijnlijk dat er voldoende groene waterstof beschikbaar zal zijn om het aanbodtekort dat in 2035 wordt verwacht aan te vullen
 - Door de overvloed aan duurzame energie in andere landen zal de **invoer van waterstof naar verwachting kostencompetitief zijn** met lokale productie



Impact en voorwaarden

- > Met het versnellen van de overgang op waterstof, kan NZKG:
 - **4-6 Mton CO₂ reduceren tegen 2030** en 15+20 Mton CO₂ tegen 2050
 - **De huidige banen en toegevoegde waarde beschermen**, alleen al het verlies van Tata Steel zou 40.000 banen kunnen kosten
 - **Een nieuwe waardeketen creëren** die 3.000-12.000 nieuwe banen kan opleveren
 - **Nationale investeringen stimuleren** in duurzame energie, infrastructuur en elektrolyse ter waarde van 20-25 miljard euro
- > Om de waterstoftransitie tot stand te brengen, zullen de regionale en nationale overheden en de Europese Commissie **financiële steun moeten verlenen, snel vergunningen moeten afgeven, proactief infrastructuur moeten ontwikkelen en de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit moeten garanderen**

Belangrijkste factoren die de waterstofambitie van NZKG mogelijk maken

- 1 **Financiële steun**
 - > Er is steun nodig om de productie en het verbruik van groene waterstof te stimuleren
 - > Steun vanuit de regering moet worden toegestaan
- 2 **Waterstof-infrastructuur**
 - > Infrastructuur is een essentieel fundament
 - > Er moet een begin worden gemaakt met de ontwikkeling van (import) infrastructuur
- 3 **Regelgevings ondersteuning**
 - > Vergunningsprocedures moeten worden versneld
 - > Blokkades (b.v. stikstof) moeten worden opgelost
 - > Benodigde human capital moet beschikbaar zijn
- 4 **Beschikbaarheid van duurzame elektriciteit**
 - > Naast elektrificatie zal duurzame elektriciteit nodig zijn om waterstof te produceren
 - > Duidelijke additionaliteitscriteria kunnen nodig zijn

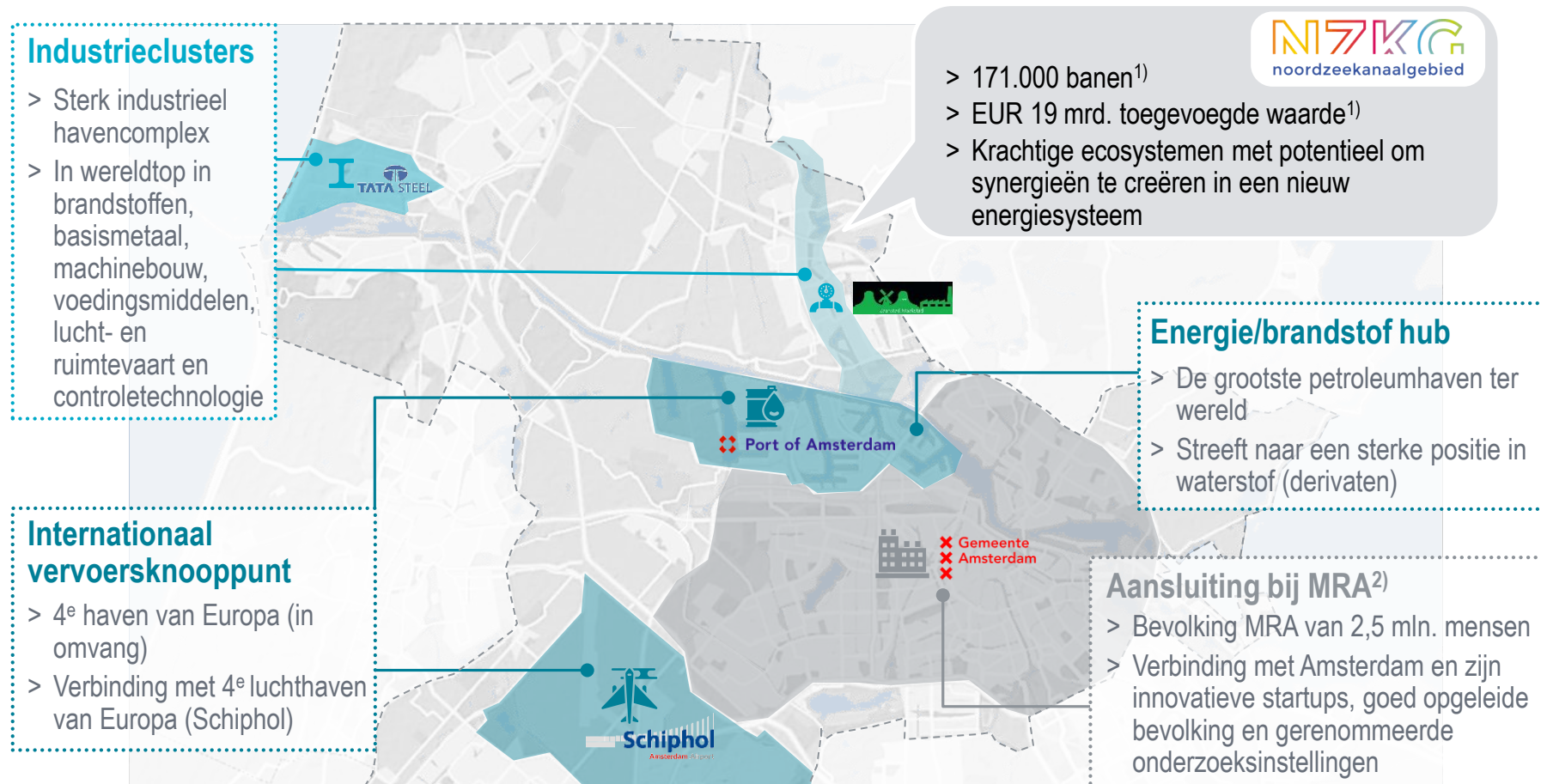
C. Introductie van NZKG


noordzeekanaalgebied



NZKG is van groot belang voor de Nederlandse economie om zijn industriële cluster en rol als internationale transport- en brandstofhub

Belangrijkste kenmerken NZKG

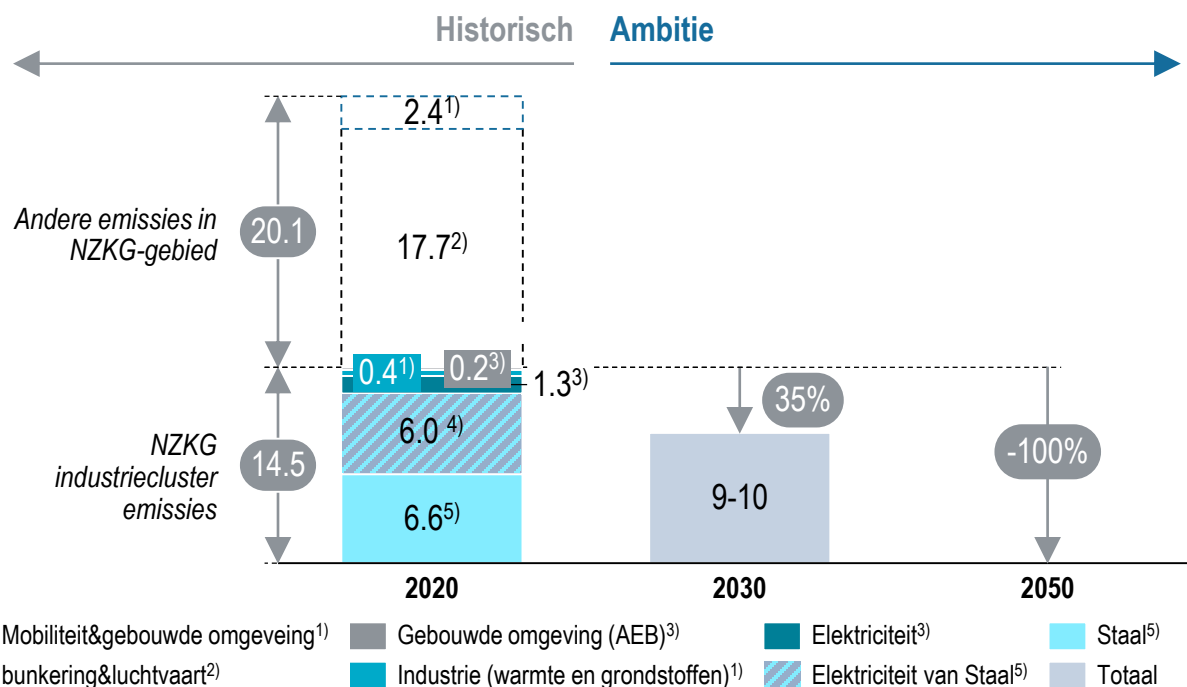
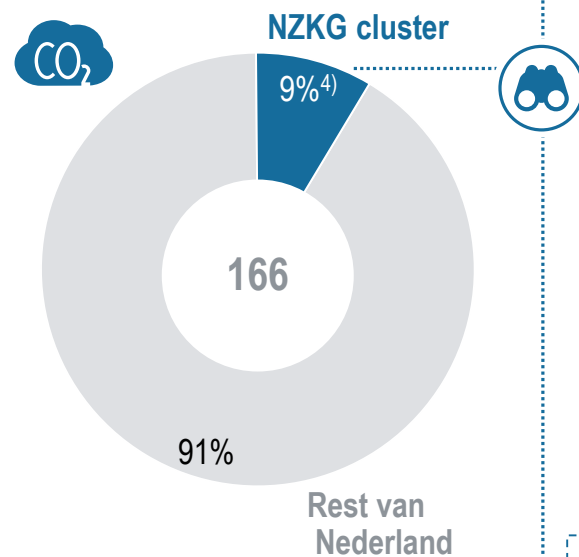


1) Van NZKG-regio incl. zee- en luchthaven; 2) Metropoolregio Amsterdam

NZKG heeft de ambitie om in 2050 klimaatneutraal te zijn, door reductie van de huidige uitstoot van ~15+20 Mton CO₂

NZKG-emissiereductieambitie [Mton CO₂e]¹⁾

Nederlandse emissies, 2020 [Mton CO₂e]









Het verduurzamen van NZKG zou kunnen leiden tot een vermindering met 4-6 Mton CO₂ in 2030 en 14-15 Mton CO₂ in 2050 en nog eens ~20 Mton CO₂ uit o.a. luchtvaart, bunkering en mobiliteit

1) Gebaseerd op 2019 sectorspecifieke CO₂-emissies van de gemeenten Amsterdam, Beverwijk, Haarlemmermeer, Heemskerk, Velsen, Zaanstad; 2) Bunkering en luchtvaartemissies zijn niet toegerekend aan een specifiek land/regio en daarom apart weergegeven; 3) AEB emissies (afvalverbranding) tellen als 1/3 fossiel en 2/3 biogeen, alleen fossiele emissies weergegeven; 4) Aangezien elektriciteitscentrales uitlaatgassen van staal gebruiken, moeten deze emissies gedeeltelijk aan staal worden toegewezen; 5) Op basis van een genormaliseerd productievolume
 Bron: CBS, Klimaatmonitor, NZKG, Port of Amsterdam, Roland Berger
 211112_Waterstofversnelling_NZKG_NL_voor_publicatie.pptx | 11



NZKG is een grootschalige energiehub; de drie belangrijkste energie-intensieve clusters zijn nu sterk afhankelijk van fossiele brandstoffen

Energietransitie-uitdaging voor de belangrijkste clusters binnen NZKG







	 Staal	 Havenactiviteiten	 Luchtvaart
Uitdaging	Staal maken vereist zowel hogetemperatuurwarmte als koolstof als grondstof	Zowel handel ¹⁾ in als bunkeren van fossiele brandstoffen zullen worden vervangen door duurzame alternatieven	Luchtvaart vereist brandstoffen met hoge energiedichtheid door de strikte beperkingen in gewicht en omvang
Jaarlijks fossiel gebruik	5 Mton steenkool	1,5 Mton fossiele brandstoffen gebunkerd in het havengebied	4 Mton vliegtuigbrandstof
Status	<1% duurzame energie gebruikt bij staalproductie	<1% duurzame brandstoffen gebunkerd	<0,1% duurzame vliegtuigbrandstof gebruikt
			

1) Niet opgenomen in het scope van dit document



Om hun transitieprobleem op te lossen en vóór 2050 klimaatneutraal te worden, zullen de drie hoofdclusters sterk leunen op waterstof

Aangekondigde transitiepaden van hoofdclusters binnen NZKG

	 Staal	 Havenactiviteiten	 Luchtvaart
Aangekondigd transitiepad	Omschakeling eerste hoogoven naar DRI-proces in 2028 en tweede in 2035	Een invoerterminal ontwikkelen voor verschillende waterstofdragers	Menging van bio- en synthetische brandstoffen met traditionele vliegtuigbrandstof
Benodigde waterstof	Vóór 2030 beginnen met DRI, 80% waterstof gebruiken in DRI en tot 100% in andere processen	Invoer van maximaal 1 Mton waterstof via <i>carriers</i> tegen 2030	Tegen 2030 beginnen met het gebruik van duurzame vliegtuigbrandstof, oplopend tot 63% van alle vliegtuigbrandstof in 2050¹⁾
			

1) Omvat synthetische en biogene vliegtuigbrandstoffen
Bron: Tata Steel, EVOS, EC REDII, Roland Berger

De plannen van de hoofdclusters maken uitrol van waterstof infra mogelijk, die ook op waterstof gebaseerde transitie elders voedt

Sectorale synergiën bij een overgang op waterstof

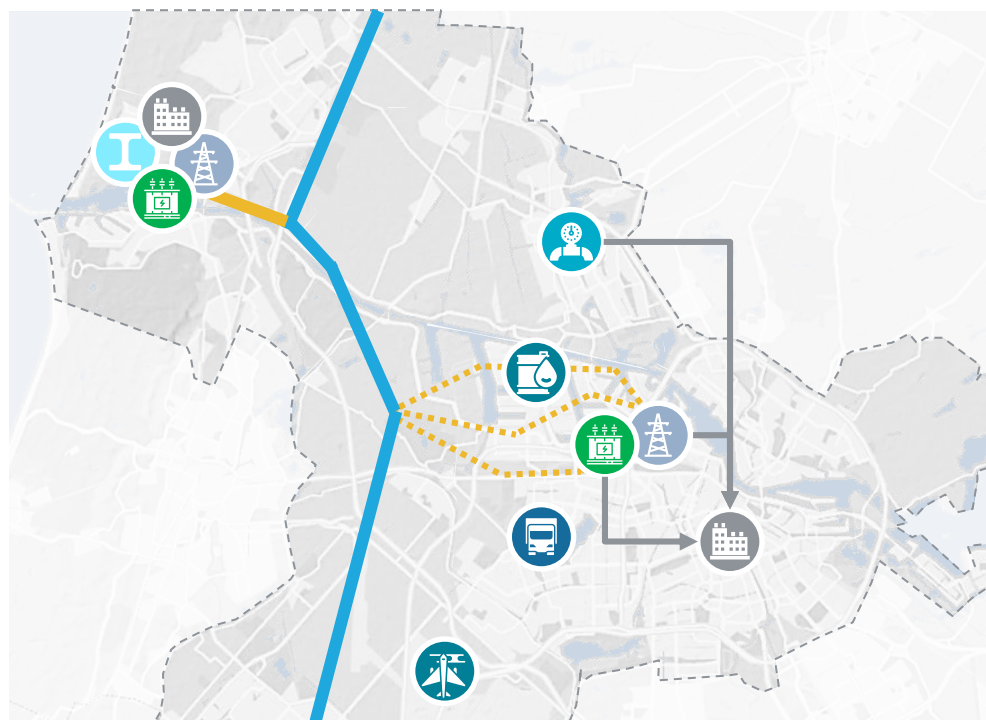
Een flexibel mengsel van waterstof en aardgas kan worden gebruikt in elektriciteitscentrales en het DRI-proces voor staalproductie om de waterstofmarkt te stabiliseren

Het zuurstofbijproduct van elektrolyse kan worden gebruikt in het staalproductieproces

Een lokaal waterstofdistributienetwerk stelt kleinere industrieën in staat waterstof te gebruiken voor verwarming en als grondstof

Een regionale backbone (met (inter)nationale verbindingen) maakt de plaatsing van waterstoftankstations voor wegvoertuigen mogelijk

Met Port of Amsterdam en Schiphol is NZKG een grote potentiële afnemer van RFNBOS



Duurzame afvalwarmte (van verwarming met waterstof) kan worden gebruikt voor stadsverwarming in de MRA-regio

Waterstofelektriciteitscentrales kunnen elektriciteit produceren wanneer de duurzame capaciteit beperkt is

Waterstof kan worden gebruikt als grondstof voor duurzame brandstof van niet-biogene oorsprong (RFNBO), die fossiele brandstoffen kan vervangen en toch het gebruik van dezelfde motoren mogelijk maakt

Afvalwarmte van elektrolyse en/of elektriciteitscentrales die waterstof als grondstof gebruiken, kan worden gebruikt voor stadsverwarming

Het huidige gasdistributienetwerk kan worden omgebouwd naar waterstof en worden aangesloten op de regionale backbone

- Staal
- Mobiliteit
- Elektrolyse
- (Chemische) industrie
- Regionale geïntegreerde backbone (RIB)
- Elektriciteitsproductie
- Synthetische brandstoffen
- Gebouwde omgeving
- Gasunie waterstof backbone
- RIB route-optie

D. Waterstofversnelling


noordzeekanaalgebied



NZKG heeft een ambitie voor vergaande decarbonisatie door waterstof, versnelling is nodig om dat doel te bereiken

NZKG's potentieel om waterstofplannen te versnellen

**1**

Waterstof heeft een breed decarbonisatiepotentieel

- > Waterstof is essentieel voor het verduurzamen van de NZKG clusters waarvoor elektrificatie of duurzame warmte geen oplossing bieden
- > Waterstof kan worden gebruikt om industrie, luchtvaart, scheepvaart, steden, huizen en mobiliteit te verduurzamen

2

NZKG is goed gepositioneerd voor waterstof

- > Het gebied kan een versneller zijn voor waterstof omdat er:
 - Energie-intensieve industrie is
 - Verbindingen zijn met de brandstofhub in de haven van Amsterdam en Schiphol
 - Bestaande gasinfrastructuur is en een nauwe verbinding met (toekomstige) wind-op-zee uit de Noordzee

3

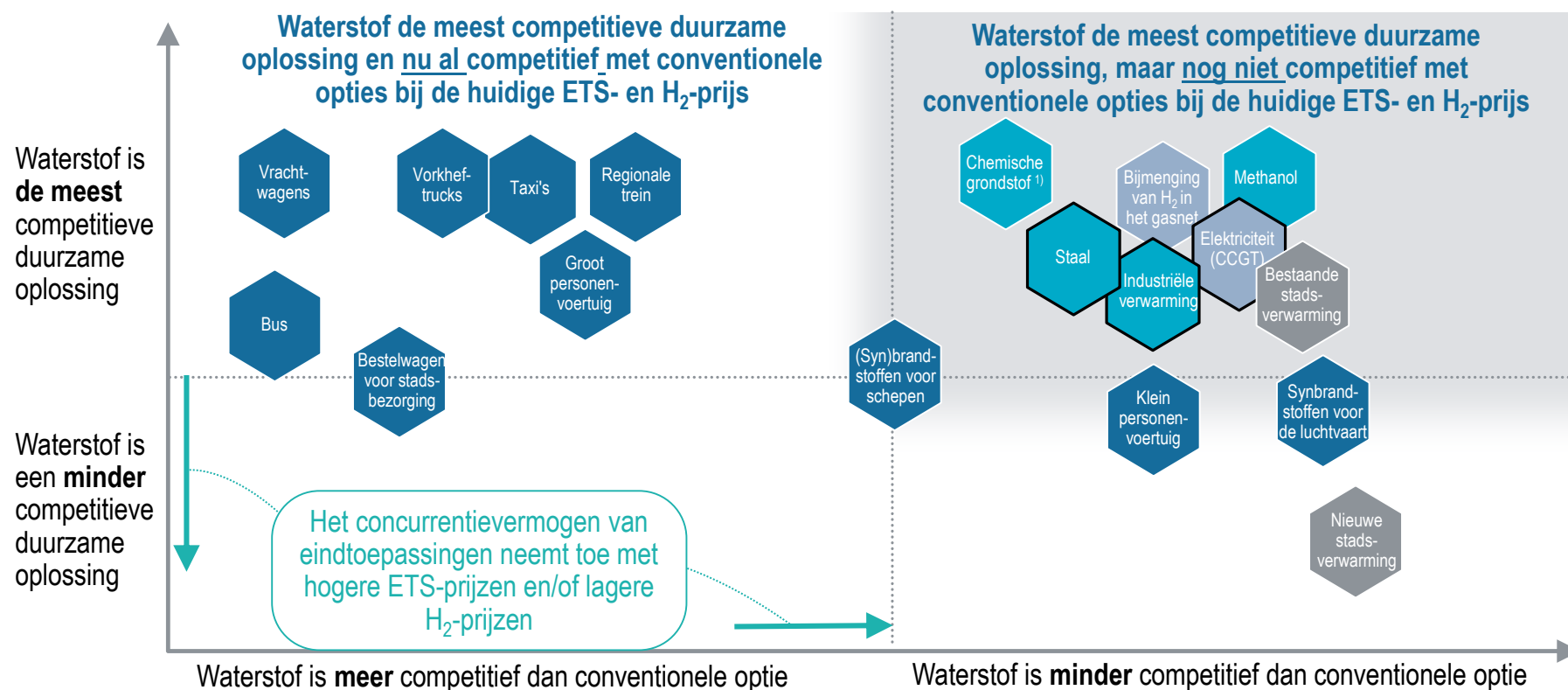
Sterk potentieel voor groei in meerdere waardeketens

- > Er zijn verschillende initiatieven op het gebied van vraag, aanbod en infrastructuur met plannen om vóór 2030 operationeel te worden

Waterstof is de meest competitieve duurzame oplossing, maar nog niet competitief met conventionele opties bij huidige ETS- en H₂-prijzen

Concurrentievermogen van eindtoepassingen in 2030

Illustratief



■ Industrie
 ■ Mobiliteit
 ■ Gecentraliseerde energie
 ■ Gebouwde omgeving
 Indien CCS niet wordt toegepast

NZKG is de ideale locatie om waterstof te versnellen, omdat het vraag, aanbod, flexibiliteit, infrastructuur en import combineert

NZKG's waterstofpropositie

Niet uitputtend

Aanbod en flexibiliteit

Levering

- > Nabijheid van aanlanding van offshore-windenergie uit de Noordzee



Importeren

- > Haven van Amsterdam: 4^e haven van Europa (in omvang) en internationaal brandstoffenknooppunt
- > Sterke verbindingen met de havens van Rotterdam, Den Helder, Groningen en Antwerpen



Flexibiliteit

- > Tata Steel en Vattenfall kunnen een variabele mix van aardgas en waterstof gebruiken om het H₂-net te balanceren

Infrastructuur

Bestaand:

- > Brandstofleidingen met Schiphol en de haven
- > Aardgasnetwerk

Nieuw:

- > Nationale en regionale waterstof-backbone
- > Lokaal waterstof distributienet

Vraag

Staal



Synthetische brandstoffen



Elektriciteitsproductie



Industrie



Mobiliteit



Gebouwde omgeving



Spill over effecten

- > Kennisinstellingen, zoals:
 - Universiteiten: bijv. UvA en VU
 - Hogescholen: bijv. HvA en Inholland
- > Incubators, startende ondernemingen en scale-ups
- > Amsterdam als proeftuin voor innovaties - Amsterdam werd uitgeroepen tot Europese hoofdstad van innovatie 2016
- > Kennisexport via Amsterdam als internationale hub

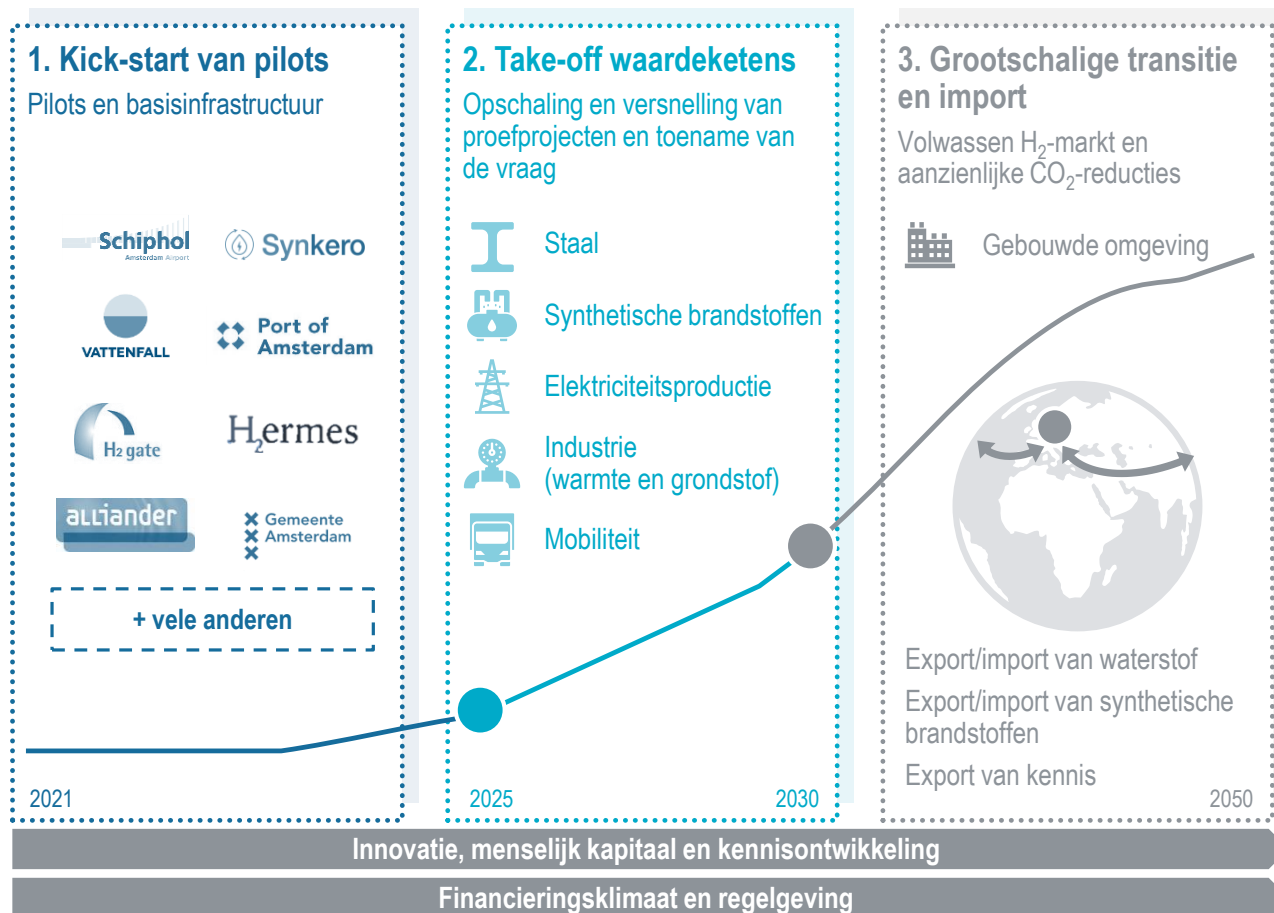
Voor grootschalige transitie naar waterstof in de belangrijkste NZKG-clusters moeten lopende initiatieven worden opgeschaald en versneld

Kick-start en take-off van projecten

1. Kick-start van pilots
Actieve stimulering van nieuwe projecten en realisatie van basisinfrastructuur voor waterstof

2. Take-off waardeketens
Opschaling en versnelling van pilot projecten en toename van het gebruik van waterstof in belangrijke waardeketens

3. Grootschalige transitie en import
Aansluiting van waterstof en synthetische brandstoffen op de internationale waardeketen en kennisexport om verder te werken aan wereldwijde klimaatneutraliteit

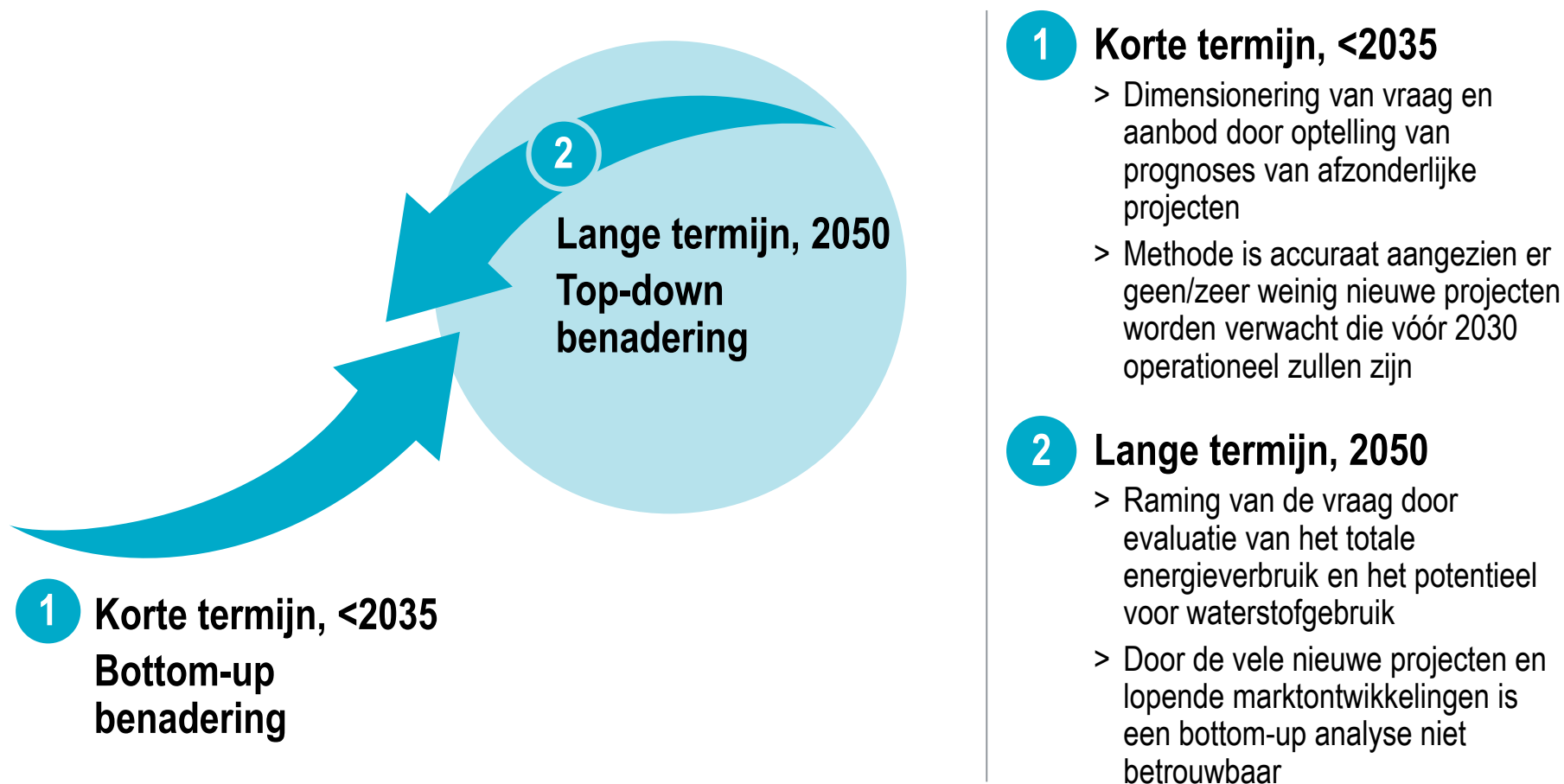


E. Verwachte waterstofvraag en -aanbod



Waterstofvraag en -aanbod in NZKG zijn gekwantificeerd met een gecombineerde bottom-up- en top-downbenadering

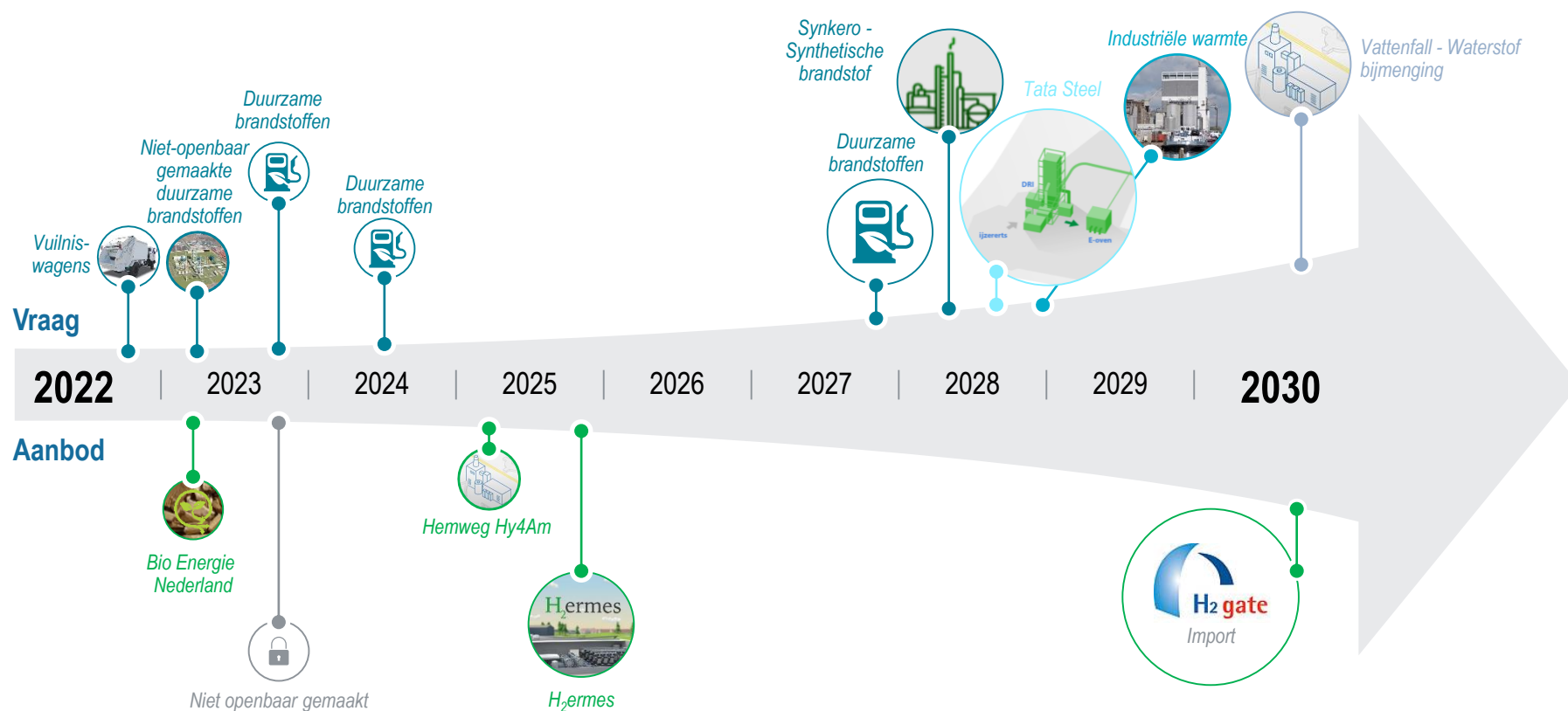
Methodologische benadering van de kwantificering waterstofvraag en -aanbod



Er zijn verscheidene waterstofinitiatieven gepland, hoofdzakelijk aan de vraagzijde, die vóór 2030 gerealiseerd zullen zijn

Overzicht waterstofvraag- en aanbodprojecten in NZKG

Indicatief



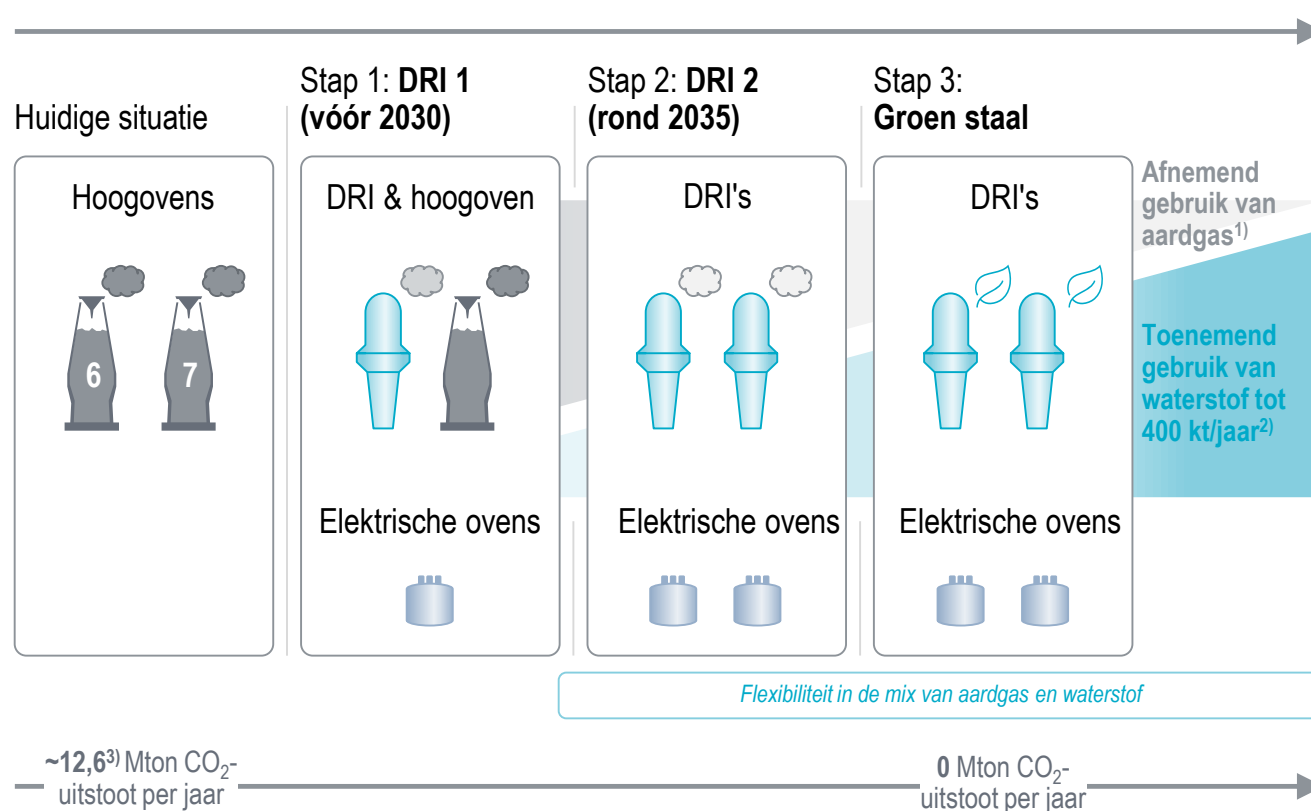
Indicatieve projectomvang ton H₂ per jaar, <10 kton, 10-100 kton, >100 kton



De transitie van Tata Steel naar DRI-technologie zal verreweg het grootste project zijn, waarvoor tot ~400 kton H₂ per jaar nodig is

Transitiepad van Tata Steel naar de productie van groen staal

Illustratief



Opmerkingen

- > Momenteel gebruikt Tata Steel Nederland twee hoogovens voor de productie van staal op basis van ijzererts en kolen
- > Tata Steel zal in drie stappen de productie omschakelen: stap één en twee zijn de vervanging van de hoogovens door DRI-installaties en de derde stap is de overgang van productie op basis van aardgas naar waterstof
- > Aangezien koolstof nodig is voor het staalproductieproces, blijft een deel aardgas nodig
- > Uiteindelijk zal Tata Steel ~400 kton H₂ per jaar nodig hebben voor haar productie
- > Extra waterstof zal nodig zijn om fossiele brandstoffen te vervangen in andere installaties

CO₂-uitstoot huidig niveau Minder CO₂-uitstoot Geen CO₂-uitstoot: groen staal

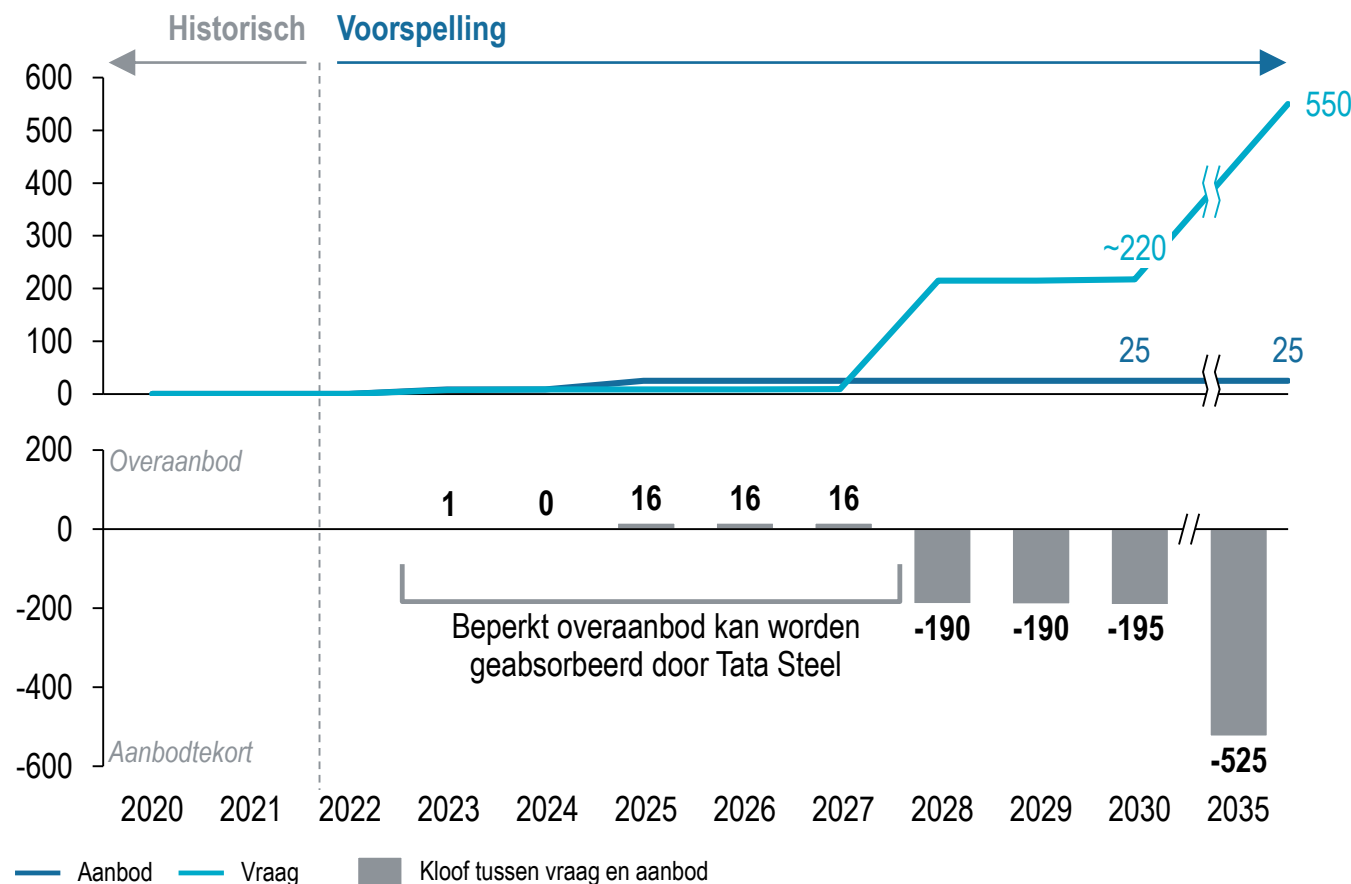
1) Aardgas kan ook (gedeeltelijk) worden vervangen door biogas; 2) Op lange termijn is extra waterstof nodig ter vervanging van andere koolstofhoudende energiebronnen die in de rest van de installatie worden gebruikt; 3) Met inbegrip van de emissies van de elektriciteitscentrale van Vattenfall in Velsen

Bron: Tata Steel, Roland Berger

In 2030 wordt een tekort van 195 kton H₂ verwacht dat zal oplopen tot 525 kton H₂ in 2035, vooral door de vraag vanuit Tata Steel

Verwachte waterstofvraag en -aanbod in NZKG, 2020-2035 [kton H₂]

Bottom-up analyse



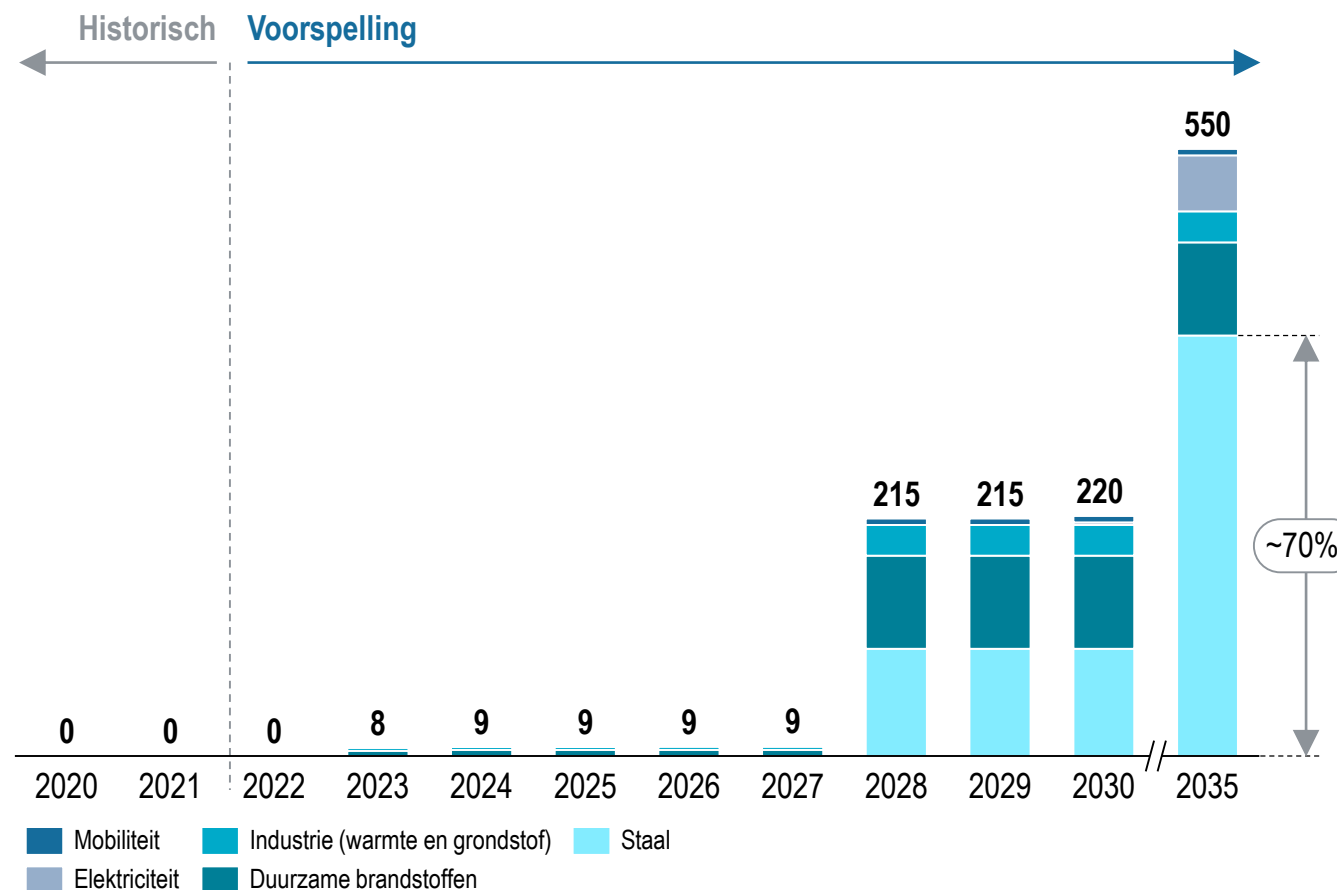
Opmerkingen

- > In de jaren 2023-2027 is er een klein overaanbod van waterstof uit het H₂ermes-project
- > Tata Steel heeft een overeenkomst met H₂ermes om extra waterstof te absorberen die wordt geproduceerd
- > Vóór 2030 zullen verschillende projecten aan de vraagzijde van start gaan, waarvan Tata Steel de grootste is – Dit resulteert in een tekort van 190-195 kton H₂
- > Rond 2035 wil Tata Steel de tweede DRI-installatie voltooien, wat zal resulteren in een nog groter tekort

De verwachte vraag groeit tot 2020 kton H₂ vóór 2030 en 550 kton H₂ rond 2035, wanneer ~70% van de vraag zal komen van staal

Verwachte waterstofvraag in NZKG per sector, 2020-2035 [kton H₂]

Bottom-up analyse



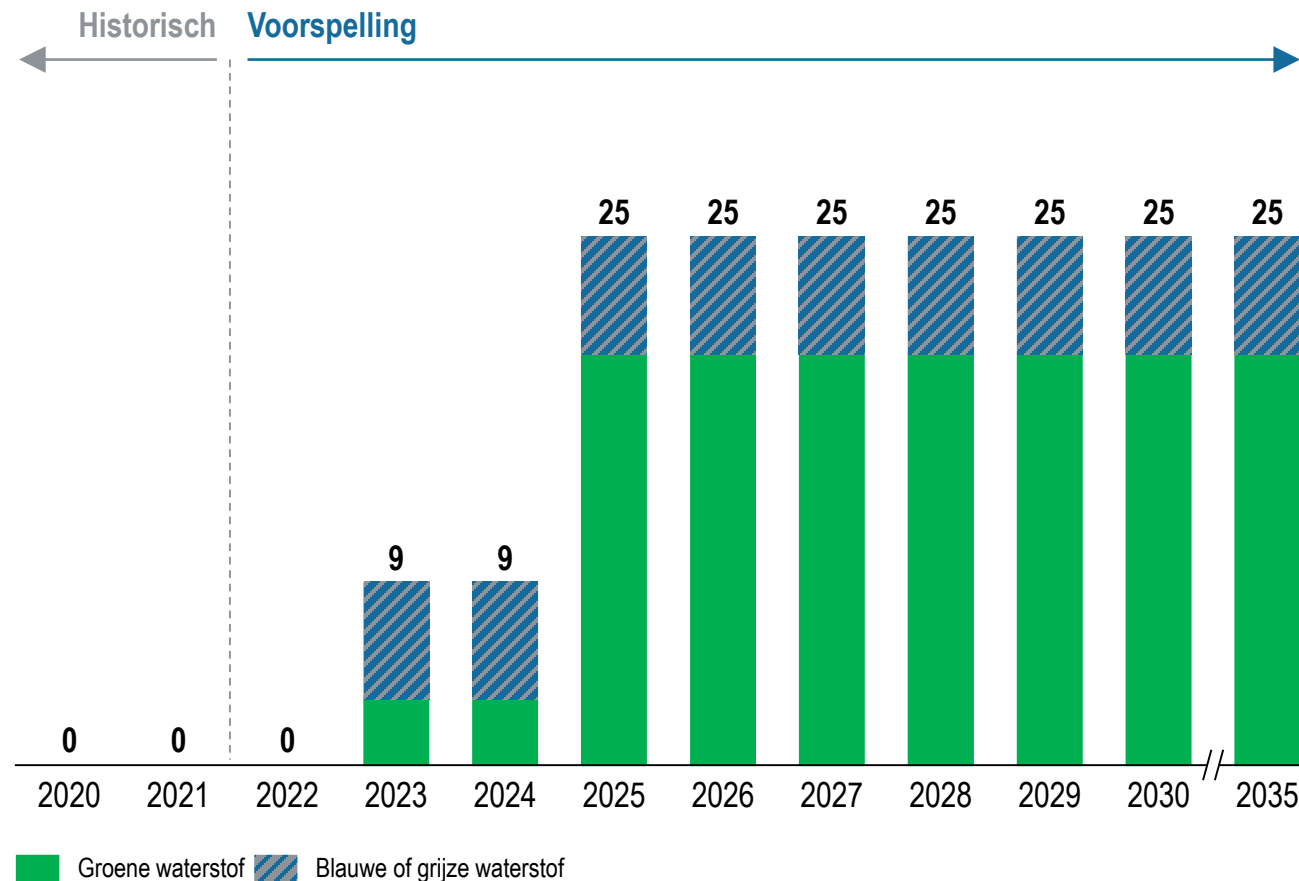
Opmerkingen

- > Tot 2027 is de vraag met name afkomstig van diverse kleinschalige installaties voor de productie van duurzame brandstoffen en proefprojecten op het gebied van mobiliteit
- > Vóór 2030 komen de eerste grote installaties online voor duurzame brandstof en zal Tata Steel zijn eerste hoogoven ombouwen tot DRI
- > Rond 2035 wil Tata Steel de tweede DRI-installatie voltooien, wat zal resulteren in een veel grotere vraag naar waterstof
- > Tata Steel streeft specifiek naar groene waterstof, het gebruik van blauwe waterstof is minder logisch omdat het dan zinvoller zou zijn CCS te integreren in het staalproductieproces

Het verwachte waterstofaanbod zal groeien tot 25 kton in 2025 – Verder zijn geen projecten officieel aangekondigd die dit vergroten

Verwacht waterstofaanbod in NZKG per type, 2020-2035 [kton H₂]

Bottom-up analyse

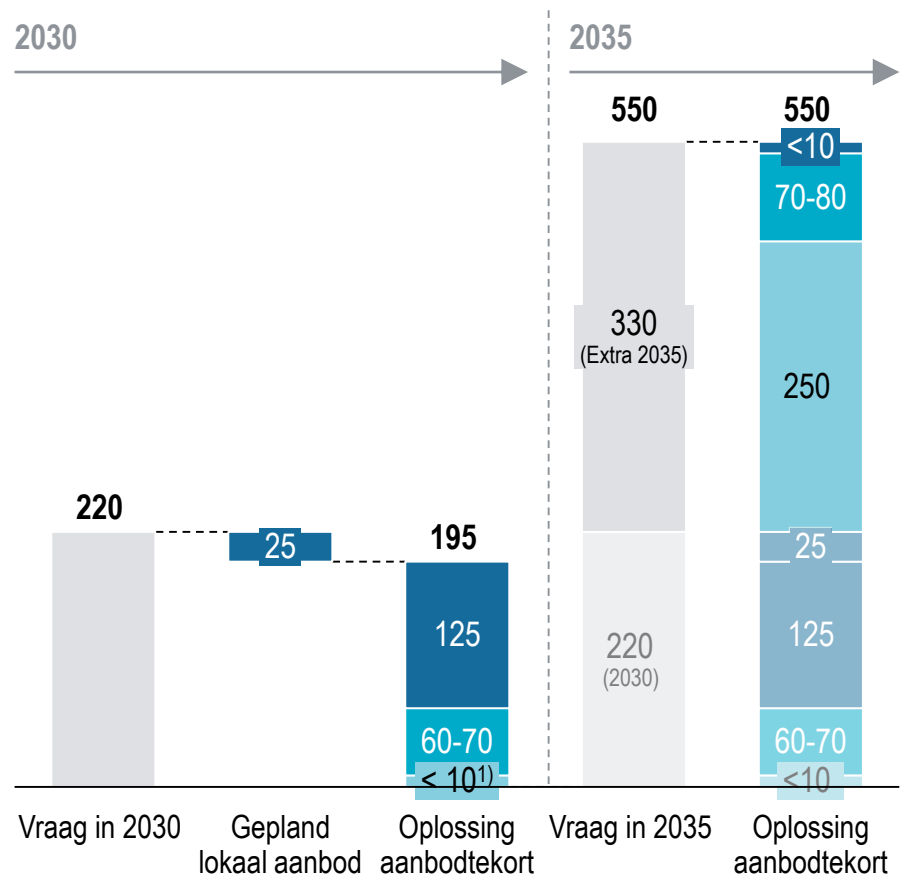


Opmerkingen

- > Grootste NZKG-productieproject is H₂ermes op de site van Tata Steel
- > Exacte capaciteit en tijdslijnen van de meeste projecten zijn nog onzeker, cijfers moeten voorzichtig worden geïnterpreteerd

Om het aanbodtekort op te lossen moet NZKG de lokale productie verhogen, nationaal importeren en internationaal importeren

Potentiële oplossing van het aanbodtekort in NZKG, 2030 [kton H₂]



Oplossing van het aanbodtekort

1 Verhoging van de lokale productiecapaciteit

- > Verhoging/versnelling van de ontwikkeling van lokale elektrolysecapaciteit
- > Beperkte netcapaciteit en beschikbare ruimte zullen de lokale productie beperken tot ~1 GW of ~150 kton H₂

2 Nationale import via de H₂-backbone

- > Waterstof importeren uit nationale projecten zoals NorthH₂, H₂Gateway en H₂opZee via de waterstof-backbone die in 2027 voltooid zal zijn
- > Concurrentie met andere vraagregio's (bv. Rijnmond en Chemelot) kan de beschikbaarheid beperken

3 Internationale import

- > Ontwikkeling van infrastructuur voor de internationale import van waterstof, bv. H₂Gate, waar de kosten van waterstof lager kunnen zijn
- > Voor het vervoer van waterstof zijn dragers of compressie/liquifactie nodig, wat duur kan zijn

1) Opstarten van internationale import is nodig om met de ontwikkeling van de infrastructuur te beginnen

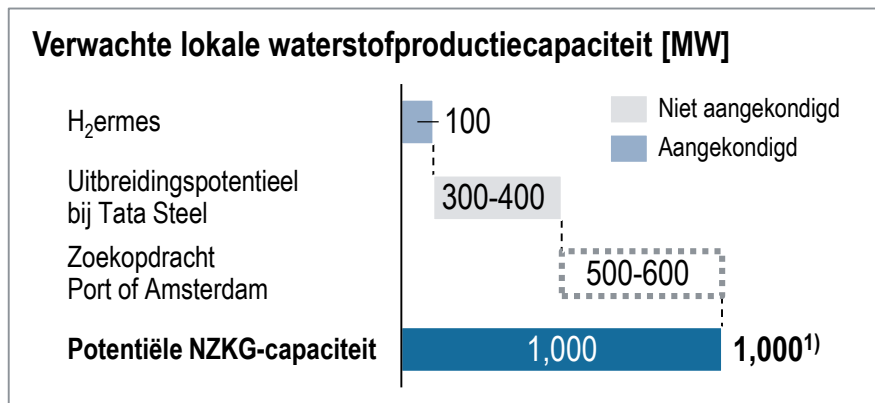
Verhoging van de lokale waterstofproductie tot 1 GW mogelijk, maar opschaling vereist extra wind-op-zee-aanlandingen in NZKG

Verhoging van de lokale capaciteit voor groenwaterstofproductie

Indicatief

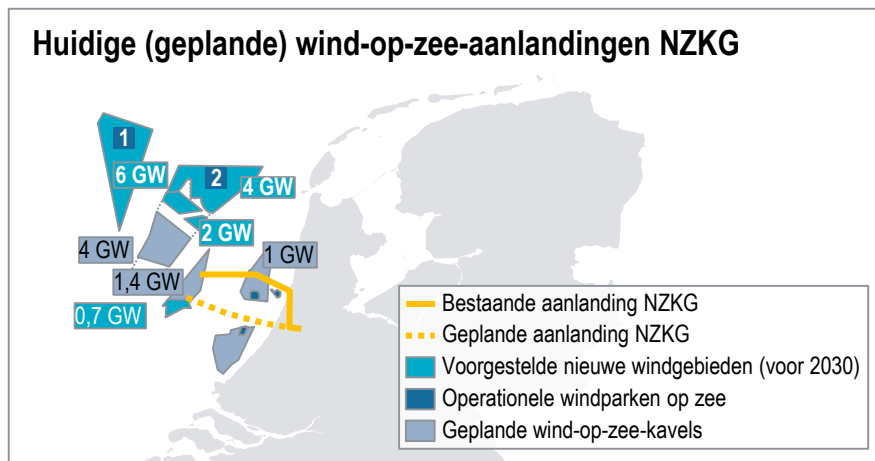
Uit eerste onderzoek blijkt ruimte voor maximaal 1 GW capaciteit

- > Vanuit het oogpunt van ruimtelijke ordening lijkt een elektrolyse-capaciteit binnen NZKG van max. 1 GW, of ~150 kton H₂, mogelijk
- > Voor 1 GW elektrolyse is naar schatting 10-15 hectare nodig
 - H₂ermes op de site van Tata Steel van 100 MW kan mogelijk worden uitgebreid tot 400-500 MW
 - 5-9 hectare binnen het gebied van de Port of Amsterdam moeten worden aangewezen voor de overige 500-600 MW



Extra wind-op-zee-aanlandingen in NZKG uit gebieden 1, 2 of IJmuiden Ver zijn nodig om elektrolyse op te schalen

- > Wind-op-zee-aanbod in NZKG is momenteel beperkt tot 2,4-3,1 GW
 - 2,4 GW van Hollandse Kust West en Noord
 - Vóór 2030 kan nog eens 0,7 GW worden toegevoegd door HKW
- > 1 GW elektrolysecapaciteit is niet meegenomen in de overwegingen van de planning van wind-op-zee-aanlandingen in NZKG²⁾
- > Elektriciteit uit de nieuwe windgebieden 1, 2 en IJmuiden Ver Noord zou in NZKG kunnen worden geland om aan de extra vraag te voldoen - in het "Aanvullend Programma Noordzee" is nu niet gepland dat deze in NZKG wordt geland



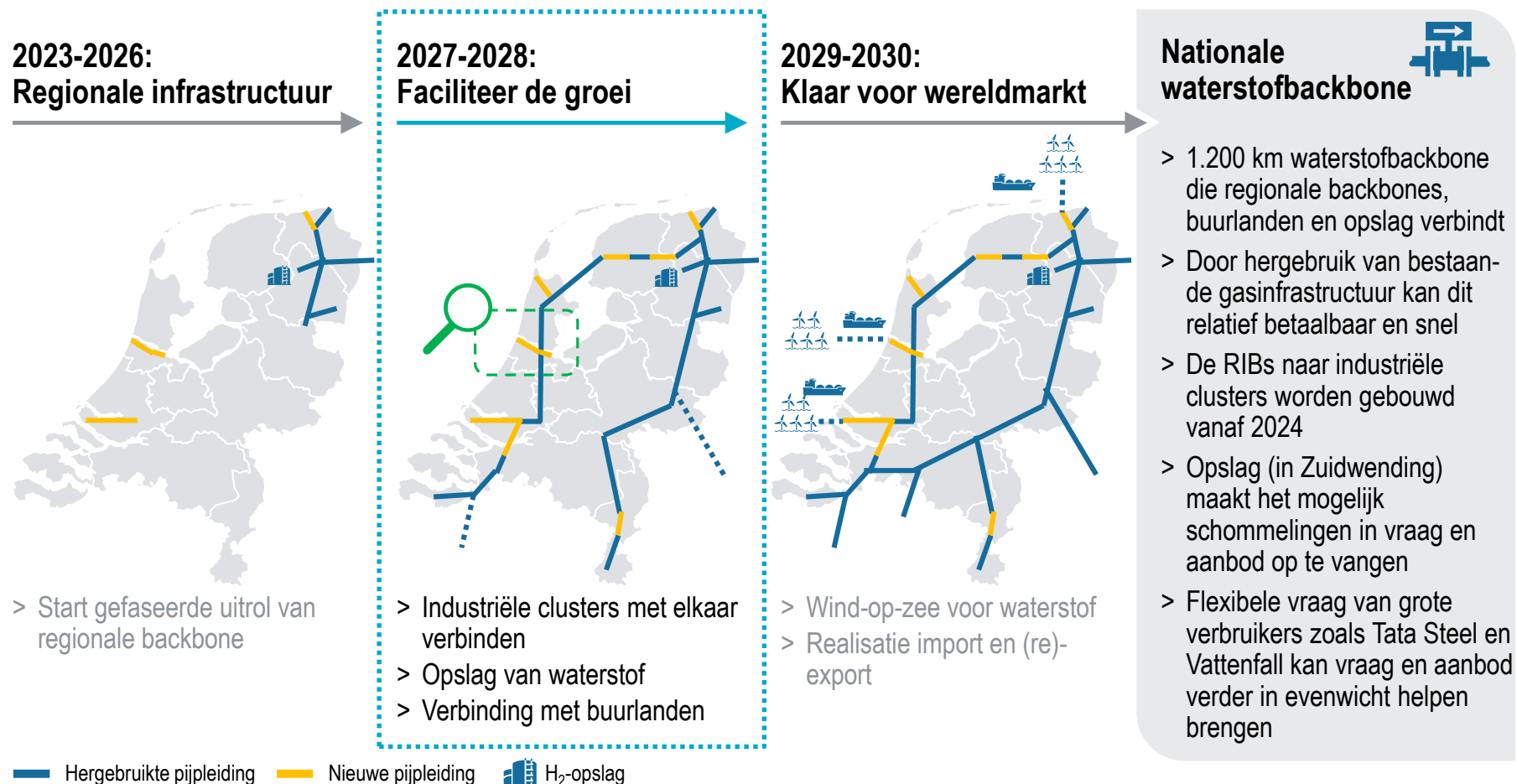
1) 1 GW elektrolysecapaciteit kan ~150 kton waterstof per jaar produceren; 2) Evenmin de verwachte extra elektriciteitsvoorziening van Tata Steel voor elektrische ovens



De aansluiting van NZKG op de nationale backbone tegen 2027 is essentieel om het aanbodtekort te dichten met nationale import

Ontwikkeling van de waterstofbackbone

Illustratief



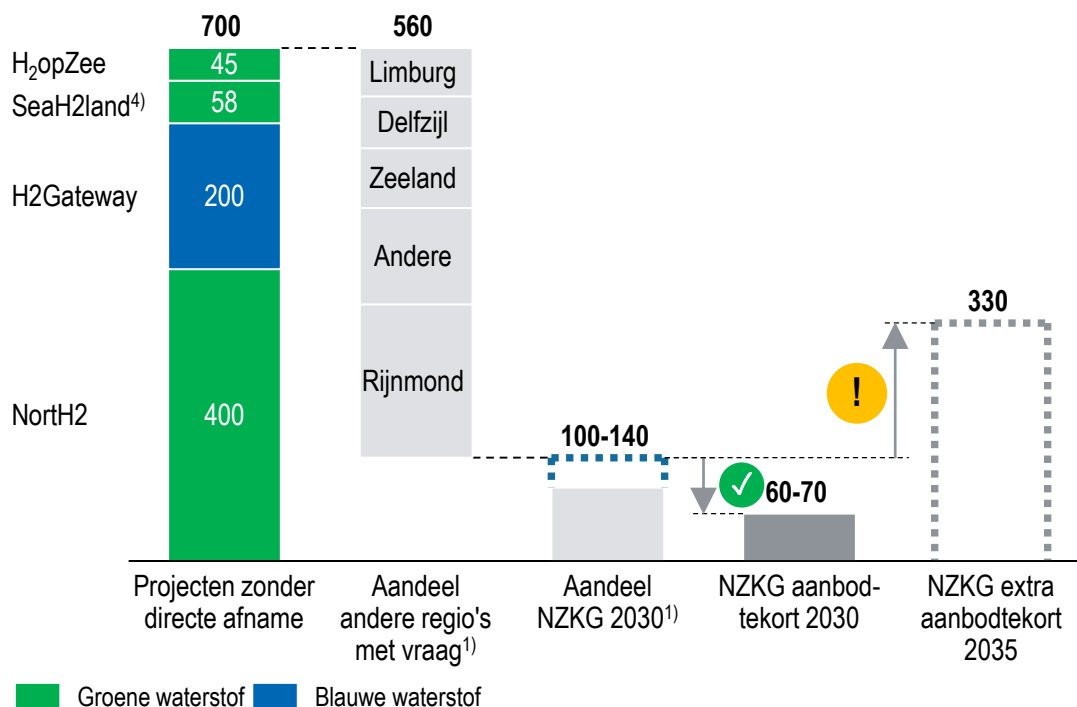
Nationale projecten kunnen NZKG tegen 2030 met 100-140 kton H₂ voorzien – Tegen 2035 wordt een groot tekort verwacht

Overzicht van nationale waterstofaanbod tot 2030 [kton H₂]

Indicatief

NZKG zal niet de enige regio zijn die meedingt voor waterstof uit nationale projecten

... en meer productie vereist meer wind-op-zee



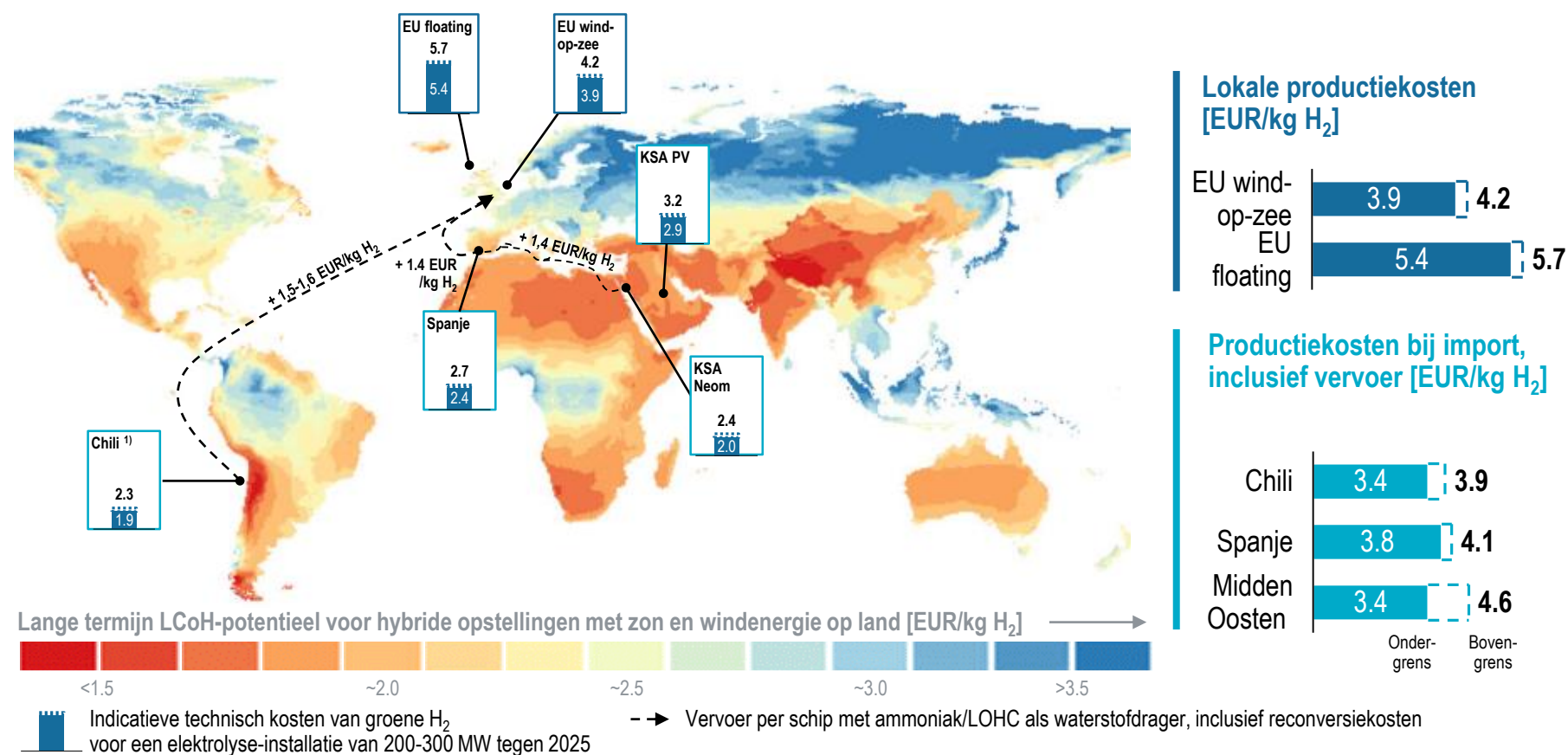
Geplande elektrolyseprojecten zullen naar verwachting 6-8 GW³⁾ wind-op-zee-capaciteit vergen; een verdere toename zal een nog snellere uitrol van wind-op-zee vergen in combinatie met waterstofproductie op land en op zee

1) Aandelen indicatief, gebaseerd op het aandeel in 2020 in de nationale emissies in industrie en energie, minus de emissies die worden gereduceerd via geplande CCS-activiteiten en specifieke waterstofprojecten; 3) Inclusief projecten met (semi-)directe afname zoals b.v. H2.50, DJewels, HyNetherlands; 4) Onder de aanname dat de eerste 500 MW directe afname is
Bron: NZKG, NorthH2, Nationaal Groeifonds, Port of Den Helder, TNO, Roland Berger

Op termijn kan waterstofimport concurrerend zijn met lokale productie als gevolg van goedkope duurzame bronnen in andere regio's

Kostprijs per locatie van groene waterstof, 2025 [EUR/kg H₂]

Indicatief



Er zijn verschillende technologieën voor conversie en transport van waterstof – Twee daarvan passen goed bij Port of Amsterdam

Technologieën voor waterstofconversie

Conversietechnologieën



H₂-compressie

Waterstof gecomprimeerd tot 700 bar



Vloeibaar maken van waterstof

Waterstof wordt afgekoeld tot -253 °C om het vloeibaar te maken



Omzetting in ammoniak

Synthese van ammoniak uit N₂ en H₂



LOHC/LIHC (hydrogenering)

Laden van een (an)organisch dragermolecuul met H₂, transport op olie-infra



Methanisering

Omzetting in synthetisch CH₄ of LNG indien afgekoeld tot -160 °C



SIHC

Gebruik van metalen/zout met het vermogen zich te binden met H₂

Belangrijkste kenmerken

- > Gemakkelijkste conversiemethode
- > 15% van de energiedichtheid van benzine
- > 800 keer dichter dan gewone H₂
- > Goedkope reconversie
- > Moeilijk te hanteren vanwege de lage temperaturen
- > Eenvoudig proces en volwassen techniek met hoge energiedichtheid en geen CO_x nodig
- > Overwegingen inzake gezondheid en veiligheid
- > Volwassen techniek en relatief eenvoudig proces
- > Zonder koeling vervoerd en opgeslagen
- > Dragermolecuul moet worden terugvervoerd
- > Volwassen technologie, compact, energetisch dicht en veilig
- > Energie-intensief en vereist CO₂
- > Meest compacte manier om H₂ op te slaan
- > Huidige bruikbare metaalhydriden kunnen niet meer bevatten dan ca. 1,8% H₂ per gewicht, wat vervoer van grote energievolumes moeilijk maakt

Past goed bij¹⁾



Port of Amsterdam



Moeilijk/duur om per schip te vervoeren, maar vervoer via pijpleidingen is mogelijk



Mogelijkheden voor vervoer per schip



Goed te vervoeren per schip, maar weinig geschikt voor NZKG vanwege zorgen over gezondheid en veiligheid in dichtbevolkte gebieden



Groot potentieel voor vervoer per schip, vergelijkbaar met het huidige vervoer van olie²⁾



Alleen als CO₂ kan worden heroverd en gebruikt als circulaire drager



Duur transport, maar innovaties kunnen het gewicht en de energiedichtheid verminderen²⁾

1) Evaluatie op basis van de verwachte technologische rijpheid, kosten, gezondheid, veiligheid, milieueffecten en transportpotentieel in 2030;

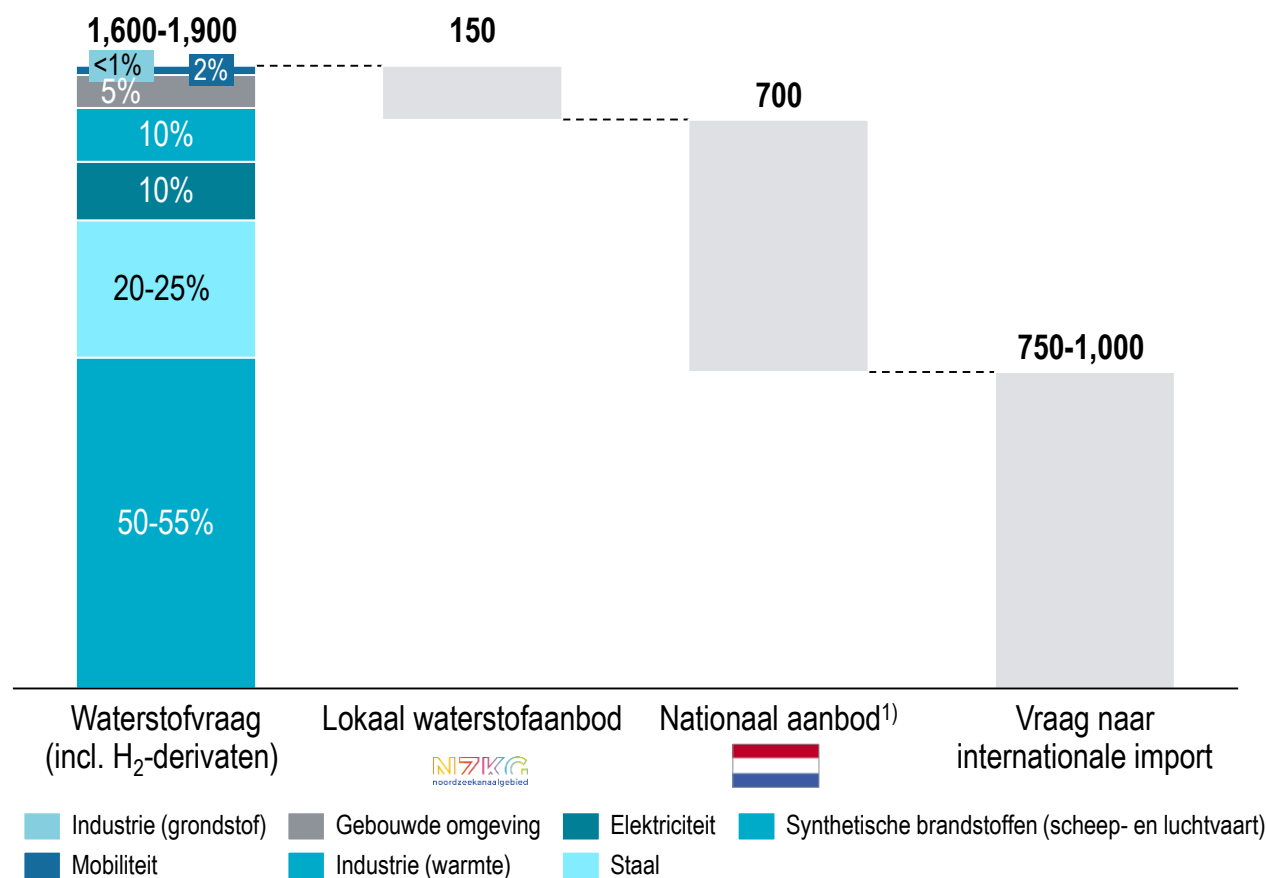
2) LOHC, LIHC en SIHC worden door Evos onderzocht als potentiële energiedragers voor waterstof

Bron: Evos, IEA The Future of Hydrogen, Roland Berger

Zelfs als Nederlandse projecten kunnen voldoen aan 50% van de vraag voor 2050, zal er grote behoefte zijn aan internationale import

Indicatieve waterstofvraag en -aanbod in NZKG, 2050 [kton H₂]

Top-down analyse



Belangrijkste aannames

- > 33% synthetische vliegtuig-brandstoffen, 5% boven EU-doel
- > 50% synthetische bunkerbrandstoffen
- > 80% gebruik van waterstof in DRI voor staalproductie
- > 25% benutting van Diemen- en Hemwegcentrales van Vattenfall
- > 50-100% van commerciële voertuigen schakelt over op waterstofbrandstofcel, personenvervoer volledig elektrisch
- > 20-40% bebouwde omgeving schakelt over van aardgas op waterstof
- > 20-40% omschakeling van de industrie op waterstof voor verwarming (m.u.v. staal), beperkt gebruik van waterstof als grondstof
- > Maximaal 1 GW lokale elektrolyse
- > Nationaal aanbod van 35 GW offshore-windenergie (50% van bovengrens North Sea Energy Outlook), waarvan 20% voor NZKG¹⁾

1) Aandelen indicatief, gebaseerd op het aandeel in 2020 van de nationale emissies in industrie en energie, minus de emissies die zijn verminderd door CCS-activiteiten en specifieke waterstofprojecten

F. Impact en voorwaarden



Versnelling van de waterstoftransitie van NZKG zal andere transitie en spin-offs mogelijk maken en 15+20 Mton CO₂ reduceren vóór 2050

Impact van versnelling

Illustratief



● Reductie van 15+20¹⁾ Mton CO₂ vóór 2050

Waterstof is een cruciale voorwaarde voor het decarboniseren van de drie industriële hoofdclusters in NZKG; zonder waterstof is het onwaarschijnlijk dat de reductiedoelstellingen zullen worden gehaald

● Ontsluiten van waterstoftransities en spin-offs in andere sectoren

Een waterstoftransitie in de drie hoofdclusters stelt de huidige industrie in staat koploper te worden in duurzame productie en waterstofinnovatie, en tegelijkertijd waterstoftransities en spin-offs in andere sectoren verder te ontsluiten

● De eerste waterstoftransities versnellen vóór 2030 en de koppositie nemen

Door voorop te lopen zal de regio worden gestimuleerd om te innoveren en de benodigde human capital te ontwikkelen, wat andere regio's ten goede zal komen - Een waterstoftransitie door de drie industriële hoofdclusters stelt de huidige industrie in staat om koploper te worden op het gebied van duurzame productie en waterstofinnovatie

1) ~14,5 Mton CO₂ van emissies van de NZKG-industriecluster, waarvan ~12,6 Mton CO₂ van staal; ~20 Mton CO₂ van andere emissies in NZKG-gebied, waarvan ~18 Mton CO₂ van lucht- en scheepvaart

De waterstoftransitie behoudt huidige banen en toegevoegde waarde, creëert nieuwe waardeketens en stimuleert nationale investeringen

Economische gevolgen van de waterstoftransitie voor NZKG



Behouden van huidige banen en toegevoegde waarde

De waterstoftransitie is cruciaal voor het behoud van de 171.000 banen en 19 miljard euro toegevoegde waarde¹⁾ – Tata Steel alleen al is goed voor 40.000 banen in de regio



Creëren van nieuwe toegevoegde waarde en banen in waterstof-waardeketens

Nieuwe op waterstof gebaseerde waardeketens kunnen leiden tot 3.000-12.000 nieuwe banen in NZKG²⁾



Stimuleren van transitie-investeringen

De waterstoftransitie in NZKG stimuleert nationale investeringen van 20-25 miljard euro in wind-op-zee, elektrolyse, (import)infrastructuur, netverzwaring en industriële procesconversie

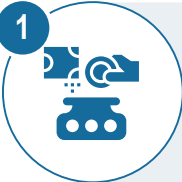
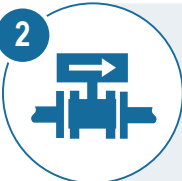


1) Van NZKG-regio, met inbegrip van zee- en luchthaven; 2) Gebaseerd op CE Delft-rapport dat ~3.000 banen in de waterstofwaardeketen per GW elektrolysecapaciteit verwacht



Voor NZKG zijn vier belangrijke voorwaarden geïdentificeerd om de waterstofambitie van NZKG haalbaar en financierbaar te maken

Belangrijkste voorwaarden die de waterstofambitie van NZKG mogelijk maken

Belangrijkste voorwaarden Context

- Financiële steun** 
 - > (Groene) waterstof is bij de huidige CO₂-belastingen en/of ETS-prijzen nog niet competitief met aardgas
 - > Om deze kloof te dichten is financiële steun nodig om zowel de productie als het verbruik van groene waterstof te stimuleren
 - > Regeringen moeten deze steun kunnen verlenen (vanuit het oogpunt van staatssteun)
- Waterstof-infrastructuur** 
 - > Infrastructuur is een essentieel fundament van de waterstofeconomie om het vervoer van en de handel in waterstof mogelijk te maken, zowel nationaal als internationaal
 - > Er moet een begin worden gemaakt met de ontwikkeling van (internationale) importinfrastructuur, aangezien Noordwest-Europa waarschijnlijk een importgebied voor energie zal blijven
- Regelgevings-ondersteuning** 
 - > Vergunningsprocedures moeten worden versneld en wetten op tijd ingevoerd om het nieuwe, op waterstof gebaseerde energiesysteem in een kort tijdsbestek te kunnen uitrollen
 - > Blokkades voor de uitrol van grote energieontwikkelingen moeten worden opgelost (bv. stikstofdepositie)
 - > Beschikbaarheid van human capital is cruciaal voor een snelle invoering van de energietransitie
- Beschikbaarheid van duurzame elektriciteit** 
 - > Er zullen grote hoeveelheden duurzame elektriciteit nodig zijn om voldoende groene waterstof te produceren naast de elektrificatie van industriële processen
 - > Duidelijke additionaliteitscriteria zullen mogelijk nodig zijn om te bepalen wanneer waterstof door elektrolyse kan worden geproduceerd

Financiële steun is nodig om de financieringskloof te dichten en investeringen te faciliteren – Staatssteunregels moeten dit toestaan

Belangrijkste voorwaarde: Financiële steun

	Provincie NH 	Nederland 	Europese Unie 
<p>Mechanismen voor financiële steun</p> 	<ul style="list-style-type: none"> > Ondersteunen van haalbaarheidsstudies en pilot projecten voor de integratie van waterstof in productieprocessen 	<ul style="list-style-type: none"> > Een steunmechanisme ontwikkelen dat de productie, import en consumptie van (groene) waterstof mogelijk maakt, bv. <i>contract for difference</i> of geïntegreerde waardeketen-ondersteuning ("ketenaanpak") > Ontwikkelen van instrumenten ter ondersteuning van de opschaling van waterstof-(re)conversietechnologieën 	<ul style="list-style-type: none"> > Steun voor de ontwikkeling van waterstoftechnologie via Horizon Europe en het ETS-innovatiefonds > Steun voor waterstof-(infrastructuur)projecten via subsidie of een voordelig financieringsinstrument van bv. het Just Transition Fund, de Recovery and Resilience Facility of InvestEU > Verder ontwikkelen en invoeren van CBAM, in lijn met de afname van gratis ETS-emissierechten
<p>Staatssteun-flexibiliteit</p> 			<ul style="list-style-type: none"> > Flexibiliteit inzake staatssteunregels wanneer staatssteun wordt gebruikt om waterstof te ondersteunen > Goedkeuren van nationale steunmechanismen voor H₂

(Import)infrastructuur is een belangrijke voorwaarde – Een proactieve overheid is nodig om investeringen te faciliteren en te coördineren

Belangrijkste voorwaarde: Waterstofinfrastructuur

	 Provincie NH	 Nederland	 Europese Unie
Waterstofbackbone 	<ul style="list-style-type: none"> > Steun voor de ontwikkeling van een regionale waterstof-backbone (RIB) in NZKG tegen 2026 > Ervoor zorgen dat het elektriciteitsnet in NZKG vóór 2030 tot 1 GW aan elektrolysecapaciteit aankan 	<ul style="list-style-type: none"> > Waterstofinfrastructuur ontwikkelen vóór de contractuele verplichtingen van producenten/afnemers om besluitvorming in bedrijven mogelijk te maken > Toekomstbestendige infrastructuur ontwikkelen (in termen van capaciteit), zelfs als dit betekent dat de initiële bezettingsgraad laag is > Voltooien van de ontwikkeling van de aansluiting van de nationale waterstofbackbone op NZKG tegen 2027 	<ul style="list-style-type: none"> > Een Europese waterstof-backbone ontwikkelen om grensoverschrijdende handel mogelijk te maken
Importinfrastructuur 	<ul style="list-style-type: none"> > Steun voor de ontwikkeling van invoerinfrastructuur (en on-site opslag van waterstof) in NZKG 	<ul style="list-style-type: none"> > Ontwikkelen van het standpunt inzake de vereiste waterstof-invoer en het leggen van de nodige contacten met exportprojecten 	

Grootschalige waterstofuitrol vereist actieve steun van instanties bij vergunningverlening, voorkomen van blokkades en 'human capital'

Belangrijkste voorwaarde: Regelgevingsondersteuning

	 Provincie NH	 Nederland	 Europese Unie
Versnelde vergunningverlening 	<ul style="list-style-type: none"> > Versnellen van het vergunningsproces voor grootschalige energietransitie ontwikkelingen (bv. een "provinciale-coördinatie-regeling") <ul style="list-style-type: none"> – Het verkrijgen van een vergunning kan 4-6 jaar duren, dit moet ~2 jaar worden > Oprichten van een speciaal team dat zich bezighoudt met vergunningen voor projecten in het kader van grootschalige energietransitie ontwikkelingen 	<ul style="list-style-type: none"> > Opnemen van de productie, de invoer, het verbruik en de infrastructuur van waterstof in een "Rijkscoördinatie-regeling" > Ontwikkelen van een nationale waterstofkwaliteitsnorm voor de nationale backbone > Alloceren van financiering en middelen aan (regionale) vergunningsdiensten 	<ul style="list-style-type: none"> > Vaststellen van doelen voor RFNBO's in bv. bunkering > Ontwikkelen van een waterstofcertificeringssysteem zoals op de elektriciteitsmarkt > Stellen van duidelijke voorwaarden wanneer met elektrolyse geproduceerde waterstof groen is (bv. op basis van GvO, directe koppeling, specifieke productie en/of invoer)
Wegnemen blokkades 		<ul style="list-style-type: none"> > Versneld verminderen van stikstofdepositie om bouwvergunningen te verlenen 	
Human Capital 		<ul style="list-style-type: none"> > Ontwikkelen en financieren van een human capital agenda voor waterstof gerelateerde beroepen, inclusief onderwijs 	

Het versnellen van extra projecten voor duurzame energie is cruciaal voor de productie van voldoende groene waterstof

Belangrijkste voorwaarde: **Beschikbaarheid van duurzame elektriciteit**

Beschikbaarheid van duurzame elektriciteit



Provincie NH



- > Zorgen voor de beschikbaarheid van duurzame elektriciteit voor het verduurzamen van bestaande activiteiten, bijvoorbeeld door de ontwikkeling van nieuwe energie-intensieve activiteiten zoals datacentra in de regio te beperken
- > De doelstellingen verhogen voor de lokale productie van duurzame elektriciteit in de regionale energiestrategie (RES)

Nederland



- > Uitrol van offshore-windenergie versnellen om de ontwikkeling van meer elektrolysecapaciteit zowel vóór als na 2030 mogelijk te maken
- > De aanbestedingsprocedure voor offshore-windenergie wijzigen om geïntegreerde (offshore-)elektrolyse mogelijk te maken
- > De aanlanding van offshore-windcapaciteit bij NZKG verhogen, door het opnemen van nieuwe plannen voor 1 GW elektrolyse en verwachte extra elektriciteitsvraag in "Verkenning Aanlanding Wind op Zee"

Europese Unie



- > Voortzetten van de steun voor grootschalige interconnectoren door het verlenen van de IPCEI-status

Naast de eisen van de NZKG is sturing op nationaal niveau essentieel om de rol van waterstof in de transitie te organiseren

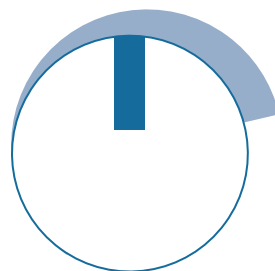
Centrale nationale waterstofsturing

Nationale waterstofsturing

Om de waterstofdoelstellingen van het Klimaatakkoord voor 2030 en daarna optimaal te halen

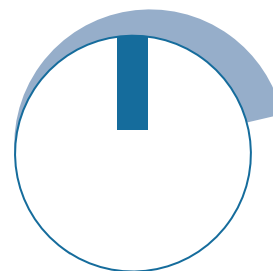


Belangrijkste stuurdimensies



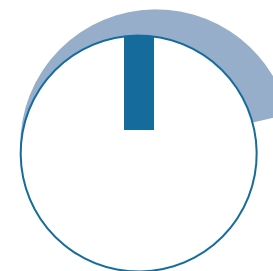
Waterstofvraag

Het sturen van de vraag naar waterstof en elektriciteit op basis van de meest kosteneffectieve transitie van de verschillende sectoren en clusters via bv. transitiepaden



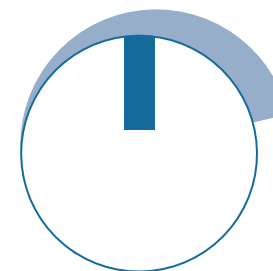
Waterstofaanbod

Het sturen van de ontwikkeling en toewijzing van nationale aanbod- en importstromen



Ondersteunende mechanismen

Het ontwikkelen van steunmechanismen voor een kosteneffectieve toewijzing van middelen en tegelijkertijd zorgen dat overgangstrajecten mogelijk zijn en CO₂-doelstellingen worden gehaald



Waterstofinfrastructuur

Het ontwikkelen van infrastructuur voor de waterstofbackbone en -invoer sturen, om regio's met de grootste impact en de grootste vraag tijdig te verbinden

Disclaimer

Dit rapport is opgesteld door Roland Berger ("Roland Berger" of "RB") voor Noordzeekanaalgebied ("NZKG" of de "Gebruiker"). Dit rapport is vertrouwelijk en uitsluitend ten behoeve van de Gebruiker.

De voornaamste taak van Roland Berger tijdens dit project is een meer gedetailleerd beeld te geven van de vraag naar en het aanbod van waterstof in NZKG, zoals uiteengezet in de "Engagement Letter" van 22 oktober 2021 tussen Roland Berger en NZKG. Dit rapport is opgesteld in een periode van drie weken, van 25 oktober tot 12 november 2021. De projectplannen zijn geëvalueerd en gekwantificeerd op een "best effort"-basis, maar gezien het korte tijdsbestek was een volledige evaluatie niet mogelijk. Alle prognoses zijn afhankelijk van de realisatie van de geëvalueerde projecten.

Dit rapport, noch enig deel daarvan, mag niet worden verspreid, gereproduceerd, bekendgemaakt aan of gebruikt door enige andere persoon of voor enig ander doel, noch kan enige andere persoon zich erop verlaten, zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van Roland Berger. Er is overeengekomen dat de Gebruiker dit rapport mag tonen aan zijn professionele adviseurs die betrokken zijn bij deze ontwikkelingen, hoewel deze partijen zich op geen enkele wijze mogen verlaten op deze informatie.

Hoewel de hierin verstrekte informatie geacht wordt accuraat te zijn, geeft Roland Berger geen verklaring of garantie, uitdrukkelijk of impliciet, met betrekking tot de accuraatheid of volledigheid van deze informatie. De informatie in dit verslag is uitdrukkelijk opgesteld voor gebruik in dit verslag en is gebaseerd op bepaalde veronderstellingen en informatie die beschikbaar was op het ogenblik dat dit verslag werd opgesteld. Er is geen verklaring, garantie of andere verzekering dat de prognoses of ramingen zullen worden gerealiseerd, en niets in dit verslag is of mag worden beschouwd als een belofte of een verklaring met betrekking tot de toekomst. Bij het verstrekken van dit rapport behoudt Roland Berger zich het recht voor om het rapport te allen tijde te wijzigen of te vervangen en neemt Roland Berger geen enkele verplichting op zich om de Gebruiker toegang te verschaffen tot aanvullende informatie. Roland Berger heeft de juistheid van de gegevens die zij van de Gebruiker of van enige andere partij heeft verkregen, niet geverifieerd.

Roland Berger is niet aansprakelijk voor verlies of schade die voortvloeien uit ons werk aan het project, behalve voor zover veroorzaakt door ons opzettelijk wangedrag of onze grove nalatigheid.

In het bovenstaande omvat de term "Roland Berger analyse" zijn partners, bestuurders, werknemers en agenten.

Roland
Berger

THINK:ACT

