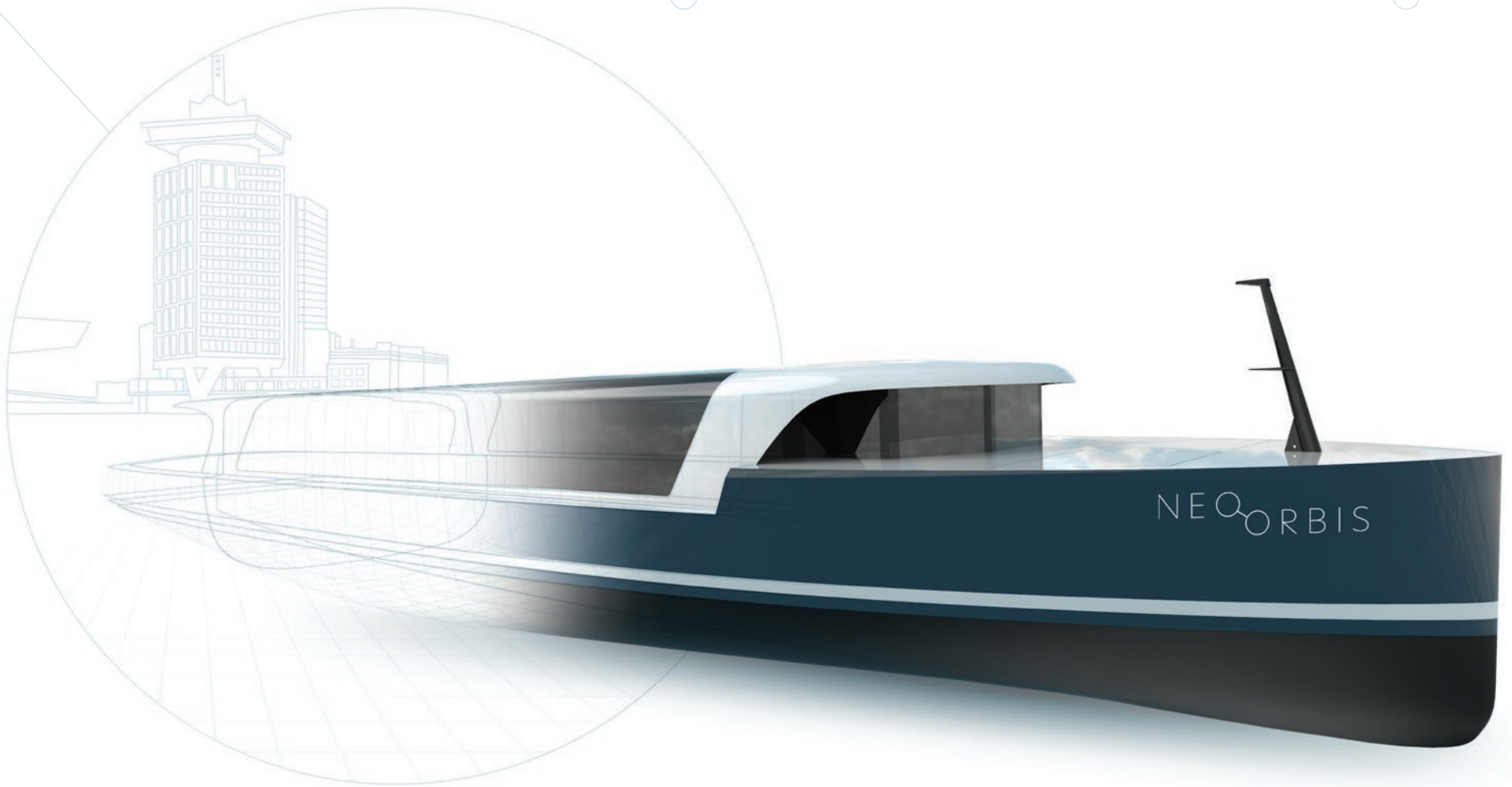


Koers naar circulaire,
emissievrije scheepvaart





Port of Amsterdam
zet koers richting
een nieuwe wereld
van emissievrije
scheepvaart op
circulaire energie.



Het is tijd om vaart te zetten achter de energietransitie. Port of Amsterdam doet dat onder andere door de bouw van een nieuw directieschip te gebruiken als pilot voor een baanbrekende innovatie in duurzame energie.

Het schip gaat varen op waterstof in een vaste vorm: natriumboorhydride. Die vorm opent een wereld aan mogelijkheden voor het veilig en compact inzetten van waterstof. Zo compact dat schepen er naar verwachting in de toekomst de zee mee op kunnen.

We voeren deze pilot uit met het Europese project H2SHIPS. Samen zorgen we ervoor dat er in Noord-West Europa straks meer schepen op waterstof varen.

De naam van het schip wordt Neo Orbis. Nieuwe (Latijn) Wereld (Grieks). Ontdek met ons de nieuwe wereld van emissievrije scheepvaart op waterstof.

INHOUD

HS Neo Orbis	4
Missie Port of Amsterdam	6
Pilot met H2SHIPS	8
Natriumboorhydride	10
Energiedichtheid	12
Werking	14
Processen	16
Veiligheid	18
Contact	20

01

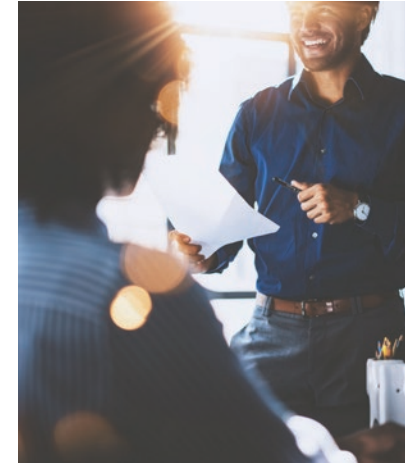
HS NEO ORBIS

Hydrogen Ship | Nieuwe Wereld

Het nieuwe schip
vervangt ons huidige
directieschip, waarop
we relaties de haven
en de stad laten zien.



De oude Havenbeheer



Potentiële klanten bekijken vanaf dit schip
mogelijke vestigingslocaties in de haven.
Er worden vergaderingen op gehouden, en
handelsmissies op ontvangen. Ook ministers
en de leden van de koninklijke familie stappen
geregeld aan boord. Het vaargebied is de
haven, de binnenstad van Amsterdam en het
Noordzeekanaal tot aan IJmuiden.

Port of Amsterdam gaat het oude schip,
de Havenbeheer, vervangen. In het nieuwe
schip implementeren we een in Nederland
ontwikkelde techniek om waterstof in te
zetten als emissievrije brandstof voor de
scheepvaart.

HS Neo Orbis dient straks dan ook
niet alleen om de ontwikkeling van het
havengebied te tonen, maar ook om te
laten zien welke grote stappen de haven
zet in de energietransitie.



MISSIE
Port of Amsterdam



Emissievrije
scheepvaart, dat is
onze stip aan de
horizon. We nemen
hierin het voortouw
door te investeren,
te ontwikkelen en
partijen bij elkaar
te brengen.



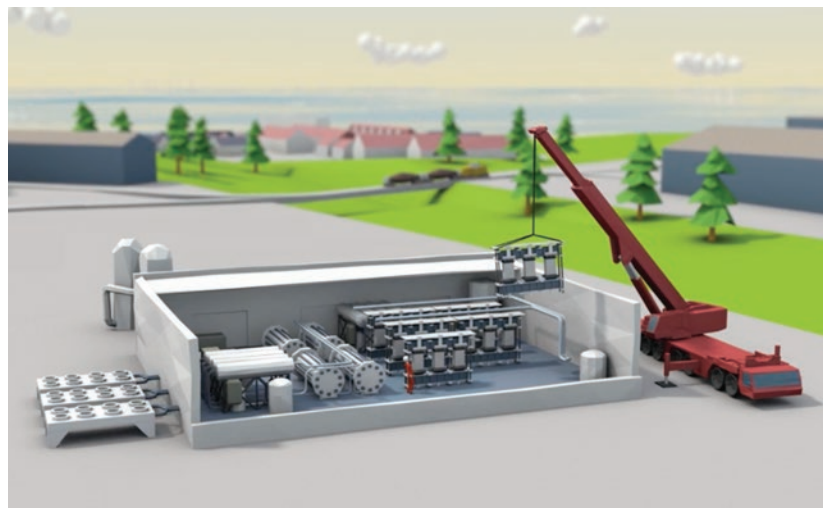
De energietransitie is op weinig plekken zo tastbaar als in de haven. Port of Amsterdam, nu nog de grootste benzinehaven ter wereld, neemt het voortouw in het onderzoeken en zelf ontwikkelen van alternatieve energiedragers voor de scheepvaart.

Een van die energiedragers is waterstof. We investeren in de bouw van een 100 megawatt elektrolyser, een fabriek voor de productie van waterstof.

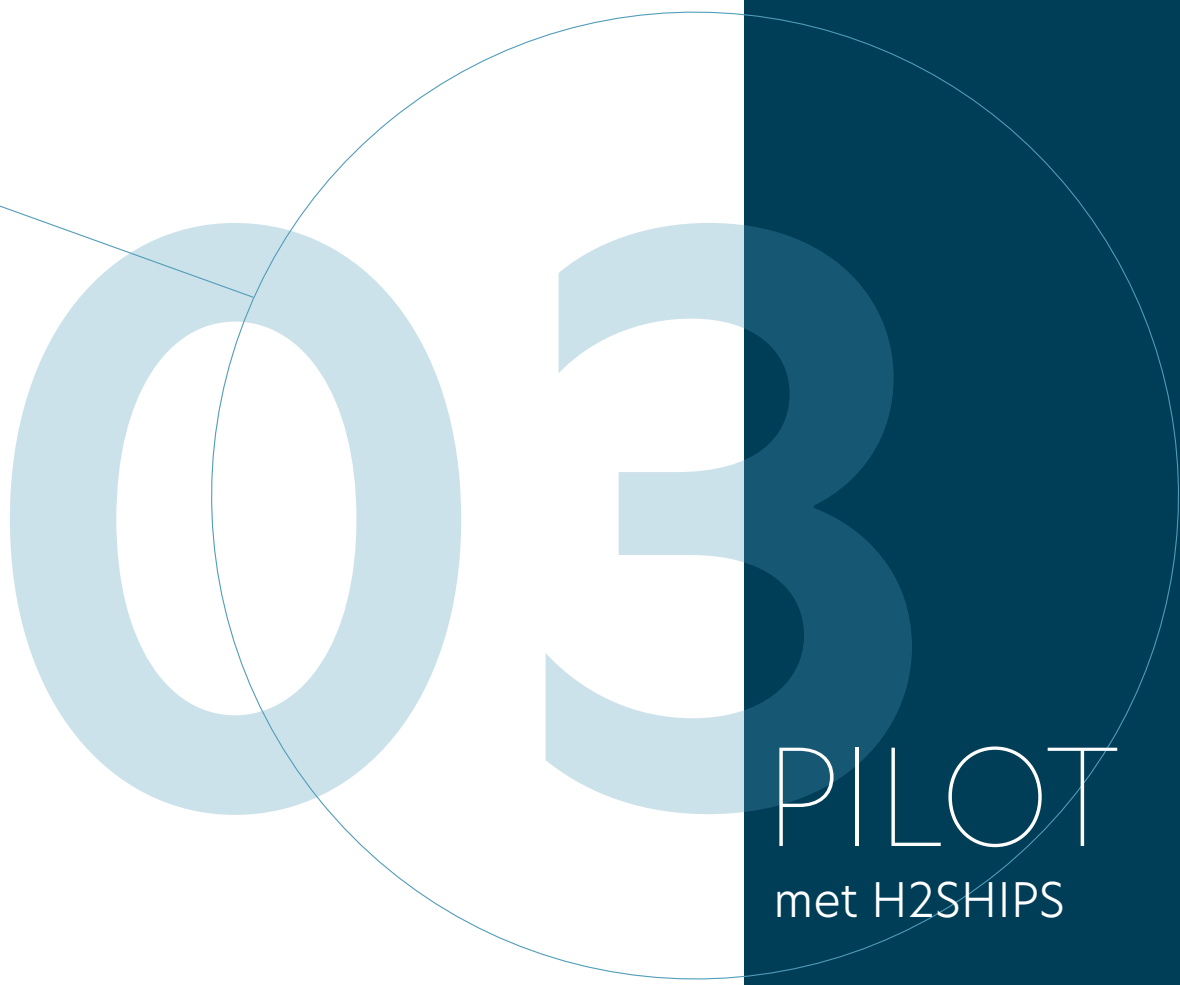
Ook treden wij als matchmaker op bij vele innovatieprojecten, zoals een waterstofwijk in Hoogeveen, een varend waterstoflaboratorium dat 'energie-autonoom' de wereld rondreist en een energiehub met onder andere waterstof in Emmen. De bouw van ons nieuwe directieschip was voor ons een ideale kans om een belangrijke volgende stap te zetten: **aantonen dat het mogelijk is om schepen emissieloos te laten varen op waterstof uit duurzaam opgewekte energie.**



Biodiesel installatie



Artist impression van de bouw van de elektrolyser in Velsen



PILOT
met H2SHIPS



Met de HS Neo Orbis willen we aantonen dat het mogelijk is om schepen te laten varen op circulaire energie. Dat doen we in samenwerking met H2SHIPS.



We gebruiken het traject van ontwerp tot bouw en certificatie om oplossingen te vinden waar de beroepsvaart als geheel van profiteert. Dat doen we met subsidie van H2SHIPS, een Europees project dat de maritieme toepassing van waterstof verder wil ontwikkelen voor de regio Noord-West Europa om daarmee de emissie ingrijpend te verlagen.

De kracht van samenwerking

Wij geloven in het vroeg betrekken van de partners die nodig zijn om van dit project een succes te maken. We hebben dan ook al in een vroeg stadium een aantal partijen bij dit project betrokken. De ontwerper, system integrator, de uitvinder en de partner voor certificering dachten bijvoorbeeld al meteen mee met dit project.



TU Delft

Neemt deel aan dit project en onderzoekt samen met de Universiteit van Amsterdam de re-generatie van de gebruikte brandstof en het systeemontwerp.

H2 Circular Fuel

De uitvinder en bouwer van de natriumboorhydride-installatie die wij implementeren.

MARIN

Dit maritieme onderzoeksinstituut adviseert ons op maritiem-technologisch gebied.

Wijk Yacht Creation

De partner die het schip voor ons ontwerpt.

Lloyd's Register

Deze partij begeleidt de certificering en veiligheidskeur voor het schip.

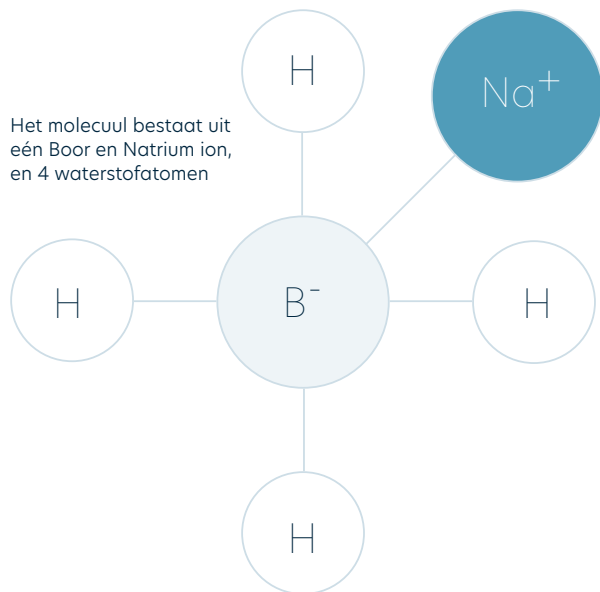
Baumüller

Deze systems integrator adviseert in de ontwerpfase.

A large, stylized number '04' is centered on a dark blue background. The '0' and '4' are rendered in a bold, sans-serif font. The '0' is a solid dark blue, while the '4' is a lighter shade of blue. Both are enclosed within a thin, light blue circular outline that overlaps the numbers.

NaBH_4
(Natriumboorhydride)

Waterstof maakt al jaren een opmars als energiedrager. Wat nieuw is, is de vaste vorm ervan: natriumboorhydride.



Het schip wordt aangedreven door elektriciteit, die we opwekken met waterstof. Omdat waterstof in gasvorm moeilijk op te slaan is aan boord, gebruiken we een nieuwe, vaste vorm van waterstof, natriumboorhydride (NaBH_4). Deze stof reageert met water, waardoor er waterstof ontstaat. Het voordeel van natriumboorhydride is dat deze vaste vorm veel compacter en veiliger is om op te slaan dan het licht ontvlambare waterstofgas.

Om als energiebron te kunnen concurreren met een fossiele brandstof is een aantal factoren van belang. De stof moet **compact** genoeg zijn om in het schip te kunnen worden opgeslagen (bunkeren). Dat noemen we de energiedichtheid. Ook moet het **economisch concurrerend** zijn met gasolie (met een laag zwavelgehalte). En het moet minstens even **veilig** zijn.

Natriumboorhydride kan nu al op twee van die gebieden concurreren met diesel. De volumetrische energiedichtheid ervan in zuivere, droge vorm is een stuk hoger dan andere waterstofdragers en benadert die van diesel. En het is veel veiliger dan gasvormige of vloeibare waterstof.

Wel is er een restproduct dat aan boord opgeslagen moet worden, de 'spent fuel'. Dat bewerken we aan de wal tot nieuwe natriumboorhydride.

De economische kant is een uitdaging. De infrastructuur ligt er nog niet. En het opwekken van waterstof kost nog energie, die we groen willen opwekken en ook dat



Wordt dit de brandstof van de toekomst?

kost weer geld. Die vraagstukken zijn nog geen onderdeel van deze pilot. Daar werken we aan verder als het schip te water is gelaten. Eerst willen we aantonen dat het kan, om met deze vaste vorm van waterstof de uitstoot van CO_2 (en ook andere luchtvervuilende stoffen, roet, zwaveloxide en stikstofoxide) niet alleen te verminderen, maar zelfs terug te brengen tot nul.

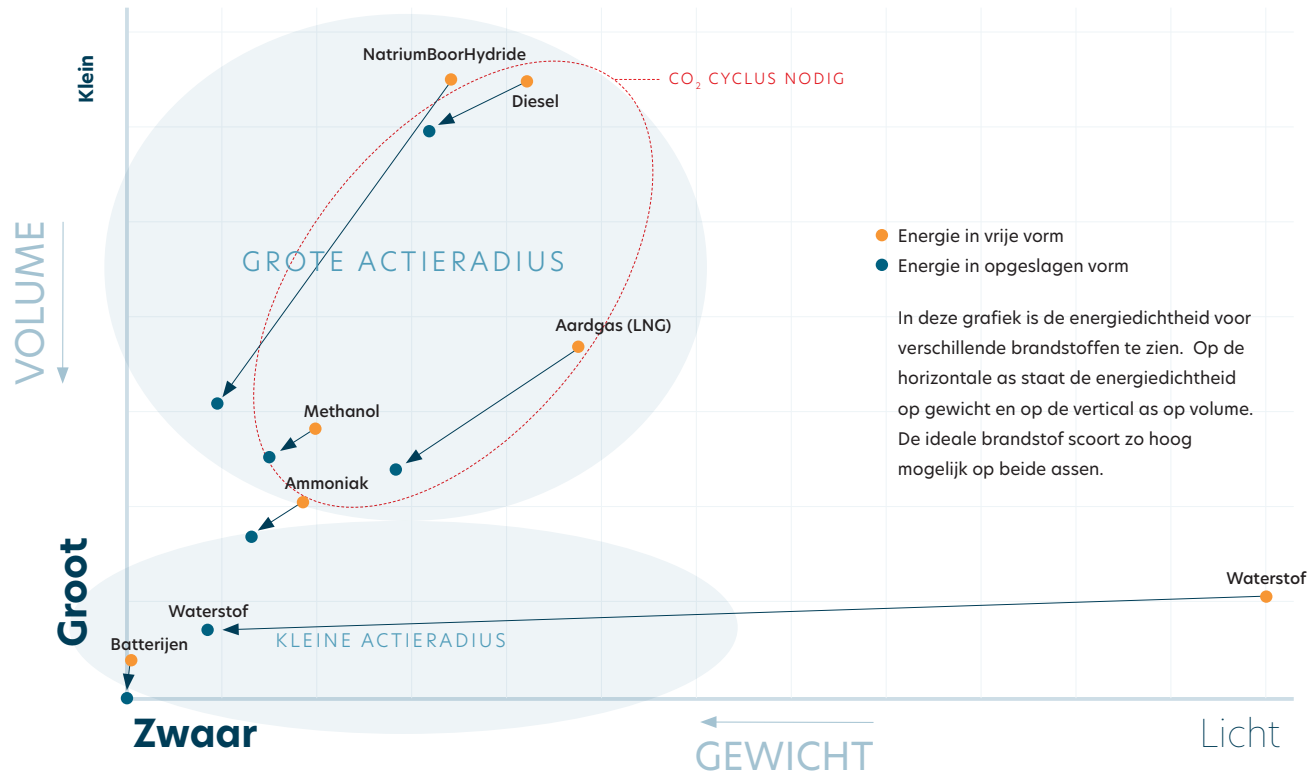


NaBH_4
Energiedichtheid



Hier draait het allemaal om. Een energiedrager kan pas concurreren met diesel als de stof compact is en veel energie oplevert. Een hoge energiedichtheid is essentieel.





Dit project is nog volop in ontwikkeling, dus het is aannemelijk dat we deze systemen nog verder kunnen optimaliseren. Verder eindigen we niet met een lege tank. Na de omzetting ontstaat een restproduct, dat aan de wal met groene energie weer omgezet kan en moet worden naar nieuwe natriumboorhydride.

Ook met deze extra systemen scoort NaBH_4 beter dan andere emissievrije energiedragers op volume en vergelijkbaar op gewicht. Daarnaast is NaBH_4 in beginsel een stuk veiliger dan andere emissievrije dragers en kan het restproduct gerecycled worden om weer nieuwe brandstof te maken. **Dit maakt NaBH_4 circulair en emissievrij.**

Schepen vragen veel vermogen en zijn vaak lang onderweg. Daarom is het zo belangrijk dat de brandstof compact aan boord kan worden opgeslagen.

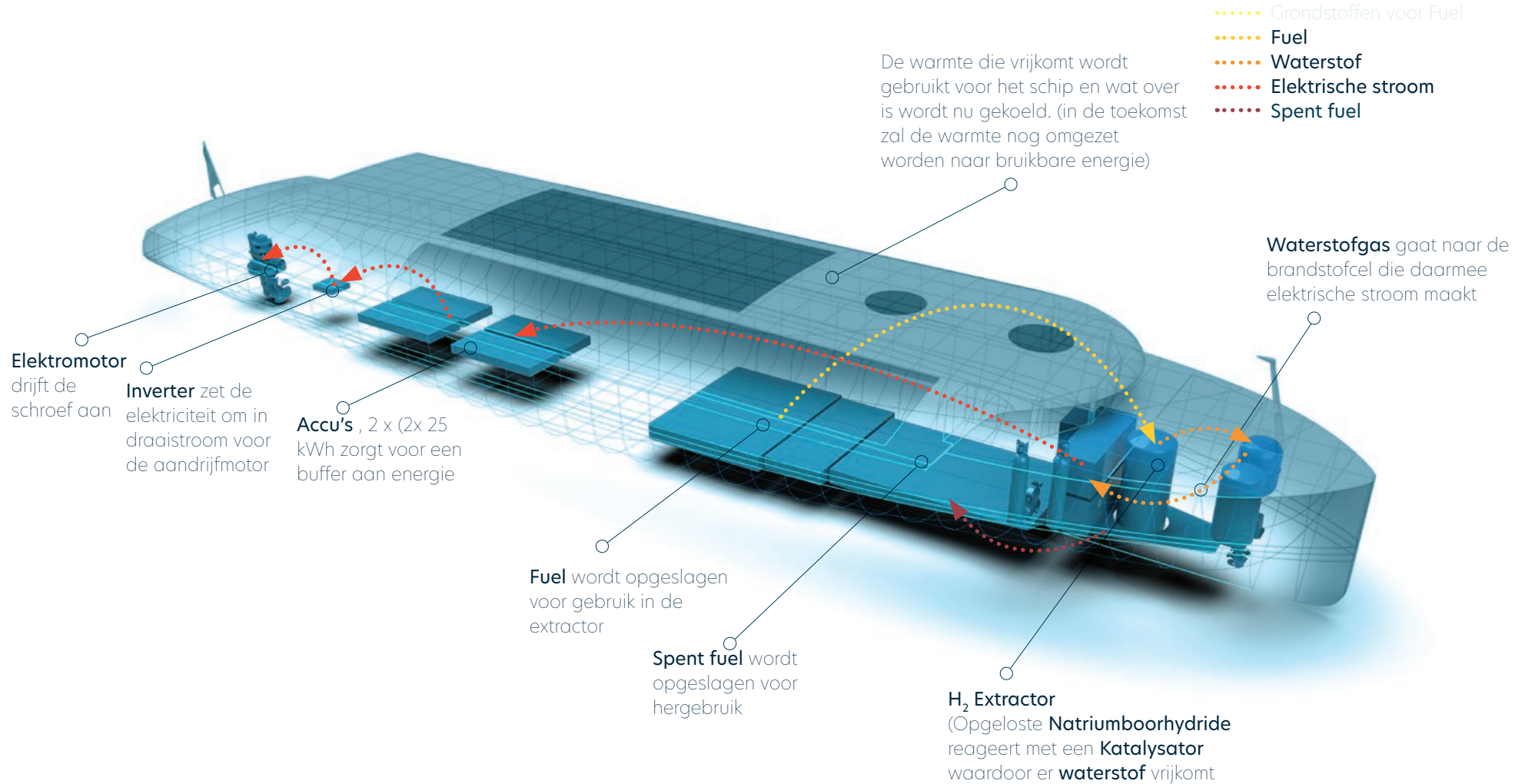
Natriumboorhydride (NaBH_4) scoort heel hoog op volumetrische energiedichtheid, bijna net zo hoog als diesel. Hierdoor zijn opslag en transport relatief goedkoop. Wel is er veel volume nodig voor de extra systemen aan boord. Verder blijft er een reststof over, de 'spent fuel', die ook aan boord moet worden opgeslagen.



WERKING

Aan boord van HS Neo Orbis komt een brandstofcel, die van waterstof en zuurstof stroom maakt.

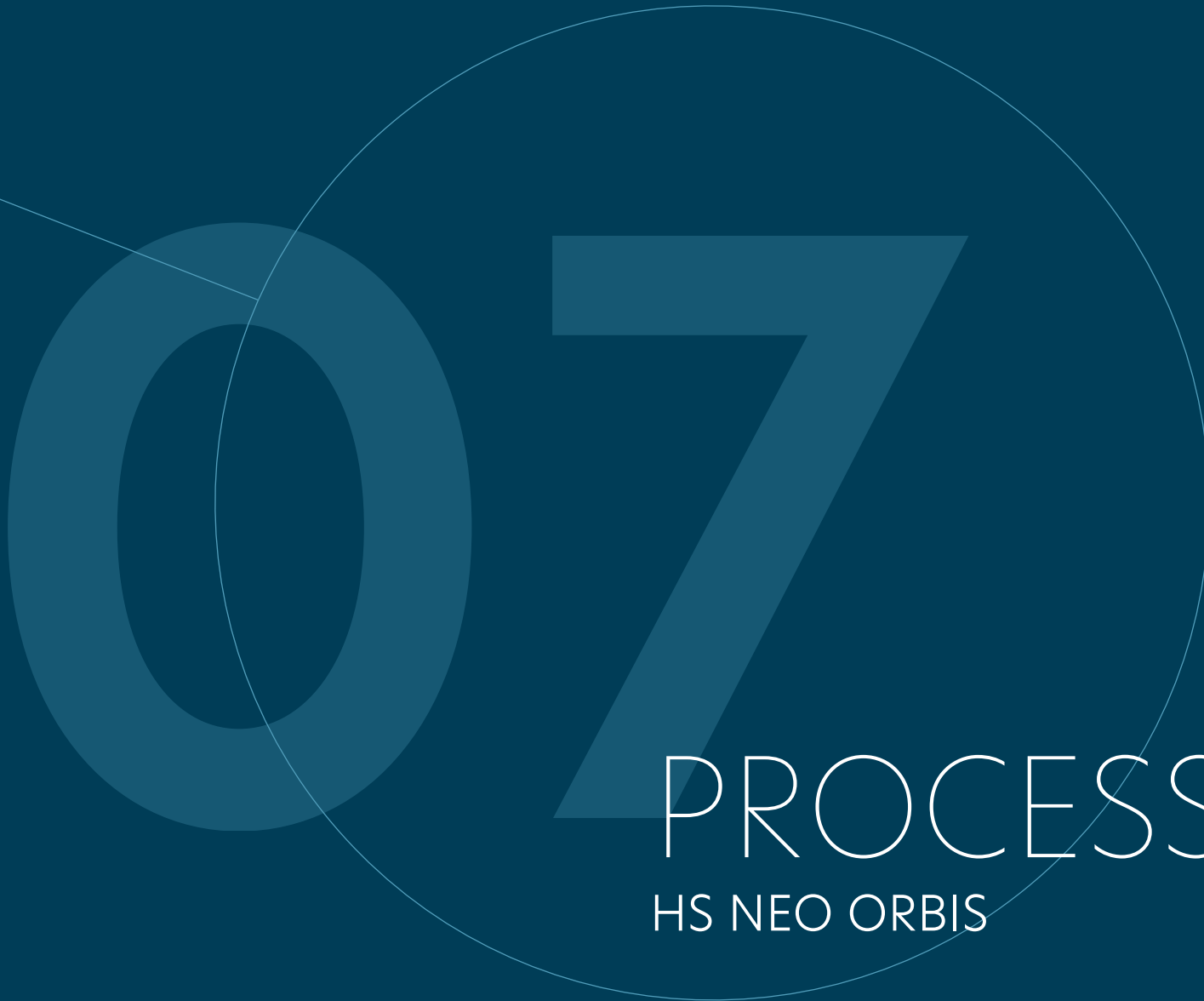
Een accu vangt die stroom op en drijft de schroef van het schip aan.



Het schip wordt elektrisch aangedreven met waterstof als primaire energiedrager, in combinatie met een accu.

De brandstofcel maakt van waterstof en zuurstof (uit de lucht) elektriciteit. Daarbij komen water en warmte vrij, die we allebei opnieuw hergebruiken. Met de warmte gaan we het schip verwarmen; het water wordt mogelijk hergebruikt in de extractor voor het

vrij maken van de waterstof. Met de elektriciteit drijven we via een elektromotor de schroef aan, plus de systemen aan boord, zoals de boegschroef, de radar, de verlichting en de keukeninstallaties.

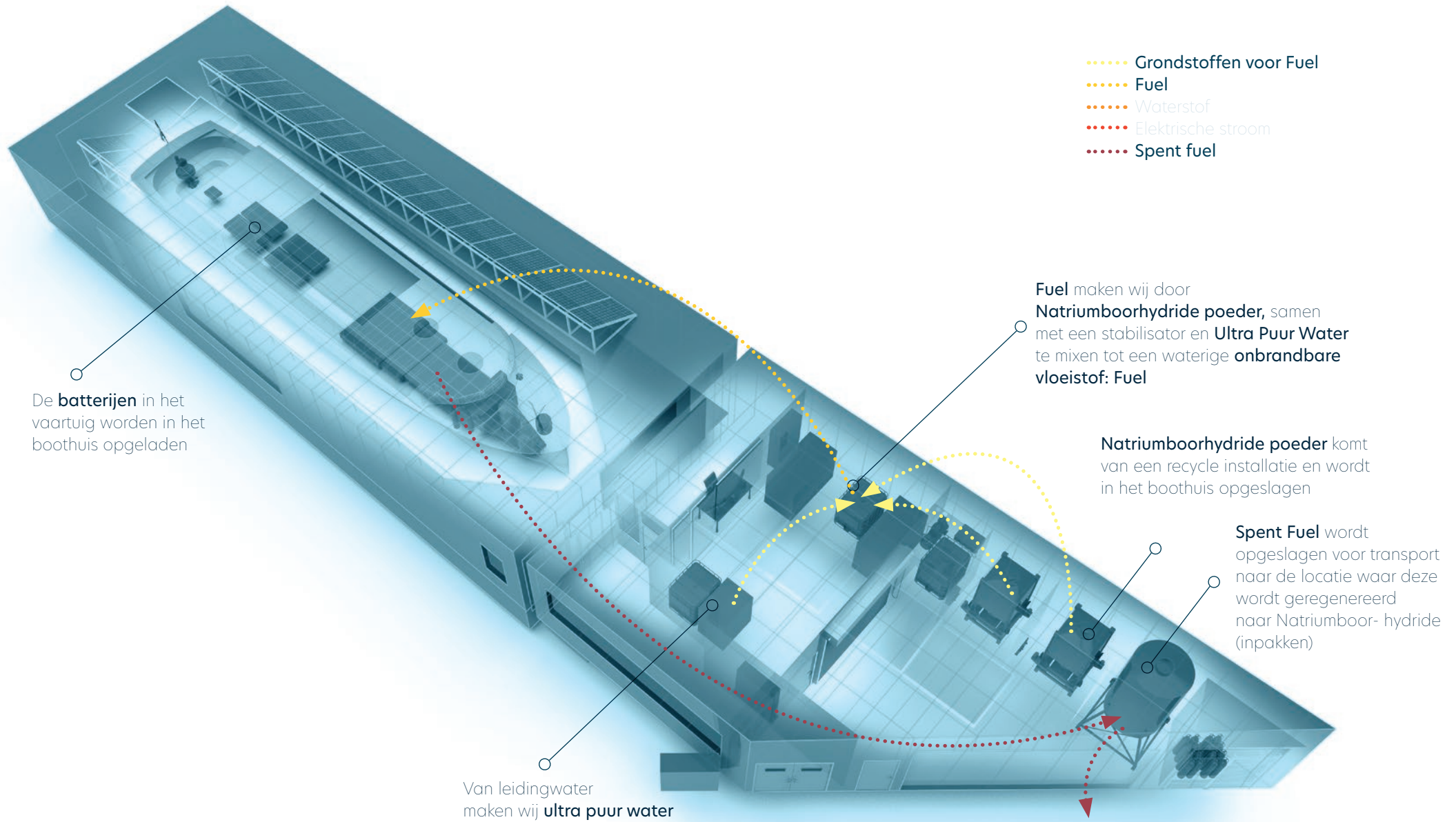


We creëren op termijn een gesloten systeem, doordat we van de reststoffen opnieuw natriumboorhydride maken. Circulair energiegebruik. Dat is de nieuwe wereld.

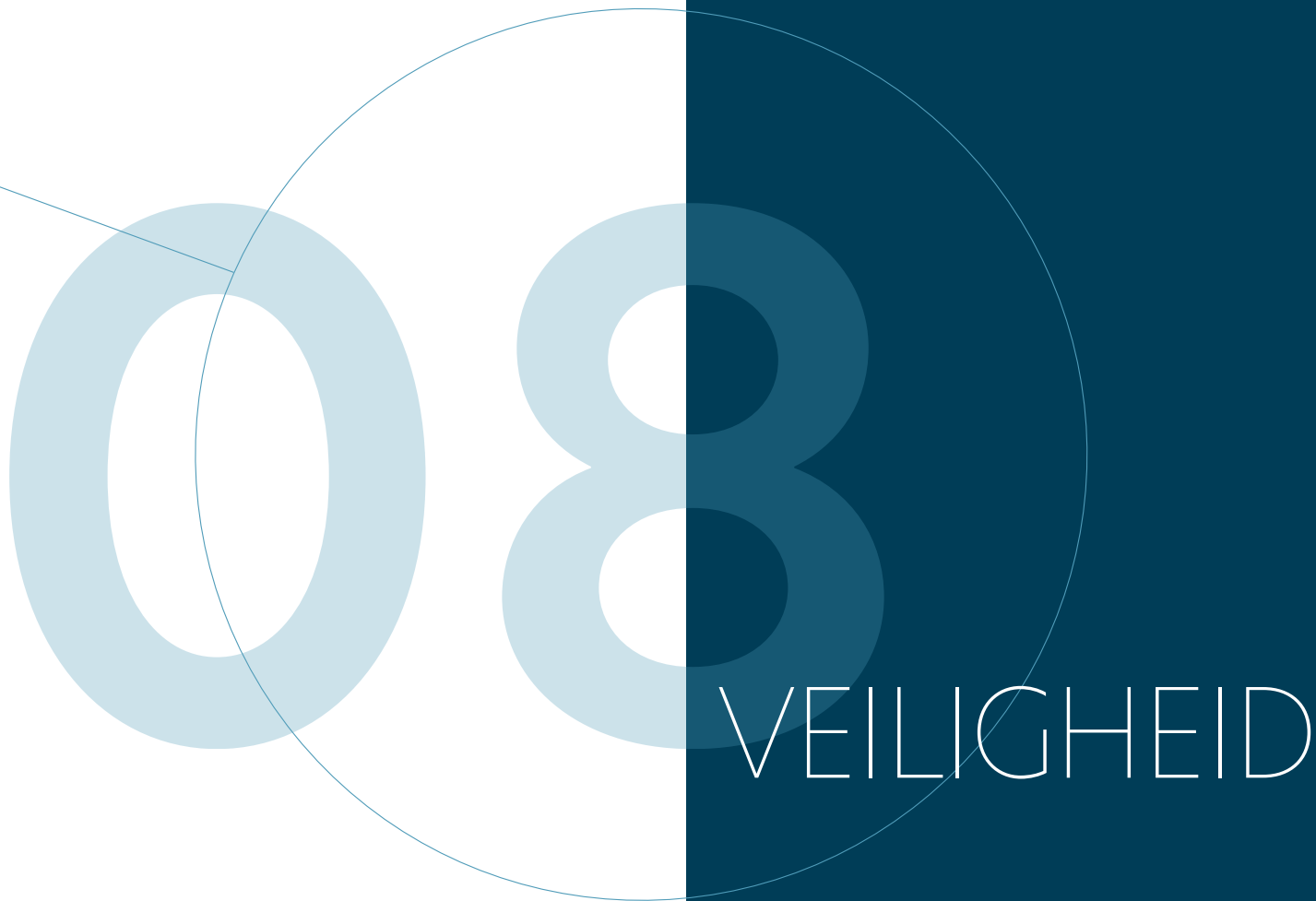


PROCESSEN

HS NEO ORBIS



Spent Fuel wordt in een installatie omgezet naar Natriumboorhydride door middel van **groene stroom**. Dit **omzetproces** wordt regeneratie genoemd of eenvoudigweg waterstof inpakken. De in te pakken waterstof kan van diverse groene bronnen komen zoals elektrolyse of middels het zogenaamde uitpakproces vergelijkbaar met de extractor in het vaartuig. Het inpakproces werkt via een scheidings- en koppelp proces op basis van onder andere herbruikbaar magnesium.



VEILIGHEID

- ————— ○
Waterstof als energiedrager zorgt niet alleen voor emissieloze scheepvaart, het is ook veiliger dan stookolie.
- ————— ○

In de HS Neo Orbis wordt weliswaar met waterstof elektriciteit opgewekt, maar de meeste energie wordt aan boord opgeslagen in het veel stabielere natriumboorhydride. Waterstofgas kan al bij kamertemperatuur ontvlammen als er een vonk bij komt. Bij diesel gebeurt dit rond de 55 graden Celsius. Bij natriumboorhydride gebeurt dit pas rond de 70 graden.

In de applicatieruimte (vergelijkbaar met de motorruimte in een schip op brandstof) wordt de natriumboorhydride uiteindelijk wel uitgepakt tot waterstofgas. Dit gebeurt naar behoefte, dus afhankelijk van hoeveel er nodig is. In deze ruimte wordt constant de

gasconcentratie gemeten. Waterstof wordt pas gevaarlijk als er een concentratie in de lucht is vanaf 4.0% waterstof. Op dit schip gaat het veiligheidssysteem al in werking als er een concentratie is van 0.1% waterstof. Dan worden alle waterstofoperaties stopgezet, en wordt de hele applicatieruimte geventileerd. Binnen enkele seconden is alle waterstof afgeblazen.

Omdat het hele concept van scheepvaart op waterstof nog nieuw is, moeten veel eisen nog bedacht en ingevuld worden. Spent Fuel, de accu's aan boord, de risico's hiervan zijn we al ontwerpend in kaart aan het brengen. Hiermee willen we straks niet alleen dit

schip te water kunnen laten, we willen er veilig mee kunnen varen. En door het hele certificeringstraject te doorlopen, maken wij de weg vrij voor nieuwe, grotere initiatieven. Zodat we met elkaar sneller die nieuwe wereld van schone scheepvaart bereiken.



Waterstof

Eigenschappen:

Toestand:	Gas
Zelfontbranding:	560° C
Explosie grens:	4-75%
Risico's:	Licht ontvlambaar Explosief



Natriumboorhydride

Eigenschappen

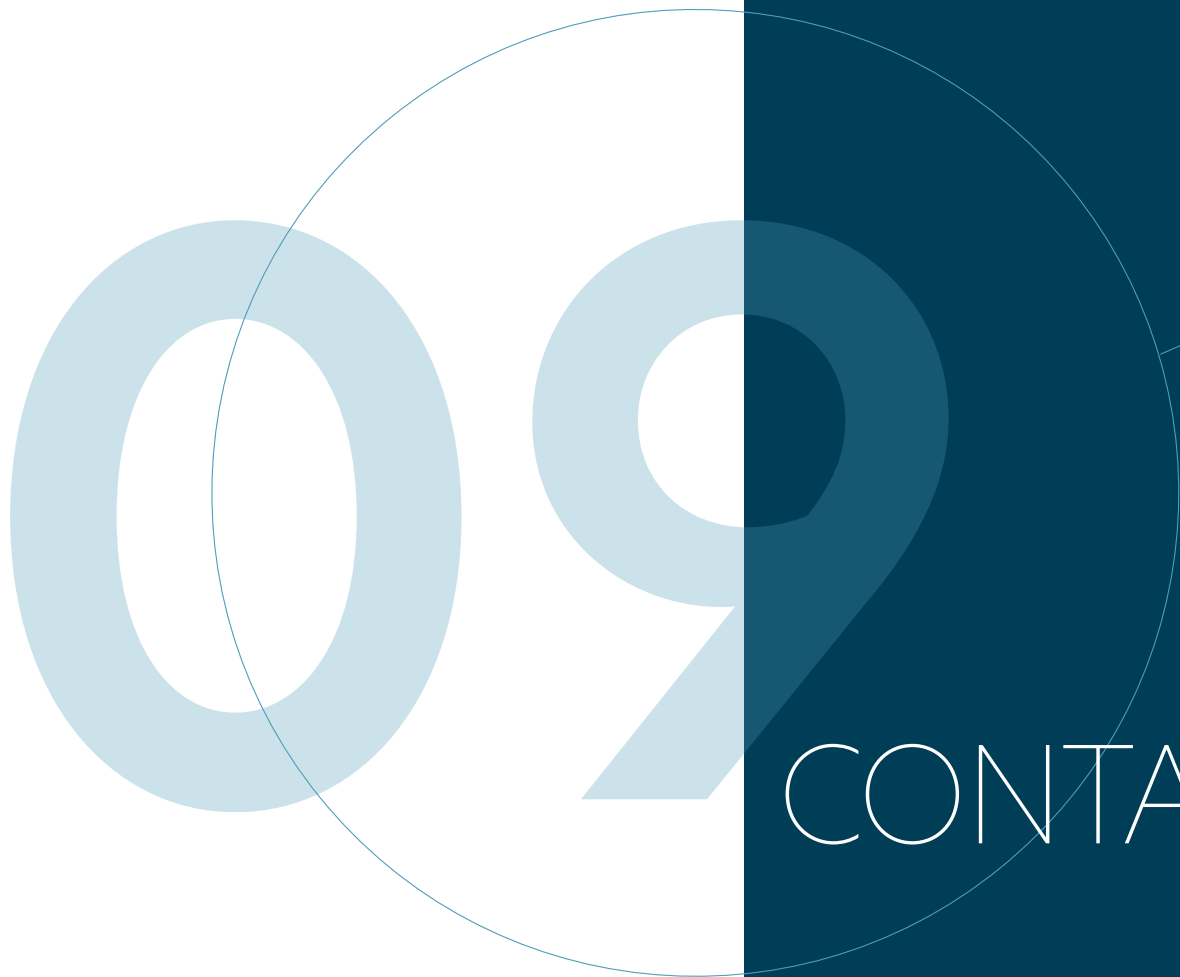
Toestand:	Poeder
Zelfontbranding:	220° C
Vlampunt:	70° C
Risico's	Brandbaar Giftig bij inname Reageert met water tot waterstof



Diesel

Eigenschappen

Toestand:	Vloeibaar
Zelfontbranding:	210° C
Vlampunt:	55° C
Risico's	Brandbaar Giftig bij inname Is milieuvervuilend



Patricia Haks

Programmamanager/projectmanager
Port of Amsterdam
Patricia.Haks@portofamsterdam.com
+31 06 53693541

De Ruijterkade 7 | 1013 AA Amsterdam
Postbus 19406 | 1000 GK Amsterdam
www.portofamsterdam.com

CONTACT