

## WP4 Veiligheidsaspecten en risico's

Kennisvraag: **Welke risico's gaan er gepaard met het swappen van waterstofcontainers?**

26 juni 2022

Status: final

Auteurs: **D. van der Meulen (DNV) en E. Korbee (Rijkswaterstaat)**

## 1. Aanleiding

WVIP WP 4 werkt aan kennisvragen voor het borgen van waterstofveiligheid en heeft als doelstelling:

1. Het inventariseren van alle mogelijke veiligheidsrisico's die gepaard gaan met de productie, opslag, transport en gebruik van waterstof.
2. Welke maatregelen zijn noodzakelijk om waterstof als veilige en betrouwbare energiedrager grootschalig te kunnen introduceren en daarmee de publieke acceptatie te vergroten.

Dit document is bedoeld voor alle partijen die bezig waren, momenteel bezig zijn, dan wel in de nabije toekomst betrokken zullen zijn bij de ontwikkeling van de waterstofinfrastructuur en specifiek voor partijen die zich bezig houden met het bunkeren van waterstof. Dit document geeft handvatten om de vragen en antwoorden die er over dit onderwerp zijn centraal te ontsluiten met het doel de waterstofveiligheid te borgen.

Dit document beantwoordt een van de kennisvragen zoals die zijn geïnventariseerd door de deelnemers van WP4 in 2020. Voor meer informatie over en de totstandkoming van de kennisvragen zie "[WP4 Inventarisatie van kennisvragen 'veiligheidsaspecten en -risico's'](#)" van het WVIP project.

Het doel van het behandelen van de kennisvraag is het bieden van een overzicht van de risico's die gepaard gaan met het swappen van containers en het duiden van welke vragen er nog beantwoord dienen te worden. Waterstof wordt als zeer kansrijk gezien voor de scheepvaart. Verschillende verschijningsvormen van waterstof zijn gasvormig, vloeibaar, in vaste vorm als natriumboorhydride ( $\text{NaBH}_4$ ) en middels een waterstofdrager (LOHC)<sup>1</sup>. Voor zowel gasvormige als vloeibare waterstof geldt dat de waterstof middels een tankcontainer aan boord van het schip geladen kan worden. Waterstof kan in een container gevuld met drukkouders met een druk van 300 bar overgezet worden van de wal naar het schip (vanuit de containervoorraad of vanaf de trailer), maar in de toekomst mogelijk ook van schip naar schip. Een 40 voet container bevat dan 750 kg waterstof. Dergelijke containerwissel wordt "swappen" genoemd. Voor de uitwerking van dit kennishiaat focussen we op gasvormige waterstof gezien het technology readiness level (TRL) van deze toepassing.

## 2. Veiligheidsaspecten

### Risicoberekeningen, ongevalsscenario's en valgevaar swappen containers

Binnen het RH2INE project<sup>2</sup> is er een aantal berekeningen doorgevoerd voor de externe veiligheidsafstanden van containers met waterstof onder druk, waarbij er is gekeken naar 300 bar en 500 bar. Eerste berekeningen lieten zien dat de externe veiligheidsafstanden voor het verwisselen van H<sub>2</sub>-containers bij containerterminals relatief klein zijn (39 m) wanneer containers rechtstreeks van de trailer op het ontvangende schip worden geladen. In de toekomst echter, wanneer de vraag toeneemt en opslag van containers in de stack nodig kan zijn, zou de externe veiligheidsafstand met ongeveer een factor 3 kunnen toenemen (zie figuur 1). Er wordt aangegeven dat dit voor containerterminals geen probleem hoeft te zijn, gezien hun indeling en locatie, die voldoende afstand biedt tot kwetsbare objecten. Figuur 1 laat zien dat de afstanden wezenlijk verschillen voor Duitsland en Nederland. Verklaring hiervoor is dat er in Nederland een QRA toegepast wordt voor het bepalen van veiligheidsafstanden en in Duitsland een effectberekening.

---

<sup>1</sup> EICB (2020), Waterstof in de binnenvaart. <https://www.eicb.nl/wp-content/uploads/2020/07/2020-07-EICB-Rapport-Waterstof-in-de-binnenvaart-en-short-sea.pdf>

<sup>2</sup> RH2INE Sub-study 1b, SuAc A3, April 2020. External safety distances & focus areas for bunkering hydrogen in the Netherlands Quantitative Risk Assessment (QRA) in accordance with Bevi

Scenario	Description	External safety distance [m]*	
		The Netherlands	Germany
1a	Swapping containers with pressurized hydrogen (300 bar) at container terminals (start-up case) – no storage in stack	39	182
1b	Swapping containers with pressurized hydrogen (500 bar) at container terminals (future case) – storage in stack	129	230
2a	Truck-to-ship bunkering of gaseous hydrogen via hose to fixed tanks on board (start-up case)	37	96
2b	Bunker station to ship, bunkering of gaseous hydrogen via hose to fixed tanks on board (future case)	106	96
3	Truck-to-ship bunkering of liquid hydrogen	82	70
4a	Truck-to-ship bunkering of refrigerated liquid ammonia	175	205
4b	Truck-to-ship bunkering of pressurized liquid ammonia	543	395
5	Truck-to-ship bunkering of methanol	79	67

\* Reference is made to Table 4 for an explanation from where these distances should be measured.

Tabel 1 Bron: RH2INE (2021)

AVIV heeft een risicoberekening doorgevoerd voor het bunkeren van waterstof met containers onder een druk van 300 bar<sup>3</sup>. Omdat het brandstofsysteem gesloten blijft tijdens het swappen, wordt de risicoberekening uitgevoerd volgens het rekenprotocol voor stuwadoorsbedrijven. Waterstof kan vrijkomen na vallen uit de kraan. De berekening is hier gebaseerd op het afbreken van een leiding met een diameter van 10 mm. Een waterstofuitstroming is ontsteekbaar in de buitenlucht bij concentraties tussen ca. 4 en 76 vol %. Bij afbreken en ontsteken ontstaat een fakkelvlam met een lengte van ca. 15 m. De maximale effectafstand is ca. 20 m. Dat is ook de maximale waarde van de 10-6 -contour, ongeacht het aantal bunkerhandelingen.

Variabele	Afstand
Plaatsgebonden risico 10 <sup>-6</sup>	Max 20 m
brandaandachtsgebied	20 m vanaf opstelplaats tankwagen
Maximale vlamlengte	15 m

Tabel 2 Bron: AVIV 2021

Een belangrijke stap voor het in kaart brengen van de risico's is het formuleren van ongevalsscenario's. De berekening die is uitgevoerd door AVIV is gebaseerd op de aanname dat er een leiding afbreekt. Echter, er zijn meerdere scenario's denkbaar. Een 'worst case' scenario zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat er een cilinder in de vallende container komt op een twist-lock van een andere container. Bij het swappen van containers bestaat daarnaast het gevaar dat er een container op leidingen of andere containers met brandstof valt. De kans op dit risico is nog onvoldoende in beeld. Het gevolg/effect is te bepalen met berekeningen en/of testen.

Daarnaast is het van belang om test- en constructie eisen die gelden voor de containers inzichtelijk te maken. Containers voldoen aan eisen van ADR en worden overgenomen in ADN zodra ze aan boord van een schip worden gebracht. Wordt er bijvoorbeeld onderscheid gemaakt in containers en 'gasflessen' in het ADR? Hoe wordt er omgegaan met een gecombineerde unit? Testrapporten voor het testen van valbestendigheid zijn (mogelijk) beschikbaar bij de containerfabrikanten. Daarnaast zijn er mogelijk risicoanalyses gemaakt voor het laten vallen van een container die ook in gaan op de kans van het ontstaan van een lek, de grootte van het lek en een worst-case scenario. Een ander belangrijk aspect is de manier van vullen van de containers. Is de container gevuld met tubes of cilinders? In het

<sup>3</sup> AVIV (2021), Veiligheidsaspecten van nieuwe energiedragers in de binnenvaart.

geval van een lek in een cilinder is de uitstroom langzamer en zijn de effectafstanden kleiner. Bij tubes zijn de effectafstanden groter en de uitstroom sneller. Ook de manier van bevestiging is van belang. Zijn de tubes in de container bevestigd in een frame? En welke beveiliging zit er op dit bevestigingsframe mocht een container vallen?

Voor het vaststellen van ongevalsscenario's zijn ook de voorschriften van het plaatsen van containers van belang. Welke voorschriften gelden er bijvoorbeeld bij het plaatsen van een container in het ruim? Dat leidt tot een totaal andere gasdispersie ruimte dan aan de kade en daardoor een verhoogde kans op explosie. Welke constructie eisen gelden er? ESTRIN en de klasse bureaus zullen moeten voorzien in technische ontwerpisen aan boord van het schip, maar welke eisen gelden er voor het ontwerp van de (aansluiting van de) containers? Welke eisen worden er gesteld aan lekdetectiemaatregelen?

Wat betreft het aan- en ontkoppelen van de containers zijn de volgende punten van zorg aangekaart tijdens een workshop binnen het RH2INE project:

- er is een verhoogd risico op lekkages aangezien er minder lasverbindingen mogelijk zijn en de hoofdverbindingen van de tankleidingen vaak worden losgekoppeld;
- Bij schepen worden de scheepscomponenten normaliter goedgekeurd en gecontroleerd tijdens hun levensduur als onderdeel van het schip. In het geval van het swappen van waterstofcontainers moet een andere regeling voor kwaliteitscontrole worden vastgesteld;
- De veiligheidssystemen moeten normaliter deel uitmaken van het schip. Het is onduidelijk wat dit betekent voor de locatie van de branddetectie en -blussing;
- Voor gecompriëerde waterstof moet de tank worden aangesloten en losgekoppeld van het ontluchtingssysteem (een kritisch veiligheidssysteem dat niet aan veelvuldige manipulaties mag worden blootgesteld).

Daarnaast speelt er nog een juridisch aspect. Het ontwerp van het ruim en de "fuel compartment" zijn onderhevig aan verschillende eisen. Hoe wordt er omgegaan met een container gevuld met waterstof die vervoerd wordt in het ruim als lading en na het swappen van de containers deel uitmaakt van het fuel compartment? Hierbij is er sprake van overgang van transportregelgeving naar regelgeving gericht op scheepsontwerp. Ook aansprakelijkheid speelt hier een rol: wanneer houdt de verantwoordelijkheid op van de containerterminal en wanneer is het de verantwoordelijkheid van de scheepseigenaar?

### Milieuvergunning

Waterstofcontainers kunnen in principe op elke containerterminal aan boord worden genomen. Aandachtspunt hierbij is echter wel de voorraad van containers met waterstof bij de containerterminals, die, als die voorraad gekwalificeerd zou worden als "opslag" in plaats van "transport", er toe zou kunnen leiden dat de containerterminal onder de Brzo wetgeving zou kunnen komen te vallen. Brzo wetgeving geldt bij een hoeveelheid van >5 ton waterstof, wat gelijk staat aan ca. 7 containers. De voorraad waterstof is juridisch gezien dan namelijk geen onderdeel van de vracht, waardoor de vrijstelling zoals genoemd in Brzo art. 2.1b komt te vervallen. Deze geldt juridisch gezien enkel voor het verladen van containers met vracht. Het Brzo is een lastenverzwaring voor de terminal waar de huidige wetgeving juist een uitzondering voor maakt.

Op dit moment wordt bunkeren voorzien vanaf de kade, maar in de toekomst wordt er mogelijk ook varend gebunkerd. Waar dienen we dan rekening mee te houden? Bunkeren valt niet onder de in 2022 voorziene Omgevingswet omdat het geen milieubelastende activiteit betreft. Vergunningverlening geschiedt in dat geval door havens. Welke eisen worden er gesteld aan Externe veiligheidscomponenten?

### 3. Conclusie

Verder onderzoek is nodig om de risico's van het swappen van containers verder te kwantificeren en om ongevalsscenario's in kaart te brengen. De pilots waarbij gebruik gemaakt wordt van deze bunker methode, kunnen daarbij van grote waarde zijn. Hieronder een overzicht van openstaande vragen. Omdat er veel initiatieven lopen die kijken naar de toepassing van waterstof in de binnenvaart, is het aanbevolen om als eerste vervolgstap te onderzoeken of er binnen een van deze initiatieven al naar onderstaande vragen wordt gekeken. Twee concrete eerste stappen:

- ➔ Het werkpakket 'Wet en Regelgeving' binnen het WVIP gaat zich buigen over de aspecten van het bunkeren van waterstof in relatie tot de in 2022 voorziene Omgevingswet. De openstaande vragen kunnen helpen om het werk nader te definiëren.

Openstaande vragen	
1.	Welke wettelijke eisen/restricties zijn er voor het swappen van containers met waterstof onder druk door containerterminals?
2.	Hoe wordt de opslag van waterstofcontainers geregeld binnen de havenverordening om onder de Brzo drempel te blijven?
3.	Welke regels gelden er voor het swappen van containers op een openbare kade (dus niet op een inrichting)? Welke afstanden moeten er worden gehanteerd? In het geval van een inrichting gelden er externe veiligheid en risico contouren, hoe is dat geregeld als dat niet van toepassing is? Hoe groot moet de afstand dan zijn?
4.	Bij een normale containertransfer wordt er uitgegaan van een feasible leak scenario. Geldt dat ook bij het swappen van waterstofcontainers?
5.	Waar moet er rekening mee gehouden worden bij varend bunkeren?
6.	Wat zijn de risico's, ongevalsscenario's en kansen om juiste risicoberekeningen door te rekenen? Welke informatie is er al uit eerdere studies?
7.	Worden de effectafstanden van waterstof anders dan van LNG? Hoeveel anders?
8.	Wat is de kans dat de container uit een kraan valt?
9.	Wat is het gevolg als een container uit een kraan valt, (hoe groot is de kans dat hij openbarst, ...)?
10.	Aan welke test- en constructie eisen moeten waterstofcontainerunits voldoen?
11.	Welke lekdetectie maatregelen moeten er zijn geïmplementeerd?
12.	Wanneer houdt de verantwoordelijkheid op van de containerterminal en wanneer is het de verantwoordelijkheid van de scheepseigenaar?
13.	Welke voorschriften gelden er voor het plaatsen van een container in het ruim?
14.	Hoe wordt er omgegaan met een container gevuld met waterstof die vervoerd wordt in het ruim als lading en na het swappen van de containers deel uitmaakt van het fuel compartment?

#### 4. Referenties

**AVIV (2021), Veiligheidsaspecten van nieuwe energiedragers in de binnenvaart.** [https://puc.overheid.nl/doc/PUC\\_710436\\_31](https://puc.overheid.nl/doc/PUC_710436_31)

**AVIV (2022),** Veiligheidsaspecten van nieuwe energiedragers bij Clean Energy Hubs.

**EICB (2020), Waterstof in de binnenvaart.** <https://www.eicb.nl/wp-content/uploads/2020/07/2020-07-EICB-Rapport-Waterstof-in-de-binnenvaart-en-short-sea.pdf>

**RH2INE** Sub-study 1b, SuAc A3, April 2020. External safety distances & focus areas for bunkering hydrogen in the Netherlands Quantitative Risk Assessment (QRA) in accordance with Bevi