



VOTOB
Veiligheidsstandaarden in
de ammoniakketen

Antea Group

Understanding today.
Improving tomorrow.

projectnummer 0495387.100
revisie Definitief rapport
26 augustus 2025

VOTOB Veiligheidsstandaarden in de ammoniakketen

projectnummer 0495387.100
revisie Definitief rapport
26 augustus 2025

Auteur(s)

Antea Group - Vakgroep SAVE

Opdrachtgever

Vereniging van Nederlandse Tankopslagbedrijven
T.a.v. Dhr. Willem-Henk Streekstra
Loire 150
2491 AK Den Haag

Colofon

Projectgroep

Monique Berrevoets
Marjolein Oppentocht
Joost Olsthoorn
Jeroen van den Hoogen

Tekstbijdragen

Rianne Vrijenhoef – Stichting NH3 Event
André Meulmeester – Meulmeester Consultancy
Chiel Deij – Deij Consultancy

datum

26 augustus 2025

beschrijving

Finaal

vrijgave

MB



Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Doel document	4
1.2	Leeswijzer	5
2.	Algemene informatie over ammoniak	6
2.1	Stofeigenschappen	6
2.2	Kans en effect	6
2.3	De ammoniakketen	7
2.4	De ketenimpact van CSRD, CSDDD, RED III Directive en certificering groene ammoniak	8
3.	Stap 1: Opwekken van energie in landen met veel natuurlijke energiebronnen	11
3.1	Omschrijving stap in de keten	11
3.2	Risico's	11
3.3	Wettelijke vereisten en veiligheidsstandaarden	12
3.4	Evaluatie en aandachtspunten	12
3.5	Rol van de terminal manager	13
4.	Stap 2: Ammoniak transport over zee vanuit zon/windrijke gebieden naar Europa	14
4.1	Omschrijving stap in de keten	14
4.2	Risico's	14
4.3	Wettelijke vereisten en veiligheidsstandaarden	15
4.4	Evaluatie en aandachtspunten	16
4.5	Rol van de terminal manager	17
5.	Stap 3: Op- en overslag van zeeschepen naar opslagtanks in Nederland	18
5.1	Omschrijving stap in de keten	18
5.2	Risico's	18
5.3	Welke regelgeving is momenteel actueel en beschikbaar voor de veiligheidsketen van ammoniak?	20
5.4	Evaluatie en aandachtspunten	23
5.5	Rol van de terminal manager	23
6.	Stap 4: Kraken van ammoniak naar waterstof	25
6.1	Omschrijving stap in de keten	25
6.2	Risico's	26
6.3	Veiligheidsstandaarden in de keten	27
6.4	Evaluatie en aandachtspunten	27
6.4.1	Rol van de terminal manager	28
7.	Stap 5: Transport van ammoniak naar achterland	29
7.1	Omschrijving stap in de keten	29
7.2	Risico's	30
7.3	Welke regelgeving is momenteel actueel en beschikbaar voor de veiligheidsketen van ammoniak?	32
7.4	Evaluatie en aandachtspunten	32
7.5	Rol van de terminal manager	34
	Bijlage 1 Waterstof (H₂)	35
	Bijlage 2 Transport waterstof naar achterland	36

1. Inleiding

Om aan klimaatdoelstellingen te voldoen is men in Nederland en Europa op zoek naar opties voor klimaatneutrale energie. Het uitsluitend opwekken van groene energie zoals wind- en zonne-energie in Nederland is bij lange na niet voldoende om in de Nederlandse energiebehoefte te voorzien. Dit geldt niet alleen voor Nederland, maar ook voor het achterland in Europa. Dit geldt ook voor het directe buurland Duitsland vanwege daar beperkte diepzeehavens.

Waterstof wordt beschouwd als een geschikte en emissievrije energiebron. Deze waterstof kunnen we importeren uit verschillende landen met veel natuurlijke energiebronnen (zoals wind- en zonne-energie uit het Midden-Oosten en Afrika, Canada, de Verenigde Staten, Latijns-Amerika en Australië). Dit voorkomt afhankelijkheid. Het transport van waterstof over grote afstanden is echter uitdagend. Thans bestaan over de hele wereld twee tankers die geschikt zijn om waterstof te transporteren, maar gezien het feit dat de waterstof onder zeer lage temperaturen moet worden getransporteerd, maakt dit transport zeer kostbaar en risicovol.

Ammoniak is hierin een geschikte en efficiënte waterstofdrager. Opslag en transport van ammoniak kent een hoge TRL (Technology Readiness Level): het wordt al decennia vervoerd en opgeslagen. Na aankomst in Europa wordt de ammoniak gekraakt in waterstof die als brandstof te gebruiken is; ook is het mogelijk de ammoniak direct als brandstof te gebruiken.

Men kan stellen dat niets in de weg staat om direct te starten met het gebruik van ammoniak als primaire energiebron en als waterstofdrager. Echter, een belangrijk aandachtspunt: de stof ammoniak is zeer toxisch. Het effectgebied kan tot enkele kilometers ver reiken, bij een grootschalig vrijkomen kan dus in nabij gelegen bewoonde gebieden sprake zijn van gewonden en doden. Deze eigenschappen maken dat naast zorgen bij de overheid er veel weerstand bestaat bij de bevolking, zowel in de directe omgeving van een terminal maar ook langs transportroutes.

Deze eigenschappen maken ook dat het beheer van een ammoniak terminal fundamenteel anders is dan van een terminal voor traditionele brandstoffen: de lat op veilig werken ligt nog hoger.

De nieuwe PGS 12 voor grootschalige opslag van ammoniak is in 2024 opgesteld in samenwerking met overheden – milieudiensten en veiligheidsregio's- en bedrijfsleven. Deze omvat zeer hoge eisen aan de installaties van een terminal. De kans op falen van een opslagtank is met deze eis niet realistisch. Dit wordt onderkend door alle partijen die hebben samengewerkt bij het opstellen van de PGS 12. Betreffende partijen weten hoe om te moeten gaan met handelingen met ammoniak (zie de hoge TRL – ca. 9).

Ondanks deze PGS 12 en ervaringen blijft een zorg bestaan. Dit komt zoals eerder aangegeven enerzijds door het toxische karakter van ammoniak, en anderzijds doordat incidenten in het verleden hebben plaatsgevonden. Nu is een kans van nul niet realistisch, maar de vraag is of een aantal van deze incidenten niet voorkomen had kunnen worden door het goed opvolging geven aan regels.

Daarnaast is de vraag of de regels wel voldoende duidelijk en volledig zijn. Als laatste noemen wij het gegeven dat vele nieuwe partijen zich op de ammoniak markt gaan begeven. Het is van belang dat ál deze partijen vanaf dag één beschikken over een volledig kennis- en veiligheidsniveau en dat alle partijen daar ook naar handelen.

De VOTOB en haar leden willen graag, middels het “Ketenomschrijving Ammoniak” document, duidelijkheid en openheid geven over de stand van zaken in de keten, welke aandachtspunten er mogelijk zijn en wat de rol/verantwoordelijkheid is van de terminalmanager.

1.1 Doel document

Analyse van de ammoniakketen met nadruk op de volgende onderdelen:

- Algemene informatie over ammoniak;
- Omschrijving van de te onderscheiden stappen in de keten;

- Welke regelgeving is momenteel actueel en beschikbaar voor specifiek het veiligheidsaspect van ammoniak;
- Wat zijn de voornaamste risico's van deze stap;
- Evaluatie / aandachtspunten;
- Wat zijn de rollen en verantwoordelijkheden, en in het bijzonder
- Wat is de rol/verantwoordelijkheid van de terminalmanager.

1.2 Leeswijzer

Het document is opgebouwd aan de hand van de gedefinieerde ammoniakketen. Eerst wordt ingegaan op enkele algemene aspecten, zoals de eigenschappen van ammoniak en regelgeving ten aanzien van de keten. Vervolgens wordt in de achtereenvolgende hoofdstukken de keten doorlopen, waarbij wordt ingegaan op de volgende aspecten:

- Omschrijving van de stap in de keten
- Risico's in de keten
- Wettelijke vereisten en veiligheidsmaatregelen/veiligheidsstandaarden
- Evaluatie / aandachtspunten
- Rol van de terminal manager

2. Algemene informatie over ammoniak

2.1 Stofeigenschappen

Toxiciteit¹

Onder atmosferische omstandigheden is ammoniak is een kleurloos, giftig gas met een sterk prikkelende geur. Ammoniakdampen zijn schadelijk voor de gezondheid. In hoge concentratie werkt het sterk bijtend op de ogen en de slijmvliezen en sterk prikkelend op de huid en is giftig bij inademing, wat kan leiden tot longoedeem. Wanneer een mens wordt blootgesteld aan een ammoniakwolk met een concentratie van 1.100 ppm (780 mg/m³) voor 1 uur, dan heeft dat fatale gevolgen. Ammoniak is echter al waarneembaar met een concentratie van 1-5 ppm (0,7 – 3,5 mg/m³), waarbij men geen lichamelijke schade oploopt.



Ammoniak is een aquatoxische stof, die zeer goed oplost in water. Het is aangeduid als H-400 met de beschrijving "zeer giftig voor in het water levende organismen". Daarom moeten incidentele lozingen en lekkages zoveel mogelijk vermeden worden. Het oppervlaktewater kan daarom ook niet dienen als calamiteitenbuffer voor vloeibare ammoniak. Ook wanneer koude vloeibare ammoniak van -33 °C op het water komt, zal ongeveer 50 % direct verdampen en een giftige damp vormen. De overige 50 % zal oplossen in het water

Brandbaarheid¹

Ammoniak (NH₃) is niet erg brandbaar, omdat het moeilijk te ontsteken is vanwege de hoge ontbrandingstemperatuur (rond de **630 °C**). De minimum ontstekingsenergie bedraagt 680 mJ (dit is circa 10.000 keer zo groot als voor waterstof). Daarnaast, wanneer ammoniak eenmaal brandt, gebeurt dit met een relatief schone vlam die weinig roetdeeltjes produceert. Roetdeeltjes zijn normaal gesproken verantwoordelijk voor de warmtestraling en de zichtbaarheid van vlammen. Zonder deze deeltjes blijft de vlam bijna onzichtbaar en straalt weinig warmte naar de omgeving uit. Dit zorgt ervoor dat onvoldoende warmte wordt gegeneerd om de verdamping van de ammoniakplas te ondersteunen en de brand te onderhouden



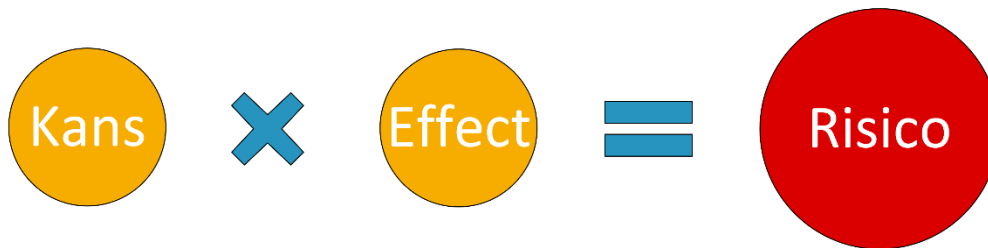
Verder, omdat het kookpunt van ammoniak bij normale atmosferische omstandigheden bij -33°C ligt, verdampt het dus bij temperaturen onder het vriespunt. Daarom wordt gezegd dat ammoniak "koud kookt". Echter, doordat ammoniak veel warmte onttrekt uit de omgeving wanneer het verdampt en daardoor de omgeving afkoelt, is minder energie in de omgeving aanwezig om voor een snelle verdamping van de ammoniak te zorgen.

Wanneer op een andere manier externe warmte wordt toegevoegd om de verdamping van ammoniak aan de gang te houden, bijvoorbeeld uit de (warme)grond of met (warm)water, is een onderhoudende brand mogelijk. De kans op het ontstaan van brand en explosie bestaat vrijwel uitsluitend in slecht geventileerde ruimten. De explosiegrenzen in de lucht zijn 15 % (LEL) en 29 % (UEL).

2.2 Kans en effect

Wanneer gesproken wordt over veiligheid, kan dit worden samengevat in risico's. Belangrijk om te weten is dat een risico geen op zichzelf staande term is. Risico's zijn opgebouwd uit **kansen** en **effecten**, beide **samen** bepalen de grootte van het **risico**: **kans x effect = risico**

¹ PGS 12 2024



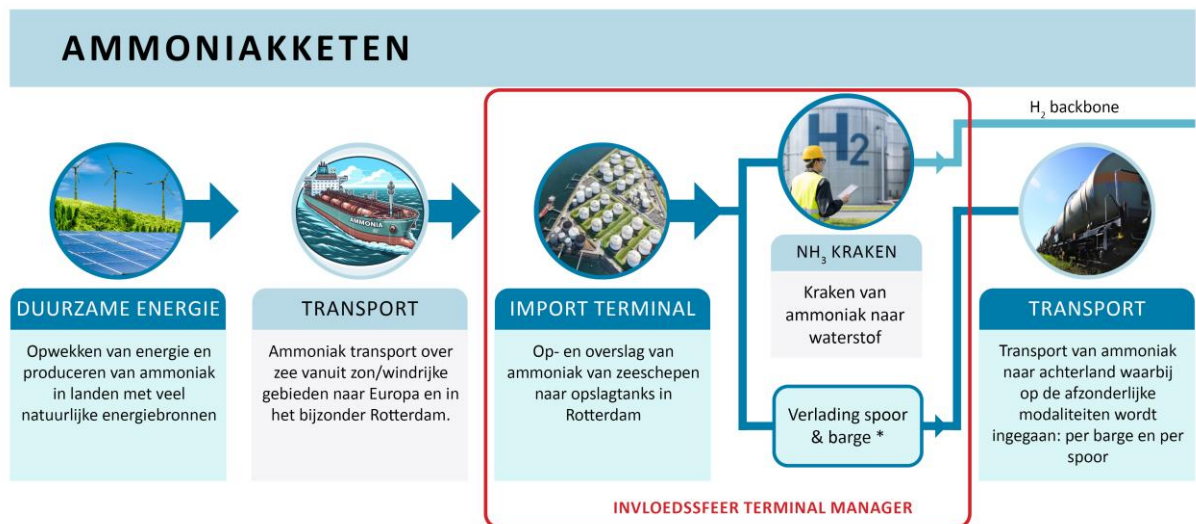
Figuur 2.1: **Kans** maal **effect** resulteert in **risico**.

Een risico kan worden verkleind door gebruik te maken van veiligheidssystemen en -maatregelen. Dit kan doordat een veiligheidssysteem of -maatregel de kans, het effect of beide verkleint. Denk bijvoorbeeld bij een veiligheidssysteem aan een dry-break koppeling bij een laadarm, welke de hoeveelheid gevaarlijke stoffen die vrijkomen bij een breuk van de laadarm – dus het effect – minimaliseert. Door het gebruik van een dry-break koppeling komt minder ammoniak vrij, wat gezien wordt als effect verkleinend. Een veiligheidsmaatregel kan meer gericht zijn op procedures tijdens bijvoorbeeld een verlading, zo kan een uitgebreide checklist en een dubbele menselijke controle vastgelegd in een procedure de kans op een fout gemaakt door een menselijke handeling verkleinen. Het gebruik van een dergelijke procedure verkleint de kans.

Wanneer in een bedrijf wordt gewerkt met een zeer gevaarlijke stof, zorgt dit niet per definitie voor een hogere kans op fouten of een groter effect bij een incident. Het bedrijf kan namelijk zeer veilig uitgerust zijn en meerdere veiligheidssystemen en -maatregelen hebben juist vanwege het gevaarsaspect van de stof, wat de kans op fouten en de effecten minimaliseert.

2.3 De ammoniakketen

De ammoniakketen zoals in dit document wordt behandeld bestaat uit 5 ketenelementen, zie figuur 2:



Figuur 2.2: Ammoniakketen overzicht.

*Bij de verlading is transport via de weg niet meegenomen, aangezien dit door de grote stromen geen geschikte modaliteit is en vanwege het feit dat deze transportmodaliteit volgens de terminals geen voorkeur geniet.

- Stap 1: Opwekken van energie in landen met veel natuurlijke energiebronnen;
- Stap 2: Ammoniak transport over zee vanuit zon/windrijke gebieden naar Europa;
- Stap 3: Op- en overslag van zeeschepen naar opslagtanks in Nederland;
- Stap 4: Kraken van ammoniak naar waterstof;
- Stap 5: Transport van ammoniak per buisleiding, per binnenvaartschip, per spoor en via de weg.

De keten omvat in dit geval de duurzame productie van waterstof om vervolgens ammoniak mee te produceren tot aan het transport vanaf de terminal naar het achterland en haar afnemers. Bij elk element in de keten geldt dat ammoniak aanwezig is en daarbij dus ook de risico's behorende bij de stof ammoniak.

De rood omkaderde ketenelementen zijn de onderdelen die onder de directe verantwoordelijkheid van de terminal manager vallen.

2.4 De ketenimpact van CSRD, CSDDD, RED III Directive en certificering groene ammoniak

De vormgeving van de keten is naast de beschikbare technieken op het gebied van vervoer, verwerking, gebruik en veiligheid van ammoniak ook afhankelijk van wetten en regelgeving. Op Europees niveau gelden richtlijnen, de CSRD en CSDDD, met betrekking tot duurzaamheid, mensenrechten en het milieu. Het overkoepelende doel van deze richtlijnen is om bedrijven te verplichten hun impact op het gebied van duurzaamheid, mensenrechten en het milieu in kaart te brengen en actie te laten ondernemen om negatieve effecten te verminderen. Hoewel de Europese Commissie deze richtlijnen aan het versoepelen is, blijft het nuttig om inzicht te hebben in de verschillende stappen in de keten van bron tot gebruik, zodat ketenverantwoordelijkheid kan worden genomen waar wenselijk of verplicht, bijvoorbeeld wanneer ketenpartner(s) hun verantwoordelijkheid niet nemen.

CSRD²

De Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) is een Europese richtlijn welke onderdeel is van de Green Deal die bedrijven verplicht om te rapporteren over hun duurzaamheidsprestaties. Deze richtlijn, die sinds 2024 van kracht is, vereist dat grote bedrijven informatie verstrekken over hun impact op milieu en maatschappij, zoals CO₂-uitstoot, biodiversiteit en mensenrechten. Bedrijven die voldoen aan minimaal twee van de genoemde voorwaarden, moeten voldoen aan de CSRD:

1. Meer dan 250 werknemers
2. Omzet hoger dan 50 miljoen euro per jaar
3. Een balans van meer dan 25 miljoen euro

De belangrijkste punten van de CSRD zijn:

- Rapportageverplichtingen: Bedrijven moeten gedetailleerde rapporten opstellen over hun impact op milieu, maatschappij en bestuur. Dit omvat informatie over CO₂-uitstoot, waterverbruik, sociale aangelegenheden, mensenrechten en meer.
- Dubbele materialiteit: Bedrijven moeten rapporteren vanuit twee perspectieven: de impact van het bedrijf op de omgeving (impact materialiteit) en de impact van de omgeving op het bedrijf (financiële materialiteit).
- Ketenverantwoordelijkheid: Bedrijven moeten verder kijken dan hun eigen activiteiten en ook de impact van hun leveranciers en partners in kaart brengen.

De CSRD is bedoeld om meer transparantie en standaardisatie te brengen in duurzaamheidsrapportages, zodat bedrijven beter met elkaar vergeleken kunnen worden op niet-financiële aspecten. Vanwege het feit dat het verplicht is voor deze bedrijven om hun hele keten in kaart te brengen, heeft deze regelgeving effect op de gehele keten van een bedrijf. Kleinere bedrijven in de keten moeten deze informatie dus ook kunnen aanleveren aan het grote bedrijf. Hiermee helpt de CSRD bij het bevorderen van duurzame bedrijfspraktijken en het verminderen van negatieve impact op de wereld.

CSDDD

De Corporate Sustainability Due Diligence Directive (CSDDD) is een Europese richtlijn die bedrijven verplicht om verantwoordelijkheid te nemen voor de impact van hun activiteiten op mensenrechten en het milieu, door de hele waardeketen heen. Bedrijven die voldoen aan de volgende criteria moeten voldoen aan de CSDDD:

- Grote EU-bedrijven: Meer dan 1.000 werknemers en een wereldwijde omzet van meer dan 450 miljoen per jaar.
- Grote niet-EU-bedrijven: Omzet van meer dan 450 miljoen per jaar in de EU.

² De Europese Commissie wil de CSRD-richtlijn voor bedrijven versoepelen. Op 26 februari 2025 presenteerde de Europese Commissie daartoe het Omnibus-voorstel. Hoewel dit nog slechts een voorstel is – en het Europese Parlement en de Europese Raad hier nog over moeten beslissen – is de verwachting dat er enige vorm van versoepeling komt.

De belangrijkste punten van de CSDDD zijn:

- Verantwoordelijkheid in de waardeketen: Bedrijven moeten de gehele waardeketen in kaart brengen en risicoanalyses uitvoeren om schendingen van mensenrechten en milieuschade te identificeren.
- Passende maatregelen: Wanneer risico's of misstanden worden gevonden, moeten bedrijven passende maatregelen nemen om deze aan te pakken en te verbeteren.
- Sancties: Niet-naleving van de CSDDD kan leiden tot sancties voor het bedrijf.

De CSDDD is bedoeld om ervoor te zorgen dat bedrijven niet alleen rapporteren over hun impact (zoals vereist door de CSRD), maar ook daadwerkelijk actie ondernemen om negatieve effecten te verminderen. Ook hier geldt dat vanwege het feit dat de gehele keten in kaart moet worden gebracht, kleinere bedrijven in de keten deze informatie ook moeten kunnen aanleveren aan deze grote bedrijven. Dit betekent dat deze kleinere bedrijven ook worden bewogen hun negatieve impact op mens en milieu te verkleinen.

Certificering

Een belangrijke factor in de wereld van duurzame brandstoffen, en zo ook ammoniak, is certificering. De certificering zorgt ervoor dat men weet om welk type ammoniak het gaat in de keten. De certificering geeft aan hoe de ammoniak is geproduceerd en of dit met veel of weinig CO₂ uitstoot gepaard is gegaan. Zo zegt de certificering dat groene ammoniak vervaardigd moet zijn met behulp van groene waterstof, welke is opgewekt uit duurzame energiebronnen.

Ammoniak wordt doorgaans onderverdeeld in verscheidene kleuren, waarbij voor de energietransitie met name groene en blauwe ammoniak relevant zijn:

- **Grijze ammoniak**
 - Productie uit aardgas, veel CO₂ uitstoot
- **Blauwe ammoniak**
 - Productie uit aardgas, CO₂ uitstoot verlaagd door middel van CO₂ afvang en opslag
- **Groene ammoniak**
 - Productie uit groene waterstof, nauwelijks tot geen CO₂ uitstoot
- **Turquoise ammoniak**
 - Productie uit methaanpyrolyse, in plaats van CO₂ wordt vaste koolstof geproduceerd, nauwelijks tot geen CO₂ uitstoot
- **Bruine ammoniak**
 - Productie uit bruine waterstof (kolen), veel CO₂ uitstoot

In het kader van duurzaamheid en milieu-impact, zijn met name de milieucertificeringen van belang. Voor grijze en bruine ammoniak gelden geen milieucertificeringen. Blauwe ammoniak kan gecertificeerd worden onder systemen die de CO₂ reductie verifiëren, zoals bepaalde koolstofcompensatieprogramma's. Groene ammoniak kan gecertificeerd worden als volledig duurzame energiebron. Turquoise ammoniak kan in aanmerking komen voor certificeringen die de afwezigheid van CO₂-uitstoot verifiëren.

Deze certificeringen spelen een belangrijke rol in de genoemde CSRD en CSDDD. Zo kent groene ammoniak een veel kleinere milieu-impact dan grijze ammoniak. Vanwege de CSDDD en CSRD worden bedrijven in de richting van de duurzamere alternatieven op het gebied van brandstoffen bewogen. Een terminal zou hierbij bewogen kunnen worden om meer groene ammoniak op- en over te slaan dan grijze ammoniak, om hiermee de milieu-impact te verminderen.

RED III Directive

De Renewable Energy Directive III (RED III) is een Europese richtlijn die als doel heeft de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, voornamelijk door de bevordering van hernieuwbare energie. Binnen RED III zijn specifieke doelen gesteld voor CO₂-reductie, met name in de transportsector. De richtlijn legt lidstaten verplichtingen op om gebieden voor de versnelde uitrol van hernieuwbare energie te identificeren en te zorgen voor snellere vergunningsprocedures voor projecten die bijdragen aan de energietransitie.

RED III is een herziening van de eerdere Renewable Energy Directive (RED II) en maakt deel uit van het "Fit for 55" pakket van de Europese Unie, gericht op het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen met 55% ten

opzichte van 1990. De belangrijkste doelstelling is om 42,5% van de totale energieconsumptie uit hernieuwbare energie te halen in 2030, met een streefcijfer van 45%.

Het belang van RED III voor de CO₂-reductie:

- **Transportsector:**

RED III richt zich specifiek op de transportsector, met als doel de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

- **Hernieuwbare brandstoffen:**

Lidstaten moeten het gebruik van hernieuwbare brandstoffen, waaronder geavanceerde biobrandstoffen en hernieuwbare elektriciteit, bevorderen en de productie van hernieuwbare waterstof en e-fuels stimuleren.

- **Duurzame criteria:**

RED III legt strengere duurzaamheidscriteria op voor de productie en het gebruik van hernieuwbare energie, met als doel de ecologische impact te minimaliseren.

- **Versnelling van projecten:**

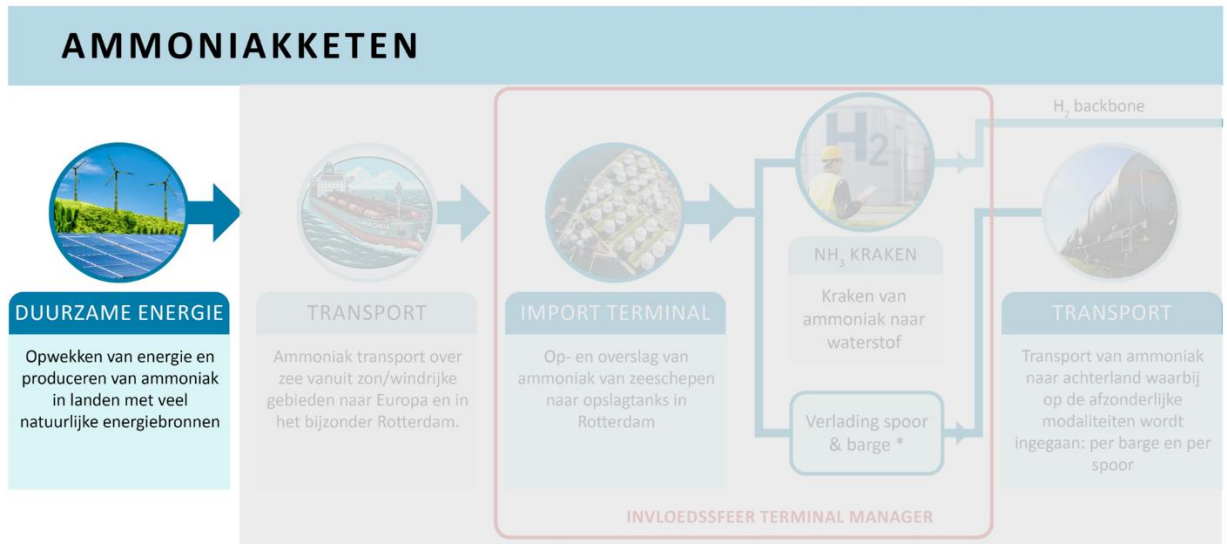
Lidstaten moeten versnellingsgebieden voor hernieuwbare energie aanwijzen, waar vergunningsprocedures sneller moeten verlopen.

Ketenimpact

De CSRD en CSDDD en de RED III hebben een grote impact op de ammoniakketen. Doordat beide richtlijnen van toepassing zijn op gehele ketens van bedrijven en zich met name focussen op duurzaamheid en milieu-impact, wordt meer aangezet tot gebruik van groene ammoniak.

Omdat in zijn algemeenheid meer wordt ingezet op duurzame brandstoffen, en ammoniak tot nog toe de best beschikbare waterstofdrager is, kunnen de richtlijnen in de (nabije) toekomst zorgen voor meer productie van groene ammoniak en meer ammoniaktransporten. Voor de terminals betekent dat meer op- en overslag van ammoniak in vergelijking met de huidige stand van zaken.

3. Stap 1: Opwekken van energie in landen met veel natuurlijke energiebronnen



Figuur 3.1

3.1 Omschrijving stap in de keten

Landen met veel natuurlijke energiebronnen, zoals zonne-energie, windenergie, waterkracht of geothermische energie, spelen een cruciale rol in de energietransitie. Hun unieke positie stelt hen in staat om de overgang naar duurzame energie wereldwijd te versnellen. De verscheidenheid aan landen zorgt bovendien voor een spreiding van afhankelijkheden voor de energieleverantie.

In stap 1 wordt de groene energie via elektrolyse - het splitsen van water (H₂O) in waterstof (H₂) en zuurstof (O₂) - omgezet in groene waterstof. Deze groene waterstof wordt vervolgens via het Haber-Boschproces opgeslagen in groene ammoniak.

Door de overvloed aan hernieuwbare energiebronnen kunnen zon- en windrijke landen met een historisch hoge afhankelijkheid van fossiele brandstoffen snel overschakelen op duurzame energie. Dit vermindert de binnenlandse vraag naar olie, kolen of gas en verlaagt de CO₂-uitstoot. Dit geldt vooral voor landen in het Midden-Oosten (zoals Saudi-Arabië en de Verenigde Arabische Emiraten), die bezig zijn met de transitie van olie naar zonne- en windenergie om hun economieën toekomstbestendig te maken.

Landen met natuurlijke energiebronnen zijn van essentieel belang voor de wereldwijde energietransitie. Ze kunnen duurzame energie op grote schaal opwekken, groene energie exporteren, groene waterstof produceren en technologische innovaties aanjagen.

Door deze voordelen helpen ze de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen en ondersteunen ze de wereldwijde inspanningen om klimaatverandering tegen te gaan. Hun rol is niet alleen cruciaal voor hun eigen economische ontwikkeling, maar ook voor de wereldwijde verschuiving naar een koolstofarme toekomst.

3.2 Risico's

De risico's bij het opwekken van energie in landen met veel natuurlijke energiebronnen is sterk afhankelijk van de gebruikte technieken, volumes, systemen, eventueel gebruikte gevaarlijke stoffen en de locaties waar dit plaatsvindt. Daarnaast zijn de risico's ook afhankelijk van de omstandigheden, competenties en daaraan verbonden menselijk handelen. Bovendien zijn de risico's tevens afhankelijk van de gebruikte veiligheidsmaatregelen. Deze veiligheidsmaatregelen, in de breedste zin van het woord, kunnen alles omvatten,

van technische tot procedurele maatregelen. De toegepaste veiligheidsmaatregelen variëren afhankelijk van de wet- en regelgeving waar de productie plaatsvindt, evenals internationale en Europese richtlijnen.

Aangezien onbekend is onder welke omstandigheden buiten Europa het opwekproces plaatsvindt, verwijzen wij voor een specifieke omschrijving van de risico's naar stap 3 in de keten: Importterminal. Daarmee stellen we dat zowel voor de export- als importterminal van ammoniak vergelijkbare risico's bestaan. De VOTOB ambieert op de exportterminals eenzelfde veiligheidsniveau als op de Nederlandse importterminals en onderschrijft het wereldwijde gebruik van PGS 12 standaard. Uiteindelijk zou dit moeten leiden tot een wereldwijd 'level playing field'.

3.3 Wettelijke vereisten en veiligheidsstandaarden

Wet- en regelgeving en daarmee ook de vereiste veiligheidsmaatregelen om de risico's te beperken verschillen per land. Vanuit Europees perspectief gezien bestaan richtlijnen en verordeningen. Richtlijnen moeten in nationale wetgeving omgezet worden voordat ze van kracht zijn in een lidstaat. Hierdoor kan de uitvoering per lidstaat afwijken: landelijke wet- en regelgeving is op veel gebieden dan ook niet gelijk. Verordeningen zijn rechtstreeks van toepassing, dus leveren geen verschillen tussen lidstaten.

Enkele van deze Europese richtlijnen en verordeningen met betrekking tot veiligheid zijn:

- **REACH Verordening (EG) nr. 1907/2006:** Deze verordening betreft de registratie, evaluatie, autorisatie en beperking van chemische stoffen. Het doel is om de menselijke gezondheid en het milieu te beschermen tegen de risico's van chemische stoffen;
- **Seveso III Richtlijn (2012/18/EU):** Deze richtlijn richt zich op de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen betrokken zijn. Het doel is om ernstige ongevallen te voorkomen en de gevolgen ervan voor de menselijke gezondheid en het milieu te beperken;
- **ATEX Richtlijnen (2014/34/EU en 1999/92/EG):** Deze richtlijnen hebben betrekking op de veiligheid van apparatuur en werkplekken in explosieve atmosferen. Ze stellen eisen aan de apparatuur en beschermingssystemen die in dergelijke omgevingen worden gebruikt;
- **Richtlijn Chemische Agentia (98/24/EG):** Deze richtlijn beschermt werknemers tegen de risico's van chemische agentia op het werk. Het omvat maatregelen voor risicobeoordeling, preventie en bescherming;
- **Richtlijn Carcinogene en Mutagene Agentia (2004/37/EG):** Deze richtlijn biedt bescherming tegen de risico's van blootstelling aan kankerverwekkende en mutagene stoffen op de werkplek;

Buiten Europa gelden uiteraard andere standaarden en wettelijke vereisten op het gebied van veiligheid. Hoe deze zich verhouden tot de Europese equivalenten is sterk afhankelijk per land.

Het Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals (**GHS**) is een set van criteria voor het indelen van de gevaarseigenschappen van stoffen en mengsels welke internationale acceptatie kent. Het GHS is afkomstig van de Verenigde Naties. De criteria zijn niet wettelijk bindend en laat landen dus vrij om een keuze te maken uit de criteria. Met de invoering van het GHS worden de verschillen tussen wettelijk verplichte indelingssystemen wereldwijd verminderd. Het zorgt voor meer uniformiteit in indelingscriteria, gevaarsaanduidingen, pictogrammen en voorzorgsmaatregelen, wat uiteindelijk positief bijdraagt aan de veiligheid.

Al met al is het voor de veiligheid van belang dat wereldwijd veiligheidsstandaarden en kennis zoveel mogelijk gedeeld worden. Zo wordt ook al in internationaal verband gesproken over het wereldwijd van toepassing verklaren van de PGS 12-richtlijnen.

3.4 Evaluatie en aandachtspunten

Zoals opgemerkt in voorgaande alinea's zijn de risico's voor een export terminal in grote lijnen vergelijkbaar met die van een import terminal in Nederland. De wet- en regelgeving verschilt echter per land, waarbij het verschil nog groter zal zijn voor een export terminal van buiten de EU. Alhoewel de terminal manager in Nederland geen zeggenschap of directe verantwoordelijkheid heeft over de export terminal, zal er meer nog dan vroeger verwacht worden dat een Nederlandse import terminal naast de klant (de eigenaar van de moleculen) aandacht heeft voor de terminal waar de producten die hier worden opgeslagen vandaan komen.

Niet overal op de wereld is het kennisniveau van bepaalde technologieën even groot, of is de veiligheidsstandaard en veiligheidscultuur vergelijkbaar met Nederland. Zo zijn duurzame technologieën over het algemeen vrij nieuw. Daar komt nog eens bij dat veel van deze nieuwe technologieën nog niet op zeer grote schaal zijn toegepast. Ook kan er niet zonder meer van worden uitgegaan dat eenzelfde hoge veiligheidsstandaard op de exportterminal geldt.

Het is dus van belang dat binnen de industrie op mondiaal niveau kennis blijft én wordt uitgewisseld over de risico's van deze technologieën. Daarnaast is het ook belangrijk dat incidenten worden bijgehouden en gecommuniceerd, zodat de gehele mondiale industrie hiervan kan leren. Een dergelijke afstemming bestaat reeds, te weten de *The Global Home of Chemical Engineers (AIChE)*³.

3.5 Rol van de terminal manager

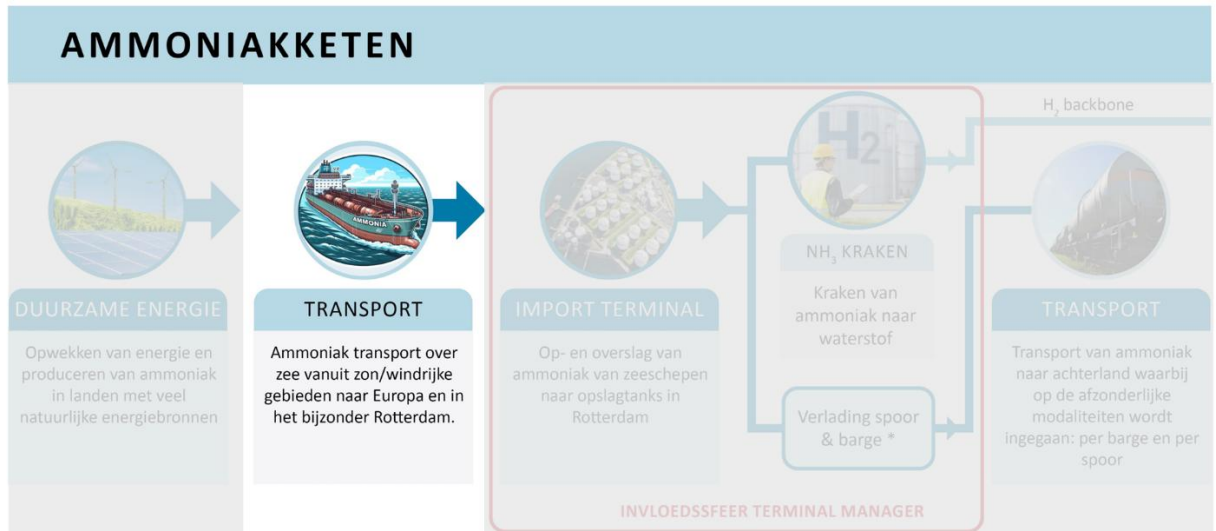
De terminal manager heeft op deze stap in de keten geen directe verantwoordelijkheid. De terminal manager kan in het licht van de CSRD en CSDDD, wel eisen stellen aan de herkomst van de producten welke op- en overgeslagen worden binnen de terminal. Zo heeft gecertificeerde groene ammoniak een kleinere impact op het milieu, wat terug te zien is in de CSRD rapportage.

Wanneer de terminal een bedrijf of onderdeel van een bedrijf is welke onder het CSDDD valt, dan geldt niet alleen een rapportage verplichting, maar ook het actief handelen om negatieve milieu- en maatschappelijke impact te verminderen. Het importeren van gecertificeerde groene ammoniak kan hiermee direct bijdragen aan een doelstelling welke vanuit het CSDDD is opgesteld.

Een terminal manager zou eisen kunnen stellen aan de producten die de klanten voor opslag aanbieden: kan door de klant aantoonbaar worden gemaakt dat de ammoniak op een verantwoorde en veilige wijze is geproduceerd en opgeslagen in het land van herkomst (is bijvoorbeeld ook de PGS 12 leidend geweest voor de bouw van de exportterminal?), is de herkomst terminal aangesloten bij een wereldwijd afstemmingsplatform zoals bijvoorbeeld de AIChE?

³ AIChE | The Global Home of Chemical Engineers

4. Stap 2: Ammoniak transport over zee vanuit zon/windrijke gebieden naar Europa



Figuur 4.1

4.1 Omschrijving stap in de keten

Het transport van groene ammoniak over zee van zon- en windrijke landen naar Europa, en de havens in Nederland, speelt een essentieel onderdeel in de wereldwijde energietransitie. Dit biedt een oplossing voor de uitdagingen van energieopslag en -distributie over lange afstanden.

Havens in Nederland zijn verbonden met een uitgebreid netwerk van buisleidingen en, (spoor-) wegen en rivieren die de havens verbinden met de rest van Europa. Dit maakt de havens in Nederland tot een ideaal knooppunt voor de import en verdere distributie van waterstof naar industriële clusters in Duitsland, België, en andere Europese landen.

Waterstof, geproduceerd in landen met overvloedige zon- en windenergie, zoals Noord-Afrika, het Midden-Oosten, USA, Canada en Australië, kan per schip naar Nederland worden getransporteerd en vervolgens worden gebruikt voor industriële processen, mobiliteit, en elektriciteitsopwekking in heel Europa. Daarbij moet opgemerkt worden dat het transport met zeeschepen op dit moment nog een aanzienlijke CO₂ uitstoot meebrengt. In de Internationale Maritieme Organisatie (IMO) wordt gewerkt aan uitfasering van broeikasgassen in de mondiale zeescheepvaart richting 2050. Zeeschepen die op schonere brandstoffen varen, waaronder ook ammoniak, zijn op dit moment nog schaars.

4.2 Risico's

Ammoniaklekkage op een schip

De kans op een ammoniaklekkage op een schip is het grootst gedurende verladingsoperaties. Ammoniak is een kleurloos, giftig gas met een sterk prikkelende geur. Het gas is lichter dan lucht (de dampdichtheid ten opzichte van lucht is 0,6). Door samenpersen en afkoelen kan het gas tot vloeistof worden verdicht. Vrijkomen van vloeistof verdicht gas of grote hoeveelheden ammoniakgas leidt tot vorming van een koude nevel. Dit gedraagt zich als een zwaar gas en kan zich over de grond uitbreiden. Als tijdens het verladen een leiding scheurt, zal in geval van koude ammoniak het overgrote deel als vloeistof vrijkomen en uitregenen; bij warme ammoniak (onder druk) komt wel een groter deel als gas vrij waarbij een giftige wolk ontstaat. Tijdens het flashen wordt een deel van de ammoniakvloeistof als kleine druppeltjes meegesleurd naar de buitenlucht. De pluim bestaat dan uit ammoniakdamp, ammoniakdruppels en lucht. Mogelijk ontstaan door het neervallen van de ammoniakdruppels op het scheepsdek plassen vloeibaar ammoniak.

Vloeibaar ammoniak kan ook in het water terechtkomen. Dit kan rechtstreeks gebeuren, via uitregenen uit de geflashte ammoniakwolk of via de ammoniakplas als die het water instroomt. Een deel van de ammoniak zal direct oplossen in water, terwijl het resterende deel zich over het water verspreidt door de stroming en de wind en verdampt of alsnog oplost.

Incidenten zeevaart⁴

Wereldwijd zijn in de afgelopen 10 jaar de meeste (aan verzekeraars gerapporteerde) incidenten met zeeschepen veroorzaakt door machine schade of defecten (11.506), gevolgd door aanvaringen met andere schepen (3.014), strandingen (2.808) en contact met haveninfrastructuur (1.916).

Het jaarlijkse verlies van zeeschepen is de afgelopen tien jaar met 70% gedaald (89 in 2014, 26 in 2023). Zinken, stranden en brand/explosie waren de belangrijkste oorzaken van volledig verloren gegane schepen. 12 tankschepen zijn volledig verloren gegaan, van de in totaal 729 verloren gegane schepen.

In het gebied Britse eilanden/Noordzee/Engels Kanaal/Golf van Biskaje zijn de meeste scheepvaart incidenten gerapporteerd in de afgelopen tien jaar (5.279 stuks, 19% van de in totaal 27.821 gerapporteerde incidenten), gevolgd door de oostelijke Middellandse Zee en de Zwarte Zee en China, Indochina, Indonesië en de Filipijnen.

Ontwikkelingen in de zeevaartveiligheid

De zeevaart is in toenemende mate onderhevig aan onzekerheden door oorlog en geopolitieke ontwikkelingen, klimaatverandering zoals droogte in het Panamakanaal, de opleving van piraterij en de opkomst van de 'schaduwvloot'. Gebruik van nieuwe technologie brengt nieuwe risico's mee, zoals cyberaanvallen, GPS-interferentie en drone-aanvallen.

Eén van de grootste zorgen daarbij is de veiligheid en het welzijn van zeevarenden. De maritieme sector worstelt al decennia met een tekort aan zeevarenden met de juiste kennis en vaardigheden. Grote bezorgdheid bestaat dat de crises van de afgelopen jaren invloed zullen hebben op het aantrekken van zeevarend personeel, in een tijd waarin de sector moet voldoen aan de groeiende eisen op gebied van CO₂-uitstootreductie en een toenemende afhankelijkheid van technologie.

Bovenstaande geeft een indruk van risico's en ontwikkelingen in de zeescheepvaart in het algemeen. In de chemische industrie zijn de standaarden voor, en het toezicht op de veiligheid van chemische tankschepen echter doorgaans hoger dan in de container- en bulkvaart.

4.3 Wettelijke vereisten en veiligheidsstandaarden

De internationale zeescheepvaart is in hoge mate gereguleerd door de Internationale Maritieme Organisatie (IMO). De IMO is een gespecialiseerde organisatie van de Verenigde Naties die verantwoordelijk is voor de regelgeving over veiligheid en beveiliging van de scheepvaart en het voorkomen van maritieme vervuiling door schepen.

Het vervoer van ammoniak als lading in tankers is specifiek gereguleerd in de **IGC Code (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk)** van IMO, die via het SOLAS-verdrag verplicht is gesteld. Deze code bestaat al sinds 1986. Het doel van de Code is een internationale norm te stellen voor het veilig vervoer over zee in bulk van vloeibaar gas en de in de Code benoemde stoffen, door de ontwerp- en constructienormen van schepen voor te schrijven, als ook de uitrusting die zij aan boord moeten hebben, om het risico voor het schip, de bemanning en het milieu tot een minimum te beperken, rekening houdend met de aard van de betrokken producten. In de code staan naast technische eisen aan het schip ook eisen op het gebied van training van bemanning, het houden van een 'pre-cargo operations meeting', het invullen van een 'recognized industry checklist' en het testen van alarmen en veiligheidsvoorzieningen voorafgaand aan het laden en lossen.

IMO werkt momenteel aan '**Interim guidelines for the safety of ships using hydrogen and ammonia as fuel**'. Deze guidelines worden van toepassing op schepen die ammoniak in hun brandstoftanks vervoeren voor eigen gebruik. Eerst zal enkele jaren ervaring opgedaan worden met de guidelines voordat IMO deze verplicht zal gaan stellen.

Hiernaast zijn uiteraard de algemene internationale verdragen van IMO gericht op alle typen zeeschepen belangrijk voor de veiligheid. Dit zijn onder meer:

⁴ Lloyd's List Intelligence Casualty Statistics Data Analysis & Allianz Commercial, Safety and Shipping Review 2024

- **SOLAS**-verdrag (Safety of Life at Sea), gericht op veiligheid van het schip.
- **MARPOL**-verdrag (Marine Pollution), gericht op het voorkomen van verontreiniging door schepen.
- **STCW**-verdrag en Code (Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) welke normen voor opleiding, certificering en wachtvoering van zeevarenden bevat.

Naast IMO spelen ook de klassebureaus zoals bijvoorbeeld DNV, Lloyd's Register en Bureau Veritas een grote rol in de veiligheid van zeeschepen. Deze hebben ieder eigen 'rules' voor schepen waarop schepen geclassificeerd kunnen worden. Het gekozen klassebureau en de klassecertificaten van het schip geven inzicht in de veiligheid van de constructie van het schip. De classificatie is noodzakelijk om het schip te kunnen verzekeren, toegang tot havens te krijgen en om betrouwbaar en veilig transport aan te kunnen tonen. De grote toonaangevende, in Nederland erkende klassebureaus lopen voorop in het ontwikkelen van rules voor nieuwe scheepstypen (a.g.v. de energietransitie maar ook andere ontwikkelingen) en zijn nauw betrokken bij de nieuwbouw van schepen.

Aanvullend zijn standaarden, richtlijnen en programma's (bv. voor audits, self-assessments en vettings) uitgegeven door internationale sector organisaties relevant. Deze geven een meer gedetailleerde invulling aan wet- en regelgeving. Door lidmaatschap van de sector organisaties en naleving van hun standaarden kunnen veiligheidsbewuste reders van tankschepen zich onderscheiden. De sector verenigingen hebben een waarnemersstatus binnen IMO en leveren via die weg input op de IMO wet- en regelgeving.

Belangrijke sector organisaties die het transport van ammoniak in hun aandachtsgebied hebben, zijn:

- **INTERTANKO** ([About INTERTANKO](#)) - International Association of Independent Tanker Owners, belangenvereniging voor tanker eigenaren; publiceert richtlijnen ('guidances'). Voorbeelden zijn de 'Practical Guidance on Loading Limits for Gas Carriers' en het 'Framework for the Development of a Fuel-Handling Manual: Alternative Fuels'.
- **CDI** ([CDI-Marine](#)) – Chemical Distribution Institute: Deze organisatie onderhoudt een internationaal 'vettingprogramma' (inspecties en audits) voor tankers en terminals (vergelijkbaar met het SIRE programma van OCIMF voor olietankers).
- **SIGTTO** – Society of International Gas Tankers & Terminal Operators Ltd. ([Home | SIGTTO - The Society of International Gas Tanker and Terminal Operators](#)) : Deze organisatie geeft standaarden uit op het gebied van vervoer van vloeibaar gemaakt gas, zoals de 'Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals' en 'Liquefied Gas Terminals - Site Selection, Design and Operation of Marine Facilities'.

Als laatste: omdat ammoniak- en waterstoftransporten in de nabije toekomst naar verwachting zullen toenemen, zullen kust- en havenstaten moeten gaan bepalen welke bestrijdingsstrategieën passend zijn wanneer op zee of in een haven ammoniak uit een schip vrijkomt. In Nederland is dit het aandachtsgebied van het ministerie van IenW/DG Luchtvaart- en Maritieme Zaken en Rijkswaterstaat, en de Nederlandse Kustwacht. De bestaande beleidsdocumenten en noodplannen, zoals de Nota Maritieme- en Aeronautische Noodhulp en het Incidentenbestrijdingsplan Noordzee worden momenteel bijgewerkt, waarbij dit één van de (vele) aandachtspunten is.

4.4 Evaluatie en aandachtspunten

Door de energietransitie ontstaan nieuwe internationale transporten met stoffen die niet eerder in dergelijke volumes werden vervoerd. Vanuit het perspectief van ammoniak is internationaal transport via zeeschepen niet nieuw. Momenteel wordt jaarlijks zo rond de 20 miljoen ton⁵ aan ammoniak per zeeschip vervoerd. Dit wordt vooral gedaan met grote gastankers, Large Gas Carriers (LGC), en medium grote gastankers, Medium Gas Carriers (MGC). In de (nabije) toekomst zullen hier ook zeer grote gastankers, Very Large Gas Carriers (VLGC), bijkomen.

Het gaat in de zeescheepvaart niet om gebrek aan regelgeving of standaarden, maar om schepen die zich aan wetgeving en standaarden kunnen onttrekken door gebruik te maken van vlagstaten en klassebureaus die het niet zo nauw nemen met toezicht en inspecties op hun schepen, door minimaal onderhoud aan schepen te plegen en door slecht geschoolde, goedkope bemanningen in te huren die onder de internationale (ILO) welzijnsstandaarden voor zeevarenden te werk worden gesteld. Dit aspect verdient extra aandacht bij toenemend transport van ammoniak. Waar het zeetransport van ammoniak nu nog door een selecte groep van

⁵ Bron: <https://www.maritimeoptima.com/insights/will-the-ammonia-shipping-market-boom>

hoogstaande reders plaatsvindt, kan dat in de toekomst anders zijn onder invloed van de groeiende markt. De eigenaren van de te vervoeren ammoniak kunnen als 'klant' van de reders druk uitoefenen op de veiligheid van het transport.

Daarnaast is er meer aandacht nodig voor het kwantificeren van aanvaringsrisico's van ammoniak schepen in havengebieden, afgemeerd en varende. Informatie over aantallen, snelheden en vaargedrag van schepen op iedere gewenste plek in Nederlandse havens is tegenwoordig beschikbaar (AIS). (Aanvarings-) risicoberekeningen op basis van die informatie zijn dus mogelijk.

Het verdient de aanbeveling om voor de aanvaarroutes waar één of meerdere potentiële ammoniakterminal komen een studie te laten uitvoeren naar de aanvaringsrisico's voor ammoniakschepen in de route van/naar de terminallocatie en naar de aanvaringsrisico's voor een afgemeerd ammoniakschip bij de terminal. De bestaande Nederlandse QRA rekenregels zijn op dit gebied echter niet actueel en weinig specifiek. Ook is de zeevaart niet goed verankerd in Basisnet: een gevalideerde tel- en rekenmethodiek voor de zeevaart ontbreekt.

Het Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) heeft echter wel een rekenmethodiek voor aanvaringsrisico's voor schepen ontwikkeld en kan eventueel in aanvullende simulatiestudies laten zien wat de nautische risico's op allerlei locaties zijn. Dergelijke risicostudies zijn al voor meerdere terminals uitgevoerd. De rekenmethodiek zou echter nog nader kunnen worden verfijnd voor de ammoniakschepen in havengebieden en zou dan ook breed gedeeld en toegepast kunnen worden.

4.5 Rol van de terminal manager

Een terminal manager is niet verantwoordelijk voor de veiligheid van het transport over zee, maar er zijn wel mogelijkheden om hierop invloed uit te oefenen (bijvoorbeeld door op te nemen in de Product Acceptatie Procedure of de steigercondities), zoals:

- HSE beleid van de terminal uitdragen bij scheepsbemanningen: Bijvoorbeeld dat onveilig werk wordt stilgelegd; PBM- en gedragsvoorschriften van de terminal, melden van (bijna-)incidenten (voorbeeldfunctie geven);
- Duidelijke signalen van onveilig werken door scheepsbemanningen of gebreken aan schepen die van de terminal gebruik maken vastleggen en de kapitein hierop aanspreken, eventueel ook de lading eigenaar hierover informeren;
- Incidenten die zich voordoen op het schip tijdens verblijf op de terminal (laten) onderzoeken en lering uit trekken;
- Deelnemen in nationale en internationale sector organisaties die standaarden uitbrengen en wetgeving beïnvloeden.

Daarnaast kan de terminal manager de veiligheid van schepen faciliteren door te zorgen dat bij het ontwerp van de terminal rekening gehouden wordt met de aanvaringsrisico's van schepen die afgemeerd liggen bij de terminal.

5. Stap 3: Op- en overslag van zeeschepen naar opslagtanks in Nederland



Figuur 5.1

5.1 Omschrijving stap in de keten

Zodra de groene ammoniak in de Nederlandse haven aankomt, is opslag een belangrijk aspect. Recent is in Nederland een nieuwe richtlijn ontwikkeld waar een ammoniakopslagtank aan moet voldoen: de **PGS 12**.

De PGS 12 richtlijnen zijn in 2024 aangescherpt omdat de industrie zich al aan het voorbereiden is op de verwachte sterke groei van ammoniakopslag voor waterstofproductie. De industrie sorteert daar al op voor, met plannen voor uitbreiding van bestaande ammoniakopslagterminals en aanvragen voor zowel ombouw van cryogene tanks als nieuwe opslagtanks.

Door de PGS 12 richtlijnen loopt Nederland voorop in veiligheid van ammoniakterminals. De PGS 12 wordt internationaal gezien als belangrijk. Zodoende komt binnenkort ook een versie beschikbaar in het Engels, zodat de PGS 12 ook internationaal toegepast kan worden.

Waterstof, daarentegen, vereist speciale cryogene tanks of hogedruktanks voor opslag. Na aankomst in de haven kan ammoniak worden opgeslagen en geleidelijk worden omgezet naar waterstof wanneer dat nodig is voor industriële processen.

De overslag van ammoniak naar een opslagtank is een veiligheidskritisch proces: in een kwantitatieve risicoanalyse blijkt de overslag één van de voor het risicobeeld meest bepalende processen. De laad- en losinstallaties dienen derhalve van de nodige veiligheidsmaatregelen te zijn voorzien, en personeel dient goed getraind te zijn en bewust te zijn van de risico's tijdens dit proces.

5.2 Risico's

De overslag van de zeeschepen naar de opslagterminals is een van de meest risicovolle activiteiten die plaats vindt. Dit komt omdat hier relatief veel handelingen aan te pas komen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het aan- en afkoppelen van de schepen.

Ook zijn de risico's anders dan van een vast systeem welke gewoon op het land staat. Het schip is aangemeerd en vastgemaakt aan de kade, maar het drijft nog steeds op het water. Zo bestaat altijd nog een kans op een aanvaringsrisico met een ander schip.

Bij de verlading (van schip naar tank en van tank naar binnenvaartschip/trein/truck) kan de overslagverbinding, een laadarm, gaan lekken of kapot gaan. De effecten zijn veel kleiner dan een (onwaarschijnlijk) tankfalen, maar de kans is groter. Om het risico te verkleinen mogen volgens de nieuwe PGS 12 alleen nog speciale laadarmen, die zijn voorzien van automatische koppelingen en automatische emergency dry break systemen, gebruikt worden.

Het grootste risico bij het verladen van schip naar tank is de temperatuur van de ammoniak tijdens de verlading. De opslagtank is ontworpen om de ammoniak rond zijn kookpunt op te slaan onder atmosferische druk, wat correspondeert in temperaturen van rond de -33 °C. Als de temperatuur van de ammoniak in het schip significant hoger is, kan dit overdruk in de opslagtank als gevolg hebben. In de nieuwe PGS 12 zijn beveiligingen opgenomen om dit te voorkomen en is een “terminal specificatie” vereist waarin de maximale ladingtemperatuur is vastgelegd.

Daarentegen is de opslag in een tank, welke altijd vast staat op dezelfde plaats, aanzienlijk minder risicovol dan de verlading. Desondanks verdient het zeker aandacht om het falen van een tank te voorkomen: wanneer een ammoniakopslag daadwerkelijk faalt, samen met alle veiligheidssystemen die ook falen en een grote ongecontroleerde hoeveelheid ammoniak uit de tankopslag vrijkomt, is sprake van een ramp. De nieuwe PGS12 richtlijn geeft invulling aan een veilig ontwerp voor een opslagtank.

De gifwolk die ontstaat wanneer een volledige tank ammoniak uitstroomt, heeft een effectgebied van een aantal kilometers. Binnen dit gebied is een aanzienlijk risico dat mensen komen te overlijden aan de gevolgen van blootstelling aan de ammoniakdamp. Om die reden bestaan dus hoge veiligheidseisen aan een ammoniaktankopslag.

Zo komen bijvoorbeeld geen menselijke fysieke handelingen aan de opslagtank te pas. Ook moet de opslagtank volgens de huidige normen zo ontworpen zijn, dat de kans dat de tank faalt of lekt dermate klein is, dat deze bijna volledig uitgesloten kan worden. Zo worden bijvoorbeeld full-containment opslagtanks geëist, welke in feite twee tanks in één zijn. De primaire containment is de binnenste tank. De secundaire containment kan de volledige inhoud van de binnenste tank bevatten, in het geval dat de primaire containment faalt. Hierdoor heeft de tank een dubbele veiligheid en moeten in feite twee tanks falen wil ammoniak vrij kunnen komen. Tenslotte wordt het geheel beschermd door een derde betonnen wand, waardoor de kans op beschadigen van de binnenste tanks door een projectiel, overdruk, of warmtestraling van buitenaf geminimaliseerd wordt.

De eisen aan een tank zijn dus conform de PGS 12 zeer hoog. Om de kwaliteit hoog te houden dient de maintenance goed geborgd te worden.

In Tabel 5.1 worden de opslag en overslag risico's van ammoniak weergegeven⁶. In de PGS 12 staat een volledige lijst met mogelijke scenario's bij de Opslagtank, Productleidingen, Laden en Lossen en bij de Warmtewisselaars voor het opwarmen van vloeibare ammoniak.

Tabel 5.1 Opslag en overslag met risico aanduiding in één overzicht⁷

Handeling	Risico	Risico duiding
Overslag	Relatief groot	1. Bij verlading komen veel handelingen aan te pas. De kans op een incident is relatief groot, het effect valt daarbij relatief mee: dit is maximaal de hoeveelheid bij uitstroom van de laadarm waarbij binnen zeer korte tijd een automatische shutdown van de laadarm plaatsvindt zodra ammoniakdamp gedetecteerd wordt. Dit geldt voor elk type verlading, van zeeschip, barge, trein tot vrachtwagen; 2. De schepen liggen aangemeerd in de (drukke) haven, hierdoor bestaat nog steeds een kans op een botsing met een ander schip.
Opslag	Zeer klein	1. De ontwerpeisen van tanks zijn dermate hoog, dat de kans op een incident zeer klein is. Het effect is echter groot aangezien er sprake is van een grote hoeveelheid ammoniak die vrijkomt; 2. Omdat de opslag statisch is en op land staat, bestaat geen kans op een botsing met een schip of ander voertuig, zoals bij aangemeerde schepen wel het geval is.
Leidingbreuk /lekkage	Relatief groot	1. Bij lekkage aan een pijpleiding kan sprake zijn van een aanzienlijke uitstroom. Deze kan worden beperkt door de pijpleidingen te verdelen in segmenten met behulp van flenzen, zodat het beschadigde deel kan worden ingeblokkeerd en zo de totale uitstroom beperkt wordt. Hierbij moet voorkomen worden dat de pijpleiding van te veel flenzen voorzien wordt: in beginsel is het het beste om de pijpleiding zo ononderbroken mogelijk te laten.

⁶ Zie ook PGS 12 en NIPV: <https://scenarioboeken.nipv.nl/scenariokaarten-externe-veiligheid/>

⁷ Zie voor een gedetailleerd overzicht van de risico's de PGS 12

5.3 Welke regelgeving is momenteel actueel en beschikbaar voor de veiligheidsketen van ammoniak?

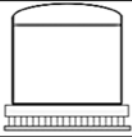
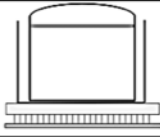
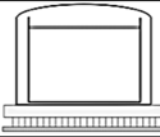
Afhankelijk van de installaties en processen op een terminal kunnen meerdere wetten en richtlijnen van toepassing zijn. We beperken ons hier tot de voornaamsten voor een waterstofimportterminal waarbij ammoniak de waterstofdrager is.

PGS12

In Nederland kennen wij de PGS 12 als richtlijn voor het veilig opslaan en verladen van ammoniak. Vanwege de energietransitie en de daarmee gepaard gaande grootschalige opslag van ammoniak is de PGS 12 voor nieuw te bouwen tanks in 2024 aangescherpt, zo wordt onder meer ingegaan op:⁸

- Specificaties voor de constructie en het onderhoud van opslagtanks, inclusief eisen voor drukbestendigheid en corrosiebescherming;
- Full containment: dubbelwandig staal en aanvullend een buitenste betonnen beschermende wand;
- Geen doorvoeringen meer door de tankwand, maar alle aansluitingen bevinden zich aan de bovenzijde, de pompen zitten in de vloeistof in de tank. Bij pompfalen of leidingbreuk zal de ammoniak hierdoor in de tank blijven;
- Beveiliging tegen lekkages: Maatregelen om lekkages te voorkomen en te beheersen, zoals secundaire containment systemen, gasdetectie en regelmatige inspecties;
- Brandveiligheid: Voorschriften voor brandpreventie en -bestrijding, inclusief de aanwezigheid van brandblusmiddelen en brandwerende materialen;
- Monitoring en Controle: Continue monitoring van de opslagomstandigheden, zoals temperatuur en druk, om afwijkingen vroegtijdig te detecteren en te verhelpen.

De PGS 12 wordt in fasen herzien en aangevuld. De eerste fase is afgerond en heeft zich uitsluitend gericht op de nieuwbouw van opslag voor en verlading van koude, vloeibare atmosferische ammoniak. Fase 1 is in 2024 gepubliceerd. In fase 2 worden bestaande tanks en ombouw naar ammoniak tanks behandeld. Fase 3 zal de (kleinere) opslag van warme ammoniak worden herzien.

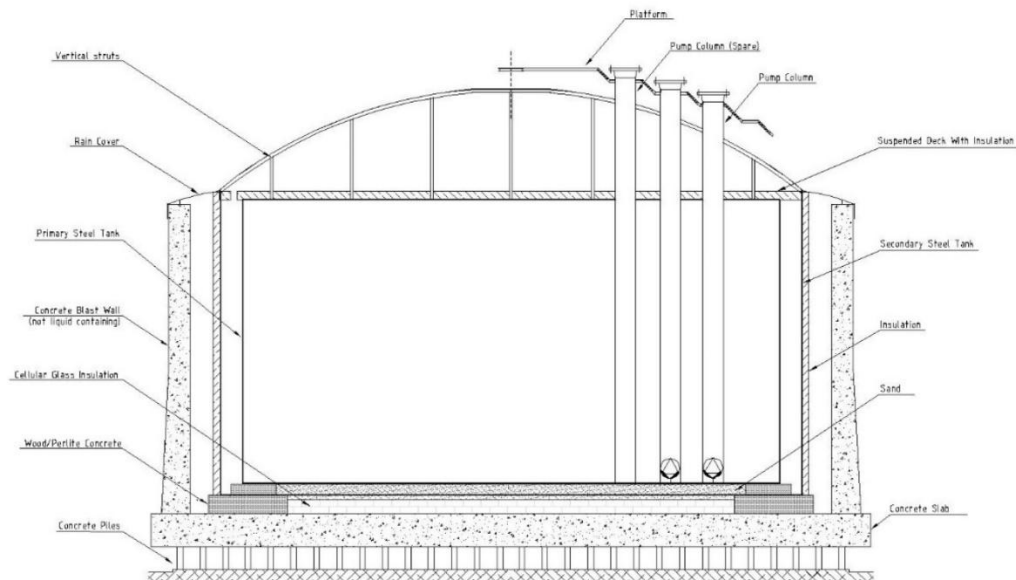
Tank Containment Types				
Containment Type	Tank Single Containment	Tank-in-Wall Double Containment	Cup-in-Tank "Full" Containment	Tank-in-Tank Full Double Containment
				
Inner Tank	Liquid Tight Vapor Tight	Liquid Tight Vapor Tight	Liquid Tight	Liquid Tight Vapor Tight
Outer Tank	- -	Liquid Tight	Liquid Tight Vapor Tight	Liquid Tight Vapor Tight
Outside of inner and inside of outer exposed to products during normal operation	N/A	NO	YES Vapor Condensate	NO

Figuur 5.2 Tank containment types⁹.

⁸Zie voor een volledig overzicht de PGS 12: <https://publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/publicaties/pgs12/>

⁹ Bron: <https://www.arbeidsveiligheid.net/veiligheidsartikelen/gevaarlijke-stoffen/streng-eisen-aan-grote-hoeveelheden-ammoniak>

In figuur 5.2 is een overzicht opgenomen van de mogelijke tank containment constructies. In de PGS 12 is men overeengekomen dat voor de grootschalige opslag van ammoniak bij nieuwbouw tanks van het type full containment met dubbelwandig staal en een betonnen omhulsel voor bescherming van impact van buitenaf.



Figuur 5.3 Opslagtank zoals voorgeschreven in de PGS12 (bron: PGS 12)

Voor de overslag staan onder andere richtlijnen benoemd voor:

- Veiligheidsprocedures: Gedetailleerde procedures voor het veilig laden en lossen van ammoniak, inclusief noodprocedures bij incidenten;
- Persoonlijke Beschermingsmiddelen (PBM): Voorschriften voor het gebruik van PBM zoals ademhalingsbescherming, handschoenen en beschermende kleding om blootstelling aan ammoniak te voorkomen;
- Training en Opleiding: Regelmatige training voor personeel ter bewustwording van de gevaren en de juiste procedures voor het omgaan met ammoniak;
- Technische Voorzieningen: Eisen voor de technische uitrusting en infrastructuur, zoals lekdetectiesystemen en ventilatie, om de veiligheid tijdens de overslag te waarborgen.

SEVESO-regelgeving

Naast de PGS 12 geldt in het algemeen voor bedrijven die grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen produceren, opslaan of verwerken dat zij zich aan de SEVESO III-richtlijn moeten houden. Op- en overslag terminals huisvesten grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen en vallen in de regel daarom altijd onder deze SEVESO III-richtlijn.

De Seveso III-richtlijn¹⁰ is een Europese richtlijn (2012/18/EU) die veiligheidsmaatregelen voorschrijft voor bedrijven die grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen produceren, opslaan of verwerken. De richtlijn heeft als doel ernstige industriële ongevallen te voorkomen en de impact van mogelijke incidenten op mens en milieu te minimaliseren. Ze is vernoemd naar een ernstig chemisch ongeluk in Seveso, Italië in 1976, waarbij grote hoeveelheden dioxine vrijkwamen.

¹⁰ SEVESO III-richtlijn: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0001:0037:NL:PDFm>

De Seveso III-richtlijn trad in werking op 1 juni 2015 en vervangt de eerdere Seveso II-richtlijn. De aanpassingen in Seveso III houden rekening met veranderingen in regelgeving over chemische stoffen (zoals REACH en CLP) en versterken de transparantie en communicatie naar omwonenden en andere belanghebbenden.

Binnen SEVESO III wordt onderscheid gemaakt in twee type bedrijven: Lage drempel- en Hoge drempelbedrijven. Deze twee type bedrijven onderscheiden zich in de hoeveelheid gevaarlijke stoffen waarmee wordt gewerkt. Lage drempelbedrijven werken met een lagere hoeveelheid gevaarlijke stoffen in vergelijking met Hoge drempelbedrijven. Hierbij geldt ook dat Lage drempelbedrijven minder zware verplichtingen hebben dan Hoge drempelbedrijven.

De belangrijkste elementen van de SEVESO III-richtlijn zijn:

Toepassing en werkingssfeer

- De richtlijn is van toepassing op bedrijven die werken met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen, zoals ontvlambare, giftige of milieugevaarlijke stoffen.
- Het onderscheidt twee categorieën bedrijven:
 - Lage drempelbedrijven: Met kleinere hoeveelheden gevaarlijke stoffen.
 - Hoge drempelbedrijven: Met grotere hoeveelheden gevaarlijke stoffen en zwaardere verplichtingen.

Preventie van zware ongevallen

- Bedrijven moeten een beleid voor preventie van zware ongevallen (BPZO) hebben, waarin zij hun strategieën voor het beheren van risico's beschrijven.
- Hoge drempelbedrijven zijn verplicht een uitgebreid veiligheidsbeheerssysteem te implementeren.

Veiligheidsrapportage

- Hoge drempelbedrijven moeten tevens een veiligheidsrapport indienen bij de bevoegde autoriteiten. Dit document beschrijft:
 - De identificatie van risico's;
 - Preventieve maatregelen;
 - Mogelijke effecten van incidenten;
 - Interne en externe noodprocedures.

Inspecties

- Bevoegde autoriteiten voeren regelmatige inspecties uit om te controleren of bedrijven aan de richtlijn voldoen.
- Hoge drempelbedrijven worden ten minste één keer per jaar geïnspecteerd, terwijl lage drempelbedrijven minder frequent worden gecontroleerd.

Noodplannen

- Bedrijven moeten interne noodplannen opstellen in samenspraak met lokale overheden, die verantwoordelijk zijn voor externe noodplannen.
- Deze plannen beschrijven hoe te handelen bij incidenten, met name gericht op evacuatie en bescherming van omwonenden.
- De noodplannen moeten gezamenlijk met lokale overheden geoefend worden.

Communicatie naar omwonenden

- Seveso III legt meer nadruk op transparantie. Omwonenden moeten worden geïnformeerd over:
 - De aard van de aanwezige gevaren;
 - Hoe zij zichzelf kunnen beschermen in geval van een incident.
- Informatie moet vrij beschikbaar zijn, bijvoorbeeld online.

Milieubescherming

- De richtlijn benadrukt het belang van het minimaliseren van de impact op het milieu bij industriële ongevallen.

De Seveso III-richtlijn is een hoeksteen van industriële veiligheid in Europa. Het helpt risico's van zware ongevallen te beheersen, beschermt mens en milieu en bevordert transparantie. Bedrijven die grote

hoeveelheden gevaarlijke stoffen hanteren, moeten zich strikt aan deze richtlijn houden om juridische sancties en ernstige gevolgen van incidenten te voorkomen. Op- en overslagterminals gevestigd in Europa die zich bezighouden met ammoniak, vallen dus onder deze Seveso III-richtlijn en moeten zich allen aan deze minimale veiligheidseisen en -standaarden houden.

5.4 Evaluatie en aandachtspunten

De opslag en verlading van ammoniak is niet nieuw. De grote volumes waarmee dit in de (nabije) toekomst zal plaatsvinden zijn dat wel. Nederland heeft met de PGS 12 laten zien dat het al goed heeft nagedacht over de risico's bij de verlading en opslag van ammoniak en over risico beperkende maatregelen, ook in ogenschouw nemende dat in de toekomst de volumes sterk zullen toenemen. Samen met de andere eerder genoemde wet- en regelgeving met betrekking tot veiligheid, ligt hier een solide basis omtrent het veilig verladen en opslaan van ammoniak.

Instructies aan de medewerkers¹¹ over de opslag- en verladingsactiviteiten met ammoniak en daarbij horende risico's, en algemene informatie over ammoniak en bijbehorende risico's, draagt ook bij aan de veiligheid. Door deze informatie worden medewerkers zich bewust van de risico's, worden gevaren beter ingeschat en wordt hiernaar veiliger gehandeld. Automatisering speelt hierbij ook een zeer grote rol. Het uitschakelen van de factor 'menselijk handelen' door gebruik van veiligheidsautomatiseringen met een hoog betrouwbaarheidsniveau zorgt voor een hoger Safety Integrity Level. Daarnaast is het opstellen en oefenen (bv. 'serious gaming') van noodplannen in samenspraak met lokale overheden een belangrijk aandachtspunt.

Zorgen bestaan over de toetreding van vele nieuwe spelers tot de ammoniak markt en de vraag of deze nieuwe spelers over voldoende kennis en kunde beschikken om dit op een veilige wijze te doen maar vooral of men voldoende bewust is van het feit dat opslag en handelingen met ammoniak een kritischer omgaan met veiligheid vereist. Dit aspect heeft zeker aandacht nodig. Het is daarom goed te vermelden dat er inmiddels diverse initiatieven bestaan: zo heeft de VOTOB (Vereniging van Nederlandse Tankopslagbedrijven) samen met haar leden voorgenomen om standaarden en afspraken te maken hoe zij als sector een minimale veiligheidsstandaard voor het werken met ammoniak kunnen stellen. Het document Curriculum voor Ammoniak Terminal Managers (2025) geeft hier nadere invulling aan. Daarnaast bestaan diverse trainingen en opleidingen voor werknemers op het gebied van werken in een ammoniak op- en overslagbedrijf.

Ook hier geldt dat het delen van internationale kennis en ervaringen een positieve bijdrage levert aan de veiligheid van de opslag- en verladingsprocessen met ammoniak. Aansluitend, het bijhouden van een database¹² met incidenten helpt om problemen inzichtelijk te maken en hierop in te spelen. Zo kan blijvend worden gekeken naar veiligere manieren en systemen om ammoniak op te slaan en te verladen en daarmee de risico's zoveel mogelijk te beperken. Ook bestaan internationale gremia waar inhoudelijk kennis en technieken worden gedeeld zoals de Ammonia Energy Association (AEA), of het NH₃event Europe (Stichting NH₃ event) welke jaarlijkse conferenties organiseert, en de AIChE (The Global/American Home of Chemical Engineers). Brancheverenigingen kunnen hier ook een actieve rol in spelen. Binnen een branchevereniging kan middels discussies en bijeenkomsten van elkaars incidenten worden geleerd.

5.5 Rol van de terminal manager

Alle processen binnen en het onderhoud van de installaties en assets op een terminal vallen onder de verantwoordelijkheid van de terminal manager. Dit geldt tevens voor processen of installaties die door een derde partij worden uitgevoerd of beheerd op de terminal. We noemen twee voor een ammoniakimport terminal relevante voorbeelden:

- Indien een installatie (denk bijvoorbeeld aan een kraker) binnen de inrichting door een derde partij beheerd en uitgevoerd wordt, blijft uit hoofde van de Omgevingsvergunning de terminal manager verantwoordelijk (zie ook volgende hoofdstuk).

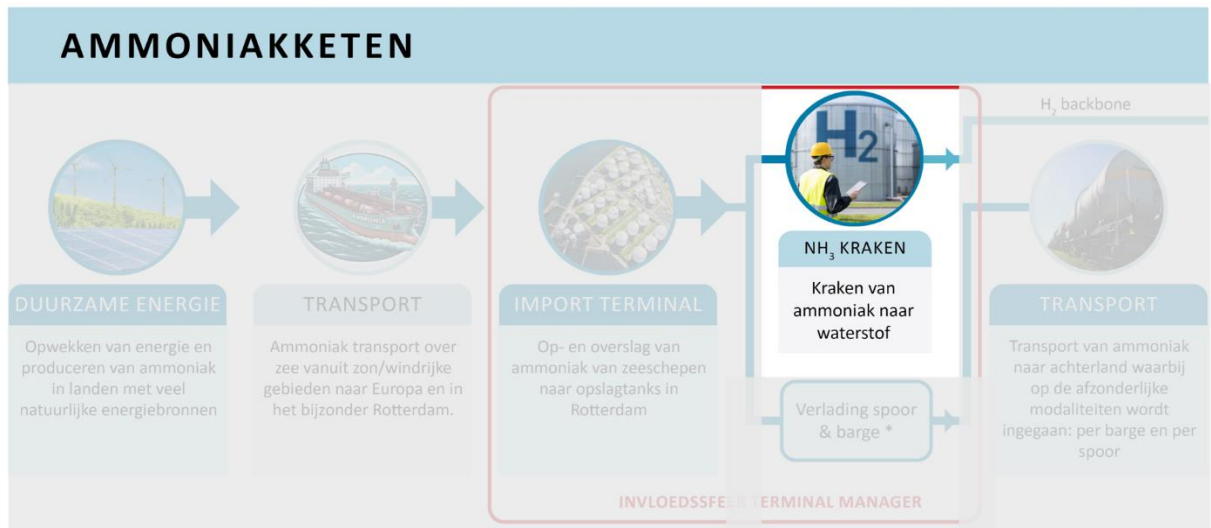
¹¹<https://votob.nl/home/kennisbank/ammoniak/module-energietransitie/>

¹²<https://ammoniaknowhow.com/discussion-board/forum/incident-database/>

- Zodra een zeeschip of barge is aangemeerd krijgt de terminal manager verantwoordelijkheden met betrekking tot het schip of de barge omdat deze dan onderdeel uitmaakt van de installatie. Dit geldt ook voor het laden en lossen van schepen.

De terminal manager is ook verantwoordelijk voor de afstemming met lokale overheden over de noodplannen van de terminal met de noodplannen van lokale overheden.

6. Stap 4: Kraken van ammoniak naar waterstof



Figuur 6.1

6.1 Omschrijving stap in de keten

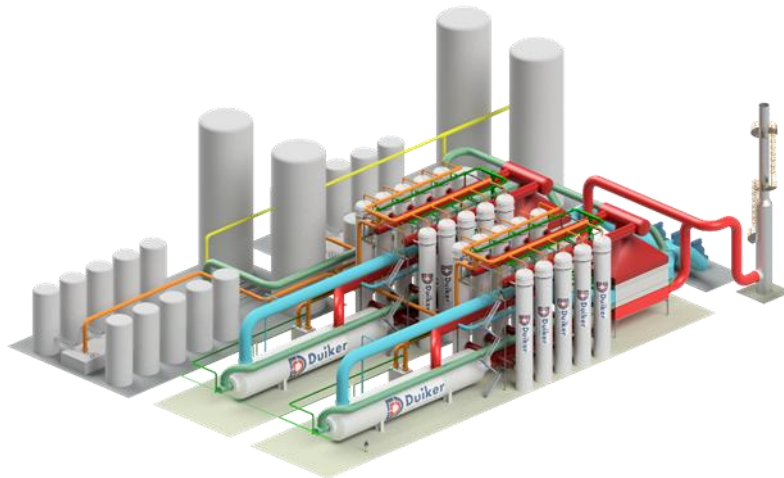
Het kraken van ammoniak naar waterstof speelt een belangrijke rol in de energietransitie. Dit proces is cruciaal voor het benutten van waterstof als koolstofvrije brandstof, vooral in sectoren zoals zware industrie, transport en energieopwekking.

Bij het kraken van ammoniak, ook wel ammoniak reforming genoemd, kan de ammoniak op de plaats van gebruik gekraakt worden om waterstof te produceren. Dit proces breekt ammoniakmoleculen af in waterstof en stikstof volgens de chemische reactie: $2\text{NH}_3 \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{N}_2$.

De stikstof (N_2) wordt veilig vrijgelaten in de atmosfeer. Dit kan probleemloos en is niet milieubelastend, aangezien deze stikstof bij het ammoniak synthese proces uit de lucht is gehaald en nu weer terug de lucht in komt. De waterstof kan vervolgens worden gebruikt als brandstof voor verschillende toepassingen:

- **Brandstofcellen:** Waterstof wordt gebruikt in brandstofcellen om elektriciteit te genereren, bijvoorbeeld in voertuigen of in elektriciteitsopwekkingsinstallaties.
- **Industriële processen:** Waterstof wordt gebruikt in chemische processen, zoals in raffinaderijen en de staalindustrie, waar het fossiele brandstoffen vervangt om CO_2 -emissies te verminderen.
- **Energieopslag:** Overtollige hernieuwbare energie wordt opgeslagen in de vorm van ammoniak, en de geproduceerde waterstof kan worden gebruikt om elektriciteit op te wekken wanneer de vraag hoog is.

Het kraken van ammoniak naar waterstof is een sleuteltechnologie in de wereldwijde energietransitie. Het biedt een oplossing voor de uitdagingen van waterstofopslag en transport, maakt grootschalige energieopslag en -export mogelijk, en ondersteunt de decarbonisatie van cruciale sectoren. Hoewel technische en economische uitdagingen bestaan, biedt de combinatie van ammoniak als waterstofdrager en waterstof als brandstof een veelbelovende route naar een koolstofarme toekomst.



Figuur 6.2 Voorbeeld van een NH₃ cracker AHC plant - Bron: Duiker Clean Technologies

6.2 Risico's

Het kraken van ammoniak is een specifiek proces en kent daarom andere risico's dan conventionele systemen die alleen ammoniak gebruiken. De input van de kraker bestaat uit ammoniak. Tijdens het proces in de kraker wordt deze ammoniak gekraakt en ontstaat waterstof.

Hiervoor bestaan verschillende technieken die nog volop in ontwikkeling zijn. Doorgaans wordt ammoniak gekraakt onder een verhoogde druk en temperatuur, denk aan drukken van +30 bar en temperaturen van circa 800-1200 °C. Ammoniak is in een kraker derhalve in gasvorm aanwezig. Wanneer een lek of breuk ontstaat in dit gedeelte van het systeem, kan dus gasvormige ammoniak ontsnappen. Hierdoor ontstaat dan direct een giftige wolk. Alleen zijn de hoeveelheden ammoniak die vrij kunnen komen bij een incident met de kraker beperkt wanneer dit wordt vergeleken met de transporten die plaats vinden door buisleidingen en verladingsactiviteiten.

Naast de ammoniak zit dus ook waterstof in het systeem. Waterstof is niet giftig, maar wel zeer explosief. Wanneer waterstof vrijkomt, bestaat daarom een verhoogde kans op een explosie. Waterstof is primair geen onderdeel van de scope van dit document, maar dat laat onverlet dat de sector wel aandacht heeft voor de risico's van waterstof. Voor de volledigheid is derhalve in de bijlagen info met betrekking tot de risico's van waterstof opgenomen.

De gevolgen bij een ammoniakgaslek door de kraker blijven beperkt in vergelijking met de opslag, verladings- en andere transportactiviteiten door de beperkte hoeveelheden die zich in de kraker bevinden en daarmee ook vrij kunnen komen (mits uiteraard de ammoniaktoevoerleiding naar de kraker wordt ingeblokt). Daarbij komt wel het risico op een explosie door het vrijkomen van waterstofgas. Wanneer een explosie plaatsvindt ontstaat een drukgolf, welke andere systemen in de buurt ook kan beschadigen en hierdoor nog meer incidenten kunnen plaatsvinden, dit zijn zogenaamde domino-effecten.

Domino-effect ongeval (incident)

Een domino-effect ongeval is een ongeval waarbij een primaire ongewenste gebeurtenis opeenvolgend of gelijktijdig een of meer secundaire ongewenste gebeurtenissen veroorzaakt in nabijgelegen apparatuur of faciliteiten, wat leidt tot secundaire ongevallen die ernstiger zijn dan de primaire gebeurtenis. Een ongeval met een domino-effect is dus eigenlijk een aaneenschakeling van meerdere gebeurtenissen, die kan worden vergeleken met een vallende rij dominostenen. De term domino-ongeval wordt ook gebruikt.

6.3 Veiligheidsstandaarden in de keten

Naast de eerder genoemde vereiste wet- en regelgeving voor bedrijven die omgaan met gevaarlijke stoffen, moet bij een kraker aanvullend op het gebruik van ammoniak ook worden gekeken naar de risico's van waterstof. Waterstof is een explosief gas en daarmee gelden algemene veiligheidsrichtlijnen met betrekking tot explosieve gassen.

De **NPR 7910-1** is een Nederlandse praktijkrichtlijn die aanwijzingen geeft voor het opstellen van een gevarenzone-indeling met betrekking tot gasexplosiegevaar. Deze richtlijn is gebaseerd op de internationale norm NEN-EN-IEC 60079-10-1 en biedt een praktische invulling voor het identificeren en classificeren van gebieden waar explosieve atmosferen kunnen voorkomen.

Belangrijke aspecten van NPR 7910-1:

- **Gevarenzone-indeling:** De richtlijn helpt bij het bepalen van zones waar explosieve atmosferen aanwezig kunnen zijn. Dit omvat het identificeren van de waarschijnlijkheid en duur van de aanwezigheid van een explosieve atmosfeer;
- **Explosieveiligheidsdocument (EVD):** Werkgevers zijn verplicht om een EVD op te stellen, waarin de gevarenzone-indeling en de genomen maatregelen om explosiegevaar te beheersen worden beschreven;
- **Risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E):** De richtlijn benadrukt het belang van een grondige RI&E om de risico's van explosiegevaar te identificeren en te evalueren;
- **Preventieve maatregelen:** Het minimaliseren van de kans op het ontstaan van explosieve atmosferen door bijvoorbeeld goede ventilatie en het vermijden van ontstekingsbronnen;
- **Beschermende maatregelen:** Het beperken van de gevolgen van een mogelijke explosie door bijvoorbeeld het gebruik van explosieveilige apparatuur en constructies;
- **De NPR 7910-1** biedt dus een gestructureerde aanpak om explosiegevaar te identificeren, te evalueren en te beheersen, wat bijdraagt aan een veilige werkomgeving.

Binnen de NPR 7910-1 speelt ATEX een cruciale rol. ATEX staat voor "ATmosphères EXplosibles" en omvat twee Europese richtlijnen die zich richten op de bescherming tegen explosiegevaar in omgevingen waar explosieve atmosferen kunnen voorkomen.

- ATEX-richtlijnen
 - **Atex 153:** Richt zich op de bescherming van werknemers tegen explosiegevaar. Werkgevers moeten technische en organisatorische maatregelen treffen om explosieve atmosferen te voorkomen, ontsteking te vermijden en de gevolgen van een explosie te beperken;
 - **Atex 114:** Richt zich op de apparatuur en beschermingssystemen die in explosieve atmosferen worden gebruikt;
- Gevarenzone-indeling: De NPR 7910-1 gebruikt de principes van de ATEX-richtlijnen om gevarenzones te classificeren. Dit helpt bij het identificeren van gebieden waar explosieve atmosferen kunnen ontstaan en het bepalen van de juiste veiligheidsmaatregelen.

Aanvullend bestaat ook nog het Generiek richtsnoer waterstofveiligheid, welke specifiek is toegespitst op waterstof en richtlijnen biedt voor het veilig omgaan met waterstof in de energietransitie. Deze aanvulling is terug te vinden in bijlage 1.

6.4 Evaluatie en aandachtspunten

Wanneer een kraker wordt toegevoegd aan een op- en overslagterminal, dan transformeert de terminal in feite van een op- en overslagterminal naar een procestechnologisch bedrijf. Een kraker is een grote installatie waarbinnen verschillende fysische en chemische processen plaatsvinden. Hiervoor bestaan verschillende technieken en deze zijn nog volop in ontwikkeling. Feitelijk wordt de terminal door het toevoegen van een kraker een chemisch productiebedrijf waarin ook stoffen bewerkt worden. Het beheren van een procesinstallatie is een andere tak van sport in vergelijking met uitsluitend de op- en overslag op een terminal. De terminal manager moet dus rekening houden met bijkomstige en andere verantwoordelijkheden. Er kan ook

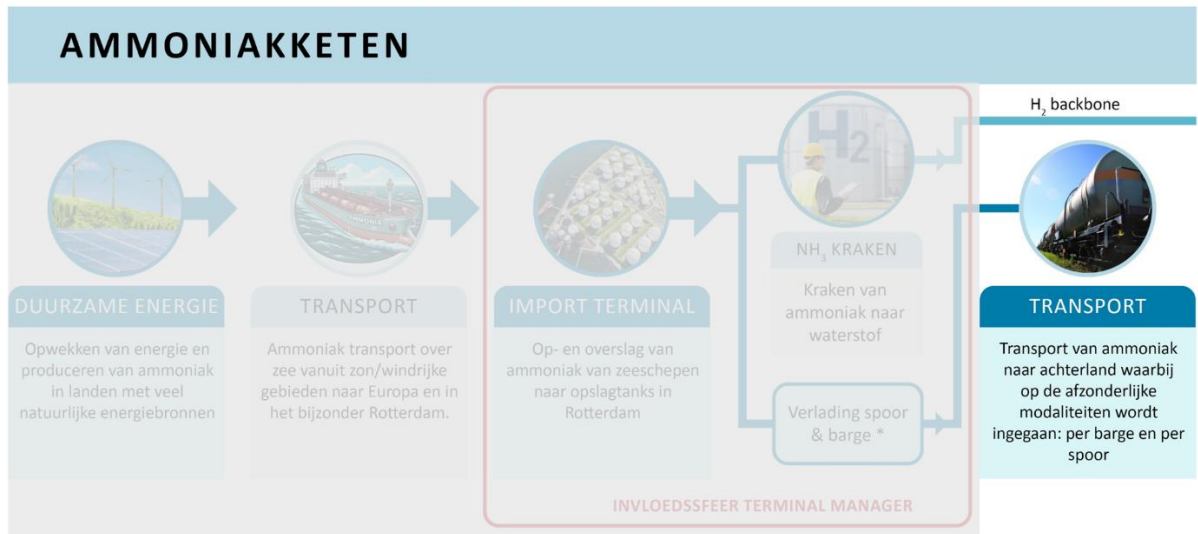
gekozen worden voor een Joint Venture waarbij de terminal samenwerkt met een in de procesindustrie gespecialiseerde partij die een kraker beheert op het terrein. Daarbij is het maken van onderlinge afspraken cruciaal.

Vanwege het feit dat het kraken van ammoniak op grote schaal nieuw is, betekent dat de technologie die wordt gebruikt ook aan innovatieve verandering onderhevig is. Hierbij komt het feit dat er bij de kraker zowel rekening moet worden gehouden met de gevaren van ammoniak (giftig) als van waterstof (explosief). Wanneer waterstof vrijkomt ontstaat dus een explosiegevaar. Een eventuele explosie in een kraker leidt mogelijk tot vrijkomen van de in de kraker aanwezige ammoniak.

6.4.1 Rol van de terminal manager

Om dit nieuwe onderdeel van de terminal goed te kunnen managen, is een verbreding van de huidige scope benodigd. Een kraker kent uiteraard andere risico's en uitdagingen dan een tankopslag, welke de terminal manager nu ook scherp moet hebben. De terminal manager moet van tevoren dus goed op de hoogte zijn van de processen die in en rondom de kraker plaatsvinden en welke risico's hiermee gepaard gaan.

7. Stap 5: Transport van ammoniak naar achterland



Figuur 7.1

7.1 Omschrijving stap in de keten

Transport van ammoniak en waterstof naar het achterland speelt een cruciale rol in de energietransitie. Elk transportmiddel – buisleiding, binnenvaartschip (ook wel barge genoemd), spoor (trein)- biedt unieke voordelen en uitdagingen. De keuze voor modaliteit hangt van diverse factoren af, zoals omvang van de transportstroom, de route en de mogelijkheden van de ontvanger van ammoniak. Ook kan een keuze gemaakt worden op welk moment in het transport de ammoniak gekraakt wordt. Direct kraken bij de importterminal zal in veel gevallen de voorkeur hebben, waarna waterstof naar de gebruikers wordt vervoerd via het bestaande aardgasnet of aanleg van een waterstofbackbone zoals in de haven van Rotterdam. Het vervoer van waterstof brengt andere risico's met zich mee dan het transport van ammoniak: zo is waterstof brandbaar en explosief en ammoniak toxisch.

In dit document wordt alleen dieper ingegaan op de modaliteiten spoor en barge, aangezien dit de verwachte transportmodaliteiten zijn vanuit de markt in de eerste fase van de ontwikkeling van de waterstofeconomie¹³. Alle modaliteiten zijn zowel vanuit technisch als juridisch oogpunt geschikt om ammoniak te vervoeren. In de Kabinetsvisie waterstofdragers (november 2024) wordt overigens als voorkeur transport via buisleiding en binnenvaart benoemd, met -zolang alternatieven ontbreken- ook ruimte voor spoor en weg. Vanuit de op- en overslagterminals wordt transport via weg niet als geschikte modaliteit gezien, vanwege de grote volumestromen. Bovendien zijn op dit moment nog geen buisleidingen beschikbaar waarmee ammoniak kan worden getransporteerd. Aangezien het aanleggen van een grootschalig buisleidingennetwerk niet van de een op de andere dag gerealiseerd is, blijven voor de grote volumes dus alleen de modaliteiten spoor en binnenvaart over.

In onderstaande modaliteiten wordt ingezoomd op transport in de vorm van ammoniak. De vergelijking met waterstof is als extra toegevoegd in bijlage 2.

Barge / binnenvaart

Voordelen: Het transport van ammoniak per barge/binnenvaart is een efficiënte en relatief kosteneffectieve manier om grote hoeveelheden ammoniak door rivieren en kanalen te vervoeren. Binnenvaartschepen hebben vaak een groot laadvermogen, wat betekent dat ze in staat zijn aanzienlijke hoeveelheden ammoniak in één keer te vervoeren. Dit is vooral belangrijk voor grote ammoniakterminals en industriële clusters.

¹³ Gezien de te verwachten volumes is grootschalig transport via de weg niet aan de orde.

Uitdagingen: Het vervoer per binnenvaartschip is afhankelijk van de waterstand, wat de capaciteit en snelheid van het transport kan beïnvloeden. Daarnaast is de overslag tussen schepen en havens operationeel uitdagender dan overslag naar trein.

Tot dusver vindt met name transport van warme ammoniak per barge plaats. Er wordt echter gewerkt aan transport van koude ammoniak per barge. Dit levert als voordeel dat de risico's (of beter gezegd de effecten bij een onverhoopt incident) aanzienlijk kleiner zijn. Bij een lekkage zal een deel van de ammoniak direct oplossen in water, terwijl het resterende deel zich over het water verspreidt door de stroming en de wind en verdampt of alsnog oplost.

Spoor

Voordelen: Spoorvervoer is een flexibele optie voor het transport van ammoniak over land naar het achterland, spoorwagens zijn vooral geschikt voor middelgrote afstanden. In het algemeen wordt vervoer per spoor gezien als een veilige optie, de veiligheidsstandaarden (zeker in Nederland) zijn hoog. Ammoniaktransport per spoor vindt plaats met gespecialiseerde tankwagens die bestand zijn tegen de chemische eigenschappen van ammoniak, met een grotere wanddikte waardoor betere bestand tegen impact van buitenaf.

Uitdagingen: Spoortransport is gevoeliger voor verstoringen, zoals vertragingen of beperkingen in capaciteit, afhankelijk van het spoorwegnetwerk en beschikbare routes. Daarnaast wordt door overheden in Nederland als groot nadeel gezien dat spoorvervoer door de binnensteden gaat.

Overzicht modaliteiten

In onderstaande tabel worden alle transportmiddelen met voordelen en uitdagingen weergegeven:

Tabel 7.1 Transportmiddelen met voordelen en uitdagingen

Modaliteit	Capaciteit	Kosten	Snelheid	Flexibiliteit	Veiligheidsrisico's
Barge	Hoog	Gemiddeld	Matig	Flexibel langs waterwegen	Kans op incident zeer klein, maar potentieel grote effecten bij lekkage (grote calamiteit met gifwolk, lokaal vervuiling van rivierwater met flora/fauna sterfte tot gevolg)
Spoor	Gemiddeld	Gemiddeld	Matig	Flexibel voor landtransport	Kans op incident zeer klein, uitstroom kleiner dan bij barge, transport doorgaans door binnensteden

Het transport van ammoniak en waterstof naar het achterland vereist waarschijnlijk een mix van verschillende modaliteiten, afhankelijk van de afstand, beschikbare infrastructuur, en veiligheidsbehoeften. Barges zijn het meest geschikt voor grootschalig transport over lange afstanden, terwijl spoorvervoer flexibeler is voor regionale distributie.

De keuze van het transportmiddel zal worden bepaald door economische, technische en veiligheidsoverwegingen, evenals de beschikbaarheid van infrastructuur in specifieke regio's. Dergelijke keuzes worden nu door individuele bedrijven en lokale overheden gemaakt, echter vanuit zowel veiligheids- als efficiëntie perspectief zou sturing vanuit de Nederlandse overheid door het opstellen van landelijk vervoersbeleid voor het transport van ammoniak van havens tot aan de Duitse grens de voorkeur hebben.

7.2 Risico's

Voor het kiezen van een modaliteit spelen vele aspecten een rol: bereikbaarheid, afstand, kosten, omvang te transporteren hoeveelheden etc. Veiligheid is dus een belangrijk aspect, maar niet het enige aspect dat aan de orde is voor het maken van een afgewogen keuze. Daarnaast is het goed te vermelden dat iedere modaliteit hoge veiligheidsstandaarden kent, en een bijbehorende set wet- en regelgeving om de risico's zoveel mogelijk te mitigeren en te reduceren.

In dit onderzoek is alleen ingegaan op het veiligheidsaspect bij het maken van een keuze.

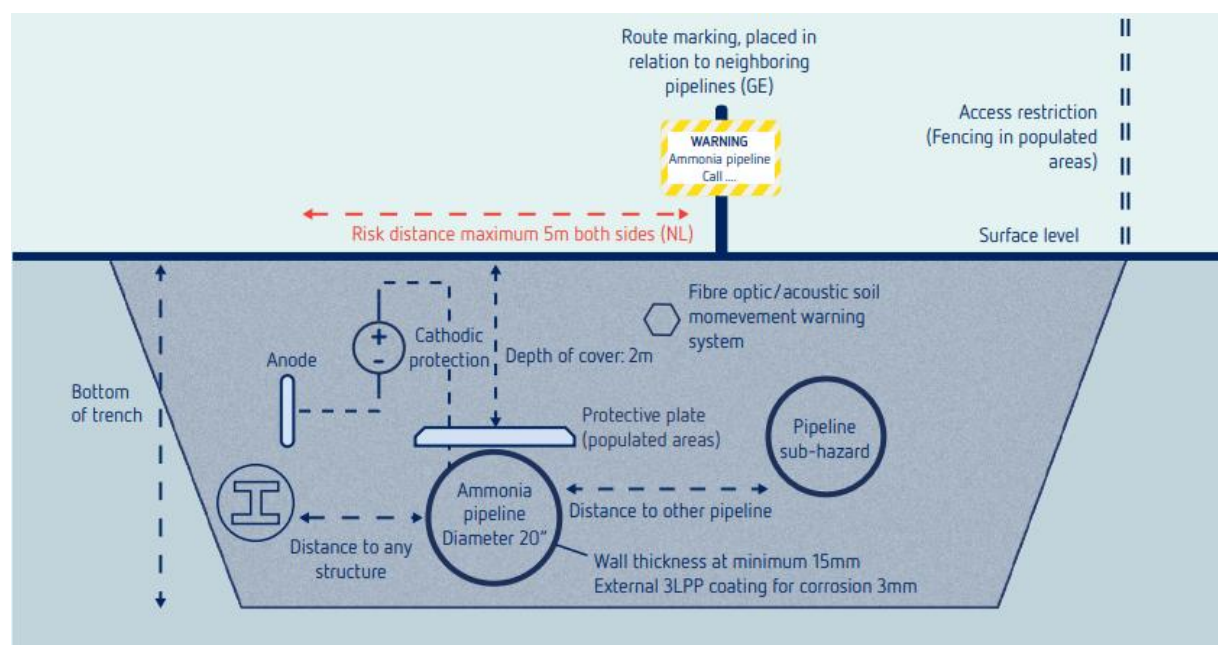
Elke modaliteit kent zijn eigen risico's. De risico's zijn hieronder per modaliteit uiteengezet. De volgorde van behandeling geeft ook de voorkeur van modaliteitskeuze aan van de Nederlandse overheid

Buisleiding

De kans op een incident is zeer klein. In geval van kleinere ongevallen beperken de effecten zich vooral tot de bodem en natuur. Voor grotere scenario's moet worden gedacht aan een leidingbreuk: dit kan door de grote volumes (naarmate de leiding=diameter toeneemt, neemt ook het uitgestroomde volume toe) leiden tot een zeer groot effect met een langere tijdsduur. In de PGS12 wordt voorgeschreven dat de afstand tussen afsluiters zo gekozen moet worden dat maximaal 50 ton kan uitstromen¹⁴.

Vanuit overheid is transport via buisleiding de voorkeursmodaliteit vanwege de lage ongevalskans. Een buisleiding bevindt zich met name onder de grond en is een statisch object. Hierdoor kunnen eenvoudiger veiligheidssystemen worden ingebouwd om uitstroming bij een incident te verkleinen. Bij de keuze voor het traject van de buisleiding kunnen dicht bevolkte gebieden optimaal worden vermeden. Het duurt echter nog vele jaren voordat een buisleiding is aangelegd.

Vooruitlopend op een eventuele aanleg van een pijpleiding zijn er recente studies (onder door Antea Group (zie voetnoot 14) en ISPT¹⁵) uitgevoerd over de eisen waar een buisleiding voor ammoniak aan zou moeten voldoen. Onder andere schetsen zij in dit onderzoek een voorkeur voor de constructie van een buisleiding tracé (zie figuur 7.2).



Figuur 7.2 Voorbeeld voor een veilig tracé voor een buisleiding voor transport van ammoniak (zie voetnoot 15)

Merk op dat men in Duitsland juist de voorkeur geeft voor transport via barge of trein: daar wordt het kortdurende passeren van barge of trein als minder risicovol gezien dan een ondergrondse buisleiding, met potentieel groot effect bij een Loss of Containment na een incident (bijvoorbeeld schade na graafwerkzaamheden).

Binnenvaart

Dit wordt momenteel gezien als de meest veilige optie voor het transport van ammoniak. Gaat via waterwegen, komt nog steeds relatief vaak langs bewoond gebied wat ongunstig is. Een bijkomend voordeel van transport via binnenvaart, is dat de ammoniak ook koud kan worden getransporteerd. Het transport van koude ammoniak brengt een kleiner risico met zich mee in vergelijking met warme ammoniak.

Spoor

¹⁴ Ammoniak buisleidingen, Antea Group i.o.v. ministerie Infrastructuur & waterstaat, 31 maart 2025

¹⁵ Institute for Sustainable Process Technology (ISPT): 2025-ISPT-Ammonia-Pipeline-report_versie-2.0.pdf

Minder risicovol dan wegtransport want het betreft een verkeersgeleid systeem. Het spoor gaat wel door binnensteden, waardoor bij een incident sprake kan zijn van een potentieel groot effect; voorkeursroute is de Havenspoorlijn-Betuweroute, dit zijn dedicated goederenroutes welke niet door binnensteden gaan, echter het 'level playing field' met andere havens dan Rotterdam moet ook meegewogen worden. Tot op heden heeft in Nederland geen groot incident met uitstroom van gevaarlijke stoffen tijdens transport over het spoor plaatsgevonden, wel heeft eenmalig tijdens rangeeractiviteiten (heuvelproces) een groot incident met uitstroom van een brandbare stof plaatsgevonden (Ethanolbrand Kijfhoek, 2011). In het buitenland zijn wel incidenten bekend, zoals in buurland België (Wetteren, 2013) of Servië (2022). Alhoewel het doorgaans niet om situaties gaat die vergelijkbaar zijn met de Nederlandse situatie, laten dergelijke ongevallen wel zien dat veiligheid een belangrijk aandachtspunt blijft.

7.3 Welke regelgeving is momenteel actueel en beschikbaar voor de veiligheidsketen van ammoniak?

In Nederland gelden voor spoor en binnenvaart de volgende wettelijke vereisten voor vervoer van gevaarlijke stoffen, waaronder ammoniak:

Algemeen

- **Wet vervoer gevaarlijke stoffen (Wvgs):** Deze wet heeft als doel de veiligheid van mensen en dieren te garanderen bij het transport van gevaarlijke stoffen over de weg, het spoor en over binnenwateren. Ongevallen met transport van gevaarlijke stoffen moet gemeld worden bij de ILT.
- **Besluit vervoer gevaarlijke stoffen (Bvgs):** Het Bvgs bepaalt dat het vervoer van gevaarlijke stoffen moet voldoen aan de internationale regelgeving voor de verschillende modaliteiten. Voor transport over land geldt het ADR, voor binnenwateren het ADN, en voor spoorvervoer het RID.
- **Basisnet en Regeling basisnet (Rb):** Deze regeling bepaalt de risicoplafonds langs transportroutes en stelt regels voor ruimtelijke ontwikkelingen langs deze routes. De Wet basisnet is wel in ontwikkeling. Recent is in een Kamerbrief voorgesteld het Basisnet ingrijpend te wijzigen (Robuust Basisnet¹⁶).

Spoor

- **Regeling vervoer over de spoorwegen van gevaarlijke stoffen (Vsg):** De Vsg stelt specifieke voorschriften vast voor het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor in Nederland.
- **RID (Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses (RID)):** Het RID is Europese regelgeving voor het transport van gevaarlijke stoffen per spoor en stelt eisen, criteria en procedures vast voor de gevaarsindeling van gevaarlijke goederen, vervoersvoorwaarden, verpakkingen, tanks, etikettering en documentatie.

Binnenvaart

- **Europese overeenkomst voor het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de binnenwateren (ADN):** Het ADN bevat alle eisen waaraan het transport van gevaarlijke stoffen moet voldoen, zoals veiligheidsvoorschriften, verpakkingsnormen en etikettering.

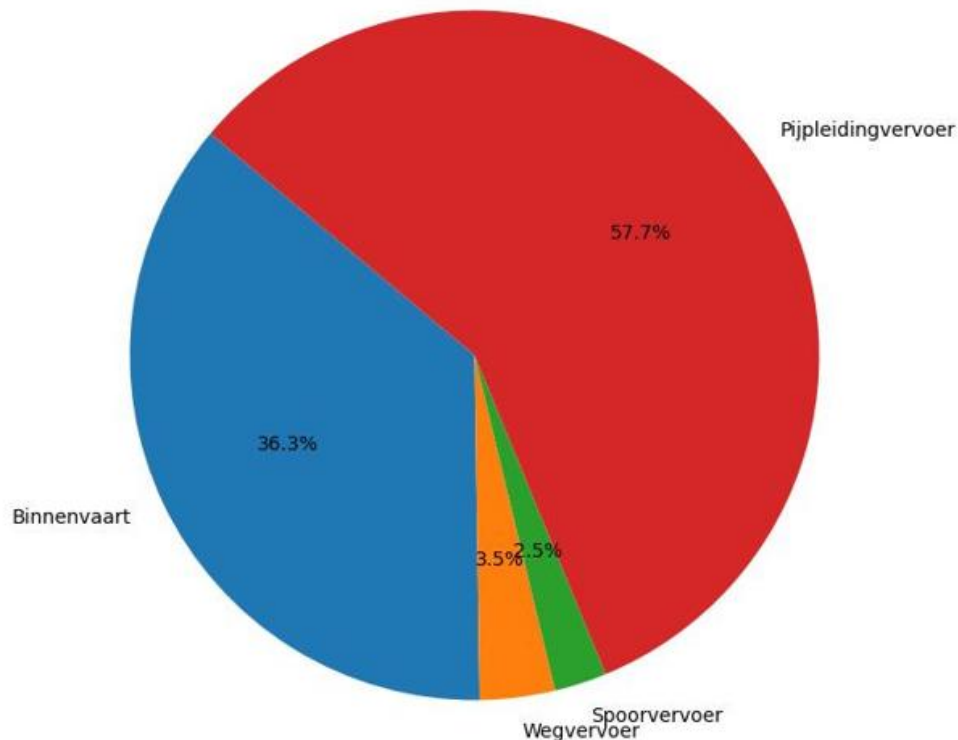
7.4 Evaluatie en aandachtspunten

De hierboven beschreven voorkeur van vervoerswijze, benadrukt het feit dat maatwerk in de risicoafweging per modaliteit en volume in het begin zeer belangrijk is om de veiligheid te waarborgen. Daarbij is het goed te realiseren dat de keuze van modaliteit ook afhangt van vele andere factoren, waarbij de beschikbaarheid van een modaliteit en de kosten ook belangrijke factoren zijn.

In onderstaande afbeelding is af te leiden dat momenteel het meeste transport van gevaarlijke stoffen in het algemeen via pijpleiding en binnenvaart is, daarna volgt transport via de weg en een zeer beperkt aandeel gaat via spoor.

¹⁶ Kamerbrief over Robuust Basisnet en veiligheid spoorwegemplacements | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl

Vervoer van gevaarlijke stoffen naar vervoerswijze (2023)



Figuur 7.3 Vervoer van gevaarlijke stoffen naar vervoerswijze, Bron CBS

Transport via buisleidingen wordt momenteel door met name overheden als preferente modaliteit gezien. Belangrijke afweging hierin is dat de buisleidingen niet door binnensteden lopen en dat er minimale kans op impact is. Echter, de volumes zijn groot, een incident kan daarom tot grote effecten leiden. Momenteel zijn buisleidingen voor ammoniak niet aanwezig: de aanleg van een buisleiding is zeer kostbaar en betreft een langdurig traject. De verwachting is dan ook dat de komende 10-20 jaar er geen buisleiding beschikbaar zal zijn voor het transport van ammoniak.

Aandachtspunten voor het transport in relatie tot de energietransitie:

- Transport van ammoniak is niet nieuw: het wordt al tientallen jaren gedaan en in Nederland heeft zich nog nooit een incident waarbij sprake is van het vrijkomen van ammoniak voorgedaan. Echter omdat de volumes die getransporteerd gaan worden ten behoeve van de energietransitie fors zullen toenemen en ammoniak giftig is en een potentieel groot effectgebied heeft bij vrijkomen, moet er per modaliteit en per route een goede risicoafweging worden gemaakt. Er is nog geen buisleiding voor ammoniak, de preferente modaliteit vanuit de overheid gezien is transport via barge, en als dit echt niet mogelijk is transport via spoor. Klanten willen echter vaak leveringszekerheid: zo zal om die reden in gevallen toch worden gekozen voor barge én spoor, of barge én kraker, of een combinatie van én kraker, barge en spoor. Dit zal goed gemotiveerd moeten worden aan de omgeving
- Gebruik van ammoniak als brandstof, waardoor ook transporten van niet-gevaarlijke goederen een kans op een incident met vrijkomen van gevaarlijke stoffen kan hebben.
- Samenwerking in geval van een incident: in industriële havengebieden is er veel parate kennis beschikbaar. Zo beschikken in de eerste plaats de bedrijven zelf over gedegen kennis. Daarnaast is er geoefende hulpverlening aanwezig: zo beschikt het Rotterdams havengebied over de Gezamenlijke Brandweer, deze heeft diverse posten in de Rotterdamse haven en is een goed geoefende en getrainde organisatie. Dit is in andere delen van het land niet altijd het geval: hier is vaak sprake van een vrijwillige brandweer die nagenoeg geen ervaring heeft met incidenten met grootschalige uitstroom van gevaarlijke stoffen. De Gezamenlijke Brandweer kent de specifieke kennis ten aanzien van het bestrijden van ammoniak incidenten. Deze kennis moet gedeeld

worden naar alle brandweerkorpsen/ hulpverleners. Handelingsperspectief voor omwonenden: een transportincident kan op vele plekken plaatsvinden. Het is van belang vooraf goed na te denken over hoe de bevolking tijdig gealarmeerd krijgt en welke instructies gegeven kunnen worden.

- Als laatste aandachtspunt wordt de samenhang in de keten – of beter het gemis hiervan- ten tijde van een incident genoemd. De keten bestaat zogezegd uit losse schakels: na vertrek van een lading van de terminal is de lading ook geheel uit zicht van de terminal. Eén van de suggesties is om de hulpverlening als oefening Serious Gaming met een ammoniakincident te doen om eventuele knelpunten te herkennen en te bespreken.

7.5 Rol van de terminal manager

De terminal manager dient het laadproces en de transportunits te (laten) controleren voordat de barge/ketelwagon de terminal verlaat:

- Belangrijk aspect bij ammoniakverlading voor spoor en binnenvaart is dat dit momenteel als warme ammoniak geschiedt, waarbij de aanwezigheid van zuurstof in de gasfase als corrosie initiator werkt en er risico voor Stress Corosion cracking ontstaat (SCC).
- Voorkomen van druppellekkages: deze zijn weliswaar niet het echte externe veiligheid probleem maar dit wordt wel gezien als een onzorgvuldigheid van de terminal.

Formeel heeft de terminal manager geen verantwoordelijkheid meer voor het transport zodra dit het terrein verlaten heeft. De Adviseur Gevaarlijke Stoffen van de betreffende Veiligheidsregio heeft de expertise om advies te geven over een ammoniak incident tijdens het transport door Nederland. Ook de documenten van de ammoniak (Material Safety Data Sheets) geven daarover informatie.

Bijlage 1 Waterstof (H₂)

Het ketendocument richt zich op ammoniak. Bij het kraken van ammoniak komt waterstof vrij, deze stof kent ook haar eigen veiligheidsrisico's. In deze bijlage wordt hier kort op ingegaan:

Generiek richtsnoer waterstofveiligheid

Het richtsnoer is bedoeld om de veiligheidsrisico's van waterstof te beheersen en te minimaliseren, vooral in nieuwe toepassingen waar nog geen specifieke wet- en regelgeving voor bestaat. Het richtsnoer geeft richtlijnen op het gebied van:

- Risicobeoordeling en -beheer
 - Het richtsnoer beschrijft methoden voor het identificeren en beoordelen van veiligheidsrisico's die gepaard gaan met het gebruik van waterstof;
 - Aanvullende voorschriften voor risicoreductie worden gegeven om de kans op incidenten te minimaliseren;
- Conformiteit en naleving
 - Het richtsnoer geeft aan hoe bedrijven kunnen aantonen dat ze voldoen aan de gestelde veiligheidsnormen en voorschriften;
 - Er wordt aandacht besteed aan het omgaan met onzekerheden bij het gebruik van waterstof;
- Monitoring en evaluatie
 - Het richtsnoer benadrukt het belang van continue monitoring en evaluatie van waterstofprojecten om de veiligheid te waarborgen;
 - Er worden richtlijnen gegeven voor het onderzoeken van incidenten en het leren van deze gebeurtenissen om toekomstige risico's te verminderen;
- Communicatie en toezicht
 - Het richtsnoer bevat aanbevelingen voor effectieve communicatie over veiligheidsrisico's met alle betrokken partijen;
 - Er worden kaders gegeven voor toezicht en handhaving om ervoor te zorgen dat de veiligheidsmaatregelen worden nageleefd.

De richtlijnen zijn bedoeld om een veilige en verantwoorde integratie van waterstof in de energietransitie te ondersteunen.

Bijlage 2 Transport waterstof naar achterland

Transport van waterstof naar het achterland speelt een cruciale rol in de energietransitie. Elk transportmiddel – buisleiding, binnenvaartschip (ook wel genoemd barge), spoor (trein) en weg (vrachtwagen) – biedt unieke voordelen en uitdagingen. De keuze voor modaliteit hangt van diverse factoren af, zoals omvang van de transportstroom, de route en de mogelijkheden van de ontvanger van ammoniak (zo is binnenvaart heel veilig maar is weer minder vertakt als bijvoorbeeld per spoor).

In onderstaande modaliteiten wordt ingezoomd op transport in de vorm van waterstof.

Buisleiding

Voordelen: Waterstofbuisleidingen zijn aantrekkelijk voor grootschalig transport, vooral voor industriële clusters en energieopslag. Het gebruik van buisleidingen voor waterstof kan relatief efficiënt zijn, omdat ze een constante stroom kunnen leveren zonder dat er veel energie nodig is voor transport.

Uitdagingen: Het transport van waterstof via buisleidingen vereist speciale materialen en technologieën. Waterstof is zeer klein qua moleculen en kan lekken door materialen die bijvoorbeeld geschikt zijn voor aardgas. Bovendien kan waterstof ook de metalen structuren van buisleidingen bros maken (waterstofbrosheid). Er bestaan enkele waterstofbuisleidingen, zoals het Europese "Hydrogen Backbone"-project, maar grootschalige infrastructuur moet nog verder ontwikkeld worden.

Barge / binnenvaart

Voordelen: Hoewel het minder gebruikelijk is om waterstof direct per barge te transporteren, kan het in vloeibare vorm (LH₂) of in gecomprimeerde vorm in speciale containers worden vervoerd. Binnenvaartschepen kunnen ook waterstof afgeleide producten, zoals ammoniak of vloeibare organische waterstofdragers (LOHCs), vervoeren.

Uitdagingen: Het vervoer van pure waterstof per barge is ingewikkeld vanwege de lage energiedichtheid en de noodzaak van cryogene condities (zeer lage temperaturen voor vloeibare waterstof). Daarnaast zijn er momenteel minder/geen binnenvaartschepen en infrastructuur beschikbaar die specifiek zijn ontworpen voor het vervoer van waterstof.

Spoor

Voordelen: Net als bij ammoniak kan waterstof in vloeibare of samengeperste vorm per trein worden vervoerd, vaak in speciale cryogene tankwagens voor vloeibare waterstof. Het spoor biedt schaalvoordelen, vooral voor lange afstanden naar het achterland.

Uitdagingen: Het vervoeren van pure waterstof via spoorwegen vereist gespecialiseerde wagens en extra veiligheidsprotocollen vanwege de lage energiedichtheid van waterstof en de mogelijke risico's van lekkage. Net als bij andere transportmiddelen is spoorvervoer relatief traag in vergelijking met buisleidingen. Daarnaast moet de opmerking geplaatst worden dat het vervoer door de binnensteden gaat.

Weg

Voordelen: Waterstof kan worden getransporteerd in speciale tankwagens onder hoge druk (gecomprimeerde waterstof) of in cryogene vorm (vloeibare waterstof). Dit maakt vrachtwagens een flexibele optie voor kortere afstanden en voor de levering aan specifieke klanten, zoals waterstoftankstations of industriële faciliteiten.

Uitdagingen: Net als bij ammoniak is vrachtovervoer van waterstof beperkt in schaal en capaciteit. Gecomprimeerde waterstof neemt meer ruimte in beslag, wat betekent dat vrachtwagens relatief kleine hoeveelheden waterstof kunnen vervoeren. Daarnaast vereist vloeibare waterstof zeer lage temperaturen, wat speciale vrachtwagens en isolatietechnieken vereist.

Over Antea Group

Antea Group is het thuis van 1800 trotse ingenieurs en adviseurs. Samen bouwen wij elke dag aan een veilige, gezonde en toekomstbestendige leefomgeving. Je vindt bij ons de allerbeste vakspecialisten van Nederland, maar ook innovatieve oplossingen op het gebied van data, sensing en IT. Hiermee dragen wij bij aan de ontwikkeling van infra, woonwijken of waterwerken. Maar ook aan vraagstukken rondom klimaatadaptatie, energietransitie en de vervangingsopgave. Van onderzoek tot ontwerp, van realisatie tot beheer: voor elke opgave brengen wij de juiste kennis aan tafel. Wij denken kritisch mee en altijd vanuit de mindset om samen voor het beste resultaat te gaan. Op deze manier anticiperen wij op de vragen van vandaag en de oplossingen voor morgen. Al 70 jaar.

Contactgegevens

Rivium Westlaan 72
2909 LD Capelle aan den IJssel
Postbus 8590
3009 AN Rotterdam

Copyright ©

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.

De informatie die in dit rapport is opgenomen is uitsluitend bestemd voor geadresseerde(n) en kan persoonlijke of vertrouwelijke informatie bevatten. Gebruik van deze informatie, door anderen dan de geadresseerde(n) en gebruik door hen die niet gerechtigd zijn van deze informatie kennis te nemen, is niet toegestaan. De informatie is uitsluitend bestemd om te worden gebruikt door de geadresseerde, voor het doel waarvoor dit rapport is vervaardigd. Indien u niet de geadresseerde bent of niet gerechtigd bent tot kennisneming, is openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden niet toegestaan, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group en wordt u verzocht de gegevens te verwijderen en direct een melding te maken bij security@antegroup.nl. Derden, zij die niet geadresseerd zijn, kunnen geen rechten aan dit rapport ontleen, tenzij na schriftelijke toestemming door Antea Group.

www.anteagroup.nl