

Lessen uit de bestrijding van ammoniakincidenten



Nederlandse Academie voor
Crisisbeheersing en Brandweezorg
Postbus 7010
6801 HA Arnhem
Kemperbergerweg 783, Arnhem
www.nipv.nl
info@nipv.nl
026 355 24 00

Colofon

© Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), 2025

Auteurs M. Spoelstra, J. Reinders

Contactpersoon M. Spoelstra

Datum 5 november 2025

Foto cover Jochem van de Graaff, H2K

Wij hechten veel belang aan kennisdeling. Delen uit deze publicatie mogen dan ook worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding.

Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid is bij wet vastgelegd onder de naam Instituut Fysieke Veiligheid.

Samenvatting

Door de opkomst van ammoniak als waterstofdrager in de energietransitie neemt de aandacht voor het bestrijden van grote ammoniakincidenten toe (lekkage van meer dan 500 kg). Het Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV) onderzocht welke inzetacties en technieken gebruikt zijn bij ammoniakincidenten en welke lessen hieruit geleerd kunnen worden. Hiertoe hebben we literatuuronderzoek gedaan, databases met incidentrapportages geraadpleegd en experts op het gebied van incidentbestrijding geïnterviewd. Ook hebben we gekeken naar algemene informatie over ammoniakincidenten, omdat deze informatie context geeft, bijvoorbeeld over aard en omvang van ammoniakincidenten.

Op basis van *literatuur* over ammoniakincidenten zijn de volgende lessen te leren:

- > De meeste ammoniakincidenten doen zich voor in koelsystemen in de voedingsindustrie.
- > Bij ammoniakincidenten in de voedingsindustrie komt meestal minder dan 500 kg ammoniak vrij (klein incident). In andere sectoren kan dit aanmerkelijk meer zijn.
- > De belangrijkste oorzaken van het vrijkomen van ammoniak zijn falen van apparatuur en menselijk falen.
- > Een brand en/of een explosie van ammoniak komt zelden voor.
- > Bij ammoniakincidenten vallen verhoudingsgewijs meer gewonden dan bij incidenten met andere gevaarlijke stoffen.
- > De meeste mensen die gewond raken door ammoniak, zijn werknemers.
- > Het aantal mensen dat bij ammoniakincidenten overlijdt, is vaak kleiner dan op basis van modelberekeningen verwacht wordt.

In incidentrapportages in *databases* wordt nauwelijks aandacht besteed aan de inzet van de brandweer. Op basis van de beperkte beschrijvingen van ammoniakincidenten in databases zijn de volgende lessen over de inzet van de brandweer hierbij te leren:

- > De meestgebruikte repressieve maatregelen zijn stoppen van de toevoer van ammoniak, het gebruik van waterschermen, schuilen en evacueren.
- > Waterschermen worden om uiteenlopende redenen ingezet (tegenhouden, verdrijven, verdunnen, neerslaan).
- > Evacuatie komt vaker voor dan schuilen.

Op basis van de informatie die *experts* gaven in de interviews, kunnen de volgende lessen geleerd worden:

- > De opvattingen van de experts over de repressieve inzet bij grote ammoniaklekkages lopen uiteen. Waar sommigen een offensieve aanpak voor ogen hebben met bronbestrijding in gaspakken en met waterschermen, neigen anderen naar een defensieve aanpak waarbij de nadruk ligt op effectbeperking. De defensieve aanpak is ingegeven door recente inzichten over de effectiviteit van waterschermen.
- > De brandweer is momenteel onvoldoende voorbereid op grootschalige ammoniak-incidenten, terwijl een toename van ammoniaktransport wordt verwacht.

- > Bedrijfsbrandweren hebben meer ervaring met ammoniak dan gemeentelijke brandweren en hebben daardoor meer kennis en expertise opgebouwd. Bij kleine incidenten bij koelinstallaties kan de installateur van de installatie de gemeentelijke brandweer van kennis voorzien. Bij grote incidenten kunnen specialisten van bijvoorbeeld de Gezamenlijke Brandweer of Sitech in Geleen kennis over incidentbestrijding inbrengen.
- > Er is behoefte aan handelingsperspectieven, aan onderbouwde en beproefde inzettechnieken, aan locaties om te oefenen, aan locaties om praktijkonderzoek te doen en aan landelijke richtlijnen over brandweerinzetten bij grote ammoniakincidenten.

Inhoud

	Samenvatting	3
	Inleiding	7
1	Ammoniak	10
1.1	Eigenschappen en aggregatietoestand	10
1.2	Gedrag bij vrijkomen	11
2	Lessons learned ammoniakincidenten	12
2.1	Lessons learned algemeen	12
2.2	Lessons learned over de inzet van de brandweer	15
2.3	Conclusies	20
3	Resultaten interviews	21
3.1	IBGS	21
3.2	Veiligheidsregio Zeeland	21
3.3	Yara	22
3.4	Gezamenlijke Brandweer	23
3.5	H2K	24
3.6	Conclusies	24
	Literatuurlijst	26
	Bijlage 1 Overzicht databases	29
	Bijlage 2 Interview IBGS	32
	Bijlage 3 Interview VR Zeeland	33
	Bijlage 4 Interview Yara	35
	Bijlage 5 Interview Gezamenlijke Brandweer	37
	Bijlage 6 Interview H2K	39

Afkortingen

AGS	Adviseur Gevaarlijke Stoffen
AIChE	American Institute of Chemical Engineers
ARIA	Analysis, Research and Information on Accidents
BARPI	Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollutions
CBS	Chemical Safety Board
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CIAT	Centre for Investigation and Analysis of Transport
CO ₂	Kooldioxide
CoPi	Commando Plaats Incident
CPCD	Coalition to Prevent Chemical Disasters
FACTS	Failure and Accidents Technical information System
GB	Gezamenlijke Brandweer
GRIP	Gecoördineerde Regionale Incidentbestrijdingsprocedure
HSE	Health and Safety Executive
HOvD	Hoofdofficier van Dienst
HSEES	Hazardous Substances Emergency Events Surveillance
IBGS	Incidentbestrijding Gevaarlijke Stoffen
IFV	Instituut Fysieke Veiligheid (nu NIPV)
IenW	Infrastructuur en Waterstaat
KSS	Kappetijn Safety Specialists
LPG	Liquefied Petroleum Gas
NIPV	Nederlands Instituut Publieke Veiligheid
NH ₃	Ammoniak
NRC	National Response Center
NTSB	National Transportation Safety Board
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PGS	Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen
PHMSA	Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration
TS	Tankautospuut
VRZ	Veiligheidsregio Zeeland

Inleiding

Waterstof is een belangrijke stof voor de energietransitie. Het is een alternatief voor aardgas en geeft bij verbranding geen CO₂. Daarnaast kan met waterstof duurzaam opgewekte energie relatief eenvoudig worden opgeslagen en vervoerd. Het nadeel van waterstof is dat de dichtheid bij omgevingstemperatuur zeer laag is: een kubieke meter waterstof weegt ongeveer 90 gram. Dit maakt de opslag en transport van grote hoeveelheden waterstof weinig rendabel, omdat zeer hoge drukken (voor gasvormig waterstof) of zeer lage temperaturen (voor vloeibare waterstof) nodig zijn. Daarom wordt vaak gebruikt gemaakt van waterstofdragers. Dat zijn stoffen die waterstof kunnen opnemen en kunnen afstaan.

Ammoniak (NH₃) is een bekende waterstofdrager; de stof bevat relatief veel waterstof (18 massaprocent) en is in vergelijking met waterstof eenvoudig te vervoeren en op te slaan. De chemische industrie heeft decennialang ervaring met ammoniak, omdat ammoniak een grondstof is voor de productie van kunstmest en andere chemicaliën. Ammoniak heeft als nadeel dat het giftig is en dat het ontleed ('gekraakt') moet worden om de gebonden waterstofatomen om te zetten naar waterstofmoleculen.

Vanwege de giftigheid van ammoniak zijn in het verleden in Nederland convenanten met producenten afgesloten om bulktransport van ammoniak over water en spoor te verminderen (Antea Group, 2021; IenW, 2023). Risico's worden hiermee kleiner, maar een incident met ammoniak kan nooit uitgesloten worden. Bij grote ammoniakincidenten is de vraag welke handelingsperspectieven zinvol zijn, zowel voor hulpverleners ter plaatse als voor de mensen in het effectgebied (KGG, 2024).¹ Gezien de verwachte ontwikkelingen op het gebied van grootschalig opslag, transport en verlading van ammoniak, is het noodzakelijk te weten wat de brandweer in Nederland kan leren van incidenten die zich in het verleden hebben voorgedaan.

Doel onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de manier waarop de brandweer in het verleden repressief heeft ingezet bij ammoniakincidenten en wat hiervan geleerd kan worden met het oog op mogelijke inzetten van de brandweer bij grote ammoniakincidenten.

Onderzoeksvragen

- > Welke inzet tactieken en -technieken zijn in het verleden toegepast door de brandweer bij ammoniakincidenten?
- > Welke lessen voor toekomstige brandweerinzet kunnen worden getrokken uit incidentanalyses (literatuur en databases) en uit praktijkervaringen?

¹ In dit rapport wordt onder een 'groot' ammoniakincident een incident verstaan waarbij meer dan 500 kg ammoniak is vrijgekomen. Zie ook paragraaf 2.1

Aanpak

Op diverse manieren is informatie verzameld over incidenten met ammoniak en over de inzet van de brandweer hierbij.

Literatuur

- > Het startpunt voor literatuuronderzoek is een overzicht van grote ammoniakincidenten die zich wereldwijd de afgelopen 60 jaar hebben voorgedaan.² Het overzicht is in 2024 opgesteld door de Health and Safety Executive (HSE) en bevat verwijzingen naar brondocumenten en databases (Gant et al., 2024). In deze brondocumenten is gezocht naar informatie over de inzet van de brandweer.
- > Met behulp van deskresearch (Google, Science Direct en CoPilot) is verder gezocht naar ammoniakincidenten met zoektermen als AMMONIA, INCIDENTS, ACCIDENTS, RELEASE, LEAKAGE, FIRST RESPONSE en combinaties van deze woorden. De meeste literatuur die voor dit onderzoek is gebruikt, hebben we echter de afgelopen jaren zelf verzameld wanneer wij dat tegenkwamen in andere onderzoeken op het gebied van ammoniak en waterstofdragers.
- > Via de referenties in geraadpleegde literatuur is aanvullende literatuur gevonden (sneeuwbalmethode).

Databases

Onderstaande databases met beschrijvingen van incidenten met gevaarlijke stoffen zijn geraadpleegd om informatie te vinden over ammoniakincidenten. Bijlage 1 geeft informatie over deze databases en geeft aan in hoeverre zij waarde hadden voor dit onderzoek.

- > Ammonia unfälle (Kern, 2025);
- > AIChE (American Institute of Chemical Engineers) (AIChE, 2025);
- > ARIA (Analysis, Research and Information on Accidents) (BARPI, 1995);
- > CBS (Chemical Safety Board) (CSB, 2025);
- > Chemical incident tracker (CPCD, 2025);
- > e-MARS (Major Accident Reporting System) (JRC, 2025);
- > FACTS (Failure and Accidents Technical Information System) (Beek, 2020);
- > HSEES (Hazardous Substances Emergency Events Surveillance);
- > NRC (National Response Center);
- > OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (;
- > PHMSA (Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration).

Interviews

De volgende personen zijn geïnterviewd omdat zij kennis over ammoniak hebben en/of omdat zij adviseur gevaarlijke stoffen (AGS) zijn en tijdens een incident met ammoniak een adviserende rol hebben over de inzet van de brandweer:

- > Jan Jacobs, AGS en landelijk coördinator Incidentbestrijding Gevaarlijke Stoffen (IBGS);
- > Dan de Bruin, AGS en specialist industriële veiligheid bij Veiligheidsregio Zeeland;
- > Manuel Dhondt, hoofd Procesveiligheid bij Yara International;
- > Emmery Suy, bevelvoerder en coördinator bedrijfsbrandweer bij Yara International.
- > Raymond Bras; Teamleider en Hoofdofficier van Dienst (HOvD) bij de Gezamenlijke Brandweer (GB).
- > Erik Oudwater, domeinhouder energietransitie bij de GB en bevelvoerder;

² Bij de meeste ammoniakincidenten komen tot enkele tientallen kilo's ammoniak vrij. Grote ammoniakincidenten kunnen gezien worden als incidenten waarbij meer dan 100 kg ammoniak vrijkomt.

- > Jochem van de Graaff, trainer bij H2K.

Scope

Dit onderzoek richt zich uitsluitend op de repressieve inzet van de brandweer bij ammoniak-incidenten uit het verleden. De nadruk ligt op de operationele lessen die hieruit te trekken zijn en niet op de effecten van de incidenten op mens en milieu, niet op het optreden van andere hulpdiensten zoals politie en ambulance en niet op maatregelen gericht op zelf-redzaamheid van de bevolking.

Leeswijzer

Hoofdstuk 1 geeft een korte toelichting op de eigenschappen van ammoniak. Vervolgens worden in hoofdstuk 2 lessen uit ammoniakincidenten besproken. Het gaat hierbij zowel om lessen die context geven aan ammoniakincidenten als om lessen over de inzet van de brandweer. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van interviews gepresenteerd waarin praktijkervaringen en perspectieven uit het veld centraal staan.

1 Ammoniak

1.1 Eigenschappen en aggregatietoestand

Ammoniak (NH_3) is bij omgevingstemperatuur een gas dat lichter is dan lucht en heeft een kookpunt van $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ammoniak geeft sterke irritatie aan luchtwegen en ogen waardoor het gas al snel door de mens wordt opgemerkt. De geurdrempel bedraagt 5-25 ppm. Ammoniak is giftig en goed oplosbaar in water. Blootstelling aan hoge ammoniakconcentraties kan dodelijk zijn. Bij huidcontact kunnen blaren en brandwonden ontstaan.

Ammoniak is ook brandbaar, maar bij een incident met ammoniak zijn de toxische effecten bepalend voor de risico's voor de omgeving (RIVM, 2025). Daarnaast is ammoniak corrosief.

Om ammoniak te vervoeren of op te slaan, wordt ammoniak vloeibaar gemaakt door het te koelen tot iets onder $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ('koud' ammoniak) of door het onder druk te zetten (6 bar bij $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, 'warm' ammoniak) (AVIV en Witteveen+Bos, 2024).



Figuur 1-1 Ammoniaktank met UN-nummer. Foto: Shutterstock.

1.2 Gedrag bij vrijkomen

De effecten die kunnen optreden bij het vrijkomen van ammoniak, worden vooral bepaald door het 'type' ammoniak: warm ammoniak of koud ammoniak. Bij warm ammoniak zal een deel van de vloeibare ammoniak meteen gasvormig worden ('flashen') en voor een gaswolk zorgen, terwijl het deel dat achterblijft langzaam verdampt. Vloeistofdeeltjes die tijdens het flashen zijn meegesleurd in de wolk, zullen verdampen of uitregenen op de grond en een plas vormen. De ammoniak uit deze plas zal ook verdampen. De gaswolk die meteen in het begin ontstaat, is bepalend voor de effecten in de omgeving, terwijl het verdampingsproces bepalend is voor de duur van de inzet van hulpverleners.

Bij koud ammoniak is geen sprake van een flashende vloeistof waardoor de gaswolk die ontstaat, kleiner is dan bij warm ammoniak. De koude ammoniak zal door het temperatuurverschil met de omgeving verdampen en een gaswolk vormen. Deze wolk is zeer koud waardoor vocht in de lucht kan bevriezen en de wolk wit en zichtbaar wordt. Verdamping bij koud ammoniak verloopt langzamer dan bij warm ammoniak.

2 Lessons learned ammoniak-incidenten

In de literatuur is over het algemeen weinig gedetailleerde informatie te vinden over incidenten met gevaarlijke stoffen, dit geldt ook voor incidenten met ammoniak. Beschikbare publicaties richten zich doorgaans op faalmechanismen, slachtoffers en milieueffecten, terwijl informatie over de repressieve inzet van de brandweer vrijwel ontbreekt. Toch bieden deze publicaties waardevolle context: ze maken inzichtelijk waar ammoniakincidenten zich voordoen en wat de meest voorkomende faaloorzaken zijn. Deze informatie kan de brandweer helpen om keuzes te maken over de repressieve inzet tijdens het incident. Dit hoofdstuk beschrijft de repressieve inzet van de brandweer bij ammoniakincidenten, waarbij beschikbare informatie over andere aspecten van deze incidenten eveneens wordt meegenomen ter onderbouwing van de analyse.

2.1 Lessons learned algemeen

De meeste ammoniakincidenten doen zich voor in koelsystemen in de voedingsindustrie.

Ammoniak wordt momenteel vooral gebruikt in sectoren waar producten of processen gekoeld moeten worden. De meeste ammoniakkoelinstallaties zijn te vinden in de voedingsindustrie en het is dan niet vreemd dat de meeste ammoniakincidenten zich hier voordoen. Een eerste zoektocht met Google op de zoektermen 'AMMONIAK LEKKAGE' laat in Nederland vooral incidenten zien bij vlees- en groenteverwerkingsbedrijven, koel- en vrieshuizen en bij zuivelbedrijven.³

De U.S. Department of Health and Human Services onderzocht 1.153 ammoniakincidenten in de periode 1999-2008 en 52% daarvan deed zich voor in de voedsel- en kledingindustrie⁴, 17% in de landbouw en 4% tijdens transport (Anderson, 2015).

Bij ammoniakincidenten in de voedingsindustrie komt meestal minder dan 500 kg ammoniak vrij. In andere sectoren kan dit beduidend meer zijn.

De hoeveelheid ammoniak die vrijkomt bij incidenten in koelinstallaties is over het algemeen beperkt.⁵ Bij bijna de helft van de incidenten kwam minder dan 100 kg vrij en bij 75% van de incidenten was dat minder dan 500 kg, maar een uitstroom van meer dan 1000 kg (1 ton) ammoniak is bij koelinstallaties wel mogelijk. Andere installaties dan koelinstallaties bevatten (veel) meer ammoniak. Het gaat dan bijvoorbeeld om ammoniak in buisleidingen, tankwagens en spoorketelwagens en om ammoniakbevattende systemen in de chemische

³ Voorbeelden zijn ammoniaklekkages in [Almere](#) (2018), [Nijverdal](#) (2018), [Rijssen](#) (2021), [Scherpenzeel](#) (2022), [Bleskensgraaf](#) (2023), [Noordwijk](#) (2023), [Sassenheim](#) (2023), [Tilburg](#) (2024) en [Waalwijk](#) (2025).

⁴ Het betreft hier fabrikanten (39%) en de groothandel (13%).

⁵ Veel ammoniakkoelinstallaties bevatten minder dan 10.000 kg ammoniak. Deze 'grens' werd van oudsher gebruikt in risicoberekeningen (Uijt de Haag, 2005), maar inmiddels niet meer. In de Atlas Leefomgeving wordt deze 'grens' nog wel gehanteerd (Atlas Leefomgeving, 2024).

industrie. Bij een incident kan dan ook aanzienlijk meer ammoniak vrijkomen, in sommige gevallen meer dan 100 ton. Het Franse Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollutions (BARPI) heeft overzichten gemaakt van de omvang van ammoniaklekkages (Tabel 2.1) en van typische uitstroomopeningen en de hoeveelheden ammoniak die daarbij vrijkomen (Tabel 2.2) (BARPI, 1995).⁶ De beschikbare gegevens dateren uit 1995; recentere bronnen zijn niet gevonden.

Tabel 2.1 Verdeling omvang ammoniaklekkages (BARPI, 1995)

Hoeveel vrijgekomen ammoniak (ton)	Koelinstallaties	Overige installaties
< 0,1	18	23
0,1 – 0,3	5	8
0,3 – 0,5	6	2
0,5 – 1	2	3
1 – 2	3	2
2 – 3	1	7
3 – 6	3	9
6 – 10		1
10 – 20		8
20 – 50		10
50 – 100		13
100 – 500		8
500 – 1000		2
> 1000		1
Totaal	38	97

Tabel 2.2 Omvang ammoniaklekkages bij diverse installaties en uitstroomopeningen (BARPI, 1995)

Omvang incident	Koelinstallaties	Overige installaties
< 100 kg	Kleine lekkages aan afdichting of klep	
100 – 500 kg	Uitstroom door klep, breuk kleine leiding, 1-2 mm gat bij uitlaat verdamper.	

⁶ De gegevens komen uit de Franse ARIA-database. Alleen de incidenten waarbij de vrijgekomen hoeveelheden ammoniak bekend zijn, zijn meegenomen in het BARPI-onderzoek. Dit geeft een vertekend beeld, omdat de grootste incidenten zich buiten Frankrijk hebben voorgedaan en omdat de grootste incidenten vanwege hun omvang zijn opgenomen in de database. De meeste ammoniaklekkages in koelinstallaties hebben zich in Frankrijk voorgedaan.

Omvang incident	Koelinstallaties	Overige installaties
1 – 3 ton	Emissies door veiligheidsventielen in grote installaties, breuk middelgrote leiding, opening afsluiter	Als bij koelinstallaties en gescheurde leidingen, defecten aan veiligheidsvoorzieningen en langdurige lekkage
> 3 ton	Scheuren apparatuur, breuk in grote leiding, domino-effect	
5 – 15 ton		Gesprongen slangen, lekkage in leiding als gevolg van opengaan veiligheidsvoorziening (klep, ventiel)
20 – 100 ton		Weg- of spoorvervoer (botsing, ontsporing, leeglopen tank tijdens lossen)
> 100 ton		Breuk in tank met grote capaciteit of breuk in leiding (200 – 600 ton)

De belangrijkste oorzaken van het vrijkomen van ammoniak zijn falen van apparatuur en menselijk falen.

Het vrijkomen van ammoniak wordt voor een aanzienlijk deel veroorzaakt door technische mankementen aan apparatuur en door verkeerd menselijk handelen. Anderson noemt percentages van 46% voor falen van apparatuur en 25% voor menselijk falen (Anderson, 2015). Vannini geeft voor incidenten in de chemische industrie percentages van 60% voor mechanisch falen en 38% voor menselijk falen (Vannini & Paltrinieri, 2021), terwijl Shikder voor ammoniakincidenten bij transport in de Verenigde Staten percentages noemt van respectievelijk 70% en 12% (Shikder et al., 2024).⁷

Een brand en/of een explosie van ammoniak komt zelden voor.

Pattabathula onderzocht 290 falende systemen in chemische installaties die ammoniak produceren, kraken, opslaan of transporteren (Pattabathula et al., 2011). Met falende systemen worden incidenten bedoeld, maar ook afwijkingen die tijdens inspectie of tijdens procesvoering zijn geconstateerd. Van al deze afwijkingen en incidenten hadden 63 betrekking op installatieonderdelen die ammoniak (konden) bevatten. Geen enkele keer was er sprake van een ammoniakbrand. Vier keer had zich een explosie voorgedaan, waarvan drie het fysisch falen van het omhulsel betroffen en één het explosief ontbranden van een ammoniak-luchtmengsel.

Shikder onderzocht in hoeverre brand en explosie van ammoniak zich voordeden bij transport van ammoniak via weg, water en spoor in de Verenigde Staten. Van de 2154 incidenten tussen 1971 en 2021 in de Verenigde Staten hebben zich er 570 voorgedaan op de weg. Bij vier ervan was sprake van een brand en/of explosie, bij de andere modaliteiten niet (Shikder et al., 2024).

⁷ Binnen de modaliteiten liggen die verhoudingen anders. Bij spoor werd ruim 85% van de ammoniakincidenten veroorzaakt door falen van apparatuur en bij weg was dat 47%, omdat voertuigongelukken door menselijk falen ook een belangrijke faaloorzaak is (35%).

Gregson onderzocht 139 ammoniakincidenten in de periode 1992 – 1998 in Engeland. Bij geen van deze incidenten was sprake van brand of explosie (Gregson, 2000).

Ojha geeft aan dat ammoniakexplosies zelden voorkomen, omdat de onderste explosiegrens van ammoniak relatief hoog is (16 vol.%) en het ontvlambaarheidsgebied smal (16 – 25 vol.%). Daarnaast is de zelfontbrandingstemperatuur van ammoniak (650 °C) aanzienlijk hoger dan die van veel koolwaterstoffen waardoor ammoniak moeilijk tot ontsteking komt. In de open lucht is het bovendien onwaarschijnlijk dat een concentratie van 16 vol. % kan worden bereikt (Ojha & Dhiman, 2010).

De meeste mensen die gewond raken door ammoniak, zijn werknemer.

Personen die zich dicht bij een ammoniakincident bevinden, hebben de grootste kans gewond te raken door in contact te komen met vloeibaar of gasvormig ammoniak. Meestal zijn dat werknemers. Anderson geeft aan dat dat bij 62% van de ammoniakincidenten werknemers gewond raakten (Anderson, 2015). Het rapport van BARPI bevestigt dit beeld, maar noemt geen percentages (BARPI, 1995). Daarnaast beschrijven beiden ook dat omstanders en hulpverleners gewond zijn geraakt bij ammoniakincidenten.

Bij ammoniakincidenten vallen verhoudingsgewijs meer gewonden dan bij incidenten met andere gevaarlijke stoffen.

Kaye onderzocht in 2005 de incidenten die geregistreerd waren door 15 Amerikaanse staten in de HSEES-database in de periode 1996 – 2001: het gaat om 39.766 incidenten met gevaarlijke stoffen (Kaye et al., 2005). Bij bijna 8% van deze incidenten waren gewonden en/of dodelijke slachtoffers te betreuren (3.133 incidenten). De database bevatte in die periode 2.451 incidenten met ammoniak en bij ruim 13% daarvan was sprake van gewonden en/of doden (324 incidenten).

Het aantal mensen dat bij ammoniakincidenten overlijdt, is vaak kleiner dan op basis van modelberekeningen verwacht wordt.

Hanna onderzocht waarom bij incidenten met chloor en ammoniak minder mensen overlijden dan op basis van modelberekeningen voorspeld wordt (Hanna et al., 2022). Oorzaken hiervoor zijn onder andere:

- > De aanname dat de wolk zich over vlak terrein verspreidt en geen obstakels tegenkomt.
- > Verspreidingsmodellen houden niet of te weinig rekening met droge depositie.
- > In modelberekeningen wordt geen rekening gehouden dat mensen zich in veiligheid brengen door zich te verplaatsen van de bron af of door binnen te schuilen.

2.2 Lessons learned over de inzet van de brandweer

De meest gebruikte repressieve maatregelen bij ammoniakincidenten zijn stoppen van de toevoer van ammoniak, schuilen, evacueren en het gebruik van waterschermen.

In literatuur over databases met ammoniakincidenten (Kaye et al., 2005; Shikder et al., 2024) is weinig gedetailleerde informatie te vinden over de inzet van de brandweer, ook niet in de referenties. Maatregelen worden alleen globaal benoemd. Melnikova beschrijft als een van de weinigen repressieve maatregelen, maar die hebben alleen betrekking op het

beschermen van de volksgezondheid. Genoemd worden het schuilen, evacueren en ontsmetten van omstanders en omwonenden, het geven van gezondheidsadvies en het doen van gezondheidsonderzoek (Melnikova et al., 2015). Deze maatregelen zijn niet uniek voor ammoniak en worden ook bij incidenten met andere gevaarlijke stoffen gebruikt.

Om meer zicht te krijgen op de manieren waarop de brandweer repressief optrad bij ammoniakincidenten, zijn incidentbeschrijvingen in rapporten en databases doorgenomen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een overzicht van ammoniakincidenten door de Health and Safety Executive (HSE) (Gant et al., 2024) en ook zijn beschrijvingen van grote ammoniakincidenten via desktop onderzoek gevonden. Daarnaast zijn diverse databases doorgenomen. Bijlage 1 geeft een overzicht van deze databases.⁸

Op basis van de geraadpleegde databases en verzamelde informatie kon van tientallen ammoniakincidenten informatie verkregen worden over de inzet van de brandweer bij deze incidenten. De resultaten staan samengevat in Tabel 2.3.⁹ De lessen die hieruit te halen vallen, worden beschreven na Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Repressieve maatregelen bij ammoniakincidenten

Locatie	Beschrijving	Bron
1969, Crete, Nebraska	Brandweerpersoneel deed huiszoeking om een volledige evacuatie uit te voeren. Het was noodzakelijk om gasmaskers te dragen en om maskers beschikbaar te hebben voor de evacués.	(NTSB, 1972)
1976, Houston, Texas	De brandweer gebruikte 'fog spray' om ammoniak te verdrijven van de grond en om auto's die ammoniakdampen bevatten, te spoelen.	(NTSB, 1976)
1977, Pensacola, Florida	De brandweer zocht met adembescherming naar de vrachtbrieven op de ontspoorde trein. Op basis van de vrachtbrieven controleerden ze de inhoud en de locatie van de spoorketelwagens met ammoniak. De brandweer beval de evacuatie van omwonenden in een straal van een kilometer en vroeg de assistentie van experts van Air Products. De vrijkomende ammoniakdamp werd tegengehouden door de uitstroomopeningen te besproeien met een mistachtige waternevel. Deze spray verminderde de grootte van de dampwolk met ongeveer 30%. Vervolgens werd voorzichtig water in de tank gepompt om ammoniak te verdunnen. Dit duurde tot de volgende ochtend. Toen was ammoniak verdund tot een 30%- oplossing en kwam er nauwelijks ammoniak vrij.	(NTSB, 1977)
1981, Cartwright, Louisiana	Pogingen om een sloot te graven om ammoniak af te kunnen voeren, bleken niet mogelijk te zijn omdat de grond bevroren was door het verdampen van ammoniak uit de plas.	(NTSB, 1982)

⁸ Door het ontbreken van informatie over een eventuele brandweerinzet, staan enkele bekende ammoniakincidenten niet in Tabel 2.3. Voorbeelden zijn de incidenten in [Potchefstroom](#) (1973), [Dakar](#) (1992) en [Mazingharbe](#) (1994).

⁹ De rol van de brandweer in Amerika is ruimer dan in Nederland, omdat de brandweer in Amerika ook mensen evacueert en wegen afsluit.

Locatie	Beschrijving	Bron
	De exploitant van de buisleiding verkleinde het effectgebied door ammoniak te verbranden met behulp van propaan 'in two pits'. ¹⁰ De verspreiding van de ammoniakwolk werd vanaf de grond en vanuit de lucht gevolgd.	
1989, Jenava, Litouwen	Bij het incident ontstond een ammoniakwolk met een lengte van 35 km. Langs het hele traject werden waterschermen geplaatst. Het leger werd ingeschakeld om te helpen. Maatregelen werden genomen om vervuiling van de rivier Neris te voorkomen.	(BARPI, 1989) (Stewart, 2024)
1990, Montelimar, Frankrijk	De brandweer mat ammoniak. Huizen en supermarkt werden geëvacueerd.	(BARPI, 1995)
1990, Dieue-sur-Meuse, Frankrijk	De brandweer sloot kleppen van een leiding die door de ammoniakdampen niet toegankelijk waren. Personeel werd geëvacueerd.	(BARPI, 1995)
1990, Verdun, Frankrijk	De brandweer mengde de ammoniakwolk op met ventilator en waterscherm om bron van ammoniak te kunnen vinden en toevoerklep te kunnen sluiten.	(BARPI, 2002), # 2182
1990, Parthenay, Frankrijk	De brandweer dichtte het lek in beschermende kleding.	(BARPI, 2002), # 2489
1991, Grenoble, Frankrijk	Er kwam vijf liter ammoniak vrij. De brandweer ontruimde de ijsbaan, isoleerde de pomp en ventileerde de ijsbaan.	(BARPI, 2002), # 2994
1992, Aix-les-Bains, Frankrijk	De brandweer gebruikte meerdere waterstralen om een wolk diethylamine (DMA) te verdrijven. Deze stof ruikt naar ammoniak. Een specialistisch team verkende in gaspak de beschadigde spoorketelwagens en deed metingen.	(BARPI, 2025), #3468
1992, Le Moustoir, Frankrijk	De brandweer koelde gas ¹¹ en dichtte het lek.	(BARPI, 2002), # 4027
1992, Meyrin, Zwitserland	Ammoniak werd in een waternevel opgevangen en met het afvalwater geloosd. Bewoners moesten ramen sluiten.	(BARPI, 2002), # 3561
1994, Dax, Frankrijk	De brandweer plaatste een watergordijn en verspreidde zaagsel (zuur, harsachtig) om ammoniak te absorberen en te neutraliseren.	(BARPI, 2002), # 5292
1994, Reims, Frankrijk	De brandweer verdunde ammoniak in een tank voorafgaand aan het lozen in afvalwatercircuit.	(BARPI, 1995)
1994, Nanterre, Frankrijk	De brandweer had zes uur nodig om het lek te dichten vanwege slecht zicht en gebrek aan planning (?)	(BARPI, 2002), # 5438

¹⁰ Uit de beschrijving van het incident wordt niet duidelijk wat bedoeld wordt met 'pits'.

¹¹ Mogelijk wordt hier recondensatie mee bedoeld. Dit is een techniek waarbij ammoniakdamp wordt opgevangen en koud wordt waardoor het weer vloeibaar wordt.

Locatie	Beschrijving	Bron
1994, Penne-d'Agenais, Frankrijk	De brandweer dichtte het lek in gaspakken, verdunde ammoniak met water en deed metingen.	(BARPI, 2002), # 2249
1997, Cuiseaux, Frankrijk	De brandweer werd een uur na het ammoniaklek opgeroepen en controleerde of iedereen uit het slachthuis geëvacueerd was. Zo'n 20 brandweerlieden hebben met behulp van waterschermen de ammoniakwolk verdreven.	(BARPI, 2025), # 10165
1998, Toulouse, Frankrijk	Het bedrijf werd gealarmeerd toen politie en brandweer zeer veel klachten vanuit de omgeving kregen. De brandweer verrichtte metingen.	(BARPI, 2025), # 12671
2002, Minot, South Dakota	Er werd een CoPi ingericht op ongeveer 3 km afstand in brandweerkazerne. Opvanglocatie en CoPi moesten verplaatst worden door draaien van de wind. De brandweer besloot dat mensen binnen moesten blijven en gaf via media extra informatie hoe dat te doen. Sirenes gingen af.	(NTSB, 2004)
2003, Saint Chély d'Apcher, Frankrijk	Personeel plaatste een lekbak onder het lek en besproeide het lek met water totdat de brandweer kwam. De brandweer deed verkenning in gaspak. De brandweer heeft na het incident bewoners in de omgeving bezocht om aan te geven dat de situatie weer veilig was.	(BARPI, 2025), # 25699
2004, Lannemezan, Frankrijk	De bedrijfsbrandweer sloeg de ammoniakwolk neer met waterscherm(en). Dit water werd verzameld in een bassin.	(BARPI, 2025), # 28416
2005, Nemours, Frankrijk	De brandweer verdunde in beschermende kleding en met waterschermen de ammoniakdampen en deed dat bij de gescheurde tank en bij de rustplaats om deze af te schermen. Dit water werd opgevangen in een bassin van 300 m³ en geloosd toen de pH 8 à 9 was.	(BARPI, 2025), # 29687
2006, Argentan, Frankrijk	De brandweer heeft geholpen bij de 'extractie' van ammoniak en ventileerde de ruimte. ¹²	(BARPI, 2025), # 32347
2007, Laneuve-ville-devant-Nancy, Frankrijk	Er was sprake van verdamping van ammoniak uit water. De brandweer werd gealarmeerd doordat honderden bewoners belden in verband met klachten. De brandweer verrichtte metingen.	(BARPI, 2025), # 34027
2007, Bulgneville, Frankrijk	De brandweer redde in 'zware beschermende uitrusting' een werknemer en sloot leidingen af door verschillende kleppen te sluiten.	(BARPI, 2025), # 34235
2009, Swansea, South Carolina	De brandweer vormde zoekteams om getroffen en te zoeken en zo mogelijk te evacueren. Veel omwonenden waren zelf gevlucht. Er werden luchtmonsters genomen.	(NTSB, 2012)

¹² Uit de beschrijving van het incident wordt niet duidelijk wat bedoeld wordt met 'extraction' of met 'extractor'.

Locatie	Beschrijving	Bron
2016, Chittagong, Bangladesh	De brandweer probeerde de ammoniakwolk te beperken en op te lossen met waterschermen.	(Khan, 2016)
2016, Tekamah, Nebraska	Een bedrijfsmedewerker gaf technische ondersteuning aan de brandweer en adviseerde over de afstand waarbinnen geëvacueerd moest worden. Hij nam later het commando over.	(NTSB, 2020)
2017, Fernie, Canada	Een operator gaf de brandweer tijdens het bellen van het alarmnummer instructies om een veiligheidsklep te openen en de noodstop te activeren. De brandweer begeleidde een operator naar de machinekamer en verkent visueel de ruimte.	(Technical Safety BC, 2017)
2019, Quincy, Frankrijk	De hulpdiensten hebben een mechanische extractor ¹² ingezet om de gassen te verwijderen en een watergordijn om de giftige wolk te neutraliseren.	(BARPI, 2025), # 54839
2022, Pirot, Servië	De brandweer deed metingen om de inzetstrategie te kunnen bepalen en redde mensen uit auto's die betrokken waren bij aanrijdingen als gevolg van de ammoniakwolk.	(CIAT, 2023)
2023, Geleen, Nederland	De brandweer gebruikte waterschermen om verdere verspreiding te voorkomen.	(Verbiesen, 2023)
2023 Teutopolis, Illinois	De brandweer voerde reddingen uit, deed decontaminaties en speciale teams dichtten het lek. Een federale milieuongevallendienst deed metingen. Met drones werd de situatie gemonitord en naar slachtoffers gezocht.	(NTSB, 2023)

In incidentrapportages wordt nauwelijks aandacht besteed aan de inzet van de brandweer.

In veel beschrijvingen van ammoniakincidenten staat niets over hulpverlening in het algemeen en de inzet van de brandweer in het bijzonder. Deze incidenten zijn dan ook niet geselecteerd voor Tabel 2.3. Als in incidentbeschrijvingen wel iets staat over de inzet van de brandweer, is dat summier en globaal.

Waterschermen worden om uiteenlopende redenen ingezet.

Bij veel ammoniakincidenten worden waterschermen gebruikt. Redenen die genoemd worden om waterschermen in te zetten, zijn:

- > Tegenhouden van de ammoniakwolk;
- > Verdrijven van de ammoniakwolk;
- > Verdunnen - opmengen van de ammoniakwolk;
- > Neerslaan - oplossen van de ammoniakwolk.

Deze redenen zullen in de praktijk vaak met elkaar verweven zijn en gelijktijdig gerealiseerd kunnen worden. Dat verklaart dat bij waterschermen termen als tegenhouden, verdrijven, verdunnen en neerslaan door elkaar worden gebruikt. In de incidentrapportages wordt niet beschreven of één of om meerdere waterschermen zijn gebruikt.

Bij ammoniakincidenten komt evacuatie vaker voor dan schuilen.

Bij de incidenten die beschreven staan in Tabel 2.3 wordt evacueren van betrokkenen en/of omwonenden vaker genoemd dan schuilen. Dit komt overeen met de bevinding van Anderson dat bij ammoniak- en chloorincidenten evacueren vaker voorkomt dan schuilen (Anderson, 2015). Reden hiervoor kan zijn dat de meeste incidenten zich voordoen bij vaste installaties (Ruckart & Orr, 2015) en dat veel bedrijven eerder het terrein laten ontruimen dan werknemers te laten schuilen in een ruimte die daarvoor geschikt is.

2.3 Conclusies

Op basis van *literatuur* over ammoniakincidenten zijn de volgende lessen hierover te leren:

- > De meeste ammoniakincidenten doen zich voor in koelsystemen in de voedingsindustrie.
- > Bij ammoniakincidenten in de voedingsindustrie komt meestal minder dan 500 kg ammoniak vrij. In andere sectoren kan dit aanmerkelijk meer zijn.
- > De belangrijkste oorzaken van het vrijkomen van ammoniak zijn falen van apparatuur en menselijk falen.
- > Een brand en/of een explosie van ammoniak komt zelden voor.
- > De meeste mensen die gewond raken door ammoniak, zijn werknemers.
- > Bij ammoniakincidenten vallen verhoudingsgewijs meer gewonden dan bij incidenten met andere gevaarlijke stoffen.
- > Het aantal mensen dat bij ammoniakincidenten overlijdt, is vaak kleiner dan op basis van modelberekeningen verwacht wordt.

Op basis van *beschrijvingen* van ammoniakincidenten zijn de volgende lessen over de inzet van de brandweer te leren:

- > In incidentrapportages wordt nauwelijks aandacht besteed aan de inzet van de brandweer.
- > De meest gebruikte repressieve maatregelen bij ammoniakincidenten zijn stoppen van de toevoer van ammoniak, het gebruik van waterschermen, schuilen en evacueren.
- > Waterschermen worden om uiteenlopende redenen ingezet (tegenhouden, verdrijven, verdunnen, neerslaan).
- > Bij ammoniakincidenten komt evacuatie vaker voor dan schuilen.

3 Resultaten interviews

Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten van de interviews die met diverse experts zijn gevoerd. Op basis van de gevoerde interviews zijn door de onderzoeker lessen en aanbevelingen geformuleerd. De conceptteksten van de interviews en van de lessen en aanbevelingen zijn voorgelegd aan de geïnterviewden en door hen akkoord bevonden.

3.1 IBGS

Op 7 maart 2025 is gesproken met Jan Jacobs, landelijk coördinator Incidentbestrijding Gevaarlijke Stoffen (IBGS) en voormalig adviseur gevaarlijke stoffen (AGS) bij de Veiligheidsregio Utrecht. De verslaglegging van het gesprek is te vinden in Bijlage 2.

De ammoniaklekkages die AGS'en in Nederland meemaken, gebeuren nagenoeg altijd bij koelinstallaties op ijsbanen en in de levensmiddelenindustrie. Meestal gaat het om incidenten met een grote kans en kleine effecten. AGS'en kunnen dit prima handelen. De aanpak bij kleine lekkages is om het systeem in te blokken en af te sluiten. Bij een ammoniakplas is het zaak plasverdamping te voorkomen, omdat ammoniak giftig is en omdat ammoniakplassen koudkokende plassen zijn die lang aanhouden. De ammoniak in de plas moet dan worden weggepompt.

Lessen

- > Bij ammoniakincidenten wordt niet altijd standaard voor gaspakken gekozen; de inzet varieert per situatie en inschatting.
- > De installateur speelt een centrale rol in het afhandelen van lekkages, meer dan de leverancier van ammoniak.

Aanbevelingen

- > Denk bij gebruik van waterschermen na over waar het vervuilde water terecht komt en wat ermee gedaan moet worden.
- > De brandweer kan kleine ammoniaklekkages aan. Gezien de verwachte ontwikkelingen op het gebied van de opslag en transport van ammoniak, moet de brandweer zich voorbereiden op grote ammoniaklekkages.
- > Onderdeel van de voorbereidingen moet zijn het vroegtijdig alarmeren van de bevolking.

3.2 Veiligheidsregio Zeeland

Op 21 maart 2025 is gesproken met twee specialisten industriële veiligheid bij de Veiligheidsregio Zeeland, te weten Dan de Bruijn en Mischa Oubrie. Beiden zijn AGS. De verslaglegging van het gesprek is te vinden in Bijlage 3.

Naar aanleiding van het artikel 'Over water en wolken' van Kappetijn Safety Specialists (KSS) zijn bij de VRZ de inzichten veranderd over het gebruik van waterschermen bij

ammoniaklekkages (Bredewoud, 2020). Waterschermen zijn onvoldoende effectief gebleken (NIPV, 2023) en de VRZ vindt dat bij een grote ammoniaklekkage de brandweer geen inzet met waterschermen moet doen in het brongebied. De risico's zijn te groot en de brandweer kan het incident onbedoeld groter maken doordat water in de ammoniakplas komt of doordat ammoniak uit vervuild bluswater verdampst. Bij een grote ammoniaklekkage bij een spoorketelwagen of een leiding heeft een defensieve buiteninzet de voorkeur. De inzet richt zich dan op het effectgebied (beperken van de effecten) en niet op het brongebied (beperken en stoppen van de uitstroom).

Lessen

- > Bij een ammoniaklekkage moet specifiek om een bedrijfsdeskundige worden gevraagd die deskundig is op het gebied van ammoniak en/of van de ammoniakinstallatie.
- > Bij grote ammoniaklekkages buiten is een defensieve aanpak te prefereren boven een offensieve aanpak.

Aanbeveling

- > Onderzoek of de inzichten over het bestrijden van incidenten met ammoniak zoals de VRZ en Yara hebben, landelijk gedeeld en gedragen worden.

3.3 Yara

Op 21 maart 2025 is gesproken met twee werknemers van Yara Sluiskil, te weten Manuel Dhondt (hoofd procesveiligheid) en Emmery Suy (teamcoördinator bedrijfsbrandweer en bevelvoerder). De verslaglegging van het gesprek is te vinden in Bijlage 4.

Het herzien van de bedrijfsbrandweerscenario's heeft ertoe geleid dat de inzichten over de inzet van de bedrijfsbrandweer van Yara bij ammoniaklekkages is veranderd. Ook de gesprekken met de veiligheidsregio Zeeland hebben hieraan bijgedragen. Yara richt zich bij een ammoniaklekkage op het verspreiden van de ammoniakwolk door het inzetten van blusmonitoren en zet geen gaspakteam meer in om de uitstroom en verdamping van ammoniak te voorkomen of te beperken. Dit heeft tot gevolg dat ammoniaklekkages sneller gedetecteerd en ingesloten moeten worden, om grote uitstromen te voorkomen. Yara is begonnen met het optimaliseren van het detectieproces.

Lessen

- > De inzichten over ammoniakbestrijding veranderen. Zo zijn waterschermen niet geschikt om een ammoniakwolk tegen te houden en lijkt het verplaatsen van een ammoniakwolk met behulp blusmonitoren een goede optie te zijn vanwege het Venturi-effect dat optreedt.¹³
- > Bij gebruik van water bij een ammoniakincident moet nagedacht worden over de afvoer en opvang van vervuild water en over de gevolgen hiervan voor mens, milieu en inzet.

Aanbevelingen

- > Ontwikkel alternatieve tactieken en technieken voor situaties waarin conventionele middelen niet werken.

¹³ Een blusmonitor is een waterkanon dat grote hoeveelheden water in een gebonden straal over grote afstand kan spuiten. Bij een waterscherm spuit water in een waaiervorm naar buiten. Dit kan op verschillende manieren: door een slang met gaatjes (nozzles) te gebruiken, door het uiteinde van een slang te voorzien van een koppelstuk met nozzles of door een gebonden straal te spuiten op een stalen plaat.



Figuur 3-1 Gaspakoefening brandweer. Foto: Shutterstock.

3.4 Gezamenlijke Brandweer

Op 13 augustus 2025 is gesproken met twee werknemers van de Gezamenlijke Brandweer (GB) in Rotterdam, te weten Raymond Bras (Hoofdofficier van Dienst (HOVD)) en Erik Oudwater (domeinhouder Energietransitie). De verslaglegging van het gesprek is te vinden in Bijlage 5.

Ammoniakincidenten in de chemische industrie komen niet vaak voor en zijn meestal beperkt van omvang, onder andere door effectbeperkende maatregelen als snel sluitende kleppen en stationaire blusinstallaties. Een lekkage van ammoniak wordt direct opgemerkt vanwege de geur en vraagt om specialistische bestrijding. Gemeentelijke brandweren beschikken over diverse middelen zoals gaspakken, waterschermen en schuim, maar de kennis om deze middelen effectief in te zetten bij een ammoniaklekkage ontbreekt vaak, bijvoorbeeld bij het recondenseren van ammoniakdampen. De GB verwacht door toenemende opslag en verwerking van ammoniak in het havengebied complexere incidenten. De GB onderkent dit en start met gerichte training van alle posten.

Lessen

- > Voor de effectieve bestrijding van grotere ammoniaklekkages is specialistische kennis nodig. Die kennis ontbreekt bij veel brandweerkorpsen door gebrek aan ervaring en opleiding.
- > Brandweerkorpsen worden bij een inzet met gevaarlijke stoffen begrensd door de middelen en de kennis die ze hebben.

Aanbevelingen

- > Investeer in trainingen en oefenlocaties, inclusief middelen voor recondensatie.
- > Maak duidelijk waar de grenzen liggen van middelen en technieken (de 'toolbox') om ammoniakincidenten te bestrijden, waar of wanneer kunnen zij wel of niet gebruikt worden?
- > Organiseer en investeer in steunpunten en specialisten, zodat ketenveiligheid gegarandeerd kan worden.

3.5 H2K

Op 20 augustus 2025 is gesproken met Jochem van de Graaff, trainer en adviseur van H2K. De verslaglegging van het gesprek is te vinden in Bijlage 6.

Bij ammoniakincidenten zijn er diverse inzet tactieken en -technieken mogelijk, maar er bestaat veel onduidelijkheid over de doelen van die tactieken en over de effectiviteit en uitvoering van die technieken. Door gebrek aan ervaring, aan onderbouwde kennis en aan oefenmogelijkheden is het voor de brandweer lastig om effectief en veilig op te treden bij grote ammoniaklekkages. Er is daarom behoefte aan praktische richtlijnen op basis van experimentele inzichten die doorvertaald kunnen worden in onderwijs, training, materieel en hulpmiddelen.

Les

- > Praktijkervaring en onderbouwde kennis zijn essentieel voor een effectieve en veilige inzet van de brandweer bij grote ammoniakincidenten.

Aanbevelingen

- > Onderzoek hoe grote ammoniakincidenten het meest effectief en veilig bestreden kunnen worden door de brandweer.
- > Stel richtlijnen op die onderbouwd zijn door kennis en ervaring waarbij handelingsperspectieven voor de brandweer zijn gekoppeld aan inzetdoelen, beschikbare middelen en omstandigheden.

3.6 Conclusies

Op basis van de informatie die experts gaven in de interviews, kunnen de volgende lessen geleerd worden:

- > De opvattingen over de repressieve inzet bij grote ammoniaklekkages lopen uiteen. Waar sommigen een offensieve aanpak voor ogen hebben met bronbestrijding in gaspakken en met waterschermen, neigen anderen naar een defensieve aanpak waarbij de nadruk ligt op effectbeperking. De defensieve aanpak is ingegeven door recente inzichten over de effectiviteit van waterschermen.
- > De brandweer is momenteel onvoldoende voorbereid op grootschalige ammoniakincidenten, terwijl een toename van ammoniaktransport wordt verwacht.
- > Bedrijfsbrandweren hebben meer ervaring met ammoniak dan gemeentelijke brandweren en hebben daardoor meer kennis en expertise opgebouwd. Bij kleine incidenten bij koelinstallaties kan de installateur van de installatie de gemeentelijke brandweer van kennis voorzien. Bij grote incidenten is kennis over incidentbestrijding

vooral aanwezig bij specialisten van bijvoorbeeld de Gezamenlijke Brandweer of Sitech in Geleen.

- > Er is behoefte aan handelingsperspectieven, aan onderbouwde en beproefde inzettechnieken, aan locaties om te oefenen, aan locaties om praktijkonderzoek te doen en aan landelijke richtlijnen over brandweerinzetten bij grote ammoniaklekkages.

Literatuurlijst

- AIChE. (2025). *Annual Safety Ammonia Plants and Related Facilities Symposium*.
<https://www.aiche.org/conferences/annual-safety-ammonia-plants-and-related-facilities-symposium>
- Anderson, A. R. (2015). Top Five Chemicals Resulting in Injuries from Acute Chemical Incidents — Hazardous Substances Emergency Events Surveillance, Nine States, 1999–2008. *MMWR Surveillance Summaries*, 64(2), 39–46.
- Antea Group. (2021). *Rapportage evaluatie Convenant Ammoniak Yara Sluiskil*.
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-907324d5-c777-4b45-a63b-6e8bf65d4467/pdf>
- Atlas Leefomgeving. (2024). *Aandachtsgebieden koelinstallatie met ammoniak - te berekenen afstand*. <https://www.atlasleefomgeving.nl/koelinstallatie-met-ammoniak-te-berekenen-afstand-machinekamer-rev-in-ontwikkeling>
- AVIV en Witteveen+Bos. (2024). *Veiligheid transport van ammoniak door buisleidingen*.
<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2024/06/17/onderzoeksrapport-inventarisatie-buisleiding-en-ammoniak>
- BARPI. (1989). *Rupture of a cryogenic ammonia tank*. https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/wp-content/files_mf/A717_ips00717_002.pdf
- BARPI. (1995). *Retour d'expérience - L'ammoniac et la réfrigération*.
- BARPI. (2002). *Retour d'expérience - L'ammoniac et la réfrigération - Complément 2002*.
- BARPI. (2025). *The ARIA database*. <https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/the-barpi/the-aria-database/?lang=en>
- BASF. (2023). *25 Jahre Turbolöscher bei BASF*.
https://www.youtube.com/watch?v=1TikNRp_5X4
- Beek, P. van. (2020). *FACTS 2020 - Database for accidents with hazardous materials*.
<https://www.luctoretemergos.nl/ongevallen-met-gevaarlijke-stoffen-kennisdatabank-facts/>
- Bredewoud, C. (2020). Over water en wolken. *NVVK Info*, 3.
- CIAT. (2023). *Final Report on Serious Accident*.
https://www.era.europa.eu/system/files/2024-08/2023-11-17_Collision of trains 25412 and 49028_final report.pdf
- CPCD. (2025). *Chemical Incident Tracker*.
<https://www.preventchemicaldisasters.org/chemical-incident-tracker/incidents>
- CSB. (2025). *Completed investigations*. <https://www.csb.gov/investigations/completed-investigations/>
- Gant, S., Pearson, A., & Sullivan, E. (2024). *Review of ammonia incidents and update on ongoing research activities on ammonia safety*.
<https://www.gant.org.uk/research/241023 HSE at FABIG ammonia v9.pdf>
- Gregson, E. M. (2000). *Review of Ammonia Incidents 1992 - 1998*.
<https://www.scribd.com/document/146491975/REVIEW-OF-AMMONIA-ACCIDENTS-HSE-pdf>
- Hanna, S., Mazzola, T., Chang, J., Spicer, T., Gant, S., & Batt, R. (2022). Gaps in toxic industrial chemical model systems: Improvements and changes over past 10 years. *Process Safety Progress*, 41(1), 151–166. <https://doi.org/10.1002/prs.12289>
- IenW. (2023). *Evaluatie Convenant beheersing ammoniaktransport per spoor OCI Nitrogen Geleen*. <https://open.overheid.nl/documenten/1e1ce572-6a7b-49df-bee5-a88db88dcab9/file>
- JRC. (2025). eMARS. <https://emars.jrc.ec.europa.eu/EN/emars/content>
- Kaye, W. E., Orr, M. F., & Wattigney, W. A. (2005). Surveillance of hazardous substance emergency events: Identifying areas for public health prevention. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 208(1–2), 37–44.
<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2005.01.006>

- Kern, M. (2025). *NH3 Ammoniak Info*. <https://ammoniak-info.de/>
- KGG. (2024). *Kabinetsvisie waterstofdragers* (Issue DGKE-DE / 90538788). <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2024/11/22/kamerbrief-kabinetsvisie-waterstofdragers>
- Khan, E. A. (2016). Dap-1 Ammonia Tank Explosion: Safety and Security Concerns in Chemical Process Plant in Bangladesh. *International Journal of Petrochemical Science & Engineering*, 1(1), 10–11. <https://doi.org/10.15406/ipcse.2016.01.00003>
- Melnikova, N., Wu, J., & Orr, M. F. (2015). Public Health Response to Acute Chemical Incidents — Hazardous Substances Emergency Events Surveillance, Nine States, 1999–2008. *MMWR Surveillance Summaries*, 64(2), 25–31.
- NIPV. (2023). *Waterschermen en waterstralen: Een literatuuronderzoek naar de effectiviteit van waterschermen en -stralen bij het mitigeren van dampwolken*. <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2024/03/20231222-NIPV-Waterschermen-en-waterstralen.pdf>
- NRC. (2024). *National Response Center*. <https://nrc.uscg.mil/>
- NTSB. (1972). *Railroad Accident Report - Railroad company train 64 and train 824 derailment and collision with tank car explosion at Crete Nebraska*. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/44984/dot_44984_DS1.pdf
- NTSB. (1976). *Highway accident report - Houston*. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HAR7701.pdf>
- NTSB. (1977). *Railroad Accident Report - Railroad company freight train derailment and puncture of anhydrous ammonia tank cars at Pensacola Florida*. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/RAR7804.pdf>
- NTSB. (1982). *Pipeline Accident Reports*.
- NTSB. (2004). *Railroad Accident Report: Derailment of Canadian Pacific Railway Freight Train 292-16 and Subsequent Release of Anhydrous Ammonia near Minot, North Dakota*. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/RAR0401.pdf>
- NTSB. (2012). *Cargo Hose Rupture and Release of Anhydrous Ammonia During Offloading of a Werner Transportation Services Cargo Tank Motor Vehicle at the Tanner Industries Plant at Swansea, South Carolina July 15, 2009*. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HZM1201S.pdf>
- NTSB. (2020). *Magellan Pipeline Anhydrous Ammonia Release*. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/PAB2001.pdf>
- NTSB. (2023). *Fire Department and HazMat Reports - Teutopolis, IL*. <https://data.nts.gov/Docket/?NTSBNumber=HWY23MH017>
- Ojha, M., & Dhiman, A. K. (2010). Problem, Failure and Safety Analysis of Ammonia Plant: a Review. *International Review of Chemical Engineering*, 2(6), 631–646. <https://hristov.com/jordan/pdfs/Problem, Failure and Safety Analysis of Ammonia Plant-a Review.pdf>
- OSHA. (2025). *Investigation Summaries*. <https://www.osha.gov/ords/imis/accidentsearch.html>
- Pattabathula, V., Rani, B., & D.H. Timbres. (2011). *The AIChE Ammonia Safety Symposium - 50 Years of Shared Experiences*. https://ureaknowhow.com/pdflib/535_2011_04_Venkat_AICHE_50_Years_of_Shared_Experiences.pdf
- PGS 13. (2021). *Ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen*. <https://publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/publicaties/online/pgs-13/2021/1-0-september-2021#top>
- PHMSA. (2025). *Incident Statistics*. <https://www.phmsa.dot.gov/hazmat-program-management-data-and-statistics/data-operations/incident-statistics>
- RIVM. (2025). *Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module I - Basisvoorschriften*. <https://www.rivm.nl/documenten/rekenvoorschrift-omgevingsveiligheid-module-i-versie-januari-2025>
- Ruckart, P. Z., & Orr, M. F. (2015). Temporal Trends of Acute Chemical Incidents and Injuries — Hazardous Substances Emergency Events Surveillance, Nine States, 1999–2008. *MMWR Surveillance Summaries*, 64(2), 10–17.
- Shikder, F. H., Tang, Y., Almedhawe, E., & Cruz Araújo, J. (2024). Risk incident analyses in the transportation of anhydrous ammonia as an emerging clean energy resource. *Risk Analysis*, August. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/risa.17634>

- Stewart, E. (2024). Revisiting the Jonava ammonia tank rupture – 35 years on. *Loss Prevention Bulletin* 295. https://www.icheme.org/media/26106/lpb295_pg02.pdf
- Technical Safety BC. (2017). *Investigation Report of Ammonia Release - Fernie Memorial Arena*. https://www.technicalsaftybc.ca/sites/default/files/2018-07/FaultTrees/TSBC_257671_InvestigationReport_v14_online.pdf
- Uijt de Haag, P. A. . (2005). *Afstandentabel ammoniak koelinstallaties*. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/620100003.pdf>
- Vannini, A., & Paltrinieri, N. (2021). Human Reliability Analysis for Dynamic Risk Assessment: a case of ammonia production plant. *113, February*. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2615293>
- Verbiesen, S. (2023). *Ammoniaklek op industrieterrein Chemelot gedicht*. <https://www.l1nieuws.nl/nieuws/2257122/ammoniaklek-op-industrieterrein-chemelot-gedicht>

Bijlage 1 Overzicht databases

Deze bijlage geeft een overzicht van de databases die geraadpleegd zijn om informatie te vinden over de inzet van de brandweer bij ammoniakincidenten. Niet alle databases zijn uiteindelijk gebruikt voor het onderzoek.

Ammoniak unfälle (Duitsland)

Deze database is gebaseerd op nieuwberichten die op vrijwillige basis worden doorgegeven aan de beheerder van de website (Kern, 2025). Veel hyperlinks doen het niet en als er wel informatie is, is deze zeer beperkt. Deze database is voor dit onderzoek daarom niet gebruikt.

In deze en andere databases is de beschikbare informatie vaak beperkt tot gegevens zoals aankomsttijd en ingezette voertuigen, zonder dat een inhoudelijke beschrijving van het optreden van de brandweer wordt gegeven. Voor een beter begrip van de repressieve inzet, is meer en andere informatie gewenst zoals het hoe en waarom van maatregelen. Als dergelijke informatie ontbreekt, is de beschrijving van de database als 'beperkt' of 'summier' aangeduid.

AIChE (Verenigde Staten)

De American Institute of Chemical engineers (AIChE) organiseert jaarlijks het symposium 'Ammonia Plant Safety and Related Facilities' (AIChE, 2025). De artikelen van deze symposia zijn alleen toegankelijk voor leden en het NIPV is geen lid. Daarom is geen gebruik gemaakt van de database van AIChE.

ARIA (Frankrijk)

Het 'Bureau for Analysis of Industrial Risks and Pollutions' (BARPI) van het Franse ministerie van Milieu houdt een database bij van incidenten met gevaarlijke stoffen. Dit is de ARIA-database waarbij ARIA staat voor 'Analysis, Research and Information on Accidents' (BARPI, 2025). Vaak wordt alleen het vrijkomen van de gevaarlijke stof(fen) beschreven en ontbreken details over de aard van het ongeval, de oorzaak en de hulpverlening. Van grotere incidenten zijn uitgebreidere beschrijvingen aanwezig, soms in het Engels. In de Engelse versie van de database hebben we gezocht op de termen AMMONIA en EMERGENCY. Dit leverde 89 incidenten op die we hebben doorgenomen op relevantie.

CSB (Verenigde Staten)

De Chemical Safety Board (CSB) is een onafhankelijke Amerikaanse federale organisatie die onderzoek doet naar de oorzaken van grote chemische incidenten. Van de onderzoeken worden rapporten geschreven die openbaar zijn en in een database staan (CSB, 2025). Vier onderzoeken gaan over incidenten waarbij ammoniak vrijkwam.¹⁴ De rapporten gaan echter nauwelijks in op de repressieve inzet van de brandweer en zijn om die reden niet gebruikt.

¹⁴ Het gaat om incidenten bij [Goodyear](#) in 2008, [ConAgra Foods](#) in 2009, [Millard Refrigerated Services](#) in 2010 en [Norwood](#) in 2022.

Chemical incident tracker (Verenigde Staten)

Deze website bestaat sinds januari 2021 en bevat online nieuwsberichten van incidenten met gevaarlijke stoffen in Amerika (CPCD, 2025). De website wordt wekelijks geactualiseerd en eind april 2025 stonden 170 incidenten met ammoniak geregistreerd. Deze database is voor dit onderzoek niet gebruikt, omdat de hyperlinks het niet deden, de nieuwsberichten niet beschikbaar waren voor Europa, voor de nieuwsberichten betaald moet worden en/of omdat de informatie te summier was.

eMARS (Europa)

eMARS is een online database van de Joint Research Centre van de Europese Commissie (JRC, 2025). MARS staat voor Major Accident Reporting System en de 'e' geeft aan dat het om een onlinedatabase gaat. In eMARS staan 1232 incidenten en bij 103 incidenten wordt ammoniak genoemd. Niet bij alle incidenten kwam echter (daadwerkelijk) ammoniak vrij, het zijn er uiteindelijk 37. Als database is eMARS erg mager, omdat velden niet of summier worden ingevuld. Om die reden is eMARS niet gebruikt in dit onderzoek.

FACTS (wereldwijd)

FACTS is een database met informatie over incidenten en ongevallen met gevaarlijke stoffen (Beek, 2020). FACTS staat voor Failure and Accidents Technical information System en is een database die in de jaren 70 ontwikkeld is door TNO. De database wordt niet meer onderhouden en is alleen tegen betaling nog toegankelijk. De huidige beheerder geeft aan dat FACTS te raadplegen is, maar de link op de website werkt niet.

HSEES (Verenigde Staten)

De Hazardous Substances Emergency Events Surveillance (HSEES) is een database die door diverse Amerikaanse staten werd gebruikt om incidenten met gevaarlijke stoffen te registreren met uitzondering van olie(producten) zoals ruw olie, benzine en diesel. Het doel van de database was om gegevens te verzamelen waarmee onderzoekers de gevolgen van chemische incidenten voor de volksgezondheid konden beschrijven en activiteiten konden ontwikkelen om de schade als gevolg van dergelijke incidenten te beperken. De HSEES-database bestond van 1999 tot medio 2009, toen enkele staten besloten geen data meer aan te leveren (Anderson, 2015). De database is online niet meer beschikbaar.

Kaye onderzocht in 2005 de incidenten die geregistreerd waren door 15 Amerikaanse staten in de HSEES-database in de periode 1996 – 2001: het gaat om 39.766 incidenten met gevaarlijke stoffen waarvan 2.451 incidenten met ammoniak (Kaye et al., 2005). De 'Centers for Disease Control and Prevention' (CDC) van de U.S. Department of Health and Human Services deed in 2015 onderzoek naar de gevolgen van incidenten met gevaarlijke stoffen en gebruikte daarvoor ook de HSEES-database. Er werden vijf publicaties geschreven over de 54.989 incidenten die zich in negen Amerikaanse staten hebben voorgedaan in de periode van 1999 tot en met 2008. De belangrijkste bevindingen worden beschreven in de publicaties van (Anderson, 2015) en (Melnikova et al., 2015) en zijn in dit onderzoek gebruikt.

NRC (Verenigde Staten)

Het National Response Center (NRC) is een organisatie die meldingen van lekkages en van spoorwegincidenten verwerkt en deze informatie doorstuurt naar federale instanties voor respons (NRC, 2024). De spreadsheets op de NRC-website bevatten incidentgegevens per

jaar en per vijf of tien jaar. De gegevens zijn te summier om gebruikt te kunnen worden in dit rapport.

OSHA (Verenigde Staten)

De Occupational Safety and Health Administration (OSHA) is een agentschap van het Amerikaanse ministerie van Arbeid. De OSHA houdt een database bij met arbeidsongevallen (OSHA, 2025). Deze database is voor dit onderzoek niet gebruikt, omdat OSHA online alleen samenvattingen publiceert die te summier zijn om gebruikt te kunnen worden in dit rapport.

PHMSA (Verenigde Staten)

De Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (PHMSA) is een federale organisatie in de Verenigde Staten die een database heeft met incidenten op de weg, het water, het spoor en bij buisleidingen (PHMSA, 2025). De database is doorzoekbaar en jaarlijks en eens in de 10 jaar worden overzichtsrapporten gepubliceerd. Voor dit onderzoek is de PHMSA-database niet doorgenomen, maar is gebruik gemaakt van de publicatie van Shikder (Shikder et al., 2024) die deze database heeft gebruikt om ammoniakincidenten te onderzoeken.

Bijlage 2 Interview IBGS

Op 7 maart 2025 heeft een van de auteurs via Teams een gesprek gehad met Jan Jacobs, landelijk coördinator Incidentbestrijding Gevaarlijke Stoffen (IBGS) en voormalig AGS bij de Veiligheidsregio Utrecht. Onderstaande punten kwamen tijdens het gesprek naar voren.

- > Jan en zijn collega's hebben in hun regio met name bij koelinstallaties te maken gehad met ammoniaklekkages. Hij heeft zelf één keer een incident meegemaakt en had toen niet veel vertrouwen in de technicus van het getroffen bedrijf. Om de inzet te kunnen bepalen, is Jan meegegaan met de installateur van de koelinstallatie en voor de zekerheid zijn ook nog twee manschappen meegegaan. Dit is niet in gaspak gedaan maar in uitrukkleding en adembescherming. Collega's hebben bij inzetten met ammoniak wel gaspakken gebruikt.
- > Na de verkenning heeft iedereen buiten 10 minuten voor een grote ventilator gestaan om zoveel mogelijk ammoniak uit te laten dampen.
- > De ammoniaklekage werd veroorzaakt door een klep die niet goed dichtzat. Die klep was bevroren door de afkoelende ammoniak. Door verdamping van ammoniak uit de ammoniakplas was er binnen sprake van hoge ammoniakconcentraties die wel honderden ppm's kunnen zijn. De ammoniakmeter van de installateur kon deze hoge concentraties aan. De installateur van de installatie pompte ammoniak weg, niet de leverancier van de ammoniak.
- > Bij koelinstallaties kan een ammoniaklek zich binnen of buiten bevinden. De insteek is om het systeem in te blokken en af te sluiten. Bij een koudkokende plas wordt gekeken of de plas afgedekt of kleiner gemaakt kan worden. Zo nodig worden mensen in het effectgebied geïnformeerd. Waterschermen zijn weinig zinvol en bovendien moet je iets met het vervuilde water. Het voordeel van een ammoniaklek binnen is dat ammoniakconcentraties buiten laag zijn.
- > De meetploegen in hun regio gebruiken tegenwoordig monogasmeters in plaats van Drägerbuisjes, omdat monogasmeters ammoniak continu meten.
- > De brandweer in hun regio heeft een goed beeld waar ammoniakkoelinstallaties zich bevinden. Veel bedrijven kunnen kleine lekkages zelf oplossen.
- > Bij ammoniak kan sprake zijn van stankklachten en/of van lichamelijke klachten. Bij stankklachten gaat de brandweer op onderzoek uit om de bron te vinden, zo nodig aangevuld met doen van metingen. Als er ook sprake is van lichamelijke klachten, moet een klachtenplot worden gemaakt en zo mogelijk een NL Alert worden gegeven.
- > Jan maakt zich zorgen over transport van ammoniak. Meer ammoniaktransport betekent grotere kans op kleine en grote ammoniaklekkages. Een AGS is voorbereid op kleine lekkages, niet op grote lekkages. De brandweer moet zich voorbereiden op grote lekkages en kijken naar (nieuwe) technieken. Welke technieken zijn mogelijk, hoe groot zijn effectgebieden en welke veiligheidsafstanden moeten aangehouden worden. Wat doen andere landen op dit vlak?
- > Jan pleit ervoor om sneller te alarmeren en niet te wachten op de eerste tankautospuut (TS). Snelle detectie van grote lekkages via sensoren of drones kunnen helpen bij het sneller alarmeren van de bevolking. De vraag is ook wanneer je gaat alarmeren.

Bijlage 3 Interview VR Zeeland

Op 21 maart 2025 heeft een van de auteurs een gesprek gehad met twee specialisten industriële veiligheid bij de Veiligheidsregio Zeeland, te weten Dan de Bruijn en Mischa Oubrie. Beiden zijn AGS. Onderstaande punten kwamen tijdens het gesprek naar voren.

- > De VRZ heeft weinig inzetten met ammoniak gehad. De meest vervelende scenario's zijn lekkages van warm ammoniak.
- > Bij een incident kreeg een fruitteiler koud ammoniak over zich heen. Hij is zelf het pand uitgelopen en een gaspakkenteam heeft de afsluiter dicht gemaakt. Achteraf gezien was een inzet met gaspakken niet nodig geweest.
- > PGS 13 geeft aan dat bij een ammoniaklekkage de vrijgekomen ammoniakdampen op een veilige manier naar de buitenlucht afgevoerd moeten worden (PGS 13, 2021). In de praktijk betekent dat hoog in de lucht.
- > Als de brandweer om een bedrijfsdeskundige vraagt, moet de brandweer zich ervan verzekeren dat diegene verstand heeft van ammoniak. Een deskundige van een patatfabriek weet waarschijnlijk veel over het productieproces maar mogelijk niets over de ammoniakkoelinstallatie.
- > Ammoniak wordt zeer snel geroken. Als mensen echt klachten krijgen, gaan ze naar binnen om te schuilen. Dat is een groot voordeel en als men dan ook weet dat de ventilatie uitgezet moet worden (bijvoorbeeld via crisiscommunicatie tijdens incident), ben je qua hulpverlening al een heel eind. Dan kan men de ammoniakwolk als het ware laten overgaan.
- > Vroeger dacht men dat waterschermen alles oplossen (letterlijk en figuurlijk). Het rapport *'Water en wolken'* van Kees Kappetijn uit 2020 bracht andere inzichten: de contacttijd van ammoniak met de waterdruppels in een waterscherm is te kort. Hierdoor lost maximaal maar vijf procent van de ammoniakwolk op in het water, de rest gaat er doorheen of omheen. *'Als je snel door een sproeier loopt, word je minder nat dan wanneer je er langzaam doorheen loopt'*.
- > In de gesprekken met Yara is niet alleen gesproken over nut en noodzaak van waterschermen, maar ook over de risico's die de brandweer loopt bij een ammoniaklekkage.
- > Risico's in het brongebied zijn onder andere:
 - Eigen veiligheid van de brandweer. Wil je als (bedrijfs)brandweer naar een ammoniaklekkage? *'Een gaspak is ook maar een dun laagje plastic'*.
 - Degene die het waterscherm moet richten, kan de ammoniakwolk niet meer zien als het waterscherm geplaatst is. Dan is een spotter nodig om te zien wat de wolk doet.
 - De brandweer kan door onwetendheid water op de ammoniakplas aanbrengen en daarmee de plas groter maken en de plasverdamping bevorderen door het inbrengen van warmte.
 - Het 'blus'water kan het brongebied groter maken aangezien ammoniak verdampt uit het water.

- De brandweer heeft veel middelen niet. TS'en hebben standaard alleen een kleine ventilator aan boord en het opzetten van grootschalig watertransport duurt een uur. Inzetten bij kleine lekkages zijn nog wel mogelijk.¹⁵
- > Het effectgebied kan kleiner gemaakt worden door de ammoniakwolk omhoog te stuwen en te verdunnen. Dit kan met blusmonitoren (Venturi-effect¹⁶), met grote ventilatoren of met drones. Een turbolöscher is ook een mogelijkheid (BASF, 2023). Dat is een trailer met twee straalmotoren die zeer grote hoeveelheden lucht of water kan verplaatsen over een afstand van 100-150 m.
- > Bij een grote ammoniakwolk kunnen blusmonitoren gebruikt worden om de wolk te mengen met lucht, de ammoniakconcentratie in de wolk te verlagen en tegelijkertijd de wolk te stuwen en een bepaalde kant op sturen. De monitoren moeten dan volgens het visgraatmodel geplaatst worden. Yara heeft op het oefencentrum van H2K in Dordrecht het stuwen van ammoniakwolken geoefend en ook metingen verricht.
- > In een industriële omgeving is het doel om de ammoniakconcentratie onder de alarmeringsgrenswaarde (AGW) te krijgen en te houden. De effectiviteit van de inzet moet gecontroleerd worden door metingen in het effectgebied uit te voeren.
- > In de considerans behorende bij de aanwijzing bedrijfsbrandweer Yara staat dat de bedrijfsbrandweer zich meer richt op de effectbestrijding en minder op de bronbestrijding. Dat heeft tot gevolg dat Yara meer maatregelen moet nemen om ammoniaklekkages te voorkomen en om de uitstroom van ammoniak zo snel mogelijk in de blokken en/of te beperken. De bedrijfsbrandweer gaat immers niet meer inzetten in het brongebied.
- > De VRZ noemt als voorbeeld het verladen van ammoniak van en naar schepen. Verlaadarmen moeten volgens PGS 12 voorzien worden van noodbreekkoppelingen en van veiligheidsafsluiters. De veiligheidsafsluiters stoppen de verlading nog voordat de noodbreekkoppelingen breken. Bij het breken van de noodbreekkoppelingen komen enkele liters ammoniak vrij in plaats van dat de gehele laadarm leegstroomt.
- > Ook is er geen grond meer voor het aanwijzen van gaspakken en chemiepakken. Als die namelijk wel aangewezen zouden zijn, impliceert dit dat een inzet met die pakken goed te doen is, terwijl dat niet het geval is.
- > De VRZ hanteert ook bij andere bedrijven en bij andere toxische stoffen het inzicht om geen inzet in het brongebied te doen.
- > Tenslotte: we moeten nuchter omgaan met risico's. Koolmonoxide is net als ammoniak een giftige stof, de AGW is voor koolmonoxide zelfs lager dan voor ammoniak. Die kennis zet de risico's van gevaarlijke stoffen in perspectief, want nu worden bestuurders bang gemaakt door berichten over ammoniak.
- > In het gesprek werd ook het volgende genoemd:
 - Het afdekken van een ammoniakplas met ballen heeft weinig zin. De ballen gaan draaien – net als bij een deoroller – waardoor de onderkant bovenkomt en ammoniak alsnog verdampt.
 - Er zijn plannen om ferries te bunkeren terwijl passagiers instappen en uitstappen. Het is moeilijk om adviezen over het bunkeren van ammoniak te geven, omdat veel informatie ontbreekt. De VRZ wil van de bunkeraars weten welke maatregelen ze treffen, welke studies ze daartoe hebben gedaan en hoe maatregelen onderhouden worden.

¹⁵ Zo heeft de VRZ recent bij een lekkende LPG-tankwagen de gaswolk kunnen sturen met behulp van ventilatoren zodat de brandweer veilig kon werken. Een ander voorbeeld is de aanwezigheid van sprinklers bij het verladen van spoorwagons. De sprinklers kunnen de effecten van een klein ammoniaklek beperkt houden.

¹⁶ De krachtige waterstraal van de blusmonitor creëert rondom de straal een gebied met onderdruk. Door deze onderdruk worden aanwezige gassen meegezogen en verplaatst.

Bijlage 4 Interview Yara

Yara produceert in Sluiskil ammoniak en nitraatmeststoffen voor de agrarische sector. Op 21 maart 2025 heeft een van de auteurs een gesprek gehad met twee werknemers van Yara Sluiskil, te weten Manuel Dhondt (hoofd procesveiligheid) en Emmery Suy (teamcoördinator bedrijfsbrandweer en bevelvoerder). Onderstaande punten kwamen tijdens het gesprek naar voren.

- > Manuel is betrokken bij alle delen van PGS 12.¹⁷
- > De bedrijfsbrandweersscenario's zijn geactualiseerd, omdat ze niet maatgevend genoeg waren. Tijdens dit proces heeft de bedrijfsbrandweer veel kennis opgedaan over de nut en noodzaak van technieken en materialen.
- > De bedrijfsbrandweer gebruikt inmiddels geen waterschermen meer om ammoniak neer te slaan, want ze hebben hun mening herzien naar aanleiding van het rapport van KSS, de gesprekken met de VRZ en hun eigen experimenten. Gezien de korte contacttijd van ammoniakdruppels met het water van een waterscherm, is een grote hoeveelheid water nodig om een significante hoeveelheid ammoniak uit een ammoniakwolk te absorberen.
- > Yara heeft onderzoek gedaan naar het opstellen van monitoren om ammoniakwolken te verdunnen en te stuwen: effectiviteit, plaatsing, kosten, opbouwtijd enz.
- > Een Turbolöscher is geen optie want die kan alleen horizontaal gericht worden. Dan wordt de ammoniakwolk weliswaar verplaatst en verdund, maar de wolk blijft op leefniveau waardoor het probleem niet verholpen wordt. Bovendien is de opbouwtijd minstens 45 minuten.
- > Ammoniakwolken worden nu onder een hoek van 30° naar boven gestuwd door minimaal twee blusmonitoren. De stuwing van ammoniak is het gevolg van het Venturi-effect.¹⁶
- > Bij een inzet kan de bedrijfsbrandweer gebruik maken van vier blusmonitoren die op de TS aanwezig zijn. Het personeel is getraind om blusmonitoren te plaatsen. Per situatie wordt bekeken waar en hoe de blusmonitoren worden ingezet. De bedrijfsbrandweer voert vooraf geen metingen uit.
- > Voorbeeld: twee mobiele blusmonitoren worden bij een ammoniaklek op minder dan 10 meter van het lek geplaatst. De spuithoek is 30-45 ° naar boven gericht om zoveel mogelijk luchtverplaatsing te creëren. De straal mag niet gebonden zijn en mag niet direct op de uitstroomopening of reservoir gericht zijn.
- > De waterstraal van een blusmonitor bereikt een hoogte van 20 à 30 m. De oriëntatie van de waterstralen is piramidevormig; de waterstralen raken elkaar op die hoogte en ammoniak wordt dan flink meegezogen.
- > Bij Yara komen binnensituaties met ammoniak beperkt voor, alleen in fabrieken waar ammoniak als grondstof wordt gebruikt. Ammoniaklekkages zullen zich daarom vooral buiten voordoen.
- > Bij een ammoniaklekkage wordt gebruik gemaakt van water uit hydranten, niet van water dat op de tankautospuut aanwezig is.

¹⁷ Deel 1 van PGS 12 gaat over nieuwe opslagen voor koud ammoniak inclusief verlading, deel 2 over bestaande opslagen voor koud ammoniak en deel 3 over drukopslagen voor warm ammoniak.

- > Bepaalde inzetacties worden niet gebruikt, omdat de bedrijfsbrandweer niet over de middelen beschikt, omdat inzetacties niet mogelijk zijn en/of omdat de bedrijfsbrandweer niet meer naar het ammoniaklek gaat. Zo heeft Yara geen systemen om een ammoniakplas in te dammen en is het afdekken van een plas meestal niet mogelijk omdat er op het terrein te veel obstakels zijn om een zeil goed te plaatsen.
- > Het recondenseren van ammoniak is onder gecontroleerde omstandigheden wellicht mogelijk, maar niet in noodsituaties of als de fabriek gaat trippen. Bovendien moet de vloeibare ammoniak ergens naar toe worden gebracht om cryogeen te kunnen worden weggepompt.
- > Ook gebruikt Yara geen gaspakken meer. Niet alleen omdat de inzichten over inzetten veranderd zijn, maar omdat oefeningen lieten zien dat de gaspakdragers last kregen van bevrozingen.
- > Als je ammoniak oplost in water, moet je nadenken wat te doen met dat water. Bij Yara kan het vuilwater in een open bassin, in opslagtanks en/of in het procesrööl.
- > In noodsituaties zal de brandweer mogelijk milieuvervuiling verkiezen boven een langdurige GRIP-situatie met het schuilen en/of evacueren van mensen in de omgeving.
- > Yara denkt na over het sneller insluiten van systemen om het brongebied en de uitstroombuur beperkt te houden. De volgorde waarin systemen worden afgesloten is belangrijk.
- > Yara decontamineert bluskleding inclusief adembescherming met water en niet met lucht (ventilator). Als uitwaaien van ammoniak in ventilator namelijk niet goed gaat, slaat ammoniak meteen op de longen als de ademlucht wordt afgedaan.
- > Bij verlading van schepen zijn sprinklers aanwezig die een ammoniaklek tot 1 kg/s aankunnen.
- > Alleen bij verlading heeft Yara shelter-in-space. Bij een ammoniaklek gaan operators daarnaartoe om ademlucht op te doen om naar een veilige locatie te kunnen gaan.
- > Yara pleit ervoor om kennis op te bouwen over de inzet van de (bedrijfs)brandweer bij ammoniaklekkages en om de beperkingen van de hulpverlening te kennen.

Bijlage 5 Interview

Gezamenlijke Brandweer

De Gezamenlijke Brandweer (GB) levert brandweezorg aan zowel de gemeente Rotterdam als aan de aangesloten bedrijven in het havengebied.¹⁸ Op 13 augustus 2025 heeft een van de auteurs een gesprek gehad met twee werknemers van de GB, te weten Raymond Bras (leider beleidsteam en hoofdofficier van dienst (HovD)) en Erik Oudwater (domeinhouder Energietransitie en bevelvoerder). Onderstaande punten kwamen tijdens het gesprek naar voren.

- > In de chemische industrie komen ammoniakincidenten weinig voor en als er zich een ammoniaklekkage voordoet, bijvoorbeeld bij verlading, dan sluiten kleppen dermate snel, dat er geen grote hoeveelheid ammoniak vrijkomt.
- > Ammoniakincidenten zijn direct merkbaar en hebben impact. Bij ammoniakincidenten in het verleden heeft de GB gaspakken ingezet.
- > Op 7 augustus 2025 was er een ammoniaklekkage bij OCI. Hierbij heeft een team van Chemelot uit Sittard-Geleen de tankwagen drukloos gemaakt. OCI beschikt zelf niet over een bedrijfsbrandweer, omdat de voorziene scenario's beheerst worden met stationaire blusinstallaties.
- > Brandweerkorpsen worden begrensd door de middelen die ze hebben: met gaspakken en afdichtingsmiddelen kunnen lekken worden gedicht, met waterschermen (blusrobots) kan ammoniak worden verdund en kan de ammoniakwolk worden gestuurd, terwijl met schuim mogelijk een ammoniakplas kan worden afgedekt.
- > Om de beschikbare middelen optimaal in te kunnen zetten, heeft de brandweer kennis nodig over bijvoorbeeld hoe en waar waterschermen geplaatst moeten worden bij een ammoniaklek om ze zo effectief mogelijk te laten zijn. Deze kennis is bij een beperkt aantal mensen aanwezig, maar ontbreekt bij de meeste brandweerkorpsen, omdat ze te weinig ervaring hebben met incidenten met gevaarlijke stoffen en omdat bevelvoerders en officieren deze kennis niet krijgen tijdens hun opleiding. Door onwetendheid kunnen incidenten groter gemaakt worden.
- > De meeste ammoniakincidenten zijn beperkt qua omvang en de beschikbare middelen zullen voor deze incidenten voldoende zijn. De verwachte ontwikkelingen rondom ammoniak in het havengebied (meer opslag, kraken) kunnen echter incidenten met zich meebrengen die onbekend zijn qua aard en omvang. Daarom gaat de GB alle posten trainen in ammoniak.
- > De GB heeft bij Yara gezien dat recondensatie van ammoniak een goede manier is om een ammoniakwolk kleiner te maken. Hierbij wordt een slurf over een lekkende leiding of klep geplaatst waardoor ammoniak vloeibaar wordt en in een plas vloeit. De GB heeft zelf geëxperimenteerd met een speciaal soort zeil dat met banden en magneten kon worden aangespannen. Omdat het om kleine lekkages ging, werd dit met ademplucht gedaan en niet in gaspakken.

¹⁸ Niet alle bedrijven die aangesloten zijn bij de GB, hebben een aanwijzing bedrijfsbrandweer. Voor de bedrijven die dat wel hebben, neemt de GB de daarbij geldende verplichtingen over.

- > Een nadeel van stationaire blusinstallaties op inrichtingen is, dat de hoeveelheid water die beschikbaar is voor brandweerapparatuur, beperkt kan worden.
- > De GB geeft aan dat de bestrijding van ammoniak specialistische kennis vereist en dat die kennis goed georganiseerd moet zijn, niet alleen bij chemische installaties zelf maar ook daarbuiten (ketenveiligheid).

Bijlage 6 Interview H2K

H2K¹⁹ verzorgt opleidingen en trainingen voor repressief brandweerpersoneel van overheden en bedrijven en adviseert hen bij vragen over incidentbestrijding. H2K focust zich op de hoogrisico-industrie. Op 21 augustus 2025 heeft de auteur een gesprek gehad met Jochem van de Graaff, trainer en adviseur bij H2K. Onderstaande punten kwamen tijdens het gesprek naar voren.

- > Jochem geeft aan dat er diverse inzetacties zijn die bij ammoniakincidenten toegepast kunnen worden. Voorbeelden zijn het beperken van de uitstroom, het afdekken van de plas, het beperken van de omvang van de plas, recondensatie en verspreiding voorkomen of beperken.
- > Er bestaat veel onduidelijkheid over hoe de brandweer moet inzetten bij grote ammoniakincidenten. Zo is nog weinig bekend over:
 - de precieze doelen van de brandweerinzet;
 - de effectiviteit van verschillende inzetacties;
 - de veilige en effectieve uitvoering van inzettechnieken;
 - de middelen die de brandweer kan gebruiken;
 - de risico's die de brandweer loopt tijdens en door een inzet;
 - de grootte van ammoniaklekkages die de brandweer aankan met de beschikbare middelen.
 - de koppeling tussen incidentscenario's en hulpverleningsscenario's is vaak onduidelijk.²⁰
- > Die onduidelijkheid ontstaat onder meer door gebrek aan gevalideerde informatie, door gebrek aan ervaring en door de verschillende meningen van experts. Er zijn wel wat vuistregels maar de herkomst ervan is onbekend en door gebrek aan ervaring is niet bekend of de vuistregels wel valide zijn. Er is behoefte aan onderbouwde kennis en aan meer ervaring zodat een eventuele inzet beter onderbouwd is.
- > Enkele vragen die de onduidelijkheid illustreren:
 - Tot welke omvang van ammoniakincidenten kan de brandweer veilig en effectief optreden met een monitor met een capaciteit van bijvoorbeeld 1500 l/min zodat de benedenwindse effecten tot een acceptabel niveau zijn gemitigeerd?
 - Wat is de optimale druppelgrootte van water om zo effectief mogelijk ammoniak uit wolken op te lossen? Hoe verhoudt zich dat tot ventilatie- en turbintetechnieken? Op welke plaats zet je water in?
 - Is het beter om de bron te bestrijden, om ammoniakconcentraties naar beneden te krijgen of om aan effectbeperking te doen? Het doel van de inzet bepaalt immers wat en hoe je inzet? En vooral: hoe zet je schaarse middelen het meest effectief in?
 - Wanneer hebben we expertise en middelen van anderen nodig voor een inzet in het brongebied en/of het effectgebied?
- > De brandweer weet de ordegroottes niet van wat wel of niet werkt en heeft daardoor ook geen gevalideerde praktische vertalingen kunnen maken. Door middel van experimenten en 'het doen' kan de brandweerpraktijk worden nagebootst en kan

¹⁹ De naam H2K is geen afkorting, maar is afgeleid van de achternamen van de oprichters.

²⁰ De tijd-tempo van een incident heeft bijvoorbeeld invloed: is er nog sprake van uitstroom als de brandweer na een aantal minuten arriveert?

bepaald worden wat wel en niet werkt. Ook zullen dan mogelijk dingen zichtbaar worden die men op voorhand niet had verwacht of had voorzien.

- > Er is in Nederland niet zoveel vrije ruimte waar de brandweer ammoniakincidenten kan nabootsen. Bij brandweeroefencentra kun je alleen met kleine hoeveelheden ammoniak werken. Voor het beoefenen van grotere ammoniaklekkages moet de brandweer uitwijken naar het buitenland.
- > Als mensen getraind moeten worden voor het bestrijden van ammoniakincidenten, moet duidelijk zijn welk verhaal verteld moet worden. Het inzetten van mensen en middelen moet wel effectief en zinvol zijn.
- > De kennis hoe in te zetten bij ammoniakincidenten zit vooral bij het Landelijk Informatiepunt Ongevallen Gevaarlijke Stoffen (LIOGS) en het Platform Industriële Incidentbestrijding (PII). De leden van het PII zijn de Gezamenlijke Brandweer Rotterdam, Dow Terneuzen, Shell Chemicals in Moerdijk en Sitech Site Services in Geleen. De leden van dit platform bieden elkaar gespecialiseerde hulp, maar desgevraagd ook de overheidsbrandweer.
- > Er zou een document moeten komen waarin de (on)mogelijkheden van een brandweerinzet bij grote ammoniakincidenten staan beschreven, gebaseerd op ervaringen of onderbouwd met praktisch onderzoek. Het zou fijn zijn als dat document een soort beslisschema bevat dat duidelijk maakt wanneer wat te doen, met welk doel en met welke middelen. Nu weten we dit allemaal niet voldoende. Wat zijn de opties, waar zet je in om maximaal rendement te hebben?
- > Evacueren en schuilen bij ammoniakincidenten is een onderwerp dat ook een keer uitgezocht moet worden. Het beperken van het aantal slachtoffers kan immers doel zijn van de brandweerinzet.