

Haalbaarheidsstudie NSP-pijpleiding

Disclaimer:

Deze studie is een conceptuele analyse waarin meerdere NH₃-volumescenario's en een aantal belangrijke aannames zijn verwerkt, welke is gebaseerd op de huidige marktontwikkelingen, het beleidskader en de relevante wetgeving. De resultaten mogen niet worden geïnterpreteerd als definitief of voorspellend, aangezien toekomstige ontwikkelingen kunnen afwijken door factoren die buiten de reikwijdte van deze analyse vallen, zoals toekomstige beleidsbeslissingen en marktontwikkelingen die de aannames en conclusies van deze studie kunnen beïnvloeden of wijzigen.

Scope

North Sea Port (NSP) heeft WSP, met ondersteuning van AVIV, opdracht gegeven om een haalbaarheidsstudie uit te voeren naar het transport van ammoniak (NH₃) vanuit geplande NH₃-terminallocaties in de havens van Vlissingen en Terneuzen naar Duitsland via België. Deze opdracht volgt op het besluit van de Nederlandse overheid in december 2024 om de eerste fase van de Delta Rhine Corridor (DRC) te beperken tot waterstof- en koolstofdioxidenleidingen, waardoor alternatieve transportmogelijkheden voor ammoniak moeten worden onderzocht.

De doelstellingen van de studie in 2025 zijn:

- **Het beoordelen van de veiligheids- en ruimtelijke implicaties** van het transport van ammoniak via verschillende modaliteiten (spoor, binnenvaart en pijpleiding), inclusief juridische kaders en maatschappelijke risicobeoordelingen in zowel Nederland als België;
- **Het vaststellen van de technische haalbaarheid** van een pijpleidingverbinding tussen de havens van Vlissingen en Terneuzen en Antwerpen. Deze verbinding is bedoeld om in de toekomst een koppeling met Duitsland via Vlaanderen, België, mogelijk te maken door integratie met een veronderstelde pijpleidingcorridor van Antwerpen naar het Ruhrgebied;
- **Het kwantificeren van de kosten** per transportmodaliteit en het **identificeren van de economische omslagpunten 'turning points'** waarbij pijpleiding transport kosten effectiever wordt dan spoor- of binnenvaartalternatieven.

De studie omvat tevens **een vergelijkende analyse van de haalbaarheid, tracering en capaciteitsbeperkingen** van alle drie de transportmodaliteiten, waarbij deze onderling worden vergeleken en getoetst aan geactualiseerde vraagscenario's en input van stakeholders.

Achtergrond

Ammoniak is geïdentificeerd als een **belangrijk alternatief energiedrager** voor het verduurzamen van moeilijk te reduceren sectoren, zoals de chemische industrie, raffinage en zware industrie, die grotendeels geconcentreerd zijn in West-Duitsland. Nederlandse en Belgische havens, waaronder North Sea Port, zullen naar verwachting een centrale rol spelen als importhubs voor ammoniak die buiten Europa wordt geproduceerd. Hiermee ondersteunen zij de doelstellingen van de Europese Green Deal: een reductie van netto broeikasgasemissies met **55%** in 2030 ("**Fit for 55**") en het bredere streven naar klimaatneutraliteit in 2050.

In **2024** kreeg WSP van NSP de opdracht om de haalbaarheid te onderzoeken van een ammoniakpijpleiding van Vlissingen naar Moerdijk, als aansluiting op de Delta Rhine Corridor (DRC). Na het besluit van de Nederlandse overheid om ammoniak uit te sluiten van de initiële scope van de DRC, wil NSP nu alternatieve routes via België verkennen. Daarbij wordt rekening gehouden met de geplande NH₃-terminals binnen NSP en de veronderstelling dat er een NH₃ pijpleiding van Antwerpen richting Duitsland zal komen.

Deze **studie uit 2025** bouwt voort op het eerdere onderzoek en richt zich op het beoordelen en kwantificeren van de kosten- en veiligheidsaspecten van het transport van ammoniak van NSP naar Duitsland via drie modaliteiten: spoor, binnenvaart en pijpleiding. De studie onderzoekt niet de haalbaarheid van ammoniak als energiedrager, maar richt zich op de infrastructuur en investeringsvoorwaarden die nodig zijn om het transport mogelijk te maken. De onderstaande tabel toont de belangrijkste verschillen tussen de studie van 2024 en die van 2025:

Vergelijking tussen de studie van 2024 en 2025

Aspect	Studie 2024	Studie 2025
Transport-modaliteiten	Spoor, binnenvaart, EHB (European Hydrogen Backbone), NH ₃ pijpleiding (naar Moerdijk).	Spoor, binnenvaart, NH ₃ pijpleiding (naar Antwerpen). EHB uitgesloten vanwege omvangrijke kosten.
NH ₃ volume-scenario's	Laag/Centraal/Hoog – 3/6/9 mtpa in 2040	Laag/Centraal/Hoog/Uitgebreid – 1,5/3/4,5/6 mtpa in 2040
Beoordeelde tracés	Vlissingen → Moerdijk (Structuurvisie Buisleidingen corridors).	Vlissingen & Terneuzen → Antwerpen (Structuurvisie Buisleidingen corridors).
Doelstelling	Haalbaarheid van een NSP–Moerdijk-pijpleiding als aansluiting op de Delta Rhine Corridor (DRC).	Haalbaarheid van een NSP–Antwerpen-pijpleiding om koppeling met Duitsland via België mogelijk te maken.
Belangrijkste aannames	- Capaciteit DRC-ammoniakpijpleiding: 25 mtpa - 75% export naar Gelsenkirchen, 25% naar Karlsruhe - Routing gericht op Vlissingen–	- Pijpleiding Antwerpen–Duitsland bestaat en is toegankelijk - Alle ammoniak geëxporteerd naar Gelsenkirchen - Twee derde NH₃-volumes uit Vlissingen, een

	Moerdijk -Basisnet-richtlijnen toegepast; kratermodel vermeld maar niet verplicht - Pijpleiding kosteneffectief vanaf ~3 mtpa - Vergunningverlening onder bestaande kaders aangenomen	derde uit Terneuzen - Een MUK-tunnel met NH ₃ -pijpleiding onder de Scheldedelta verbindt de havens van Vlissingen en Terneuzen, zodat één pijpleiding beide haven gebieden bedient - Kratermodel toegepast voor risicobeoordeling pijpleiding - Dubbele pijpleidingen voorgesteld voor hoge en uitgebreide scenario's met betrekking tot veiligheidseisen - Geen goed alternatief m.b.t. binnenvaartroutes door België aanwezig
--	--	--

Voor de uitvoering van deze studie hebben WSP en AVIV gebruikgemaakt van interne technische en sectorspecifieke expertise, een review uitgevoerd van academische literatuur en branchepublicaties, en een aantal industriële stakeholders geconsulteerd. Gegevens en informatiebronnen worden door het hele document vermeld. De stakeholders die in het kader van deze studie zijn geraadpleegd, worden weergegeven in de onderstaande tabel.

Geraadpleegde stakeholders

Stakeholdergroep	Stakeholder(s)
NSP-terminaloperators	NSP-marktpartijen
Projectconsortium	Smart Delta Resources Provincie Zeeland NSP
Pijpleidingoperators	Pipelink, België Fluxys, België
Publieke instanties	KGG (voorheen EZK) en IenW, Nederland FOD Economie, België Infrabel, België Departement Omgeving, Vlaanderen, België

Ammoniakvolumes

NSP-terminaloperators zijn van plan aanzienlijke opslagcapaciteit voor ammoniak te ontwikkelen in de havens van Vlissingen en Terneuzen.

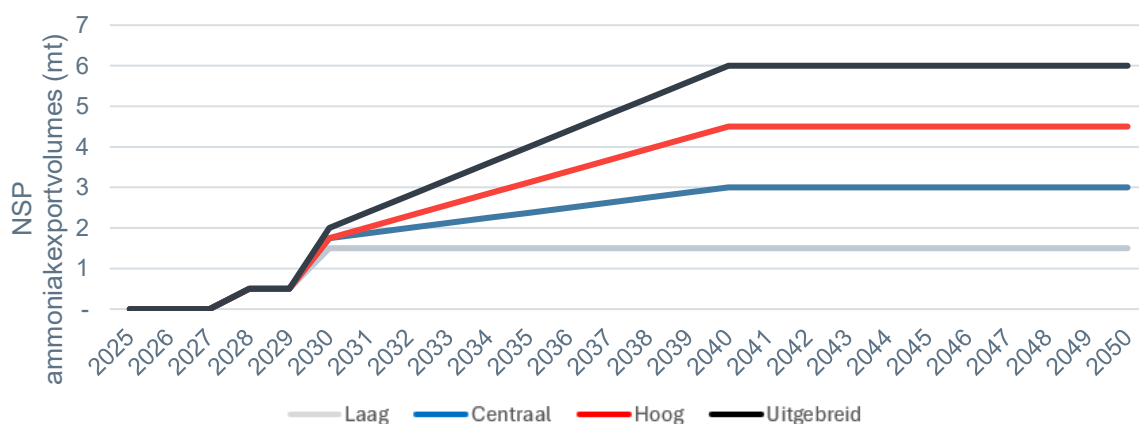
De volumes ammoniak die vanuit NSP naar Duitsland worden geëxporteerd en die in deze studie zijn gebruikt voor kosten- en veiligheidsanalyses, zijn gebaseerd op:

- Geplande opslagcapaciteiten voor ammoniak in de havens van Vlissingen en Terneuzen;

- Veronderstelde doorvoerniveaus afgeleid van deze capaciteiten;
- Het aandeel van de totale doorvoer dat naar Duitse eindgebruikers wordt vervoerd.

Vier volumescenario's zijn ontwikkeld in samenwerking met NSP-stakeholders. In elk scenario nemen de volumes toe vanaf 2028 en bereiken zij een stabiel niveau in 2040. Alle scenario's gaan uit van een verdeling van **twee derde vanuit Vlissingen** en **één derde vanuit Terneuzen**, met uitzondering van het lage scenario (50:50 verdeling). Alle volumes worden verondersteld te worden vervoerd naar Gelsenkirchen, op basis van geactualiseerde input van stakeholders.

NSP-scenario's voor ammoniakexportvolumes (2025–2050)



Tenzij anders vermeld, zijn de evaluaties van infrastructuur, veiligheid en kosten gebaseerd op het centrale scenario, dat uitgaat van een volume van **3,0 miljoen ton per jaar (mtpa) in 2040**. Dit sluit aan bij projecties uit een industriestudie die in 2023 aan de Tweede Kamer is gepresenteerd. Daarin werd aangegeven dat, om de doelstellingen van de Europese Green Deal en Fit for 55 te behalen, aanzienlijke ammoniakexporten van Nederland naar Duitsland nodig kunnen zijn, die mogelijk kunnen oplopen tot circa 20 miljoen ton in de periode 2030–2035.

Transport van ammoniak

Route bepaling

De route bepaling van ammoniaktransport van North Sea Port (NSP) naar het Duitse achterland - met name het Ruhrgebied - is een cruciale factor die de haalbaarheid, veiligheid en ruimtelijke impact van de voorgestelde transportoplossingen beïnvloedt. De studie beoordeelt drie transportmodaliteiten: **spoor**, **binnenvaart** en **pijpleiding**, elk met specifieke tracé overwegingen.

Voor spoor zijn twee routes vanuit de havens van Vlissingen en Terneuzen onderzocht, die beide samenkomen ten oosten van Antwerpen. Deze routes zijn ontwikkeld in overleg met Infrabel en beoordeeld via bureaustudie en stakeholderinput.

Veiligheidsbeoordelingen zijn uitgevoerd conform het Nederlandse *Besluit Basisnet* voor de Nederlandse delen van de routes, aangezien deze wettelijk verplicht zijn voor het vervoer van gevaarlijke stoffen in Nederland. België kent geen vergelijkbare externe veiligheidsafstand eisen voor spoor; daar wordt voldaan middels de Regeling betreffende het internationaal vervoer van gevaarlijke goederen (RID) en de Belgische Spoorwegcode, die de operationele veiligheid regelen maar geen externe risicocontourberekeningen verplicht stellen. Voor elke route is één stad geselecteerd om het maatschappelijk risico te beoordelen op basis van de hoogste verwachte blootstelling.

Binnenvaart is beoordeeld op basis van één route die de bevaarbare waterwegen van klasse VI volgt, met name de Waal en het Hollands Diep, gekozen vanwege hun capaciteit en het vermijden van stedelijke centra. Routes door België zijn uitgesloten vanwege onvoldoende infrastructuur voor grote schepen, wat aanzienlijk meer transport verplaatsingen zou vereisen en daarmee de operationele complexiteit, het risico en de kosten zou verhogen.

De route bepaling van pijpleidingen bouwt voort op de haalbaarheidsstudie van 2024, met geactualiseerde beoordelingen voor routes vanuit zowel Sloehaven (Vlissingen) als de haven van Terneuzen naar de haven van Antwerpen. Alle routes volgen de *Structuurvisie Buisleidingen* (SvB)-corridors en zijn gericht op aansluiting bij de veronderstelde toekomstige pijpleiding Antwerpen–Ruhr nabij de snelwegen A12/R2. Stakeholderconsultaties, waaronder Fluxys en Pipelink, hebben bijgedragen aan de selectie van technisch haalbare routes die het maatschappelijk risico minimaliseren en aansluiten bij bestaande infrastructuur.

Vanuit Vlissingen volgt de voorkeursroute de SvB-corridor door Noord-Brabant en gaat verder via de A12 naar het overdrachtspunt. Vanuit Terneuzen zijn twee opties beoordeeld: één via België (Gent–Antwerpen) en één via Zeeland in Nederland. De voorkeursroute vanuit Terneuzen loopt door Zeeland, volgt een bestaande pijpleidingcorridor nabij Sluiskil en buigt vervolgens zuidelijk af bij Doel om Antwerpen te bereiken. Deze route profiteert van bestaande corridorafspraken en vermijdt smalle Belgische secties die haalbaarheidsrisico's opleveren.

Materieel

Het spoorvervoer van ammoniak vanuit NSP vereist voldoende rollend materieel om aan de geprojecteerde volumes te voldoen. In de studie wordt aangenomen dat al het spoorvervoer van ammoniak plaatsvindt via bloktreinen. Originele apparatuur fabrikanten (OEM's) zouden in staat kunnen zijn de productie van geschikte spoortankwagens op te schalen, maar dit is afhankelijk van duidelijke en aanhoudende industriële vraag. Concurrentie om rollend materieel op andere goederencorridors kan de beschikbaarheid beperken, wat mogelijk gevolgen heeft voor de betrouwbaarheid.

Onze huidige analyse is gebaseerd op bloktreinen van 25 wagons, waarbij rekening wordt gehouden met toekomstige spoorontwikkelingen in het North Sea Port gebied.

Type G-tankschepen vormen de standaardklasse voor het vervoer van ammoniak onder de huidige Europese veiligheidsvoorschriften. De bestaande vloot is echter beperkt in aantal en capaciteit, en de meeste schepen zijn ontworpen voor kleinschalig chemisch transport in plaats van voor langdurige grootschalige ammoniakstromen. Om aan de geprojecteerde volumes voor NSP-export te voldoen, is een aanzienlijke uitbreiding van de vloot noodzakelijk. Deze uitbreiding wordt beperkt door twee hoofd-factoren. Ten eerste zijn de productietijden voor nieuwe schepen lang en sterk afhankelijk van investeringssignalen van OEM's en marktzekerheid. Ten tweede vormt de beschikbaarheid van bemanning een uitdaging, aangezien de binnenvaarttankermarkt al kampt met een tekort aan opgeleid personeel, wat de operationele capaciteit verder kan beperken.

Daarnaast vormen **gekoelde (cryogeen) tankschepen** een mogelijke oplossing voor deze beperkingen. Deze schepen vervoeren ammoniak bij lagere temperaturen, waardoor de dampdruk afneemt en de veiligheidsmarges verbeteren. Ze maken ook grotere ladingen en betere operationele flexibiliteit bij warmere omstandigheden mogelijk. De invoering van gekoelde tankschepen vereist echter hogere kapitaalinvesteringen en afstemming op regelgeving, aangezien deze nog niet breed worden ingezet in de Europese binnenvaart.

Het vervoer van **ammoniak via pijpleidingen** vereist nieuwe infrastructuur, waarbij de diameter van de leidingen wordt afgestemd op de geprojecteerde volumes. Voor scenario's met hogere volumes worden dubbele leidingen voorgesteld om risico's te beperken en aan de veiligheidsvereisten te voldoen. De studie bevat geactualiseerde volumes om de juiste dimensionering voor routes vanuit zowel Sloehaven als de haven van Terneuzen te bepalen. Conceptuele oplossingen zijn ontwikkeld om mogelijke knelpunten aan te pakken, en hoewel aanvullende veiligheidsmaatregelen niet wettelijk verplicht zijn, worden deze overwogen om maatschappelijke risico's te beperken, met name in dichtbevolkte gebieden.

Infrastructuur

De spoorinfrastructuur in Nederland ondervindt reeds capaciteitsbeperkingen, met name op cruciale trajecten zoals het spoor tussen NSP Sloehaven (vlissingen) en Roosendaal. In de Sloehaven lijkt de huidige en geplande infrastructuur onvoldoende om de geprojecteerde volumes aan ammoniaktreinen te verwerken, zelfs na upgrades. De studie benadrukt dat de beschikbaarheid van capaciteit ook afhankelijk is van andere producten die per spoor worden vervoerd, aangezien concurrentie om slots (ruimte) op belangrijke corridors de verplaatsing van ammoniak verder kan beperken.

Hoewel prognoses van ProRail aangeven dat er capaciteit is voor extra treinen op de Sloehaven - Roosendaal corridor, blijven knelpunten bestaan bij de NSP-terminals en binnen het bredere Nederlandse en Belgische netwerk. De beschikbare capaciteit zal afhangen van de groei in volumes van andere goederen. In de haven van Terneuzen zorgen infrastructuurbeperkingen en de vereisten voor locomotiefwissels voor extra beperkingen. De bevindingen wijzen erop dat spoorinfrastructuur een knelpunt kan vormen voor het vervoer van ammoniak vanuit NSP, afhankelijk van het scenario:

- Onder het scenario met lage volumes lijkt spoorvervoer haalbaar binnen de bestaande capaciteit;
- Scenario's met hogere volumes vereisen een gedetailleerde capaciteitsstudie en mogelijk aanzienlijke infrastructuurupgrades om betrouwbaarheid en naleving van veiligheidsnormen te waarborgen.

De infrastructuur voor binnenvaart kent onder normale operationele omstandigheden over het algemeen minder capaciteitsbeperkingen, doordat het bestaande vaarwegennetwerk voldoende mogelijkheden biedt voor het vervoer met grote binnenvaartschepen. De studie signaleert echter diverse operationele knelpunten die de betrouwbaarheid van de binnenvaart kunnen beïnvloeden. Het gaat hierbij onder meer om congestie bij cruciale binnenvaartsluizen, beperkingen in de doorvaartcapaciteit op kanaalknelpunten en verstoringen als gevolg van fluctuerende waterstanden, in het bijzonder op de Rijn. Deze factoren, die naar verwachting kunnen toenemen door grotere klimaat gerelateerde variabiliteit, brengen onzekerheden met zich mee ten aanzien van de structurele betrouwbaarheid van het vervoer over de binnenwateren.

De pijpleidinginfrastructuur voor ammoniak wordt beoordeeld als technisch haalbaar, zonder grote belemmeringen voor de aanleg van de NSP–Antwerpen pijpleiding met gangbare methoden zoals open ontgraving en horizontaal gestuurd boren. De dimensionering van de pijpleiding varieert per scenario, waarbij dubbele leidingen worden voorgesteld voor hogere volumes om aan veiligheidsvereisten te voldoen. Het voorgestelde ontwerp voldoet aan de huidige wettelijke vereisten en sluit aan bij de aangewezen pijpleidingcorridors onder de Wet ruimtelijke ordening. Alle scenario's gaan uit van een ontwerpdruk van 100 barg, een aanlegdiepte van 2,0 m en het gebruik van koolstofstaal L290/API 5L X42 conform Europese normen voor gevaarlijke leidingen. De specificaties van de pijpleiding per scenario zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Scenario	Nominale diameter	Wanddikte	Opmerkingen
Laag (1,5 MTPA)	10" (≈273 mm)	12,7 mm	Enkele pijpleiding

Centraal (3 MTPA)	12" (≈324 mm)	14,3 mm	Enkele pijpleiding
Hoog (4,5 MTPA)	10" + 12"	12,7 14,3 mm	Dubbele pijpleidingen voor veiligheidsredenen
Uitgebreid (6 MTPA)	2 × 12"	14,3 mm	Dubbele pijpleidingen voor veiligheidsredenen

Veiligheidsbeoordeling

In Nederland wordt de externe veiligheid voor het vervoer van ammoniak gereguleerd door de Omgevingswet, met nadruk op plaatsgebonden risico. Dit risico mag niet hoger zijn dan een jaarlijkse kans van 1 op 1 miljoen op overlijden voor kwetsbare gebouwen, wat een wettelijke grens vormt voor vergunningverlening. Voor het berekenen van risicocontouren wordt de SAFETI-NL-tool gebruikt. Hoewel ook het groepsrisico wordt beoordeeld ter ondersteuning van besluitvorming, heeft dit geen juridische betekenis bij vergunningverlening.

Voor pijpleidingen hanteert de studie het kratermodel, dat inmiddels sterk wordt aanbevolen door het RIVM. Dit model simuleert kratervorming en verticale gasuitstoot na een breuk, wat leidt tot grotere risicocontouren dan eerdere modellen. Om te voldoen aan de veiligheidsvoorschriften in scenario's met hoge en uitgebreide volumes, adviseert de studie het gebruik van twee pijpleidingen met kleinere diameter in plaats van één grote, voor de twee hogere scenario's. Deze aanpak vermindert de impact van een mogelijke storing en limiteert de risicocontouren onder het kratermodel.

In België is het externe veiligheidskader minder gecentraliseerd en verschilt het per vervoersmodaliteit. Voor pijpleidingen is een risicoanalyse vereist voor vergunningverlening. Hoewel ammoniak nog niet formeel is opgenomen in de Belgische technische code voor toxische stoffen, worden beoordelingen uitgevoerd op basis van normen voor brandbare en oxiderende stoffen. Deze omvatten een risicogrens van 10^{-5} per jaar binnen 10 meter van de pijpleiding (of 4 meter voor leidingen met lage druk) en 10^{-6} per jaar in woongebieden daarbuiten. Woongebouwen zijn niet toegestaan binnen de 10^{-6} -contour, wat aansluit bij de Nederlandse normen. Vanaf 2025 zijn in het Burgerlijk Wetboek nieuwe bepalingen ingevoerd die een vorm van buitencontractuele aansprakelijkheid introduceren. Hierdoor worden leidingbeheerders en hun onderaannemers rechtstreeks aansprakelijk voor veiligheidsincidenten en tekortkomingen.

Kostenvergelijking

De kostenvergelijking beoordeelt spoor-, binnenvaart- en pijpleidingstransport op basis van een standaardmaatstaf van €/ton-kilometer (€/tkm), gemodelleerd over meerdere volumescenario's. De kosten zijn gebaseerd op marktgegevens, consultatie van

stakeholders en eerdere studies, waarbij het SSK¹ 2018-kostenramingskader is toegepast om kapitaaluitgaven (CAPEX) en operationele uitgaven (OPEX) te scheiden over een ontwerplevensduur van 25 jaar.

Spoorvervoer wordt geraamd op **€0,030/tkm**, uitgaande van bloktreinen met tankwagons. Dit is kosteneffectief bij lagere volumes, maar wordt beperkt door infrastructuurbeperkingen bij NSP-terminals en in het bredere netwerk. De kosten variëren per operator, waarbij DB Cargo en Lineas de regionale markt domineren. Dit cijfer weerspiegelt uitsluitend operationele kosten en sluit grote initiële investeringen uit.

Binnenvaart wordt geraamd op **€0,060/tkm**, gebaseerd op gegevens van CCNR en KiM. Het is haalbaar voor middelgrote volumes en politiek acceptabel, maar de betrouwbaarheid wordt beïnvloed door seizoensgebonden fluctuaties in waterstanden en congestie in havens. Net als bij spoor betreft deze kostenschatting jaarlijkse operationele uitgaven en geen grote initiële investeringen kosten.

Pijpleidingtransport in het centrale scenario van 3 MTPA heeft de volgende levenscycluskosten:

- NSP – Antwerpen route: **€0,076/tkm**
- Antwerpen – Duitsland segment: **€0,052/tkm**

In tegenstelling tot spoor en binnenvaart zijn deze waarden de gemiddelde levenscycluskosten over 25 jaar, inclusief zowel CAPEX als OPEX, geamortiseerd over de geprojecteerde volumes. Het NSP–Antwerpen-traject heeft een hogere €/tkm omdat het een kortere route betreft met hoge vaste kosten voor nieuwe infrastructuur en complexe constructie in havengebieden, terwijl het segment Antwerpen–Duitsland profiteert van grotere lengte en hogere veronderstelde capaciteit, waardoor schaalvoordelen de eenheidskosten verlagen.

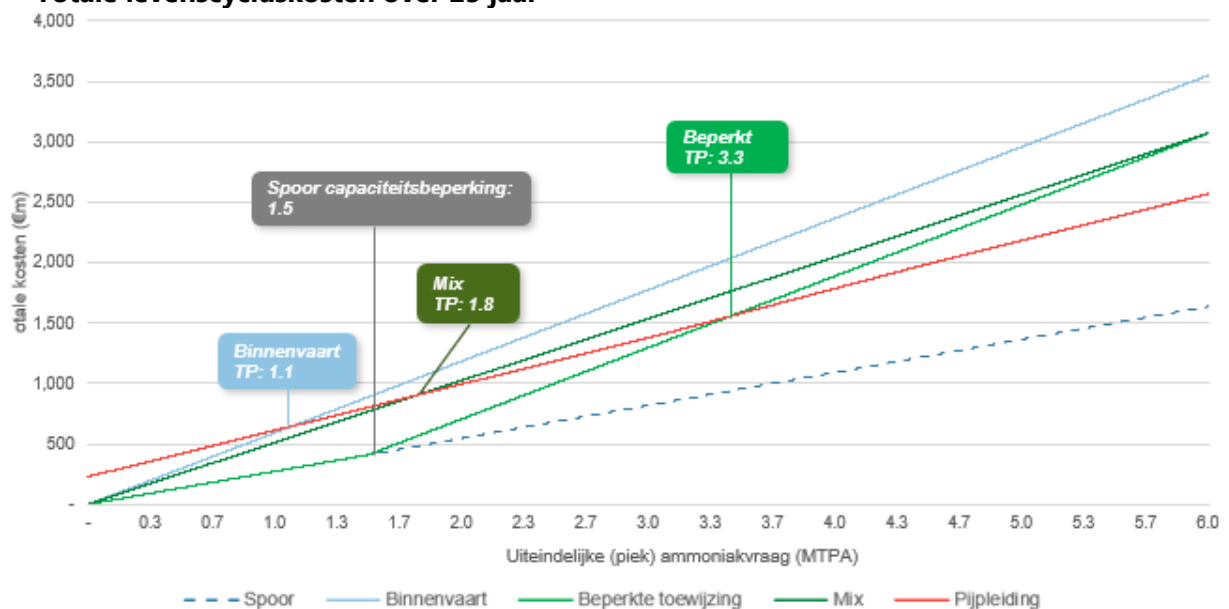
De voorkeursroute via **Sluiskil** biedt de meest efficiënte grensoverschrijdende aansluiting. Transport middels pijpleiding vereist echter aanzienlijke initiële investeringen, met een geschatte **CAPEX van €128 à 159 miljoen** en een jaarlijkse **OPEX van €6 à 7 miljoen**, inclusief een risicobuffer van 40% om onzekerheden af te dekken. Deze kosten weerspiegelen de complexiteit van het aanleggen van een nieuwe pijpleiding door dichtbebouwde havengebieden en het voldoen aan strenge veiligheidsvereisten. Voor scenario's met hogere volumes omvat het ontwerp twee pijpleidingen met kleinere diameter in plaats van één grote pijpleiding. Deze aanpak waarborgt naleving van veiligheidsvoorschriften onder het kratermodel en houdt risicocontouren binnen acceptabele grenzen.

¹ SSK: Standaard Systematiek Kostenramingen

De onderstaande grafiek toont het economisch omslagpunt, het volume waarbij pijpleidingstransport kosten effectiever wordt dan alternatieve modaliteiten:

- Scenario 1 – **Binnenvaart**: De pijpleiding wordt kostenefficiënter bij volumes vanaf circa 1,1 miljoen ton per jaar. Hoewel de binnenvaart lagere initiële investeringen kent, liggen de operationele kosten substantieel hoger, waardoor de pijpleiding bij hogere doorvoerstromen voordeliger wordt.
- Scenario 2 – **Mix** (25% spoor / 75% binnenvaart): In dit scenario ligt het omslagpunt rond 1,8 miljoen ton per jaar. Vanaf dit volume overstijgen de gecombineerde kosten van spoor en binnenvaart de afnemende kosten per eenheid van de pijpleiding.
- Scenario 3 – **Beperkte toewijzing** (spoor tot maximale capaciteit, overschot via binnenvaart): De pijpleiding wordt kostenefficiënter bij circa 3,3 miljoen ton per jaar, op het moment dat de maximale spoorcapaciteit is bereikt en de binnenvaart wordt ingezet voor de resterende volumes.
- Scenario 4 – **Alleen spoor**: In puur financiële zin wordt de pijpleiding in dit scenario niet goedkoper dan spoor (ongeveer €0,030/tkm versus €0,076/tkm). Echter, de beschikbare spoorcapaciteit bedraagt doorgaans slechts circa 1,5 miljoen ton per jaar, waardoor exclusief spoorvervoer praktisch niet haalbaar is bij hogere volumestromen.

Totale levenscycluskosten over 25 jaar



De kostenlijn voor pijpleidingstransport is relatief vlak vanwege de hoge initiële CAPEX en lage doorlopende OPEX over de ontwerpduur van 25 jaar. De vaste kosten worden uitgesmeerd over toenemende volumes, waardoor schaalvoordelen ontstaan. Daarentegen vertonen scenario's voor binnenvaart en gemengde modaliteiten steilere

curves, gedreven door stijgende marginale kosten en capaciteitsbeperkingen. Deze omslagpunten markeren het moment waarop de initiële investering in pijpleiding wordt gecompenseerd door lagere operationele kosten op lange termijn. De grafiek benadrukt echter het belang van volume zekerheid en vroege infrastructuurplanning.

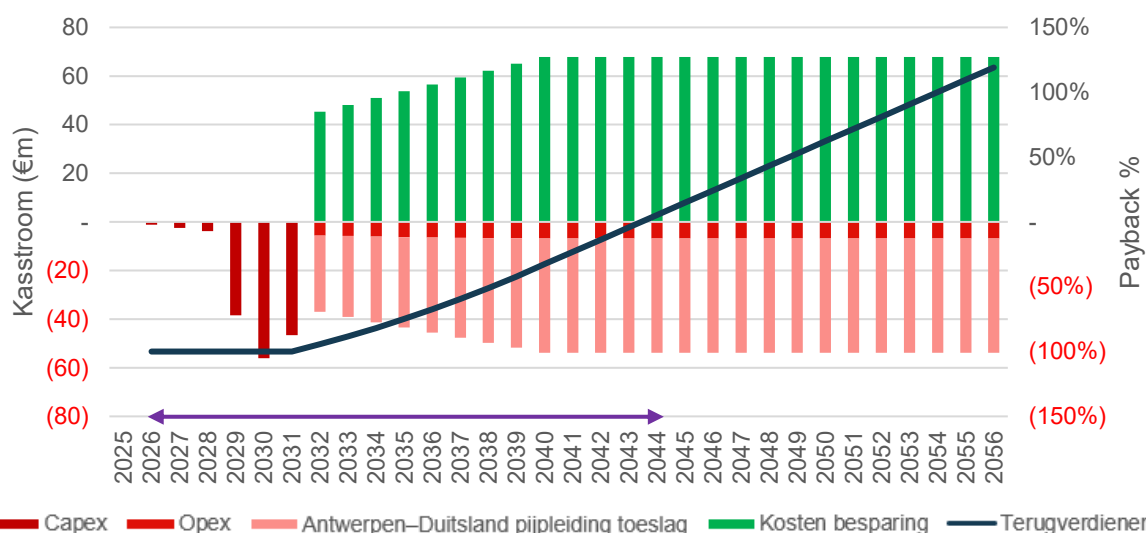
Er is een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd om de robuustheid van het economisch omslagpunt en de terugverdientijd van investeringen onder het centrale volumescenario te testen. De resultaten tonen aan dat de haalbaarheid het meest gevoelig is voor kosten van binnenvaart en aannames met betrekking tot de pijpleiding Antwerpen–Duitsland, waaronder toegangsvergoedingen en CAPEX/OPEX van de pijpleiding. Variaties van $\pm 10\%$ in deze parameters kunnen zowel het omslagpunt als de terugverdientijd aanzienlijk verschuiven, wat het belang benadrukt van nauwkeurige kostenprognoses en stabiele marktomstandigheden.

Terugverdientijd van de investering

De studie beoordeelt tevens de terugverdientijd van de pijpleidinginvestering onder het centrale volumescenario. In de meeste vervoersscenario's wordt de investering binnen de ontwerplevensduur van 25 jaar terugverdiend. Dit weerspiegelt stabiliteit van pijpleidingtransport kosten zodra een stabiele volumestroom is bereikt. Alleen in het scenario met een beperkte toewijzing loopt de terugverdientijd langer dan de ontwerp-levensduur van 25 jaar. In dat scenario wordt verondersteld dat zowel spoor- als binnenvaartcapaciteit volledig beschikbaar blijft om een substantieel deel van de ammoniakvolumes over langere tijd te vervoeren. Zoals beschreven in het volledige rapport vergt dit een continue beschikbaarheid van voldoende spoorwagons, spoor routes en terminalcapaciteit, evenals een consistente inzet van gespecialiseerde binnenvaartschepen en goed opgeleid personeel. Al deze middelen staan echter onder druk door concurrentie met andere goederenstromen en corridors.

Deze beperkingen benadrukken dat de relatieve concurrentiepositie van pijpleidingtransport niet alleen wordt bepaald door kosten, maar ook door de langdurige beschikbaarheid van alternatieve modaliteiten. De analyse laat zien dat de pijpleiding in de kernscenario's binnen de operationele ontwerplevensduur kan worden terugverdiend en een robuuste, lange termijnoplossing biedt voor het vervoer van ammoniak.

Voor deze studie is een ontwerplevensduur van 25 jaar gehanteerd, omdat dit de gebruikelijke aanname is binnen pijpleidingontwerp. In de praktijk blijkt dat pijpleidingen,



bij adequaat onderhoud en assetmanagement, vaak aanzienlijk langer veilig kunnen blijven functioneren en in sommige gevallen meer dan 70 jaar in bedrijf blijven.

Deze bovenstaande grafiek toont hoe de terugverdientijd van de pijpleiding wordt berekend onder het centrale volumescenario. De berekening is gebaseerd op cumulatieve kasstromen in de tijd, waarbij de initiële kapitaalinvestering (CAPEX) en doorlopende operationele kosten (OPEX) worden vergeleken met jaarlijkse kostenbesparingen ten opzichte van alternatieve vervoersmodaliteiten. Het omslagpunt wordt bereikt wanneer de cumulatieve besparingen de initiële investering en operationele kosten compenseren. De curve benadrukt de impact van negatieve kasstromen in de eerste jaren door hoge CAPEX en het belang van volume zekerheid voor het realiseren van lange termijn rendement.

Belangrijkste bevindingen & Aanbevelingen

De aanleg van een ammoniakpijpleiding van North Sea Port (NSP) naar Antwerpen is technisch haalbaar en wordt economisch rendabel zodra volumes het punt bereiken waarop pijpleidingkosten lager worden dan die van alternatieve modaliteiten. Op basis van levenscycluskostenanalyse en scenariomodellering zijn de volgende economische omslagpunten bepaald:

- Scenario 1 – Binnenvaart: De pijpleiding wordt kostenefficiënter vanaf een volume van circa **1,1 miljoen ton per jaar**. De binnenvaart kent weliswaar lagere aanvangsinvesteringen, maar heeft hogere operationele kosten, waardoor de pijpleiding bij hogere volumes voordeliger wordt.
- Scenario 2 – Mix (25% spoor / 75% binnenvaart): Het omslagpunt ligt in dit scenario rond **1,8 miljoen ton per jaar**, het moment waarop de gecombineerde kosten van spoor- en binnenvaartvervoer de dalende kosten per eenheid van de pijpleiding overstijgen.

- Scenario 3 – Beperkte toewijzing (spoor tot maximale capaciteit, overschot via binnenvaart): De pijpleiding wordt kostenefficiënter bij volumes van ongeveer **3,3 miljoen ton per jaar**, wanneer de maximale spoorcapaciteit is bereikt en de resterende volumes via de binnenvaart worden afgehandeld.
- Scenario 4 – Alleen spoor: in strikt financiële zin wordt de pijpleiding in dit scenario niet goedkoper dan spoor (circa €0,030 per tonkilometer versus €0,076 per tonkilometer). De **spoorcapaciteit is echter beperkt tot 1,5 miljoen ton per jaar**, waardoor exclusief spoorvervoer bij hogere volumes feitelijk niet uitvoerbaar is.

De schatting voor kapitaalinvestering, bij het centrale scenario, bedraagt circa **€150 miljoen**, met jaarlijkse operationele kosten van **€6 à 7 miljoen** en een transportkost van **€0,076/tkm**, vergelijkbaar met de transportkosten van de NSP - Moerdijk route (Studie 2024). Over een periode van 25 jaar zal het transport middels pijpleiding de laagste kosten hebben voor grootschalige ammoniakstromen ten opzichte van de alternatieve modaliteiten, mits de transportvolumes de bovengenoemde drempels overschrijden. Hoewel spoorvervoer op eenheidsprijs goedkoper is, beperken infrastructuur- en beleidsbeperkingen de schaalbaarheid, wat de noodzaak van een gecombineerde transportaanpak op korte en middellange termijn versterkt.

Op korte en middellange termijn blijven **spoor en binnenvaart essentieel** om toeleveringsketens op te bouwen en gebruikers zonder aansluiting op het leidingnet te bedienen. Geen van beide modaliteiten kunnen echter separaat aan de geprojecteerde vraag voldoen, vanwege capaciteits- en betrouwbaarheidsbeperkingen. Dit vereist een gecombineerde transportaanpak en aanzienlijke investeringen in ondersteunende infrastructuur en vlootuitbreiding. Vanuit veiligheidsperspectief biedt binnenvaart momenteel het laagste risico, zonder kwetsbare gebouwen binnen de risicocontouren. Transport middels pijpleiding voldoet tot 1,5 MTPA onder specifieke voorwaarden; transport van 3,0 MTPA of meer zouden de veiligheidsdrempels overschrijden, specifiek in België, en extra infrastructurele maatregelen vereisen. Elke vervoersmodaliteit zal waarschijnlijk maatschappelijke discussies oproepen, waarbij afwegingen nodig zijn tussen veiligheid, kosten, technische haalbaarheid en maatschappelijke acceptatie.

Om het toekomstige vervoer van ammoniak te kunnen faciliteren, is het noodzakelijk om **alle drie de modaliteiten (spoor, binnenvaart en pijpleiding)** parallel te ontwikkelen, gezien de specifieke beperkingen en kansen van elk van deze modaliteiten. Nauw overleg met de Nederlandse en Belgische autoriteiten is hierbij essentieel, met name om duidelijkheid te verkrijgen over de relevante veiligheidskaders. Dit betreft onder meer de toepassing van het kratermodel en de wijze waarop ammoniak wordt geclassificeerd in risicoanalyses. Daarnaast zijn investeringen in het spoorwegnet nodig, zowel rondom Vlissingen en Terneuzen als op bredere delen van het netwerk. Voor de binnenvaart zijn prikkels richting scheepsbouwers (OEM's) noodzakelijk om de ontwikkeling van

gespecialiseerde vaartuigen te stimuleren. Ook is versoepeling gewenst bij knelpunten in de vaarweginfrastructuur, om de doorvaartcapaciteit te vergroten.

Uiteindelijk is een gecoördineerde, grensoverschrijdende aanpak onmisbaar om grootschalig ammoniaktransport richting West-Duitsland mogelijk te maken en daarmee bij te dragen aan de Europese doelstellingen voor verduurzaming.