



Adviesgroep AVIV BV
Langestraat 11
7511 HA Enschede

**Langetermijnvisie Schelde-estuarium
Onderzoek externe veiligheid Westerschelde
in het kader van de toegankelijkheid**

Project : 00278
Datum : 15 juli 2000
Auteur : H.G. Bos
Status : Definitief

Opdrachtgever:
Rijkswaterstaat, Directie Zeeland
t.a.v. Lic. Capt. J.W.P. Prins
Postbus 5014
4330 KA Middelburg

Inhoudsopgave

1. Conclusies	6
2. Doelstelling	7
3. Opzet van het onderzoek	7
4. Ongevalsfrequentie	8
4.1. Huidige situatie	9
4.2. Scheepsschadefrequentie toekomst	10
5. Uitstroombrequentie	11
5.1. Aantal ammoniakschepen	11
5.1.1. Historisch overzicht van het aantal ammoniaktransporten	11
5.1.2. Toekomstige situatie	12
5.2. Uitstroombkans	13
5.2.1. Scheepsgrootteverdeling	14
5.2.2. Snelheidsverdeling	15
5.2.3. Energiemodel	16
6. Kenmerken van de uitstroming	16
6.1. Huidige situatie	16
6.2. Scheepsgrootteverdeling ammoniakschepen	17
7. Risico's	18
8. Onderzoeksvragen	24
Bijlage 1 Energie model	29

Inleiding

Begin 1998 is door de Nederlandse Minister van Verkeer en Waterstaat besloten om in samenwerking met Vlaanderen een LangeTermijnVisie Schelde-Estuarium (LTVSE) op te stellen. Men is voornemens deze visie voor de periode tot 2030 te ontwikkelen. De LTVSE wordt opgebouwd vanuit drie (hoofd)invalshoeken, namelijk: 'toegankelijkheid', 'veiligheid' en 'natuurlijkheid'. Het doel is om de verschillende belangen in beeld te brengen, af te wegen en een door Vlaanderen en Nederland gemeenschappelijk gedragen toekomstbeeld te schetsen. Met dit beeld kan de beleidsontwikkeling voor dit gebied worden gestuurd. Het gehele project dient medio 2001 te worden afgerond met een bestuurlijk goedgekeurde integrale visie.

De Nederlands/Vlaamse werkgroep Toegankelijkheid besteedt aandacht aan de optimale toegang tot de havens Antwerpen, Gent, Terneuzen en Vlissingen. Centraal in de visie op toegankelijkheid staat de realisatie van een vlotte en veilige scheepvaart over de Schelde, van en naar de genoemde havens, inclusief het bijbehorende nautische beheer. Dit betekent voor de toekomst een voldoende ruime hoofdvaargeul in relatie tot een verdere ontwikkeling van de havens, met als uitgangspunt dat de huidige concurrentiepositie en groeipotenties niet door te beperkte toegangsmogelijkheden geremd mogen worden.

Binnen het kader van de invalshoek 'toegankelijkheid' worden twee andere onderzoeken verricht:

1. Onderzoek naar economische 'nut en noodzaak' van de (toekomstige) toegankelijkheid van de havens in het Scheldebekken. Dit onderzoek is uitgevoerd door Policy Research Corporation.
2. Onderzoek met betrekking tot de samenhang tussen het technische en het nautische beheer van de hoofdvaarwegen tussen de zee en Antwerpen. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door MARIN/MSCN.

Het onderhavige onderzoek betreft *de (globale) toekomstige ontwikkeling van de transportrisico's op en rond het Nederlandse deel van de hoofdvaarweg(en) in de Westerschelde*. In het onderzoek staat de ontwikkeling van de externe veiligheid en de bijbehorende effecten op de ruimtelijke ordening centraal. Dit onderzoek hangt nauw samen met de studie[1] naar de nautische en technische ontwikkelingen en mogelijkheden. De studie is een gezamenlijke opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directie Zeeland en het Vlaamse Gewest, AWZ.

Onderzoeksvragen

Het Schelde-estuarium omvat de Westerschelde en haar mondingen op Nederlands en Vlaams grondgebied en de Zeeschelde tot de keersluizen te Gent in Vlaanderen.

De onderhavige studie zal een beeld schetsen van de ligging van risicocontouren in toekomstige situaties. Het gaat in het gewenste onderzoek om een (globale) benadering op basis van reeds bestaande/beschikbare kennis en vakliteratuur.

Bij het vaststellen van de risico's is rekening gehouden met de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is de te verwachten ontwikkeling van diverse scheepstypen die specifiek worden ingezet voor het vervoer van gevaarlijke stoffen (aantallen schepen, scheepsgrootte en -afmetingen, vlootsamenstelling, etc.) van de wereldhandelsvloot en van de Europese binnenvaartvloot en meer in het bijzonder in relatie tot het Schelde-estuarium?
2. Wat is de te verwachten ontwikkeling met betrekking tot de hoeveelheid lading per relevante categorie?
3. Welke effecten heeft het antwoord op de bovenstaande vragen op de toekomstige ligging van de verschillende individueel risicocontouren en op het groepsrisico?

Het antwoord op de vraag dient is gerelateerd aan de huidige situatie, zoals in beeld gebracht in de studie Risicocontouren Westerschelde 1998 (AVIV, Project 98154) [4].

4. Zijn de onderstaande conclusies (op basis van het toenmalige onderzoek) in het verdiepingsrapport van de Technische Schelde Commissie van 1984, heden en naar verwachting voor de toekomst, nog (geheel of gedeeltelijk) valide? Deze zijn:
 - a. de risico's worden voornamelijk veroorzaakt door het transport van vloeibare gassen (voorbeeldstoffen zijn ammoniak en LPG);
 - b. de verdieping heeft geen wezenlijke invloed op het maximaal aantal doden omdat:
 - het varen met grotere gasschepen niet een toename van het maximaal aantal doden tot gevolg heeft,
 - de vaarroute voor en na de verdieping dezelfde blijft;
 - c. zelfs als na de verdieping met de grootste gasschepen (125.000 m³) zou worden gevaren zal de kans op één of meer doden maximaal met een factor 1.5 toenemen, onder de gelijktijdige aanname dat de vervoersomvang van vloeibaar gas voor en na de verdieping dezelfde is. De hierbij behorende onzekerheid wordt gesteld op een factor 6;
 - d. wanneer ten gevolge van de verdieping een toename van het transport van vloeibare gassen met een factor 6 zou optreden, dan treedt een significant andere kans op één of meer doden op ten opzichte van de situatie voor de verdieping. Uitgangspunt hierbij is dat de vlootsamenstelling voor en na de verdieping niet wijzigt.

Samenvatting

Begin 1998 is door de Nederlandse Minister van Verkeer en Waterstaat besloten om in samenwerking met Vlaanderen een Langetermijnvisie Schelde-Estuarium (LTVSE) op te stellen. Deze visie is opgebouwd vanuit drie (hoofd)invalshoeken, namelijk: 'toegankelijkheid', 'veiligheid' en 'natuurlijkheid'. Het doel is om de verschillende belangen in beeld te brengen, af te wegen en een door Vlaanderen en Nederland gemeenschappelijk gedragen toekomstbeeld te schetsen. Met dit beeld kan de beleidsontwikkeling voor dit gebied worden gestuurd. Dit onderzoek heeft betrekking op de invalshoek 'toegankelijkheid'. Binnen deze invalshoek is aandacht besteed aan de optimale toegang tot de havens Antwerpen, Gent, Terneuzen en Vlissingen. Centraal in de visie op toegankelijkheid staat de realisatie van een vlotte en veilige scheepvaart over de Schelde, van en naar de genoemde havens, inclusief het bijbehorende nautische beheer. In het onderhavige onderzoek zijn de risico's bepaald van het vervoer van gevaarlijke stoffen over de Westerschelde in het kader van het project .

De volgende situaties zijn onderzocht:

1. de huidige situatie;
2. de huidige situatie waarin de nevengeulen Everingen en Schaar van Spijkerplaat niet meer gebruikt worden;
3. de huidige situatie met een toename van het binnenvaartverkeer met 50%.
4. de geprognoseerde situatie in 2020;
5. de geprognoseerde situatie in 2020 in combinatie met een toename het aantal binnenvaartbewegingen met 50%;

Voor het vaststellen van de ongevalsfrequentie (het begrip ongevalsfrequenties is in het rapport betrokken op vaartuig.kilometers) van de situaties die afwijken van de huidige situatie is gebruik gemaakt van de resultaten van het MARIN-onderzoek [1], dat gelijktijdig is uitgevoerd. De uitkomsten van de MARIN studie zijn gebaseerd op de prognose van het zeevaartverkeer in het Scheldebekken voor 2020 uit de studie van Policy Research Corporation [2].

De hoogte van het risico's voor het geval dat de nevengeulen Everingen en Schaar van Spijkerplaat niet meer gebruikt worden heeft slechts beperkte invloed op de ligging van de risicocontouren bij Vlissingen, Breskens, Hansweert of Terneuzen. Bij Terneuzen is een kleine verschuiving zichtbaar van maximaal 60 meter.

De intensiteit van het vervoer van toxische gassen met zeeschepen is gebaseerd op twee toekomstscenario's. Dit is een scenario waarbij het verbruik van ammoniak tot 2020 afneemt met 0,7% per jaar en een scenario waarbij het verbruik met 0,3% per jaar toeneemt. Beide waarden zijn gebaseerd op schattingen van branche-organisaties van kunstmestproducenten.

De risico's zijn vastgesteld voor de knelpunten: Vlissingen, Breskens, Terneuzen en Hansweert. Bij een toename van het ammoniaktransport met 0,3% per jaar en met de

geprognostiseerde vervoersintensiteiten in 2020, neemt het risico bij Vlissingen en Breskens met ongeveer 40% toe. Dit resulteert in een verschuiving van de IR 10^{-6} /jaar landinwaarts van 450 meter bij Vlissingen en 1000 meter bij Breskens. Bij Terneuzen en Hansweert neemt het risico met 30% toe. Dit impliceert een verschuiving van de IR 10^{-6} /jaar contour bij Terneuzen en Hansweert van 270 meter landinwaarts.

Bij een afname van het ammoniaktransport neemt het risico bij Vlissingen en Breskens met 12% toe. Dit resulteert in een verschuiving van de IR 10^{-6} /jaar landinwaarts van 240 meter bij Vlissingen en 450 meter bij Breskens. Voor de andere twee knelpunten blijft het risico ongewijzigd.

De ligging van de contouren is weergegeven op kaart 1 tot en met kaart 6 in hoofdstuk 7.

1. Conclusies

De berekende veranderingen van de risico's zijn gebaseerd op de aanname dat de veiligheidsvoorzieningen op de vaarweg op het niveau van het basisjaar 1998 (AVIV, 2000) gehandhaafd blijft. Eventuele extra veiligheidsverhogende ontwikkelingen in de scheepvaart zijn niet in de berekeningen opgenomen. Daarnaast is uitgegaan van het grootste economische groeiscenario tot 2020 uit de studie van Policy Research Corporation [2]. Om deze twee redenen kunnen de berekende risico's worden beschouwd als het maximaal te verwachten risico.

De belangrijkste oorzaak van de verhoging van de risico's wordt veroorzaakt door de toename van de ongevalsfrequentie. Deze is het grootst in de Wielingen, waar in 2020 een toename van de ongevalsfrequentie met 50% maximaal is geprognostiseerd.

De verandering van de scheepsgrootteverdeling heeft geen significante invloed.

Indien de ammoniakstroom met 0,3% per jaar toeneemt, neemt het individueel risico met ongeveer 40% toe. Dit is vooral zichtbaar in Breskens. Hier komt de IR 10^{-6} /jaar contour ongeveer 1000 meter verder op het land te liggen. Bij Vlissingen verschuift de IR 10^{-6} /jaar contour 450 meter. De IR 10^{-6} /jaar contouren bij Terneuzen en Hansweert verschuiven 270 meter landinwaarts.

Bij een afname van ammoniakstroom met 0,7% per jaar, blijven de risico's ten oosten van de Sloehaven tot aan de Belgische grens gelijk. Ten westen van de Sloehaven wordt een toename van 12% verwacht. De verschuiving van de IR 10^{-6} /jaar contour bedraagt bij Breskens 450 meter en bij Vlissingen 240 meter.

2. Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek is het vaststellen van de consequenties van de diverse ontwikkelingsscenario's op de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen op de Westerschelde. Diverse scenario's zijn gedefinieerd voor de huidige situatie en de situatie in het peiljaar 2020. Met de huidige situatie wordt de situatie bedoeld die door de meest recente risico-analyse is beschreven [4]. Er zijn twee varianten op de huidige situatie beschouwd. De huidige situatie waarbij de scheepvaart geen gebruik maakt van de nevengeulen en de huidige situatie met een toename van de binnenvaart met 50%. In de toekomstige situatie zijn eveneens twee varianten beschouwd: De geprognostiseerde situatie 2020 en de geprognostiseerde situatie in 2020 in combinatie met een toename van de binnenvaart met 50%. In tabel 2-1 zijn de beschouwde scenario's weergegeven.

	Omschrijving	Peiljaar	Nevengeulen	Binnenvaart
1	De huidige situatie.	1997	In gebruik	Standaard
2	Risico's voor het geval dat de nevengeulen Everingen en Schaar van Spijkerplaat niet meer gebruikt worden.	1997	Niet in gebruik	Standaard
3	Risico's voor de infrastructuur 1997 maar voor een toename van het binnenvaartverkeer met 50%.	1997	In gebruik	Toename met 50%
4	Risico's voor een verkeersscenario gebaseerd op de prognoses voor 2020 waarbij nog steeds gebruik wordt gemaakt van de nevengeulen, zonder extra toename van het aantal binnenvaartbewegingen.	2020	In gebruik	Standaard
5	Risico's voor een verkeersscenario gebaseerd op de prognoses voor 2020 waarbij nog steeds gebruik wordt gemaakt van de nevengeulen en een extra toename van het aantal binnenvaartbewegingen met 50%	2020	In gebruik	Toename met 50%

Tabel 2-1 Historisch overzicht van ongevalsfrequentie op de onderscheiden vaarwegdelen.

3. Opzet van het onderzoek

Uit de risicostudies Westerschelde is gebleken dat de risico's worden gedomineerd door het vervoer van ammoniak per zeeschip. Bij het vaststellen van het effect van de toekomstige ontwikkelingen op de risico's kan daarom worden volstaan met het evalueren van transportstroom van ammoniak en de toename van het scheepvaartverkeer in het algemeen.

De risicoberekening bestaat uit een aantal opeenvolgende stappen. De eerste stap betreft het vaststellen van de ongevalsfrequentie. De ongevalsfrequentie geeft aan hoe vaak per tijdseenheid een ongeval zal plaatsvinden. De ongevalsfrequentie van het referentie jaar is gebaseerd op de ongevallen en de verkeersintensiteit in het verleden en wordt overgenomen uit de meest recente risico-analyse van de Westerschelde 1998 [4]. Gegeven een bepaald traject wordt ervan uitgegaan dat zeeschepen die ammoniak transporteren eenzelfde kans op een aanvaring hebben als de overige vrachtvervoerende

scheepen, ongeacht de grootte van de gastanker. De ontwikkeling van de ongevals-frequentie is verkregen van het MARIN. Met behulp van het MANS model is de toename van de ongevalsfrequentie tot 2020 ten opzichte van de huidige situatie berekend.

De tweede stap betreft het vaststellen van de uitstroombrequentie van ammoniak. De uitstroombrequentie is afhankelijk van het aantal ammoniakscheepen en de uitstroombkans.

Het aantal ammoniakscheepen is afhankelijk van de economische ontwikkelingen. Hierbij zijn met name de economische ontwikkelingen van de kunstmestproductie van belang. Wereldwijd wordt ongeveer 85% van de ammoniakproductie gebruikt voor het produceren van kunstmest. In deze studie wordt de groei van de aanvoer van ammoniak evenredig verondersteld met de verwachte ontwikkelingen in de vraag naar stikstofhoudende kunstmest.

De uitstroombkans is afhankelijk van lokale omstandigheden. Niet ieder ongeval zal leiden tot een uitstroming. Een uitstroming zal alleen plaatsvinden als er sprake is van de penetratie van een gevulde ladingstank. Hiertoe moet er bij een aanvaring voldoende energie aanwezig zijn. In het kader van het Protocol zee- en binnenvaart [5] is recentelijk een model ontwikkeld dat rekening houdt met deze aspecten. Dit model gaat uit van de diversiteiten aan energieën die op een vaarweg (kunnen) voorkomen. Met dit energiemodel is het mogelijk om voor zeescheepen uitstroombfrequenties te bepalen, afhankelijk van vaarwegeigenschappen als snelheden, scheepsgroottes en aanvarings-hoeken en eigenschappen van het beschouwde schip als scheepsgrootte en type schip (zie ook blz. 13).

De derde stap betreft het vaststellen van de kenmerken van een uitstroming. Hierbij zijn de uitgestroomde hoeveelheid en de uitstroombtijd de belangrijkste parameters. De omvang van de uitstroming wordt in belangrijke mate bepaald door de grootte van de ladingstank.

De laatste stap betreft het vaststellen van de kans op overlijden afhankelijk van de afstand tot de vaarroute. Deze stap is indientiek aan de berekeningswijze in de Risico-analyses Westerschelde.

Deze stappen worden in de volgende hoofdstukken in detail behandeld.

4. Ongevalsfrequentie

Voor het vaststellen van de ongevalsfrequentie is de vaarweg onderverdeeld in delen met een vergelijkbare ongevalsfrequentie. Deze worden vaarwegdelen genoemd. In totaal zijn acht vaarwegdelen onderscheiden. In de tabel 4-1 is het historisch overzicht van de ongevalsfrequenties op de onderscheiden vaarwegdelen gegeven.

Vaarwegdeel	Ongevalsefrequentie (1/vtg, km)		
	95-97	91-94	78-89
Antwerpen – Hansweert	$2,71 \cdot 10^{-7}$	$2,71 \cdot 10^{-7}$	$2,81 \cdot 10^{-7}$
1,5 km voor Hansweert – 1,5 km na Hansweert	$9,78 \cdot 10^{-7}$	$9,78 \cdot 10^{-7}$	$1,19 \cdot 10^{-6}$
Hansweert - Kanaal van Gent naar Terneuzen	$4,12 \cdot 10^{-7}$	$4,12 \cdot 10^{-7}$	$4,14 \cdot 10^{-7}$
Kanaal van Gent naar Terneuzen – Sloehaven	$1,34 \cdot 10^{-7}$	$1,34 \cdot 10^{-7}$	$1,55 \cdot 10^{-7}$
Sloehaven - Vlissingen Buitenhaven	$2,85 \cdot 10^{-7}$	$3,35 \cdot 10^{-7}$	$3,63 \cdot 10^{-7}$
Rede van Vlissingen	$6,47 \cdot 10^{-7}$ ¹⁾	$8,81 \cdot 10^{-7}$	$1,14 \cdot 10^{-6}$
Oostgat	$2,21 \cdot 10^{-7}$	$2,21 \cdot 10^{-7}$	$2,95 \cdot 10^{-7}$
Wielingen	$2,22 \cdot 10^{-7}$ ¹⁾	$2,22 \cdot 10^{-7}$	$3,64 \cdot 10^{-7}$

Tabel 4-1 Historisch overzicht van ongevals-frequentie op de onderscheiden vaarwegdelen.

1) In de studie Vaarwegdelen Wielingen en Rede van Vlissingen gewijzigd.

Uit tabel 4-1 blijkt dat de ongevals-frequentie in de tijd een dalende tendens vertoonde. In de laatste jaren zijn diverse maatregelen genomen. Deze maatregelen zijn nog niet zichtbaar in de bovenstaande casuïstiek. De risicoreductie van de maatregelen voor Vlissingen voor de situatie 1997 wordt geschat op 26%.

4.1. Huidige situatie

In tabel 4-2 is de sloopsschadefrequentie voor ernstige ongevallen per vaarwegdeel weergegeven. In tabel 4-3 is de ongevals-frequentie voor ankerliggers weergegeven.

Vaarwegdeel	Lengte vaarwegdeel (km)	Gemiddelde verkeers- intensiteit over 1991-1994 (1/jaar)	Scheeps- schade- frequentie (1/(vtg, km))
Antwerpen – Hansweert	23,1	32812	$2,71E-07$
1,5 km voor Hansweert tot Hansweert	1,5	32812	$9,78E-07$
Hansweert tot 1,5 km na Hansweert	1,5	33125	$9,78E-07$
Hansweert – Kanaal van Gent naar Terneuzen	16,9	33125	$4,12E-07$
Kanaal van Gent naar Terneuzen – Sloehaven	15,6	43500	$1,34E-07$
Sloehaven Vlissingen Buitenhaven	4	52000	$2,85E-07$
Rede van Vlissingen	5,5	52000	$6,47E-07$
Oostgat	14,2	16000	$2,21E-07$
Wielingen	14,6	36000	$2,22E-07$

Tabel 4-2 Ongevalsefrequentie en relevante kenmerken voor de onderscheiden vaarwegdelen.

Ankerplaats	Aantal ankerliggers	Ongevalkans per ankerligger
Ankergebied Wielingen Noord	1300	8,62E-06
Ankergebied Rede Vlissingen	1600	0,87E-05

Tabel 4-3 Ongevalkans op de ankerplaatsen.

4.2. Scheepsschadefrequentie toekomst

De toekomstige scheepsschadefrequentie is door het MARIN vastgesteld met MANS.

Het MANS-model (Management Analysis North Sea) is ontwikkeld om de ongevalskans te voorspellen bij een verandering in de verkeersafwikkeling of de grootte en samenstellingen van het verkeersaanbod. Deze module bevat een verzameling ongevalskansmodellen, die worden toegepast om het aantal ongevallen te voorspellen in een gebied op basis van een beschrijving van het gebied in termen van:

- De scheepvaartroutes, geografische ligging en breedte van de routes.
- De intensiteit (aantal passages per jaar) en samenstelling (type en grootte van de schepen) van het scheepvaartverkeer.
- De ligging van de ankergebieden en de aanwezigheid van ankerliggers.
- Aanwezigheid van constructies zoals platforms, windparken etc.
- De dieptelijnen.

Het model is onder meer toegepast bij de POLSSS-studie (Policy for Sea Shipping Safety) waarin net als voor de situatie in het Schelde-estuarium naar de toekomstige veiligheid is gekeken. Het MANS-model is ontwikkeld voor de Noordzee. Hoewel met generieke ongevalskansmodellen wordt gewerkt kan het zijn dat sommige van de gebruikte parameters in de ongevalskansmodellen voor de andere vaaromstandigheden in de Westerschelde andere waarden kunnen aannemen. Om dit te onderzoeken wordt voor de huidige verkeersafwikkeling in het Schelde-estuarium het door het MANS-model voorspelde aantal ongevallen vergeleken met de casuïstiek.

Omdat de verdeling van de ongevalsfrequentie niet overeenkomt met de verdeling die op basis van de casuïstiek is verkregen, zijn de resultaten van de MANS exercitie in relatieve zin gehanteerd. Dit houdt in dat de relatieve *toename* van de scheepsschadefrequentie voor ernstige scheepsschades gelijk wordt verondersteld aan de relatieve *toename* van de ongevalsfrequentie uit MANS.

Bij de toename van de binnenvaart (zie § 3, de ontwikkelingen 3 en 5) berekent het MANS-model uitsluitend een verhoging van de frequentie van ongevallen tussen zee- en binnenvaartschepen. Er wordt aangenomen dat ongevallen tussen een binnenvaartschip en een zeegastankschip niet zal leiden tot het falen van een ladingstank van het gasschip. In hoofdstuk 3 is gesteld dat het vervoer van ammoniak door zeeschepen bepalend is voor de hoogte van het risico. Hieruit is geconcludeerd dat de ontwikkelingen in 1998 en 2020 met 50% toename binnenvaart een vergelijkbaar risicobeeld vertonen als de scenario's met de standaard groeiverwachting voor binnenvaart.

Als de nevengeulen niet meer in gebruik zijn, neemt de intensiteit van de scheepvaart in de hoofdroute toe. Uit de berekeningen van MANS blijkt dat hierdoor de ongevalsfrequentie bij Terneuzen met 5 tot 15% toeneemt. Op de overige locaties is geen significante verhoging waargenomen.

Door de toenemende scheepvaart in het jaar 2020 neemt eveneens de ongevalsfrequentie toe. De toename van de ongevalsfrequentie is met 51% het hoogst in de Wielingen. In tabel 4-4 is de percentuele toename ten opzichte van de standaard situatie gegeven.

	1998		2020	
	Standaard	Toename 50%	Standaard	Toename 50%
Binnenvaart	Standaard	Ingebruik	Ingebruik	Ingebruik
Nevengeulen	Niet ingebruik	Ingebruik	Ingebruik	Ingebruik
Wielingen	0	0	51	51
Oostgat	0	0	27	27
Vlissingen	0	0	21	21
Sloehaven-Terneuzen	15	0	24	24
Terneuzen-Hansweert	3	0	14	14
Hansweert-Antwerpen	0	0	20	20

Tabel 4-4 Toename van de ongevalsfrequentie in percenten ten opzichte van de standaard situatie in 1998.

5. Uitstroomfrequentie

5.1. Aantal ammoniakschepen

Ammoniak wordt voornamelijk gebruikt voor de productie van kunstmest. Hierdoor kan worden verondersteld dat de toekomstige ontwikkelingen in de vraag naar ammoniak evenredig is met de vraag naar stikstofhoudende kunstmest. Tevens wordt aangenomen dat de hoeveelheid te vervoeren ammoniak evenredig is met de vraag naar ammoniak. Doordat wordt verwacht dat de scheepsgrootte in 2020 niet significant zal wijzigen ten opzichte van het basisjaar, kan worden gesteld dat het aantal ammoniakschepen evenredig is met de hoeveelheid te vervoeren ammoniak. Dit houdt in dat het aantal ammoniakschepen evenredig is met de vraag naar stikstofhoudende kunstmest.

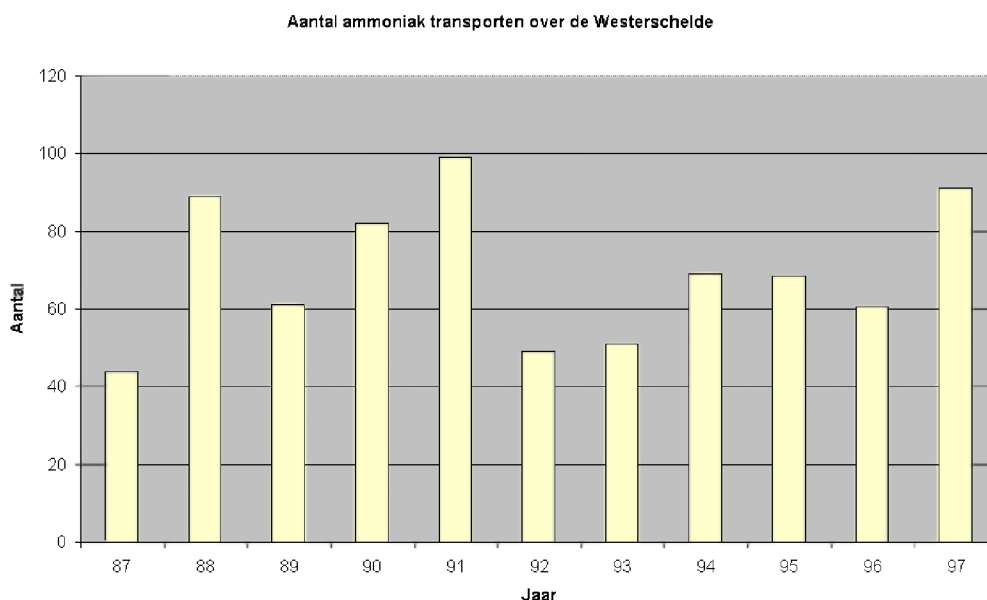
5.1.1. Historisch overzicht van het aantal ammoniaktransporten

De hoogte van de risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen op de Westerschelde is evenredig met het aantal ammoniaktransporten. In tabel 5-1 zijn de historische ontwikkelingen en de huidige situatie weergegeven.

Jaar:	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
Antwerpen –Terneuzen	21	42	29	39	47	25	27	30	30,5	20,5	34
Terneuzen – Sloehaven	44	89	61	82	99	49	52	69	68,5	60,5	91
Mondingsgebied	44	89	61	82	99	49	51	69	68,5	60,5	91
Kanaal van Gent naar Terneuzen	23	48	32	43	53	24	27	40	38	40	57

Tabel 5-1 Scheepvaartintensiteit van schepen, geladen met toxische gassen per vaarwegdeel per jaar

In de onderstaande figuur is dit grafisch weergegeven.



Het vervoer van toxische gassen heeft een grillig verloop. Het aantal scheepsbewegingen vertoont een dip in 1992. Na 1992 trekt het aantal scheepsbewegingen weer aan. Opvallend is dat het aantal transporten met toxische gassen van het kanaal van Gent naar Terneuzen in 1997 (de laatste kolom in tabel 5-1) groter is dan in de tien voorafgaande jaren (48% groter dan gemiddeld over 1987-1997), terwijl het aantal transporten naar Antwerpen slechts 8% groter is dan het gemiddelde aantal vanaf 1987.

5.1.2. Toekomstige situatie

In de studie van Policy Research Corporation N.V. wordt een jaarlijks groeipercentage van de vraag naar kunstmest aangehouden van -0,5% tot -1%.

De schattingen van de European Fertilizer Manufacturers Association (EFMA) sluiten daar goed bij aan. De EFMA verwacht tot 2009 een teruggang van de kunstmestverbruik

met 0,7% per jaar. Deze teruggang wordt in belangrijke mate veroorzaakt door Nederland en Denemarken waar de bemesting in meerder mate zal plaatsvinden door dierlijke meststoffen. Na 2006 wordt verwacht dat de consumptie zal stabiliseren. Op basis van deze voorspellingen is een scenario gedefinieerd waarin het aantal transporten met 0,7% /jaar afneemt.

De International Fertilizer Industry Association (IFA) verwacht in een onderzoek met het FAO een toename van het kunstmestverbruik 0,3% per jaar.

De prognoses lopen ver uiteen. In deze studie zullen de prognoses van het IFA en de - prognoses van het EFMA in combinatie met de resultaten van het Policy Research Corporation verder worden geanalyseerd.

De prognoses leiden tot de veranderingen in de ammoniakstroom in 2020:

Bron	Toename van de vraag naar stikstofhoudende kunstmest	Toename van het aantal ammoniak transporten ten opzichte van 1998 2020
Policy Research Corporation en EFMA	- 0,7% per jaar	-16 %
IFA	+ 0,3% per jaar	7 %

Tabel 5-2 Ontwikkelingen van ammoniaktransport als percentage ten opzichte van 1998.

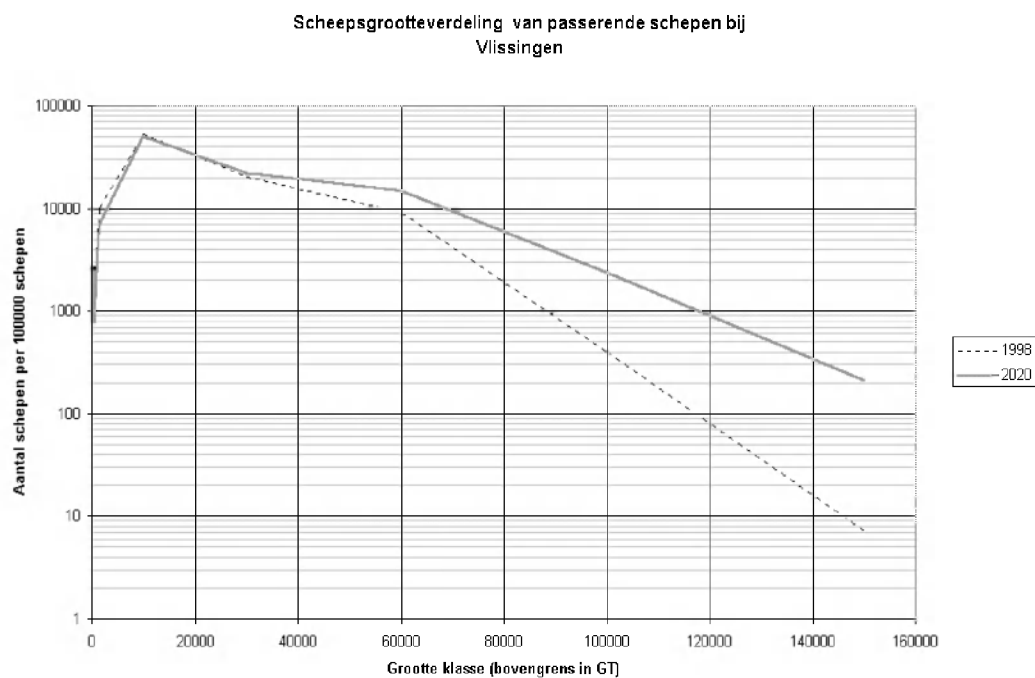
5.2. Uitstroomkans

Het energiemodel zoals ontwikkeld in het protocol zee- en binnenvaart, legt de relatie tussen de benodigde energie voor het lekveren van een ladingtank voor elk zeeschiptype met de daarbij behorende uitstroomfrequentie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de energieverdeling op de vaarweg en energieniveaus die zijn vastgesteld voor de verschillende faalwijzen van zeeschepen. Doel van het energiemodel is de kans te bepalen dat – gegeven een ernstige scheepsschade (tenminste buitenwandpenetratie!) – voldoende energie beschikbaar is voor een dusdanige vervorming van het aangevaren schip dat een uitstroming uit een ladingtank op kan treden.

Het aantal situaties met voldoende energie kan eenvoudig worden afgelezen uit een cumulatieve curve van de energie (cumulatief energiespectrum). De energie is afhankelijk van de scheepsgrootteverdeling (§ 5.2.1) en de vaarsnelheid (§ 5.2.2).

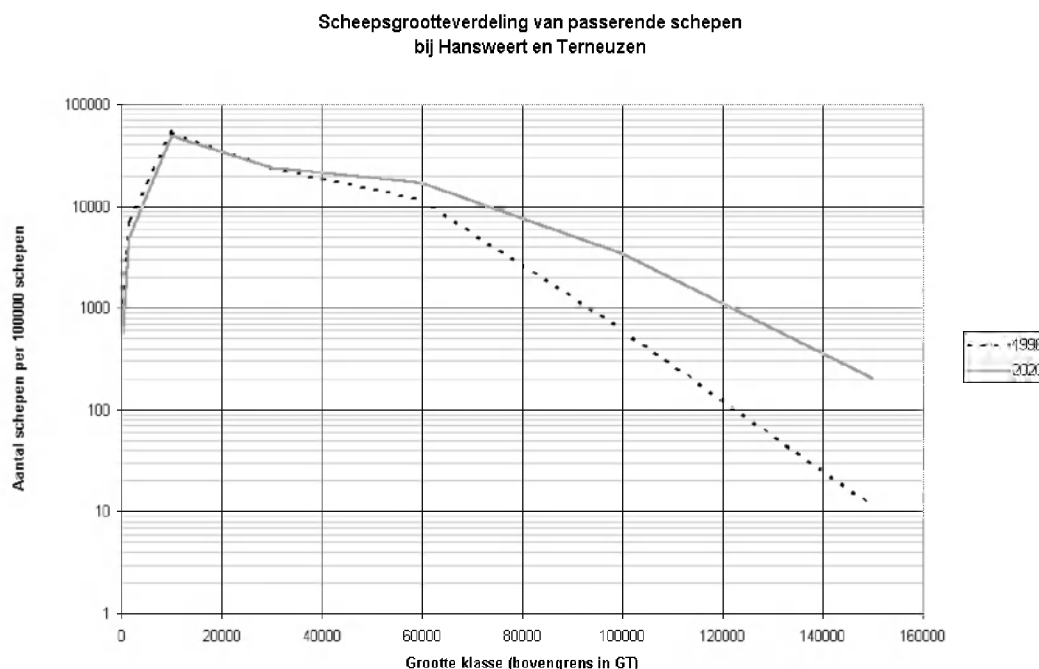
5.2.1. Scheepsgrootteverdeling

In de onderstaande figuur is de scheepsgrootteverdeling bij Vlissingen gegeven. De scheepsgrootteverdeling is uit het onderzoek van MSCN/Marin verkregen.



In de bovenstaande figuur is aantal schepen (verticale as) uitgezet tegen de scheepsgrootte (horizontale as). Hierbij is het aantal schepen genormeerd op 100000. Uit deze figuur blijkt dat het aantal grote schepen sterk toeneemt van 10 per 100 000 passerende schepen in 1998 tot meer dan 100 per 100 000 passerende schepen in 2020.

Bij Terneuzen en Hansweert is het beeld vergelijkbaar. Dit is in onderstaande figuur weergegeven.



In de bovenstaande figuur is aantal schepen (verticale as) uitgezet tegen de scheepsgrootte (horizontale as). Hierbij is het aantal schepen genormeerd op 100000. Uit deze figuur blijkt dat het aantal grote schepen sterk toeneemt van 10 per 100 000 passerende schepen in 1998 tot meer dan 100 per 100 000 passerende schepen in 2020.

5.2.2. Snelheidsverdeling

De vaarsnelheden van de onderscheiden scheepsgroottes zijn verkregen uit het MANS-model. In tabel 5-3 is de snelheidsverdeling gegeven.

Scheepsgrootte (GT)	500	1000	1500	10000	30000	60000	100000	>100000
Gemiddelde DWT	856	1549	2439	7226	25845	64948	139358	283014
Snelheid (m/s)	4,3	4,6	5,1	5,8	6,6	7,0	7,0	6,9

Tabel 5-3 Snelheid, afhankelijk van de scheepsgrootte.

5.2.3. Energiemodel

In 2020 komen grotere schepen relatief vaker voor. Doordat grotere schepen, gegeven eenzelfde snelheid, een hogere energie hebben, neemt de kans op een zwaardere aanvaring, gegeven een ongeval, toe. Hierdoor neemt de kans op een uitstroming toe. Deze toename is in onderstaande tabel weergegeven.

	1998	2020
Vlissingen	0	10
Terneuzen	0	5
Hansweert	0	5

Tabel 5-3 Toename van de uitstroomkans (% tov 1998)

6. Kenmerken van de uitstroming

De kenmerken van de uitstroming worden bepaald door de karakteristieken van de ammoniakschepen. Hierbij is met name de scheepsgrootteverdeling van belang. De huidige situatie en de toekomstige ontwikkelingen worden in de volgende paragrafen gegeven.

6.1. Huidige situatie

Voor de huidige scheepsgrootteverdeling wordt aangesloten bij het onderzoek uit 1994. De resultaten zijn in de tabellen 6-1 en 6-2 gegeven.

Ladingstankcategorie (m ³)	Scheepsgrootte-categorie (m ³)	representatieve tankgrootte (m ³)	fractie
< 3000	< 12000	1700	0,14
3000 – 6000	12000 – 20000	4750	0,86

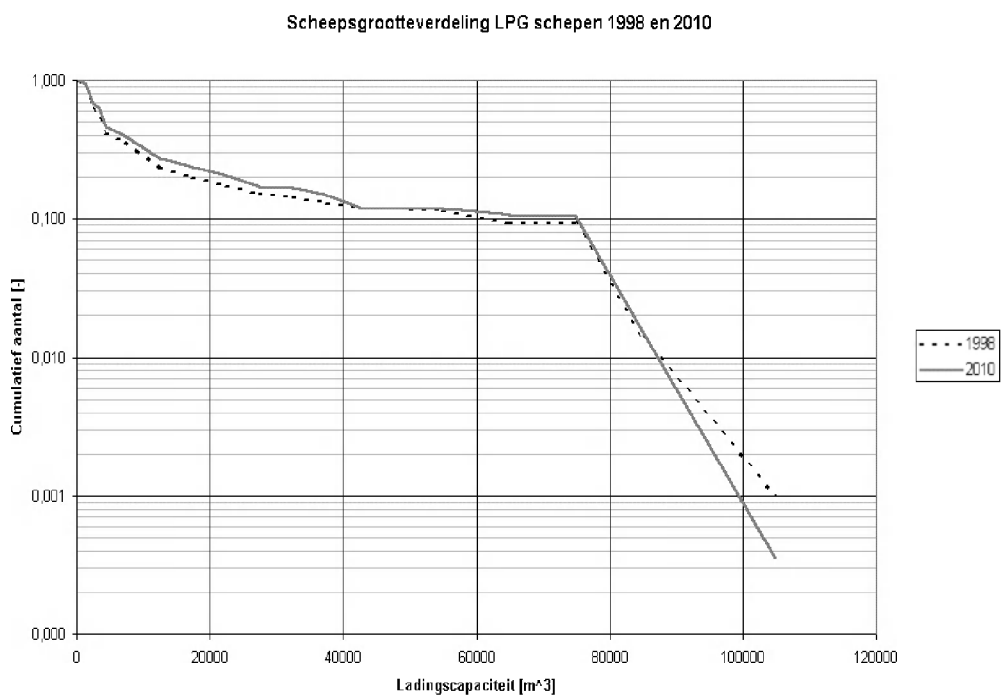
Tabel 6-1 Ladingstankgrootte-verdeling van vervoer van toxische gassen van en naar Kanaal van Gent naar Terneuzen.

Ladingstank categorie (m ³)	Scheepsgrootte categorie (m ³)	representatieve tankgrootte (m ³)	fractie
< 3000	< 12000	1700	0
3000 - 6000	12000 – 20000	4750	0,38
6000 - 11000	20000 – 40000	10000	0,45
11000 - 16000	40000 – 65000	14000	0,17
> 16000	> 65000		0

Tabel 6-2 Ladingstankgrootte-verdeling van vervoer van toxische gassen over de Westerschelde, met uitzondering van Kanaal van Gent naar Terneuzen.

6.2. Scheepsgrootteverdeling ammoniakschepen

In de volgende figuur wordt de cumulatieve scheepsgrootteverdeling van LPG en ammoniak transporterende schepen van de gehele wereldvloot getoond. Dit wordt in de literatuur kortweg LPG-schepen genoemd, omdat LPG-schepen overeenkomen met ammoniak-schepen. De figuur geeft de fractie van het aantal gasschepen aan dat groter is dan de op de x-as aangegeven waarde.



Uit de figuur blijkt dat de verwachte scheepsgrootteverdeling van de wereldvloot in 2020 niet significant verschilt van de scheepsgrootteverdeling in 1998. Derhalve kan van scheepsgrootteverdeling uit tabel 6-1 en 6-2 worden uitgegaan.

7. Risico's

In tabel 7.1 worden alle aspecten die van invloed zijn op het risico in 2020 getoond.

Ontwikkeling		Toename ten opzichte van de huidige situatie (%)			
		Ammoniak transport	Ongevalse frequentie	Uitstroomkans	Totaal
1998, Nevengeul en niet ingebruik	Wielingen	0	0	0	0
	Vlissingen	0	0	0	0
	Sloehaven-Terneuzen	0	15	0	15
	Terneuzen-Hansweert	0	3	0	3
	Hansweert-Antwerpen	0	0	0	0
2020, afname ammoniak transport met 0,7% per jaar	Wielingen	-16	51	10	39
	Vlissingen	-16	21	10	12
	Sloehaven-Terneuzen	-16	24	5	9
	Terneuzen-Hansweert	-16	14	5	1
	Hansweert-Antwerpen	-16	20	5	6
2020, toename ammoniak transport met 0,3% per jaar	Wielingen	7	51	10	78
	Vlissingen	7	21	10	43
	Sloehaven-Terneuzen	7	24	5	39
	Terneuzen-Hansweert	7	14	5	28
	Hansweert-Antwerpen	7	20	5	35

Tabel 7-4 Toename van het risico in %

Uit tabel 7-1 kan geconcludeerd worden dat er altijd sprake zal zijn van een stijging van het risico. Dit wordt in belangrijke mate veroorzaakt door een stijging in de ongevals-frequentie. Indien wordt uitgegaan van een afname van de ammoniakstroom, dan blijft de toename in het risico beperkt tot 12% bij Vlissingen en Breskens en een niet significante toename van 1 tot 2% bij Terneuzen en Hansweert. Als er sprake is van een toename van de ammoniakstroom dan nemen de risico's met bij Vlissingen en Breskens met ongeveer 40% toe, de risico's bij Terneuzen en Hansweert nemen in dat geval met 30% toe.

De toename is berekend met:

$$T = 100 * ((1+a/100)*(1+b/100)*(1+c/100)-1)$$

Waarbij:

- a: de percentuele toename van de ammoniaktransporten;
- b: de percentuele toename van de ongevals-frequentie;
- c: de percentuele toename van de uitstroomkans;
- T: totaal percentage.

Op de volgende pagina's zijn deze gegevens vertaald in IR-contouren. Kaart 1 en kaart 2 zijn overzichtskaarten van de Westerschelde (schaal 1:325.000).

Op kaart 1 is de huidige situatie gegeven in combinatie met de risico's waarbij de nevengeulen niet meer in gebruik zijn. Het niet meer in gebruik zijn van de nevengeulen heeft tussen de Sloehaven en Terneuzen de grootste invloed op de ligging van de contouren. Bij Terneuzen is de invloed zeer beperkt.

Op kaart 2 is de situatie gegeven in 2020 met twee contouren: de contour bij een toename van de ammoniaktransporten met 0,3% /jaar en de contour bij een afname van het aantal transporten met 0,7% /jaar (binnenste contour). De groene contour, dit is de contour van 2020 bij een afname van het aantal ammoniak transporten, is ten oosten van Terneuzen gelijk aan de contour van de huidige situatie. Ten westen van Terneuzen schuift de contour tot 450 meter verder land inwaarts. De contour van 2020 bij een toename ligt 270 tot 1000 meter verder op de oever dan de contour van de huidige situatie.

Kaart 3 tot en met kaart 6 zijn detailkaarten (schaal 1:30.000) waarin per knelpunt de vier onderscheiden contouren zijn gegeven. Als knelpunten zijn aangemerkt: Vlissingen (kaart 3), Breskens (kaart 4), Terneuzen (kaart 5) en Hansweert (kaart 6).

Kaart 3 betreft de situatie in Vlissingen. Op de kaart zijn drie contouren zichtbaar. De huidige contour en de contour van de situatie in 1998 zonder nevengeulen overlappen elkaar. De contour van 2020 met 0,7% afname van de ammoniaktransporten ligt 240 meter landinwaarts ten opzichte van de huidige situatie. De contour van 2020 met 0,3% toename van de ammoniaktransporten ligt 450 meter landinwaarts ten opzichte van de huidige situatie.

Kaart 4 betreft de situatie in Breskens. Op de kaart zijn, evenals bij Vlissingen, drie contouren zichtbaar. Evenals bij Vlissingen overlappen de huidige contour en de contour van de situatie in 1998 zonder nevengeulen elkaar. De contour van 2020 met 0,7% afname van de ammoniaktransporten ligt 450 meter landinwaarts ten opzichte van de huidige situatie. De contour van 2020 met 0,3% toename van de ammoniaktransporten ligt 1000 meter landinwaarts ten opzichte van de huidige situatie. De situatie in 2020 bij Breskens wordt in belangrijke mate beïnvloed door geprognoseerde stijging van de ongevalsfrequentie op de Wielingen van 51%.

Kaart 5 toont de situatie in Terneuzen. Bij Terneuzen convergeren de contouren van 2020 met afname in ammoniaktransporten en de contour van 1998 zonder nevengeulen naar de contour van de huidige situatie. De contour van 2020 met een groei van het aantal ammoniaktransporten ligt tussen de 300 en 450 meter verder landinwaarts ten opzichte van de huidige contour.

Kaart 6 toont de situatie in Hansweert. Hier overlappen de drie contouren elkaar: de huidige contour, de contour van 2020 met een afname van 0,7% in ammoniaktransporten en de situatie van 1998 zonder nevengeulen. De contour van 2020 met een toename van 0,3% in ammoniaktransporten ligt 270 meter verder landinwaarts ten opzichte van de huidige situatie.

Kaart 1 Risicocontouren: — Huidige situatie (1998).
—+ Huidige situatie met afgesloten nevengeulen.

Niet digitaal beschikbaar.

Kaart 2 Risicocontouren: — Afname ammoniaktransport (0,7% per jaar).
— Toename ammoniaktransport (0,3% per jaar).

Niet digitaal beschikbaar.

Kaart 3 Situatie Vlissingen (Legenda identiek aan kaart 1 en 2)

Niet digitaal beschikbaar.

Kaart 4 Situatie Breskens (Legenda identiek aan kaart 1 en 2)

Kaart 5 Situatie Terneuzen (Legenda identiek aan kaart 1 en 2)

Niet digitaal beschikbaar.

Kaart 6 Situatie Hansweert (Legenda identiek aan kaart 1 en 2)

Niet digitaal beschikbaar.

8. Onderzoeksvragen

In het voorgaande hoofdstuk is antwoord gegeven op de onderzoeksvragen 1, 2, 3:

1. Wat is de te verwachten ontwikkeling van diverse scheepstypen die specifiek worden ingezet voor het vervoer van gevaarlijke stoffen (aantallen schepen, scheepsgrootte en -afmetingen, vlootsamenstelling, etc.) van de wereldhandelsvloot en van de Europese binnenvaartvloot en meer in het bijzonder in relatie tot het Schelde-estuarium?

Door het MARIN wordt een significante schaalvergroting voor containerschepen verwacht. Hierdoor komen relatief meer grote schepen voor op de Westerschelde. Dit heeft tot gevolg dat de kans op uitstroming, gegeven een ongeval toeneemt, omdat grotere schepen veelal een grotere impact hebben.

Bij ammoniak tankers wordt geen significante schaalvergroting verwacht.

Volgens Policy Research Corporation is het waarschijnlijk dat de scheepvaartintensiteit toeneemt. Uitgaande van hun meest optimistische prognose (de grootste groei), is door MARIN met behulp van het MANS-model een toename in de ongevalsfrequentie berekend die varieert van 14% tussen Terneuzen en Hansweert tot 51% in de Wielingen.

Nieuwe ontwikkelingen betreffen verbeteringen in en verdere ondersteuning door elektronische hulpmiddelen zoals GPS. De invloed van deze nieuwe ontwikkelingen is niet verdisconteerd in een eventuele verlaging van de ongevalsfrequentie.

2. Wat is de te verwachten ontwikkeling met betrekking tot de hoeveelheid lading per relevante categorie?

De risico's op de Westerschelde worden gedomineerd door het vervoer van ammoniak. De ontwikkelingen van de omvang van het transport van ammoniak is gerelateerd aan de vraag naar stikstofhoudende kunstmest. De voorspellingen van de markt voor dit type kunstmest variëren van een afname van 1% per jaar tot een toename van 0,3% per jaar.

4. Welke effecten heeft het antwoord op de bovenstaande vragen op de toekomstige ligging van de verschillende individueel risicocontouren en op het groepsrisico?
Het antwoord op de vraag dient gerelateerd aan de huidige situatie, zoals in beeld gebracht in de studie Risicocontouren Westerschelde 1998 (AVIV, Project 98154).

De ligging van de contour zal door de bovenstaande punten tot maximaal 1000 verder landinwaarts liggen (zie hoofdstuk 7).

De vierde vraag betreffen de conclusies die in 1984 door de Technische Schelde Commissie zijn getrokken:

4. Zijn de onderstaande conclusies (op basis van het toenmalige onderzoek) in het verdiepingsrapport van de Technische Schelde Commissie van 1984, heden en naar verwachting voor de toekomst, nog (geheel of gedeeltelijk) valide? Deze zijn:
- a. de risico's worden voornamelijk veroorzaakt door het transport van vloeibare gassen (voorbeeldstoffen zijn ammoniak en LPG);

Deze conclusie kan scherper worden gesteld:

de risico's worden voornamelijk veroorzaakt door het transport van vloeibare toxische gassen (ammoniak);

- b. de verdieping heeft geen wezenlijke invloed op het maximaal aantal doden omdat:
- het varen met grotere gasschepen niet een toename van het maximaal aantal doden tot gevolg heeft,
 - de vaarroute voor en na de verdieping dezelfde blijft;

Deze conclusie moet onder de huidige aannames die bij de risicoberekening worden gehanteerd worden aangepast:

de verdieping heeft geen wezenlijke invloed op het maximaal aantal doden omdat:

- niet verwacht wordt dat de scheepsgroottes van toxische gasschepen significant zal toenemen;
- de vaarroute voor en na de verdieping dezelfde blijft;

- c. zelfs als na de verdieping met de grootste gasschepen (125.000 m³) zou worden gevaren zal de kans op één of meer doden maximaal met een factor 1.5 toenemen, onder de gelijktijdige aanname dat de vervoersomvang van vloeibaar gas voor en na de verdieping dezelfde is. De hierbij behorende onzekerheid wordt gesteld op een factor 6;

Deze conclusie moet worden gezien in het kader van het onderzoek uit 1984 en is de onderhavige studie niet nader onderzocht.

- d. wanneer ten gevolge van de verdieping een toename van het transport van vloeibare gassen met een factor 6 zou optreden, dan treedt een significant andere kans op één of meer doden op ten opzichte van de situatie voor de verdieping. Uitgangspunt hierbij is dat de vlootsamenstelling voor en na de verdieping niet wijzigt.

Deze conclusie moet worden gezien in het kader van het onderzoek uit 1984 en is in de onderhavige studie niet nader onderzocht.

Literatuur

1. MARIN 2000 Langetermijnvisie Schelde estuarium
2. Policy Research Corporation 1999 Bijlage II. Prognose van het zeevaartverkeer in het Scheldebekken
3. AVIV 1994 Risico-analyse Westerschelde, vervoer gevaarlijke stoffen (AVIV, Project 9326)
4. AVIV 1998 Studie Risicocontouren Westerschelde 1998 (AVIV, Project 98154)

Begrippen

Artikel 24 schepen

Schepen die onder Artikel 24 van het RVGZ vallen. Dit zijn schepen die tot vloeistof gemaakte gassen in bulk vervoeren, met uitzondering van Artikel 25 schepen.

Artikel 25 schepen

Schepen voor het vervoer van tot vloeistof verdichte of gekoelde gassen met:

- Voor brandbare gassen (propan/butaan): tenminste één ladings-tank met een volume groter dan 3000 m³ of het totale ladingsvolume van het schip is groter dan 15000 m³.
- Voor toxische gassen (ammoniak): tenminste één ladingstank met een volume groter dan 1500 m³ of het totale ladingsvolume van het schip is groter dan 7500 m³.
- Voor ethyleenoxyde: tenminste één ladingstank met een volume groter dan 1000 m³ of het totale ladingsvolume van het schip is groter dan 5000 m³.

Groepsrisico

Het groepsrisico is in de nota "Omgaan met risico's" [VROM,1989] omschreven als een grootheid waarmee de mate van sociale ontwrichting kan worden vastgesteld. Het geeft aan hoeveel personen in één keer door een ongeval overlijden kunnen en met welke kans. Het groepsrisico wordt afgelezen uit zogenaamde cumulatieve frequentiecurven, ook wel aangeduid als Fn-curven. De Fn-curve geeft de overschrijdingskans of -frequentie op jaarbasis van n of meer slachtoffers. De Fn-curve is het resultaat van een risicoanalyse. Dit resultaat kan getoetst worden aan risiconormen.

In "Risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen" [VROM;V&W,1996] is een oriënterende waarde vastgesteld voor het groepsrisico van transport van gevaarlijke stoffen. Deze waarde is bepaald op een frequentie van 10⁻⁴ per jaar voor 10 slachtoffers. Ongevallen met grotere gevolgen zorgen voor een onevenredig grotere ontwrichting. Daarom wordt gesteld dat een n-maal groter gevolg dan 10 slachtoffers moet corresponderen met een n-kwadraat kleinere kans op dat ongeval. Dus de maximale frequentie bij 100 slachtoffers bedraagt van 10⁻⁶ per jaar voor. In zijn algemeenheid geldt dat de oriënterende waarde wordt overschreden als kwadraat van het aantal slachtoffers, vermenigvuldigd met de frequentie groter is dan 10⁻².

Individueel risico

Het individueel risico (IR) is een grootheid waarmee het risico beschreven kan worden. De grootheden individueel risico (IR) en GR belichten andere dimensies van het omvattende begrip risico. Het IR geeft aanvullend inzicht in het risico ten opzichte van het GR en omgekeerd. Het individueel risico is omschreven als een grootheid waarmee in het kader van risicobeheersing beoordeeld kan worden of de individuele

burger niet aan een te hoge overlijdenskans wordt blootgesteld door één of een totaal aan risicohoudende activiteiten. Het IR is vooral een grootheid die gebruikt wordt bij besluitvorming rond ruimtelijke ordening. Het IR geeft de kans op letale effecten op een bepaald punt in de omgeving van een activiteit voor een (gemiddeld) mens, die hieraan wordt blootgesteld. Uit deze omschrijving blijkt dat het IR niet betrokken is op de feitelijke aanwezigheid van één of meer personen. Punten in de omgeving die een gelijk individueel risico hebben worden met elkaar verbonden, zodat individueel risicocontouren ontstaan. Een individueel risicocontour is dus een geografische presentatie van het risico.

RVGZ

Reglement Vervoer Gevaarlijke Stoffen met Zeeschepen; het reglement vervoer gevaarlijke stoffen met zeeschepen is van toepassing op alle Nederlandse vaarwegen, gelegen tussen zee en een aantal met name genoemde havens, inclusief de Westerschelde en Het Kanaal van Terneuzen naar Gent. Het reglement is tot stand gekomen in overleg met de Belgische autoriteiten. Thans wordt aan de herziening van het huidige RVGZ gewerkt.

Stofcategorie

Een verzameling stoffen met een vergelijkbaar risicobeeld. Stofcategorieën worden gegeven in twee letters, gevolgd door een cijfer. In het onderstaande is de lettercodering gegeven. Binnen één stofklasse (b.v. GF brandbare gassen) is het cijfer een maat voor de omvang van het risicobeeld. Hoe hoger het cijfer, hoe groter het risicobeeld.

GF Gas Flammable; categorieën voor brandbare gassen

GT Gas Toxisch; categorieën voor toxische gassen

Bijlage 1 Energie model

De correctiefactor wordt bepaald door het aantal schepen te bepalen die een energie heeft

$$N_{EX}(m_t) = \sum_{fv=0.5,0.9} \left(\sum_{\varphi=15,45,90} \left(\sum_{\text{alle schepen}} (p_{\varphi} * p_{fv}) | E_{b,i}(m_t, \varphi, fv) > EXP(\varphi) \right) \right)$$

waarbij

- m_t : massa van het aangevaren schip,
- φ : aanvaringshoek ten opzichte van de koers van het aangevaren schip,
- p_{φ} : kans op voorkomen van een bepaalde aanvaringshoek φ ,
- fv : relatieve snelheidsvermindering voorafgaand aan de botsing,
- p_{fv} : kans op voorkomen van de relatieve snelheid fv ,
- E_{bi} : beschikbare energie als functie van hoek φ , fv en m_t ,

$$E_b(m_t, \varphi, fv) = \frac{1}{2} \frac{(1.4 * m_t * m_1)}{(m_1 + 1.4 * m_t)} * (fv * v * \sin(\varphi))^2$$

waarbij

- φ : aanvaringshoek ten opzichte van de koers van het aangevaren schip,
- fv : relatieve snelheidsvermindering voorafgaand aan de botsing,
- v : gemiddelde vaarsnelheid op het vaarwegdeel ten opzichte van de grond,
- M_1 : massa van het aanvarende schip i .

E_p : energie benodigd voor beschouwde faalwijze, als functie van hoek φ .

$$E_p(\varphi) = E / \sin(\varphi)$$

De waarden voor penetratie van de ladingtank E_p zijn voor de onderscheiden scheepstypen in de navolgende tabel gegeven.

Scheepsgrootte categorie (m ³ laadvermogen)	Fractie f (Kanaal Gent -Terneuzen)	Fractie f Terneuzen Antwerpen	Fractie Monding -terneuzen-	E_p (MNM)	$f^* E_p$ (MNM)
			55% KTG en 45% Terneuzen-Antwerpen		
< 12.000	0,14	0	0,077	27,7	2,1
12.000 – 20.000	0,86	0,38	0,644	39,8	25,6
20.000 – 40.000	0	0,45	0,2025	39,8	8,1
40.000 – 65.000	0	0,17	0,0765	67,9	5,2
65.000 – 100.000	0	0	0	67,9	0
Gewogen gemiddelde E_p					41

Tabel 0-5 Energieniveaus voor botsingen met gastankers met brandbare gassen tot vloeistof gekoeld

