

1. **Samenvatting rapport 'Nautisch beheer' (MARIN)**

2. ***Inleiding***

In het kader van de langetermijnvisie voor het Schelde-estuarium met betrekking tot de toegankelijkheid en veiligheid is er een studie uitgevoerd naar de ontwikkeling van de scheepvaart in relatie tot de geulafmetingen in de periode tot 2030.¹ Onderhavig document bevat een samenvatting van de methode en resultaten van dit onderzoek.

3. ***Vraagstelling***

Dit onderzoek richt zich op de volgende vragen:

1. Wat is de verwachte ontwikkeling van diverse scheepstypen in de periode tot 2030?
2. Welke eisen stellen deze schepen aan de afmetingen van de vaarwegen?
3. Welke eisen stellen de onder 1 bedoelde scheepstypen aan de (hoofd)vaarweg vanaf de zee (loodskruispost Wandelaar) tot en met de Rede van Antwerpen en de overige Nederlandse en Vlaamse Scheldehavens (vice versa), in termen van breedte, diepte, bochtstralen, etc.?
4. Is getijonafhankelijke vaart met een diepgang van 14 meter mogelijk en zo ja, onder welke voorwaarden?
5. Is getijgebonden vaart met een diepgang van 16,20 meter mogelijk en zo ja, onder welke voorwaarden?
6. Wat zijn de mogelijkheden (en restricties) met betrekking tot het lichten van zeeschepen?
7. Wat voor een invloed heeft de toename van het verkeer op het aantal ongevallen?

4. ***Methode***

Om op deze onderzoeksvragen een antwoord te kunnen geven is een onderzoek uitgevoerd dat bestaat uit de volgende delen:

- Voorspelling van de wereldvloot voor de periode tot 2010 en tot 2030.
- Onderzoek naar de minimaal benodigde geulafmetingen voor diverse scheepstypen.
- Een evaluatie van de consequenties en mogelijkheden van baggeren en navigatie ondersteunende maatregelen.
- Evaluatie van de rol van de binnenvaart;
- Het aspect van lichten op de vaarweg;
- De veiligheid van de scheepvaart.

Om inzicht te krijgen in dit laatste aspect zijn berekeningen uitgevoerd met het MANS-model (Management Analysis North Sea).

5. ***Resultaten***

Voorspelling wereldvloot

1. Maatgevende schepen voor het Schelde-estuarium zijn met name de grote bulkschepen, tankers en containerschepen. Van deze drie klassen wordt alleen van de containerschepen verwacht dat er significante veranderingen in de scheepsgrootte zullen optreden tussen nu en 2030.

¹ MARIN, *Nautische toegankelijkheid en veiligheid van het Schelde estuarium in het kader van de langetermijnvisie*, Rapport nr. 16208.600/3, 6 oktober 2000.

2. De verwachting is dat de containerschepen zullen doorgroeien en dat rond 2012 het grootste containerschip 12000 TEU zal zijn. Dit schip wordt ook wel het Suezmax containerschip genoemd. Dit schip heeft de volgende afmetingen: 400x50x17 meter.
3. Als de containerschepen nog verder groeien neemt de mogelijkheid om beschikbare bestaande havenfaciliteiten (wereldwijd) te gebruiken sterk af. Bouw en aanpassingen van faciliteiten voor schepen met dit soort afmetingen is kostbaar. Het ligt dan meer voor de hand dat dit soort grote schepen op een vaste route gaan varen. Voor 2020/2030 resulteert dit in een 15000 tot 18000 TEU schip als grootste schip (400x60x21 of 400x69x14). Gezien zijn afmetingen is het waarschijnlijk dat zo'n schip tussen bijvoorbeeld Rotterdam en Singapore gaat varen en geen andere havens meer aan doet. Voor Antwerpen wordt bovengenoemde Suezmax als maatgevend schip gezien tot 2020/2030.

Verkeer

4. Het is de verwachting dat de verkeersintensiteit de komende twintig jaar sterk zal groeien. Dit wordt gedemonstreerd in de onderstaande tabel.

	dwt	Lengte	Aantallen	Lengte	Aantallen
	[ton]	[m]	1998 [-]	[m]	2020 [-]
Tanker	155.000	280	17	280	34
Bulkcarrier	150.000	280	81	280	162
Containerschip	110.000 +	347	2	380	49
Containerschip	90.000	320	7	320	612
Tanker	90.000	235	99	235	168
Bulkcarrier	85.000	231	137	231	233
Containerschip	50.000	260	990	260	2178
Totaal:			1333		3436

In deze tabel staan de zeven klassen met de grootste schepen. Naast de grootte van de schepen worden de aantallen schepen gepresenteerd die Antwerpen bezochten in 1998 en de prognoses voor 2020. De prognose is gebaseerd op het onderzoek van Policy Research Corporation². Deze tabel laat zien dat het aantal grote schepen sterk toeneemt. Verder laat het zien dat de belangrijkste toename veroorzaakt wordt door de groei in het containertransport. Ook laat deze tabel de schaalvergroting zien. Het grootste schip dat in 1998 Antwerpen bezocht was een containerschip met een lengte van 347 meter. In 2020 is het gemiddelde schip in de 110,000 dwt+ klasse gegroeid naar 380 meter lengte. Het allergrootste schip in deze klasse is een Suezmax van 400 meter lengte. Opgemerkt moet worden dat deze schepen alleen gedeeltelijk beladen Antwerpen kunnen bezoeken.

Verticale geulafmetingen

5. In dit onderzoek wordt gekeken naar twee verdiepingsscenario's. De eerste gaat uit van tijongebonden vaart met een diepgang van 14 meter. Hiermee wordt de diepte in het zeetraject 16.1 meter (netto 15% kielspeling) en het riviertraject 15.75 meter (netto 12.5% kielspeling) en vanaf de bocht van Bath 15.4 meter (netto 10% kielspeling). Het tweede scenario gaat uit van een tijgebonden opvaart met een maximale diepgang van 16.2 meter. In het zeetraject dient er 18.65 meter water te staan voor een veilige opvaart, 18.25 meter in het riviertraject en 17.82 meter vanaf de bocht van Bath. De baggerdiepten hangen af van de gehanteerde tijpoorten en van de kielspelingpercentages.

² Policy Research Corporation, *Nut en noodzaak verruiming vaarweg van en naar de havens in het Scheldebekken*, april 2000 (onderzoek uitgevoerd in kader van de ontwikkeling van een langetermijnvisie voor het Schelde-estuarium)

Horizontale Geulafmetingen

6. De minimaal benodigde geulafmetingen zijn bepaald volgens de PIANC-methode. De resultaten van deze methode kunnen worden vertaald in benodigde padbreedte voor verschillende schepen. De resultaten worden samengevat voor het zeetraject (geul 1 tot en met Vlissingen), de bocht Honte (voor de Sloehaven) en de verschillende breedtes in het riviertraject. Verder wordt het resultaat gegeven voor een scherpe bocht in de binnengeul (riviertraject), representatief voor de bocht bij Bath. De PIANC-methode heeft een relatief kleine toeslag voor bochten. De resultaten voor de andere bochten in het traject zijn praktisch gelijk.

De resultaten worden samengevat in de volgende tabel.

Geuldeel	Breedte	Containerschip		Containerschip		Containerschip		Bulkcarrier	
		L = 320		L = 360		L = 400		L = 300	
		B = 42.5		B = 45.5		B = 50.0		B = 45.0	
		Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel
Zeetraject	500	191	429	205	460	225	505	227	504
Bocht Honte	520	196	438	209	469	230	515	232	513
Riviertraject (recht)	500	183	400	196	428	215	470	216	468
	370	183	400	196	428	215	470	216	468
	300	183	400	196	428	215	470	216	468
Bocht Bath	300	189	412	202	441	223	485	234	486

In deze tabel geven de grijze vlakken aan dat de benodigde breedte kleiner is dan de beschikbare breedte.

Volgens deze methode is de toegangsgedul maar net breed genoeg of net te smal om grote schepen te ontvangen (tweestrooks verkeer). De bocht Honte is wel breed genoeg. In het binnengedeelte is het deel met 500 meter breedte, breed genoeg voor tweestrooks verkeer. De andere delen zijn te smal voor tweestrooks verkeer. Voor de bochten in het riviertraject is alleen de bocht bij Bath opgenomen. Voor de andere bochten in dit deel van de geul zullen de resultaten slechts marginaal verschillend zijn (minder dan 10 meter).

7. Dezelfde berekeningen zijn gemaakt, gebruik makend van de MSCN-methode. In deze methode ligt de nadruk op de bijdragen die het navigeren door de geul bepalen. Voor de toegangsgedul (zeetraject) is dit met name de nauwkeurigheid van de positie-schatting, in het binnendeel (riviertraject) is dit met name de positievariatie tijdens het bochtvaren.

De methode resulteert in een padbreedte die afhangt van scheepslengte, scheepsbreedte en geulbreedte. Op dezelfde manier als boven worden in de tabel op de volgende pagina de resultaten samengevat.

Geuldeel	Breedte	Containerschip		Containerschip		Containerschip		Bulkcarrier	
		L = 320		L = 360		L = 400		L = 300	
		B = 42.50		B = 45.50		B = 50.00		B = 45	
		6500 TEU		9000 TEU		12000 TEU		150,000 dwt	
		Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel
Zeetraject	500	209	400	220	427	234	462	242	470
Bocht Honte	520	283	480	301	516	323	561	319	553
Riviertraject (recht)	500	196	381	208	409	224	445	232	456
	370	186	371	199	399	215	436	222	446

	300	181	366	194	394	210	430	217	441
Bochten Riviertraject									
Walsoorden	300	234	427	252	463	275	509	272	503
Nauw van Bath	300	283	484	306	527	336	583	322	561

Als beide methoden worden vergeleken, dan valt op dat de verschillen tussen de methoden niet erg groot zijn, maximaal in de orde van 25 meter. Uitzondering is de benodigde breedte in bochten. PIANC hanteert hiervoor alleen een toeslag op basis van de extra padbreedte in de bocht, dit is naar ons idee niet goed. Een veel belangrijker effect bij het varen van een bocht is de onzekerheid in de baan van het schip. Hiervoor wordt in de MSCN-methode gecorrigeerd.

Opgemerkt moet worden dat als een gevolg hiervan de bocht bij Bath als te smal wordt beschouwd voor grote bulkcarriers (enkelvoudige passage). Feitelijk wordt de geul nu al door deze schepen gebruikt, slechts gedeeltelijk geladen.

8. Uit beide methoden kan het volgende worden geconcludeerd:
De toegangsgedul is met 500 meter breed genoeg. De bocht Honte is wel te krap, grote schepen zullen hier enkelstrooks afgehandeld moeten worden.
De 500 meter segmenten in de binnengeul zijn voldoende breed. De bochten die 300 meter breed zijn, zijn veel te smal voor tweestrooks verkeer. Voor de bulkcarrier en het grootste containerschip worden ze ook als te smal beoordeeld voor enkelstrooks verkeer. Kritiek voor een goede verkeersafhandeling is het geulsegment met een breedte van 370 meter. Hier kan het kleinste containerschip net niet tweestrooks doorheen varen.
9. Wordt er gewerkt met een elektronisch navigatiehulpmiddel dan worden de resultaten zoals in onderstaande tabel. Ook hier zijn de breedtes die de geulbreedte overschrijden grijs gemaakt.

Geuldeel	Breedte	Containerschip		Containerschip		Containerschip		Bulkcarrier	
		L = 320 B = 42.50 6500 TEU		L = 360 B = 45.50 9000 TEU		L = 400 B = 50.00 12000 TEU		L = 300 B = 45 150,000 dwt	
		Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel	Enkel	Dubbel
Zetraject	500	138	330	149	357	163	391	171	399
Bocht Honte	520	178	376	194	409	213	450	213	446
Riviertraject (recht)	500	158	343	170	371	186	407	194	418
	370	158	343	170	371	186	407	194	418
	300	158	343	170	371	186	407	194	418
Bochten Riviertraject									
Walsoorden	300	188	381	204	415	225	459	225	456
Nauw van Bath	300	217	418	237	458	262	509	253	492

De overgang tussen enkelstrooks en tweestrooks verkeer ligt nu duidelijk op het 370 meter segment, hier kan soms wel (container < 360 meter) en soms niet (container van 400 meter en de bulkcarrier) tweestrooks worden gevaren.

10. De boven gepresenteerde getallen kunnen worden vertaald in wachttijd. Het blijkt dat de 370 meter brede geuldelen cruciaal zijn in de passage Antwerpen-Hansweert. Deze 370 meter segmenten zijn de rechte delen tussen de bochten en een aantal flauwe bochten. De scherpe bochten, bij Bath en Walsoorden, hebben een breedte van 300 meter. Als deze rechte stukken tweestrooks kunnen worden gepasseerd dan kunnen er ontmoetingen worden uitgevoerd op vrijwel het hele traject, behalve in de bochten, en wordt de wachttijd laag. Kan er niet tweestrooks worden gevaren in de rechte delen moet een van de twee schepen gemiddeld een uur wachten voordat hij mag gaan varen. Voor

een schatting van de wachttijd worden ontmoetingen tussen de vijf grootste scheepsklassen beschouwd. De resultaten zijn als volgt:

		1998		2020	
		Passages	Ontmoetingen	Passages	Ontmoetingen
		2666	522	6872	3403
Scenario		Vetraagd	Percentage	Vetraagd	Percentage
		[-]	[%]	[-]	[%]
Zonder elektronisch hulpmiddel	PIANC	102	3.8	813	11.8
	MSCN	40	1.5	489	7.1
Met elektronisch hulpmiddel	MSCN	20	0.8	161	2.3

Passages: twee richtingen

Deze resultaten gaan uit van getijgebonden vaart. In 1998 zijn deze vaarten voor een groot deel getijgebonden uitgevoerd waardoor het ontmoetingspunt in veel gevallen ten westen van Hansweert heeft gelegen, hierdoor zal het feitelijk aantal ontmoetingen in het smalle deel veel lager zijn geweest. In 2020 zullen de meeste vaarten uit deze categorie wel degelijk getijgebonden worden uitgevoerd.

Het introduceren van een elektronisch navigatiehulpmiddel verbetert de situatie aanzienlijk. Het is moeilijk in te schatten of de 161 uur vertraging op jaarbasis een probleem is, of dat dit nog verder omlaag moet. Niet meegenomen in deze beschouwing is het mogelijk effect van een betere planning van op en afvaarten.

11. De resultaten die hier gepresenteerd zijn, gaan uit van geladen schepen. Het containerschip is redelijk ongevoelig voor variaties in waterdiepte (h/T). Dit schip is bij kleine kielspelingen ook nog voldoende goed manoeuvreerbaar. De hier opgenomen resultaten voor de containerschepen slaan terug op onderzoeksvraag 3. De geladen bulkcarrier kan representatief worden gesteld voor onderzoeksvraag 4. Echter, voor dit schip wordt dringend geadviseerd de kielspelingsnorm van minimaal 15% in het binnengebied te handhaven. Dit om ervoor te zorgen dat het schip voldoende manoeuvreerbaar is. De hier gepresenteerde resultaten zijn niet zomaar geldig voor grotere schepen met een kleinere diepgang.
12. Als er besloten wordt om geen elektronische hulpmiddelen te installeren dan is het noodzakelijk om de bochten in het riviertraject te verbreden, voor enkelstrooks passage. Het grootste hier meegenomen containerschip (Suezmax) maakt een verbreding in de bochten van minimaal 40 meter noodzakelijk. Als de rechte stukken verbreed worden tot meer dan 400 meter dan is de verwachte stremming in 2020 ongeveer 70 uur op jaarbasis.
13. Als men in het scenario met elektronische navigatiehulpmiddelen nog wil baggeren dan kan men alle geuldelen met een breedte van 370 meter verbreden tot 395 meter. Dit vermindert de stremming tot minder dan 20 uur per jaar.

Binnenvaart

14. Er is gekeken naar het ruimtebeslag van de binnenvaart op de vaarweg. In de meeste trajecten kan de binnenvaart de rand van de geul gebruiken. Hierdoor is het ruimtebeslag op de vaarweg gering en blijft er voldoende ruimte voor beide schepen (een groot zeeschip en een binnenvaartschip). Om een betere indruk te krijgen van interacties binnenvaart-zeevaart is ook gekeken naar de bezetting van de vaarweg. Die is het hoogst op het traject Terneuzen-Hansweert met in 2020 een gemiddelde afstand tussen zeeschepen van 9 kilometer en tussen binnenvaartschepen van 3 kilometer (deze getallen gelden voor een richting). Op het traject richting Antwerpen is de onderlinge afstand tussen zowel binnenvaart als zeevaart 9 kilometer. Deze gemiddelde getallen lijken geen probleem. Wil men in meer detail iets weten over de bezetting van de vaarweg dan dient men aanvullende simulaties te doen.
15. Problemen die mogelijk optreden tussen binnenvaart en zeevaart hebben te maken met de hydrodynamische interactie tussen schepen, hiermee wordt bedoeld de golfvorming door zeeschepen en eventueel zuiging. Of dit tot problemen leidt hangt af van de bouw van het binnenschip en de maatregelen die de schipper neemt om ongewenst vervullen

te voorkomen. Dit is sterk afhankelijk van de situatie en het is moeilijk om hier in algemene termen iets over te zeggen.

Lichtenen

16. Het lichtenen van schepen in de vaargeul (Put van Terneuzen) betekent dat de vaargeul ter plaatse van het geankerde schip effectief versmalt. Verder moet men rekening houden met voldoende passeerafstand en een voldoende lage snelheid tijdens de passage van het geankerde schip om golfvorming en zuiging te beperken. Dit betekent effectief dat er een extra hindernis in de vaarweg ligt waarmee in het vaarschema van opvarende en afvarende schepen rekening gehouden moet worden. Dit is ongewenst als men ziet hoe sterk de aantallen schepen in de komende twintig jaar gaan groeien. Daarnaast vormen ankerliggers in de vaargeul een risicofactor. Het zoveel mogelijk beperken van ankerliggers in de geul verhoogd de veiligheid van de scheepvaart.

Veiligheid

17. De resultaten van de uitgevoerde berekeningen naar het aantal ongevallen in het Schelde-estuarium zijn samengevat in de volgende tabel.

Scenario	bij aanvaring betrokken schepen per jaar	aantal keren dat een passerend schip een ankerligger aanvaart
Basis: verkeersbeeld 1998	15.12	2.53
Verkeersaanbod van 1998 bij het sluiten van de nevengeulen	15.99	2.43
Zeevaart volgens 1998, maar met een groei van de binnenvaart met 50%	21.77	2.63
2020: zeevaart volgens "optimistische prognose" van PRC met binnenvaart van 1998	23.57	3.40
2020: zeevaart volgens "optimistische prognose" van PRC met een groei van de binnenvaart met 50% tov 1998	31.66	3.51

Uit deze berekeningen kan worden geconcludeerd dat het aantal bij aanvaringen betrokken schepen toeneemt van 15.12 in het basisjaar 1998 tot 31.66 in 2020. Dit voor het meest verkeersintensieve scenario in 2020.

18. Het aantal ongevallen kan worden gereduceerd door middel van verkeerstechnische maatregelen die voor een betere verkeersafwikkeling zorgen en zo voor minder ongevallen kunnen zorgen.
19. Betere opleiding kan er toe leiden dat de ongevalsrisico's per gevaarlijke ontmoeting afneemt.
20. Betere en nieuwe navigatiehulpmiddelen kunnen ook leiden tot een afnemende ongevalsrisico's. Een voorbeeld hiervan is de AIS (Automatic Identification System) welke langzamerhand wordt ingevoerd en naar verwachting in 2020 volledig zal zijn ingevoerd. De verwachting is dat deze AIS met nieuwe daarvan gebruikmakende systemen een trendbreuk kan opleveren in het aantal ongevallen dat optreedt.
21. Policy Research Corporation heeft ook de havenaanlopen voor een "pessimistisch" en een "middelmatic" groeiscenario gegeven. Het effect van het groeiscenario is niet voor iedere haven binnen de regio gelijk. Voor de grootste haven Antwerpen ligt het pessimistische scenario op 70% van het optimistische groeiscenario en het realistische groeiscenario op 96% van het optimistische scenario. Wanneer deze veranderingen representatief worden geacht voor de gehele regio, dan ligt het aantal bij aanvaringen betrokken schepen in 2020 voor het realistische groeiscenario 8% lager dan nu is voorspeld. Bij een pessimistische groeiscenario neemt het aantal bewegingen met 30% af en daarmee zal het aantal ongevallen 51% lager liggen dan nu is voorspeld. In een ankergebied in de Everingen kan het lichtenen veel veiliger plaatsvinden dan in de Put van Terneuzen.

6. ***Aanbevelingen voor verder onderzoek***

In dit onderzoek is er gekeken naar de verwachting van het scheepvaartverkeer in het Schelde-estuarium, de benodigde geulafmetingen en de ontwikkeling van de veiligheid. Er wordt geadviseerd om in de toekomst aan de volgende aspecten aandacht te geven:

1. De ontwikkeling van een elektronisch navigatiehulpmiddel. Er zijn veel ontwikkelingen gaande op dit gebied, zowel in het Schelde-estuarium als internationaal. Er wordt geadviseerd om deze ontwikkelingen te stimuleren en te controleren. Aandachtspunten daarbij zijn:
 - Eenduidigheid van kaartpresentatie en frequente actualisering van de gebruikte kaarten;
 - Gehanteerde projectie methoden van ontvangers en kaarten;
 - Ergonomie van het systeem;
 - Training en opleiding van de loodsen en eventuele andere gebruikers van het systeem. Bij het ontwikkelen van een elektronisch navigatiehulpmiddel moet men zich niet beperken tot positieinformatie maar moet men ook kijken naar de mogelijkheden van transponders om andere schepen in de omgeving te presenteren. Deze techniek wordt in de komende jaren ingevoerd in de zeevaart (AIS). Verder wordt het mogelijk om met technieken de eigen baan van het schip te voorspellen.
2. In dit onderzoek is aangegeven dat met name de bochten en rechte delen in het Riviertraject tussen Hansweert en Antwerpen de grootste beperkingen opleveren voor de vaart. Aanbevolen wordt om tijdens de ontwikkeling van het elektronisch navigatiehulpmiddel simulator onderzoek uit te voeren, waarbij er twee doelstellingen zijn. Ten eerste nagaan welke informatie voor de loods van essentieel belang is en dus door het elektronisch navigatiehulpmiddel moet worden aangeboden. Ten tweede nagaan wat de minimaal benodigde breedte in bochten en rechte vaargeuldelen is bij de inzet van zo'n hulpmiddel.
3. Geadviseerd wordt om de mogelijkheid te onderzoeken om geulpassages, in verband met drempeldiepte, breedte van het vaarwater en scherpe bochten, verder vooruit te plannen waardoor ook ontmoetingen en plaatsen van ontmoeting vast komen te liggen. Zowel de loodsen als de verkeersbegeleiding zouden hierbij een rol moeten spelen. Ook andere partijen in de haven zouden bij zo'n ontwikkeling betrokken moeten worden omdat dit ingrijpt op het gehele logistieke proces.
4. De veiligheidsstudie heeft zich vooral gericht op de vraag in hoeverre het aantal ongevallen gaat veranderen op de langere termijn, om hiermee in de vervolgstudie uitgevoerd door AVIV³, de veranderingen in het externe risico in termen van individueel risico en groepsrisico te kunnen bepalen. Een andere vorm van risico is het milieurisico, het risico dat ten gevolge van een ongeval een bunkertank of ladingtank lek raakt en er olie of chemicaliën in het Schelde-estuarium stroomt. Zo'n ongeval is niet direct levensbedreigend, maar kan grote economische consequenties voor het gebied hebben. Een kwantificering van dit milieurisico, om inzicht te verkrijgen in de ernst hiervan, wordt aanbevolen.

³ AVIV, *Langetermijnvisie Westerschelde – Externe veiligheid*, 15 juli 2000.