



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

DIMENSIONERING VAARGEUL LAUWERSOOG - SCHIERMONNIKOOG

Rapport nr. : 35027.600-MO-rev.1
Datum : 15 november 2024
Versie : rev.1
Eindrapport

DIMENSIONERING VAARGEUL LAUWERSOOG - SCHIERMONNIKOOG

Opdrachtgever : Directoraat-Generaal Mobiliteit

Bescherming persoonlijke levenssfeer

Correspondentieadres : Ministerie van I&W
Postbus 20901
2500 EX Den Haag

Bescherming persoonlijke levenssfeer

INHOUD	PAGINA
LIJST MET FIGUREN EN TABELLEN	1
1 INLEIDING	2
2 DOEL VAN HET ONDERZOEK.....	4
3 WERKWIJZE.....	5
4 SITUATIEBESCHRIJVING	8
4.1 Geografische situatie en vaargeulindeling	8
4.2 Schepen.....	10
4.3 Dienstregeling.....	11
4.4 Overig verkeer	11
4.5 Stroom	11
4.6 Golven	13
4.7 Meteo.....	13
4.8 Positiebepaling	14
4.9 Kielspeling m.s. Rottum.....	14
4.10 Kielspeling m.s. Esonborg.....	17
5 DIMENSIONERING VAN DE VAARGEUL.....	18
5.1 Referentiediepte	18
5.2 Vaargeulbreedte	18
5.3 Vergelijking adviesbreedte en beschikbare vaargeulbreedte.....	24
6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	34
6.1 Conclusies	34
6.2 Aanbevelingen	35
APPENDICES:.....	37
APPENDIX 1 PASSEERVAKKEN.....	38
APPENDIX 2 BESCHIKBARE GEULBREEDTES	55

LIJST MET FIGUREN EN TABELLEN

Figuren

Figuur 1-1: Veerboot in de haven van Lauwersoog	2
Figuur 3-1: Huidige (groene lijn) en geplande (zwarte lijn) doorsteek de Glinder	6
Figuur 3-2: Beschikbare breedte in Glinder bij grensbodem -3,5 m NAP (bron: GIS-Viewer)	7
Figuur 4-1: Huidige vaarroute Lauwersoog - Schiermonnikoog.....	8
Figuur 4-2: Uitsnede peilkaart Glinder (bron: RWS, Waddenzee - Friesche Zeegat, Lauwersoog - Schiermonnikoog t.o.v. NAP, 23 april 2024).....	9
Figuur 4-3: Uitsnede peilkaart Groote Siege (bron: RWS, Waddenzee - Friesche Zeegat, Lauwersoog - Schiermonnikoog t.o.v. NAP, 23 april 2024).....	9
Figuur 4-4: Sectie indeling vaarroute Lauwersoog - Schiermonnikoog	10
Figuur 4-5: Vaklodingen van het Friesche zeegat uit 2024, die is gebruikt voor de modelbodem (in m NAP). De locaties van de uitvoerpunten voor waterstanden en stroomsnelheden zijn aangegeven met zwarte stippen. Met op de y-as de breedtegraden en op de x-as de lengtegraden. (bron: Deltares)	12
Figuur 5-1: Referentiediepte bij variabele waterstand.....	18
Figuur 5-2: Elementaire componenten van de gewenste geulbreedte (enkelstrooks)	23
Figuur 5-3: Elementaire componenten van de gewenste geulbreedte (tweestrooks)	24
Figuur 5-4: Elementaire componenten van de gewenste geulbreedte (geregelde ontmoeting).....	24
Figuur 5-5: Vaarweglengtes waar gepasseerd kan worden met twee veerboten bij een waterstand van -1,7 m NAP (groen ingekleurd) voor variant A en B	26
Figuur 5-6: Vaarweglengtes waar gepasseerd kan worden met de m.s. Esonborg en m.s. Rottum bij een waterstand van -1,7 m NAP (groen ingekleurd) voor variant A en B	27

Tabellen

Tabel 4-1: Algemene kenmerken	10
Tabel 4-2: Overschrijdingstabel van de 10 min. gemiddelde wind in Lauwersoog.....	14
Tabel 4-3: Meetvaarten met minimale netto kielspeling < 2,0 m.....	16
Tabel 5-1: Vaarsnelheid door het water MS Rottum, variant A.....	20
Tabel 5-2: Vaarsnelheid door het water MS Rottum variant B.....	20
Tabel 5-3: Toeslagen vaarbaanbreedte	22
Tabel 5-4: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de veerboot (Variant A).....	27
Tabel 5-5: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de veerboot (Variant B).....	28
Tabel 5-6: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik door twee veerboten (Variant A).....	28
Tabel 5-7: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik door twee veerboten (Variant B).....	29
Tabel 5-8: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik tussen twee veerboten (Variant A).....	29
Tabel 5-9: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik tussen twee veerboten (Variant B).....	30
Tabel 5-10: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de Esonborg (Variant A)	30
Tabel 5-11: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de Esonborg (Variant B)	31
Tabel 5-12: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik met m.s. Esonborg (Variant A).....	31
Tabel 5-13: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik met m.s. Esonborg (Variant B).....	32
Tabel 5-14: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik met m.s. Esonborg (Variant A).....	32
Tabel 5-15: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik met m.s. Esonborg (Variant B).....	33
Tabel 6-1: Overzicht vanaf welke waterstand er voldoende breedte beschikbaar is in de gehele vaargeul (Variant A).....	34
Tabel 6-2: Overzicht vanaf welke waterstand er voldoende breedte beschikbaar is in de gehele vaargeul (Variant B).....	35

1 INLEIDING

Wagenborg Passagiersdiensten B.V. (WPD) verzorgt o.a. de veerdienst van Lauwersoog naar Schiermonnikoog. WPD maakt voor deze dienst gebruik van twee veerboten (m.s. Rottum en m.s. Monnik) en een snelboot (m.s. Esonborg). Recent hebben WPD, het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Rijkswaterstaat (RWS) door MARIN een studie laten uitvoeren naar de minimale benodigde geulbreedte voor de vaargeul Holwerd – Nes [Ref 2.]. De vaargeul tussen Lauwersoog en Schiermonnikoog heeft, in mindere mate dan de vaargeul Holwerd – Nes, last van aanzanding en moet door middel van baggeren op diepte en breedte worden gehouden. Het ministerie van IenW wil inzicht in de benodigde vaargeuldimensies, die nodig zijn voor een veilige vaart en wil inzicht in de waterstanden waarbij veilig gevaren kan worden.



Figuur 1-1: Veerboot in de haven van Lauwersoog

Het ministerie van IenW heeft samen met RWS en WPD, MARIN opdracht gegeven om een geulstudie te doen naar de vaargeul Lauwersoog – Schiermonnikoog. Deze studie volgt dezelfde methode die ook voor de eerdere studie voor de verbinding Holwerd – Nes [Ref 2.] is gebruikt. Met deze methode wordt de vaargeul verdeeld in secties met ongeveer gelijke eigenschappen. Voor elk van deze sectie wordt de PIANC-adviesbreedte [Ref 1.] voor de vaargeul bepaald op basis van de specifieke condities geldend per sectie. Door middel van deze methode wordt er een differentiatie aangebracht in de adviesbreedte voor de verschillende vaargeuldelen en voor verschillende waterstanden.

Gevraagd is hierbij onderscheid te maken in:

- Enkelstrooks gebruik, door de veerboot en de snelboot van de verschillende vaargeuldelen,
- Tweestrooks gebruik van de verschillende vaargeuldelen, door twee veerboten of één veerboot en de snelboot en
- Een tussenvorm waarbij bij een ontmoeting de veerboot de rand van de vaargeul opzoekt en hier blijft wachten tot het tegemoetkomende schip (veerboot of snelboot) gepasseerd is (geregelde ontmoeting).

Vervolgens worden deze resultaten gebruikt voor een vergelijking tussen de benodigde (advies)breedte en de actuele beschikbare breedte in de geul bij verschillende waterstanden. Doel is vast te stellen bij welke waterstanden er genoeg breedte en diepte beschikbaar is in de verschillende delen van de vaargeul voor enkel- dan wel tweestrooks verkeer of voor een geregelde ontmoeting.

Dit rapport beschrijft de resultaten van het onderzoek. In hoofdstuk 2 wordt het doel van het onderzoek beschreven, gevolgd door een beschrijving van de werkwijze in hoofdstuk 3. Hoofdstuk 4 beschrijft de actuele situatie en hoofdstuk 5 geeft de uitwerking naar de gewenste dimensies van de vaargeul. Tenslotte volgend in hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen volgende uit de studie.

2 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het hoofddoel van de studie is het ministerie van IenW inzicht te geven in de benodigde vaargeuldimensies die nodig zijn voor een veilige vaart en inzicht in de waterstanden waarbij veilig gevaren kan worden. De subdoelen van de studie zijn:

- Het vaststellen van de minimale, veilige, dimensies voor de vaargeul van Lauwersoog naar Schiermonnikoog ten behoeve van de veerdienst van WPD, waarbij gedifferentieerd wordt naar waterstanden en vaargeuldelen met vergelijkbare karakteristieken (bochtstralen, dwarsstroom, langsstroom, oriëntatie t.o.v. overheersende windrichting, vaarsnelheid);
- Een vergelijking maken tussen de benodigde breedte en de daadwerkelijk beschikbare breedte voor waterstanden -1,8 m NAP tot en met 0,5 m NAP;

3 WERKWIJZE

Voor deze studie is dezelfde methode gebruik als bij de eerdere studie voor de verbinding Holwerd – Nes [Ref 2.]. Hierbij wordt er gebruik gemaakt van de methodiek en bijbehorende richtlijnen uitgegeven door PIANC (Harbour Approach Channels – Design Guidelines). Daarbij wordt de vaarweg onderverdeeld in secties. Hierbij worden de marges gebaseerd op meetvaarten aan boord van de m.s. Rottum en m.s. Esonborg en de specifiek lokale omstandigheden. Marges welke worden gebaseerd op basis van de specifieke lokale omstandigheden zijn stroming en de beschikbare waterdiepte afhankelijk van het getij.

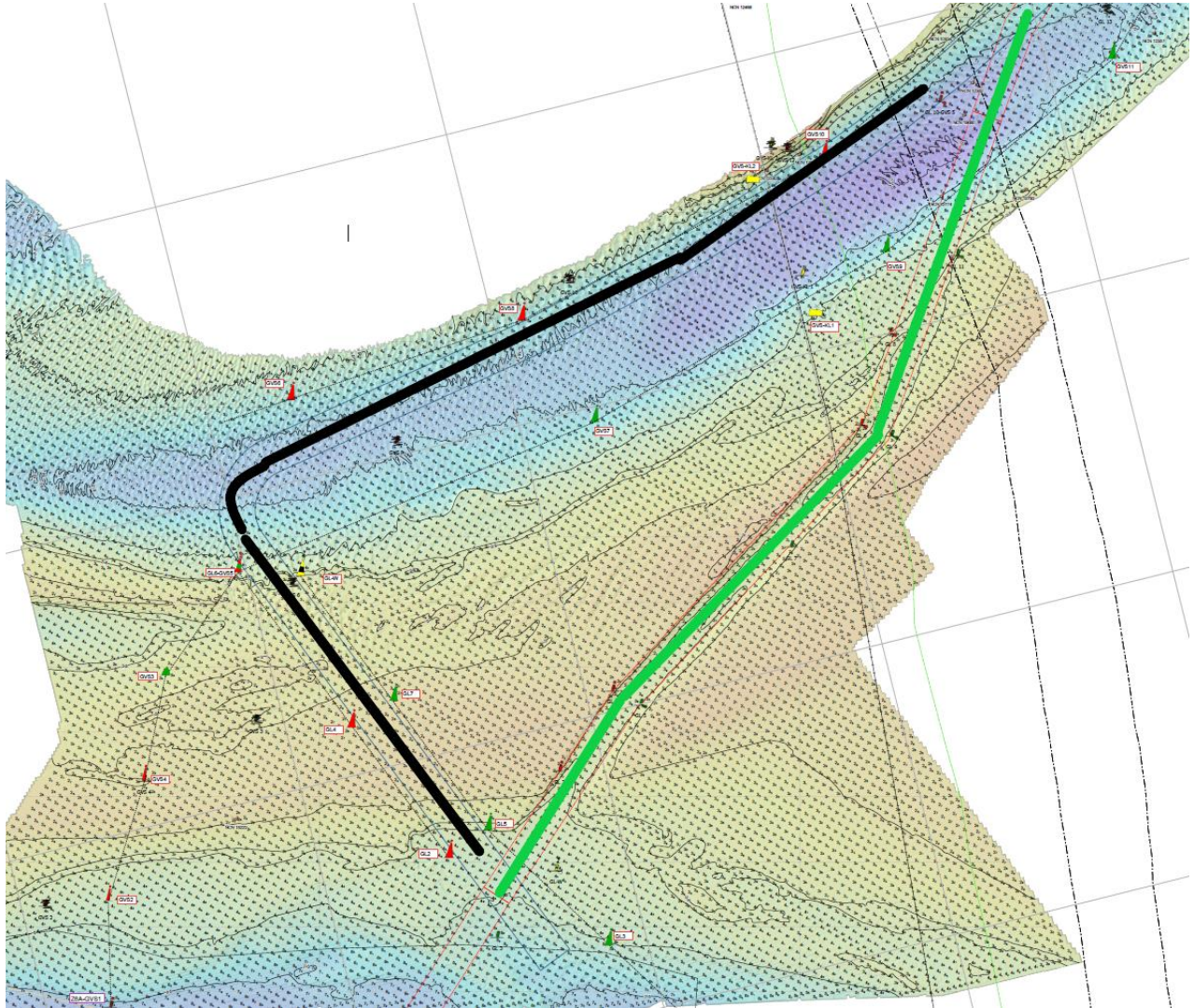
Voor de werkzaamheden betekent dit:

- Indelen van de vaargeul in verschillende secties met binnen de sectie min of meer gelijke karakteristieken, zoals:
 - Vaarsnelheid (veerboot en snelboot);
 - Oriëntatie t.o.v. de overheersende windrichting;
 - Dwarsstroom afhankelijk van het getij;
 - Langsstroom afhankelijk van het getij;
 - Beschikbare waterdiepte en kielspeling afhankelijk van getij;

Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 4.1

- Per sectie vaststellen (data verzamelen) van de karakteristieke waarden;
Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 4.2 en verder.
- Per sectie vaststellen van de tij-afhankelijke adviesbreedte op basis van de PIANC-methodiek.
Dit is verder uitgewerkt in hoofdstuk 5.

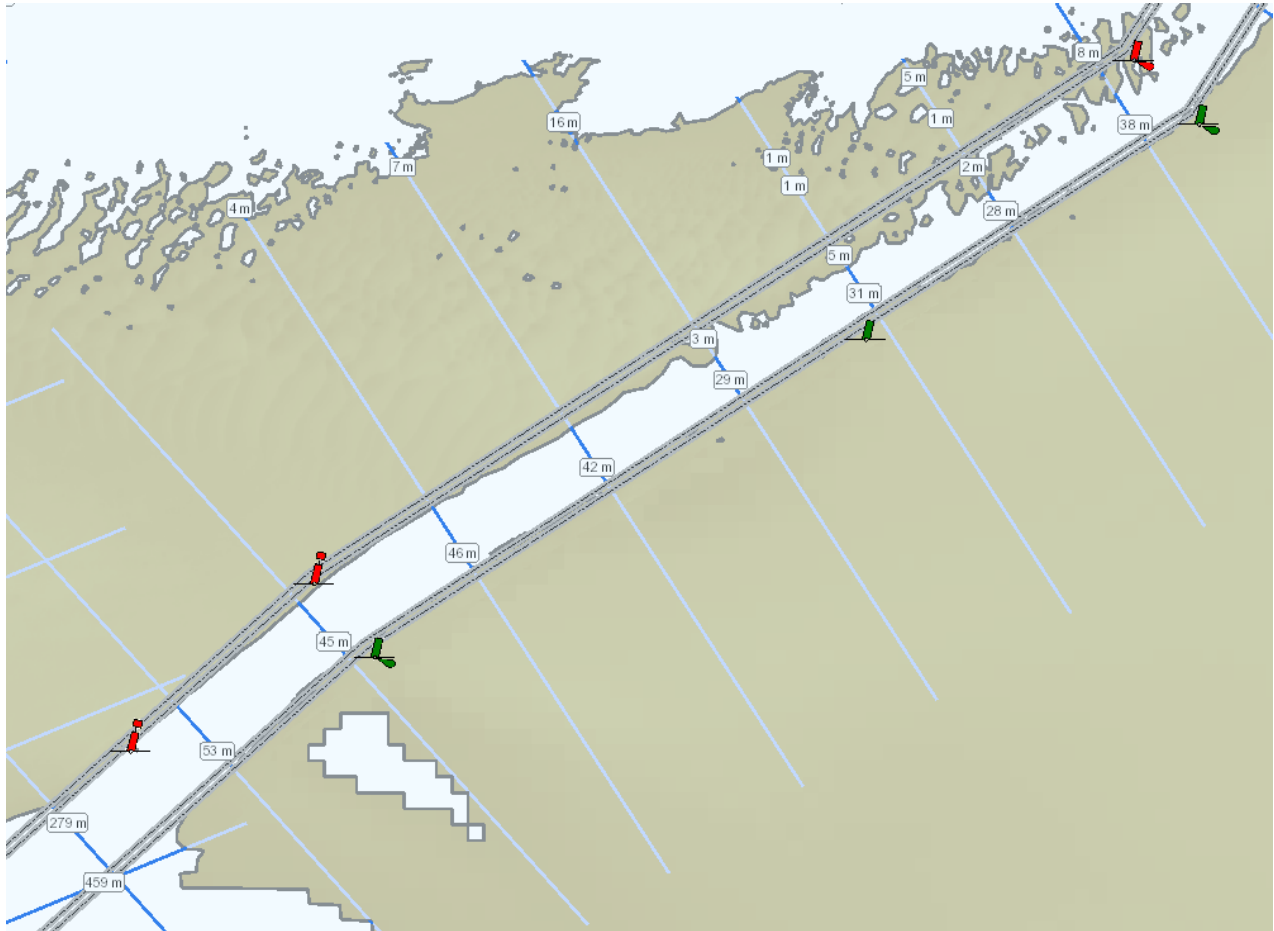
RWS is in een vergevorderd stadium met het voorbereiden van een doorsteek vanaf boei GL-W in noordwestelijke richting naar het Gat van Schiermonnikoog (zie zwarte lijn in Figuur 3-1). Op verzoek van RWS zijn in deze studie ook adviesbreedtes opgesteld voor de alternatieve ligging van deze nieuwe doorsteek. De nieuwe doorsteek heeft een breedte van minimaal 50 m op een streefdiepte van -3,5 m NAP.



Figuur 3-1: Huidige (groene lijn) en geplande (zwarte lijn) doorsteek de Glinder

In de tweede stap is een vergelijking gemaakt van de benodigde (advies)breedte en de actuele beschikbare breedte in de geul bij de verschillende waterstanden. Voor de beschikbare breedte in de verschillende delen van de geul, afhankelijk per van de waterstand, is gebruik gemaakt van een GIS-Viewer aangeleverd door RWS (zie Figuur 3-2).

Het doel is vast te stellen bij welke waterstanden er genoeg breedte en diepte beschikbaar is in de verschillende delen van de vaargeul voor enkelstrooks verkeer, tweestrooks verkeer en/of een geregelde ontmoeting. De resultaten van de vergelijking zijn verwerkt in de tabellen met resultaten in hoofdstuk 5.



Figuur 3-2: Beschikbare breedte in Glinder bij grensbodem -3,5 m NAP (bron: GIS-Viewer)

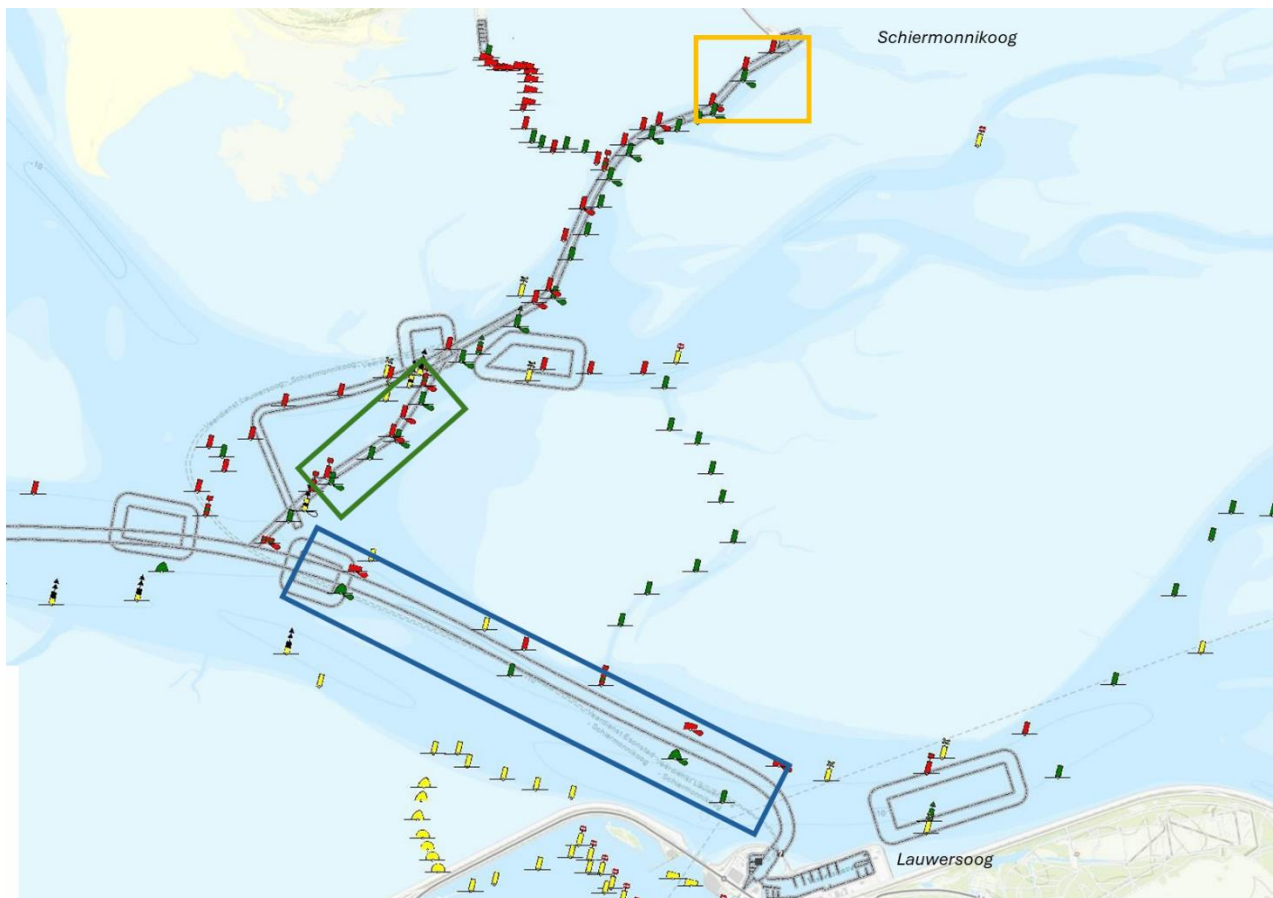
4 SITUATIEBESCHRIJVING

4.1 Geografische situatie en vaargeulindeling

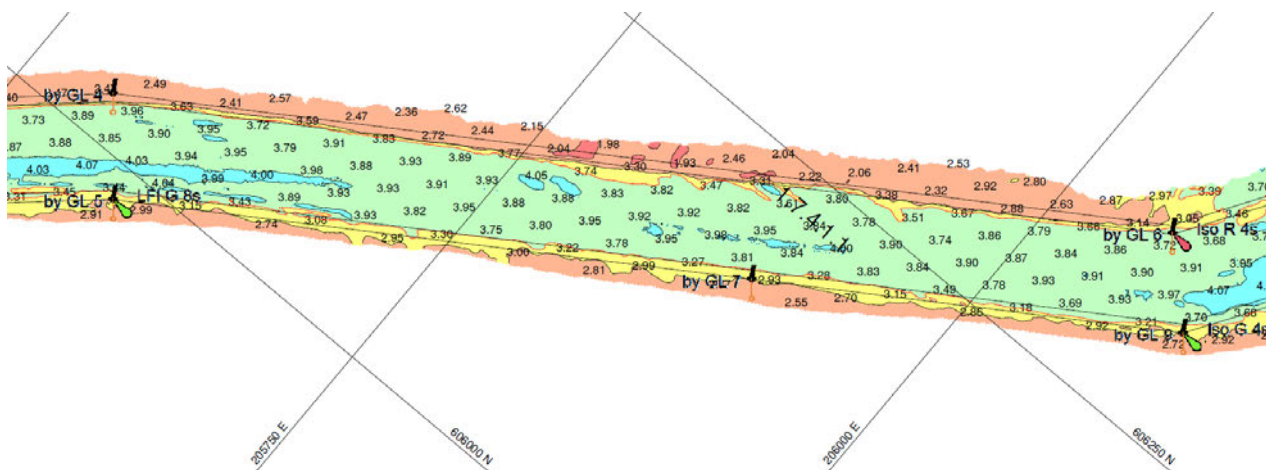
De vaarroute volgt van zuid naar noord vanaf Lauwersoog over het eerste gedeelte van het traject tot boei Z10 de Zoutkamperlaag. De Zoutkamperlaag (blauwe rechthoek in Figuur 4-1) is een voldoende diepe en brede natuurlijke geul. Vanuit de Zoutkamperlaag draait de veerboot de Glinder op. De Glinder (groene rechthoek in Figuur 4-1) strekt van boei GL-2 tot en met boei GL-11. Ter hoogte van boei GL-7 is er een versmalling (zie Figuur 4-2). Op basis van de gebruikte peilingen en de GIS-Viewer, die door RWS op basis van de peilingen is gemaakt, is vastgesteld dat de geulbreedte bij deze versmalling minder dan 50 m is op een niveau van -3,1 m NAP. De geul voldoet daarmee niet aan de minimale onderhoudsbreedte van 50 m bij de streefdiepte van -3,50 m NAP.

Bij laagwater wordt dit gedeelte van de vaarroute met lage snelheid gepasseerd om trillingen aan boord of aan de grond lopen te voorkomen. De Glinder is wat betreft beschikbare waterdiepte en het doorvaarbaar profiel het meest kritische gedeelte van de vaarroute. Het laatste stuk vaarroute gaat over de Grote Siege richting Schiermonnikoog. Tussen boeienpaar GS-15 en GS-12 is de beschikbare bodembreedte op -3,5 m NAP, 33 m (centraal in de oranje rechthoek in Figuur 4-1 en Figuur 4-3).

Op dit moment worden twee delen van de vaargeul onderhouden met een bodembreedte van minimaal 50 m en maximaal 60 m op een streefdiepte van 3,50 m onder NAP. Dit gaat om de Glinder (groene rechthoek in Figuur 4-1) en het oostelijke stuk van de Grote Siege (oranje rechthoek in Figuur 4-1).



Figuur 4-1: Huidige vaarroute Lauwersoog - Schiermonnikoog



Figuur 4-2: Uitsnede peilkaart Glinder (bron: RWS, Waddenzee - Friesche Zeegat, Lauwersoog - Schiermonnikoog t.o.v. NAP, 23 april 2024)



Figuur 4-3: Uitsnede peilkaart Groote Siege (bron: RWS, Waddenzee - Friesche Zeegat, Lauwersoog - Schiermonnikoog t.o.v. NAP, 23 april 2024)

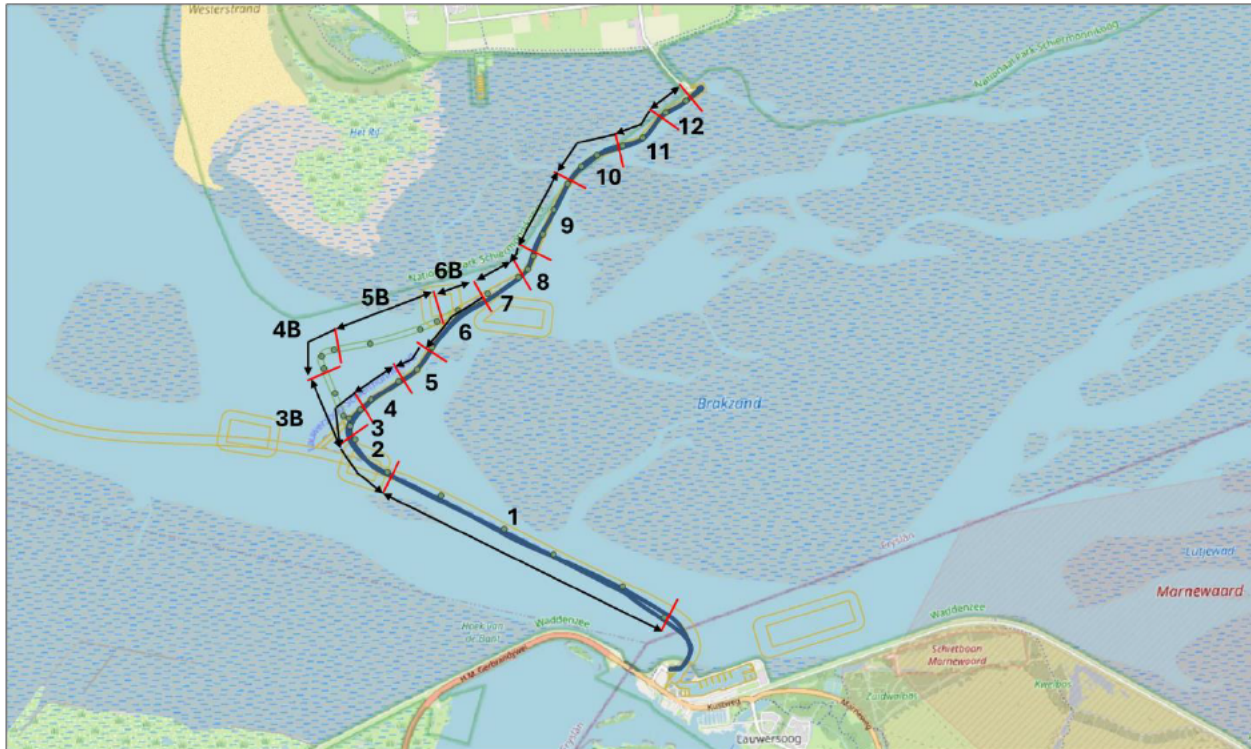
De vaargeul is voor het vaststellen van adviesbreedtes onderverdeeld in secties met een lengte variërend van 300 m (sectie 8 en 12) tot 3500 m (sectie 1) aan de hand van de volgende criteria:

- Strekking (geometrie): het vaarwegdeel is een rechtstand of een enkele bocht;
- Het vaarwegdeel heeft een min of meer constante dwarsdoorsnede;
- Binnen het vaarwegdeel is tenminste een stroomobservatiepunt beschikbaar.

De totale lengte van de geul is 9,8 km. De vaarwegindeling in secties is weergegeven in Figuur 4-4. De rode streepjes markeren de sectiegrenzen. De secties zijn genummerd van 1 tot en met 12. De eerste ca. 450 meter van de vaargeul vanaf de steiger, zowel aan de kant van Lauwersoog als aan de kant van Schiermonnikoog is buiten beschouwing gelaten. De veerboten hebben hier ook ruimte nodig om te manoeuvreren voor het aanmeren of afvaren. De PIANC-methodiek is hiervoor niet van toepassing.

Naast de bestaande situatie is ook vooruitgekeken naar de nieuwe route over de Glinder (variant B). Deze nieuwe geul over de Glinder zal worden aangelegd op -4 m NAP met een breedte van 60 m. De geul gaat worden onderhouden met een streefdiepte van -3,50 m NAP en een minimale breedte van 50 m. Ten tijde van het schrijven van dit rapport was de geul nog niet operationeel.

Voor de nieuwe route over de Glinder zijn de vaargeulsecties 3, 4, 5 en 6 vervangen door secties 3B, 4B, 5B en 6B. Sectie 3B is de doorsteek over de Glinder. Sectie 4B is de bocht naar het Gat van Schiermonnikoog en sectie 5B en 6B zijn het vaargeuldelen in het Gat van Schiermonnikoog. Sectie 6B sluit aan in de bestaande vaargeul bij sectie 7. De gewijzigde ligging van de geul is met aangepaste sectie indeling weergegeven in Figuur 4-4.



Figuur 4-4: Sectie indeling vaarroute Lauwersoog - Schiermonnikoog

4.2 Schepen

Rederij Wagenborg maakt voor de normale dienstregeling tussen Lauwersoog en Schiermonnikoog gebruik van de veerboten m.s. Rottum en m.s. Monnik (beide bouwjaar 1985). De twee veerboten zijn zusterschepen met dezelfde hoofdafmetingen en voorstuwingsinrichting. Voor deze studie is m.s. Rottum gebruikt. M.s. Rottum vaart hoofdzakelijk tussen Lauwersoog en Schiermonnikoog. M.s. Monnik wordt ingezet wanneer m.s. Rottum niet beschikbaar is, bijvoorbeeld vanwege onderhoud. Daarnaast maakt rederij Wagenborg gebruik van m.s. Esonborg, deze wordt ingezet als sneldienst.

De algemene kenmerken van de veerboot en de snelboot zijn weergegeven in Tabel 4-1.

Tabel 4-1: Algemene kenmerken

Algemene kenmerken			m.s. Rottum / m.s. Monnik	m.s. Esonborg
Bouwjaar			1985	2018
LOA	[m]		58,00	22,00
B	[m]		13,00	6,10
Tmax	[m]		1,70	1,10
Vermogen	[kW]		4 x 600	2 x 600
Dienstsnelheid	[kn]		10,8	21,6
Dienstsnelheid	[km/u]		20,0	40,0

De veerboot heeft een relatief kleine diepgang (de operationele diepgang tijdens de meetvaarten was ca 1,40 m), wat over het algemeen leidt tot grote drifthoeken bij bochtvaren op ondiep water. De kleine diepgang maakt in combinatie met de relatief hoge opbouw de schepen extra gevoelig voor dwarswind. De kapiteins van WPD hebben aangegeven dat tijdens windkracht 7bft of hoger een drifthoek van 20 á 30 graden regelmatig voor komt.

De veerboot wordt voortgestuwd op een conventionele manier door twee schroeven en roeren. Twee Schottel Pumpjets aan de voorkant van de veerboot dienen als boegschroef. Deze boegschroef wordt gebruikt tijdens het aankomen en vertrekken uit de havens. Bij een “geregelde ontmoeting” kan het voorkomen dat het stilliggende schip de boegschroef gebruikt. In de normale operatie wordt de veerboot met een (half)automaat bestuurd. De snelboot wordt voortgestuwd op een conventionele manier door twee schroeven en roeren. Bij een snelheid van 30 km/u of meer gaat de snelboot planeren.

4.3 Dienstregeling

De rederij werkt met een dienstregeling voor de gewone veerdienst met een aantal afvaarten vanaf Lauwersoog van 5 gedurende de werkweek en zaterdag, en 4 op zondag. Een gelijk aantal vaarten is er vanaf Schiermonnikoog. De vaartijd bedraagt onder ideale omstandigheden ca. 45 minuten. Bij laagwater loopt dit op tot 60 minuten of meer. Tegelijkertijd zijn er per dag ook nog 4 á 5 afvaarten vanaf Lauwersoog van de sneldienst en een gelijk aantal vanaf Schiermonnikoog. De sneldienst doet er ongeveer 20 minuten over. Aanvullend op de reguliere dienstregeling worden in het hoogseizoen regelmatig extra schepen ingezet om pieken in het aanbod van passagiers op te vangen.

Op het traject Lauwersoog naar Schiermonnikoog vaart er één veerboot en één snelboot. De veerboot en de sneldienst ontmoeten elkaar alleen in de Zoutkamperlaag. De veerboot en de sneldienst mogen elkaar, volgens interne werkinstructie van WPD, niet ontmoeten op de Glinder en de Grote Siege. De veerboot vaart, volgens interne richtlijnen van WPD, vanaf een waterstand hoger dan -1,8 m NAP.

4.4 Overig verkeer

Behalve door de veerboten van WPD wordt de geul ook gebruikt door andere schepen. Bijvoorbeeld ook de visserij, pleziervaart, chartervaart en overige grote (zee)schepen maakt gebruik van de geul, o.a. om te bunkeren of te lossen in Lauwersoog. Het aantal scheepsbewegingen van deze gebruikersgroep is niet bekend.

Lauwersoog is het begin van de staande mast route naar het IJselmeer. Vooral in de zomermaanden is het erg druk met pleziervaart en visserij. Dit is hoofdzakelijk op de Zoutkamperlaag en tussen de Glinder en de Reegeul op Schiermonnikoog. Recreatievaart naar de haven van Schiermonnikoog vaart tussen circa 2 uur voor hoog water en twee uur na hoog water door de Reegeul. Tevens wordt de geul gebruikt door de peilboot, een tonnenlegger en baggervaartuigen. Het baggervaartuig is ongeveer een week per maand actief in de geul. Tenslotte varen er regelmatig schepen van KLPD/Douane en Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur in het gebied.

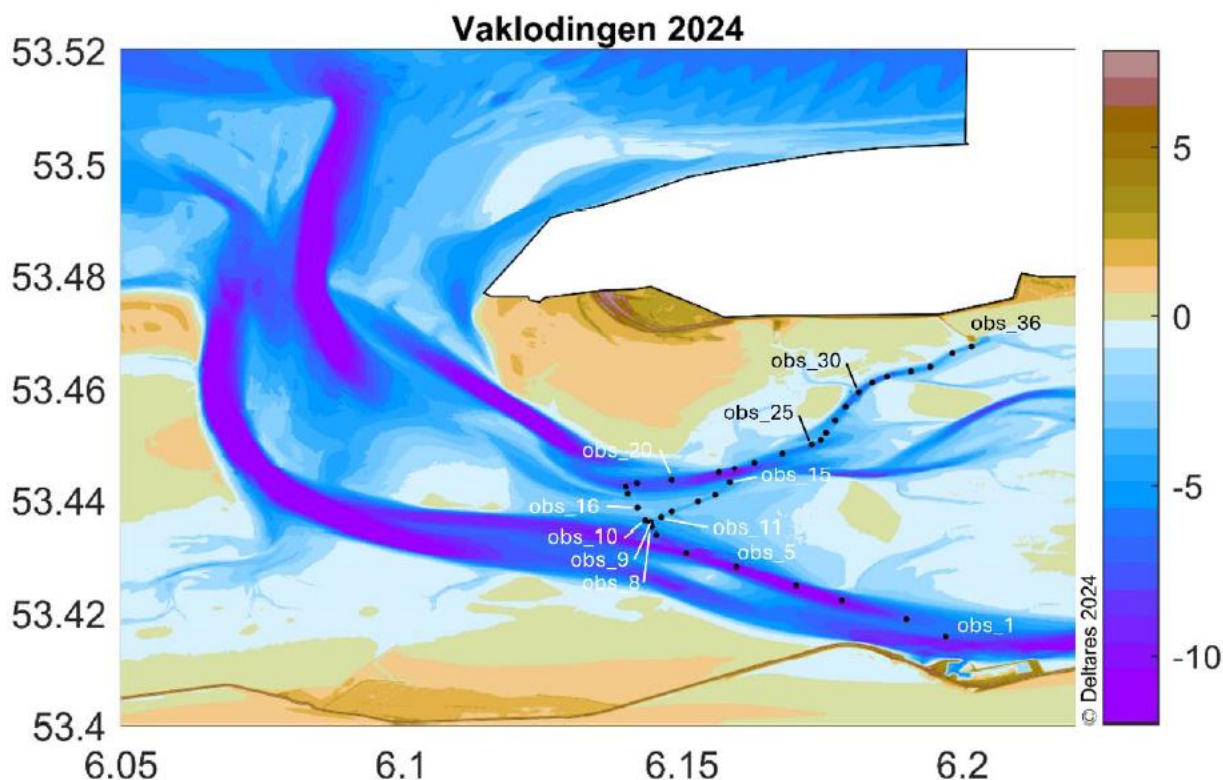
4.5 Stroom

Stroomgegevens met bijbehorende waterhoogtes (tij afhankelijk) zijn aangeleverd door Deltares en gebaseerd op het stroommodel voor de Waddenzee (DCSM-FM 100m; Zijl et al., 2022). Het stroommodel levert, op basis van hindcast data, een tij afhankelijk 2D stroomveld.

Ten behoeve van dit onderzoek is voor 36 zogenaamde stroomobservatiepunten, verdeeld over de vaargeul, een dieptegemiddelde stroom bepaald. De stroom is, aan de hand van het 2D stroomveld, berekend met een resolutie van 10 minuten voor een periode van 3 maanden, van 1-1-2019 tot en met 31-3-2019. De periode die gebruikt is, is dezelfde als voor de geulstudie Holwerd

– Ameland [Ref 2.] en wordt als representatief gezien voor een goede spreiding in wind, waterstand en stroomcondities. De stroomobservatiepunten zijn als zwarte punten weergegeven in Figuur 4-5.

Het Deltares stroommodel is onvoldoende nauwkeurig in het voorspellen van lage waterstanden richting het wantij. Voor de vaargeul naar Schiermonnikoog heeft dit geen gevolgen omdat de vaargeul ver genoeg van het wantij ligt.



Figuur 4-5: Vaklodingen van het Friesche zeegat uit 2024, die is gebruikt voor de modelbodem (in m NAP). De locaties van de uitvoerpunten voor waterstanden en stroomsnelheden zijn aangegeven met zwarte stippen. Met op de y-as de breedtegraden en op de x-as de lengtegraden. (bron: Deltares)

De stroomsnelheden en richtingen voor alle stroomobservatiepunten zijn ingedeeld in waterstandklassen. De waterstandklassen (bij Lauwersoog) hebben als laagste waarde per klasse -1.8 m ten opzichte van NAP tot en met 0.5 m ten opzichte van NAP met stappen van 10 cm. De ondergrens van -1,8 m NAP is gekozen omdat dit de huidige waterstand is waar op dit moment nog mee wordt gevaren. De bovengrens van 0,5 m NAP is gekozen omdat er bij deze waterstand praktisch gezien geen belemmeringen in de vaargeulbreedte te verwachten zijn. In iedere klasse en voor elk stroomobservatiepunt is voor zowel de langsrichting (de richting van de raaklijn aan de as van de vaargeul in het observatiepunt) als de dwarsrichting (loodrecht op de richting van de raaklijn aan de as van de vaargeul in het observatiepunt) de minimale stroomsnelheid, de maximale stroomsnelheid, het gemiddelde, het 10% percentiel (10% van de waarden in de klasse zijn kleiner) en het 90% percentiel (10% van de waarden in de klasse zijn groter) bepaald. De langsstroom is positief in de richting van Schiermonnikoog en negatief in de richting van Lauwersoog. De dwarsstroom is positief naar rechts en negatief naar links in de richting van Schiermonnikoog kijkend.

Voor het bepalen van de weegfactoren voor de dwarsstroom en de langsstroom is geen gebruik gemaakt van de uiterste waarden (het minimum of maximum) om te voorkomen dat uitschieters aanleiding zijn voor een overdimensionering van de vaargeul. In plaats daarvan is gebruik gemaakt van het maximum van de absolute waarden van de 10% en 90% percentiel waarden. Gelijk aan de benadering voor de geulstudie Holwerd – Nes [Ref 2.].

4.6 Golven

Bij het bevaren van de Zoutkamperlaag moet rekening gehouden worden met een diepgangstoename ten gevolge van scheepsbewegingen in golven. Door het droogvallen van de platen is de omgeving waarin de veerboot vaart bij laagwater echter zeer verschillend ten opzichte van die bij hoogwater. In bijzonder het gedeelte over de Glinder en de Grootte Siege is in dat geval een smal kanaal. Van enige golven die voor een diepgangstoename zorgen is dan geen sprake meer. De beweging in golven is in dit geval dus niet maatgevend voor de minimaal te hanteren kielspeling en de dimensionering van de geul.

4.7 Meteo

Meteorologische factoren die de dienstregeling kunnen ontregelen zijn verlaging van de waterstand (afwaaiing), storm en ijsgang. De veerboot kan bij geringe ijsgang varen, de snelboot niet. De laatste twee omstandigheden kunnen de vaart gedurende een of meer dagen onmogelijk maken, terwijl de toestand van de vaargeul daar weinig invloed op heeft. Afwaaiing daarentegen zal als de geul niet diep genoeg is, de vaarten bij lage tijstanden vertragen of in het uiterste geval onmogelijk maken. Hoe dieper de geul, hoe kleiner de kans dat dit voorkomt. Door de koppeling van de gemeten waterstanden aan de stroomgegevens over een langere periode zijn eventuele effecten van op- en afwaaiing impliciet verwerkt in de stroomgegevens.

Naast het effect van afwaaiing speelt het effect van dwarswind op het breedtebeslag van de schepen een rol en heeft daarmee invloed op de benodigde geulbreedte. Tenslotte heeft dwarswind ook een effect op de rolhoek (slagzij) van het schip en daarmee op de diepgang tijdens het varen. De veerboot heeft door de hoge opbouw een groot dwarswindoppervlak. In combinatie met de kleine diepgang maakt het de veerboot gevoelig voor dwarswind. De snelboot heeft daarentegen een kleine opbouw en is daarom minder gevoelig voor dwarswind.

Tijdens metingen in 2024 van het manoeuvreergedrag van zowel de veerboot als de snelboot is er beperkt gevaren in windkracht 4 bft. (6 m/s) of hoger. De maximale windkracht tijdens de meetvaarten was voor de veerboot 5 bft (9m/s) en voor de snelboot 6 bft. (10 m/s). De veerboot had tijdens de vaarten met 4 bft (6m/s) of meer een drifthoek van ongeveer 5 graden. Tijdens de vaarten met minder dan 4 bft wind was de drifthoek ongeveer 4 graden. Het verschil van 1 graad is gelijk aan een breedtevermeerdering van 0,1 B.

De meetvaarten van de snelboot geven geen duidelijk beeld van de extra drifthoek tijdens de vaarten met 4 bft of meer. Een reden hiervoor is het geringe windoppervlakte van de snelboot en het beperkte aantal vaarten tijdens deze condities. Voor de snelboot is er daarom geen breedtevermeerdering tijdens het varen in wind.

Het windklimaat is geanalyseerd op basis van een tijdreeks met potentiële windsnelheden en richtingen van het KNMI-metstation in Lauwersoog (bron: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens>). Dit station is als representatief gekozen voor de vaarroute van Lauwersoog naar Schiermonnikoog. De geanalyseerde periode beslaat de periode van 1991 tot 2020. De gegevens bestaan uit uurgemiddelde potentiële wind op 10 m hoogte (voor een gestandaardiseerde voorlandruwheidslengte van 0,03 m). Voor de analyse is de uurgemiddelde potentiële wind verhoogd met ongeveer 5% om de 10 minuten gemiddelde potentiële wind op 10 meter hoogte te verkrijgen. De 10 minuten gemiddelde waarde kan gerelateerd worden aan de Beaufort schaal, maar wordt ook gebruikt om de windkracht op een schip te berekenen.

Tabel 4-2: Overschrijdingstabel van de 10 min. gemiddelde wind in Lauwersoog

Windsnelheid [m/s]		Windrichting [°N]													Totaal	Overschrijdings-kans
		Calm / Var	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330		
0	1	0.05	0.10	0.10	0.09	0.11	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.05	0.08	0.10	0.72	100.0
1	2	0.19	0.29	0.29	0.27	0.35	0.15	0.20	0.22	0.16	0.11	0.16	0.20	0.28	2.88	99.3
2	3	0.06	0.47	0.46	0.49	0.64	0.57	0.71	0.88	0.89	0.53	0.32	0.37	0.50	6.88	96.4
3	4	0.02	0.64	0.58	0.64	0.93	1.14	1.32	1.64	1.81	1.26	0.50	0.60	0.75	11.82	89.5
4	5	0.00	0.71	0.65	0.76	1.04	1.41	1.55	2.11	2.39	1.59	0.79	0.76	0.84	14.59	77.7
5	6	0.00	0.63	0.68	0.86	1.01	1.30	1.46	2.00	2.48	1.37	0.96	0.87	0.85	14.46	63.1
6	7	0.00	0.62	0.65	0.82	0.84	0.98	1.02	1.50	2.01	1.06	1.12	0.92	0.79	12.35	48.7
7	8		0.54	0.51	0.76	0.65	0.65	0.60	1.09	1.66	1.04	1.18	0.83	0.79	10.30	36.3
8	9	0.00	0.39	0.39	0.60	0.49	0.37	0.33	0.77	1.22	0.69	1.04	0.76	0.68	7.73	26.0
9	10		0.35	0.31	0.50	0.33	0.23	0.16	0.48	0.84	0.62	0.95	0.66	0.59	6.02	18.3
10	11		0.24	0.20	0.32	0.20	0.10	0.07	0.31	0.59	0.48	0.70	0.47	0.53	4.21	12.3
11	12		0.18	0.16	0.22	0.14	0.03	0.03	0.19	0.40	0.35	0.55	0.39	0.39	3.03	8.0
12	13		0.13	0.08	0.15	0.09	0.01	0.01	0.05	0.05	0.10	0.35	0.31	0.26	1.59	5.0
13	14		0.08	0.06	0.11	0.05	0.00	0.00	0.07	0.24	0.18	0.27	0.25	0.22	1.54	3.4
14	15		0.04	0.02	0.02	0.03		0.00	0.03	0.15	0.13	0.18	0.12	0.10	0.83	1.9
15	16		0.02	0.01	0.01	0.01		0.00	0.02	0.09	0.08	0.13	0.07	0.08	0.52	1.0
16	17		0.01	0.01	0.00	0.00			0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.23	0.5
17	18		0.01	0.00	0.00				0.01	0.02	0.02	0.05	0.03	0.03	0.16	0.3
18	19		0.00	0.00	0.00				0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.07	0.1
19	20								0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	0.1
20	21									0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.0
21	22										0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.0
22	23										0.00	0.00		0.00	0.00	0.0
23	24												0.00		0.00	0.0
24	25															0.0
Totaal		0.31	5.45	5.16	6.62	6.91	6.94	7.49	11.41	15.05	9.69	9.38	7.75	7.85	100.00	

De kans op optreden (en bijbehorende overschrijding) voor de 10 minuten gemiddelde windsnelheid op 10 meter hoogte is gegeven in Tabel 4-2. Net als voor de stroom is het bij de wind niet gebruikelijk om bij een geulontwerp uit te gaan van de uiterste waarde. Een gebruikelijke keus is om uit te gaan van de 2% overschrijdingswaarde (2% van de tijd is er sprake van een hoger 10 minuten gemiddelde). Een windsnelheid van 14 m/s wordt in 1,9% van de gevallen overschreden. Ter vergelijking 13,8 m/s is de bovengrens van 6 Beaufort. Het gedrag van het schip (drifthoek ten gevolge van dwarswind) bij 6 bft wind wordt daarom als maatgevend voor de benodigde vaargeulbreedte gezien.

Tijdens de meetvaarten van de veerboot en de snelboot is er niet of onvoldoende tijdens windkracht 6 bft gevaren. WPD heeft aangegeven dat drifthoeken van 20 á 30 graden voorkomen tijdens windkracht 7 bft of hoger. Deze drifthoeken staan gelijk aan een breedtevermeerdering van 20 tot 30 m (1,5 B tot 2,3 B).

4.8 Positiebepaling

Onderdeel van de PIANC-toeslagen [Ref 1.] is de beschikbaarheid van navigatiehulpmiddelen en positiebepaling. De vaargeul wordt gedetailleerd gemarkeerd met betoning. De veerboot en de snelboot hebben een nauwkeurige positiebepaling aan boord met behulp van RTK-GPS en ECDIS met actuele elektronische navigatiekaarten. Daarnaast is ook de ervaring en goede lokale kennis van de bemanning belangrijk om mee te wegen in de nauwkeurigheid van de positiebepaling.

4.9 Kielspeling m.s. Rottum

Voor het definiëren van de minimale kielspeling is er rekening gehouden met een veilige vaarsnelheid in relatie tot manoeuvreerbaarheid, squat en effecten van dwarswind en dwarsstroom. Waarbij squat de diepgangstoename ten gevolge van vertrimming en inzinking is. Voor de minimale kielspeling of UKC (under keel clearance) wordt veelal een percentage van de diepgang gebruikt. In zeegeulen is een percentage van 10% tot 30% gebruikelijk, afhankelijk van de blootstelling aan deining. In de gehanteerde definitie van UKC in de verschillende Companies UKC Policy (ISM Code) komen echter nogal wat verschillen voor, zoals of squat en andere toeslagen al in de diepgang meegerekend dienen

te worden. Voor marginale situaties met diepgeladen zeeschepen is 10% kielspeling wel gebruikelijk, maar gezien de kleine diepgang van de veerboot levert dit in absolute zin een erg kleine kielspeling op (0,14 m) en dus niet toepasbaar op de veerboot. Bovendien speelt op deze waterdiepte al dat de weerstand sterk toeneemt zodat de snelheid bij hetzelfde motorvermogen afneemt, en dat de squat van het schip aanzienlijk wordt. Tenslotte wordt bij kleiner wordende kielspeling het vermogen door de bemanning teruggenomen ten behoeve van de veiligheid en het comfort aan boord, waardoor de vaarsnelheid nog verder afneemt.

In de huidige praktijk wordt er gevaren vanaf waterstanden van -1,80 m NAP. Bij een streefdiepte (minimale bodemligging) van -3,50 m NAP, betekent dit dat de veerboot vaart in een waterdiepte van 1,70 m. De veerboot heeft een operationele diepgang van 1,40 m. Dit komt neer op een h/T verhouding van 1,21, een (bruto) keielspeling van 0,30 m.

Voor de kielspeling bij laag water op de Glinder spelen scheepsbewegingen door golven vrijwel geen rol, maar wel de squat en een veilige vaarsnelheid. Tijdens de meetvaarten is de squat bepaald middels ultrasoon metingen. De gemeten squat is de diepgangstoename ten gevolge van vertrimming en inzinking. De maximale gemeten squat per reis was 0,30 m tot 1 m. Deze squat is gemeten over het gehele traject. Voor het bepalen van de maatgevende squat, is de squat ten tijde van minimale kielspeling gebruikt. Dit betreft de netto kielspeling, de beschikbare waterkolom onder het laagste punt van de romp tijdens de vaarten. De squat per reis ten tijde van minimale kielspeling lag tussen de 0,03 m en 0,75 m. De minimale kielspeling bevond zich tijdens de meetvaarten op de Glinder (80%) en op de Grote Siege (20%).

De vaarsnelheid en beschikbare kielspeling heeft invloed op de squat. Daarom is de squat ten tijde van minimale kielspeling verder gefilterd op basis van beschikbare kielspeling en vaarsnelheid. PIANC [Ref 1.] geeft toeslagen voor bodemsoort en waterdiepte indien h (waterdiepte) minder is dan $1,5 T$ (diepgang). Bij een operationele diepgang van 1,40 m betekent dit een bruto kielspeling van 0,70 m. Er zijn geen vaarten geweest waarbij de bruto kielspeling minder dan 0,70 m was.

Tabel 4-3 geeft een overzicht van de meetvaarten waarbij de minimale netto kielspeling minder dan 2,0 m was. Tijdens zes vaarten was de netto kielspeling minder dan 1 m, waarbij de bruto kielspeling varieerde tussen de 0,96 m en 1,26 m (zie Tabel 4-3, onderstreept). Tijdens drie van deze vaarten was de snelheid over de grond van de veerboot 15 km/uur of meer ten tijde van de minimale kielspeling (zie Tabel 4-3, blauw gearceerd). Van deze vaarten is aangenomen dat de kapitein niet of nauwelijks snelheid heeft teruggenomen. Tijdens deze vaarten was de squat 0,30 m. De squat voor het bepalen van de referentiediepte is voor de veerboot 0,30 m.

Tabel 4-3: Meetvaarten met minimale netto kielspeling < 2,0 m

Vaart	SOG [km/u]	Bruto kielspeling (netto kielspeling + squat) [m]	Minimale netto kielspeling [m]	Squat bij minimale netto kielspeling [m]
80	21.42	2.08	1.59	0.49
70	20.27	1.23	1.01	0.22
34	20.20	2.03	1.70	0.33
24	20.02	1.60	1.27	0.33
4	19.91	2.09	1.77	0.32
16	19.51	1.78	1.30	0.47
90	19.33	1.55	1.19	0.37
<u>87</u>	<u>17.89</u>	<u>1.08</u>	<u>0.79</u>	<u>0.29</u>
<u>54</u>	<u>17.64</u>	<u>0.97</u>	<u>0.67</u>	<u>0.29</u>
<u>82</u>	<u>17.03</u>	<u>1.21</u>	<u>0.86</u>	<u>0.35</u>
74	16.92	1.89	1.35	0.54
72	15.84	1.98	1.47	0.51
47	15.44	2.12	1.92	0.19
36	15.16	1.67	1.26	0.41
<u>44</u>	<u>14.22</u>	<u>1.04</u>	<u>0.70</u>	<u>0.33</u>
3	13.93	2.19	1.99	0.19
5	13.72	1.97	1.69	0.28
69	13.46	1.66	1.56	0.10
<u>35</u>	<u>12.71</u>	<u>1.09</u>	<u>0.99</u>	<u>0.10</u>
89	12.38	1.77	1.44	0.32
86	11.52	1.25	1.17	0.08
53	11.16	1.07	1.04	0.03
55	11.02	1.44	1.35	0.08
<u>73</u>	<u>10.66</u>	<u>1.26</u>	<u>0.96</u>	<u>0.30</u>
43	7.67	1.10	1.01	0.08

Voor het bepalen van een veilige kielspeling zijn diverse richtlijnen ([Ref 1.], [Ref 3.] en [Ref 4.]) geraadpleegd. Op basis van het vaarwegprofiel (enkelstrooks gebruik en zandbodem) en de conventionele voorstuwing van de veerboot past een kielspeling van 25% stilliggend. Met daarbij in acht nemend een minimale netto kielspeling van 20 cm plus de squat conform PIANC 141 [Ref 4.].

Uitgaande van een operationele diepgang van 1,40 m, een netto kielspeling van 0,20 m en een squat van 0,30 m betekent dit dat de waterdiepte minimaal $1,40\text{ m} + 0,20\text{ m} + 0,30\text{ m} = 1,90\text{ m}$ moet bedragen. Stilliggend is er dan een bruto kielspeling van 0,50 m.

Een bruto kielspeling van 0,50 m wordt naast PIANC 141 en de kapiteins van WPD ook ondersteund door de Richtlijnen voor Vaarwegen (RVW) [Ref 3.]. De RVW adviseert een H/t factor van 1,3 voor een krap en enkelstrooksprofiel. Deze factor geldt voor de diepgang van het maatgevende geladen schip. De veerboot heeft een maximale beladen diepgang van 1,70 m. Dit komt neer op een bruto kielspeling van 0,51 m.

De bovenstaande bruto kielspeling wordt door de richtlijnen en de kapiteins van WPD als ondergrens beschouwd bij enkelstrooks gebruik (geen verkeer in tegengestelde richting) van de vaargeul. Wat in de beschouwing niet is meegenomen is onder andere de helling ten gevolge van dwarswind, bochten en/of het stutten van de draai, onzekerheid over de diepgang van het schip en extra inzinking bij

ontmoeten en passeren van andere schepen. B.v. slagzij van 2° betekent een diepgangsvermeerdering van 0,20 m, maar ook de stilliggende diepgang kan meer zijn dan de aangenomen 1,40 m (maximaal 1,60 m tijdens de meetvaarten). Voor een veilig gebruik van de vaarweg is het niet nodig om alle effecten te stapelen, maar is het wel belangrijk om met een extra marge rekening te houden. Voor gebruik van de vaargeul, waarbij ook verkeer in tegengestelde richting mogelijk moet zijn, wordt daarom een bruto kielspeling van 0,70 m als uitgangspunt gehanteerd.

4.10 Kielspeling m.s. Esonborg

De minimale waterdiepte voor m.s. Esonborg is de operationele diepgang van 1,10 m en een bruto kielspeling van 0,50 m. Deze bruto kielspeling is aangegeven door de kapiteins van WPD voor een veilige vaart met de snelboot. De geadviseerde kielspeling is op basis van de hoge snelheid (40 km/u) van de snelboot en het vervoeren van passagiers. Vanwege het planeren van de snelboot is inzinking niet van toepassing.

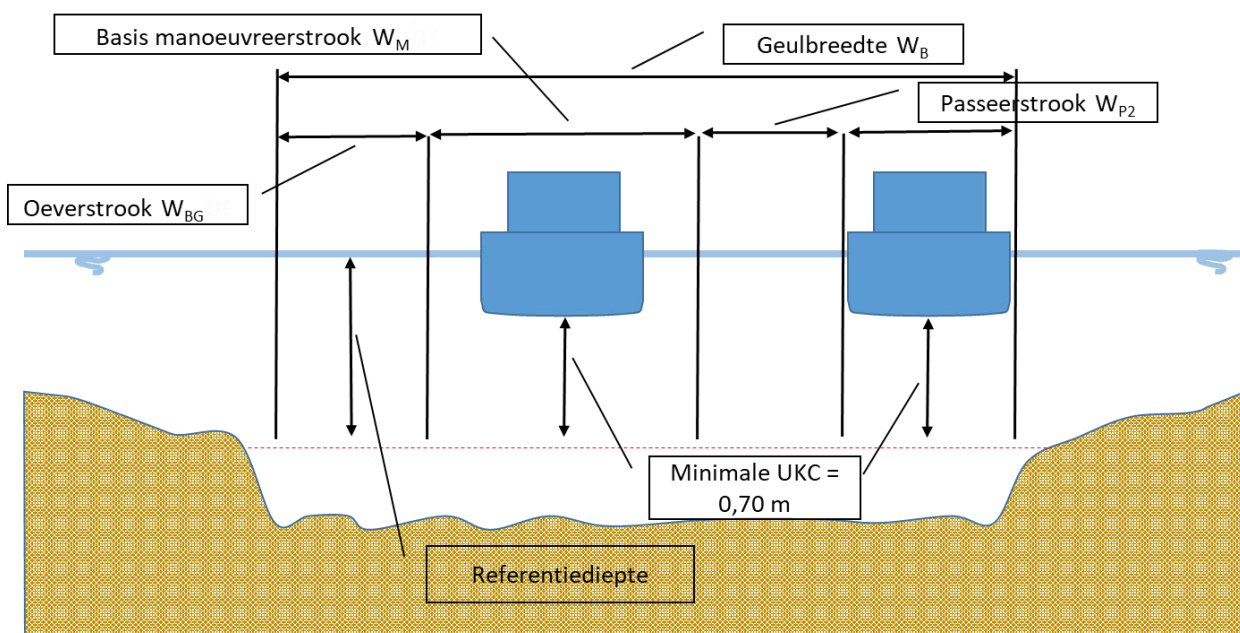
Uitgaande van een operationele diepgang van 1,10 m en een bruto kielspeling van 0,50 m betekent dit dat de waterdiepte minimaal $1,10 \text{ m} + 0,50 \text{ m} = 1,60 \text{ m}$ moet bedragen. Dit is van toepassing op enkelstrooks gebruik door de sneldienst.

De GIS-Viewer geeft inzicht in de beschikbare breedte op één referentiediepte. Daarom is voor het bepalen van de beschikbare breedte op de diverse waterdiepten bij tweestrooks gebruik of “geregeld ontmoeten” de grotere referentiediepte van de veerboot maatgevend.

5 DIMENSIONERING VAN DE VAARGEUL

5.1 Referentiediepte

Zoals eerder beschreven moet de waterdiepte voor de veerboot minimaal 1,90 m (enkelstrooks gebruik), dan wel 2,10 m (tweestrooks gebruik en geregeld ontmoeten) bedragen. Stilliggend is er dan een (bruto) kielspeling van 0,50 m, respectievelijk van 0,70 m. Uitgangspunt is dat de adviesbreedte bij iedere waterstand tenminste op deze waterdiepte beschikbaar moet zijn. Dit wordt geïllustreerd in Figuur 5-1, 0,70 m voor twee richtingen verkeer, waarbij één van de schepen aan de rand van de geul wacht (geregelde ontmoeting). De advies geulbreedte (W_B) moet tenminste beschikbaar zijn op het niveau van de referentiediepte.



Figuur 5-1: Referentiediepte bij variabele waterstand

5.2 Vaargeulbreedte

Voor het vaststellen van de benodigde vaargeulbreedte wordt de methodiek van de PIANC-richtlijnen [Ref 1.] gevolgd. De benodigde vaargeulbreedte wordt door PIANC opgebouwd uit een basis vaarbaanbreedte (W_M). Deze is opgebouwd uit een basis manoeuvreerbreedte (W_{BM}) die karakteristiek is voor het schip en een aantal toeslagen afhankelijk van de lokale omstandigheden. Voor het schip wordt de huidige veerboot m.s. Rottum en de huidige snelboot m.s. Esonborg als maatgevend beschouwd. De meetvaarten voor het bepalen van de manoeuvreereigenschappen zijn aan boord van deze twee schepen uitgevoerd. De basis manoeuvreerbreedte en de toeslagen worden zoveel mogelijk gebaseerd op de resultaten van de meetvaarten, observaties, de stroomberekeningen en peilgegevens. Voor een belangrijk deel is dit al verwerkt in de situatiebeschrijving in het voorgaande hoofdstuk.

De basis manoeuvreerbreedte voor de veerboot en de snelboot is afgeleid uit de vaarbaan van de meetvaarten, die zijn uitgevoerd tijdens windkracht 4 bft of minder. Voor de basis manoeuvreerbreedte zijn de rechte secties gebruikt.

Op basis van de meetvaarten is de drifhoek gemeten voor het bepalen van de basis manoeuvreerbreedte. Hiervoor zijn de rechte secties gebruikt (nummer 1, 4, 7, 9 en 12). Tijdens de meetvaarten had de veerboot op deze secties een drifhoek van 2 á 3 graden met enkele uitschieters van 5 tot maximaal 7 graden. Ter voorkoming van overdimensionering van de geul is er voor het bepalen van de basis manoeuvreerbreedte gebruik gemaakt van de 95% percentiel waarde. Op basis van de 95% percentiel waarde is de drifhoek 2,7 graden. Dit staat gelijk aan een breedtetoeslag van 2,7 m.

Deze basis manoeuvreerbreedte is inclusief stroming. Voor een correcte basis manoeuvreerbreedte dient de opstuurhoek door stroming te worden geëlimineerd. De opstuurhoek door stroming is bepaald middels een theoretische opstuurhoek op basis van een vectorenberekening. Op de Zoutkamperlaag (sectie 1) is de gemiddelde theoretische opstuurhoek door stroming 0,8 graden. Dit staat gelijk aan een breedtetoeslag van 0,8 m. De breedtetoeslag gecorrigeerd voor de stroming is $2,7 \text{ m} - 0,8 \text{ m} = 1,9 \text{ m}$. Dit is gelijk aan 0,15 B. De basis manoeuvreerbreedte wordt daarmee 1,15 B.

De snelboot heeft een maximale diepgang van 1,10 m. De snelboot wordt voortgestuwd op een conventionele manier door twee schroeven en roeren. Bij een snelheid van 30 km/u of meer gaat de snelboot planeren.

Voor de snelboot is ook de drifhoek gemeten voor het bepalen van de basis manoeuvreerbreedte. Hiervoor zijn de rechte secties gebruikt (nummer 1, 4, 7, 9 en 12). Tijdens de meetvaarten had de snelboot op deze secties een drifhoek van 3 tot 6 graden met enkele uitschieters van maximaal 10 graden. Ter voorkoming van overdimensionering van de geul is er voor het bepalen van de basis manoeuvreerbreedte gebruik gemaakt van de 95% percentiel waarde. Op basis van de 95% percentiel waarde is de drifhoek 5,0 graden. Dit staat gelijk aan een breedtetoeslag van 1,9 m.

Voor de snelboot is ook het effect van drift door stroom geëlimineerd middels een theoretische vectorenberekening. Op de Zoutkamperlaag (sectie 1) is de gemiddelde theoretische opstuurhoek door stroming 0,3 graden. Dit staat gelijk aan een breedtetoeslag van 0,1 m. De breedtetoeslag gecorrigeerd voor de stroming is $1,9 \text{ m} - 0,1 \text{ m} = 1,8 \text{ m}$. Dit is gelijk aan 0,29 B. De basis manoeuvreerbreedte wordt daarmee 1,29 B.

Samenvattend

De veerboot had, op basis van 95% percentiel waarde, een drifhoek van 2,7 graden. Deze drifhoek is inclusief het effect van stroming. De gemiddelde theoretische drifhoek door stroming was 0,8 graden. Omgerekend komt dit voor de m.s. Rottum neer op een extra padbreedte van 0,15B, zonder het effect van stroming. De totale basis manoeuvreerbreedte (W_{BM}) bedraagt daarmee 1,15B.

De snelboot had, op basis van 95% percentiel waarde, een drifhoek van 5,0 graden. Deze drifhoek is inclusief het effect van stroming. De gemiddelde theoretische drifhoek door stroming was 0,3 graden. Omgerekend komt dit voor de m.s. Esonborg neer op een extra padbreedte van 0,29B, zonder het effect van stroming. De totale basis manoeuvreerbreedte (W_{BM}) bedraagt daarmee 1,29B.

De toeslagen die meegenomen moeten worden zijn [Ref 1.]:

a. Vaarsnelheid:

De vaarsnelheid van de veerboot is geanalyseerd op basis van meetvaarten. Op basis van alle vaarten is per sectie de 90% percentiel waarde bepaald voor de vaarsnelheid door het water. Tabel 5-1 laat naast de 90% percentiel waarde de maximale snelheid en de gemiddelde snelheid zien per sectie. Voor variant B zijn de vaarsnelheden gebruikt van vergelijkbare secties in variant A. Waarbij voor sectie 3B, sectie 4 is gebruikt, voor sectie 4B sectie 3, voor sectie 5B sectie 1 en voor sectie 6B sectie 7. De resulterende vaarsnelheden door het water staan in Tabel 5-2.

De 90% percentiel van de vaarsnelheid in alle secties is lager dan 22 km/uur (12 knopen). Dit levert geen breedte toeslag op [Ref 1.].

Tabel 5-1: Vaarsnelheid door het water MS Rottum, variant A

Sectie	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]
Maximum	21,5	20,6	19,6	19,7	20,1	20,3	20,0	19,3	19,8	21,0	21,3	21,0
Gemiddeld	16,7	17,4	16,2	16,0	16,2	15,6	15,4	14,9	16,5	18,0	17,3	16,1
90% percentiel	19,5	19,2	18,4	18,5	18,5	18,6	18,4	17,4	18,8	19,9	19,7	19,5

De 90% percentiel van de vaarsnelheid in alle secties van variant B is lager dan 22 km/uur (12 knopen). Dit levert geen breedte toeslag op [Ref 1.].

Tabel 5-2: Vaarsnelheid door het water MS Rottum variant B

Sectie	3B	4B	5B	6B
Waterstand [m t.o.v NAP]	[km/u]	[km/u]	[km/u]	[km/u]
Maximum	19,7	19,6	21,5	20,0
Gemiddeld	16,0	16,2	16,7	15,4
90% percentiel	18,5	18,4	19,5	18,4

De vaarsnelheid door het water van m.s. Esonborg was ten tijde van de meetvaarten boven de 22,2 km/u (12 kn). Onafhankelijk van waterstand of sectie. Dit levert een breedte toeslag op van 0,1B [Ref 1.].

b. Wind:

Het effect van wind op de drifthoek van de veerboot is beperkt zichtbaar in de resultaten van de meetvaarten. Tijdens de vaarten met windkracht 4 of 5 bft had de veerboot omgerekend een extra padbreedte van 0,1B.

Voor de snelboot is het effect van dwarswind niet zichtbaar op basis van de meetvaarten. Voor de snelboot is er daarom geen breedte toeslag voor de wind.

c. Dwarsstroom:

In sectie 2 tot en met 6 is de dwarsstroomcomponent het grootst, hier moet rekening worden gehouden met een dwarsstroom van tenminste 0,25 m/s (0,5 kn) tijdens alle waterstanden. De 10% en 90% percentiel waarde, respectievelijk -0,50 m/s en 0,50 m/s, voor de dwarsstroom komt hoofdzakelijk voor tijdens waterstanden hoger dan -0,5 m NAP in sectie 2 tot en met 6.

Afhankelijk van de grootte van de dwarsstroom wordt een toeslag toegepast van 0,0B bij een dwarsstroom kleiner dan 0,2 kn, 0,2B bij een dwarsstroom tussen 0,2 kn en 0,5 kn bij een vaarsnelheid van minder dan 22,2 km/u (12 kn). Bij een dwarsstroom tussen de 0,5 kn en 1,5 kn wordt een toeslag toegepast van 0,6 B bij een vaarsnelheid van minder dan 22,2 km/u (12 kn).

De volgende toeslagen zijn van toepassing bij een vaarsnelheid van meer dan 22,2 km/u (12 kn). 0,1B bij een dwarsstroom tussen 0,2 kn en 0,5 kn en bij een dwarsstroom tussen de 0,5 kn en 1,5 kn wordt een toeslag toegepast van 0,4B.

Langsstroom:

De langsstroomcomponent in sectie 1 en 7 is met 0,9 m/s (1,8 kn) het grootst. Deze langsstroom is gelijk aan de 10% en 90% percentiel waarde.

Afhankelijk van de grootte van de langsstroom wordt een toeslag toegepast van 0,0B bij een langsstroom kleiner dan 1,5 kn, 0,1B bij een langsstroom tussen 1,5 kn en 3 kn bij een vaarsnelheid door het water van minder dan 22,2 km/u (12 kn).

Bij een snelheid van meer dan 22,2 km/u (12 kn) wordt een toeslag toegepast van 0,0B bij een langsstroom kleiner dan 3,0 kn. 0,1B. Bij een langsstroom groter dan 3,0 kn.

d. Golven:

In de maatgevende omstandigheden bij laagwater hebben golven geen significante invloed. Voor golven is in dat geval geen toeslag nodig.

e. Navigatiehulpmiddelen:

De navigatiehulpmiddelen, zowel de vaarwegmarkering als de instrumentatie aan boord, maar ook de lokale kennis van de schippers en kapiteins zijn goed aan boord van m.s. Esonborg en m.s. Rottum. Volgens de PIANC-richtlijnen levert dit een toeslag van 0,1B.

f. Bodem:

Bij PIANC wordt er onderscheid gemaakt waaruit de bodem bestaat, zand en slib of stenen. Voor dit onderzoek is de toeslag voor een bodem bestaande uit zand en slib beschreven. Bij een waterdiepte/diepgang verhouding van meer dan 1,5 is de toeslag 0,0B. Bij een kleinere waterdiepte/diepgang verhouding is de toeslag bij een bodem bestaande uit zand en slib 0,1B.

g. Diepte:

De toeslag is afhankelijk van de actuele beschikbare diepte in de sectie bij de betreffende waterstand. Hierbij is gebruik gemaakt van de gepeilde diepte in het midden van de geul. Afhankelijk van de waterdiepte/diepgangsverhouding is geen toeslag, dan wel een toeslag van 0,2B van toepassing.

h. Gevaarlijke lading:

Niet van toepassing op zowel de veerboot als de snelboot;

i. Bochttoeslag:

De toeslagen gelden voor rechte geulen. In bochten komt daar nog een extra padbreedte bij voor het bochtvaren.

Voor m.s. Rottum zijn de resultaten van de meetvaarten vergeleken met de breedtetoeslag formule vanuit de RVW [Ref 3.]. De breedtetoeslag in bochten is bepaald aan de hand van de gemeten drifthoek in de bochtensecties (sectie 2, 3, 5, 6, 8, 10 en 11), minus de basis manoeuvreerbreedte. Dit resulteert in een drifthoek variërend tussen de 0,6 graden en 6,6 graden. Waarbij de grootste drifthoeken zijn gemeten in sectie 3 en de kleinste drifthoeken in sectie 10 en 11. Dit resulteerde in een breedtetoeslag van 0,05 B tot 0,50 B.

De RVW breedtetoeslag formule is op basis van een factor voor het schip, de lengte van het schip en de bochtstraal. Op basis van de gemeten breedtetoeslag, de bochtstralen van de diverse bochten en lengte van het schip is een factor 0,6 passend. Dit resulteert in een bochttoeslag variërend van 0,10B tot 0,66B.

Voor m.s. Esonborg zijn de meetvaarten gebruikt om te bepalen welke extra drifthoek er aanwezig is tijdens het varen van bochten. Op basis van de gemeten drifthoek tijdens de vaarten is er geen duidelijke variatie in drifthoek zichtbaar, om de bochten te onderscheiden van de rechte stukken. Per vaart was het gemiddelde verschil tussen de minimale en maximale drifthoek 3 graden.

Samenvattend

Tabel 5-3 geeft een overzicht van de toeslagen vaarbaanbreedte.

Tabel 5-3: Toeslagen vaarbaanbreedte

Basis vaarbaanbreedte (W_M)	Toeslag [B]	
	m.s. Rottum	m.s. Esonborg
Basis manoeuvreerbreedte, W_{BM}	1,15	1,26
Vaarsnelheid	0,0	0,1
Wind	0,1	0,0
Dwarsstroom	Variabel, afhankelijk van de dwarsstroom	
Langsstroom	Variabel, afhankelijk van de langsstroom	
Golven	0	
Navigatiehulpmiddelen	0,1	0,1
Bodem	Variabel, afhankelijk van de actuele waterdiepte	
Waterdiepte/diepgang verhouding	Variabel, afhankelijk van de actuele waterdiepte	
Gevaarlijke lading	0	
Bochttoeslag	Variabel, afhankelijk van de bochtstraal	

De basis vaarbaanbreedte (W_M) is opgebouwd uit de som van de toeslagen (zie Tabel 5-3) vermenigvuldigd met de scheepsbreedte (B). Omdat de waterdiepte, de langsstroom en de dwarsstroom afhankelijk zijn van de waterstand en ook per sectie kunnen verschillen, ontstaat er een duidelijke differentiatie naar vaargeuldeel en waterstand.

Conform PIANC ([Ref 1.] wordt geadviseerd om tenminste een strook van $0,3B$ naar beide zijden vrij te houden (W_{BR} en W_{BG} ; de oeverstrook). Doel hiervan is om zoveel mogelijk de nadelige effecten van oeverzuiging te minimaliseren.

De gewenste geulbreedte, uitgaande van de aanname van gebruik als enkelstrooks vaarweg, wordt:

$$W_{B, \text{enkelstrooks}} = W_M + W_{BR} + W_{BG} \text{ (zie Figuur 5-2)}$$

Op dit moment wordt er gevaren met één veerboot en één snelboot, deze mogen, volgens de WPD werkinstructie, elkaar alleen ontmoeten op de Zoutkamperlaag. WPD en RWS willen graag inzichtelijk krijgen waar twee veerboten dan wel een veerboot en een snelboot elkaar op veilige afstand kunnen passeren of elkaar geregeld kunnen ontmoeten. Voor de volgende situaties wordt de beschikbare breedte vergeleken met de (advies)breedte:

- Rottum alleen W_B Enkelstrooksvaarweg
- Rottum ontmoet Rottum W_B Tweestrooksvaarweg
- Rottum passeert Rottum W_B Geregelde ontmoeting
- Rottum ontmoet Esonborg W_B Tweestrooksvaarweg
- Esonborg passeert Rottum (Rottum wacht) W_B Geregelde ontmoeting

Voor een optimaal en veilig gebruik in twee richtingen zou de vaargeul moeten voldoen aan de minimale afmetingen van een tweestrooksvaarweg. De PIANC-richtlijnen zouden in dit geval voor tweestrooksverkeer uitkomen op een adviesbreedte van:

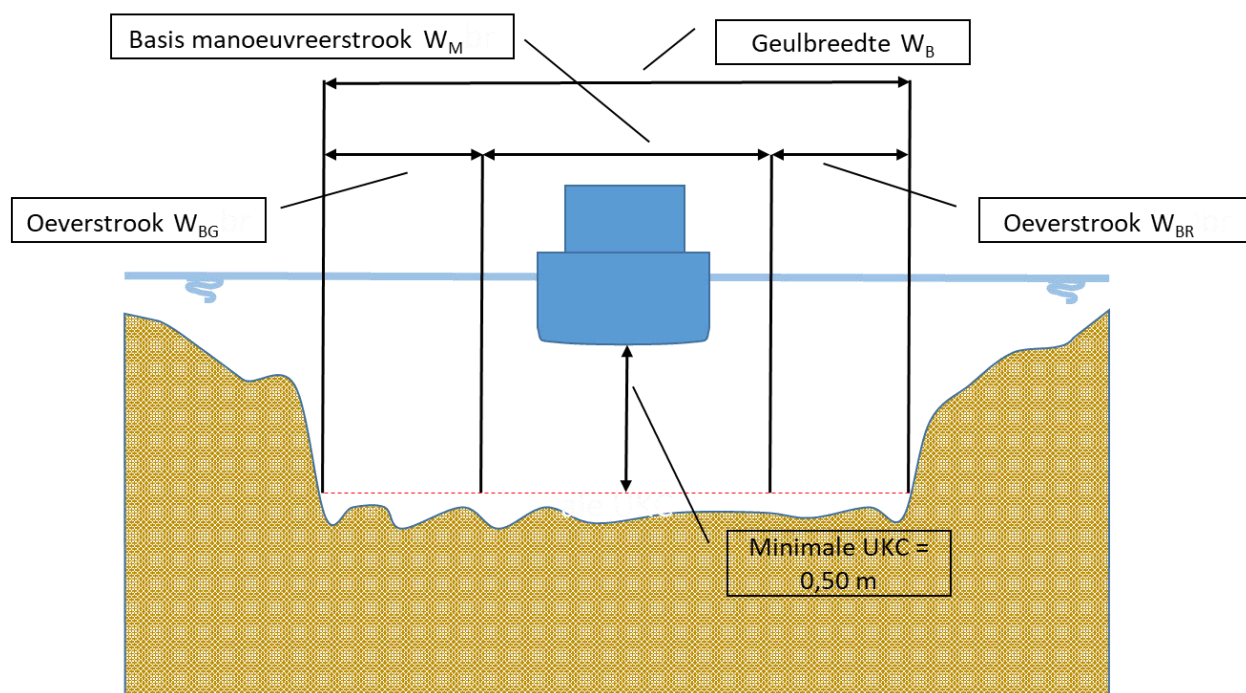
$$W_{B, 2 \text{ richtingen}} = 2 \cdot W_M + W_{P1} + W_{BR} + W_{BG} \text{ (zie Figuur 5-3).}$$

W_{P1} is hierbij een extra toeslag voor een veilige passeerafstand (zie ook Figuur 5-3). Omdat de geul niet erg intensief gebruikt wordt, wordt deze toeslag weggelaten.

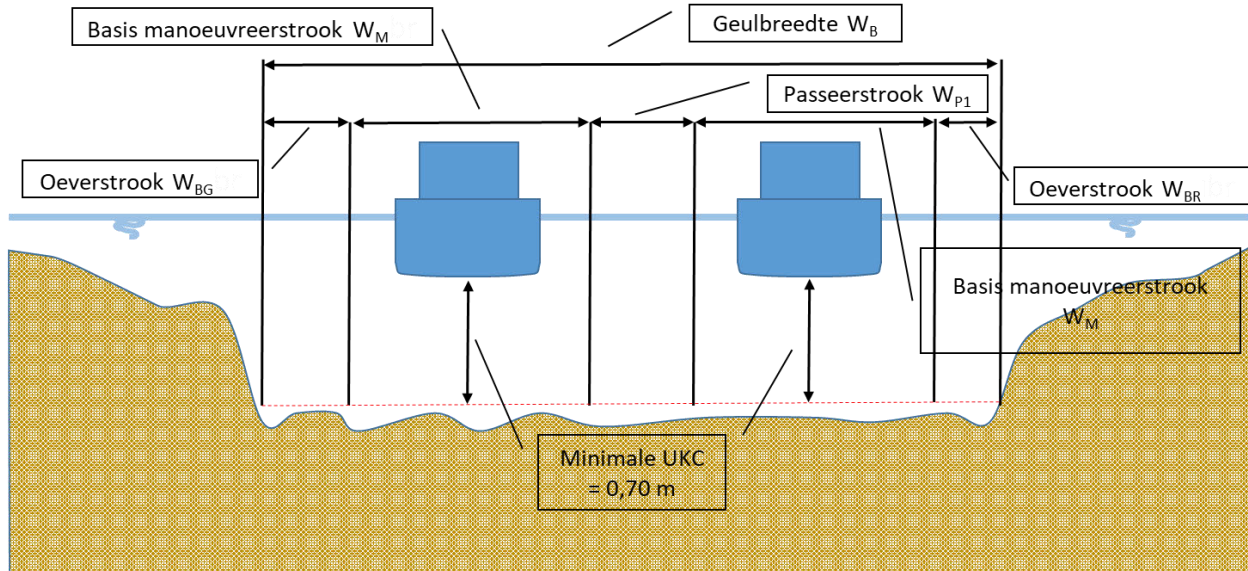
Voor een geregelde ontmoeting tussen de veerboot en de snelboot is aangenomen dat de veerboot op de snelboot wacht. Bij een geregelde ontmoeting tussen twee veerboten wacht een van de twee schepen. Dit dient te gebeuren in een iets breder deel van de geul. Hier zal het schip zich gaande houden totdat het andere schip gepasseerd is. De benodigde vaargeulbreedte wordt dan:

$$W_{B, \text{ geregelde ontmoeting}} = W_M + W_{P2} + W_{BG} + B \text{ (zie Figuur 5-4)}$$

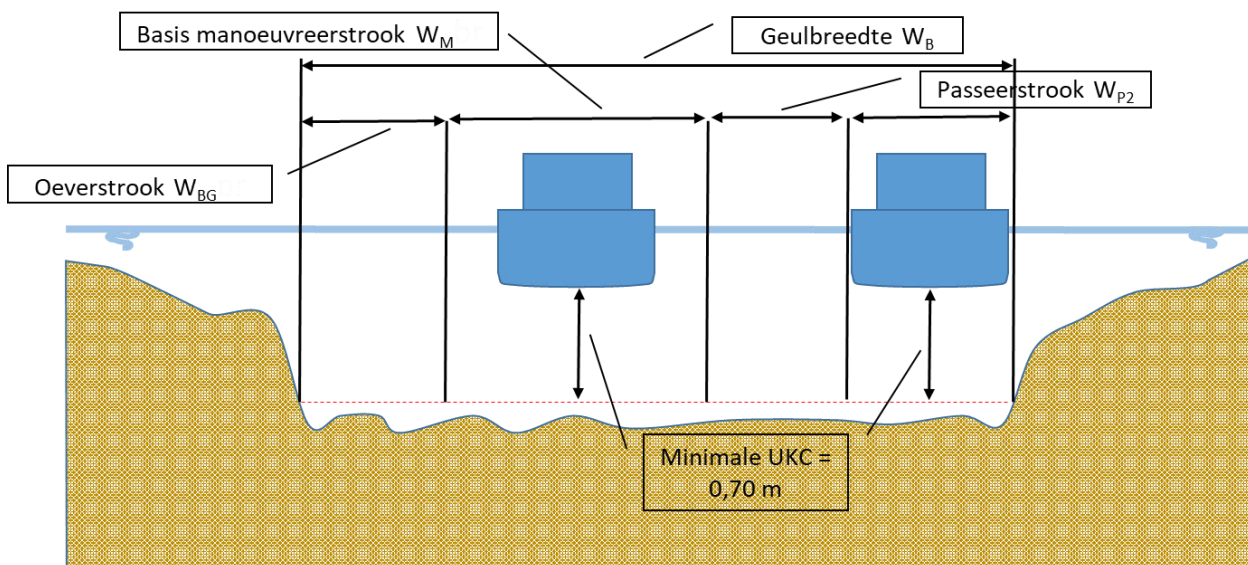
In dit geval wordt wel rekening gehouden met een veilige passeerafstand (W_{P2}). Aangenomen wordt dat de schippers en kapiteins van elkaar weten wat er verwacht mag worden en er duidelijke passeerafspraken worden gemaakt. De passeerafstand wordt daarom beperkt tot $0,3B$ van de veerboot, vergelijkbaar met de oeverstrook.



Figuur 5-2: Elementaire componenten van de gewenste geulbreedte (enkelstrooks)



Figuur 5-3: Elementaire componenten van de gewenste geulbreedte (tweestrooks)



Figuur 5-4: Elementaire componenten van de gewenste geulbreedte (geregelde ontmoeting)

5.3 Vergelijking adviesbreedte en beschikbare vaargeulbreedte

De resultaten voor de adviesbreedtes in de verschillende secties bij de verschillende waterstanden en de vijf varianten voor het gebruik van de geul staan in Tabel 5-4 tot en met Tabel 5-15. Tevens is een vergelijking gemaakt tussen de adviesbreedte en de actuele beschikbare breedte in de vaargeulsecties bij de verschillende waterstanden. Dit heeft als uiteindelijk doel, vast te stellen bij welke waterstanden er genoeg breedte en diepte beschikbaar is in de verschillende delen van de vaargeul voor enkelstrooks verkeer, tweestrooks verkeer of een geregelde ontmoeting. Hiertoe is in iedere sectie bij de verschillende waterstanden de kleinst beschikbare breedte bepaald (zie APPENDIX 2) en vergeleken met de adviesbreedte. Als de beschikbare breedte groter is dan de adviesbreedte is de betreffende cel in de Tabel 5-4 tot en met Tabel 5-15 groen gekleurd. Is de beschikbare breedte kleiner dan de adviesbreedte dan is de cel rood gekleurd. De adviesbreedte voor de bodemniveaus lager dan de streefdiepte van -3,5 m NAP, zijn cursief. Voor het bodemniveau -3,9 m NAP was geen beschikbare breedte data beschikbaar in de GIS-viewer. Deze waarden zijn grijs gemarkeerd.

We zien tevens dat er bij lage waterstanden in delen van de geul onvoldoende breedte beschikbaar is zelfs voor gebruik als enkelstrooks vaarweg. Dit is in lijn met de verwachting, omdat de geul tot -3,5 m

NAP onderhouden wordt. Met de eis dat de breedte op een waterdiepte van 1,90 m beschikbaar moet zijn, kan er alleen veilig gevaren worden op plekken die van nature diep genoeg zijn bij een waterstand van -1,8 m NAP. Op plekken waar vaargeul onderhoud nodig is, en een onderhoudsdiepte van -3,50 m NAP geldt, kan op de Grote Siege pas veilig gevaren worden vanaf -1,60 m NAP en op de Glinder (Variant A) vanaf -1,40 m NAP.

Voor de nieuwe doorsteek over de Glinder (Variant B) zijn nog geen peilgegevens beschikbaar. De adviesbreedte is in dit geval vergeleken met de geldende uitgangspunten voor het onderhoud van de geul: een breedte van 50 m op -3,50 m NAP en een talud van 1:5. Voor sectie 4B, 5B en 6B is er voldoende breedte beschikbaar op alle waterdiepten.

Voor het tweestrooks gebruik met twee veerboten is er voldoende breedte beschikbaar op de Glinder (sectie 4 en 5) tot een waterstand van -0,6 m NAP. Op de Grote Siege (sectie 11 en 12) is er voldoende breedte beschikbaar tot een waterstand van -1,2 m NAP. Indien één veerboot wacht voor een geregelde ontmoeting is er voldoende breedte beschikbaar op de Glinder (sectie 4 en 5) tot -1,0 m NAP. Op de Grote Siege (sectie 11 en 12) tot -1,3 m NAP. Voor de overige secties is er voldoende breedte beschikbaar tot een waterstand van -1,7 m NAP voor tweestrooks en geregelde ontmoeting gebruik. Bij een waterstand van -1,8 m NAP en een referentiediepte van 2,1 m is er geen breedte informatie beschikbaar. Deze waarde zijn grijs gemarkeerd in de tabellen.

Voor het tweestrooks gebruik met de veerboot en de snelboot is er voldoende breedte beschikbaar op de Glinder (sectie 4 en 5) tot een waterstand van -1,0 m NAP. Op de Grote Siege (sectie 11 en 12) is er voldoende breedte beschikbaar tot een waterstand van -1,3 m NAP. Indien de veerboot wacht voor een geregelde ontmoeting met de snelboot dan is er voldoende breedte beschikbaar op de Glinder (sectie 4 en 5) tot -1,2 m NAP. Op de Grote Siege (sectie 11 en 12) tot -1,4 m NAP. Voor de overige secties is er voldoende breedte beschikbaar tot een waterstand van -1,7 m NAP voor tweestrooks en geregelde ontmoeting gebruik. Bij een waterstand van -1,8 m NAP en een referentiediepte van 2,1 m is er geen breedte informatie beschikbaar. Deze waarde zijn grijs gemarkeerd in de tabellen.

Door te vergelijken met de kleinst beschikbare breedte (zie APPENDIX 2) in een sectie wordt een enigszins vertekend beeld geschetst als de kleinst beschikbare breedte maar op één plek over een korte afstand in de sectie voorkomt. Meestal zijn er in een sectie langere stukken beschikbaar die wel voldoende breedte hebben. Dit is vooral belangrijk bij het aanwijzen van de gedeelten in de geul waar wel voldoende breedte beschikbaar is voor de geregelde ontmoeting. Om hier beter zicht op te krijgen is ook onderzocht of er in de geul stukken beschikbaar zijn met voldoende lengte (minimaal 300 m) en voldoende breedte voor een geregelde ontmoeting. Deze vaarwegdelen hoeven niet noodzakelijk binnen één sectie te liggen. Ter illustratie is in Figuur 5-5 met een groene lijn in de geul aangegeven welke delen van de vaargeul voldoende breedte hebben voor een geregelde ontmoeting. Figuur 5-5 laat dit zien voor een waterstand van -1,7 m NAP voor een geregelde ontmoeting tussen twee veerboten voor variant A en B.

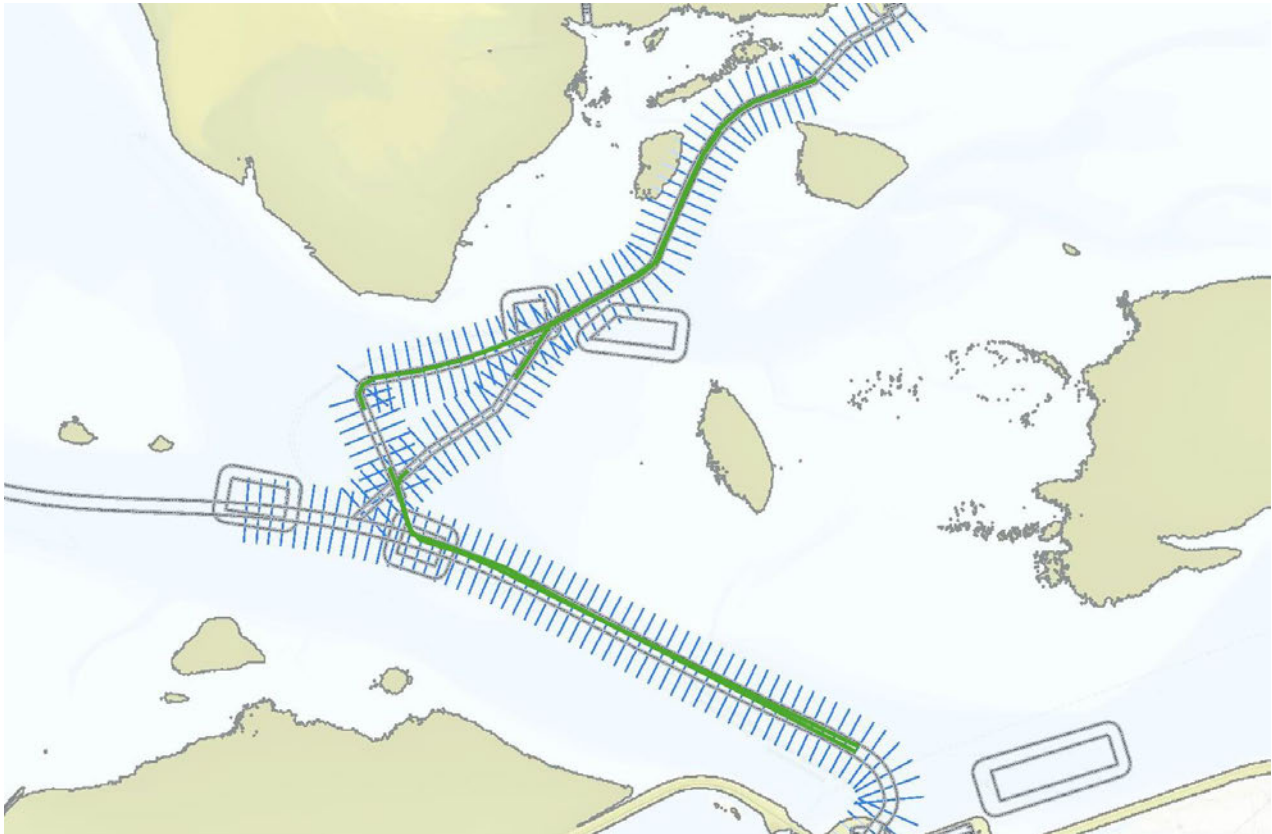
Bij een waterstand van -1,7 m NAP is er voor de geregelde ontmoeting tussen twee veerboten op variant A voldoende breedte beschikbaar op de Zoutkamperlaag en vanaf boeienpaar GS-10 / GS-11B tot aan boei GL-11. Bij hogere waterstanden worden de vaargeuldelen waar ontmoeten mogelijk is steeds langer. Vanaf -1,0 m NAP is de hele vaargeul breed genoeg.

Voor een geregelde ontmoeting tussen de snelboot en veerboot bij een waterstand van -1,7 m NAP is er voldoende breedte beschikbaar op de Zoutkamperlaag en vanaf boeienpaar GS-10 / GS-11B tot aan boei GL-11 (zie Figuur 5-6). Bij hogere waterstanden worden de vaargeuldelen waar ontmoeten mogelijk is steeds langer. Vanaf -1,2 m NAP is de hele vaargeul breed genoeg.

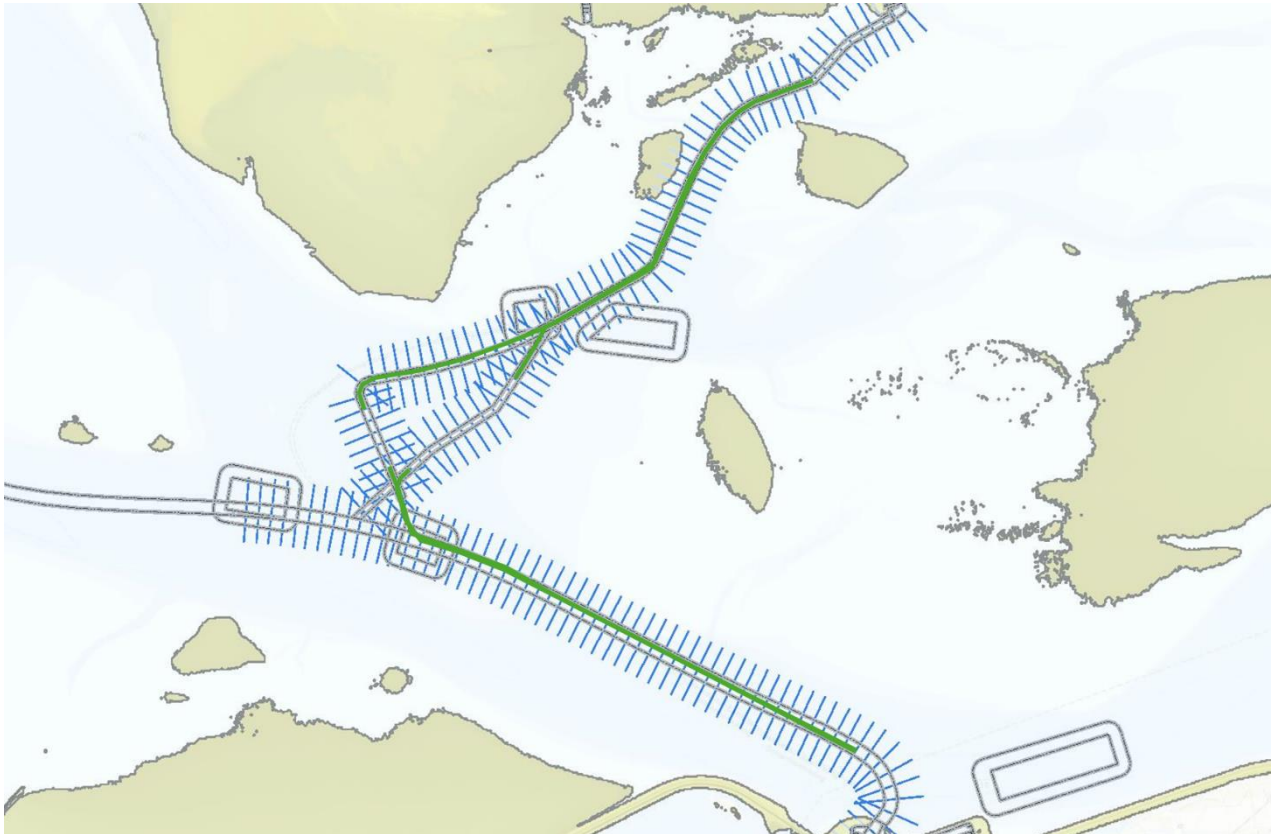
Variant B laat een vergelijkbaar beeld zien. Er is voldoende breedte beschikbaar op de Zoutkamperlaag en vanaf boeienpaar GS-10 / GS-11B tot aan sectie 3B. Dit geldt voor de geregelde ontmoeting tussen twee veerboten en voor de geregelde ontmoeting tussen een veerboot en de snelboot. Bij hogere waterstanden worden de vaargeuldelen op de nieuwe Glinder waar ontmoeten mogelijk is steeds

langer. Vanaf -1,4 m NAP is de gehele vaargeul breed genoeg voor de geregelde ontmoeting tussen twee veerboten en voor de geregelde ontmoeting tussen een veerboot en de snelboot. Voor de diverse waterstanden zijn de figuren met vaarweglengtes met voldoende breedte voor een geregelde ontmoeting opgenomen in APPENDIX 1.

Deze analyse is gebaseerd op peilgegevens die een momentopnamen bieden van de geul. Het blijft noodzakelijk de peilgegevens regelmatig te actualiseren, afhankelijk van de snelheid van aanzanding van de geul, en de analyse van de beschikbare breedte te herhalen.



Figuur 5-5: Vaarweglengtes waar gepasseerd kan worden met twee veerboten bij een waterstand van -1,7 m NAP (groen ingekleurd) voor variant A en B



Figuur 5-6: Vaarweglentes waar gepasseerd kan worden met de m.s. Esonborg en m.s. Rottum bij een waterstand van -1,7 m NAP (groen ingekleurd) voor variant A en B

Tabel 5-4: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de veerboot (Variant A)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 1,9 m waterdiepte ten behoeve van enkelstrooks gebruik door de veerboot [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
-1.8	-3.7	27.95	28.66	38.68	37.05	33.88	33.48	25.35	32.39	25.35	25.78	26.26	29.25
-1.7	-3.6	27.95	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	25.35	28.49	25.35	25.78	26.26	29.25
-1.6	-3.5	27.95	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	25.35	28.49	25.35	25.78	26.26	29.25
-1.5	-3.4	27.95	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	28.49	25.35	25.78	26.26	25.35
-1.4	-3.3	27.95	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	28.49	25.35	25.78	26.26	25.35
-1.3	-3.2	29.25	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	25.35	25.78	26.26	25.35
-1.2	-3.1	29.25	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	25.35	25.78	26.26	25.35
-1.1	-3	29.25	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	25.35	25.78	28.86	27.95
-1	-2.9	29.25	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	25.35	25.78	28.86	27.95
-0.9	-2.8	29.25	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	25.35	25.78	28.86	27.95
-0.8	-2.7	29.25	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	25.35	27.08	28.86	27.95
-0.7	-2.6	33.15	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
-0.6	-2.5	33.15	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
-0.5	-2.4	33.15	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
-0.4	-2.3	33.15	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
-0.3	-2.2	33.15	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
-0.2	-2.1	33.15	33.86	34.78	33.15	33.88	34.78	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
-0.1	-2	34.45	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
0	-1.9	34.45	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
0.1	-1.8	34.45	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
0.2	-1.7	34.45	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
0.3	-1.6	34.45	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
0.4	-1.5	34.45	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95
0.5	-1.4	34.45	33.86	34.78	33.15	33.88	33.48	26.65	33.69	27.95	27.08	28.86	27.95

Tabel 5-5: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de veerboot (Variant B)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 1,9 m waterdiepte ten behoeve van enkelstrooks gebruik door de veerboot [m]			
		Section 3B	Section 4B	Section 5B	Section 6B
-1.8	-3.7	31.85	40.05	31.85	25.35
-1.7	-3.6	31.85	40.05	37.05	26.65
-1.6	-3.5	31.85	40.05	37.05	26.65
-1.5	-3.4	31.85	40.05	37.05	26.65
-1.4	-3.3	27.95	36.15	33.15	26.65
-1.3	-3.2	33.15	36.15	34.45	26.65
-1.2	-3.1	33.15	36.15	34.45	29.25
-1.1	-3	33.15	37.45	34.45	29.25
-1	-2.9	33.15	36.15	34.45	29.25
-0.9	-2.8	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.8	-2.7	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.7	-2.6	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.6	-2.5	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.5	-2.4	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.4	-2.3	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.3	-2.2	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.2	-2.1	33.15	37.45	34.45	29.25
-0.1	-2	33.15	37.45	34.45	29.25
0	-1.9	33.15	37.45	34.45	29.25
0.1	-1.8	33.15	37.45	34.45	26.65
0.2	-1.7	33.15	37.45	34.45	26.65
0.3	-1.6	33.15	37.45	34.45	26.65
0.4	-1.5	33.15	37.45	34.45	26.65
0.5	-1.4	33.15	37.45	34.45	26.65

Tabel 5-6: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik door twee veerboten (Variant A)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoeve van tweestrooks gebruik door de veerboot [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
-1.8	-3.9	48.1	49.51	69.55	66.3	59.96	59.17	42.9	56.98	42.9	43.77	44.73	50.7
-1.7	-3.8	48.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	42.9	49.18	42.9	43.77	44.73	50.7
-1.6	-3.7	48.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	42.9	49.18	42.9	43.77	44.73	50.7
-1.5	-3.6	48.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	49.18	42.9	43.77	44.73	42.9
-1.4	-3.5	48.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	49.18	42.9	43.77	44.73	42.9
-1.3	-3.4	50.7	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	42.9	43.77	44.73	42.9
-1.2	-3.3	50.7	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	42.9	43.77	44.73	42.9
-1.1	-3.2	50.7	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	42.9	43.77	49.93	48.1
-1	-3.1	50.7	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	42.9	43.77	49.93	48.1
-0.9	-3	50.7	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	42.9	43.77	49.93	48.1
-0.8	-2.9	50.7	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	42.9	46.37	49.93	48.1
-0.7	-2.8	58.5	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
-0.6	-2.7	58.5	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
-0.5	-2.6	58.5	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
-0.4	-2.5	58.5	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
-0.3	-2.4	58.5	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
-0.2	-2.3	58.5	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
-0.1	-2.2	61.1	59.91	61.75	58.5	59.96	61.77	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
0	-2.1	61.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
0.1	-2	61.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
0.2	-1.9	61.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
0.3	-1.8	61.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
0.4	-1.7	61.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1
0.5	-1.6	61.1	59.91	61.75	58.5	59.96	59.17	45.5	59.58	48.1	46.37	49.93	48.1

Tabel 5-7: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik door twee veerboten (Variant B)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoeve van tweestrooks gebruik door de veerboot [m]			
		Section 3B	Section 4B	Section 5B	Section 6B
-1.8	-3.9	55.9	72.29	55.9	42.9
-1.7	-3.8	55.9	72.29	66.3	45.5
-1.6	-3.7	55.9	72.29	66.3	45.5
-1.5	-3.6	55.9	72.29	66.3	45.5
-1.4	-3.5	55.9	64.49	58.5	45.5
-1.3	-3.4	58.5	64.49	61.1	45.5
-1.2	-3.3	58.5	64.49	61.1	50.7
-1.1	-3.2	58.5	67.09	61.1	50.7
-1	-3.1	58.5	64.49	61.1	50.7
-0.9	-3	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.8	-2.9	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.7	-2.8	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.6	-2.7	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.5	-2.6	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.4	-2.5	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.3	-2.4	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.2	-2.3	58.5	67.09	61.1	50.7
-0.1	-2.2	58.5	67.09	61.1	50.7
0	-2.1	58.5	67.09	61.1	50.7
0.1	-2	58.5	67.09	61.1	45.5
0.2	-1.9	58.5	67.09	61.1	45.5
0.3	-1.8	58.5	67.09	61.1	45.5
0.4	-1.7	58.5	67.09	61.1	45.5
0.5	-1.6	58.5	67.09	61.1	45.5

Tabel 5-8: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik tussen twee veerboten (Variant A)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoeve van stilligend passeren door de veerboot [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
-1.8	-3.9	40.95	41.66	51.68	50.05	46.88	46.48	38.35	45.39	38.35	38.78	39.26	42.25
-1.7	-3.8	40.95	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	38.35	41.49	38.35	38.78	39.26	42.25
-1.6	-3.7	40.95	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	38.35	41.49	38.35	38.78	39.26	42.25
-1.5	-3.6	40.95	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	41.49	38.35	38.78	39.26	38.35
-1.4	-3.5	40.95	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	41.49	38.35	38.78	39.26	38.35
-1.3	-3.4	42.25	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	38.35	38.78	39.26	38.35
-1.2	-3.3	42.25	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	38.35	38.78	39.26	38.35
-1.1	-3.2	42.25	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	38.35	38.78	41.86	40.95
-1	-3.1	42.25	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	38.35	38.78	41.86	40.95
-0.9	-3	42.25	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	38.35	38.78	41.86	40.95
-0.8	-2.9	42.25	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	38.35	40.08	41.86	40.95
-0.7	-2.8	46.15	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
-0.6	-2.7	46.15	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
-0.5	-2.6	46.15	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
-0.4	-2.5	46.15	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
-0.3	-2.4	46.15	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
-0.2	-2.3	46.15	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
-0.1	-2.2	47.45	46.86	47.78	46.15	46.88	47.78	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
0	-2.1	47.45	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
0.1	-2	47.45	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
0.2	-1.9	47.45	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
0.3	-1.8	47.45	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
0.4	-1.7	47.45	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95
0.5	-1.6	47.45	46.86	47.78	46.15	46.88	46.48	39.65	46.69	40.95	40.08	41.86	40.95

Tabel 5-9: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik tussen twee veerboten (Variant B)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoeve van stilligend passeren door de veerboot [m]			
		Section 3B	Section 4B	Section 5B	Section 6B
-1.8	-3.9	44.85	53.05	44.85	38.35
-1.7	-3.8	44.85	53.05	50.05	39.65
-1.6	-3.7	44.85	53.05	50.05	39.65
-1.5	-3.6	44.85	53.05	50.05	39.65
-1.4	-3.5	40.95	49.15	46.15	39.65
-1.3	-3.4	46.15	49.15	47.45	39.65
-1.2	-3.3	46.15	49.15	47.45	42.25
-1.1	-3.2	46.15	50.45	47.45	42.25
-1	-3.1	46.15	49.15	47.45	42.25
-0.9	-3	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.8	-2.9	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.7	-2.8	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.6	-2.7	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.5	-2.6	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.4	-2.5	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.3	-2.4	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.2	-2.3	46.15	50.45	47.45	42.25
-0.1	-2.2	46.15	50.45	47.45	42.25
0	-2.1	46.15	50.45	47.45	42.25
0.1	-2	46.15	50.45	47.45	39.65
0.2	-1.9	46.15	50.45	47.45	39.65
0.3	-1.8	46.15	50.45	47.45	39.65
0.4	-1.7	46.15	50.45	47.45	39.65
0.5	-1.6	46.15	50.45	47.45	39.65

Tabel 5-10: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de Esonborg (Variant A)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 1,6 m waterdiepte ten behoeve van enkelstrooks gebruik door de Esonborg [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
-1.8	-3.4	13.36	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	13.36	12.75	12.75	12.75	12.75
-1.7	-3.3	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	13.36	12.75	12.75	12.75	12.75
-1.6	-3.2	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	13.36	12.75	12.75	12.75	12.75
-1.5	-3.1	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	13.36	12.75	12.75	12.75	12.75
-1.4	-3	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	13.36	12.75	12.75	12.75	12.75
-1.3	-2.9	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	12.75	12.75	12.75	12.75
-1.2	-2.8	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	12.75	12.75	12.75	12.75
-1.1	-2.7	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	12.75	12.75	13.36	13.36
-1	-2.6	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	12.75	12.75	13.36	13.36
-0.9	-2.5	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	12.75	12.75	13.36	13.36
-0.8	-2.4	13.36	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	12.75	12.75	13.36	13.36
-0.7	-2.3	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
-0.6	-2.2	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
-0.5	-2.1	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
-0.4	-2	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
-0.3	-1.9	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
-0.2	-1.8	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
-0.1	-1.7	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
0	-1.6	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
0.1	-1.5	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
0.2	-1.4	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
0.3	-1.3	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
0.4	-1.2	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36
0.5	-1.1	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	12.75	15.19	13.36	12.75	13.36	13.36

Tabel 5-11: Gewenste geulbreedte voor enkelstrooks gebruik door de Esonborg (Variant B)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 1,6 m waterdiepte ten behoeve van enkelstrooks gebruik door de Esonborg [m]			
		Section 3B	Section 4B	Section 5B	Section 6B
-1.8	-3.4	13.36	15.19	13.36	12.75
-1.7	-3.3	13.36	15.19	15.19	12.75
-1.6	-3.2	13.36	15.19	15.19	12.75
-1.5	-3.1	13.36	15.19	15.19	12.75
-1.4	-3	13.36	15.19	15.19	12.75
-1.3	-2.9	15.19	15.19	15.19	12.75
-1.2	-2.8	15.19	15.19	15.19	13.36
-1.1	-2.7	15.19	15.19	15.19	13.36
-1	-2.6	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.9	-2.5	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.8	-2.4	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.7	-2.3	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.6	-2.2	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.5	-2.1	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.4	-2	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.3	-1.9	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.2	-1.8	15.19	15.19	15.19	13.36
-0.1	-1.7	15.19	15.19	15.19	13.36
0	-1.6	15.19	15.19	15.19	13.36
0.1	-1.5	15.19	15.19	15.19	12.75
0.2	-1.4	15.19	15.19	15.19	12.75
0.3	-1.3	15.19	15.19	15.19	12.75
0.4	-1.2	15.19	15.19	15.19	12.75
0.5	-1.1	15.19	15.19	15.19	12.75

Tabel 5-12: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik met m.s. Esonborg (Variant A)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoeve van tweestrooks gebruik met Esonborg [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
-1.8	-3.9	35.58	36.29	48.14	46.51	43.34	42.94	32.37	40.02	32.37	32.8	33.28	36.27
-1.7	-3.8	35.58	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	32.37	36.12	32.37	32.8	33.28	36.27
-1.6	-3.7	35.58	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	32.37	36.12	32.37	32.8	33.28	36.27
-1.5	-3.6	35.58	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	36.12	32.37	32.8	33.28	32.37
-1.4	-3.5	35.58	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	36.12	32.37	32.8	33.28	32.37
-1.3	-3.4	36.88	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	32.37	32.8	33.28	32.37
-1.2	-3.3	36.88	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	32.37	32.8	33.28	32.37
-1.1	-3.2	36.88	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	32.37	32.8	36.49	35.58
-1	-3.1	36.88	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	32.37	32.8	36.49	35.58
-0.9	-3	36.88	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	32.37	32.8	36.49	35.58
-0.8	-2.9	36.88	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	32.37	34.1	36.49	35.58
-0.7	-2.8	42.61	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
-0.6	-2.7	42.61	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
-0.5	-2.6	42.61	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
-0.4	-2.5	42.61	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
-0.3	-2.4	42.61	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
-0.2	-2.3	42.61	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
-0.1	-2.2	43.91	43.32	44.24	42.61	43.34	44.24	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
0	-2.1	43.91	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
0.1	-2	43.91	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
0.2	-1.9	43.91	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
0.3	-1.8	43.91	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
0.4	-1.7	43.91	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58
0.5	-1.6	43.91	43.32	44.24	42.61	43.34	42.94	33.67	43.15	35.58	34.1	36.49	35.58

Tabel 5-13: Gewenste geulbreedte voor tweestrooks gebruik met m.s. Esonborg (Variant B)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoefte van tweestrooks gebruik met Esonborg [m]			
		Section 3B	Section 4B	Section 5B	Section 6B
-1.8	-3.9	39.48	49.51	39.48	32.37
-1.7	-3.8	39.48	49.51	46.51	33.67
-1.6	-3.7	39.48	49.51	46.51	33.67
-1.5	-3.6	39.48	49.51	46.51	33.67
-1.4	-3.5	35.58	45.61	42.61	33.67
-1.3	-3.4	42.61	45.61	43.91	33.67
-1.2	-3.3	42.61	45.61	43.91	36.88
-1.1	-3.2	42.61	46.91	43.91	36.88
-1	-3.1	42.61	45.61	43.91	36.88
-0.9	-3	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.8	-2.9	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.7	-2.8	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.6	-2.7	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.5	-2.6	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.4	-2.5	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.3	-2.4	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.2	-2.3	42.61	46.91	43.91	36.88
-0.1	-2.2	42.61	46.91	43.91	36.88
0	-2.1	42.61	46.91	43.91	36.88
0.1	-2	42.61	46.91	43.91	33.67
0.2	-1.9	42.61	46.91	43.91	33.67
0.3	-1.8	42.61	46.91	43.91	33.67
0.4	-1.7	42.61	46.91	43.91	33.67
0.5	-1.6	42.61	46.91	43.91	33.67

Tabel 5-14: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik met m.s. Esonborg (Variant A)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoeve van stilligend passeren met Esonborg [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
-1.8	-3.9	28.43	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	28.43	27.82	27.82	27.82	27.82
-1.7	-3.8	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	28.43	27.82	27.82	27.82	27.82
-1.6	-3.7	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	28.43	27.82	27.82	27.82	27.82
-1.5	-3.6	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	28.43	27.82	27.82	27.82	27.82
-1.4	-3.5	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	28.43	27.82	27.82	27.82	27.82
-1.3	-3.4	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	27.82	27.82	27.82	27.82
-1.2	-3.3	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	27.82	27.82	27.82	27.82
-1.1	-3.2	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	27.82	27.82	28.43	28.43
-1	-3.1	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	27.82	27.82	28.43	28.43
-0.9	-3	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	27.82	27.82	28.43	28.43
-0.8	-2.9	28.43	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	27.82	27.82	28.43	28.43
-0.7	-2.8	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
-0.6	-2.7	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
-0.5	-2.6	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
-0.4	-2.5	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
-0.3	-2.4	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
-0.2	-2.3	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
-0.1	-2.2	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
0	-2.1	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
0.1	-2	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
0.2	-1.9	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
0.3	-1.8	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
0.4	-1.7	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43
0.5	-1.6	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	30.26	27.82	30.26	28.43	27.82	28.43	28.43

Tabel 5-15: Gewenste geulbreedte voor een geregelde ontmoeting gebruik met m.s. Esonborg (Variant B)

Waterstand [m t.o.v. NAP]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Gewenste geulbreedte op 2,1 m waterdiepte ten behoefte van stilligend passeren met Esonborg [m]			
		Section 3B	Section 4B	Section 5B	Section 6B
-1.8	-3.9	28.43	30.26	28.43	27.82
-1.7	-3.8	28.43	30.26	30.26	27.82
-1.6	-3.7	28.43	30.26	30.26	27.82
-1.5	-3.6	28.43	30.26	30.26	27.82
-1.4	-3.5	28.43	30.26	30.26	27.82
-1.3	-3.4	30.26	30.26	30.26	27.82
-1.2	-3.3	30.26	30.26	30.26	28.43
-1.1	-3.2	30.26	30.26	30.26	28.43
-1	-3.1	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.9	-3	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.8	-2.9	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.7	-2.8	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.6	-2.7	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.5	-2.6	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.4	-2.5	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.3	-2.4	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.2	-2.3	30.26	30.26	30.26	28.43
-0.1	-2.2	30.26	30.26	30.26	28.43
0	-2.1	30.26	30.26	30.26	28.43
0.1	-2	30.26	30.26	30.26	27.82
0.2	-1.9	30.26	30.26	30.26	27.82
0.3	-1.8	30.26	30.26	30.26	27.82
0.4	-1.7	30.26	30.26	30.26	27.82
0.5	-1.6	30.26	30.26	30.26	27.82

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

6.1 Conclusies

De methodiek die gebruikt is voor de geulstudie Holwerd - Nes [Ref 2.] is ook in deze studie gebruikt om een advies te geven voor de benodigde minimale breedte voor veilige vaart in de geul in de route Lauwersoog naar Schiermonnikoog bij verschillende waterstanden. De marges die hierbij gehanteerd zijn, zijn specifiek voor deze situatie bepaald aan de hand van meetvaarten en observaties onder operationele omstandigheden, gedetailleerde stroomberekeningen en actuele peilingen.

De minimale dimensies voor de benodigde vaargeulbreedte zijn vastgesteld, waarbij gedifferentieerd is naar waterstand, vaargeuldelen met vergelijkbare karakteristieken en naar gebruik van de geul. De breedtes gelden per waterstand op een waterdiepte van 1,60 m voor enkelstrooks gebruik van de geul door de snelboot, 1,90 m voor enkelstrooks gebruik van de geul door de veerboot en op een waterdiepte van 2,10 m bij tweestrooks gebruik en "geregeld ontmoeten". Voor het tweestrooks en "geregeld ontmoeten" gebruik is de adviesbreedte bepaald voor twee veerboten of één veerboot en één snelboot.

Er is een vergelijking gemaakt tussen de benodigde breedte en de daadwerkelijk beschikbare breedte bij de verschillende waterstanden voor een zestal varianten bij gebruik van de geul. In Tabel 6-1 en Tabel 6-2 wordt weergegeven vanaf welke waterstand er voldoende breedte beschikbaar is in de gehele vaargeul afhankelijk van het gebruik.

Voor enkelstrooks gebruik door de veerboot varieert de adviesbreedte van 25 m tot 39 m in de verschillende delen van de geul. Ondanks het feit dat de adviesbreedtes kleiner zijn dan het toegestane onderhoudsprofiel (50 meter op -3,5 m NAP), is de adviesbreedte voor enkelstrooks gebruik niet bij alle waterstanden beschikbaar. Bij waterstanden hoger dan -1,4 m NAP is er voldoende breedte beschikbaar in de gehele vaargeul. Als de geul volgens de minimale afmetingen wordt onderhouden zou de geul bij -1,6 m NAP voldoende breed moeten zijn.

Voor gebruik als tweestrooks vaargeul met twee veerboten is er vanaf een waterstand hoger dan -0,5 m NAP in de hele vaargeul voldoende ruimte beschikbaar. Bij lagere waterstanden is het op gedeeltes van de vaarweg mogelijk om elkaar te ontmoeten. Voor "geregeld ontmoeten" gebruik met twee veerboten is er vanaf een waterstand hoger dan -1,0 m NAP in de hele vaargeul voldoende ruimte beschikbaar. Bij een waterstand hoger dan -1,4 m NAP (minimale waterstand voor enkelstrooks gebruik) is geregeld ontmoeten mogelijk op de Zoutkamperlaag en vanaf boeienpaar GS-10 / GS-11B tot aan boei GL-11.

Indien de tweestrooks vaargeul gebruikt wordt met één veerboot en één snelboot is er vanaf een waterstand hoger dan -1,0 m NAP in de hele vaargeul voldoende ruimte beschikbaar. Bij lagere waterstanden is het op gedeeltes van de vaarweg mogelijk om elkaar te ontmoeten. Voor "geregeld ontmoeten" gebruik is er vanaf een waterstand hoger dan -1,2 m NAP in de hele vaargeul voldoende ruimte beschikbaar. Bij een waterstand hoger dan -1,4 m NAP (minimale waterstand voor enkelstrooks gebruik) is geregeld ontmoeten mogelijk op de Zoutkamperlaag en vanaf boeienpaar GS-10 / GS-11B tot aan boei GL-11.

Tabel 6-1: Overzicht vanaf welke waterstand er voldoende breedte beschikbaar is in de gehele vaargeul (Variant A)

Gebruik vaargeul	Hele vaargeul (variant A) voldoende breedte beschikbaar [waterstand m NAP]			
	m.s. Rottum	m.s. Esonborg	m.s. Rottum - m.s. Rottum	m.s. Rottum - m.s. Esonborg
Enkelstrooks	-1,4	-1,8	[-]	[-]
Tweestrooks	[-]	[-]	-0,6	-1,0
Geregelde ontmoeting	[-]	[-]	-1,0	-1,2

Tabel 6-2: Overzicht vanaf welke waterstand er voldoende breedte beschikbaar is in de gehele vaargeul (Variant B)

Gebruik vaargeul	Hele vaargeul (variant B) voldoende breedte beschikbaar [waterstand m NAP]			
	m.s. Rottum	m.s. Esonborg	m.s. Rottum - m.s. Rottum	m.s. Rottum - m.s. Esonborg
Enkelstrooks	-1,6	-1,8	[-]	[-]
Tweestrooks	[-]	[-]	-0,5	-1,4
Geregelde ontmoeting	[-]	[-]	-1,4	-1,4

6.2 Aanbevelingen

Bij de huidige analyse is gebruik gemaakt van een GIS-Viewer die een duidelijk beeld gaf van de beschikbare breedte in de verschillende delen van de geul, afhankelijk van de waterstand. De GIS-Viewer biedt echter een momentopname. Aanbevolen wordt de peilgegevens regelmatig te actualiseren en de analyse van de beschikbare breedte te herhalen.

De berekeningen voor de vaargeulbreedtes zijn afhankelijk van de actuele situatie van de ligging van de geul, bochtstralen, optredende langs- en dwarsstroming etc. Dit blijft constant aan verandering onderhevig, en is daarom ook een momentopname, net als de aanwezige geulbreedtes. Aanbevolen wordt de berekeningen regelmatig te actualiseren, afhankelijk van de snelheid van aanzanding van de geul.

De adviesbreedtes voor de vaargeul zijn bepaald voor het veilig varen onder alle omstandigheden. Dit resulteert in onvoldoende beschikbare breedte voor enkelstrooks gebruik bij zeer lage waterstanden in bijvoorbeeld de Glinder. De kapiteins van WPD zijn bekend met deze omstandigheden en nemen verschillende mitigerende maatregelen wanneer ze varen met laag water. Een voorbeeld hiervan is het aanpassen van vaarsnelheid waardoor de squat reduceert.

De analyse met betrekking tot veilige vaargeuldimensies is gedaan voor de huidige schepen van WPD, m.s. Rottum en m.s. Esonborg. Voor andere schepen, met andere breedtes, voorstuwing en/of manoeuvreercharacteristieken zal weer een andere benodigde geulbreedte volgen. De huidige studie doet geen uitspraken over de benodigde breedte voor deze schepen op een andere route.

In de berekeningen is rekening gehouden met een gemiddelde diepgang van m.s. Rottum van 1,40 m. De marge die toegepast is voor, onder andere, afwijking in de diepgang (maximale diepgang 1,70 m) is klein. Aanbevolen wordt daarom de werkelijke diepgang van de veerboot goed te monitoren.

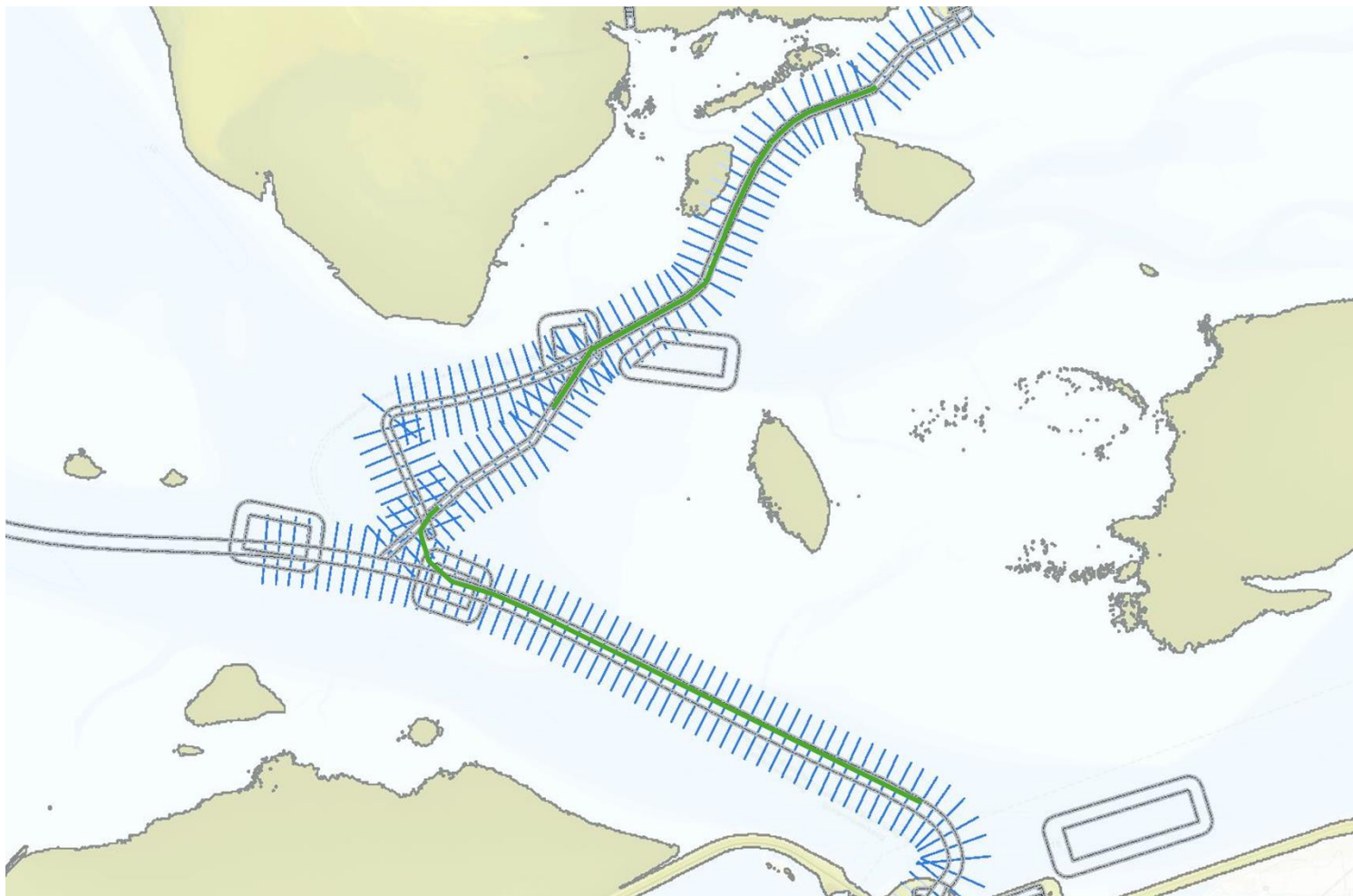
REFERENTIES

- [Ref 1.] Harbour Approach Channels Design Guidelines, Final Report of the Joint Working Group PIANC and IAPH in cooperation with IMPA and IALA, PIANC Report no 121, 2014.
- [Ref 2.] Dimensionering vaargeul Howerd – Nes, aanvullende onderzoek, MARIN report no 34573-2-MO, 2023
- [Ref 3.] Richtlijnen Vaarwegen 2020, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Water Verkeer en Leefomgeving, 31 juli 2020.
- [Ref 4.] Design guidelines for inland waterway dimensions, PIANC Report no 141, 2019

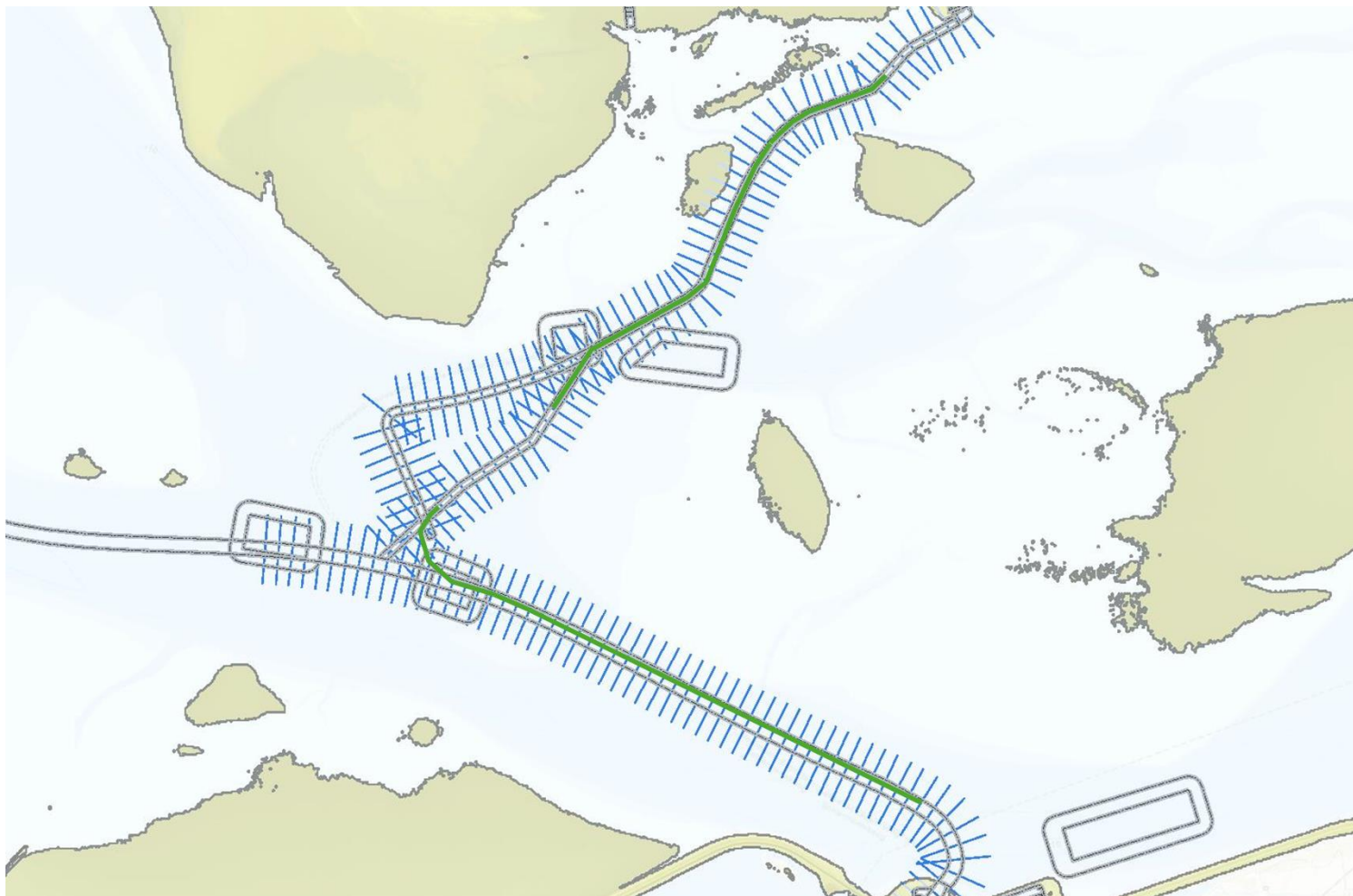
APPENDICES

APPENDIX 1 PASSEERVAKKEN

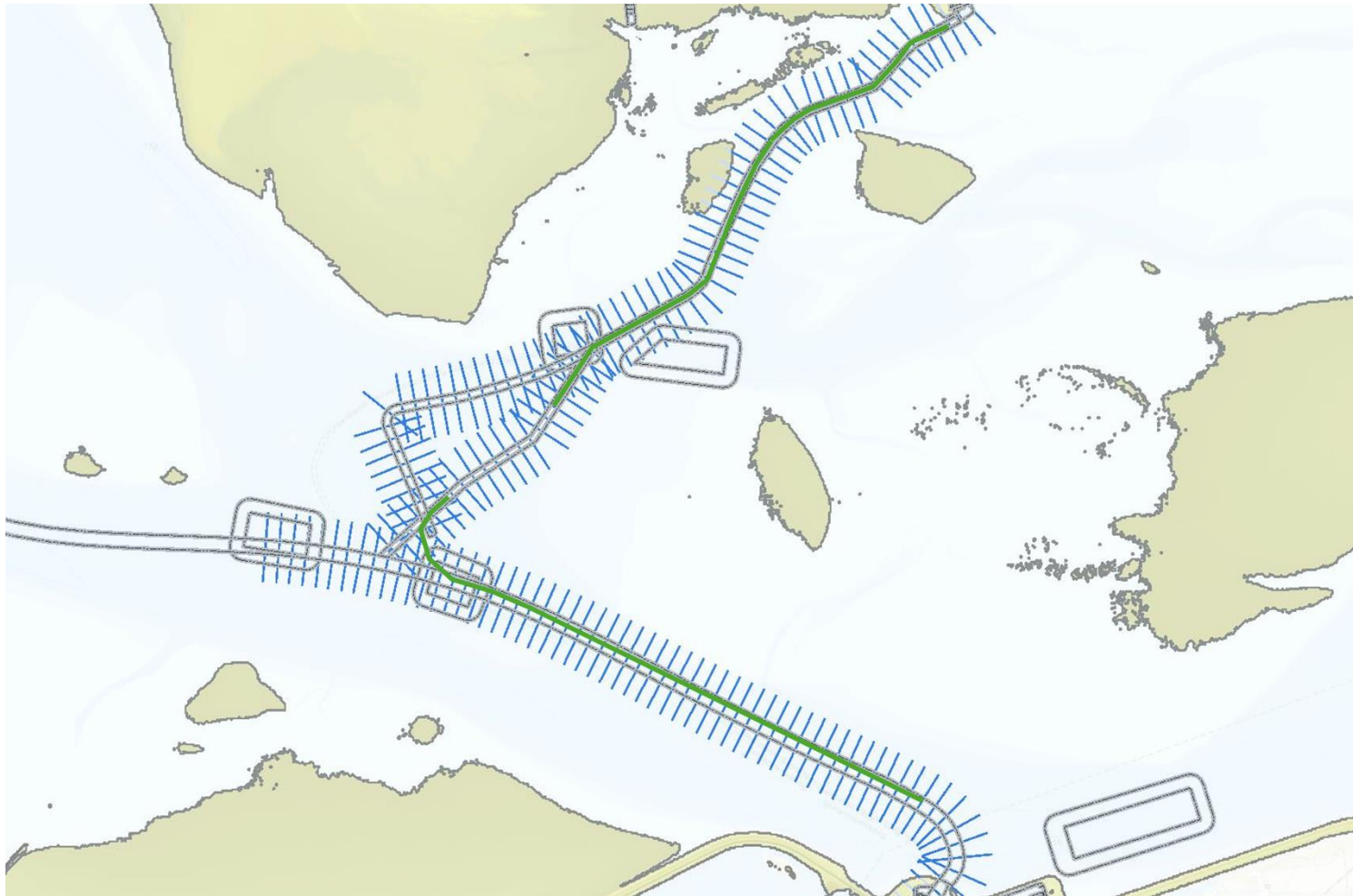
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,7 m en -1,6 m



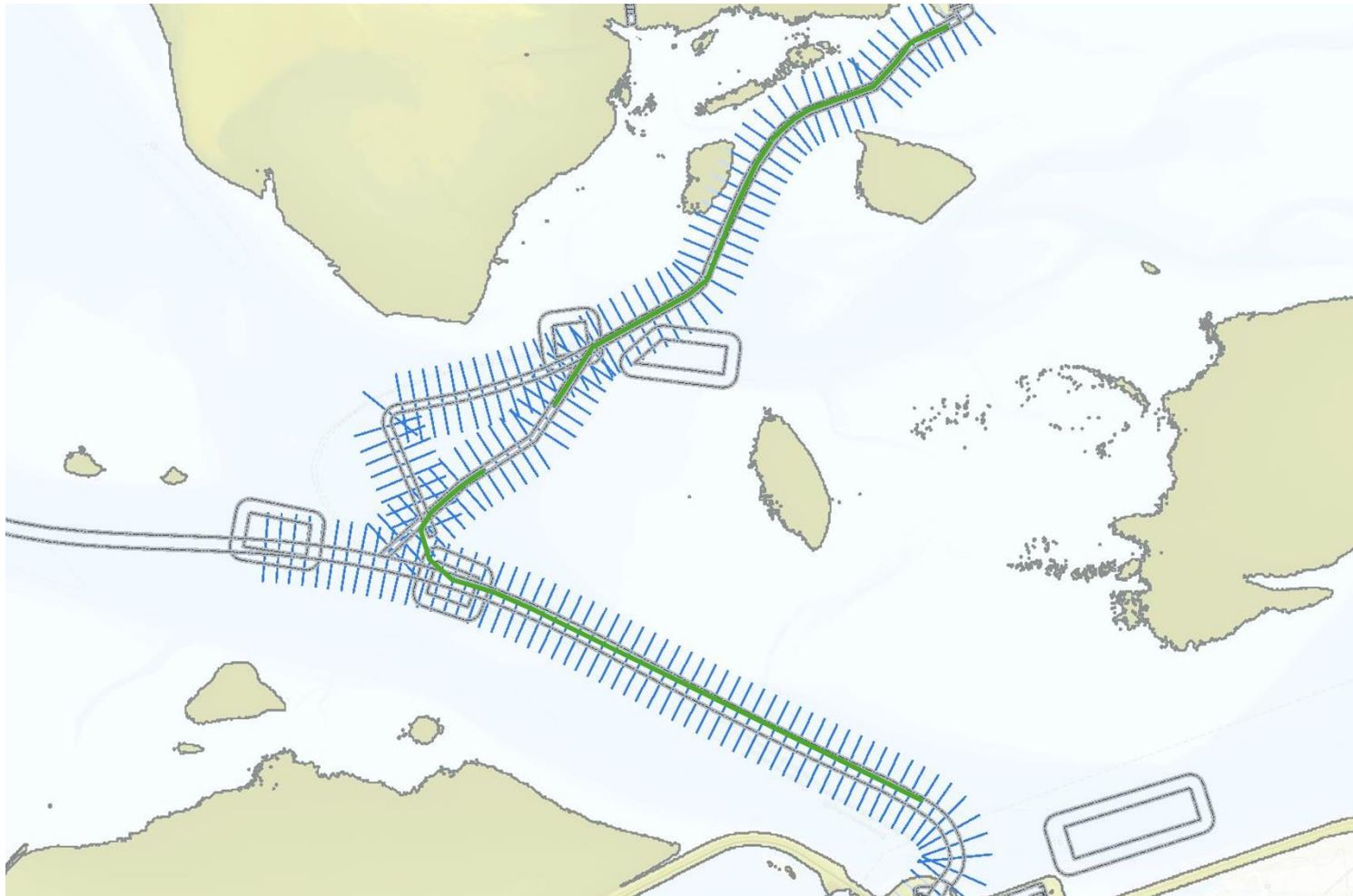
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,5 m en -1,4 m



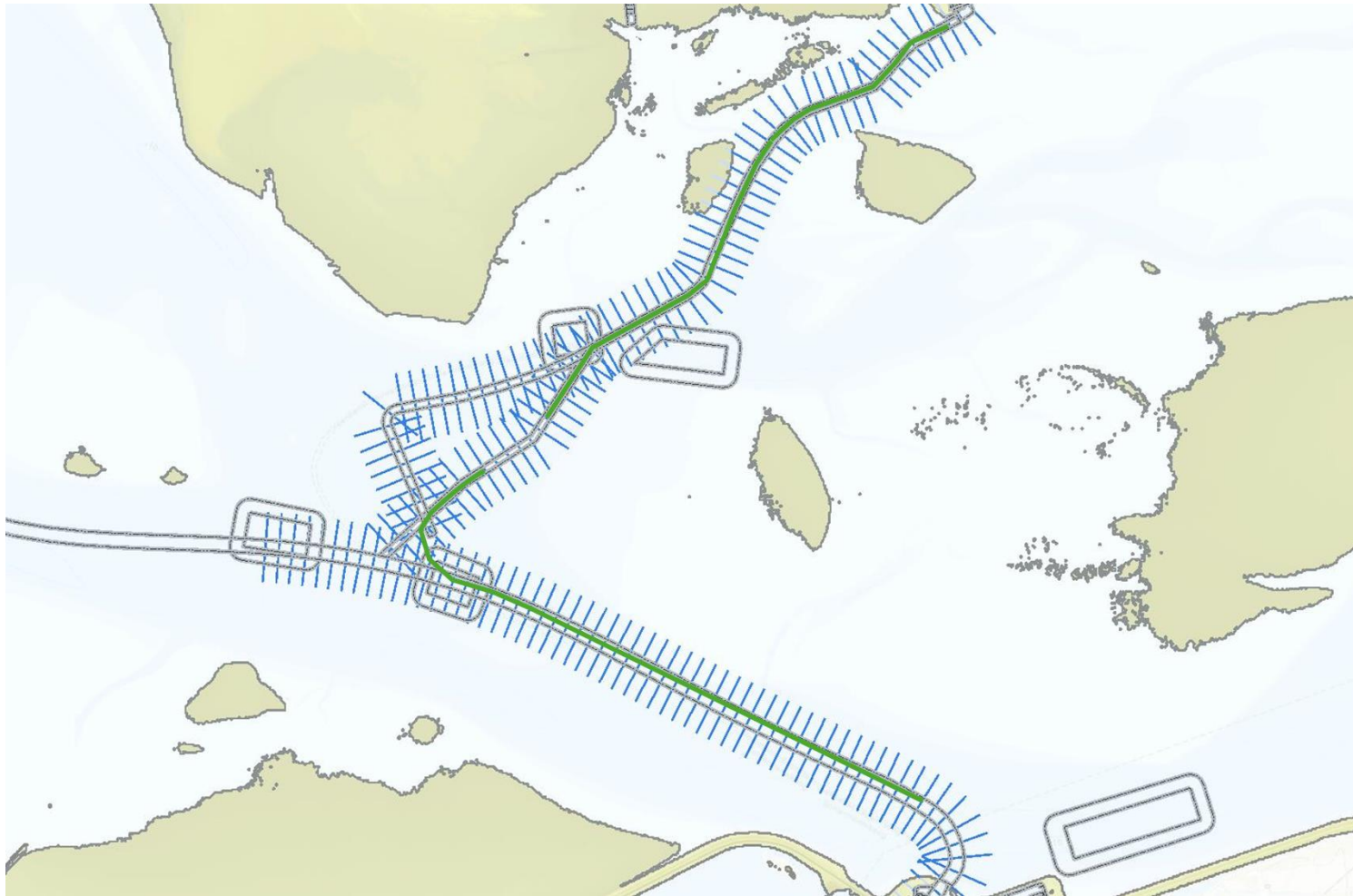
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,3 m



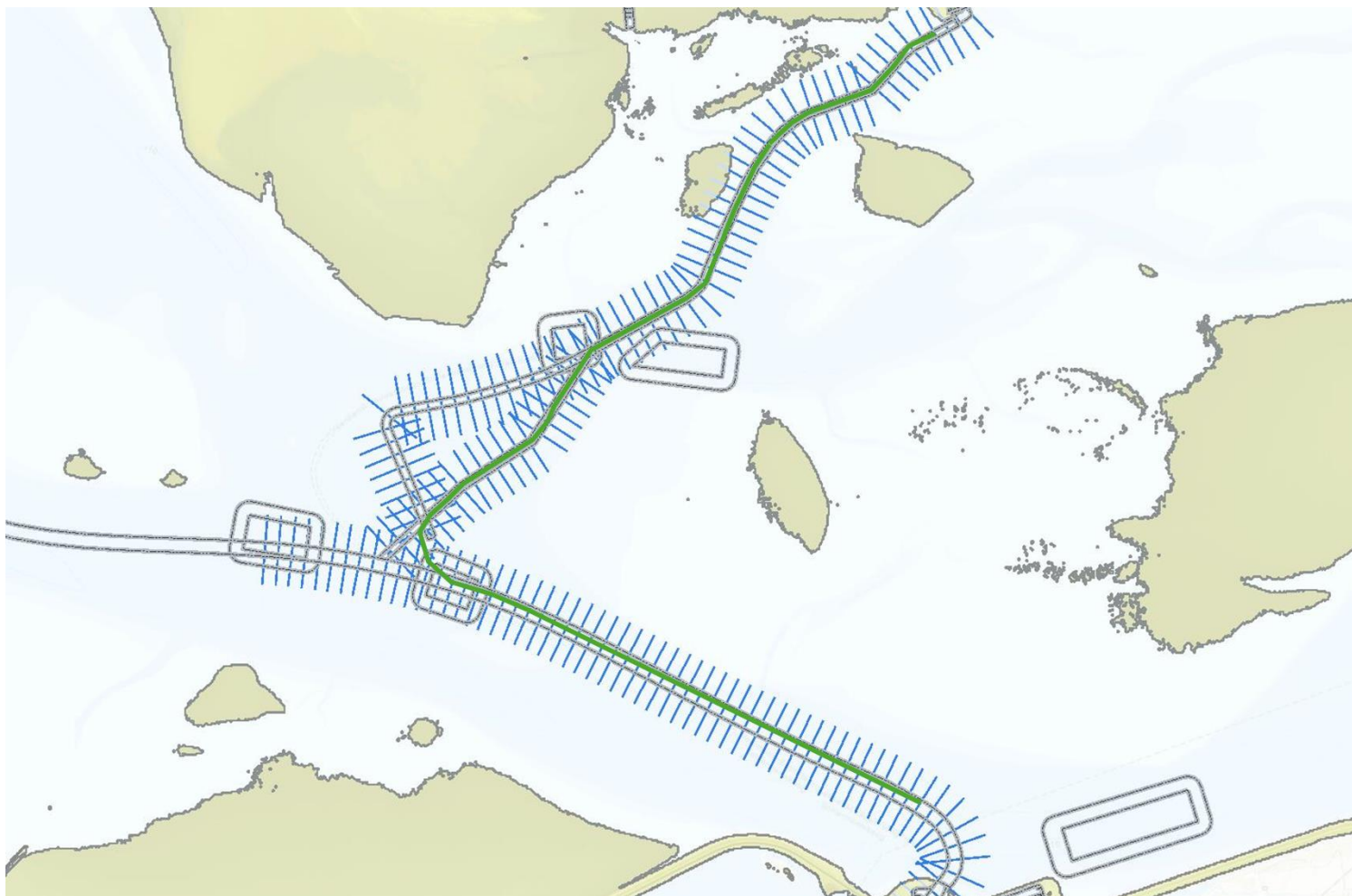
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,2 m



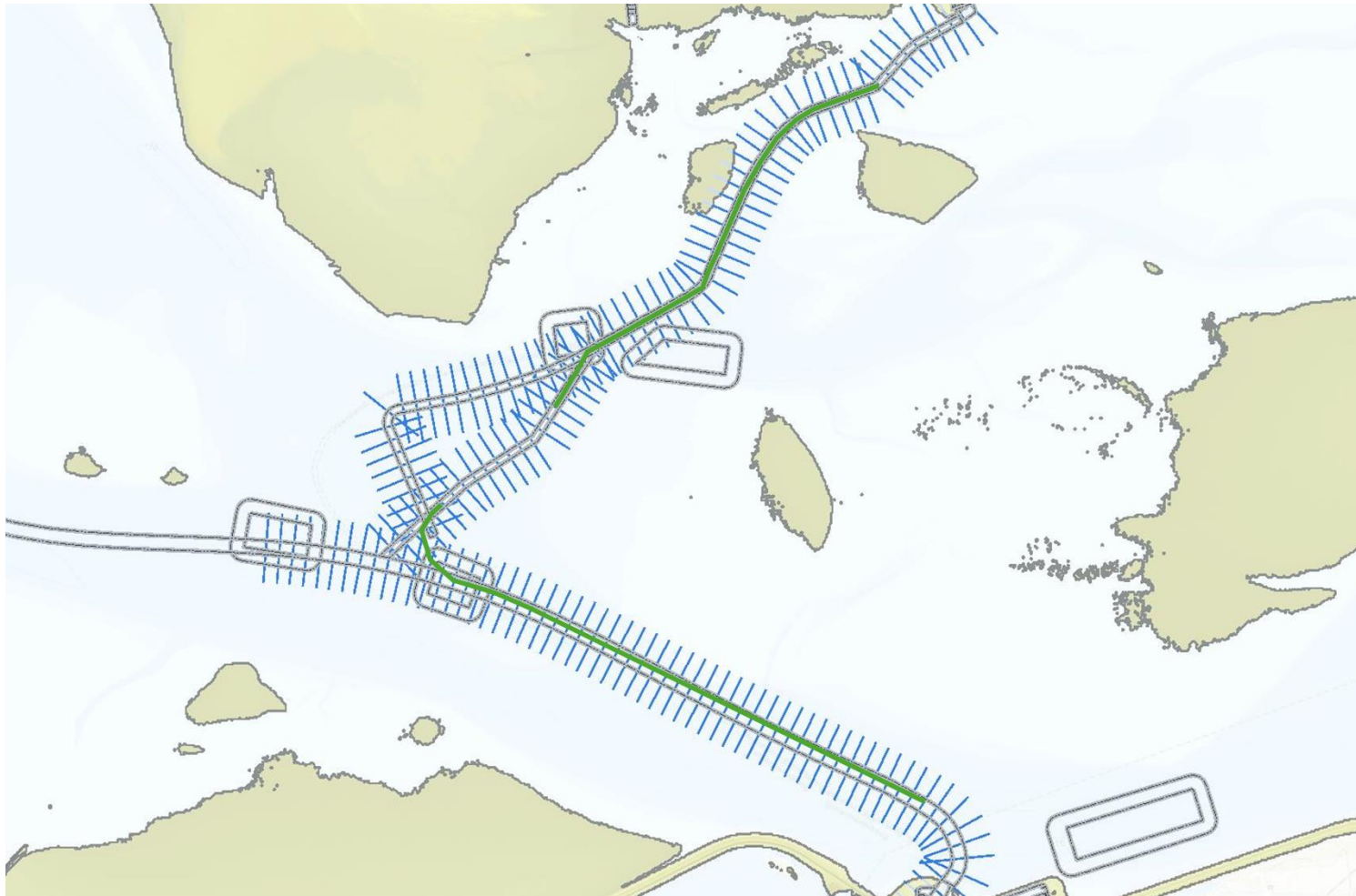
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,1 m



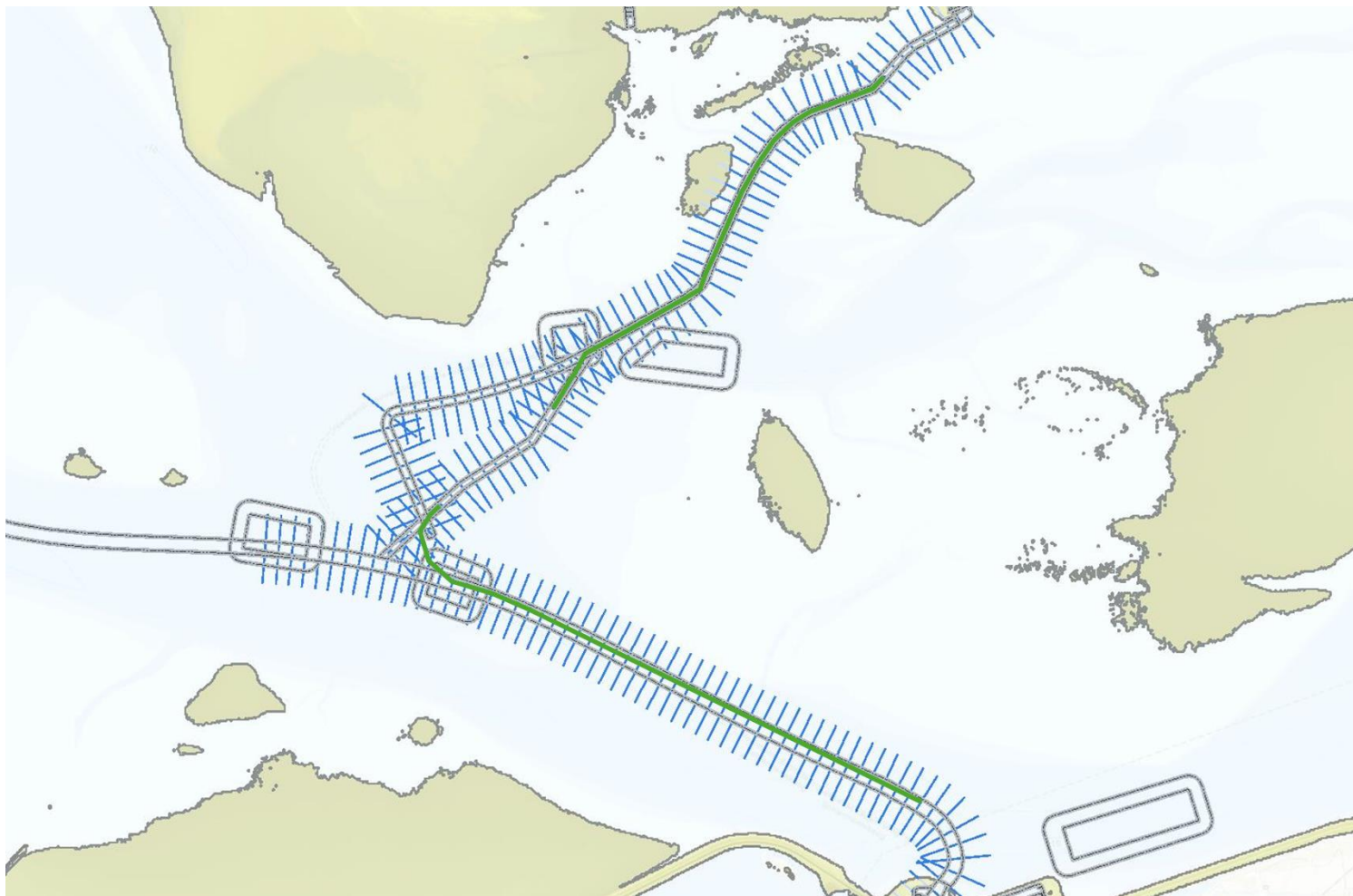
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,0 m en hoger



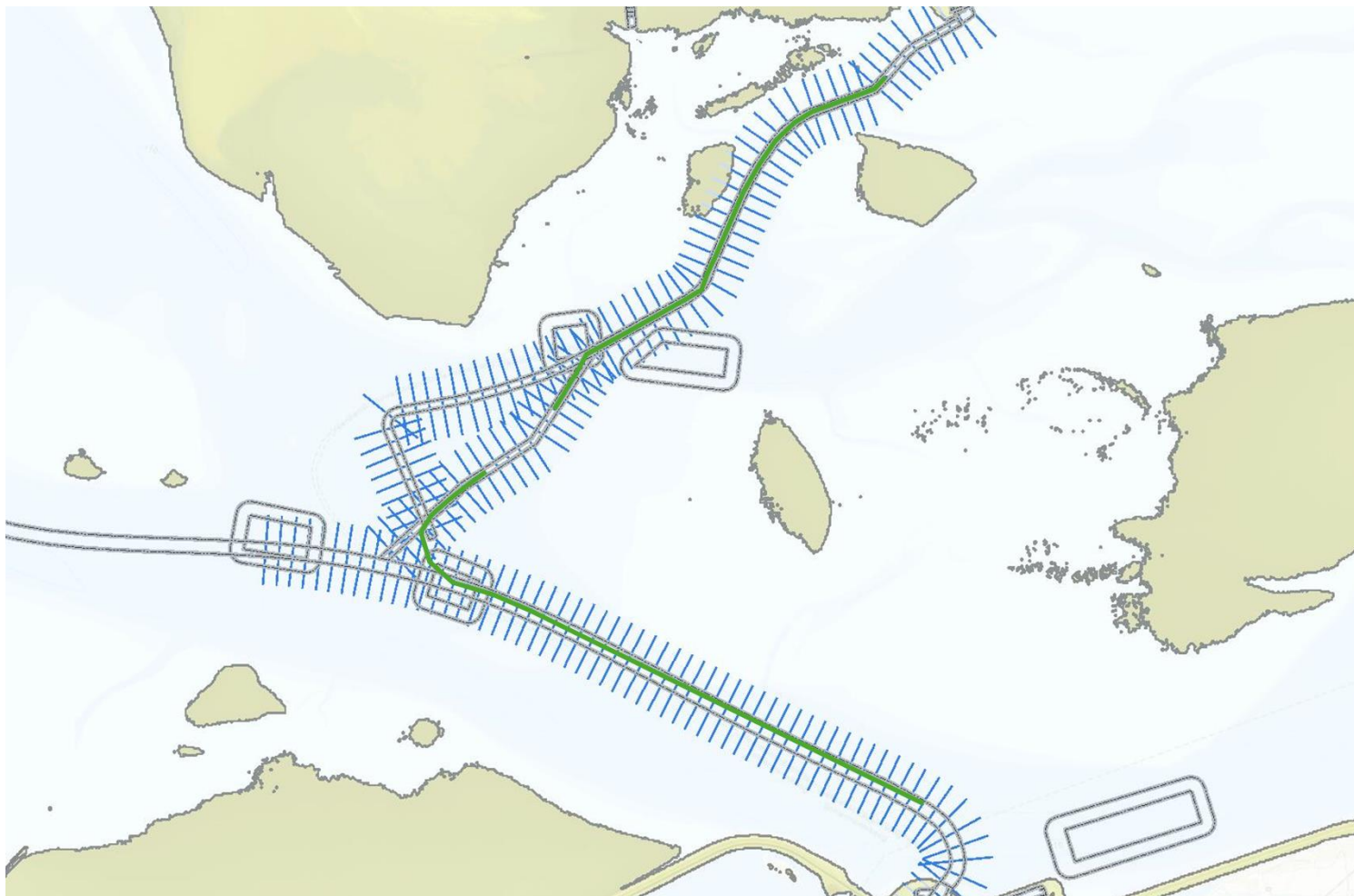
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,7 m



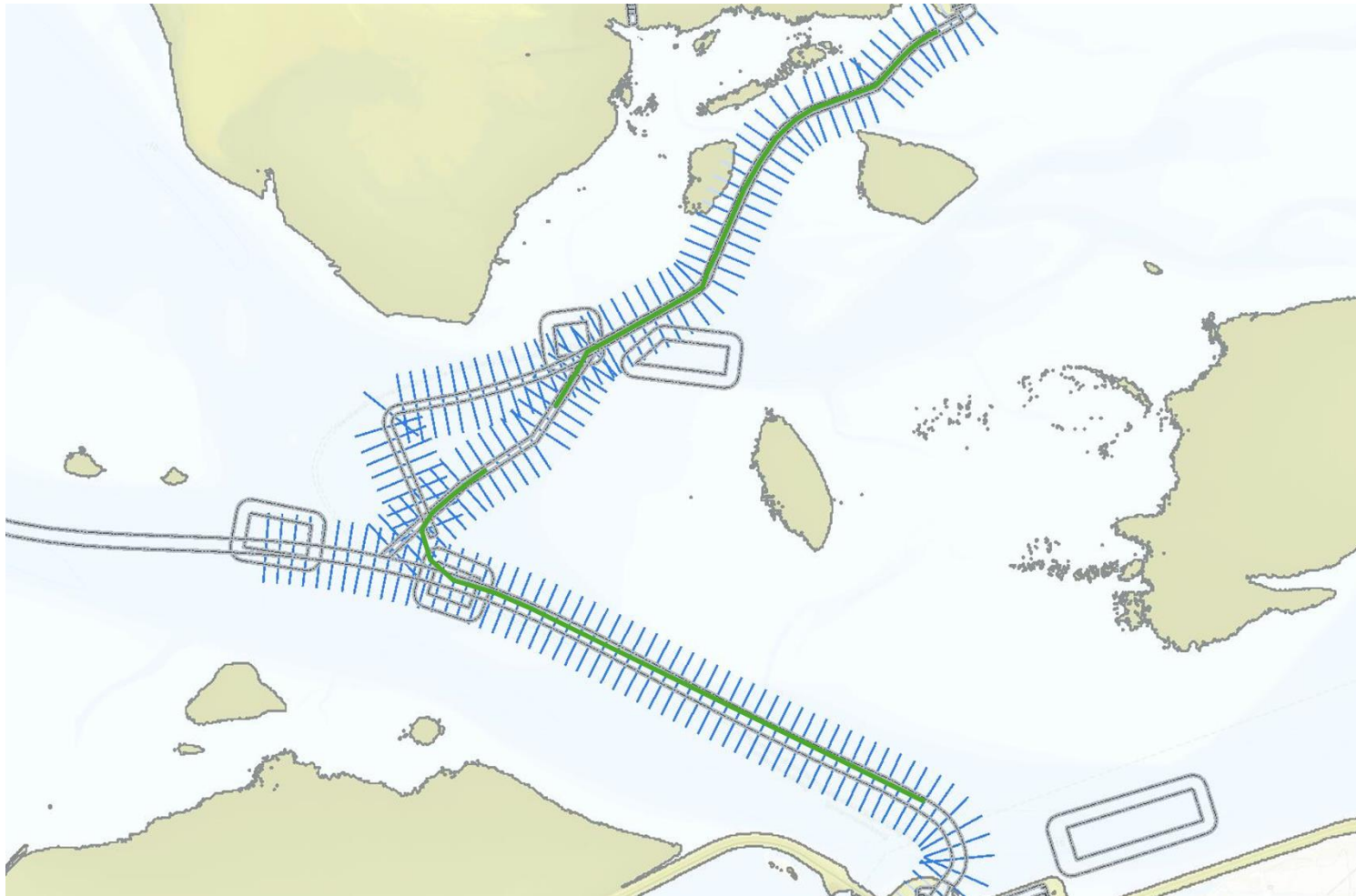
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,6 m



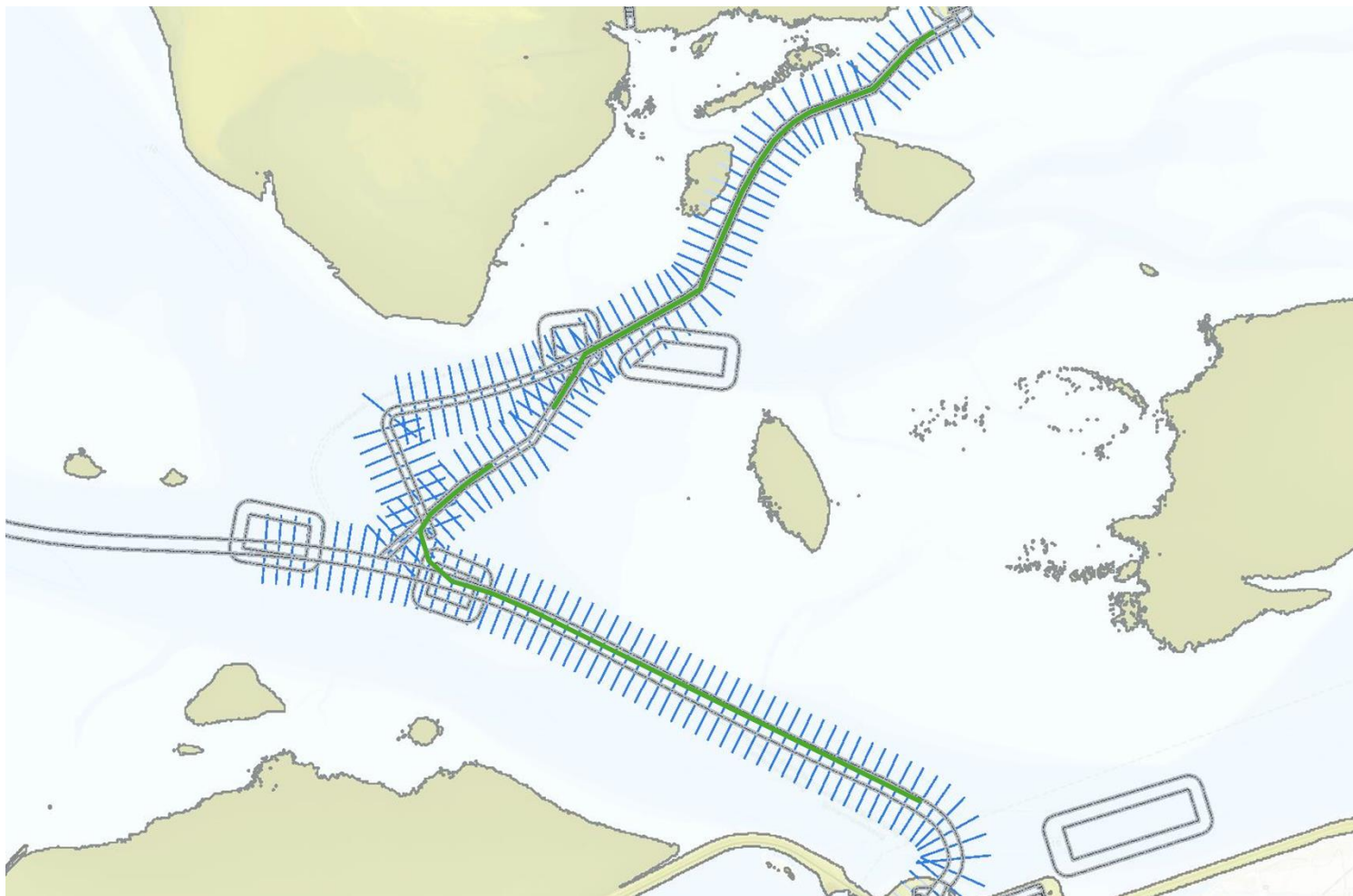
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,5 m



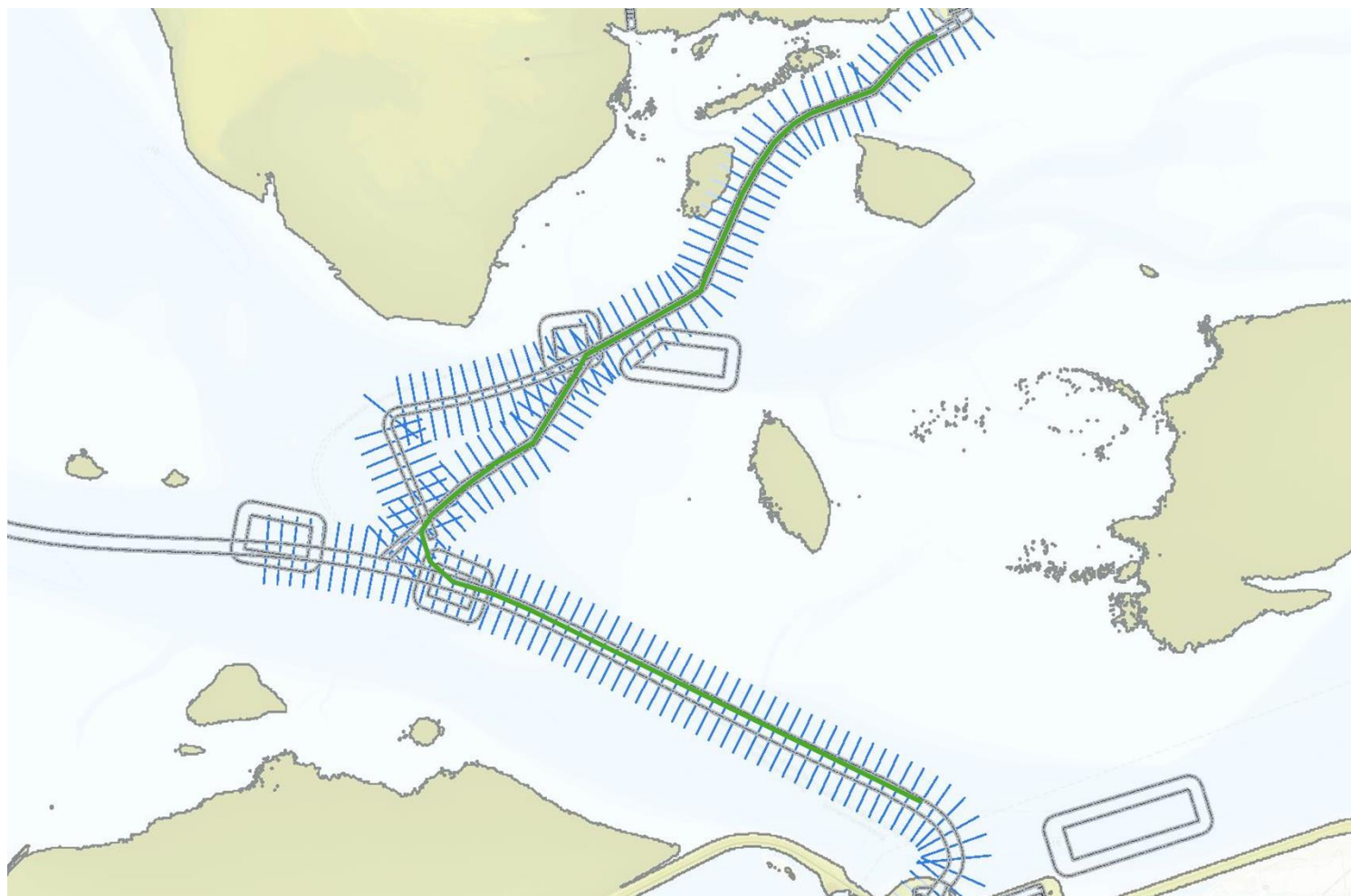
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,4 m



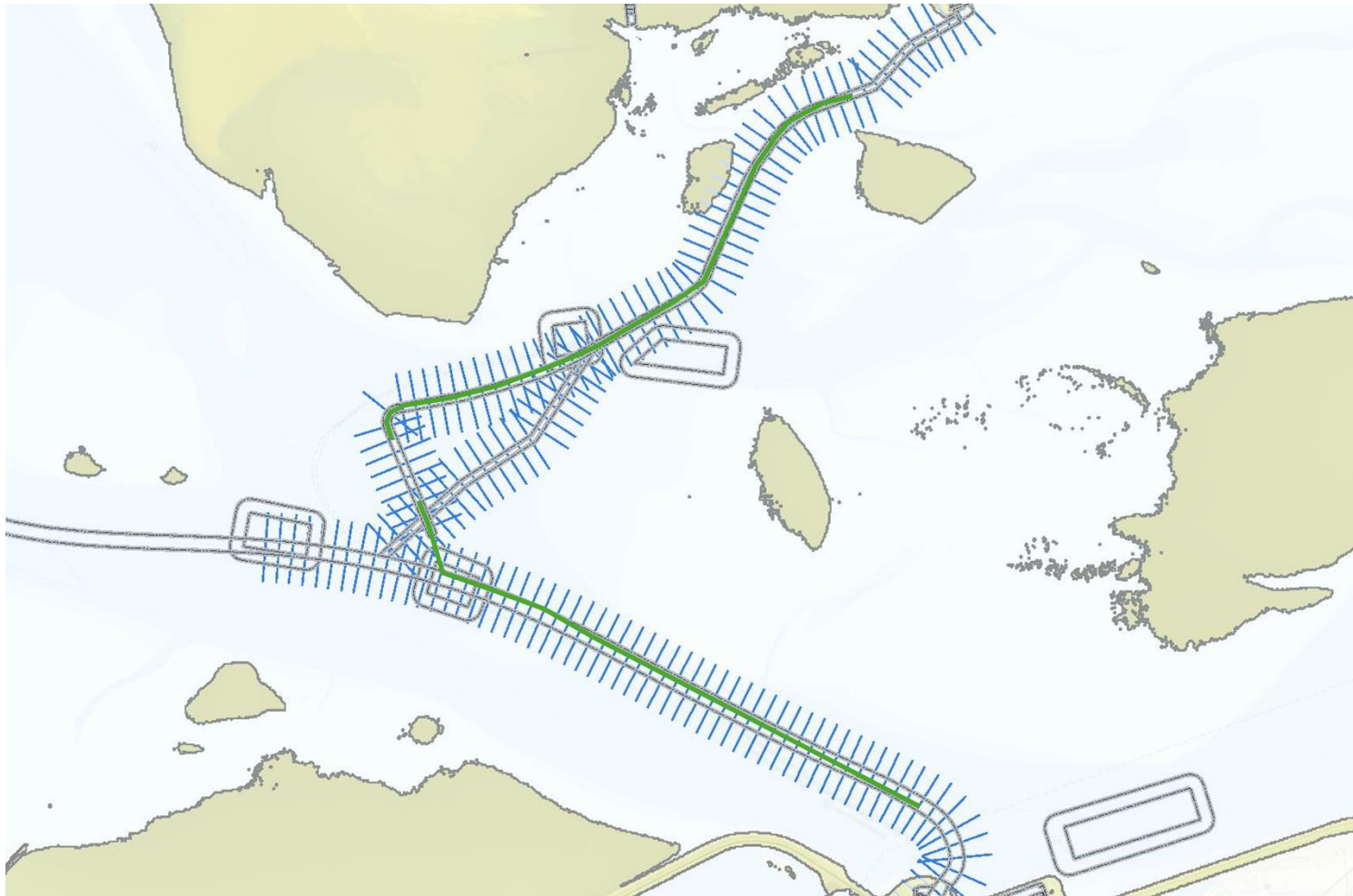
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,3 m



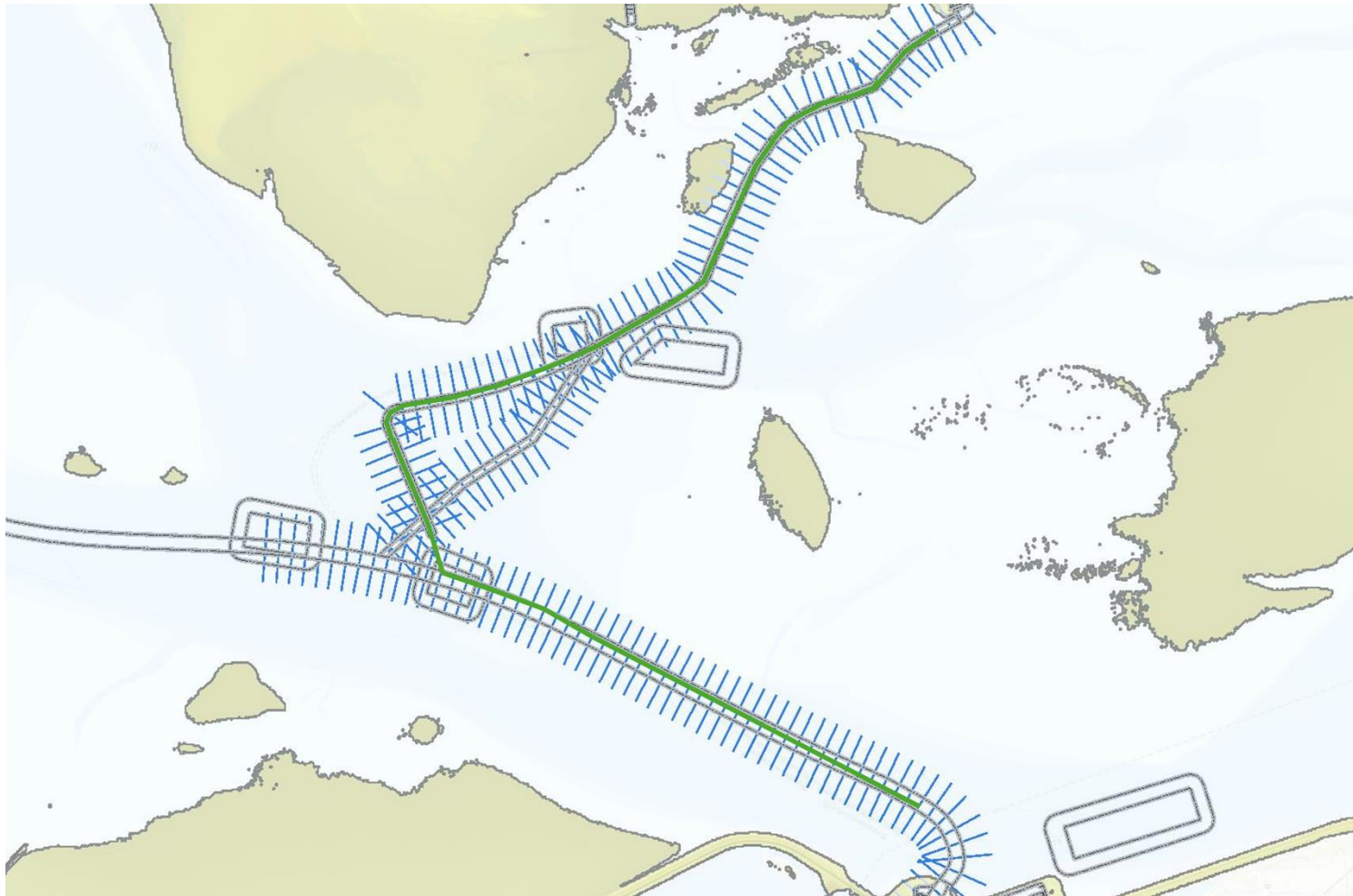
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant A
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,2 m en hoger



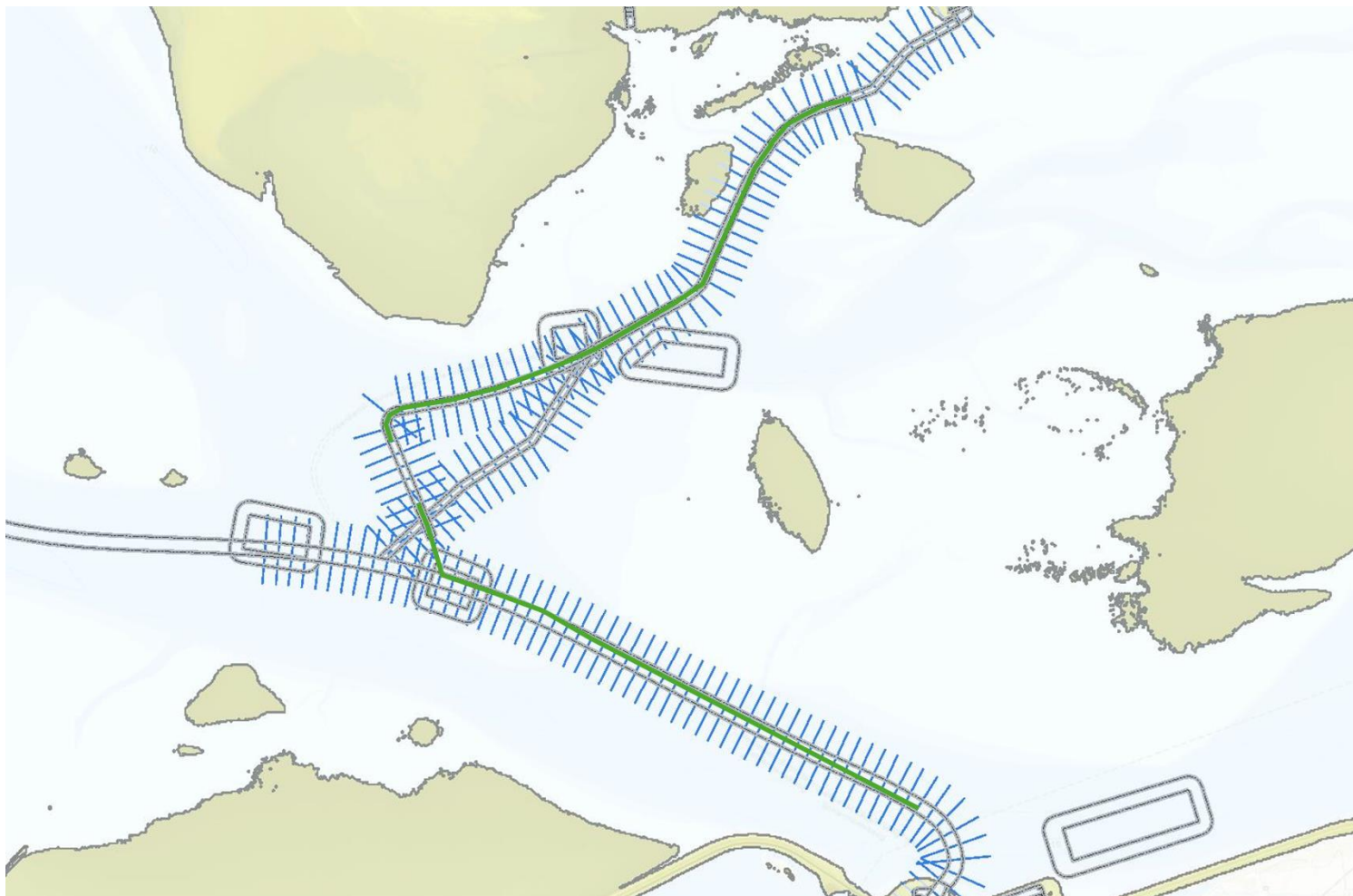
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant B
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,7 tot en met -1,5 m



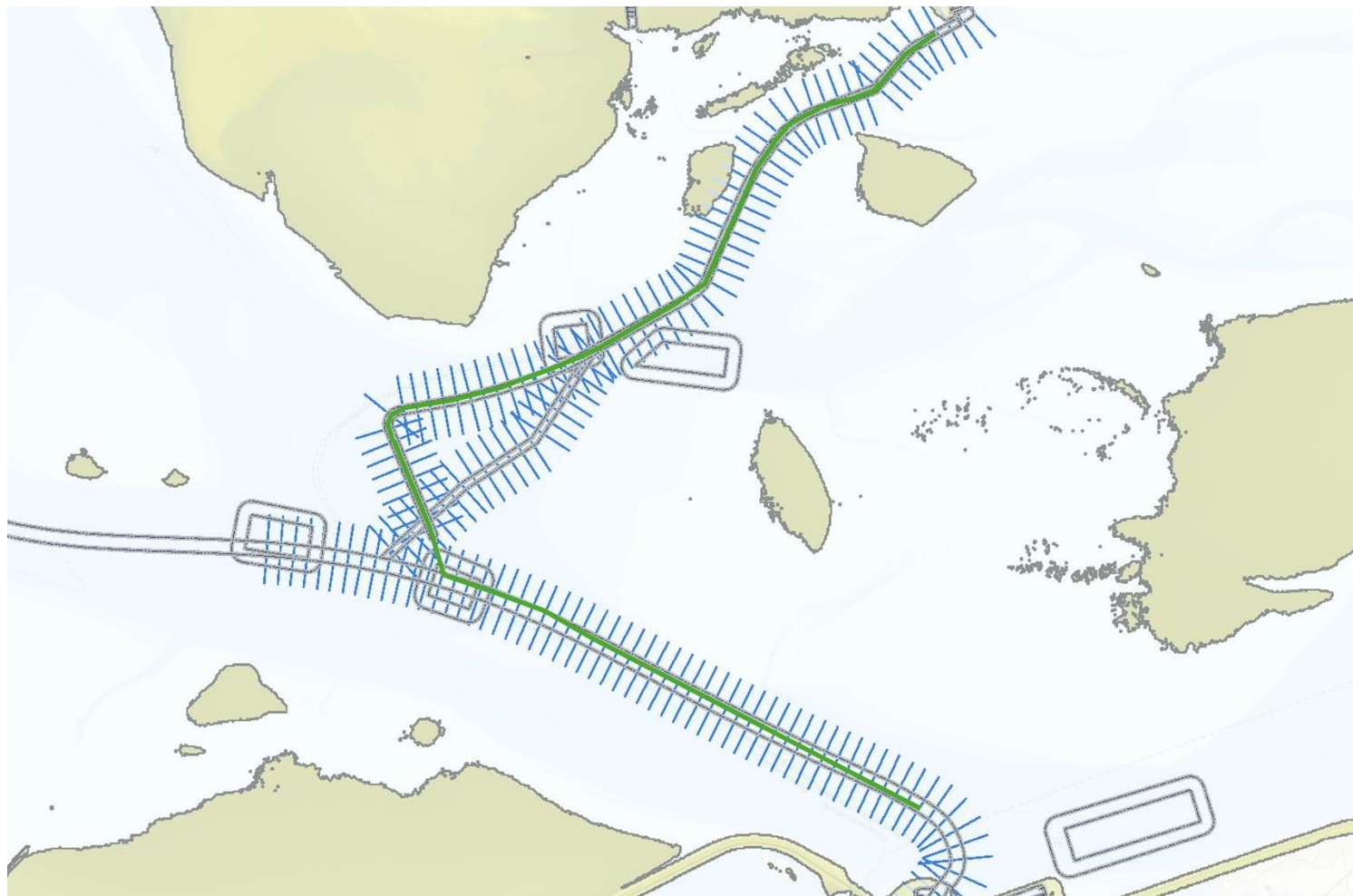
Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Rottum met m.s. Rottum
Route	Variant B
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,4 m en hoger



Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant B
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,7 tot en met -1,5 m



Vaarwegdelen met voldoende breedte	
Geregelde ontmoeting	m.s. Esonborg met m.s. Rottum
Route	Variant B
Waterstand m t.o.v. NAP	-1,4 m en hoger



APPENDIX 2 BESCHIKBARE GEULBREEDTES

Tabel A2 1: Kleinste beschikbare geulbreedte op 1,6 m waterdiepte (m), toegepast voor enkelstrooks gebruik van de snelboot. Voor de bodemniveaus hoger dan -2,0 m NAP was er onvoldoende data beschikbaar om de beschikbare breedte vast te stellen. De breedte op bodemniveau -2,0 m NAP is gebruikt voor alle hogere bodemniveaus (cursief in onderstaande tabel).

Waterstand [m t.o.v.]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Beschikbare geulbreedte op 1,6 m waterdiepte [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
1.8	-3.4	368.9	493.4	281.1	33.1	31.6	306.2	188.4	204.0	106.5	96.8	43.7	44.2
-1.7	-3.3	369.4	493.8	284.1	36.4	34.4	320.0	196.1	209.1	107.9	97.6	48.1	48.6
-1.6	-3.2	370.0	500.0	286.6	38.5	52.1	321.4	203.2	234.9	109.2	98.1	53.1	54.7
-1.5	-3.1	370.0	500.0	288.1	49.4	53.1	327.1	215.8	244.6	110.5	98.6	58.3	56.6
-1.4	-3	372.4	500.0	289.5	51.5	56.3	328.7	240.8	269.2	111.8	99.4	62.8	58.1
-1.3	-2.9	373.2	500.0	294.8	53.7	59.4	330.1	258.7	287.6	113.0	100.0	66.1	60.0
-1.2	-2.8	373.2	500.0	297.3	56.3	61.6	335.5	297.0	422.6	114.3	100.5	71.2	61.3
-1.1	-2.7	374.9	500.0	306.9	59.5	76.9	335.9	339.0	422.6	115.6	101.0	75.7	63.0
-1	-2.6	376.5	500.0	319.1	65.0	77.6	342.7	349.0	422.6	117.8	101.8	79.3	64.9
-0.9	-2.5	376.5	500.0	325.7	87.9	85.2	343.2	349.3	422.7	119.8	102.8	86.7	66.5
-0.8	-2.4	377.0	500.0	336.0	96.1	86.2	347.5	360.4	433.0	123.8	103.8	90.6	67.9
-0.7	-2.3	387.4	500.0	409.4	154.4	318.9	354.9	360.9	433.0	126.6	105.3	134.3	69.7
-0.6	-2.2	389.3	500.0	439.6	196.3	330.8	357.8	367.1	435.6	130.3	108.4	145.6	72.6
-0.5	-2.1	391.2	500.0	469.8	238.2	342.8	360.8	373.2	438.3	133.9	111.5	157.0	75.5
-0.4	-2	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
-0.3	-1.9	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
-0.2	-1.8	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
-0.1	-1.7	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0	-1.6	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.1	-1.5	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.2	-1.4	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.3	-1.3	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.4	-1.2	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.5	-1.1	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>

Tabel A2 2: Kleinste beschikbare geulbreedte op 1,9 m waterdiepte (m), toegepast voor enkelstrooks gebruik van de veerboot. Voor de bodemniveaus hoger dan -2,0 m NAP was er onvoldoende data beschikbaar om de beschikbare breedte vast te stellen. De breedte op bodemniveau -2,0 m NAP is gebruikt voor alle hogere bodemniveaus (cursief in onderstaande tabel).

Waterstand [m t.o.v.]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Beschikbare geulbreedte op 1,9 m waterdiepte [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
1.8	-3.7	364.5	472.1	169.1	8.5	1.7	235.2	171.4	53.5	102.7	94.1	0.0	0.0
-1.7	-3.6	365.3	476.5	182.5	21.0	16.3	238.9	175.5	181.6	104.3	95.0	11.5	20.2
-1.6	-3.5	366.4	493.0	279.3	29.0	27.6	239.7	186.7	197.4	105.5	96.0	33.0	37.9
-1.5	-3.4	368.9	493.4	281.1	33.1	31.6	306.2	188.4	204.0	106.5	96.8	43.7	44.2
-1.4	-3.3	369.4	493.8	284.1	36.4	34.4	320.0	196.1	209.1	107.9	97.6	48.1	48.6
-1.3	-3.2	370.0	500.0	286.6	38.5	52.1	321.4	203.2	234.9	109.2	98.1	53.1	54.7
-1.2	-3.1	370.0	500.0	288.1	49.4	53.1	327.1	215.8	244.6	110.5	98.6	58.3	56.6
-1.1	-3	372.4	500.0	289.5	51.5	56.3	328.7	240.8	269.2	111.8	99.4	62.8	58.1
-1	-2.9	373.2	500.0	294.8	53.7	59.4	330.1	258.7	287.6	113.0	100.0	66.1	60.0
-0.9	-2.8	373.2	500.0	297.3	56.3	61.6	335.5	297.0	422.6	114.3	100.5	71.2	61.3
-0.8	-2.7	374.9	500.0	306.9	59.5	76.9	335.9	339.0	422.6	115.6	101.0	75.7	63.0
-0.7	-2.6	376.5	500.0	319.1	65.0	77.6	342.7	349.0	422.6	117.8	101.8	79.3	64.9
-0.6	-2.5	376.5	500.0	325.7	87.9	85.2	343.2	349.3	422.7	119.8	102.8	86.7	66.5
-0.5	-2.4	377.0	500.0	336.0	96.1	86.2	347.5	360.4	433.0	123.8	103.8	90.6	67.9
-0.4	-2.3	387.4	500.0	409.4	154.4	318.9	354.9	360.9	433.0	126.6	105.3	134.3	69.7
-0.3	-2.2	389.3	500.0	439.6	196.3	330.8	357.8	367.1	435.6	130.3	108.4	145.6	72.6
-0.2	-2.1	391.2	500.0	469.8	238.2	342.8	360.8	373.2	438.3	133.9	111.5	157.0	75.5
-0.1	-2	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0	-1.9	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.1	-1.8	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.2	-1.7	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.3	-1.6	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.4	-1.5	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.5	-1.4	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>

Tabel A2 3 Kleinste beschikbare geulbreedte op 2,1 m waterdiepte (m), toegepast voor tweestrooks en geregeld ontmoeten gebruik. Voor de bodemniveaus hoger dan -2,0 m NAP was er onvoldoende data beschikbaar om de beschikbare breedte vast te stellen. De breedte op bodemniveau -2,0 m NAP is gebruikt voor alle hogere bodemniveaus (cursief in onderstaande tabel).

Waterstand [m t.o.v.]	Bodemniveau [m t.o.v. NAP]	Beschikbare geulbreedte op 2,1 m waterdiepte [m]											
		Section 1	Section 2	Section 3	Section 4	Section 5	Section 6	Section 7	Section 8	Section 9	Section 10	Section 11	Section 12
1.8	-3.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
-1.7	-3.8	363.5	471.9	84.9	0.0	0.0	233.1	168.9	62.8	102.1	93.8	0.0	0.0
-1.6	-3.7	364.5	472.1	169.1	8.5	1.7	235.2	171.4	53.5	102.7	94.1	0.0	0.0
-1.5	-3.6	365.3	476.5	182.5	21.0	16.3	238.9	175.5	181.6	104.3	95.0	11.5	20.2
-1.4	-3.5	366.4	493.0	279.3	29.0	27.6	239.7	186.7	197.4	105.5	96.0	33.0	37.9
-1.3	-3.4	368.9	493.4	281.1	33.1	31.6	306.2	188.4	204.0	106.5	96.8	43.7	44.2
-1.2	-3.3	369.4	493.8	284.1	36.4	34.4	320.0	196.1	209.1	107.9	97.6	48.1	48.6
-1.1	-3.2	370.0	500.0	286.6	38.5	52.1	321.4	203.2	234.9	109.2	98.1	53.1	54.7
-1	-3.1	370.0	500.0	288.1	49.4	53.1	327.1	215.8	244.6	110.5	98.6	58.3	56.6
-0.9	-3	372.4	500.0	289.5	51.5	56.3	328.7	240.8	269.2	111.8	99.4	62.8	58.1
-0.8	-2.9	373.2	500.0	294.8	53.7	59.4	330.1	258.7	287.6	113.0	100.0	66.1	60.0
-0.7	-2.8	373.2	500.0	297.3	56.3	61.6	335.5	297.0	422.6	114.3	100.5	71.2	61.3
-0.6	-2.7	374.9	500.0	306.9	59.5	76.9	335.9	339.0	422.6	115.6	101.0	75.7	63.0
-0.5	-2.6	376.5	500.0	319.1	65.0	77.6	342.7	349.0	422.6	117.8	101.8	79.3	64.9
-0.4	-2.5	376.5	500.0	325.7	87.9	85.2	343.2	349.3	422.7	119.8	102.8	86.7	66.5
-0.3	-2.4	377.0	500.0	336.0	96.1	86.2	347.5	360.4	433.0	123.8	103.8	90.6	67.9
-0.2	-2.3	387.4	500.0	409.4	154.4	318.9	354.9	360.9	433.0	126.6	105.3	134.3	69.7
-0.1	-2.2	389.3	500.0	439.6	196.3	330.8	357.8	367.1	435.6	130.3	108.4	145.6	72.6
0	-2.1	391.2	500.0	469.8	238.2	342.8	360.8	373.2	438.3	133.9	111.5	157.0	75.5
0.1	-2	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.2	-1.9	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.3	-1.8	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.4	-1.7	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>
0.5	-1.6	<i>393.1</i>	<i>500.0</i>	<i>500.0</i>	<i>280.2</i>	<i>354.7</i>	<i>363.7</i>	<i>379.4</i>	<i>440.9</i>	<i>137.6</i>	<i>114.6</i>	<i>168.3</i>	<i>78.4</i>

MARIN
P.O. Box 28

6700 AA Wageningen
The Netherlands

T +31 317 49 39 11
E info@marin.nl

I www.marin.nl
   